
Volume J Preface

The Environmental Assessment (EA) for the Ambatovy Project (the project) is intended to meet the information requirements outlined in the Terms of Reference (ToR) in an easily understood and comprehensive package of information. Information is presented in 11 volumes that address specific subject areas. The volumes are as follows, and the structure of each volume is depicted in Figure 1:

- Volume A: Introduction
- Volume B: Environmental Assessment - Mine
- Volume C: Environmental Assessment - Slurry Pipeline
- Volume D: Environmental Assessment - Process Plant
- Volume E: Environmental Assessment - Tailings Facility
- Volume F: Environmental Assessment - Port Expansion
- Volume G: Environmental Assessment - Cumulative Effects
- Volume H: General Appendices
- Volume I: Physical Appendices
- Volume J: Biological Appendices
- Volume K: Social Appendices

Volume A introduces the EA and contains study area and methodological information pertaining to all disciplines and all project components.

For the convenience of readers who wish to read only specific parts of the EA, each of the assessment volumes B through F include descriptions of the project component being addressed. Therefore, a reader who is interested in one particular component may read the corresponding assessment volume.

Volume G contains a cumulative effects assessment that addresses the combined effects of the project components and cumulative effects of the whole project plus other foreseeable developments in Madagascar.

Where appropriate, the EA refers to separate documents in volumes H through K called Appendices, which contain additional technical and baseline information. These volumes also contain environmental assessment appendices for some disciplines with information of relevance to the environmental assessment for multiple components of the project. The glossary, acronyms and references for all volumes are listed in Volume H Appendices 12 and 13.

Figure 1 Environmental Impact Study Structure for the Ambatovy Project

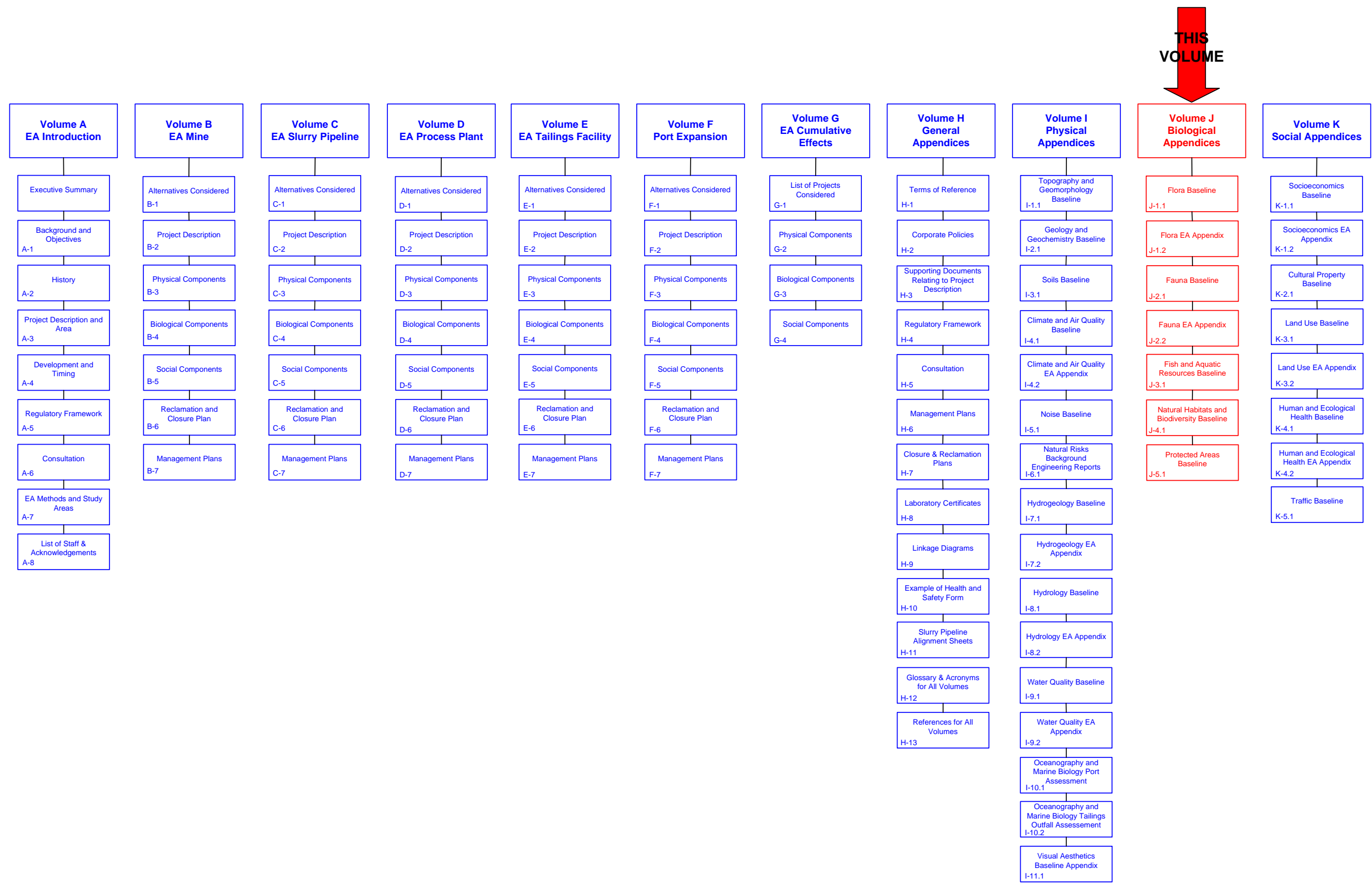


TABLE OF CONTENTS

PART 1

J-1.1 FLORA BASELINE

J-1.2 FLORA ENVIRONMENTAL ASSESSMENT APPENDIX

PART 2

J-2.1 FAUNA BASELINE

J-2.2 FAUNA ENVIRONMENTAL ASSESSMENT APPENDIX

J-3.1 FISH AND AQUATIC RESOURCES BASELINE

J-4.1 NATURAL HABITATS AND BIODIVERSITY BASELINE

J-5.1 PROTECTED AREAS BASELINE

VOLUME J: BIOLOGICAL APPENDICES

APPENDIX 1.1

FLORA SURVEY BASELINE

Submitted to:

Dynatec Corporation

TABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 INTRODUCTION.....	1
2 STUDY AREAS.....	2
2.1 MINE SITE LOCAL STUDY AREA.....	2
2.2 SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA.....	2
2.3 TOAMASINA LOCAL STUDY AREA.....	2
3 METHODS.....	4
3.1 VEGETATION CLASSIFICATION AND MAPPING.....	4
3.1.1 Mine Site.....	4
3.1.2 Slurry Pipeline.....	5
3.1.3 Process Plant Site.....	5
3.1.4 Tailings Facility.....	6
3.1.5 Port.....	6
3.2 VEGETATION SAMPLING.....	6
3.2.1 Mine Site.....	6
3.2.2 Off-site Azonal Areas Survey.....	10
3.2.3 Pipeline Flora Survey.....	11
3.2.4 Process Plant Site.....	12
3.2.5 Tailings.....	13
3.2.6 Port.....	13
3.3 VEGETATION ANALYSIS.....	14
3.3.1 Forest Structure.....	14
3.3.2 Floral Diversity.....	14
3.3.3 Species of Concern and Endemism.....	15
4 RESULTS.....	17
4.1 MINE SITE.....	17
4.1.1 Introduction.....	17
4.1.2 Regional Context.....	17
4.1.3 Baseline Exploration Disturbances.....	18
4.1.4 Vegetation Classification.....	20
4.1.5 Forest Structure.....	37
4.1.6 Diversity and Community Analysis.....	41
4.1.7 Species Endemism.....	52
4.1.8 Orchids.....	55
4.1.9 Pteridophytes.....	57
4.1.10 Aloe.....	57
4.1.11 Offsite Azonal Areas.....	58
4.2 SLURRY PIPELINE.....	63
4.2.1 Regional Context.....	63
4.2.2 Vegetation Overview.....	63
4.2.3 Torotorofotsy.....	64
4.2.4 Mantadia-Zahamena Area.....	66
4.3 PROCESS PLANT.....	69
4.3.1 Regional Context.....	69
4.3.2 Baseline Disturbances.....	69
4.3.3 Description of Flora.....	70

4.4	TAILINGS FACILITY.....	79
4.4.1	Regional Context	79
4.4.2	Description of Flora.....	80
4.5	PORT	85
5	REFERENCES.....	86
5.1	LITERATURE CITED.....	86
5.2	WEBSITES	87

LIST OF TABLES

Table 1.1-1	Summary of Vegetation Plot Groupings, Plots and Subplots	7
Table 1.1-2	Vegetation Types Affected by Dynatec during the Construction of Access Lines and Drilling Pads	20
Table 1.1-3	Area of Vegetation Types within the Mine Local Study Area	26
Table 1.1-4	Mean Forest Structure Characteristics among Vegetation Types.....	39
Table 1.1-5	Total Species Richness by Vegetation Type within Forest Plots and Subplots	42
Table 1.1-6	Summary of Alpha Diversity for Trees 10 cm DBH and Greater	43
Table 1.1-7	Overall Vegetation Type Dissimilarity Ranking.....	45
Table 1.1-8	Vegetational Compositional Dissimilarity Using Bray-Curtis and Jaccard Indices in Pair-Wise Comparisons.....	46
Table 1.1-9	Mean Indices of Dissimilarity among Forested Vegetation Types.....	47
Table 1.1-10	Endemic Species of Concern in Priority Categories 1a, 1b, 2a and 2b Found Within the Project Area.....	52
Table 1.1-11	Numbers of Species of Concern for Different Levels of Endemism	53
Table 1.1-12	Numbers of Species of Concern at Ambatovy and Analamay	53
Table 1.1-13	Endemism Ranking for Species of Concern Based on Species Currently Identified and Incomplete Survey Coverage.....	54
Table 1.1-14	Total Numbers of Orchid Species in the Mine Site Local Study Area by Vegetation Class and Mine Area	56
Table 1.1-15	Numbers of Unique Orchid Species in the Mine Site Local Study Area by Vegetation Class and Mine Area	56
Table 1.1-16	Numbers of Aloe Individuals or Populations at Ambatovy and Analamay.....	58
Table 1.1-17	Comparison of Potential Offsite Azonal Conservation Area to Ambatovy/Analamay	60
Table 1.1-18	Vegetation Types and Land Use Types within the 2 km Wide Slurry Pipeline Corridor (LSA).....	64
Table 1.1-19	Vegetation Types Surveyed within the Mantadia-Zahamena Corridor.....	66
Table 1.1-20	Vegetation Types and Land Use Types within the Process Plant Sub- Local Study Area.....	72
Table 1.1-21	Invasive Species within the Process Plant Sub-Local Study Area	78
Table 1.1-22	Vegetation Types and Land Use Types within the Tailings Sub-Local Study Area	80
Table 1.1-23	Invasive Species within the Tailings Sub-Local Study Area.....	85

LIST OF FIGURES

Figure 1.1-1	Correlation of Vegetation Class with Topography and Substrate.....	22
Figure 1.1-2	Vegetation Classification Matrix.....	23
Figure 1.1-3	Vegetation Classification and Flora Sample Sites within the Mine Local Study Area	24
Figure 1.1-4	Vegetation Classification along the Mangoro-to-Mine Corridor Extension of the Mine Local Study Area.....	25
Figure 1.1-5	Mean Tree Canopy Top Height	38
Figure 1.1-6	Mean Numbers of Stems per Hectare	39
Figure 1.1-7	Mean Basal Area Per Hectare	40
Figure 1.1-8	Mean Number of Tree Species	41
Figure 1.1-9	Relationship between Area Sampled and Number of Tree Species	43
Figure 1.1-10	Zonal Forest - Species Area Curve for Trees ≥ 10 cm in Diameter	49
Figure 1.1-11	Transitional Forest - Species Area Curve for Trees ≥ 10 cm Diameter.....	50
Figure 1.1-12	Azonal Forest - Species Area Curve for 210 cm Diameter.....	50
Figure 1.1-13	Azonal Thicket - Species Area Curve for Trees ≥ 10 cm Diameter	51
Figure 1.1-14	All Forest Habitats - Species Area Curve for Trees ≥ 10 cm Diameter	51
Figure 1.1-15	Potential Azonal Outcrop Locations in the Regional Study Area	62
Figure 1.1-16	Vegetation, Land Use Classification and Flora Sample Sites within the Process Plant Sub-Local Study Area.....	71
Figure 1.1-17	Vegetation, Land Use Classification and Flora Sample Sites within the Tailings Facility Sub-Local Study Area	81

LIST OF PHOTOGRAPHS

Photograph 1.1-1	Azonal Thicket	28
Photograph 1.1-2	Azonal Forest.....	28
Photograph 1.1-3	Disturbed Azonal Habitat.....	29
Photograph 1.1-4	Ephemeral Pond	30
Photograph 1.1-5	Azonal Type Transitional Forest.....	31
Photograph 1.1-6	Transitional Forest.....	32
Photograph 1.1-7	Zonal Forest.....	33
Photograph 1.1-8	Marsh Edge Forest	34
Photograph 1.1-9	Herbaceous Pasture	35
Photograph 1.1-10	Herbaceous Marsh	36
Photograph 1.1-11	Potential Off-Site Azonal Habitat at Ankera	59
Photograph 1.1-12	Matrix of Forest and Non-Forest Vegetation within the Mantadia-Zahamena Corridor Section of the Slurry Pipeline Route	67
Photograph 1.1-13	Degraded Residual Coastal Woodland	73
Photograph 1.1-14	Plantation.....	74
Photograph 1.1-15	Coastal Shrubby/Grassland Complex	75
Photograph 1.1-16	Beach Ridge Complex.....	76
Photograph 1.1-17	Rice Paddies.....	77
Photograph 1.1-18	Tavy Matrix	82
Photograph 1.1-19	Secondary Forest Vegetation	83

LIST OF APPENDICES

- Attachment 1 Forest Data For The Mine Site Local Study Area
- Attachment 2 Survey for Off-Site Azonal Outcrops
- Attachment 3 Report on Access and Drilling Pad Disturbances
- Attachment 4 IUCN and CITES Ranking Categories
- Attachment 5 Report on Mine Site Flora Taxonomy and Endemism
- Attachment 6 Report on Orchid Survey
- Attachment 7 Report on Aloe Survey
- Attachment 8 Report on Slurry Pipeline Vegetation Survey Near the Torotorofotsy Wetlands
- Attachment 9 Report on Slurry Pipeline Vegetation Survey Within the Mantadia-Zahamena Forest Corridor
- Attachment 10 Report on Vegetation Survey Within the Process Plant Area
- Attachment 11 Report on Vegetation Survey Within the Tailings Area

1 INTRODUCTION

Madagascar is one of the world's biodiversity hotspots. Its unique biological character is the result of its long-term isolation from continental Africa through geologic time (Gautier and Goodman 2003). The country's flora is one of the world's richest, hosting close to 13,000 plant species (CI 2005). Perhaps even more remarkable, about 11,600 (89.2%) of these plants are endemic to the country. As an example of its unique biodiversity, Madagascar is also home to eight plant families and 310 genera that are found nowhere else in the world. The number of endemic orchid species in Madagascar alone reaches nearly 1,000.

To organize the array of flora information gathered for the Ambatovy Project (the project), this volume has been divided into the following main sections:

- description of project component study areas (Section 2);
- methods of flora mapping and classification (Section 3.1);
- methods of vegetation sampling (Section 3.2);
- methods of analysis (Section 3.3);
- results on the flora of each project component area (Section 4); and
- literature cited (Section 5).

Several attachments are also included in this volume which contain the baseline data and sub consultant reports that document specific floral surveys by species or project area.

2 STUDY AREAS

2.1 MINE SITE LOCAL STUDY AREA

The core area of the mine site Local Study Area (LSA) for terrestrial resources (including flora, fauna and biodiversity) encompasses the ore body complex (Ambatovy and Analamay ore bodies), portions of the Torotorofotsy Wetlands that borders the plateau and the associated watersheds (Volume A, Section 7, Figure 7.2-1). The mine site LSA also includes the proposed water intake pipeline footprint, plus a 500 m buffer (on each side of the pipeline), extending 23 km west from the core area to the Mangoro River.

2.2 SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA

The slurry pipeline LSA includes approximately 195 km of slurry pipeline footprint, plus a 1,000 m buffer (on each side of the pipeline), from the ore body complex in the mine site LSA to the plant site in the Toamasina LSA, Volume A, Section 7, Figure 7.2-2.

The LSA occurs within three major land use sub-areas: the western section, which is within the forest corridor (corridor zone); the central section, which passes around primary forest fragments through an area defined primarily by a tavy matrix (tavy zone), and the eastern section, containing entirely secondary vegetation with a higher density of agricultural use, called the agricultural zone. For a detailed description of land use within the LSA, refer to Volume K, Appendix 3.1.

The pipeline initially crosses the Torotorofotsy Wetlands Ramsar site within the mine site LSA and further east, through the Mantadia-Zahamena Conservation Corridor. The proposed right-of-way is primarily located on existing disturbance, including through the Ramsar site and the regional primary forest corridor.

2.3 TOAMASINA LOCAL STUDY AREA

The Toamasina LSA is located to the south of Toamasina. It encompasses the tailings facility and process plant site property boundaries, the water intake pipeline, the marine outfall pipeline and tailings-plant pipeline plus a 500 m buffer, as well as areas that may potentially be affected by decreases in flows in the downstream watershed from the tailings facility (Volume A, Section 7, Figure 7.2-3).

This study area is also subdivided into three sub-LSA's:

- the process plant site;
- the tailings facility; and
- the port.

This stratification was done to facilitate a focused description and quantification of the vegetation resources and land use characteristics for each of these distinct areas.

3 METHODS

3.1 VEGETATION CLASSIFICATION AND MAPPING

The purpose of a vegetation classification is to identify and map the main vegetation types (also referred to as habitat or habitat type) within a focused study area. Results of this exercise allow for a quantifiable estimate of baseline characteristics and impacts in terms of the gross extent and percent of total coverage of vegetation types affected by the project. A further purpose of the classification is to produce clear definitions and nomenclature for the vegetation classes. Such definitions facilitate consistent reporting on the status of the vegetation in the project areas at the present time, as well as during any future studies.

3.1.1 Mine Site

Vegetation classification and mapping of the mine site was completed by an ecologist intimately familiar with the area and able to bring a considerable amount of experience to the task. Mapping of distinct vegetation polygons was done first, followed by a classification of the vegetation units. Vegetation analyses based on available plot data were used to help validate the classification process. In addition, a map developed previously in 1998 for the project area was used as a means to cross-reference the classification and verify ephemeral pond locations. After a draft map and classification was complete, ground-truthing was carried out most notably in the areas where the highest level of mapping uncertainty occurred. Based on the field reconnaissance survey and a complete review of each individual vegetation polygon, a final map was completed.

Mapping was based primarily on one-metre resolution black and white, true colour and infrared IKONOS satellite imagery acquired August 11, 2004. The IKONOS imagery of the mine site LSA was printed at a relatively large scale (1:10 000) and used to delineate the vegetation polygons before being digitized.

The main vegetation types were classified based on structure and physiognomy (appearance) of the vegetation as well as on species composition. Superimposed on the classification of the mature-phase vegetation types is an array of differential and primarily human-induced disturbances that include selective logging, heavy logging, fire and agricultural clearing. Other disturbances to vegetation such as clearing for access lines and drilling pads during the exploration period are also superimposed upon the landscape. These

disturbances were documented and mapped in a 2004 drilling report (Volume J, Appendix 1.1, Attachment 3).

In delineating the vegetation types, comparisons were made with the nature of the topography, but mapping was independent of concurrent soils mapping (Volume I, Appendix 3.1). This was done to avoid bias in delineating the vegetation polygon boundaries based solely on soil physical parameters. However, since there is a strong relationship between vegetation structure and soils, the final vegetation map was visually compared with the soils map to see if the independent mapping processes delineated the biophysical resources in a similar fashion. The results of the comparison showed that the boundaries between azonal and zonal vegetation correlated well with differences in soil type.

3.1.2 Slurry Pipeline

Vegetation along the first 50 km of the slurry pipeline, measured from the mine site, is covered by one-metre resolution, IKONOS black and white satellite imagery acquired August 11, 2004. The base map for the remainder of the slurry pipeline was developed from 1:10,000, ortho-corrected and mosaicked black and white aerial photography acquired in August, 2004. A few sections of the pipeline are without air photo coverage; 1:100,000 topographic maps were used to fill in these few sections.

The base map coverage was placed on alignment sheets and used to delineate vegetation and land use polygons and later digitized into the geographic information system (GIS). Since the pipeline passes through the mine site LSA, vegetation mapping for that portion of the alignment was taken directly from the mine site vegetation map. For the remainder of the pipeline route, vegetation mapping focused primarily on delineating primary or degraded forest fragments, plantations, wetlands, rice paddies and tavy. These and other classes will serve both flora and land use needs for assessing potential impacts. In the portion of the slurry pipeline that passes through the Mantadia-Zahamena corridor, a flora survey was done in part to ground-truth the forest fragments in this biologically important area.

3.1.3 Process Plant Site

The base map for the process plant was developed from 1:5,000, ortho-corrected and mosaicked black and white aerial photography acquired in August, 2004. This base map was used to delineate vegetation and land use polygons and later digitized into the GIS.

3.1.4 Tailings Facility

The base map for the tailings facility was developed from two different sources. True colour, one-metre resolution IKONOS satellite imagery acquired October 11, 2003 covers most of the tailings area. A portion of the tailings facility LSA to the east of this coverage was captured with 1:5,000, ortho-corrected and mosaicked, black and white aerial photography acquired in August, 2004. The base map was used to delineate vegetation and land use polygons and later digitized into the GIS.

3.1.5 Port

The base map for the port LSA was developed from two true colour, one-metre resolution IKONOS satellite images acquired October 11, 2003. The base map was used to delineate land use polygons only as there are no vegetation issues at this project location.

3.2 VEGETATION SAMPLING

3.2.1 Mine Site

3.2.1.1 Forest Structure

Forest structure tree data were collected primarily to verify vegetation mapping and classification, and to describe stand structure, species composition and diversity characteristics among the various forest habitats within the mine site LSA.

Forest structure tree data were collected in 1996 and 1997 for a previous assessment and in 2004 to meet the specific needs of this project. Surveys in 2004 aimed to compliment the data from 1996/1997. The general approach to the data collection consisted of establishing a set of transects aimed at sampling the various forest habitats in and around the proposed mine site and on a down-slope habitat sequence. To optimize the sampling length of each habitat transects were placed perpendicular to the slope.

Transects were typically 10 m (2004) or 20 m wide (1996/1997) and subdivided into 10 × 10 m plots. Trees with a diameter at breast height (DBH) of 10 cm or greater were recorded and identified. In a subset of transects, trees with diameters between 5.0 and 9.9 cm were also recorded and identified. Species were identified in the field by project para-botanists. Fertile samples were collected whenever available and brought back to the herbarium in Antananarivo

for later verification. Heights were estimated to the nearest metre in all plots and diameters were measured in a portion of the plots and transects. Details on transect lengths, widths, plot sizes and numbers are provided in Volume J, Section 1.1, Attachment 1, Table 1. This information is summarized also by habitat type (Volume J, Section 1.1, Attachment 1, Table 2). Plot coordinates are provided in Volume J, Section 1.1, Attachment 1, Table 3.

In 1996/1997, smaller forms of vegetation other than trees were collected and identified outside of plot boundaries and in 5 x 5 m nested sub-plots within a randomly selected number of plots. Fertile samples were collected whenever available and were initially verified in the field by project para-botanists and then forwarded to the Missouri Botanical Gardens (MBG) for verification. These samples now form part of one of the largest herbarium collections taken from any site in Madagascar. MBG have used these data along with their own collections for this project to address issues related to rare, endangered and threatened species at the mine site (see Attachment 5, this Appendix, for methods of their analysis).

For analysis purposes, 10 × 10 m plots were grouped into larger units called *plot groupings* as they provided a better representation of the species assemblage for any given habitat type. Small plots in tropical environments are not conducive for tree species analysis because of the relatively high level of diversity. A summary of the total number of plot groupings, 10 x 10 m plots and 5 x 5 m plots are shown in Table 1.1-1 for each of the six main vegetation types in the LSA. Descriptions of vegetation types are provided below in the results section. Details on the number of plot groups by transect are provided in Attachment 1, this Volume, Table 4.

Table 1.1-1 Summary of Vegetation Plot Groupings, Plots and Subplots

Vegetation Type	Number of 500 m ² Plot Groupings	Number of 100 m ² Plots		Number of 25 m ² Subplots
		Trees ≥ 10 cm Diameter Recorded	Trees ≥ 5 cm Diameter Recorded	Trees 5 to 10 cm Diameter Recorded
azonal thicket	21	89	20	24
azonal forest	68	293	64	123
azonal type transitional forest	19	101	0	51
transitional forest	48	252	20	91
zonal forest	29	137	10	41
marsh edge forest	2	18	0	0

3.2.1.2 Orchid Survey

A detailed orchid survey was completed in the Ambatovy and Analamay ore body zones during the rainy season of 1997 and 2004. The number, type, distribution and abundance of orchids were summarized from the field data.

Preliminary stratification of the study area was carried out by classifying the Ambatovy and Analamay ore body zones and adjacent land areas into three broad classes: zonal, transitional and azonal formations. By combining both the ore body zones and vegetation classes, a total of six subzones were created as a means to stratify the efforts of the field survey.

The orchid survey transects were 1,000 m long by 10 m wide in each subzone. When possible, orchids were identified in the field. When unknown or unidentified orchid species were encountered, they were collected and later identified in the herbarium.

A separate orchid report is provided in Attachment 6, this Appendix.

3.2.1.3 Pteridophyte Survey

A separate Pteridophyte survey (plants reproducing by spores and having vascular tissue, roots, stems and leaves; includes ferns, horsetails and club mosses) was done by a specialist in 1997 in the Ambatovy and Analamay area.

3.2.1.4 Aloe Survey

A separate survey for Aloes was carried out in 1997 and 2004 in the Ambatovy and Analamay ore body zones by a team of para-botanists. Observations of maturing fruits were made in the field, and flowers and vegetative parts were collected and brought to the herbarium of the Botanical and Zoological Park of Tsimbazaza for further identification. Coordinates of all Aloe locations are provided in Attachment 7, this Appendix, Table 1.

3.2.1.5 Missouri Botanical Garden Flora Survey

Methods used by the Missouri Botanical Garden (MBG) to conduct a flora survey of the mine area are provided in Attachment 5, this Appendix. A summary of those methods are provided here.

Objectives

The objective of MBG's study was to compile information on the flora of the proposed mine site before the project begins for incorporation into an analysis of the proposed mine's anticipated impacts. The MBG flora study includes:

- an analysis of the entire vascular plant flora of the proposed mine site;
- determination of *species of concern* that will require special consideration for the development and implementation of the mining project, and which may require some form of mitigation; and
- preparation of a preliminary list of bryophytes (plant division that includes mosses and liverworts).

Preliminary Data Collection and Reconnaissance

Vegetation surveys conducted by study teams in the 1990s and 2004 formed the basis for MBG's workplan. A preliminary list of all previous plant collections made in the Ambatovy/Analamay area, including those prepared as part of preliminary Environmental Assessment (EA) work conducted in the late 1990s, was compiled from MBG's TROPICOS database and supplemented with information available in Madagascar. This list was used to prepare an initial (unvalidated) inventory of the area, which served as a working document for the study team. A reconnaissance trip was made to the Ambatovy/Analamay area on November 25, 2004 to plan intensive field work.

Team and Schedule

Intensive field inventory work was done for a total of 11 weeks between December 16, 2004 and April 15, 2005. The work was completed by a team of professional botanists from MBG and the Flora Department of the Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT).

In addition to the regular members of the team, several specialists on particular plant groups participated in field work during February, March and April 2005, providing further expertise.

Collection Methods

The inventory team comprehensively collected all fertile plant species encountered in the Ambatovy/Analamay area using standard techniques developed by MBG and applied throughout the world. Field notes were taken with detailed information recorded on the site (e.g., vegetation type, edaphic conditions, etc.) and on each individual collected (e.g., size of the plant, growth

form, colour of various plant parts, other notable attributes, etc.). Field identifications were made at Ambatovy/Analamay by members of the inventory team. However, fertile material (flowers and/or fruits) was collected for verification purposes.

Inventory Sites

Inventory work was done at a total of 353 distinct localities within the Ambatovy/Analamay area during the course of the flora study. Precise geo-coordinates of these localities are given in Attachment 5, to this Appendix.

The localities visited by the study team included representatives of each of the major vegetation types identified in the Ambatovy/Analamay area, as well as a full range of habitat types and localized edaphic conditions, thereby maximizing the portion of the flora that the study team was likely to encounter and document.

The field study team initially focused on localities that had not been inventoried as part of the preliminary EA work completed in the late 1990s. In particular, they studied localities situated on laterite outside the projected mine footprint, in order to ensure an adequate basis for comparison with the flora present within the projected mine footprint. As the inventory work progressed, however, the study team visited many other localities that had not previously been examined, both within and outside the projected mine footprint.

3.2.2 Off-site Azonal Areas Survey

A survey took place on March 23, 2005, with respect to potential off-site azonal conservation areas, to the north of Ambatovy. Twenty-eight ultrabasic formations had been identified from geological data in the northern regional study area (Attachment 2, this Appendix, Table 1).

All 28 sites were overlain on a recent forest cover map (CI 2005) for the same area. Fourteen sites were found to lie outside currently forested habitat and were not considered further. A flight plan was developed that allowed a sequential aerial survey of the remaining 14 sites which were expected to have forest cover. The aircraft used was a fixed-wing Maule, with a pilot (Michel Louys), a navigator using a Garmin global positioning system (GPS) (Derek Melton) and a vegetation specialist / observer (Pierre Berner). The survey flight started from Antananarivo at 08.25 hr, routed via Ambatovy, then routed over the 14 sites before finishing in Toamasina at 13.00 hr. About four hours were spent on survey with a 30-minute rest stop at Ambatondrazaka.

At each ultrabasic site the location was circled at between 500 ft and 1,000 ft and evidence of azonal vegetation searched for, especially on hill tops and ridges. Photographs and GPS locations were taken of potential azonal vegetation areas observed at the ultrabasic sites. Notes were taken on the condition of any azonal vegetation seen, especially the level of disturbance.

A follow-up ground survey was conducted at the most promising potential off-site azonal conservation area, from September 26 to 29, 2005 (Volume J, Section 1.1, Attachment 2). This survey included an investigation of the physical and biological properties of the off-site area and comparison of the area to Ambatovy/Analamay.

3.2.3 Pipeline Flora Survey

3.2.3.1 Torotorofotsy

A taxonomic survey of the flora adjacent to and within the Torotorofotsy Wetlands was completed along the path of the proposed slurry pipeline. This section of the pipeline was surveyed because of the international importance of Torotorofotsy as a designated Ramsar wetlands.

The flora survey was completed over a two-day period in January, 2004 during the rainy season between Berano and Menalamba, in the Mokaranana and Torotorofotsy drainage basins.

The field team consisted of a para-botanist and a dendrologist. The team made note of the main habitats encountered along the alignment and identified species (presence/absence) along the transect. Niche habitats were also visited to search for vulnerable, threatened or endemic species.

Plant samples were collected (both fertile and non-fertile specimens) to aid in the reliability of the results. Thus, species were identified both in the field and later in the herbarium in cases where species taxonomy was less certain.

A more detailed description of the Torotorofotsy flora survey is provided in Attachment 8, this Appendix. Plot coordinates are provided in Attachment 9, this Appendix, Table 1.

3.2.3.2 Mantadia-Zahamena Corridor

A taxonomic flora survey was also completed along the proposed slurry pipeline route with an emphasis on the Mantadia-Zahamena corridor plus adjacent tavy areas to the east. Patches of what were believed to be primary forest were visited during the survey. The primary purpose of the survey was to describe the condition of the forest patches (e.g., primary forest or degraded forest) and identify any potentially vulnerable, endangered or endemic species that may exist in the area.

A total of 15 forest fragments forming small islands of residual vegetation within the tavy matrix were first identified on IKONOS imagery before the field survey. These fragments were targeted for the key flora surveys along the slurry pipeline because they were believed to potentially represent some of the best primary forest along the route (exclusive of the forest vegetation at the mine site) and because of the importance of these fragments to the ecological integrity of the Mantadia-Zahamena forest corridor of the eastern rainforest domain. A more detailed description of the slurry pipeline flora survey is provided in Attachment 9, to this Appendix.

The flora survey was done at the peak of the rainy season in January and February, 2005. As an initial step, GPS coordinates were taken at the four cardinal points of each forest fragment. Each fragment was assessed in the field according to the following criteria:

- 1) structural characteristics;
- 2) homogeneity of the dominant woody species; and
- 3) degree of naturalness in relation to topography and severity of fragmentation.

In addition, a brief ecological description was provided for each fragment, including comments on the degree of disturbance and the occurrence of exotic species. A taxonomic inventory of primarily woody vegetation was completed in each fragment. Fertile samples were collected where present to verify species identification at the herbarium in Antananarivo.

3.2.4 Process Plant Site

The vegetation of the process plant area is highly disturbed and has been cleared of much of its original vegetation as a result of human-induced pressures. Nonetheless, a taxonomic flora survey was completed during the rainy season in March, 2005 to identify any potentially vulnerable, endangered or endemic

species that may exist in any of the habitat types, microsite locations or niche environments.

The field team consisted of a para-botanist and a dendrologist. The team identified species (presence/absence) all across the plant site and collected plant samples (both fertile and non-fertile specimens) to aid in the reliability of the results. Thus, species were identified both in the field and later in the herbarium in cases where species taxonomy was less certain. GPS coordinates were taken at five locations, representing the general extent of the survey area. A more detailed description of the flora survey is provided in Attachment 10, this Appendix.

3.2.5 Tailings

A taxonomic flora survey was completed during the rainy season of April and May, 2004 along two 10 m wide belt transects, with one 1,360 m long and the other 2,340 m long. Both run in nearly a north-south orientation, on the eastern half of the LSA.

The purpose of the survey was to identify any potentially vulnerable, endangered or endemic species that may exist in any of the habitat types, microsite locations or niche environments within the tailings facility. The range of habitats occurs over hilltops, mid-slopes, lower slopes and wet depressions. GPS coordinates were taken approximately every 100 m along the transect. A more detailed description of the flora survey is provided in Attachment 11, this Appendix.

The field team consisted of a para-botanist and a dendrologist. The team identified species and estimated species abundance along the transect. They collected plant samples (both fertile and non-fertile specimens) to aid in the reliability of the results. Species were identified both in the field and later in the herbarium in cases where species taxonomy was less certain.

3.2.6 Port

No terrestrial vegetation surveys were conducted in or around the proposed port expansion facility as there is no terrestrial vegetation to assess.

3.3 VEGETATION ANALYSIS

3.3.1 Forest Structure

Description of forest structure provides a quantitative tool for delineating vegetation types that differ primarily in the physical arrangement of the species found within them. In addition to species diversity measures, plant structural diversity can be seen as another important component of biodiversity and has important functional properties. Structural diversity is one measure of the diversity of niches available to animals and plants. Development of a methodology for distinguishing one vegetation type from another based on structure provides a useful tool in setting boundaries between, and determining the aerial extent of, each type. The latter is important in the assessment of project impacts and development of mitigations.

The structural analysis was based on data collected from the 10 x 10 m plots and 500 m² plot groupings. Forest structure was analyzed among vegetation types using the following physical parameters collected for trees larger than 10 cm DBH:

- canopy top height (m);
- density (stems/ha);
- basal area (m²/ha); and
- mean number of tree species.

Canopy top height is a measure of canopy height based on the average height of the tallest 10 percent of the trees in the plot.

3.3.2 Floral Diversity

Floral diversity was assessed at four different spatial scales represented by the plot, habitat, landscape and global level. Species richness values were evaluated with the use of the forest structure data set.

Community analysis was completed using the Bray-Curtis measure and the Jaccard coefficient. The Bray-Curtis measure is an index of dissimilarity between communities based on species abundance differences. It is calculated using the following function (Krebs 1999):

$$B = (\sum |X_{ij} - X_{ik}|) / \sum (|X_{ij} + X_{ik}|)$$

where: B = Bray-Curtis measure of dissimilarity

X_{ij} , X_{ik} = Number of individuals in species i in each sample (j,k)

The Jaccard coefficient evaluates community relationships on the basis of species presence/absence. It is calculated as the number of common species of both sites divided by the total number of species found in the two sites and is expressed in the following function:

$$S_j = a / (a + b + c)$$

where: S_j = Jaccard similarity coefficient

a = Number of species in sample A and sample B (joint occurrences)

b = Number of species in sample B but not in sample A

c = Number of species in sample A but not in sample B

Jaccard similarity coefficient was expressed as its complement (i.e., 1.0 – Jaccard index) so that relative comparisons with the Bray-Curtis measure could easily be made.

3.3.3 Species of Concern and Endemism

A working list of possible *species of concern* within the mine site LSA was established by MBG using information initially compiled by the study team, which included a review of all known herbarium specimens within the study area (this process is incomplete but is ongoing). Species were included on the working list if the available information suggested that they might meet one or more of the following criteria:

- currently listed in one of the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna (CITES) appendices;
- currently included on the International Union for the Conservation of Nature (IUCN) red list; and/or
- currently known only from the Ambatovy/Analamay area (i.e., species for which there are no verified collections made from another site within the last 20 years).

Because CITES species must by definition be regarded as *species of concern* (given their international status and visibility), none of them were removed from the short list of species of concern, regardless of whether they are clearly widespread and/or common in Madagascar and are at no risk of being impacted by the proposed mining.

All IUCN species were left on the list of species of concern either because they may still be threatened (e.g., by deforestation pressures) or their status is not definitively known.

The other species currently only known from the mine site area were carefully re-examined using a full listing of collections from the TROPICOS database. Some species that were shown to be represented within one of Madagascar's protected areas were consequently removed from the list. Several others were found to be widespread and/or common outside Madagascar; they were also removed.

Each of the species of concern on the final list were then priority ranked on the basis of their distribution in relation to the mine footprint, the mine site LSA, the regional area, and at the national level. Priority rankings are defined as follows:

- **Priority 1** species are those that have been collected only from plots within the mine site LSA that will potentially be directly impacted by the project and have been sampled nowhere else in Madagascar over the last 10 years.
- **Priority 2** species are those that have been collected only from the mine site LSA, but exist outside the disturbance boundary and have been sampled nowhere else over the last 10 years.
- **Priority 3** species are those that are known only from the region of Andasibe/Mantadia over the last 10 years.
- **Priority 4** species are those that are currently known to occur elsewhere in Madagascar outside of the project region.

Priority 1 and 2 species are also divided into two subcategories on the basis of whether their inclusion at either level is thought to reflect rarity and/or a restricted distribution (Priorities 1a and 2a), or whether it is more likely an artifact of inadequate collecting during the last decade of research in Madagascar (Priorities 1b and 2b).

By ranking each of the species of concern, priorities can be set and levels of efforts determined to develop a mitigation plan to ensure the continued existence of each species during and after the life of the project.

4 RESULTS

4.1 MINE SITE

4.1.1 Introduction

This section provides the results of the baseline description of floral communities with the mine LSA. Specific description is provided for the following:

- regional context (Section 4.1.2);
- baseline exploration disturbances (Section 4.1.3);
- classification of vegetation types (Section 4.1.4);
- forest structure (Section 4.1.5);
- flora diversity (Section 4.1.6);
- summary of endemic species (Section 4.1.7);
- orchids (Section 4.1.8);
- pteridophytes (Section 4.1.9);
- aloe (Section 4.1.10); and
- other ultrabasic azonal outcrops in Madagascar (Section 4.1.11).

4.1.2 Regional Context

The proposed mine is situated in a forested area northeast of Moramanga. It overlooks the Mangoro valley to the west and the Torotorofotsy Wetlands to the east. The ore bodies are characterized by ancient ultrabasic intrusions that provided a specific substrate on which distinct forest vegetation occurs. In contrast, the surrounding vegetation consists primarily of a dense, uninterrupted, near-primary mid-altitude humid forest with variable canopy height, disturbed by slash and burn agriculture, traditional hunting and gathering activities, and selective and commercial logging. These surrounding forests are typical of the elevation and climate zone for this region of Madagascar, and are generally termed zonal forest. The condition of this vegetation ranges between very poor (recently cleared for slash and burn agriculture), poor (heavily logged), fair (selectively logged) and good (relatively undisturbed).

The ultrabasic mine sites of Ambatovy and Analamay are situated on a north-south ridge of hills. These plateaus on which the ore bodies are located support an azonal low canopy, sclerophyllous (leather-leaved) forest, which has

developed in response to the ferricrete substrate. The azonal forest on the sites is far from being homogenous since it has undergone a series of natural and human-induced fire disturbances. Burned and unburned tree thickets and short-stature forests comprise the azonal vegetation types.

The Torotorofotsy Wetlands are located southeast of the ore bodies and primarily consists of herbaceous marsh vegetation on a deep organic substrate. A small but significant portion of rice paddies have been superimposed at different areas on the edges of the wetlands. A small amount of marsh edge vegetation on shallow organic soil occurs at various locations along the Torotorofotsy Wetlands fringe and also along creeks and rivers within the wetlands. This marsh edge vegetation type consists of a dominant to sporadic cover of *Pandanus*; a tree with many local uses. Scattered pasture land and eucalyptus plantations and groves also exist in and around the wetlands. Although outside the direct mine footprint, the Torotorofotsy Wetlands require special consideration because of its high conservation value and ecological sensitivity (Volume J, Appendix 6.1).

4.1.3 Baseline Exploration Disturbances

4.1.3.1 Introduction

Besides disturbances that have been caused by natural means (e.g., fire or cyclones) or locally through logging or slash and burn activities, vegetation at the mine site has also been disturbed as a direct and indirect result of exploration drilling activities over the past 40 years (Volume K, Appendix 3.1). These vegetation disturbances were created to provide access and drilling platforms in the Ambatovy and Analamay ore body zones. Other human-induced vegetation disturbances unrelated to exploration or mining activities such as logging, tavy and wetlands drainage, are described, mapped and accounted for in Section 4.1.4.

The extent and nature of the impacts from these exploration activities on vegetation were previously documented in a 2004 drilling report (Volume J, Appendix 1.1, Attachment 3). Results presented in that report have been integrated into the framework of this baseline assessment. The primary objective here is to summarize those results as they relate to the level of exploration disturbances to vegetation created in the Ambatovy and Analamay ore body zones prior to mine development, so that those effects can be separated from the ones assessed for this project, as requested in the terms of reference (Volume H, Appendix 1).

4.1.3.2 Description of Drilling Program Disturbances

Government and private companies have been investigating the unique geologic characteristics at Ambatovy and Analamay since the early 1960s. The Groupement d'Etude de Nickel de Moramanga (GENiM), a mining consortium comprising Anglo-American, Société le Nickel, Ugine Kuhlmann, and BRGM was the first company to start exploring the resources with the initiation of a drilling program between 1970 and 1972. Between 1995 and 1997, Phelps Dodge Madagascar (PDM) re-evaluated the results of this initial exploration and conducted a new drilling program to further define the resources in the Ambatovy and Analamay region. In 2004, Dynatec completed additional drilling programs.

The results of all of these drilling programs have contributed to the loss, alteration and fragmentation of the vegetation resources at Ambatovy and Analamay. The causes of these disturbances were from the construction of access lines and drilling pads. The total amount of area disturbed from all drilling programs amounted to 63.5 ha, which includes 43.5 ha attributed to access and 20.0 ha for pad clearings. Dynatec's portion of these disturbances has been estimated at 25.7 ha for access (9.3 ha at Ambatovy and 16.4 ha at Analamay) and 7.6 ha for drilling pads (3.4 ha at Ambatovy and 4.2 ha at Analamay) for a total of 33.3 ha (52.4% of the total baseline disturbances).

Table 1.1-2 shows the distribution of vegetation types affected by Dynatec's portion of the drilling programs. Note that the values shown here are based on a vegetation classification developed for the drilling report. That vegetation classification and the final one developed for this EA are, however, very similar. Thus, for the purposes of documenting baseline disturbances, the values provided in Table 1.1-2 represent a reasonable estimate of the vegetation types affected by Dynatec during their drilling program. These disturbances represent about 1% of the azonal and transitional vegetation within the mine site areas.

Table 1.1-2 Vegetation Types Affected by Dynatec during the Construction of Access Lines and Drilling Pads

Vegetation Type	Area (ha)		
	Access Lines	Drilling Pads	Total
disturbed azonal	0.12	1.26	1.38
azonal thicket	11.42	4.50	15.91
azonal forest	9.00	1.33	10.34
transitional forest	5.15	0.51	5.66
cleared areas	0.00	0.02	0.02
ephemeral pools	0.03	0.00	0.03
total	25.7	7.6	33.3

4.1.4 Vegetation Classification

4.1.4.1 Vegetation Types

Fifteen vegetation types (and one water class) were identified within the mine LSA. Seven of these vegetation types are forested and seven are non-forested. Some of the vegetation types also represent a group of vegetation subclasses which are more specifically defined. Ten of the vegetation types are of greatest interest from a floristic and biological perspective:

- azonal sclerophyl tree thicket;
- azonal sclerophyl tree forest;
- azonal non-forest;
- azonal type transitional forest;
- transitional forest;
- zonal forest;
- Eucalyptus and other woodlots;
- marsh edge forest;
- marsh herbaceous vegetation cover; and
- ephemeral pond.

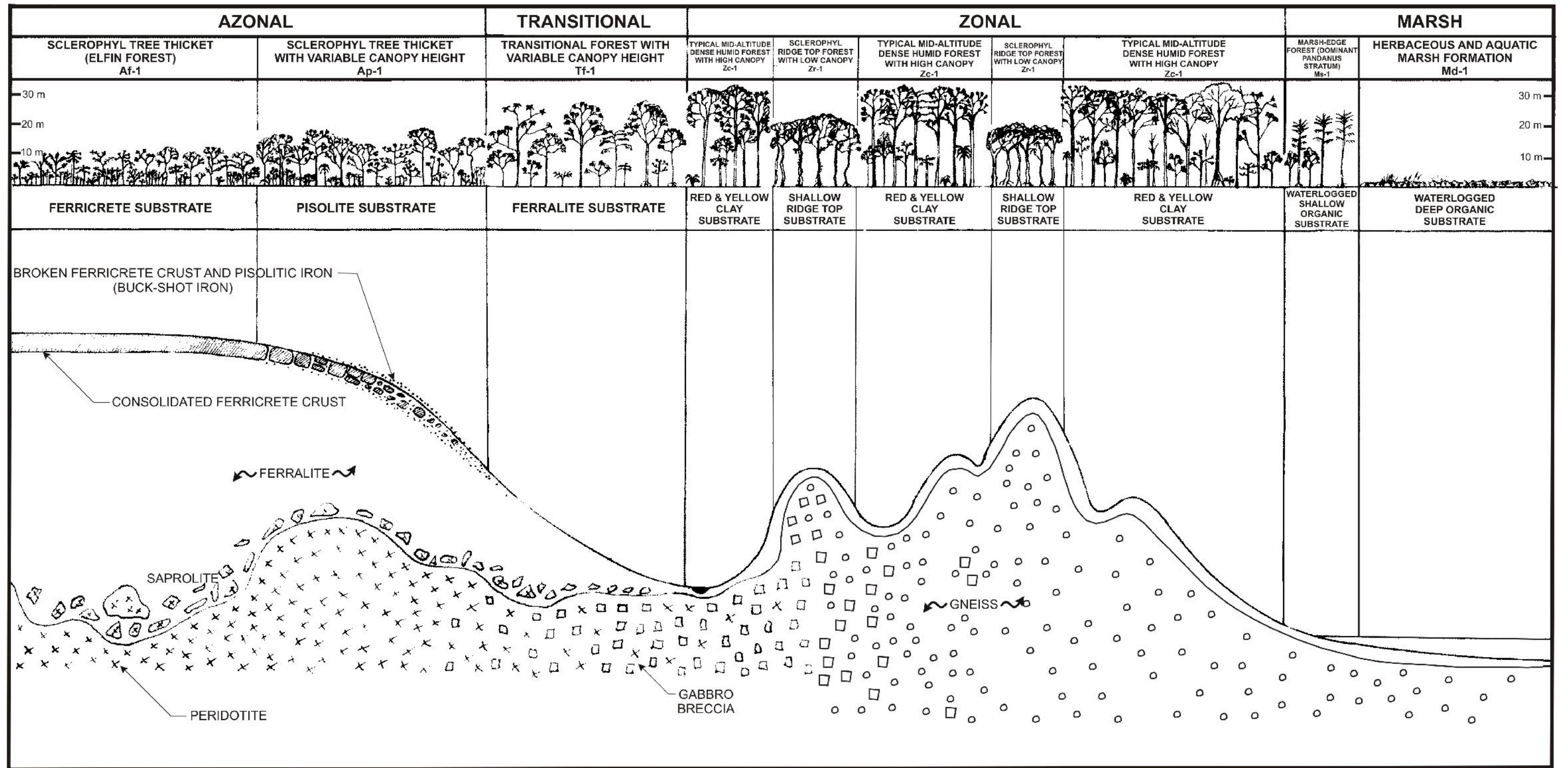
The above vegetation types were classified based on physical structure and physiognomy (appearance) of the vegetation as well as on species composition. By comparison of the general patterns of vegetation cover with the geological makeup of the project area, it was clear that certain vegetative elements corresponded closely with the nature of the substrate and topography on which the vegetation developed (Figure 1.1-1).

Superimposed on the classification of the mature-phase vegetation types is an array of differential and primarily human-induced disturbances that include selective logging, heavy logging, fire and agricultural clearing. This exercise was required to appropriately represent the character of the LSA, which is a mosaic of disturbance conditions ranging from pristine to converted forest. This mosaic is represented graphically in Figure 1.1-2 which presents a schematic interpretation of the substrate-topography-disturbance matrix used to classify vegetation types in the form of a three-dimensional block diagram. The X-axis of the matrix presents the substrate, the Z-axis presents the topography, and the Y-axis represents the varying level of primarily human-caused disturbances.

Vegetation of the mine site LSA is shown in Figures 1.1-3 and 1.1-4. To highlight the location of unique vegetation types within and near the Analamay and Ambatovy ore bodies, a dashed line has been placed around these two zones which contain azonal, azonal type transitional and transitional vegetation. These vegetation types are found nowhere else in the mine site LSA. Total areas of each vegetation type and subclass, including those found within the Analamay and Ambatovy vegetation zones, are shown in Table 1.1-3 followed by descriptions of the main vegetation types.


Forest vegetation data is presented in Attachment 1, this Appendix, Table 5.

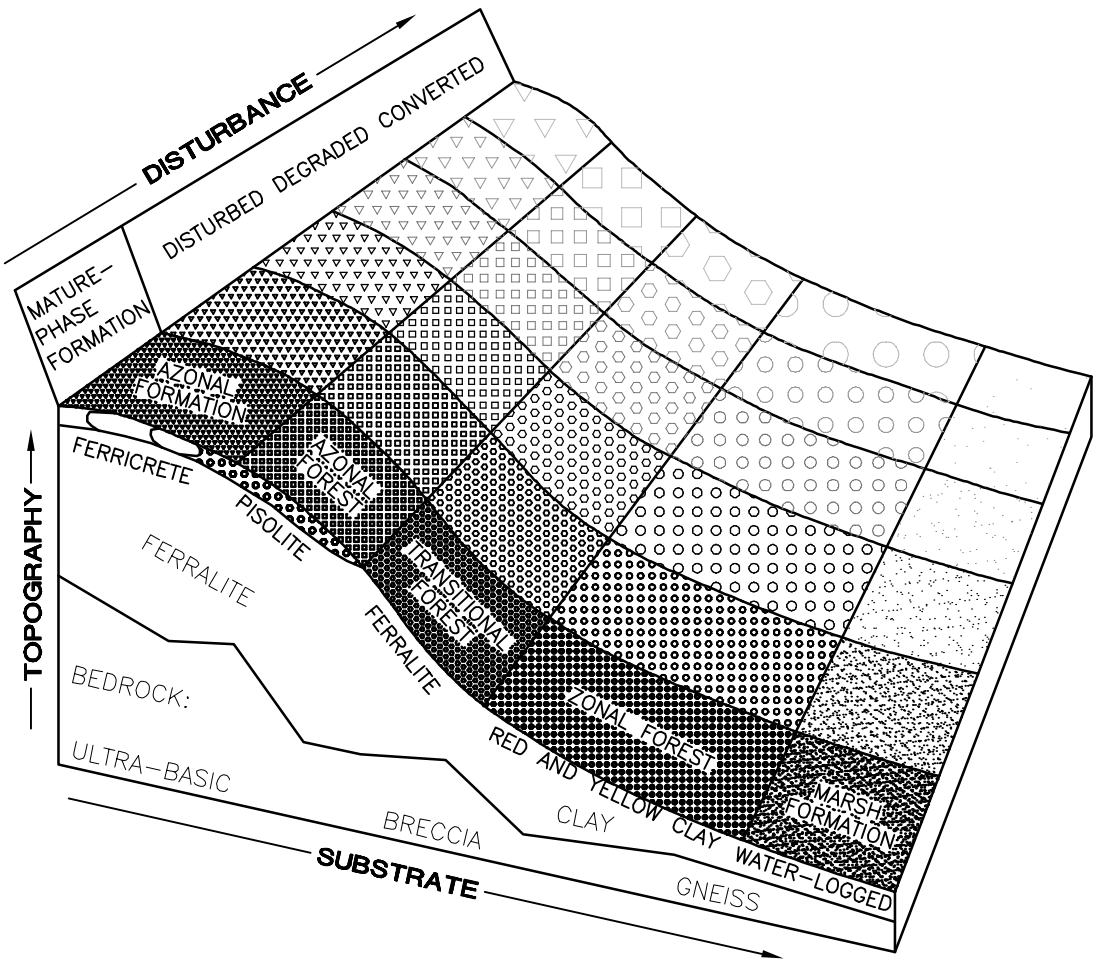
R:\CAD\2003\1322\03-1322-172\7300\7321\Figure 1.1-1 Vegetation Classes.dwg Jan 11, 2006 - 5:08pm



REFERENCE

ORIGINAL DRAWING PROVIDED BY GOLDER ASSOCIATES, DENVER, COLORADO.


PROJECT		AMBATOVY PROJECT	
TITLE		CORRELATION OF VEGETATION CLASS WITH TOPOGRAPHY AND SUBSTRATE	
		PROJECT 03-1322-172.7300	FILE No. Vegetation Class
		DESIGN DN 20/06/05	SCALE NTS REV. 0
		CADD MJ 28/06/05	
		CHECK GJ 11/01/06	
		REVIEW DM 11/01/06	
		FIGURE: 1.1-1	

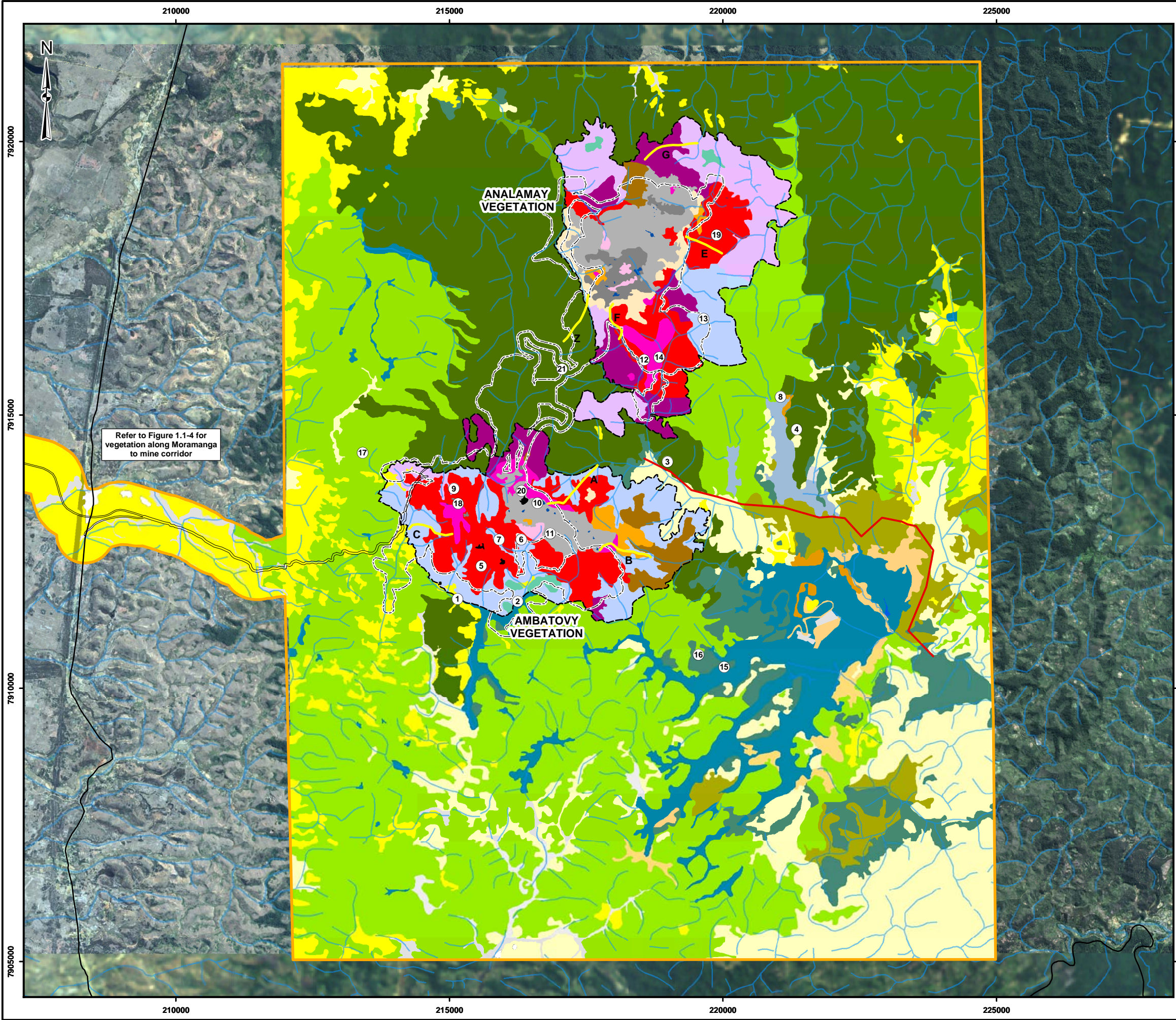


SCHEMATIC ONLY

REFERENCE

ORIGINAL DRAWING PROVIDED BY GOLDER ASSOCIATES, DENVER, COLORADO, MARCH, 1999.

PROJECT		AMBATOVY PROJECT			
TITLE		VEGETATION CLASSIFICATION MATRIX			
	PROJECT	03-1322-172.7300	FILE No.	Vegetation Classes	
	DESIGN	DN	20/06/05	SCALE	AS SHOWN
	CADD	MJ	28/06/05	REV.	0
	CHECK	GJ	11/01/06	FIGURE: 1.1-2	
	REVIEW	DM	11/01/06		



LEGEND

AZONAL VEGETATION

- AZONAL THICKET
- AZONAL THICKET DISTURBED
- AZONAL FOREST
- AZONAL FOREST DISTURBED
- AZONAL FOREST BURNED
- DISTURBED AZONAL (SUCCESSION I & II)
- DISTURBED AZONAL (SPARSE VEGETATION)
- DISTURBED AZONAL (NO VEGETATION, EXPLORATION CLEARING)
- SEASONAL POND

AZONAL TYPE TRANSITIONAL VEGETATION

- AZONAL TYPE TRANSITIONAL FOREST ON GABBRO
- AZONAL TYPE TRANSITIONAL FOREST DISTURBED ON GABBRO

TRANSITIONAL VEGETATION

- TRANSITIONAL FOREST
- TRANSITIONAL FOREST (LOGGED OVER)
- TRANSITIONAL FOREST BURNED AND SLASH & BURN

ZONAL VEGETATION

- HERBACEOUS VEGETATION COVER AND PASTURE
- MODERATELY LOGGED FOREST
- MODERATELY LOGGED VALLEY BOTTOM FOREST
- HEAVILY LOGGED FOREST AND OTHER DISTURBANCES
- SLASH AND BURN FOREST
- NON-FOREST SLASH AND BURN

MARSH HERBACEOUS VEGETATION/RICE PADDIES

- RICE PADDIES
- MARSH HERBACEOUS VEGETATION / RICE PADDIES
- MARSH HERBACEOUS VEGETATION

MARSH EDGE VEGETATION

- MARSH EDGE FOREST
- NON-FORESTED MARSH EDGE (DISTURBED)

EXOTIC VEGETATION

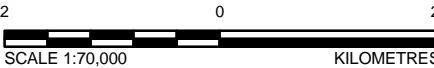
- EUCALYPTUS & OTHER WOODLOT


OTHER

- STREAM
- ROAD
- VEGETATION SITE (1997-1998)
- TOROTOROFOTSY VEGETATION SURVEY TRANSECT (2005)
- VEGETATION TRANSECT (2004-2005)
- AZONAL, AZONAL TYPE TRANSITIONAL & TRANSITIONAL VEGETATION
- MINE LOCAL STUDY AREA
- PROPOSED MINE FOOTPRINT
- WATER PIPELINE
- WATER
- VILLAGE

REFERENCE

IKONOS Imagery provided by Space Imaging Inc.; Captured August 11, 2004
Landsat 7 Mosaic Image; Captured April/Sept. 2001
Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S



PROJECT		AMBATOVY PROJECT	
TITLE		VEGETATION CLASSIFICATION AND FLORA SAMPLE SITES WITHIN THE MINE LOCAL STUDY AREA	
	PROJECT No. 03-1322-172.7300		SCALE AS SHOWN
	DESIGN	DN	02 Jun. 2005
	GIS	TN	13 Dec. 2005
	CHECK	GJ	11 Jan. 2006
REVIEW		DM	11 Jan. 2006
		REV. 0	
		FIGURE: 1.1-3	

i:/2003/03-1322/03-1322-172/lrxd/Vegetation/Fig1.1-4_WaterIntake_Veg_LEG1.mxd



LEGEND

ZONAL VEGETATION

- HERBACEOUS VEGETATION COVER AND PASTURE
- MODERATELY LOGGED FOREST
- HEAVILY LOGGED FOREST AND OTHER DISTURBANCES
- NON-FOREST SLASH AND BURN

MARSH HERBACEOUS VEGETATION/RICE PADDIES

- RICE PADDIES
- MARSH HERBACEOUS VEGETATION / RICE PADDIES

EXOTIC VEGETATION

- EUCALYPTUS & OTHER WOODLOT

OTHER

- STREAM
- ROAD
- WATER PIPELINE
- WATER
- VILLAGE
- VEGETATION SITE (1997-1998)
- MINE LOCAL STUDY AREA

REFERENCE

IKONOS Imagery provided by Space Imaging Inc.; Captured August 11, 2004
Landsat 7 Mosaic Image; Captured April/Sept. 2001
Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

2 0 2
SCALE 1:70,000 KILOMETRES


PROJECT	AMBATOVY PROJECT		
TITLE	VEGETATION CLASSIFICATION ALONG THE MANGORO-TO-MINE CORRIDOR EXTENSION OF THE MINE LOCAL STUDY AREA		
	PROJECT No. 03-1322-172.7300		SCALE AS SHOWN REV. 0
	DESIGN	DN 02 Jun. 2005	FIGURE: 1.1-4
	GIS	TN 13 Dec. 2005	
	CHECK	GJ 11 Jan. 2006	
	REVIEW	DM 11 Jan. 2006	

Table 1.1-3 Area of Vegetation Types within the Mine Local Study Area

Vegetation Type	Vegetation Subclass	Area (ha)			
		Amb ^(a)	Ana ^(a)	Outside A&A	Total
Azonal Thicket					
	azonal thicket	62	50	0	112
	azonal thicket disturbed	10	11	0	21
	azonal thicket subtotal	72	61	0	133
Azonal Forest					
	azonal forest	390	293	0	683
	azonal forest burned	3	84	0	87
	azonal forest disturbed	43	13	0	56
	azonal forest subtotal	436	390	0	826
Azonal Disturbed					
	disturbed azonal (no vegetation)	3	0	0	3
	disturbed azonal (sparse vegetation)	2	76	0	78
	disturbed azonal (succession i and ii)	119	221	0	340
	non-forested azonal subtotal	124	297	0	421
Ephemeral Pond					
	ephemeral pond	2	3	0	5
	ephemeral pond subtotal	2	3	0	5
Azonal Type Transitional Forest on Gabbro					
	azonal type transitional forest disturbed	89	29	0	118
	azonal type transitional forest	92	228	0	320
	azonal type transitional forest subtotal	181	257	0	438
Transitional Forest					
	transitional forest	26	429	0	455
	transitional forest (logged over)	422	141	0	563
	transitional forest burned and slash and burn	20	13	0	33
	transitional forest subtotal	468	583	0	1,051
Zonal Forest					
	heavily logged forest and other disturbances	0	0	6,827	6,827
	moderately logged forest	0	0	4,911	4,911
	moderately logged valley bottom forest	0	0	52	52
	slash and burn forest	0	0	737	737
	zonal forest subtotal	0	0	12,527	12,527
Eucalyptus and Other Woodlots					
	eucalyptus and other woodlots	0	0	831	831
	eucalyptus and other woodlot subtotal	0	0	831	831
Marsh Edge Forest		0	0	36	36
Non-Forested Marsh Edge (Disturbed)		0	0	195	195
Non-Forest Slash and Burn		0	0	2,260	2,260
Herbaceous Vegetation Cover and Pasture		11	0	2,698	2,709
Marsh Herbaceous Vegetation		0	0	102	102
Marsh Herbaceous Vegetation / Rice Paddies		0	0	1,012	1,012
Rice Paddies		1	0	304	305
Village		0	0	29	29
Water		0	0	13	13
Total		1,295	1,591	20,006	22,892

^(a) Area values for vegetation types in the area of the Ambatovy (Amb) and Analamay (Ana) ore body zones are represented by the dashed black lines as shown on Figure 1.1-3.

Note: Numbers have been rounded for presentation purposes.

Azonal (Sclerophyl Tree) Thicket

This habitat consists of mid-altitude azonal sclerophyl tree thickets on consolidated ferricrete crust (Photograph 1.1-1). This habitat is characterized by dense, short-tree thicket vegetation (canopy about 9 m tall) on shallow substrate and is susceptible to fire. This is a poorly represented or unique habitat type because of its spatially confined substrate. Dominant species within this vegetation type includes *Uapaca densifolia*, *Leptolaena multiflora* (an endangered species), *Asteropeia mcphersonii* (a vulnerable species), *Weinmannia rutenbergii*, *Uapaca thouarsii* and *Sarcolaena multiflora*. This vegetation type covers 133 ha or less than 1% of the mine LSA.

Azonal (Sclerophyl Tree) Forest

This habitat consists of mid-altitude azonal sclerophyl tree forest on broken ferricrete crust and pisolitic concretions (Photograph 1.1-2). This habitat is characterized by dense tree vegetation with a relatively short canopy height (about 13 m) on an uneven depth of substrate and forms a continuum with both azonal thicket and transitional forest. The azonal forest is rich in epiphytic orchids and contains floral elements aligned with Madagascar's central domain, suggesting relic status of past montane habitats. Like the azonal sclerophyl thicket, the azonal sclerophyl forest is poorly represented elsewhere in Madagascar. Dominant species within this vegetation type includes *Uapaca densifolia*, *Asteropeia mcphersonii* (a vulnerable species), *Sarcolaena multiflora*, *Protorhus ditimena*, *Syzygium emirnense*, and *Leptolaena multiflora* (an endangered species). This vegetation type covers 826 ha or 4% of the mine LSA.



Photograph 1.1-1 Azonal Thicket



Photograph 1.1-2 Azonal Forest

Azonal Disturbed

This is a disturbed azonal habitat type and as such represents areas that are virtually clear of vegetation such as at the exploration camp site, areas of sparse vegetation due to human influence or recent fire, or scrubby areas at different successional stages of development as a result of fire (Photograph 1.1-3). *Philippia* brush, a member of the heath family and a shrubby species characteristic of landscapes cleared as a result of repeated fires (Butler 2005), and fire-adapted grasses dominate the vegetation within the successional subclass units. See Section 4.1.4.2 for additional information on how these particular vegetation units have developed. This vegetation type covers 421 ha or 2% of the mine LSA.



Photograph 1.1-3 Disturbed Azonal Habitat

Ephemeral Pond

This habitat consists of numerous shallow ephemeral ponds in sunken bowls in the ferricrete crust (30 mapped in total), surrounded by sclerophyll thickets and forests (Photograph 1.1-4). Details of the aquatic vegetation are contained in Volume J, Appendix 3.1. These pools are specifically confined to the plateaus, and are not known to be represented elsewhere in Madagascar because of their unique settings on the azonal ferricrete. However, based on an off-site azonal

outcrop reconnaissance ground survey undertaken in October 2005, the potential exists for additional pools to be found (see Attachment 2, this section, for a description of the survey details and results). The location of ephemeral ponds on the ferricrete crust within the mine site LSA makes them very susceptible to damage from fire. Because these ponds are relatively small they cover an area of only 5 ha in the LSA.



Photograph 1.1-4 Ephemeral Pond

Azonal Type Transitional Forest

This habitat consists of mid-altitude transitional forests on clay or clay pisolite substrate (Photograph 1.1-5). The tree canopy is variable with a mean of about 10 m tall. The azonal type transitional vegetation class contains a mix of species most similar to the azonal forest type. However, it occurs on the same substrate as the transitional vegetation type. Consequently, it is as unique as the azonal or transitional vegetation types in the region and presumably Madagascar. Dominant species include *Uapaca densifolia*, *Schefflera longipedicellata*, *Vernonia garnieriana*, *Uapaca mangorensis*, *Uapaca densifolia* and *Asteropeia mcphersonii* (a vulnerable species). This vegetation type covers 438 ha or 2% of the mine LSA.



Photograph 1.1-5 Azonal Type Transitional Forest

Transitional Forest

This habitat consists of mid-altitude azonal/zonal transitional forests on ferrallite outcrops (Photograph 1.1-6). This habitat is characterized by tree vegetation with variable canopy height (about 15 m) occurring on the slopes of the ferricrete plateaus. Transitional forest by its nature, grades into both azonal forest and zonal forest. This habitat is poorly represented or not well known elsewhere in Madagascar because of its confinement to the substrate resulting from the ultrabasic bedrock. Dominant species within this vegetation type includes *Syzygium emirnense*, *Blotia oblongifolia*, *Pittosporum verticillatum*, *Thecacoris perrieri*, *Xylopi buxifolia* and *Chrysophyllum boivinianum*. This vegetation type covers 1,051 ha or 5% of the mine LSA.



Photograph 1.1-6 Transitional Forest

Zonal Forest

This habitat consists of mid-altitude dense humid forest on red and yellow clay (Photograph 1.1-7). It is a typical mid-altitude forest formation with a relatively tall canopy (12 to 23 m with a mean of about 16 m unless logged). The forest habitat belongs to the eastern domain, but has some biogeographical traits of the central domain. As elsewhere in eastern Madagascar, this habitat type is under considerable human-induced pressure for conversion to secondary forest and grassland through slash and burn agriculture. Dominant species include *Ocotea laevis*, *Syzygium emirnense*, *Thecacoris perrieri*, *Chrysophyllum boivinianum*, *Rhodolaena bakeriana* and *Tannodia perrieri*. This is the dominant vegetation type in the region and covers an area of 12,527 ha or 55% of the mine LSA. Over half of this forest type is heavily logged.



Photograph 1.1-7 Zonal Forest

Eucalyptus and Other Woodlots

This habitat consists primarily of non-native *Eucalyptus* plantations or areas where *Eucalyptus* groves have formed unmanaged. Other degraded stands in the LSA may also contain a component of *Eucalyptus*; however, within this particular vegetation class, *Eucalyptus* dominates the tree canopy. Because the focus of the flora baseline study is on natural habitats, no forest structure plots were established within this exotic vegetation class. A total of 831 ha or 4% of the mine site LSA was classified to this vegetation type.

Forested and Non-Forested Marsh Edge

These habitats occur in a hydromorphic environment and extend along the different branches of the Torotorofotsy-Mokaranana wetlands system (Photograph 1.1-8). The marsh edge forest is characterized with large extensions of *Pandanus* (*P. tectorius*) forming marsh-forest ecotones into the surrounding zonal forests. Other notable species include *Cyathea dregei* (a CITES-listed species) and *Dalbergia baroni* (a vulnerable species). The marsh edge forest has limited distribution in the LSA (36 ha). Due to logging, the non-forested marsh edge vegetation type is more extensive and covers an area of 195 ha.



Photograph 1.1-8 Marsh Edge Forest

Non-Forest Slash and Burn and Herbaceous Vegetation Cover and Pasture

These habitats consist of non-forested residual slash and burn (tavy) and herbaceous pasture land (Photograph 1.1-9). These vegetation types represent the dominant cover classes within the water intake corridor to the west of the proposed mine and to the southeast where the effects of human settlement have had the greatest impact on the local vegetation. Total area of the slash and burn and pasture land vegetation types in the mine site LSA covers 2,260 and 2,709 ha, respectively.



Photograph 1.1-9 Herbaceous Pasture

Marsh Herbaceous Vegetation, Marsh Herbaceous Vegetation/Rice Paddies, and Rice Paddies

These wetlands habitats occur in lowland positions within the landscape and are differentiated in terms of species composition and level of human influence. Each of these wetlands are mapped as distinct units from each other but have been discussed together here because of the ecological similarities they share. The most natural type is the herbaceous marsh vegetation class which consists of nutrient-rich, shallow marsh with a deep peat layer (Photograph 1.1-10). This habitat is characterized by typical hydromorphic herbaceous marsh vegetation of the regional wetlands systems (e.g., species of the Cyperaceae family) and occurs within the Torotorofotsy-Mokaranana wetlands system. Due to human-induced factors (principally pressure to convert to rice paddy and wildfires), this habitat type is one of the most threatened in Madagascar. This vegetation type covers 102 ha or <1% of the mine site LSA.

Rice paddies represent another lowland class. They cover 305 ha of the LSA (1%). There is also a class that contains a mix of both natural marsh vegetation and rice paddies but consisting of areas too small or indistinct to differentiate on the base map. This unit covers an area of 1,012 ha (4%) of the LSA.



Photograph 1.1-10 Herbaceous Marsh

4.1.4.2 Successional Patterns

Successional patterns in the azonal and zonal forests are relevant to an understanding of the continuum of disturbance-caused vegetation subclasses. On the azonal tree thickets and forests, which develop over the ferricrete and pisolite substrate, fires appear to be a long-term intrinsic part of the environment. The azonal vegetation types generally contain fragments of mature vegetation interspersed among extended areas of brush. Various formations represent stages of disturbance and regeneration that depend largely on the influence of fires. Initial burning creates a secondary successional formation that is dominated by *Philippia*, a fire-tolerant shrub. This plant is characteristic of secondary successional areas in the eastern biogeographic domain of Madagascar.

Recurrent burning of an area will destroy even the *Philippia* brush and create a herbaceous formation of fire-adapted grasses. Following a sufficient amount of time and two conditions (no fire and adjacent mature-phase forest), secondary succession for all disturbed azonal vegetation subclasses (brush and grass) will proceed back to the azonal forest. Due to the hard ferricrete substrate and the shallow to non-existent topsoil, such secondary succession may require 50 to 150 years. However, in cases where recurrent or severe fires cause destruction of

the shallow root mat over the hard ferricrete substrate and the resulting loss of organic matter, the denuded crust may become a sterile substrate no longer capable of supporting natural succession to the mature vegetation type. Azonal thicket may result from any combination of fire succession and of ultra hard ferricrete crust with limited topsoil accumulation.

For the zonal forests, existing disturbances include logging, slash and burn agriculture, and general conversion of natural habitats to agriculture and pasture. These disturbances tend to result in destruction of the closed canopy, an increase in pyrophytic (fire-adapted) formations, and depletion of soil through loss of organic matter. Selective logging creates sporadic canopy gaps that readily regenerate over time. Heavy logging opens up the canopy and favours invasion of heliophytic (sun-adapted) vines that may permanently alter species succession especially if exotic invasive plants enter the forest at this time.

Fires create a shift toward *Philippia*-dominated secondary successional stages, which may ultimately return to mature forests depending upon the proximity of unburned mature forest to serve as a seed source. The successional process in slash-and-burn areas depends upon a combination of abiotic factors and the susceptibility to recurring fires. In more difficult environments, or in the presence of recurring fires in these areas, the succession process may ultimately end in a pyrophytic grass and brush formation such as the vegetation that has replaced most of the eastern lowlands of Madagascar. The key factors for succession back to the primary mature forest are time (50 to 200 years) and an adjacent mature forest that will serve as a seed and propagule source.

4.1.5 Forest Structure

The most obvious differences among the forest vegetation types in the project area are structural. As a result of water stress caused by the ferricrete and ferralite substrate, trees on this substrate are short, tend to be mostly sclerophyl, and highly susceptible to fire in the dry season. The structural analysis of the vegetation types focused on analysis of the structure of the woody component of the forest vegetation types. Some structural differences between the azonal forest and the transitional forest types are obvious from the photos and profiles typical of each forest type as shown in Photographs 1.1-1 to 1.1-6 and in Figure 1.1-1.

Six forested vegetation types analyzed in detail for structural characteristics were: (1) azonal thicket, (2) azonal forest, (3) azonal type transitional forest, (4) transitional forest, (5) zonal forest, and (6) marsh edge forest. The main structural variables that differed among these forest types were canopy top height, tree density, basal area and number of tree species. It is important to characterize the structure of these forest types because it permits a greater

understanding between the relationships of structure with wildlife and wildlife habitat, biodiversity and economic forest value. Characterising forest structure also helps determine if less common vegetation types are intrinsically unique compared with zonal vegetation.

Tree height was evaluated in terms of top height (the tallest 10 percent of the trees within a plot grouping) (see Attachment 1, this Appendix, Table 6 for forest structure data summarized by plot grouping and habitat). Azonal tree thicket and azonal type transitional forest have the shortest canopies (9.2 ± 0.4 m standard error of the mean and 10.1 ± 0.2 m, respectively) (Figure 1.1-5, Table 1.1-4). The azonal forest is the next shortest (13.3 ± 0.4 m). The transitional forest and zonal forest have similar canopy heights (15.5 ± 0.6 m and 15.6 ± 0.9 m, respectively) while the marsh edge forest is tallest (20.0 ± 0.0 m).

Figure 1.1-5 Mean Tree Canopy Top Height

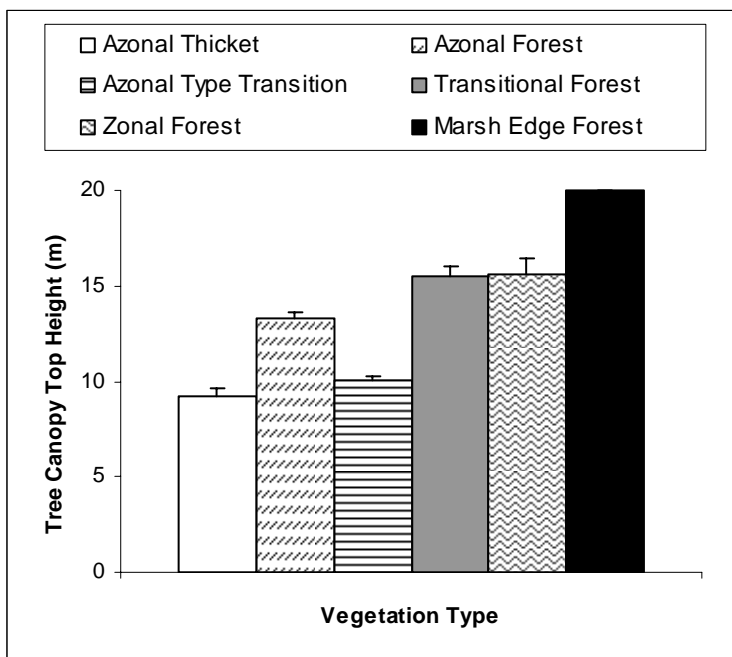


Table 1.1-4 Mean Forest Structure Characteristics among Vegetation Types

Vegetation Type ^(a)	Number of Stems ^(b)		Basal Area ^(b)		Tree Height (m) ^(b)	Canopy Top Height (m) ^(c)	Number of Tree Species/ 500 m ² ^(b)	Number of 500 m ² Plot Groups ^(d)
	Stems/ 500 m ²	Stems/ ha	m ² / 500 m ²	m ² / ha				
AT	40	799	0.30	6.0	6.7	9.2	13.3	21 (12)
AF	55	1108	0.97	19.4	9.5	13.3	22.2	68 (29)
TT	64	1286	1.15	23.1	8.3	10.1	19.6	19 (15)
TF	55	1100	1.16	23.1	9.9	15.5	28.7	48 (31)
ZF	62	1249	1.58	31.5	9.9	15.6	33.2	29 (29)
MF	45	900	1.07	21.4	11.7	20.0	20.5	2 (2)

^(a) AT = Azonal Thicket; AF = Azonal Forest; TT = Azonal Type Transitional Forest; TF = Transitional Forest; ZF = Zonal Forest; MF = Marsh Edge Forest.

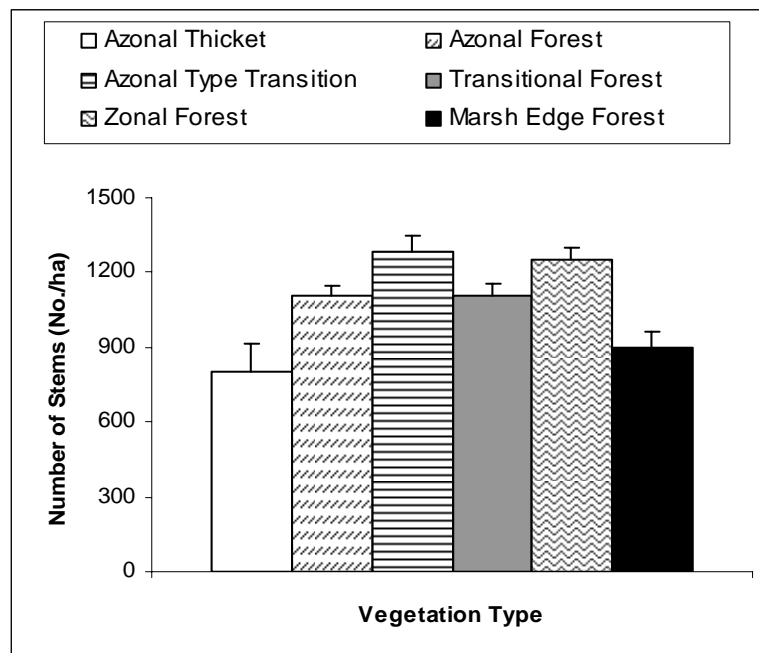
^(b) Including all trees ≥ 10 cm diameter.

^(c) Average height of the top 10% of trees ≥ 10 cm diameter.

^(d) Number of plots shown in parentheses is for basal area. Basal area is calculated from diameter, which was only measured within certain transects.

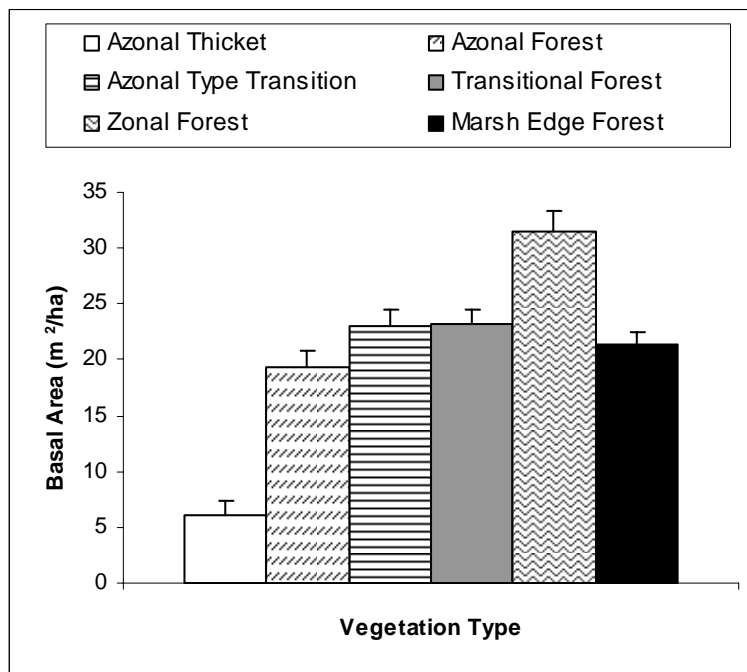
The number of stems per hectare also varied among vegetation types (Figure 1.1-6, Table 1.1-4). The greatest numbers of stems were recorded in the azonal type transitional forest followed by the zonal forest (1,286 \pm 61 cm and 1,249 \pm 54, respectively). The smallest number of stems was recorded in the azonal thicket and marsh edge forest (799 \pm 113 cm and 900 \pm 60, respectively).

Figure 1.1-6 Mean Numbers of Stems per Hectare



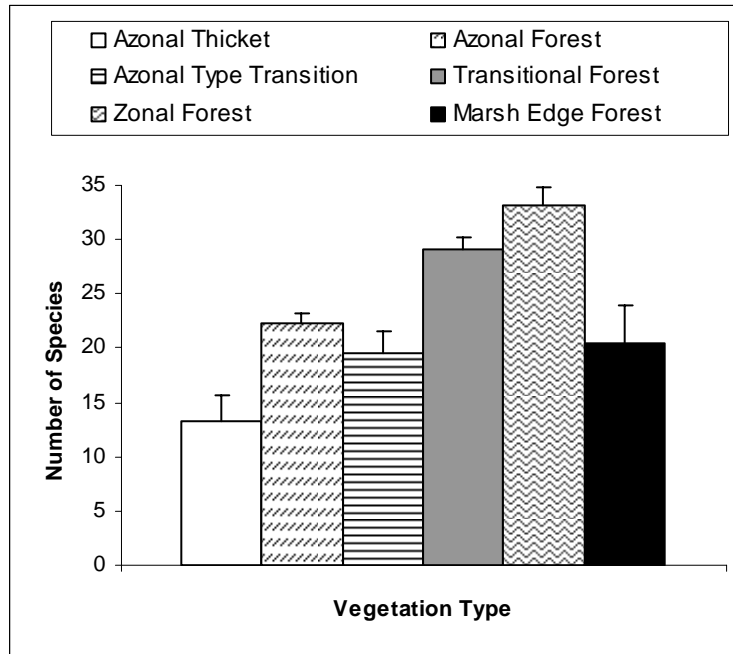
Basal area is a measure that directly and indirectly results from a stand's characteristics related to tree diameter, height and density. The smallest basal area was recorded in the azonal thicket ($6.0 \pm 1.3 \text{ m}^2/\text{ha}$) while the largest occurred in the zonal forest ($31.5 \pm 1.9 \text{ m}^2/\text{ha}$) (Figure 1.1-7, Table 1.1-4). All other vegetation types fell somewhere in between these two values and ranged between 19.4 and 23.1 m^2/ha . Since transitional forests represent a gradation between both azonal and zonal forest, they are more likely to be distinguished by their relative position geographically than their structural composition.

Figure 1.1-7 Mean Basal Area Per Hectare



Mean number of trees species was also evaluated. The fewest number of tree species were found in the azonal thicket (13.3 ± 2.3 species) (Figure 1.1-8, Table 1.1-4). The most number of species occurred in the zonal forest (33.2 ± 1.5 species) followed by the transitional forest (29.1 ± 1.1 species).

Figure 1.1-8 Mean Number of Tree Species



Azonal thickets are distinct for all measures presented. Not only are they clearly different from transitional and zonal forests, but also azonal forests. Azonal thickets have trees with a shorter height, fewer stems ≥ 10 cm DBH, lower basal area and few tree species ≥ 10 cm DBH compared with all other vegetation types.

These findings have relevant ecological implications, since structure influences many ecological processes (e.g., hydrology, light capture, decomposition, pollination and dispersal) and determine niche availability for faunal species. The cause of differences in structure between the azonal thickets and azonal forest is likely related to levels of disturbance as well as substrate differences.

4.1.6 Diversity and Community Analysis

4.1.6.1 Species Diversity

An evaluation of the tree-layer floral diversity among forested habitats is presented below. Refer to Section 4.1.7 and Attachment 5, this Appendix, for a more comprehensive review of floral diversity, including all plant forms collected within the mine site LSA.

Point Diversity

Point diversity was calculated for each plot grouping and transect. Results are presented in Attachment 1, this Appendix, Tables 6 and 7.

Habitat Diversity

Between 37 and 419 tree species ≥ 5 cm diameter were recorded among the forested vegetation types within the mine site LSA (Table 1.1-5). The highest number of species was recorded for the transitional forest type and the lowest in the marsh edge forest.

Table 1.1-5 Total Species Richness by Vegetation Type within Forest Plots and Subplots

Vegetation Type	Survey Area (ha)	Cumulative Number of Species by Diameter Class ^(a)		Total Number of Species
		≥ 10 cm	5–9.9 cm	
azonal thicket	1.16	104	61	165
azonal forest	3.93	252	46	298
azonal type transitional forest	1.12	131	83	214
transitional forest	2.92	267	152	419
zonal forest	1.57	255	114	369
marsh edge forest	0.12	37	nd	37

^(a) Number of species listed is cumulative. All species within the ≥ 10 cm diameter class were counted first, followed by all species in the 5 to 9.9 cm class, but not in the ≥ 10 cm class.

nd = No data.

Figure 1.1-9 illustrates the relationship of total area sampled to the number of recorded tree species ≥ 10 cm diameter for the six vegetation types in Table 1.1-5. The table and figure show the influence of sampling intensity to number of species recorded. Note that the marsh edge forest was not surveyed as intensely compared with all other vegetation types because it represents a very small proportion of the mine site LSA (36 ha). However, it is recognized as a unique and important part of the local ecosystem, especially within the Torotorofotsy wetlands. Therefore, although the data presented for the marsh edge forest is limited compared with other vegetation types (and the data should be viewed with this in mind), it is important to present these results especially for those components of the ecosystem with high biological value.

Figure 1.1-9 Relationship between Area Sampled and Number of Tree Species

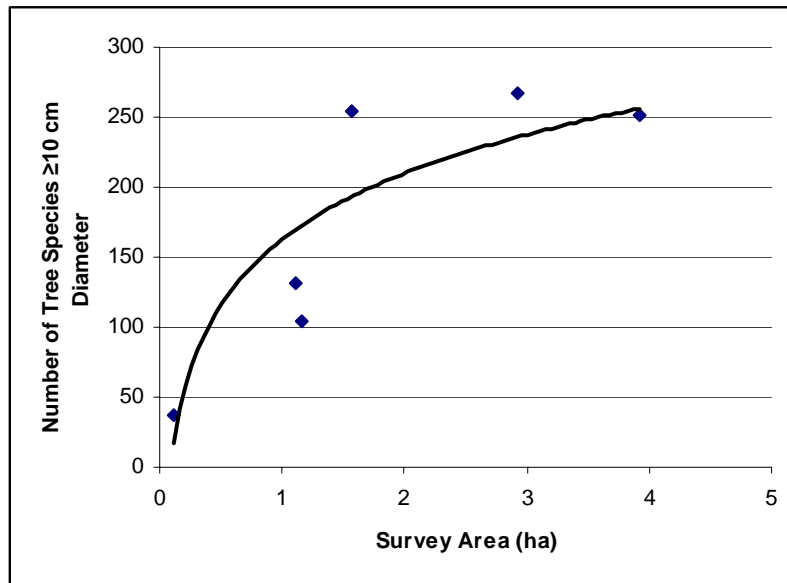


Table 1.1-6 provides an indication of the variability within habitats in terms of tree density and mean tree species richness. Two results are apparent from this analysis. First, the azonal thicket vegetation type is not only characterized by low tree density but also by low species richness. Second, the zonal forest has higher tree species richness than all other habitats.

Table 1.1-6 Summary of Alpha Diversity for Trees 10 cm DBH and Greater

Vegetation Type	Number of 500 m ² Plot Groups	Number of Stems / ha	Mean Number of Tree Species/ 500 m ²
azonal thicket	21	799	13.3
azonal forest	68	1,108	22.2
azonal type transitional forest	19	1,286	19.6
transitional forest	48	1,100	28.7
zonal forest	29	1,249	33.2
marsh edge forest	2	900	20.5

Landscape Diversity

Landscape diversity is a measure of the richness of the mine site LSA. Keep in mind that this evaluation only includes tree species with a diameter of 5 cm or

greater and does not include the MBG collections or other herbarium samples as described in Attachment 5, this Appendix. Family richness, determined as the number of families identified in the mine site LSA (trees ≥ 5 cm DBH), was estimated at 67 families. Species richness was estimated at 480 species. Previous estimates made in the late 1990s, which included herbaceous and other plant groups, indicated that as many as 105 families and 1,378 species occur in the mine site LSA, which is more than 10 percent of the 12,000 total species estimated to be present in Madagascar, indicating the diversity of the project area.

Global Diversity

Guillaumet (1984) presents plant species richness for Madagascar as 12,000 species, 1,600 genera, and 180 families, which places the island among the most biologically diverse regions in the world, along with portions of Brazil, Zaire, Cameroon and Mexico. Mittermeier et al. (1997) consider Madagascar as one of the most extraordinary countries in terms of the high rates of biological diversity and endemism.

4.1.6.2 Similarities in Composition among Habitats

One data set was used for compositional analysis. Larger plots were created by grouping five, 10 x 10 m plots together into *plot groupings*, 500 m² in size and containing only trees with a diameter of 10 cm or greater. These larger *plots* are more useful for comparative purposes because they contain a broader and more representative spectrum of species than the smaller plot sizes. Trees less than 10 cm were not used because the sampling intensity for trees this size was significantly less intense than the larger-diameter class.

Floral species composition for each vegetation type was used to investigate the degree of difference between the main vegetation types by using the Bray-Curtis measure and Jaccard's coefficient.

The results from the overall analysis are provided as averages for each vegetation type (Table 1.1-7). The displayed values represent averages of each of the vegetation types when compared pair-wise with each of the other five vegetation types.

The results show very high dissimilarity among the vegetation types. The most unusual vegetation type is the marsh edge forest, which had the highest dissimilarity values of all the other types as exemplified by its average percent dissimilarity of 91 to 92%, depending on the index used. The next most unusual habitat is either the azonal type transitional forest or azonal thicket, depending on

the index referenced. These averages are useful for understanding the uniqueness of the marsh edge forest, but a pair-wise comparison is required to examine specific habitat relations (Table 1.1-8).

Table 1.1-7 Overall Vegetation Type Dissimilarity Ranking

Vegetation Type	Bray-Curtis Dissimilarity		Jaccard Dissimilarity	
	Percent	Rank	Percent	Rank
marsh edge forest	91	1	92	1
azonal type transitional forest	75	2	71	3
azonal thicket	73	3	75	2
zonal forest	71	4	71	4
transitional forest	67	5	65	6
azonal forest	62	6	65	5

Note: Analysis based on 500 m² plot grouping data and trees ≥10 cm diameter.

Two interesting conclusions can be derived from these results. First, the most similar habitats, zonal forest (ZF) and transitional forest (TF) (based on an average of the two indices), are still between 42 and 54% different (Table 1.1-8). Secondly, when azonal vegetation of Ambatovy (Ambtv) and Analamay (Anlmy) were compared, they were found to differ by 55 to 59%. These results reflect both the large degree of within-habitat variation as well as the high overall diversity of the project area.

An additional approach using standard 0.05-ha plot groupings was used to reduce the bias inherent in the general collecting methods used for the site data. An analysis of these plot groupings resulted in the following table of mean indices (Table 1.1-9). Mean indices were calculated by taking the average of all plot grouping pairs within each pair category. For example, all azonal thicket (AT) plot groupings (n = 21) were paired with all zonal forest (ZF) plot groupings (n = 29), for a total of 609 AT/Z pairs, which were then averaged to generate mean indices as listed in the table. The main results indicate that:

- 1) marsh edge forests are strongly different from both azonal thicket and azonal type transitional forests (i.e., 98% dissimilar);
- 2) azonal thicket forests are also strongly different from both zonal forest and transitional forest vegetation types (i.e., 96 to 97% dissimilar);
- 3) within-habitat variation is less than among-habitat variation; and
- 4) transitional forests maintain an ambiguous position between azonal and zonal forests.

Table 1.1-8 Vegetational Compositional Dissimilarity Using Bray-Curtis and Jaccard Indices in Pair-Wise Comparisons

Vegetation Type Pairs ^(a)		Number of Species				Bray-Curtis Dissimilarity		Jaccard Dissimilarity	
		Habitat 1	Habitat 2	Common	Total	Percent ^(b)	Rank	Percent ^(b)	Rank
AT	MF	103	31	9	125	97	1	93	3
MF	TT	31	114	7	138	95	2	95	1
AF	MF	248	31	18	261	93	3	93	2
MF	ZF	31	254	22	263	86	4	92	4
MF	TF	31	262	25	268	86	5	91	5
AT	ZF	103	254	61	296	85	6	79	6
TT	ZF	114	254	67	301	80	7	78	7
AT	TF	103	262	85	280	78	8	70	8
TF	TT	262	114	90	286	73	9	69	9
AT	TT	103	114	54	163	65	10	67	10
AF	ZF	248	254	145	357	63	11	59	13
AF	TT	248	114	92	270	60	12	66	12
AF	TF	248	262	174	336	54	13	48	15
TF	ZF	262	254	162	354	42	14	54	14
AF	AT	248	103	88	263	41	15	67	11
Azonal Forest Comparison Between Ambatovy and Analamay ^(c)									
Ambtv	Anlmy	191	142	96	237	55	n/a	59	n/a

^(a) AT = Azonal Thicket; AF = Azonal Forest; TT = Azonal Type Transitional Forest; TF = Transitional Forest; ZF = Zonal Forest; MF = Marsh Edge Forest; Ambtv = Ambatovy Azonal Forest; Anlmy = Analamay Azonal Forest.

^(b) Analysis based on 500 m² plot grouping data and trees ≥10 cm diameter.

^(c) Transect Z was arbitrarily excluded so that comparisons between the two ore bodies would have precisely the same number of plot groupings (32 plot groupings totaling 1.6 ha for each azonal forest ore body).

Table 1.1-9 Mean Indices of Dissimilarity among Forested Vegetation Types

Vegetation Type Pairs ^(a)		Bray-Curtis Dissimilarity		Jaccard Dissimilarity	
		Percent ^(b)	Rank	Percent ^(b)	Rank Dissimilarity
AT	MF	98	1	98	1
MF	TT	98	2	98	2
AT	ZF	97	3	97	3
AT	TF	96	5	97	4
TT	ZF	96	6	96	5
AF	MF	96	4	96	6
TF	TT	94	7	94	7
AF	ZF	92	8	94	8
MF	ZF	92	9	93	9
AF	TF	90	11	92	10
MF	TF	92	10	92	11
AT	TT	88	12	91	12
AF	AT	87	13	90	13
TF	ZF	86	14	90	14
AF	TT	85	15	89	15
TF	TF	83	18	87	16
ZF	ZF	84	17	87	17
AF	AF	82	19	86	18
AT	AT	85	16	86	19
TT	TT	68	20	80	20
MF	MF	60	21	68	21

^(a) AT = Azonal Thicket; AF = Azonal Forest; TT = Azonal Type Transitional Forest; TF = Transitional Forest; ZF = Zonal Forest; MF = Marsh Edge Forest.

^(b) Analysis based on 500 m² plot grouping data and trees ≥10 cm diameter.
Comparisons made between individual plot groupings and then averaged.

4.1.6.3 Estimated Data Set Adequacy

A sampling design for a vegetation survey should include an adequate number of sampling units properly randomized and repeated within previously identified vegetation strata. In the case of structural and compositional surveys of complex tropical forests, and based on experience drawn from species-area curves throughout the tropics, a 1 ha plot size is often considered as an acceptable baseline value. Because 1 ha plots are so large and time-consuming to survey, many researchers prefer smaller plots, typically 0.1 ha plots to approach an aggregate size of 1.0 ha. In the case here, 0.05 ha plot groupings were used to maximize the available data along transect lines.

In this study, the vegetation stratification was done with a suitable set of large-scale aerial photographs. However, the plot size chosen for this study is evidently smaller by about one-twentieth than the size recommendations in the literature. The trade-off between detail within habitats and area covered is considered as acceptable for the basic structural evaluation conducted in this report (i.e., height, stems per hectare, basal area, species richness).

As previously mentioned, species-area curves indicate the likelihood of finding new (unrecorded for a given habitat or area) species as a function of increased sample size. The curves flatten at an asymptote as fewer and fewer new species are recorded as additional plots are sampled. The asymptote of the curve (also called a species accumulation curve) is an estimation of the total species richness for a given habitat.

Species-area curves were developed for the zonal forest, transitional forest, azonal forest, azonal thicket, and all forest types combined (which also included the azonal type transitional forest and marsh edge forest) (Figures 1.1-10 through 1.1-14). The curves are shown bounded by upper and lower 95% confidence intervals (C.I.).

None of the area curves were found to flatten out completely to that asymptotic level, but some were approaching that state. The number of new species predicted to be added with each additional plot ranged between less than one and three species among vegetation types. The sampling adequacy for the azonal forest type proved to be the better than all other vegetation types as less than one new tree species was predicted to occur for each new plot established. This habitat was surveyed the most intensely with a total of 68, 0.05 ha plot groupings.

One additional tree species was predicted for the transitional forest type for each new plot established. This was followed by two new tree species for the azonal thicket and three tree species for the zonal forest. The curve based on all forest plot groupings included showed that less than one new tree species was predicted for each additional plot.

The results shown may in part illustrate a limitation of the data collected. For example, a number of observed trees not identified to the species level due to lack of adequate diagnostic features such as fruit or flowers, were conservatively treated as unique species in the analysis even though it is possible some of these species were already found in the habitat. This conservatism can contribute to a steeper species area curve than would be illustrated if some of these unknown species were actually well represented in the data set.

Having said this, trees still to be recorded in the various vegetation types are likely to be rare or patchily distributed species. Since common species are likely to be recorded in many plot groupings, rare trees tend to account for the higher flatter end of the curve. Thus, the unsampled species-those beyond the *observed* curves-represent a disproportionately high number of rare and patchy species.

Additional number of sites required to collect the increasing rare forms increases non-linearly, such that field efforts to capture all tree species in the study area would also increase at that same rate. The primary function of the EA is to facilitate decisions regarding the tradeoff between environmental impact and economic development. The biological data set presented in this EA, which allows quantitative assessment of impacts, is one of the most comprehensive ever prepared in Madagascar, and is, therefore, considered suitable for EA purposes. Although investment of more time and resources would result in identification of additional species, the team's professional opinion is that the completed baseline study is sufficient to serve the purpose of the EA.

Figure 1.1-10 Zonal Forest - Species Area Curve for Trees ≥ 10 cm in Diameter

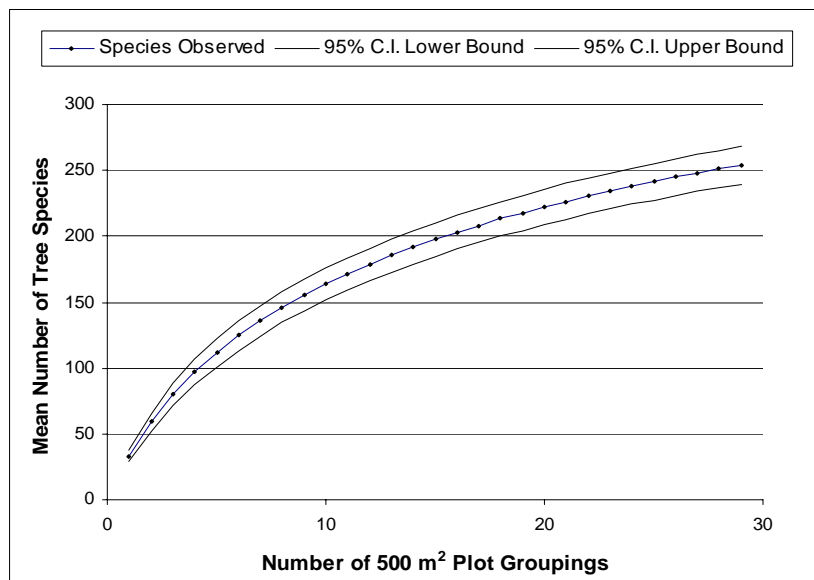


Figure 1.1-11 Transitional Forest - Species Area Curve for Trees ≥ 10 cm Diameter

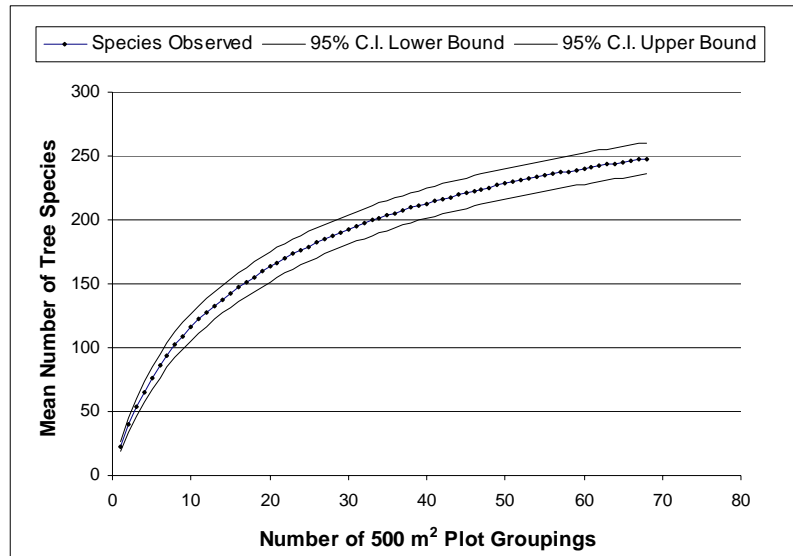


Figure 1.1-12 Azonal Forest - Species Area Curve for 210 cm Diameter

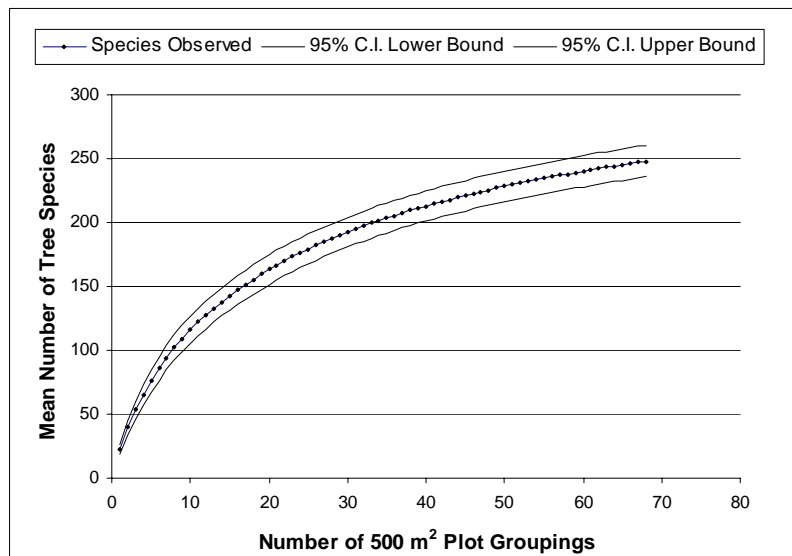


Figure 1.1-13 Azonal Thicket - Species Area Curve for Trees ≥ 10 cm Diameter

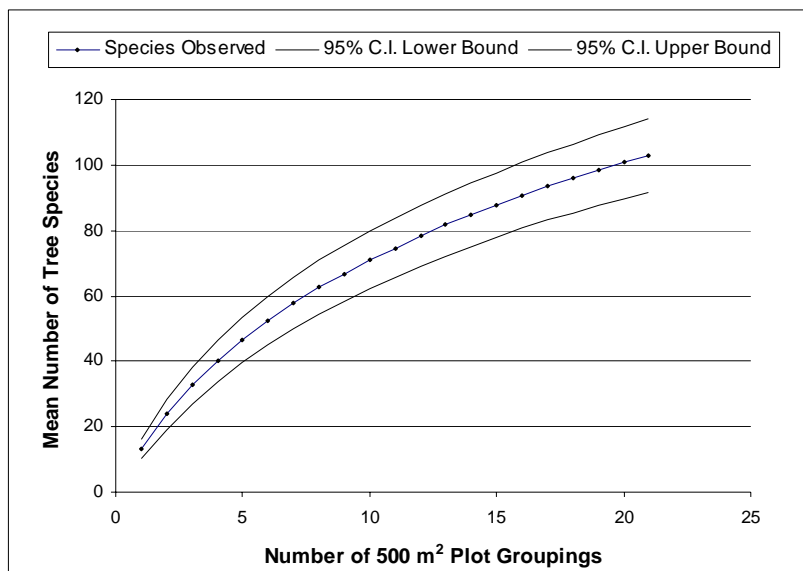
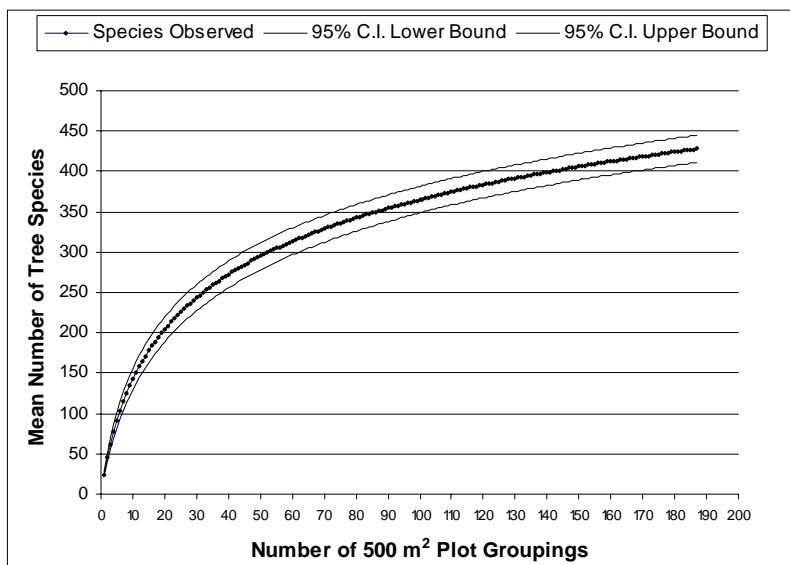


Figure 1.1-14 All Forest Habitats - Species Area Curve for Trees ≥ 10 cm Diameter



4.1.7 Species Endemism

A total of 3,362 herbarium specimens were used by MBG as a starting point to determine the level of species endemism in the mine site LSA. This total includes 2,524 new samples collected by MBG since December, 2004 and 838 samples collected in previous years by others. From this large collection, a total of 1,401 samples have been identified to the species level thus far (41.7%). This work has accounted for the identification of 494 species from the mine site LSA. Work is ongoing to identify the remaining samples.

After an extensive review of the available data, MBG determined there are a total of 127 species of concern for the mine site area (see Attachment 5, this Appendix, for a detailed report on the mine site flora and methods for determining the list of species of concern). Of this total, 53 species are currently listed in one of the CITES appendices, five are on the IUCN list, and there are 69 others currently only known to occur in the Ambatovy/Analamay area.

The results of the analysis of endemic species of concern are presented in Table 1.1-10 for those species of concern that have been confidently identified by the MBG.

Table 1.1-10 Endemic Species of Concern in Priority Categories 1a, 1b, 2a and 2b Found Within the Project Area

Priority Category	Description	Number of Species
1A	rare or restricted distribution and only found within the mine site footprint	27
1B	inadequate sampling but only found within the mine site footprint	2
2A	rare or restricted distribution and only found within the mine site LSA, outside of the footprint	37
2B	inadequate sampling but only found within the mine site LSA, outside of the footprint	3

Of the 127 endemic species of concern identified by MBG, 69 (Table 1.1-11) (54% percent of all species of concern identified and located thus far) are locally endemic to the project area. Some portions of these project-area endemics are likely endemic to the project region, and others may exist elsewhere in Madagascar, but have not been collected or identified elsewhere thus far. Over half of the species collected thus far have yet to be identified and so this work will be ongoing. More surveys are being completed in 2005 and into 2006 to

ensure complete coverage of the disturbance footprint and the on-site azonal conservation areas. This will also ensure that collections are represented over an entire year to help ensure survey periods coincide with flowering periods. In addition, specific off-site searches will be conducted for any species still listed “of concern”. Thus, this summary can only be considered to be preliminary at this time.

Of the 69 Priority 1 and 2 species identified by MBG, five are thought by MBG to occur widely outside the project area (i.e., 1B and 2B) and will likely be located with additional effort. The remaining 27 Priority 1 species and 37 Priority 2 species are not presently known to occur outside the project area, but they may occur, as relative sampling effort outside of the LSA has been low.

Table 1.1-11 Numbers of Species of Concern for Different Levels of Endemism

Endemic Status	Priority Status	Total Number of Species	Percent of Total Known Priority Species
proposed mine area	1	29	23
project area	2	40	31
project region	3	7	6
Madagascar	4	31	24
unknown		20	16
total species		127	100

This analysis was also completed for the two ore body zones of Ambatovy and Analamay (Table 1.1-12). Based on the species identified thus far, a greater number of priority species have been found within the Ambatovy ore body than at Analamay. This may be reflective of the higher number of samples identified from that area, but may also be due to environmental reasons. Until identification of the samples is complete, a full understanding of this difference will not be known.

Table 1.1-12 Numbers of Species of Concern at Ambatovy and Analamay

Priority Status	Ambatovy	Analamay
1a	25	9
1b	3	2
2a	26	19
2b	2	2
Total	56	32

This analysis was also subdivided into the degree of endemism in the different vegetation types (Table 1.1-13). To gain a sense of which habitats species most often occur in, the predominant vegetation type was assigned to each species and then summarized by priority ranking. In cases where a species occurred an equal number of times in different vegetation types, the dominant vegetation type for the species was arbitrarily selected. Refer to Attachment 5, Appendix V for a detailed list of all species of concern and associated vegetation types.

Table 1.1-13 Endemism Ranking for Species of Concern Based on Species Currently Identified and Incomplete Survey Coverage

Predominant Vegetation Type	Num. or Percent	Number of Species and Percent Occurrence by Priority Rank							
		Mine Area		Mine Site LSA		Project Region	Madagascar	Unknown	Total
		1a	1b	2a	2b	3	4		
azonal thicket	#	4	1	2	0	0	2	0	9
	%	44	11	22	0	0	22	0	100
azonal forest	#	16	0	16	1	4	16	1	54
	%	30	0	30	2	7	30	2	100
disturbed azonal	#	2	0	5	0	0	4	0	11
	%	18	0	45	0	0	36	0	100
azonal type transitional forest	#	0	0	2	0	0	0	0	2
	%	0	0	100	0	0	0	0	100
transitional forest	#	3	1	3	0	1	1	0	9
	%	33	11	33	0	11	11	0	100
zonal forest	#	2	0	7	2	2	5	0	18
	%	11	0	39	11	11	28	0	100
herbaceous vegetation cover and pasture	#	0	0	0	0	0	1	0	1
	%	0	0	0	0	0	100	0	100
marsh edge forest	#	0	0	1	0	0	0	0	1
	%	0	0	100	0	0	0	0	100
marsh herbaceous	#	0	0	1	0	0	0	0	1
	%	0	0	100	0	0	0	0	100
no habitat information	#	0	0	0	0	0	2	19	21
	%	0	0	0	0	0	10	90	100
total number of species		27	2	37	3	7	31	20	127

4.1.8 Orchids

4.1.8.1 Background

Orchids represent the largest group of flowering plants in the world (AOS 2005). There may be as many as 30,000 species in nature as new species are discovered every year. There are close to 1,000 species of orchids found in Madagascar of which about 840 species are endemic to the country. Some of these orchids are rare and threatened due to the pressure of development, settlement, resource extraction and trade.

Due to the beauty of the orchid flower, they are sought after for cultivation purposes. Consequently, 58 species of orchids in Madagascar are listed in the Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) (one from Appendix I and 57 species from Appendix II). CITES is an international agreement in the trade in specimens of wild animals and plants to help protect their survival.

Because of the pressures put on this group of plants, and the general public and business interests worldwide, special consideration was given to conducting an intensive orchid survey in the mine site LSA.

4.1.8.2 Diversity

A total of 166 orchid species were identified in the mine site LSA. Of these, 110 orchids are endemic to Madagascar and 39 are classified as rare and/or threatened in Madagascar. There were 41 unidentified orchid species which could not be identified because they either lacked floral parts or could not be taxonomically named and may be considered a new species.

Approximately 20% of all the known existing orchids in Madagascar were found in the mine site LSA. The variation in habitat type contributed in part to the relatively high level of diversity seen. The highest diversity and abundance of orchids were found in the zonal vegetation class (131 species), followed by azonal (105 species) and transitional (86 species) (Table 1.1-14). Twenty-four species were found in all three vegetation classes and within the two areas of Ambatovy and Analamay.

Table 1.1-14 Total Numbers of Orchid Species in the Mine Site Local Study Area by Vegetation Class and Mine Area

Vegetation Class	Number of Orchid Species by Area		
	Ambatovy	Analamay	Ambatovy and Analamay
zonal	97	87	131
transitional	49	69	86
azonal	86	63	105

Each vegetation class and mine area were associated with their own specific orchid species. In total, 51 species were unique to each of the six study area zones (Table 1.1-15).

Table 1.1-15 Numbers of Unique Orchid Species in the Mine Site Local Study Area by Vegetation Class and Mine Area

Vegetation Class	Number of Unique Orchid Species by Area		
	Ambatovy	Analamay	Ambatovy and Analamay
zonal	19	11	30
transitional	1	4	5
azonal	11	5	16
total	31	20	51

Of the 166 orchid species identified in the mine LSA, 110 are endemic to Madagascar, 27 are regionally endemic to the area of Moramanga, and 10 are locally endemic to the mine area of which nine are species new to science.

A total of 39 orchids are rare or threatened species due to the unique local ecological conditions and anthropogenic pressures. Some of these species were observed only once, 55 were not very common, and 43 are common species not only in the mine site LSA but in other areas outside of this zone.

Refer to Attachment 6 for additional details on the results of the orchid survey. In addition, information on potential rankings of endemism for orchid species are also provided in Attachment 5 as part of MBG's comprehensive analysis of all plant species identified with the mine site LSA.

4.1.9 Pteridophytes

Previous collections in the Ambatovy and Analamay region resulted in the identification of 66 pteridophyte species within azonal, transitional and zonal habitats. These species belong to 22 families and 37 genera out of which approximately 25% are endemic to Madagascar.

Currently, these data are being reviewed and will be reported upon as part of a comprehensive identification and review process currently being conducted by MBG that includes all flora collections taken at Ambatovy and Analamay. This survey will link directly to proposed mitigation and monitoring activities prior to and during project construction and operation.

4.1.10 Aloe

4.1.10.1 Background

Aloes are fleshy succulents adapted to survive xeric environmental conditions. They vary in size from small plants only a few centimetres high to up 4 m tall. There are 800 species of Aloe worldwide, while Madagascar hosts about 50 species that are found mainly in rocky habitats of the country's high plateau region and in the southwest where the climate is arid (MBG 2003). All Aloe species of Madagascar are endemic to the country and many have restricted distributions.

All species of Aloe are listed in CITES appendices. Some Aloe species cannot be legally traded at all as they are currently threatened with extinction while trade controls are applied to others to avoid uses incompatible with their survival. Even so, some Aloe are over-collected and used for making cosmetics, for traditional medicine use and for horticultural purposes. Because of the potential threats to the Aloe genera, a survey was done to locate as many individuals or populations as possible at Ambatovy and Analamay.

4.1.10.2 Species Identification

An unknown species of Aloe was collected in Ambatovy and brought to the herbarium of the Botanical and Zoological Park of Tsimbazaza for further identification. In the field, observations of maturing fruits of the unknown Aloe species were made during 1997 and 2004 surveys. Based on the field observations and close inspection at the herbarium, the species was confirmed to be *Aloe leandrii*. Refer to Attachment 7 for a detailed description of the species.

4.1.10.3 Spatial Distribution

Within the mine LSA, individuals and populations of *Aloe* were confined to ferricrete substrates in open habitat. At other sites where it had been reported by early botanists, for instance at Lakato (Bossier 1968), *Aloe leandrii* have been destroyed through slash and burn and recurrent fires and have therefore undergone possible irreversible ecological changes (Pierre Berner, pers. comm). Thus, the full extent of this species is not known and is probably reduced in size since it was first discovered in 1968.

A total of 137 individuals or populations of *Aloe leandrii* were found at Ambatovy and Analamay (Table 1.1-16). At Ambatovy, *Aloe* were found at 97 locations, while at Analamay, the distribution was more restricted and therefore only 40 individuals or populations were found. Most individuals preferred open habitat. Even those listed as occurring within azonal forest habitat, *Aloe* were most often found growing on/near exploration roads where there is direct sunlight and an absence of a tree canopy.

Refer to Attachment 7 for a map of the spatial distribution of *Aloe* identified within the mine LSA.

Table 1.1-16 Numbers of Aloe Individuals or Populations at Ambatovy and Analamay

Vegetation Subclass	Ambatovy	Analamay	Total
azonal forest	31	0	31
azonal forest disturbed	2	0	2
azonal thicket	9	0	9
Disturbed Azonal			
no vegetation, exploration clearing	2	0	2
sparse vegetation	0	27	27
succession I	33	4	37
succession II	19	9	28
ephemeral pond	1	0	1
Total	97	40	137

4.1.11 Offsite Azonal Areas

Of the 14 sites visited, two potential off-site azonal vegetation locations were identified from the aerial reconnaissance survey. Site 21, Vohimenakely, located northwest of Zahamena National Park appeared to have azonal characteristics but

was very small (<10 ha) and highly disturbed. Thus, this location has some potential for off-site purposes, but it is not highly regarded because of its small size and relatively poor condition. Site 8, Ankera, located northeast of Mantadia National Park is the best potential off-site azonal vegetation area among all that were visited. It had the general appearance of Analamay, although the presence of ferricrete could not be confirmed from the air. It is a reasonable size (>20 ha) and appears little disturbed (Photograph 1.1-11). A ground-level vegetation survey has been conducted at this location to determine if it has similar habitat and floristic characteristics as at Ambatovy and Analamay (Volume J, Section 1.1, Attachment 2). The properties of the Ankara area were compared to Ambatovy/Analamay, and a preliminary comparison is presented in Table 1.1-17. Overall, many similarities were noted in the physical, climatic and biological characteristics of these sites. Additional work to verify these similarities is ongoing.



Photograph 1.1-11 Potential Off-Site Azonal Habitat at Ankera

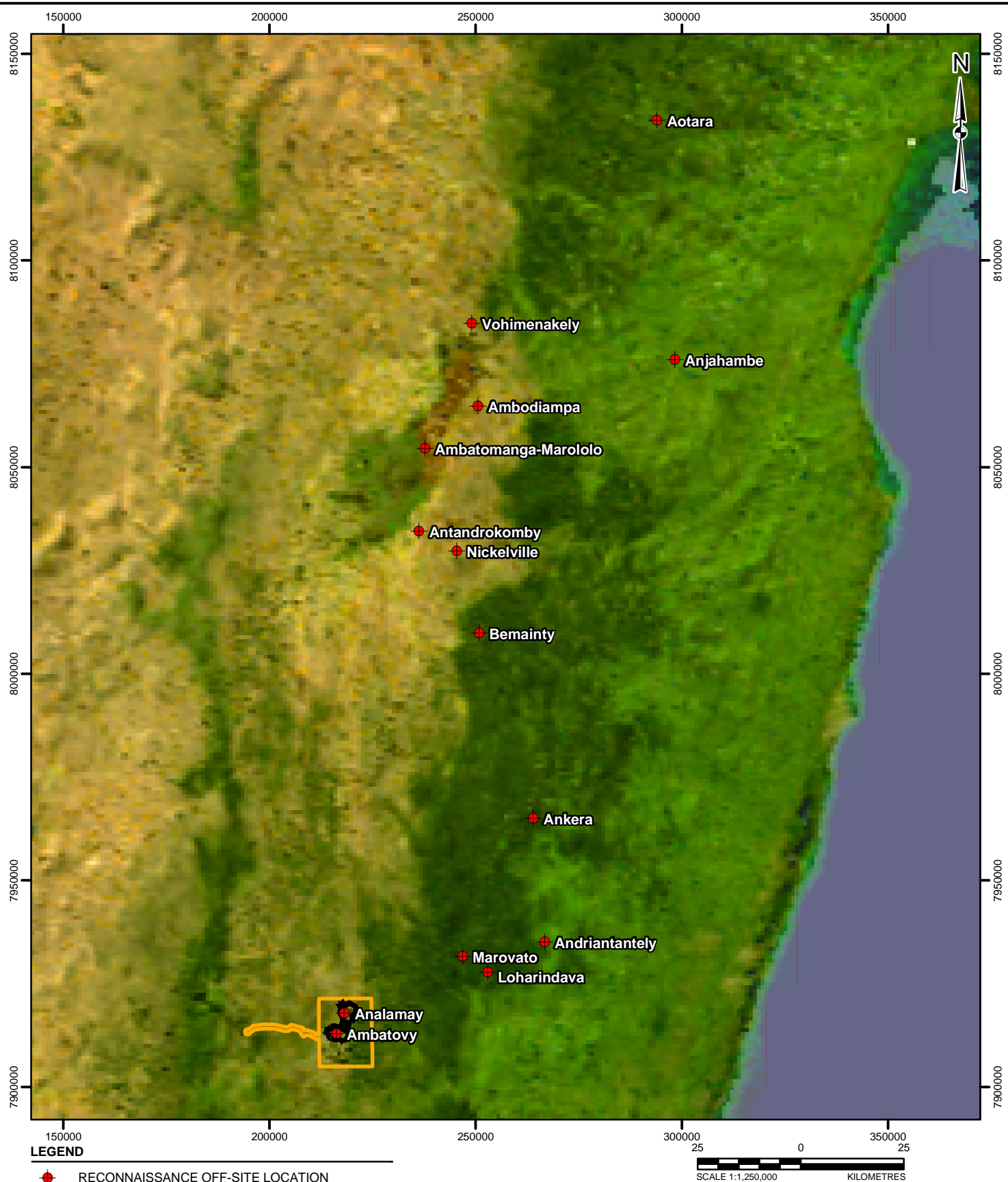
Table 1.1-17 Comparison of Potential Offsite Azonal Conservation Area to Ambatovy/Analamay

Parameters	Ambatovy / Analamay (Project Site)	Vohimana – Ankera (Off-Site)	Remarks
geology	basic and ultramafic intrusion	ultramafic intrusion	sites compatible but not identical
bedrock	peridotite, pyroxenite, mesocratic gabbros, syenite	gabbros, pyroxenites, pyroxenolites, surrounded by amphibolites	
size of intrusion	6 X 6 km, entire intrusion, ultramafic intrusion 2 times 3 X 3 km	circular intrusion of about 7 to 9 km diameter	
altitude	950 to 1100 masl	950 to 1193 masl	in general similar but see geomorphological differences and massenerhebungs effect at the voluminous Ambatovy horst along the Mangoro valley as compared to the smaller Ankera Massive
climate	1400 mm rain fall, Sept.-Oct.-Nov., reduced dry season precipitation, fog rain	trade wind driven / orographic rains, much horizontal rain (educated guess 3000 to 4000 mm rainfall)	needs reconfirmation of rainfall data at the Ankera site (expected variations between east slope and south-west slope)
geomorphology	gentle domes with ferricrete plateau and pisolite on slopes	gentle sloped circular mountain dome with dominant east-west ridges	the geomorphology of the two sites differ in terms of marked ferricrete plateaus at the Ambatovy site; at the Ankera site, however, a series of marshy depressions are testimony that the terrain is not sloppy throughout
lateritic profile	variable between 30 and 100 m	not readily detectable during first reconnaissance because the sites visited were covered by a consolidated, thick ferricrete crust	more ground work needed to assess the nature of the weathered regolith between the crust and the bedrock; this point is especially important as this profile could in fact contain minerals of interests
ferricrete crust	consolidated crust 2 to 4 m thick on plateau	consolidated, thick ferricrete crust throughout visited site (including ridge and mid-slope)	the two sites display a ferricrete crust that looks very similar in its general morphology; needs further reconfirmation
soil and substrate	dense rootmat on ferricrete and pisolite, topsoil layer reduced on top of laterite	dense and thick rootmat on ferricrete, topsoil layer thick including mosses (typical mountain forest soil with tight nutrient cycle and relatively slow nitrogen breakdown as compared to the lowland forests)	in general, the soils at Ambatovy are much less humid than at Ankera and there the trees might undergo longer episodes of water stress in the dry season months
forest vegetation structure	azonal sclerophyl thicket and dense stunted forest	dense, stunted azonal-type forest with thick moss carpet	in general good structural similarity seems to emerge in terms of densities, diameter frequency distribution, architecture, height but much data is missing
open vegetation	on and around seasonal ponds, and on human-impacted plateaus	ferricrete bowls with marshy vegetation (Pandanus), consolidated ferricrete crusts with only small (thickets) and low ground vegetation	the non-tree vegetation on the Ankera site has a very pristine character and is likely to contain local endemic species




Table 1.1-17 Comparison of Potential Offsite Azonal Conservation Area to Ambatovy/Analamay (continued)

Parameters	Ambatovy / Analamay (Project Site)	Vohimana – Ankera (Off-Site)	Remarks
overall vegetation composition	includes species guilds that dominate in the azonal forest in terms of abundances and that include local endemics (however, most species are likely to be also represented in the transitional forests, follow-up research needs to be commissioned to reduce the list of local endemics)	it seems that the flora of Ankera responds to a higher rainfall-humidity regime and includes more elements of the eastern forest in contrast to Ambatovy where the plateau flora is quite abundant.	in evolutionary terms, the separation of the two sites by 70 km and their different geographical position in regards to their positions on the easterly gradient is expected to be substantial and bring about quite different evolutionary pressure in time and space. More on the biogeography needs to be understood
ponds and marshes	about 50 seasonal ponds, partially the result of sinkhole formation in ferricrete	ferricrete bowls with stagnated water on hystosol- type substrate.	only a few bowls were visited during the short reconnaissance exercise and more groundwork needs to be conducted to assess the similarity of these azonal sub-habitats
creeks	seasonal creeks on plateau and permanent creeks in valleys with suspended solids as a result of exploration drilling and roads. Most creeks have impacted edges gathering, logging and mining exploration.	permanent forest creeks on ferricrete with no visible suspended solid material even during heavy rain episode; edges are pristine with no apparent human impacts throughout	the creek system at Ankera contains a series of superb habitats that need to be kept in this pristine stage whenever possible
fauna	Indri-Indri, Sifaka, small mammals, endemic fishes, abundance of herptiles, birds, arthropods	Indri-Indri, herptiles, and abundant other fauna (research needed)	more ground work needed to be conducted to assess the nature of the wildlife at the Ankera site; displacing species from Ambatovy to Ankera must not be seen as a viable option (see also remark under Vegetation composition row)
anthropization	gathering, hunting, logging, fires, exploration drilling	pristine area including open vegetation with no apparent fire episodes (only one isolated tavy on the east slope of the mountain was observed)	a substantial difference between the two sites that makes Ankera a very attractive site in terms of potential conservation scenarios
biodiversity	unique azonal forest habitat with local endemics but likely to occur elsewhere in the region provided more research time is being made available	includes most parameters to safely hypothesize high biodiversity (need for further investigation)	could well be a biological hotspot within the Zahamena-Mantadia corridor in terms of vegetation; a hypothesis worthy to be tested
conservation status	proposed mining project with planned on-site conservation effort by setting aside 20% of the azonal forest (linked with certain risks given the sizes of the patches and the proximity of the mine)	part of easterly extension of Mantadia-Zahamena forest corridor; area currently under conservation status in terms of the Durban vision decree; area needs to be put under a stringent managerial conservation regime if its conservation is to be secured in the long term	currently no conservation effort on the ground
conservation potential	important for Torotorofotsy Ramsar site watershed protection; operability difficult for long-term conservation given the complexity of divergent stakeholder needs	secure conservation studies on the ground highly desired, implementation easy in light of reduced anthropomorphic pressure	implementing the Ankera off-site conservation site for enhancing the overall net biodiversity gain over the lifetime of the project could constitute a win-win scenario for the project and the regional conservation entities alike

I:\2003\03-1322\03-1322-172\mxd\Vegetation\Fig1.1-15_OffsiteCoordinates.mxd



LEGEND

-  RECONNAISSANCE OFF-SITE LOCATION
-  AZONAL/TRANSITIONAL VEGETATION BOUNDARY
-  TERRESTRIAL LOCAL STUDY AREA

REFERENCE

Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

PROJECT

AMBATOVY PROJECT

TITLE

POTENTIAL AZONAL OUTCROP LOCATIONS IN THE REGIONAL STUDY AREA



PROJECT No. 031322-172.7300			SCALE AS SHOWN	REV. 0
DESIGN	DN	27 Jul. 2005		
GIS	TN	13 Dec. 2005		
CHECK	GJ	11 Jan. 2006		
REVIEW	DM	11 Jan. 2006		

FIGURE:1.1-15

4.2 SLURRY PIPELINE

4.2.1 Regional Context

The slurry pipeline meanders about 195 km from the ore body complex in the mine site LSA to the process plant site in the Toamasina LSA (Volume A, Section 7, Figure 7.2-2). Three vegetation and land use sections have been defined along the corridor. The western section occurs within a primary and degraded humid evergreen forest corridor and also passes alongside the Torotorofotsy Wetlands. The central section passes around primary and degraded forest fragments and is dominated by a tavy matrix. The eastern section contains secondary vegetation and agricultural areas.

4.2.2 Vegetation Overview

Floristic surveys were completed within two zones along the slurry pipeline corridor to assess vegetation conditions and search for rare, threatened and endangered species.

The dominant vegetation type along the slurry pipeline is tavy (30,778 ha or 85% of the LSA) (Table 1.1-18). This class is largely represented by cleared forest and scattered shrubby vegetation or trees, often dominated by *Ravenala madagascariensis*. *R. madagascariensis* is endemic to Madagascar but is widespread and used most frequently for the walls and roofs of buildings (Rouquette 2002).

The second most common vegetation class is degraded primary forest (1,537 ha or 4% of the LSA). It represents either heavily logged forest or very small forest patches that have been invaded with exotic species or have been altered in terms of species composition and abundance due to edge effects and associated changes in lighting levels.

Primary forest is the third most dominant vegetation type along the slurry pipeline corridor (1,403 ha or 4% of the LSA). It primarily occurs within the overlap with the mine site LSA and within the Mantadia-Zahamena corridor. This is zonal forest that may have been sparsely logged but is still structurally and vegetatively intact, and contains an assemblage of species that is generally characteristic of a pristine forest.

Table 1.1-18 Vegetation Types and Land Use Types within the 2 km Wide Slurry Pipeline Corridor (LSA)

Vegetation Type/ Land Use Type	Area (ha)
Forested Vegetation	
azonal type transitional forest	36
degraded primary forest	1,537
primary forest	1,403
transitional forest	151
<i>forested subtotal</i>	<i>3,127</i>
Forested and Non-Forested Vegetation	
azonal (forested and non-forest)	81
marsh edge (forest and non-forest)	26
<i>forested and non-forested subtotal</i>	<i>107</i>
Non-Forested Vegetation	
beach ridge complex	70
clearing/tavy	30,778
coastal shrubby/grassland complex	227
pasture	308
rice paddies	278
wetlands	406
woodlot/plantation	693
<i>non-forested subtotal</i>	<i>32,760</i>
<i>terrestrial vegetation subtotal</i>	<i>35,994</i>
Non-Vegetated Class	
industrial	13
quarry	12
railway	2
road	6
village	120
water	128
<i>non-vegetated subtotal</i>	<i>281</i>
Total	36,275

4.2.3 Torotorofotsy

4.2.3.1 Overview

The Torotorofotsy Wetlands are located southeast of the proposed mine and have been declared as a Ramsar site by the Madagascar government and by

international and national conservation organizations (Ramsar 2005). Furthermore, the Torotorofotsy Wetlands are adjacent to the Ambatovy forest basin, Mokarana wetlands and protected areas such as Mantadia National Park and Analamazaotra Special Reserve forest, therefore, the surrounding area in and around Torotorofotsy is highly regarded. The Torotorofotsy Wetlands support a number of threatened animals and at least 40 additional endemic amphibians (Peck 2005). The site also plays an important hydrological role in flood control in the region. The Torotorofotsy Wetlands are threatened due to rice paddy farming and wildfires within the area (Langrand and Goodman 1995; Vences et al 2003). Forty percent of the Ramsar site within the mine LSA is presently disturbed by a combination of land uses.

The Torotorofotsy Wetlands primarily consists of herbaceous marsh vegetation on inorganic soils (Wetlands International 2005). On the Torotorofotsy Wetlands fringe and along creeks and rivers within the wetlands is a small amount of marsh edge vegetation on nutrient poor, inorganic soil. This marsh edge forest contains dominant to sporadic cover of *Pandanus*. Scattered pasture land, eucalyptus plantations and groves, and a small but significant portion of rice paddies also exist in and around the edges of the wetlands.

4.2.3.2 Description of Flora

A taxonomic survey of the flora adjacent to and within the Torotorofotsy Wetlands was completed along the path of the proposed slurry pipeline. Three dominant vegetation types were identified along the transect:

- matrix of secondary vegetation;
- Eucalyptus dominant forest, and
- wetlands fringe vegetation (at some distance away from the pipeline alignment).

Secondary vegetation is classed as non-forested and contains a mix of pioneer species. The Eucalyptus forest is considered to be at a mature stage of development. The wetlands fringe forms an ecotone between the Eucalyptus upland and the Torotorofotsy marsh and is well represented by the Cyperaceae family.

In total, 66 species were identified in all three habitat types. The survey area has been mapped, coordinates documented, and a species list compiled for the entire survey (Attachment 8, Figure 1, Table 1 and Table 2, respectively).

No primary forest or undisturbed habitat was encountered within the areas inventoried. Moreover, no rare or locally endemic species were identified during this rapid assessment survey. Given the disturbed nature of the area surveyed, the likelihood of finding such species during subsequent surveys is expected to be low.

4.2.4 Mantadia-Zahamena Area

4.2.4.1 Overview

A taxonomic flora survey was completed along the proposed slurry pipeline route with the Mantadia-Zahamena corridor to characterize the condition of forest patches and identify any potentially vulnerable, endangered or endemic species that may exist in the area. A more detailed description of the slurry pipeline flora survey is provided in Attachment 9.

The area surveyed is covered with a heterogeneous matrix of vegetation. This matrix contains both non-forested and forested formations (Photograph 1.1-12). The non-forested component is the result of past disturbances and natural succession. The non-woody secondary vegetation is not of particular ecological interest in term of unique habitat or species. The forested fragments consist of primary or near-primary forest, degraded forest, secondary forest (savoka), Eucalyptus forest and residual forest (Table 1.1-19).

The 15 forest fragments surveyed fall within one of five forest vegetation type categories. Most of the forest fragments consist of at least a partial component of primary forest and some amount of Eucalyptus forest. Almost half of the fragments are represented by degraded forest with open canopies.

Table 1.1-19 Vegetation Types Surveyed within the Mantadia-Zahamena Corridor

Forest Vegetation Types	Number of Fragments
primary forest	12
degraded forest	6
secondary forest	2
eucalyptus forest	14
residual forest	4

Note: Some fragments are characterized by more than one vegetation type.



Photograph 1.1-12 Matrix of Forest and Non-Forest Vegetation within the Mantadia-Zahamena Corridor Section of the Slurry Pipeline Route

4.2.4.2 Description of Flora

Brief descriptions of the five forest vegetation types found within the Mantadia-Zahamena corridor area are provided below. A detailed summary of the field survey is contained in Attachment 9 including survey coordinates (Table 2) and a species list (Table 3).

Primary Forest

The dominant vegetation in the primary forest vegetation class consists of *Canarium madagascariensis*, *Callophyllum nidu*, and *Mammea bongo*. Hardwoods species characteristic of the forest of the eastern domain include *Diospyros gracilipes*, *Diospyros haplostylis* and *Diospyros myriophylla*.

Degraded Forest

The degraded forest vegetation type has undergone repeated selective cutting events, harvesting species such as *Cyathea bullata* in particular. Due to human-

induced pressures in the region, the degraded forest vegetation type may become converted to agricultural land (tavy) at some point in the future and developing to secondary vegetation (savoka). If the savoka is not used for tavy agricultural afterwards, it could potentially be reclaimed to a natural forest in the future.

Secondary Forest

Secondary forest is the result of the succession of old tavy. Dominant species within this vegetation type includes are *Harungana madagascariensis* and *Psiadia altissima*. If left undisturbed and close to a primary forest, this vegetation type contains a seed bank that could potentially convert back to a more natural plant community in the future.

Eucalyptus Forest

Eucalyptus forests were commonly found within the Mantadia-Zahamena area. Initially planted as a source of firewood and building materials, Eucalyptus have adapted to the ecological conditions of the region and have naturalized into the landscape.

Residual Forest

Residual forest patches have been maintained by local people in areas of cultural significance. These patches occur where there are tombs and other cultural sites or *fady*.

4.2.4.3 Vulnerable, Threatened and CITES Species

Five IUCN species and three CITES species were identified within the Mantadia-Zahamena corridor. *Asteropeia micraster* (endangered) and *Asteropeia rhopaloides* (endangered) are popular as firewood (Rouquette 2002). *Dalbergia baroni* (vulnerable) is a wide-spread species in Madagascar but it is heavily exploited for its valuable wood, along with many other species in the genus. *Dalbergia chapelieri* (vulnerable) is widespread but occurs mainly in lowland forest which has been and continues to be extensively cleared for agriculture (CITES 2005).

Cyathaea melleri is listed in Appendix 2 of CITES. In a review of plant trading trends among CITES-listed species, *C. melleri* was found to be traded at very low levels (UNEP 2005). Nonetheless, the trading status of this species may increase over time; therefore, it remains a listed species within Appendix 2. *C. boivinni*, *C. bullata* and *C. similes* were not listed in the CITES reports indicating that there may be a low volume of trade of these species.

4.2.4.4 Endemism

A total of 333 plant species were identified along the proposed slurry pipeline corridor and within the Mantadia-Zahamena area between kilometer points R22+0 and R29+0. Each of these species were classified according to national, regional and local levels of endemism based on the many years of field experience by the project para-botanist who conducted the flora survey. The TROPICOS database and other reference materials were not used to assist this process.

Of the 333 species identified during the survey, 257 were classed as endemic to Madagascar and 63 as regionally endemic. No species were listed as local endemics. An additional 13 species were classed as exotics.

4.3 PROCESS PLANT

4.3.1 Regional Context

The process plant is proposed within a commercially zoned disturbed area next to the city of Toamasina and west of the Pangalanes Canal. Vegetation within the local region was once part of an extensive coastal band of littoral eastern lowland rainforest of Madagascar (Sussman et al. 1994; Du Puy and Moat 1996; Rabevohitra et al. 1998). Now, the primary forests are gone in this region and in most areas of the country have been replaced with highly degraded secondary forest patches, shrublands and grasslands as a result of logging, agricultural clearing and invasion by exotic species (Rajoelison 1997; Birkinshaw et al. 1998; de Gouvenain and Silander 2000; Berner, pers. comm.).

4.3.2 Baseline Disturbances

Geotechnical and hydrogeologic drilling at the proposed process plant site was carried out by Dynatec in a matrix of degraded vegetation. After drilling, the sites were restored through the replacement of topsoil. Conclusions drawn in the drilling report indicated that no significant impacts to the biological environment occurred within the proposed location of the process plant as a result of the drilling program. Thus, baseline disturbances caused by drilling activities were deemed minimal. Existing disturbances in the proposed process plant area are largely related to past impacts as a direct and indirect result of human settlement in the Toamasina area.

4.3.3 Description of Flora

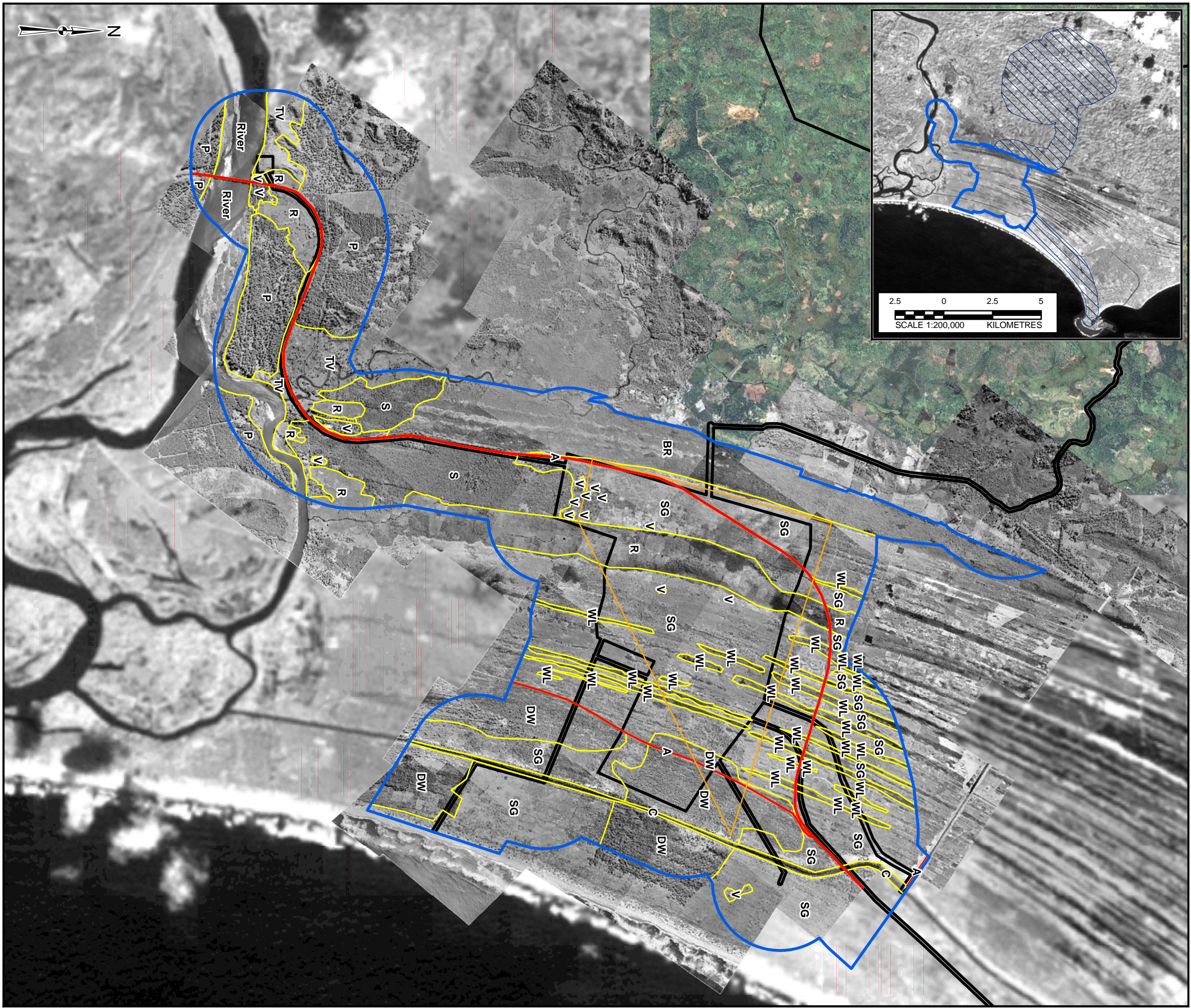
Disturbances in the area of the process plant, in addition to the sandy soils and low amounts of organic matter, have led to the development of a varied matrix of vegetation consisting of the following main vegetation types:

- coastal shrubland/grassland complex;
- degraded residual coastal woodland;
- beach ridge complex;
- plantation;
- rice paddies; and
- shrubland.

In total, 185 species were inventoried during the survey. Some of the dominant plant species encountered within the plant site sub-LSA were *Melaleuca quinquenervia*, *Eucalyptus robusta*, *Cyperus latifolius*, *Ficus baroni*, *Terminalia cattapa* and *Typhonodorum lendleyanum*. Due to the disturbed nature of the study area, many species within the sub-LSA are invasive (typically introduced or exotic) and common within the region. These invasives have had an impact on the make-up of native plant communities that once existed here.

Brief descriptions of the vegetation types mapped within the process plant sub-LSA are provided below. A vegetation map is provided in Figure 1.1-16, while a summary of the areas associated with each vegetation type is provided in Table 1.1-20. A detailed summary of the field survey is contained in Attachment 10 including survey coordinates (Table 1) and a species list (Table 2).

I:\2003\03-1322\03-1322-172\mxd\Vegetation\Fig1-16_VegPlant.mxd



LEGEND

VEGETATION AND LAND USE CLASSIFICATION

- A ACCESS CORRIDOR
- BR BEACH RIDGE COMPLEX
- C CANAL
- SG COASTAL SHRUBLAND/GRASSLAND COMPLEX
- DW DEGRADED RESIDUAL COASTAL WOODLAND
- P PLANTATION
- R RICE PADDIES
- S SHRUBLAND
- TV TAVY MATRIX
- V VILLAGE
- WL WETLAND

VEGETATION/LAND USE TYPE

EXTENT OF VEGETATION SURVEY

PROCESS PLANT SITE SUB-LOCAL STUDY AREA

TAILINGS FACILITY AND PROCESS PLANT SITE FOOTPRINT

REFERENCE

Landsat 7 Mosaic Image; Captured April/Sept. 2001
Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

0.5 0 0.5 1
SCALE 1:30,000 KILOMETRES


PROJECT		AMBATOVY PROJECT	
TITLE		VEGETATION, LAND USE CLASSIFICATION AND FLORA SAMPLE SITES WITHIN THE PROCESS PLANT SUB-LOCAL STUDY AREA	
	PROJECT No. 03-1322-172.7300		SCALE AS SHOWN REV. 0
	DESIGN	DN	29 Jun. 2005
	GIS	TN	22 Dec. 2005
	CHECK	GJ	11 Jan. 2006
	REVIEW	DM	11 Jan. 2006

FIGURE: 1-16

Table 1.1-20 Vegetation Types and Land Use Types within the Process Plant Sub-Local Study Area

Vegetation Type/ Land Use Type	Area (ha)^(a)
Forested Vegetation	
degraded residual coastal woodland	166
plantation	151
<i>forested subtotal</i>	<i>317</i>
Non-Forested Vegetation	
beach ridge complex	161
coastal shrubland/grassland complex	640
rice paddies	110
shrubland	105
tavy matrix	59
village	9
wetlands	56
<i>non-forested subtotal</i>	<i>1140</i>
<i>terrestrial vegetation subtotal</i>	<i>1457</i>
Non-Vegetated Class	
access corridor	11
canal	15
quarry	3
river	61
<i>non-vegetated subtotal</i>	<i>90</i>
Total	1,547

^(a) Totals have been rounded for presentation purposes.

Degraded Residual Coastal Woodland

The degraded coastal forest community consists of a mixture of native and non-native plants (including Eucalyptus and gum) with a canopy that is typically less than 10 m tall (Photograph 1.1-13). Exotic tree species have altered species composition and forest structure but there are still remnants of species that once existed here.

There are a few degraded forest patches located very near the coast, immediately adjacent to the Pangalanes Canal and east of the proposed plant site, as well as to the immediate north of the Ivondro River. In total, this vegetation type covers an area of 166 ha representing 11% of the sub-LSA.



Photograph 1.1-13 Degraded Residual Coastal Woodland

Plantation

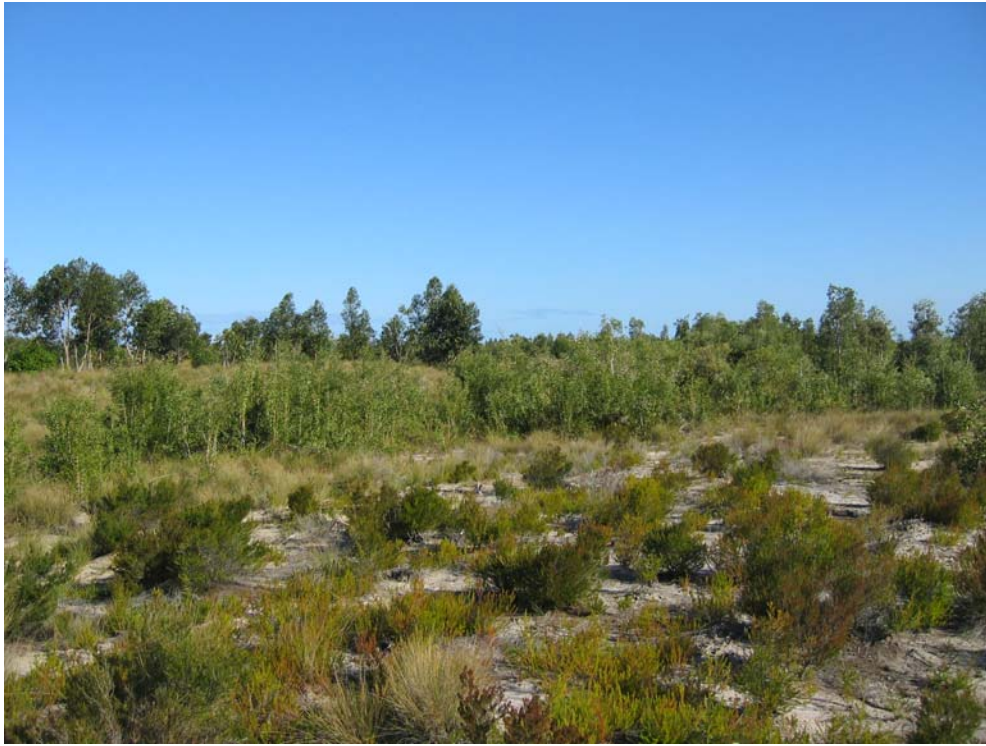
This vegetation unit includes oil palm and other unknown types of plantations that are managed by local residents (Photograph 1.1-14). In total, this vegetation type covers an area of 151 ha representing 10% of the sub-LSA.



Photograph 1.1-14 Plantation

Coastal Shrubby/Grassland Complex

This non-forested coastal community dominates the process plant sub-LSA and consists largely of coarse grass interspersed by open shrubland (Photograph 1.1-15). Deforestation is the prime factor that has led to the development of this vegetation class (Lowry et al. 1997). The coastal shrubby/herbaceous complex unit is thought to be successional stable and slow to progress toward a forested state (Faramalala 1988; de Gouvenain and Silander 2000). However, current conditions (high cover of grass, poor soil nutrients and human influences) may prevent future tree establishment. This vegetation type covers a total area of 641 ha representing 41% of the sub-LSA.



Photograph 1.1-15 Coastal Shrubby/Grassland Complex

Beach Ridge Complex

This geomorphic-induced vegetation unit is characterized by a set of former beach ridges that run parallel to the coastline (Photograph 1.1-16). Similar beach ridge features are also found in other tropical coastal areas (Kairu and Nyandwi 2000). The undulating nature of the complex results in an extremely broad range of soil moisture conditions depending upon positioning along a topographic gradient. Vegetation within this unit varies with topographic position, and is characterized by a sparse to high cover of coarse grass and herbaceous species on the higher elevations, and dense wetlands vegetation on organic soils within the troughs of the undulating landform. This unit has been mapped where the wetlands and dry uplands could not be separated at the scale of mapping used for this assessment. This vegetation type covers a total area of 161 ha representing 10% of the sub-LSA.



Photograph 1.1-16 Beach Ridge Complex

Rice Paddies

Within the valleys and low-lying areas, dominant vegetation within this map unit consists of rice paddy agriculture or rice paddies interspersed among native or exotic vegetation (Photograph 1.1-17). This vegetation type covers a total area of 110 ha representing 7% of the process plant sub-LSA.

Wetlands

This vegetation type covers a total area of 56 ha representing 2% of the process plant sub-LSA. It includes a mixture of native and non-native species.



Photograph 1.1-17 Rice Paddies

4.3.3.1 Vulnerable, Threatened and CITES Species

Three IUCN species were identified within the process plant sub-LSA. No CITES species were reported. *Ravenia louvelii* is a small, squat (endangered) palm of the rainforest understory (Dransfield and Beentje 1995). It is a threatened species due to deforestation and over-collection (Arkive 2005). *Intsia bijuga* is a (vulnerable) species with attractive wood and has been exploited intensively for timber and used locally in making houses. It is stronger than teak and is one of the most decay-resistant timbers known (National Academy of Sciences 1979). *Leptolaena multiflora* is a (endangered) tree species which is also used for making houses as it is both strong and durable.

4.3.3.2 Endemism

A total of 185 plant species were identified within the proposed process plant site. Each of these species were classified according to national, regional and local levels of endemism based on many years of field experience by the project para-botanist who conducted the flora survey. The TROPICOS database and other reference materials were not used to assist this process. However, as part of an ongoing review of species of concern, MBG will evaluate the need to

conduct a follow-up survey at the process plant site before project construction to search for other species of concern.

Of the 169 species identified during the survey, 109 are currently classified as endemic to Madagascar and 73 as regionally endemic. No species were listed as local endemics.

4.3.3.3 Invasive Species

As mentioned earlier, the study area is highly disturbed and contains a number of invasive species. A brief description of each of these species is presented in Table 1.1-21.

Table 1.1-21 Invasive Species within the Process Plant Sub-Local Study Area

Species	Form	Typical Habitat	Invasive Status/ Threat
<i>Albizia lebbbeck</i>	small tree	understorey vegetation in eucalyptus plantations and forests	noxious
<i>Citrus aurantium</i>	small tree	savoka, secondary forests and primary forests	moderately invasive
<i>Eucalyptus robusta</i>	tree	widely disturbed	moderately invasive; alters the soils and hydrology
<i>Lantana camara</i>	shrub	open areas such as disturbances, agricultural areas, overgrazed grasslands and secondary forests	highly invasive; forms dense impenetrable thickets; due to allelopathic secretions, prevents seed germination of native and non-native plant species
<i>Mimosa pudica</i>	shrub	uncultivated lands	forms a dense ground cover which prevents the growth and development of other species; land is not easily rehabilitated by other species
<i>Passiflora foetida</i>	vine	disturbed land such as roadsides and cultivated fields	moderately invasive
<i>Passiflora incarnate</i>	vine	forest edges, savoka and developed areas such as villages	unknown
<i>Passiflora suberosa</i>	vine	roadsides and cultivated fields, other habitats	highly invasive; considered a major threat to the native flora in Madagascar

Source: Binggeli (2003).

4.4 TAILINGS FACILITY

4.4.1 Regional Context

The proposed tailings facility is situated in the lower piedmont of the eastern coastal range close to Toamasina. Before human settlement in the region, vegetation was a dense, humid lowland tropical forest (Du Puy and Moat 1996). As settlers became established and pressures on local resources increased as a result of slash and burn agriculture, the forest was cleared (Agarwal et al. 2002). The flora on which the proposed tailings facility is located is currently representative of other disturbed areas of the region along the piedmont.

The system of west-east running watersheds identified for the potential tailings facility is composed of a heterogeneous, secondary vegetation matrix that includes an array of human-induced habitats. For mapping purposes, many of these land cover types have been grouped into a single class called the tavy matrix, which is the dominant feature of the landscape. The range of habitats within the tailings area includes:

- multi-species agro-forestry systems and home-gardens;
- self-regenerating tree plantation and woodlots;
- second degree regeneration of slash and burn (savoka);
- first degree regeneration of slash and burn (old tavy);
- active slash and burn field (tavy);
- rangeland with differential degrees of residual plant cover;
- fire-degraded, overgrazed rangeland;
- wetlands; and
- rice paddies.

In total, 169 species were inventoried during the survey. Some of the dominant plant species encountered within the tailings sub-LSA were *Lygodium lanceolatum*, *Pteridium aquilinum*, *Dianella ensifolia*, *Ravenala madagascariensis*, *Imperata cylindrica* and *Actinoschoenus thouarsii*. Due to the disturbed nature of the study area, many species within the sub-LSA are invasive (typically introduced or exotic) and common within the region. These invasives have had an impact on the make-up of native plant communities that once existed here.

4.4.2 Description of Flora

Vegetation of the tailings facility is shown in Figure 1.1-17. Total areas for each vegetation type and subclass is shown in Table 1.1-22 followed by descriptions of the main vegetation types. A detailed summary of the field survey is contained in Volume J, Section 1.1, Attachment 11 including survey coordinates (Table 1) and a list of species (Table 2).

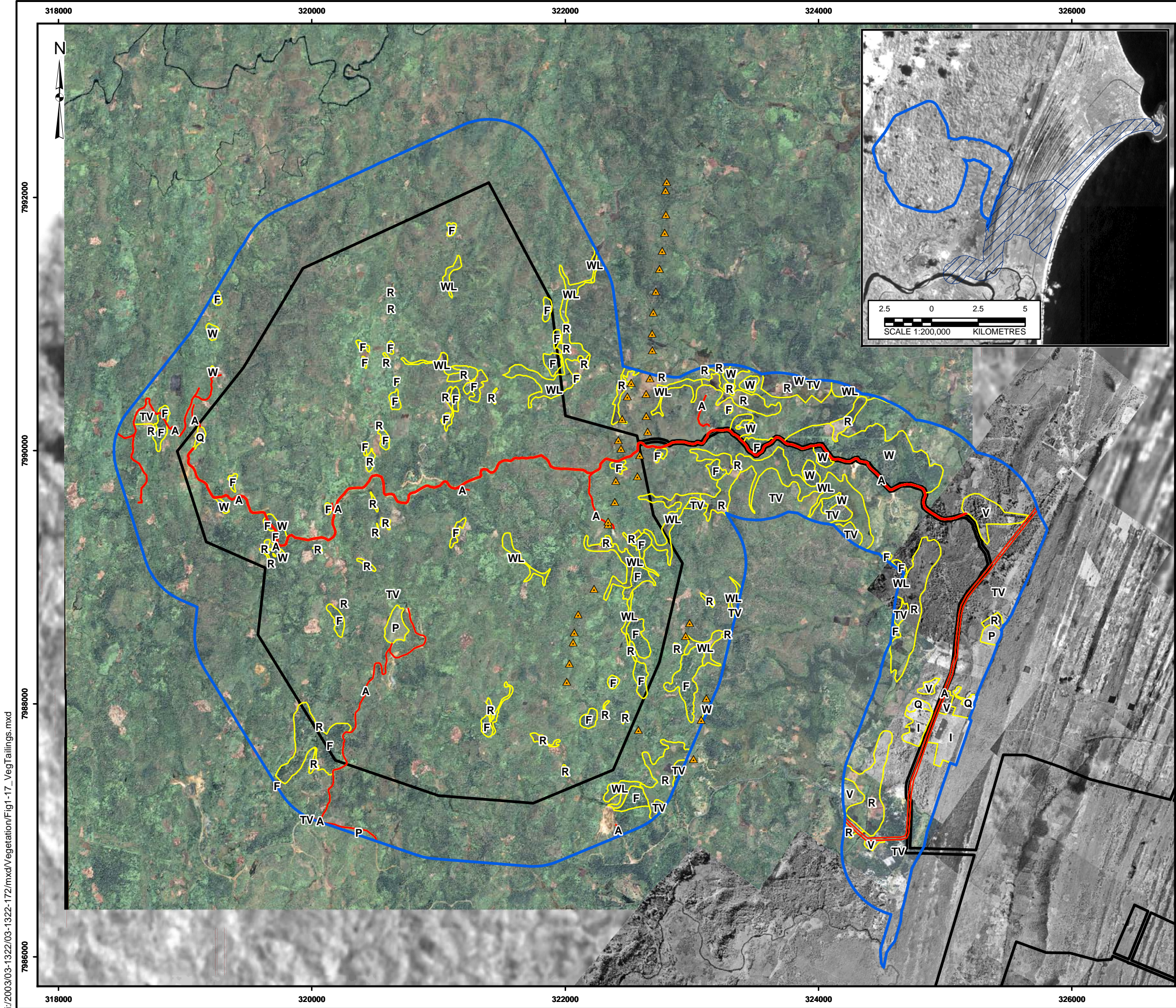
Table 1.1-22 Vegetation Types and Land Use Types within the Tailings Sub-Local Study Area

Vegetation Type/ Land Use Type	Area (ha) ^(a)
Forested Vegetation	
agroforest and secondary forest vegetation	66
plantation	7
woodlot	44
<i>forested subtotal</i>	<i>117</i>
Non-Forested Vegetation	
rice paddies	82
tavy matrix	2,219
wetlands	61
<i>non-forested subtotal</i>	<i>2,362</i>
<i>terrestrial vegetation subtotal</i>	<i>2,479</i>
Non-Vegetated Class	
access corridor	18
industrial	14
quarry	3
village	14
<i>non-vegetated subtotal</i>	<i>49</i>
Total	2,528

^(a) Totals have been rounded for presentation purposes.

Tavy Matrix

This vegetation unit is largely represented by cleared forest and scattered shrubby vegetation or trees often dominated by *Ravenala madagascariensis*, and a mixture of very small patches of secondary forest vegetation (Photograph 1.1-18). The tavy matrix represents the dominant vegetation unit of the tailings facility.



LEGEND

VEGETATION AND LAND USE CLASSIFICATION

- A ACCESS CORRIDOR
- F AGROFOREST AND SECONDARY FOREST VEGETATION
- I INDUSTRIAL
- P PLANTATION
- Q QUARRY
- R RICE PADDIES
- TV TAVY MATRIX
- V VILLAGE
- W WOODLOT
- WL WETLAND
- ▲ VEGETATION SURVEY LOCATION
- VEGETATION/LAND USE TYPE
- TAILINGS FACILITY SUB-LOCAL STUDY AREA
- TAILINGS FACILITY AND PROCESS PLANT SITE FOOTPRINT

REFERENCE

Landsat 7 Mosaic Image; Captured April/Sept. 2001
Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

0.5 0 0.5 1
SCALE 1:30,000 KILOMETRES


PROJECT		AMBATOVY PROJECT	
TITLE		VEGETATION, LAND USE CLASSIFICATION AND FLORA SAMPLE SITES WITHIN THE TAILINGS FACILITY SUB-LOCAL STUDY AREA	
	PROJECT No.	03-1322-172.7300	SCALE AS SHOWN
	DESIGN	DN 29 Jun. 2005	REV. 0
	GIS	TN 22 Dec. 2005	
	CHECK	GJ 11 Jan. 2006	
	REVIEW	DM 11 Jan. 2006	

FIGURE: 1-17

Successional stages of tavy range between new (recently burned) and old and is reflective in the structure and composition of the vegetation present. Managed tavy may be bare or slashed, or planted with crops such as hill rice, cassava and pineapple, and less commonly with corn, beans or peas. This vegetation type covers a total area of 2,219 ha representing 88% of the tailings facility sub-LSA.



Photograph 1.1-18 Tavy Matrix

Agroforest and Secondary Forest Vegetation

Forest vegetation not included within the unmanaged woodlot or plantation categories (see below for descriptions) have been classified within this vegetation unit. This vegetation unit is characterized as patchy and tends to be located near local resident homes and often consists of non-native fruit trees. Secondary forest vegetation is also included in this unit and is a collection of residual trees and other species that were once part of the primary forest present many decades ago (Photograph 1.1-19). However, logging and slash and burn agriculture has removed all primary forest in the proposed tailings area leaving behind small remnant patches of secondary forest that are managed by local villages.

The agroforest patches mainly contain mango, banana and lychee. The secondary forest vegetation contains a mix of native and exotic species including

Eucalyptus. This vegetation type covers a total area of 66 ha representing 3% of the tailings facility sub-LSA.

Woodlot

This vegetation unit is dominated by Eucalyptus trees that may or may not be managed by local residents. Eucalyptus was introduced to Madagascar a long time ago and now grows wild in many places. This vegetation type covers a total area of 44 ha representing 2% of the tailings facility sub-LSA.



Photograph 1.1-19 Secondary Forest Vegetation

Plantation

This vegetation unit includes oil palm and other plantations that are managed by local residents. This vegetation type covers a total area of 7 ha representing <1% of the tailings facility sub-LSA.

Rice Paddies

Within the valleys and low-lying areas, dominant vegetation consists of rice paddy agriculture or rice interspersed among native or exotic vegetation. This

vegetation type covers a total area of 82 ha representing 3% of the tailings facility sub-LSA.

Wetlands

This vegetation type covers a total area of 61 ha representing 2% of the tailings facility sub-LSA. It includes a mixture of native and non-native species.

Industrial

This cover type includes land that has been cleared of vegetation primarily for industrial purposes (e.g., quarry). This class covers a total area of 14 ha representing 1% of the tailings facility sub-LSA.

4.4.2.1 Vulnerable, Threatened and CITES Species

One IUCN species and one CITES species were identified within the tailings facility sub-LSA. Neither of these species was found in great abundance. *Dalbergia baroni* is a widespread (vulnerable) species in Madagascar but it is heavily exploited for its valuable wood, along with many other species in the genus. *Cyathaea melleri* is listed in Appendix 2 of CITES. In a review of plant trading trends among CITES-listed species, *Cyathaea melleri* was found to be traded at very low levels (UNEP 2005). Nonetheless, the trading status of this species may increase over time; therefore, it remains listed in Appendix 2 of CITES.

4.4.2.2 Endemism

A total of 169 plant species were identified within the proposed tailings facility. Each of these species were classified according to national, regional and local levels of endemism based on many years of field experience by the project parobotanist who conducted the flora survey. The TROPICOS database and other reference materials were not used to assist this process. However, as part of an ongoing review of species of concern, MBG will evaluate the need to conduct a follow-up survey at the tailings area before project construction to search for other species of concern.

Of the 169 species identified during the survey, 112 are currently classified as endemic to Madagascar and 53 as regionally endemic. No species were listed as local endemics.

4.4.2.3 Invasive Species

As mentioned earlier, the study area is highly disturbed and contains many invasive species. Brief descriptions of each of these species are presented in Table 1.1-23.

Table 1.1-23 Invasive Species within the Tailings Sub-Local Study Area

Species	Form	Typical Habitat	Invasive Status/Threat
<i>Citrus aurantium</i>	small tree	savoka, secondary forests and primary forests	moderately invasive
<i>Eucalyptus robusta</i>	tree	widely distributed	moderately invasive; alters the soils and hydrology
<i>Grevillea banksii</i>	small tree	used for reforestation	moderately invasive; establishes monotypic stands
<i>Lantana camara</i>	shrub	open areas such as disturbances, agricultural areas, overgrazed grasslands and secondary forests	highly invasive; forms dense impenetrable thickets; due to allelopathic secretions, prevents seed germination of native and non-native plant species
<i>Mimosa pudica</i>	shrub	uncultivated lands	forms a dense ground cover which prevents the growth and development of other species; land is not easily rehabilitated by other species
<i>Passiflora foetida</i>	vine	disturbed land such as roadsides and cultivated fields	moderately invasive
<i>Passiflora suberosa</i>	vine	roadsides and cultivated fields, other habitats	highly invasive; considered a major threat to the native flora in Madagascar
<i>Rubus mollucanus</i>	shrub	open canopy forests, forest edges, roadsides; savoka and disturbed forests	highly invasive

Source: Binggeli (2003).

4.5 PORT

As there is no vegetation at the port expansion facility, no description of the vegetation resources is warranted.

5 REFERENCES

5.1 LITERATURE CITED

- Agarwal, D.K., A.E. Gelfand and J.A. Silander Jr. 2002. Investigating Tropical Deforestation Using Two State Spatially Misaligned Regression Models. *Journal of Agriculture, Biological and Environmental Statistics* 7: 420-39.
- Binggeli, P. 2003. Introduced and Invasive Plants. *In The Natural History of Madagascar*. Edited by Goodman, S.M. and J.P. Benstead, The University of Chicago Press, Chicago, U.S.A.
- Bosser, J. 1968. *Especies et Hybride Nouveaux D'Aloes de Madagascar*. *Adansonia*, ser. 2,8(4).
- de Gouvenain, R.C. and J.A. Silander Jr. 2000. Structure and Composition of a Forest Fragment in Eastern Madagascar in Relation to Human Disturbance. *In Diversite et Endemisme a Madagascar*, Eds., Lourenco, W.R. and S.M. Goodman, pp 45-62. Paris: *Memoires de la Societe de Biogeographie*.
- Dransfield, J. and H. Beentje. 1995. *The Palms of Madagascar*. Royal Botanic Gardens Kew, London.
- Du Puy, D.J. and J. Moat. (1996). A Refined Classification of the Primary Vegetation of Madagascar based on the Underlying Geology: using GIS to Map its Distribution and to Assess its Conservation Status. *In W.R. Lourenço (editor), Proceedings of the International Symposium on the 'Biogeography de Madagascar', Paris, September 1995*, pp. 205--218, + 3 maps. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Faramalala M.H. (1988). *Etude de la Végétation de Madagascar à l'aide des Données Spatiales*. Doctoral Thesis, Univ. Paul Sabatier de Toulouse, 167 p. + map at 1:1,000,000.
- Kairu, K. and N. Nyandwi (editors). 2000. *Guidelines for the Study of Shoreline Change in the Western Indian Ocean Region*. IOC Manuals and Guides No. 40. UNESCO 2000. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, Paris.
- Langrand, O. and S. Goodman. 1995. Monitoring Madagascar's Ecosystems: a Look at the Past, Present, and Future of its Wetlands. Pages 204-214 in

- T.B.Herman, S. Bondrup-Nielson, J.H.M. Willison and N.W.P. Munro, eds. Ecosystem monitoring and protected areas. Science and Management of Protected Areas Association, Wolfville, Nova Scotia, Canada.
- Lowry II, P.P., G.E. Schatz and P.B. Phillipson. 1997. The Classification of Natural and Anthropogenic Vegetation in Madagascar. In Natural Change and Human Impact in Madagascar, Eds. Goodman S.M. and B.D. Patterson, pp. 93-123. Washington, D.C.: Smithsonian Institution Press.
- Missouri Botanical Garden (MBG). 2003. Ravintsara. Missouri Botanical Garden, Madagascar Research and Conservation Program, Antananarivo, Madagascar. Volume 1, Issue 4.
- National Academy of Sciences. 1979. Tropical Legumes: Resources for the future. National Academy of Sciences, Washington D.C.
- Peck, D. 2005. New Ramsar Site: Madagascar Designates the Marais de Torotorofotsy. In Notes & News, Wader Study Group Bulletin. Bulletin 106, April 2005. Compiled by Silke, School of Biological, Earth & Environmental Sciences, University of New South Wales, Kensington, Sydney, Australia.
- Rouquette J. 2002. Final Report for Sustainable Livelihoods and Conservation of the Threatened Littoral Forests of South East Madagascar. Prepared for The Walt Disney Company Foundation. London, England.
- Vences, M., Y. Chiari, L. Raharivololoniaina and A. Meyer. 2003. High Mitochondrial Diversity within and among Populations of Malagasy Poison Frogs. Molecular Phylogenetics and Evolution. Academic Press, Elsevier Inc.

5.2 WEBSITES

- American Orchid Society (AOS). 2005. Website accessed July 9, 2005 from <http://www.aos.org/aos/About%20Us%20-%20Popularity.aspx>.
- Arkive. 2005. Images of Life on Earth. Website accessed July 19, 2005 from http://www.arkive.org/species/GES/plants_and_algae/Ravenia_louvelii/more_info.html#reference_3.

- Butler, R. 2005. Wild Madagascar. Forest Types in Madagascar. Website accessed July 12, 2005 from http://www.wildmadagascar.org/overview/forest_types.html.
- Conservation International (CI). 2005. Biodiversity Hotspots. Madagascar and the Indian Ocean Islands. Website Accessed July 11, 2005 <http://www.biodiversityhotspots.org/xp/Hotspots/madagascar/biodiversity.xml>
- Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES). 2005. Website accessed July 4, 2005 at <http://www.cites.org/>.
- Ramsar. 2005. The List of Wetlands of International Importance. Document accessed July 19, 2005 from <http://www.ramsar.org/sitelist.pdf>
- United Nations Environment Programme (UNEP). 2005. Analysis of Trade Trends in Appendix II Species, Volume 1, Plants. Prepared for the CITES Plants Committee, CITES Secretariat by the World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK. Accessed from CITES website on July 15, 2005 from <http://www.cites.org/eng/com/PC/15/E-PC15-10-02-01.pdf>.
- Wetlands International. 2005. Ramsar Report for Marais de Torotorofotsy avec leurs Bassins Versants. Ramsar Site No.: 1453. Website Accessed July 15, 2005 from <http://www.wetlands.org/reports/output.cfm>.

VOLUME J

SECTION 1.1

ATTACHMENT 1

FOREST DATA FOR THE MINE SITE LOCAL STUDY AREA

Table 1 Forest Survey Transect Information for the Mine Local Study Area

Transect	Zone	Vegetation Type	Transect Length (m)	Transect Width (m)	Transect Area (m ²)	Plot Information ^(a)			Subplot Information ^(a)		
						Size of Plot	Number of Plots	Data Type	Size of Subplot	Number of Subplots	Data Type
1	Ambatovy	marsh edge forest	50	20	1,000	10 × 10 m	10	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
2	Ambatovy	transitional forest	120	20	2,400	10 × 10 m	24	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
3	Ambatovy	zonal forest	130	20	2,600	10 × 10 m	26	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
4	Analamay	zonal forest	100	20	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
5	Ambatovy	azonal forest	100	20	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥5 cm diam.	5 × 5 m	5	plants <5 cm diam.
6	Ambatovy	transitional forest	100	20	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	1	plants <5 cm diam.
7	Ambatovy	transitional forest	50	17	850	5 × 8.5 m	20	trees ≥5 cm diam.	5 × 8.5 m	20	plants <5 cm diam.
8	Analamay	marsh edge forest	20	10	200	5 × 5 m	8	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
9	Ambatovy	azonal forest	130	20	2,600	10 × 10 m	26	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
10	Ambatovy	azonal thicket	100	20	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
11	Ambatovy	azonal secondary formation	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
12	Analamay	azonal forest	100	20	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
13	Analamay	transitional forest	130	20	2,600	10 × 10 m	26	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
14	Analamay	azonal thicket	100	20	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥10 cm diam.	n/a	n/a	n/a
15	Ambatovy	marsh herbaceous vegetation	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
16	Ambatovy	zonal forest	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a	n/a
17	Ambatovy	zonal forest	50	20	1,000	10 × 10 m	10	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	3	plants <5 cm diam.
18	Ambatovy	azonal forest	120	20	2,400	10 × 10 m	24	trees ≥5 cm diam.	5 × 5 m	6	plants <5 cm diam.
19	Analamay	azonal forest	100	20	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥5 cm diam.	5 × 5 m	5	plants <5 cm diam.
20	Ambatovy	azonal thicket	100	20	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥5 cm diam.	5 × 5 m	5	plants <5 cm diam.
21	Analamay	zonal forest	50	20	1,000	10 × 10 m	10	trees ≥5 cm diam.	n/a	n/a	n/a
A	Ambatovy	azonal forest	480	10	4,800	10 × 10 m	48	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	24	trees 5-9.9 cm diam.
		azonal thicket	140	10	1,400	10 × 10 m	14	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	7	trees 5-9.9 cm diam.
		transitional forest	570	10	5,700	10 × 10 m	57	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	29	trees 5-9.9 cm diam.
B	Ambatovy	azonal forest	310	10	3,100	10 × 10 m	31	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	15	trees 5-9.9 cm diam.
		azonal thicket	350	10	3,500	10 × 10 m	35	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	17	trees 5-9.9 cm diam.
		transitional forest	390	10	3,900	10 × 10 m	39	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	19	trees 5-9.9 cm diam.
C	Ambatovy	azonal forest	240	10	2,400	10 × 10 m	24	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	12	trees 5-9.9 cm diam.
		transitional forest	600	10	6,000	10 × 10 m	60	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	30	trees 5-9.9 cm diam.
E	Analamay	azonal forest	700	10	7,000	10 × 10 m	70	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	35	trees 5-9.9 cm diam.
F	Analamay	azonal forest	550	10	5,500	10 × 10 m	55	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	27	trees 5-9.9 cm diam.
		azonal type transtional forest	200	10	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	11	trees 5-9.9 cm diam.
G	Analamay	transitional forest	260	10	2,600	10 × 10 m	26	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	13	trees 5-9.9 cm diam.
		azonal type transtional forest	790	10	7,900	10 × 10 m	79	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	40	trees 5-9.9 cm diam.
Z	Analamay	azonal forest	200	10	2,000	10 × 10 m	20	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	10	trees 5-9.9 cm diam.
		zonal forest	810	10	8,000	10 × 10 m	80	trees ≥10 cm diam.	5 × 5 m	41	trees 5-9.9 cm diam.

^(a) Diameter measurements taken at 1.3 m above the ground.

Note n/a = not applicable.

Table 2 Area of Mine Site Forest Plots and Subplots Summarized by Vegetation Type

Transect	Zone	Vegetation Type	10 x 10 m Plots with Trees ≥10 cm Diameter Recorded ^(a)		10 x 10 m Plots with Trees ≥5 cm Diameter Recorded ^(a)		5 x 5 m Subplots with Trees 5–10 cm Diameter Recorded		Total Plot Area (m ²)
			Number of Plots	Area (m ²)	Number of Plots	Area (m ²)	Number of Plots	Area (m ²)	
Azonal Thicket									
10	Ambatovy	azonal thicket	20	2000	0	0	0	0	2000
20	Ambatovy	azonal thicket	0	0	20	2000	0	0	2000
A	Ambatovy	azonal thicket	14	1400	0	0	7	175	1575
B	Ambatovy	azonal thicket	35	3500	0	0	17	425	3925
Ambatovy azonal thicket subtotal			69	6900	20	2000	24	600	9500
14	Analamay	azonal thicket	20	2000	0	0	0	0	2000
Analamay azonal thicket subtotal			20	2000	0	0	0	0	2000
azonal thicket total			89	8900	20	2000	24	600	11500
Azonal Forest									
5	Ambatovy	azonal forest	0	0	20	2000	0	0	2000
9	Ambatovy	azonal forest	26	2600	0	0	0	0	2600
18	Ambatovy	azonal forest	0	0	24	2400	0	0	2400
A	Ambatovy	azonal forest	48	4800	0	0	24	600	5400
B	Ambatovy	azonal forest	31	3100	0	0	15	375	3475
C	Ambatovy	azonal forest	24	2400	0	0	12	300	2700
Ambatovy azonal forest subtotal			129	12900	44	4400	51	1275	18575
12	Analamay	azonal forest	20	2000	0	0	0	0	2000
19	Analamay	azonal forest	0	0	20	2000	0	0	2000
E	Analamay	azonal forest	69	6900	0	0	35	875	7775
F	Analamay	azonal forest	55	5500	0	0	27	675	6175
Z	Analamay	azonal forest	20	2000	0	0	10	250	2250
Analamay azonal forest subtotal			164	16400	20	2000	72	1800	20200
azonal forest total			293	29300	64	6400	123	3075	38775
Azonal Type Transitional Forest									
F	Analamay	azonal type transitional forest	22	2200	0	0	11	275	2475
G	Analamay	azonal type transitional forest	79	7900	0	0	40	1000	8900
Analamay azonal type transitional forest subtotal			101	10100	0	0	51	1275	11375
azonal type transitional forest total			101	10100	0	0	51	1275	11375
Transitional Forest									
2	Ambatovy	transitional forest	24	2400	0	0	0	0	2400
6	Ambatovy	transitional forest	20	2000	0	0	0	0	2000

Table 2 Area of Mine Site Forest Plots and Subplots Summarized by Vegetation Type (continued)

Transect	Zone	Vegetation Type	10 x 10 m Plots with Trees ≥10 cm Diameter Recorded ^(a)		10 x 10 m Plots with Trees ≥5 cm Diameter Recorded ^(a)		5 x 5 m Subplots with Trees 5–10 cm Diameter Recorded		Total Plot Area (m ²)
			Number of Plots	Area (m ²)	Number of Plots	Area (m ²)	Number of Plots	Area (m ²)	
7	Ambatovy	transitional forest	0	0	20	850	0	0	850
A	Ambatovy	transitional forest	57	5700	0	0	29	725	6425
B	Ambatovy	transitional forest	39	3900	0	0	19	475	4375
C	Ambatovy	transitional forest	60	6000	0	0	30	750	6750
<i>Ambatovy transitional forest subtotal</i>			<i>200</i>	<i>20000</i>	<i>20</i>	<i>850</i>	<i>78</i>	<i>1950</i>	<i>22800</i>
13	Analamay	transitional forest	26	2600	0	0	0	0	2600
G	Analamay	transitional forest	26	2600	0	0	13	325	2925
<i>Analamay transitional forest subtotal</i>			<i>52</i>	<i>5200</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>13</i>	<i>325</i>	<i>5525</i>
transitional forest total			252	25200	20	850	91	2275	28325
Zonal Forest									
3	Ambatovy	zonal forest	26	2600	0	0	0	0	2600
17	Ambatovy	zonal forest	10	1000	0	0	0	0	1000
<i>Ambatovy zonal forest subtotal</i>			<i>36</i>	<i>3600</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>3600</i>
4	Analamay	zonal forest	20	2000	0	0	0	0	2000
21	Analamay	zonal forest	0	0	10	1000	0	0	1000
Z	Analamay	zonal forest	81	8100	0	0	41	1025	9125
<i>Analamay zonal forest subtotal</i>			<i>101</i>	<i>10100</i>	<i>10</i>	<i>1000</i>	<i>41</i>	<i>1025</i>	<i>12125</i>
zonal forest total			137	13700	10	1000	41	1025	15725
Marsh Edge Forest									
1	Ambatovy	marsh edge forest	10	1000	0	0	0	0	1000
<i>Ambatovy marsh edge forest subtotal</i>			<i>10</i>	<i>1000</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>1000</i>
8	Analamay	marsh edge forest	8	200	0	0	0	0	200
<i>Analamay marsh edge forest subtotal</i>			<i>8</i>	<i>200</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>0</i>	<i>200</i>
marsh edge forest total			18	1200	0	0	0	0	1200

^(a) Non-conforming plot sizes along transect 7 (5 x 8.5 m) and transect 8 (5 x 5 m).

Table 3 Forest Survey Transect and Plot Coordinates for the Mine Local Study Area

Transect	Associated Plot^(a)	Vegetation Type	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South
1	n/a	marsh edge forest	215149	7911634
2	n/a	transitional forest	216246	7911592
3	n/a	zonal forest	218985	7914141
4	n/a	zonal forest	221347	7914732
5	n/a	azonal forest	215579	7912239
6	n/a	transitional forest	216311	7912725
7	n/a	transitional forest	215906	7912721
8	n/a	marsh edge forest	221050	7915331
9	n/a	azonal forest	215083	7913652
10	n/a	azonal thicket	216610	7913386
11	n/a	azonal secondary formation	216841	7912836
12	n/a	azonal forest	218560	7916004
13	n/a	transitional forest	219646	7916761
14	n/a	azonal thicket	218834	7916054
15	n/a	marsh herbaceous vegetation	220022	7910389
16	n/a	zonal forest	219554	7910616
17	n/a	zonal forest	213412	7914305
18	n/a	azonal forest	215159	7913380
19	n/a	azonal forest	219887	7918292
20	n/a	azonal thicket	216317	7913608
21	n/a	zonal forest	217057	7915839
A	start	azonal thicket	216802	7913379
	A010		216902	7913390
	A020	azonal forest	216999	7913401
	A029		217079	7913385
	A035		217119	7913417
	A040		217144	7913454
	A045		217189	7913501
	A050	transitional forest	217216	7913541
	A058		217296	7913635
	A060		217310	7913645
	A065	azonal forest	217345	7913688
	A070		217373	7913721
	A080		217438	7913798
	A090	transitional forest	217505	7913868
	A100		217571	7913935
	A110		217641	7914004
	end		217705	7914077
B	start	azonal thicket	217751	7912525
	B010		217810	7912603
	B020		217901	7912639
	B025		217959	7912647
	B030		218002	7912618
	B035		218039	7912585

Table 3 Forest Survey Transect and Plot Coordinates for the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Associated Plot ^(a)	Vegetation Type	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South
	B040	azonal forest	218072	7912549
	B050		218170	7912515
	B060		218263	7912505
	B070	transitional forest	218364	7912498
	B080	azonal forest	218457	7912461
	B090	transitional forest	218553	7912455
	B100		218643	7912428
	end		218680	7912397
C	start	transitional forest	214261	7912914
	C010		214326	7912986
	C020		214422	7913000
	C030		214523	7912986
	C040		214663	7912942
	C045		214708	7912876
	C050		214741	7912839
	C070	azonal forest	214932	7912799
	end		215051	7912822
E	start	azonal forest	219326	7918262
	E010		219414	7918220
	E020		219511	7918189
	E030	azonal type transitional forest	219600	7918151
	E040		219690	7918113
	E050		219811	7918044
	E060		219897	7918003
	end		219982	7917953
F	start	azonal forest	217988	7917030
	F010		217935	7916952
	F020		217937	7916844
	F030	azonal type transitional forest	217938	7916746
	F040		218000	7916662
	F050	azonal forest	218086	7916614
	F060		218156	7916543
	F070		218133	7916449
	end	azonal type transitional forest	218099	7916391
G	start	azonal type transitional forest	218575	7919672
	G010		218642	7919749
	G020		218721	7919816
	G030		218797	7919876
	G040		218886	7919910
	G050		218987	7919929
	G060		219086	7919937
	G070		219180	7919936
	G080	transitional forest	219282	7919942
	G090		219380	7919961
	G100		219476	7919971

Table 3 Forest Survey Transect and Plot Coordinates for the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Associated Plot^(a)	Vegetation Type	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South
	end		219532	7919970
Z	start	azonal forest	217540	7917192
	Z010		217519	7917098
	Z020		217509	7917001
	Z030	zonal forest	217473	7916905
	Z040		217431	7916807
	Z050		217386	7916719
	Z060		217315	7916649
	Z070		217261	7916577
	Z080		217206	7916492
	Z090		217153	7916415
	end		217087	7916349

^(a) For transects 1 through 21, GPS coordinates were taken at a random point along each transect.

Note n/a = not applicable.

Table 4 Number of Vegetation Plot Groupings Used to Characterize Forest Structure of the Mine Local Study Area

Transect	Zone	Vegetation Type	Number of 500 m ² Plot Groupings ^{(a) (b)}	Total Area of Plot Groupings (m ²)
Azonal Thicket				
10	Ambatovy	azonal thicket	4	2000
20	Ambatovy	azonal thicket	4	2000
A	Ambatovy	azonal thicket	2	1000
B	Ambatovy	azonal thicket	7	3500
		<i>Ambatovy azonal thicket subtotal</i>	<i>17</i>	<i>8500</i>
14	Analamay	azonal thicket	4	2000
		<i>Analamay azonal thicket subtotal</i>	<i>4</i>	<i>2000</i>
		azonal thicket total	21	10500
Azonal Forest				
5	Ambatovy	azonal forest	4	2000
9	Ambatovy	azonal forest	5	2500
18	Ambatovy	azonal forest	4	2000
A	Ambatovy	azonal forest	9	4500
B	Ambatovy	azonal forest	6	3000
C	Ambatovy	azonal forest	4	2000
		<i>Ambatovy azonal forest subtotal</i>	<i>32</i>	<i>16000</i>
12	Analamay	azonal forest	4	2000
19	Analamay	azonal forest	4	2000
E	Analamay	azonal forest	13	6500
F	Analamay	azonal forest	11	5500
Z	Analamay	azonal forest	4	2000
		<i>Analamay azonal forest subtotal</i>	<i>36</i>	<i>18000</i>
		azonal forest total	68	34000
Azonal Type Transitional Forest				
F	Analamay	azonal type transitional forest	4	2000
G	Analamay	azonal type transitional forest	15	7500
		<i>Analamay azonal type transitional forest subtotal</i>	<i>19</i>	<i>9500</i>
		azonal type transitional forest total	19	9500
Transitional Forest				
2	Ambatovy	transitional forest	4	2000
6	Ambatovy	transitional forest	4	2000
7	Ambatovy	transitional forest	1	500
A	Ambatovy	transitional forest	10	5000
B	Ambatovy	transitional forest	7	3500

Table 4 Number of Vegetation Plot Groupings Used to Characterize Forest Structure of the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Zone	Vegetation Type	Number of 500 m² Plot Groupings ^{(a) (b)}	Total Area of Plot Groupings (m²)
C	Ambatovy	transitional forest	12	6000
		Ambatovy transitional forest subtotal	38	19000
13	Analamay	transitional forest	5	2500
G	Analamay	transitional forest	5	2500
		<i>Analamay transitional forest subtotal</i>	<i>10</i>	<i>5000</i>
		transitional forest total	48	24000
Zonal Forest				
3	Ambatovy	zonal forest	5	2500
17	Ambatovy	zonal forest	2	1000
		<i>Ambatovy zonal forest subtotal</i>	<i>7</i>	<i>3500</i>
4	Analamay	zonal forest	4	2000
21	Analamay	zonal forest	2	1000
Z	Analamay	zonal forest	16	8000
		<i>Analamay zonal forest subtotal</i>	<i>22</i>	<i>11000</i>
		zonal forest total	29	14500
Marsh Edge Forest				
1	Ambatovy	marsh edge forest	2	1000
		<i>Ambatovy marsh edge forest subtotal</i>	<i>2</i>	<i>1000</i>
8	Analamay	marsh edge forest	0	0
		<i>Analamay marsh edge forest subtotal</i>	<i>0</i>	<i>0</i>
		marsh edge forest total	2	1000

^(a) Each plot grouping consists of 5, 10 × 10 m plots.

^(b) Plot groupings only include only trees ≥10 cm in diameter (measured at 1.3 m above the ground).

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest						Marsh Edge Forest			
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Anacardiaceae	Abrahamia	deflexa	Abrdef			10+					6							5		7	3	4	2	15						4		1					4			
Anacardiaceae	Abrahamia	deflexa	Abrdef			5-9					1							1		1	1	1	1								1									
Anacardiaceae	Abrahamia	ditimena	Abrdit			10+				3							32		6	6				16					29		8	4					13			
Anacardiaceae	Abrahamia	ditimena	Abrdit			5-9				3							1		1					4					6		6	1					2			
Anacardiaceae	Abrahamia	sericea	Abrser			10+					13							1		3																				
Anacardiaceae	Abrahamia	tarantana	Abrtar			10+					6										7	1	5							13						1				
Anacardiaceae	Abrahamia	tarantana	Abrtar			5-9					3										3		2							1						5				
Anacardiaceae	Abrahamia	thouvenotii	Abrtho			10+					11						1	9	5		8		2	15						8	5	4								
Anacardiaceae	Abrahamia	thouvenotii	Abrtho			5-9					3										2		1																	
Anacardiaceae	Abrahamia	unknown species 1	Abrsp1			10+					1																													
Anacardiaceae	Camptosperma	deflexa	Camdef			10+																4		2												7				
Anacardiaceae	Camptosperma	deflexa	Camdef			5-9																	4									1				1				
Anacardiaceae	Camptosperma	schatzii	Camsch			10+					11							21		3	1	1		3					25	3						33				
Anacardiaceae	Camptosperma	schatzii	Camsch			5-9					1							1	2	1				3												5				
Anacardiaceae	Micronychia	tarantana	Mictar			10+				2	14						1		3	8	28	1	1	21						2										
Anacardiaceae	Micronychia	tarantana	Mictar			5-9					2								1	1			1	4						1										
Anacardiaceae	Micronychia	thouarsii	Mictho			10+																	20									2								
Anacardiaceae	Micronychia	thouarsii	Mictho			5-9																	5																	
Anacardiaceae	Protorhus	buxifolia	Probox			10+																															1			
Anacardiaceae	Protorhus	ditimena	Prodit			10+	3					22	15	3	7	7										8	22	3	13					3	7		9		2	
Anacardiaceae	Protorhus	ditimena	Prodit			5-9						43			77	35												4							1					
Anacardiaceae	Protorhus	kecomtei	Prokec			10+																3																		
Anacardiaceae	Protorhus	unknown species 1	Prosp1			10+																													1					
Anacardiaceae	Protorhus	unknown species 1	Prosp1			5-9						1																												
Anacardiaceae	Rhus	tarantana	Rhutar			10+							2		4										2															
Anacardiaceae	Rhus	tarantana	Rhutar			5-9			2			1			14																									
Annonaceae	Polyalthia	cf ologosperma	Polol1			10+														1										3					4					
Annonaceae	Polyalthia	cf ologosperma	Polol1			5-9													1																4					
Annonaceae	Polyalthia	emarginata	Polema			5-9								1																										
Annonaceae	Polyalthia	gesquierina	Polges			10+																				3														
Annonaceae	Polyalthia	unknown species 1	Pltsp1			10+										1																								
Annonaceae	Polyalthia	unknown species 1	Pltsp1			5-9										1																								
Annonaceae	Polyalthia	unknown species 2	Pltsp2			10+																		2						1	1	1								
Annonaceae	Polyalthia	unknown species 2	Pltsp2			5-9																		1																
Annonaceae	Xylopia	buxifolia	Xylbox			10+					1			3		1	16	14		2	3	4	3	3		6			27	37	11	2	2	1	2		30			
Annonaceae	Xylopia	buxifolia	Xylbox			5-9									1	2	1							2					1	3						2				
Annonaceae	Xylopia	flexuosa	Xylfle			10+																			2								1							

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest				
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Annonaceae	Xylopia	unknown species 1	Xylsp1			10+						1																		3										
Aphloiaceae	Aphloia	theiformis	Aphthe			10+										1					2		2				2		1	1	1				3					
Aphloiaceae	Aphloia	theiformis	Aphthe			5-9					3			2						2										1		1	1			2				
Apocynaceae	Carissa	edulis	Caredu			10+					2					4	5	1	3											1	1	3	4				3			
Apocynaceae	Carissa	edulis	Caredu			5-9					2						1		2													1								
Apocynaceae	Mascarenhasia	arborescens	Masarb			10+																														1				
Apocynaceae	Pandaca	anisophylla	Panani			10+																								3										
Apocynaceae	Pandaca	retusa	Panret			5-9																								6										
Apocynaceae	Tabernaemontana	mocquersyii	Tabmoc			10+																									2									
Apocynaceae	Tabernaemontana	retusa	Tabret			10+																		1									1		6					
Apocynaceae	Tabernaemontana	retusa	Tabret			5-9																		1																
Aquifoliaceae	Ilex	mitis	llemit			10+										1					1		1		1	5			1		8	5					14	2	2	
Aquifoliaceae	Ilex	mitis	llemit			5-9											1															1								
Araliaceae	Polyscias	cf ampilifolia	Polam1			10+											1	3		1									1								10			
Araliaceae	Polyscias	cf ampilifolia	Polam1			5-9													1																					
Araliaceae	Polyscias	ornifolia	Polorn			10+					1						1							9					1			1	1							
Araliaceae	Polyscias	ornifolia	Polorn			5-9													3	3		1	2																	
Araliaceae	Polyscias	repanda	Polrep			10+	1							10	3				3		8	1															7			
Araliaceae	Polyscias	repanda	Polrep			5-9			13					41	7	2				1										1							1			
Araliaceae	Polyscias	unknown species 1	Polsp1			10+						8																								1			1	
Araliaceae	Polyscias	unknown species 2	Polsp2			5-9																		3																
Araliaceae	Schefflera	longipedicellata	Schlon			10+	8		5	5	10	8	8	4	9	10	9	10	10	26	29		12	55	1	7	2		1	7	2			1						
Araliaceae	Schefflera	longipedicellata	Schlon			5-9			19			17			13	2			1	4	4		2	4			3		1		3	1				1				
Araliaceae	Schefflera	stauffurn	Schsta			10+																5		25										2				5		
Araliaceae	Schefflera	stauffurn	Schsta			5-9																															1			
Araliaceae	Schefflera	vantsilana	Schvan			10+										1		4	2					1				2	1		1									
Araliaceae	Schefflera	vantsilana	Schvan			5-9											1		2											1										
Arecaceae	Dypsis	nodifera	Dypnod			5-9																				1												1		
Arecaceae	Dypsis	unknown species 1	Dypsp1			10+														1																				
Arecaceae	Dypsis	unknown species 1	Dypsp1			5-9																4		2													7			
Arecaceae	Dypsis	unknown species 2	Dypsp2			10+																																		
Arecaceae	Dypsis	unknown species 2	Dypsp2			5-9											1							3							1	2								
Arecaceae	Dypsis	unknown species 3	Dypsp3			10+															3			1								3								
Arecaceae	Dypsis	unknown species 3	Dypsp3			5-9															2			4																
Arecaceae	Dypsis	unknown species 4	Dypsp4			10+											1							1																
Arecaceae	Ravenea	madagascariensis	Ravmad	LR/nt		10+																		2																
Asteraceae	Apodocephala	angustifolia	Apoang			5-9									2																									

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest						Marsh Edge Forest					
							Number of Stems by Transect																																			
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8		
Asteraceae	Apodocephala	pauciflora	Apopau			10+					6						16	8	11	4					5					1		3										
Asteraceae	Apodocephala	pauciflora	Apopau			5-9						2							1						1																	
Asteraceae	Blachylaena	merana	Blamer			10+																																				
Asteraceae	Brachylaena	merana	Bramer			10+							1	1											3	5	2		3							1			1	2		
Asteraceae	Brachylaena	pauciflora	Brapau			10+					4									1	1	1										2	2					2				
Asteraceae	Brachylaena	pauciflora	Brapau			5-9													1	1																						
Asteraceae	Brachylaena	ramiflora	Braram			10+												1		1	2				14	3				1		4	4	1				12				
Asteraceae	Brachylaena	ramiflora	Braram			5-9																			1							1										
Asteraceae	Centauropsis	antanosii	Cenant			10+																				3																
Asteraceae	Vernonia	chapelieri	Vercha			10+		2																																		
Asteraceae	Vernonia	garnieriana	Vergar			10+		1			10		1					4	2		2	2			65						2	9										
Asteraceae	Vernonia	garnieriana	Vergar			5-9					1							2							20							3										
Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii	Astmcp	VU		10+				32	40						41		44	170	12		19	19					2	8	25											
Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii	Astmcp	VU		5-9				4	11						2		4	18	1		4	3							2	2										
Asteropeiaceae	Asteropeia	micraster	Astmic	EN		10+	7	39				29	16	7	3	19											4															
Asteropeiaceae	Asteropeia	micraster	Astmic	EN		5-9			6			61			18	9												1														
Asteropeiaceae	Asteropeia	unknown species 1	Astsp1			10+									5																											
Asteropeiaceae	Asteropeia	unknown species 1	Astsp1			5-9									6																											
Bignoniaceae	Colea	fusca	Colfus			10+																																				

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest												Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest		
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F	Z	F		G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Clusiaceae	Calophyllum	parviflorum	Calpar			5-9										1		2	2	1				4					1											
Clusiaceae	Calophyllum	unknown species 1	Calsp1			10+								9																										
Clusiaceae	Calophyllum	unknown species 1	Calsp1			5-9							57	2																										
Clusiaceae	Garcinia	orthocladus	Garort			10+										2								1																
Clusiaceae	Garcinia	orthocladus	Garort			5-9																		2																
Clusiaceae	Garcinia	verrucosa	Garver			10+																			3															
Clusiaceae	Harungana	madagascariensis	Harmad			10+																		1				3				1	1	11			1			
Clusiaceae	Mammea	bongo	Mambon			10+				1	13						1	7		2	7	4		7					3	1	2						3			
Clusiaceae	Mammea	bongo	Mambon			5-9					3						2	1	1	1	5	2		8						1								4		
Clusiaceae	Mammea	cf sessiliflora	Mamse1			10+					1						1				1								1	1		1								
Clusiaceae	Mammea	orthocladus	Mamort			10+																							6											
Clusiaceae	Mammea	unknown species 1	Mamsp1			10+																															4			
Clusiaceae	Mammea	unknown species 1	Mamsp1			5-9																															1			
Clusiaceae	Mammea	unknown species 2	Mamsp2			10+																																1		
Clusiaceae	Ochrocarpos	madagascariensis	Ocrmad			10+	1							1																										
Clusiaceae	Ochrocarpos	madagascariensis	Ocrmad			5-9			11					2																										
Clusiaceae	Ochrocarpos	orthocladus	Ochort			10+																			1									4	8					
Clusiaceae	Ochrocarpos	orthocladus	Ochort			5-9					2																													
Clusiaceae	Ochrocarpos	unknown species 4	Ochsp4			10+																																	1	
Clusiaceae	Octrocapics	orthoclades	Octort			10+																																5		
Clusiaceae	Octrocapics	orthoclades	Octort			5-9																															1			
Clusiaceae	Psorospermum	adrosaemifolium	Psoadr			10+																		4						1	3									
Clusiaceae	Psorospermum	androsaemifolium	Psoand			10+																			1															
Clusiaceae	Symphonia	clusioides	Symclu			10+																						2												
Clusiaceae	Symphonia	fasciculata	Symfas			10+												1	1			2		1		1			3	6	4						1			
Clusiaceae	Symphonia	fasciculata	Symfas			5-9												1	1					1			2				2						1			
Clusiaceae	Symphonia	louvellii	Symlou			10+															2	7							8								27			
Clusiaceae	Symphonia	louvellii	Symlou			5-9																							1											
Clusiaceae	Symphonia	pauciflora	Sympau			10+												4						1							3	3						2		
Clusiaceae	Symphonia	pauciflora	Sympau			5-9																											1							
Clusiaceae	Symphonia	tanalensis	Symtan			10+			1			1	1		1										3	2		4							1	1			2	2
Clusiaceae	Symphonia	tanalensis	Symtan			5-9			15			2			13																									
Clusiaceae	Symphonia	unknown species 1	Symsp1			10+																				2														
Clusiaceae	Symphonia	verrucosa	Symver			10+																													1					
Combretaceae	Terminalia	calophylla	Tercal			10+																														1				
Combretaceae	Terminalia	tetrandra	Tertet			10+					2															4					1	1		1						
Combretaceae	Terminalia	unknown species 1	Tersp1			10+												1				1		2							4	3					7			

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest										Zonal Forest						Marsh Edge Forest	
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Combretaceae	Terminalia	unknown species 1	Tersp1			5-9																						1												
Cornaceae	Alangium	grisolleoides	Alagri			10+																																		
Cunoniaceae	Weinmannia	bojeriana	Weiboj			10+					4																													
Cunoniaceae	Weinmannia	bojeriana	Weiboj			5-9					8																													
Cunoniaceae	Weinmannia	cf lucens	Weilu1			10+				5	1					2	2		9	4	2	5	15					2	2	4	4					11				
Cunoniaceae	Weinmannia	cf lucens	Weilu1			5-9											1		3			3						1							2					
Cunoniaceae	Weinmannia	hildebrandtii	Weihil			10+	2																																	
Cunoniaceae	Weinmannia	rutenbergii	Weirut			10+	9		21		8			2	3					1	2	2	4						3	1	3				1	12				
Cunoniaceae	Weinmannia	rutenbergii	Weirut			5-9			72					4																										
Cunoniaceae	Weinmannia	unknown species 1	Weisp1			5-9																														1				
Cunoniaceae	Weinmannia	unknown species 2	Weisp2			10+																													1	3				
Cunoniaceae	Weinmannia	unknown species 3	Weisp3			10+														1																				
Cunoniaceae	Weinmannia	venusta	Weiven			10+						1																												
Cunoniaceae	Weinmannia	venusta	Weiven			5-9						1																												
Cyatheaceae	Cyathea	cf tsaratananensis	Cyats1		App. 2	10+																													1					
Cyatheaceae	Cyathea	dregei	Cyadre		App. 2	10+																												13			8			
Cyatheaceae	Cyathea	dregei	Cyadre		App. 2	5-9																																		
Cyatheaceae	Cyathea	unknown species 1	Cyasp1		App. 2	10+										1	1			14		10	1						15	1	2					3				
Cyatheaceae	Cyathea	unknown species 1	Cyasp1		App. 2	5-9										5	1	1		1	3	1						2	1	1	2					19				
Ebenaceae	Diospyros	gracilipes	Diogra			10+																													1					
Ebenaceae	Diospyros	gracilipes	Diogra			5-9</																																		

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest			
							Number of Stems by Transect																																
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1
Ericaceae	Agarista	salicifolia	Agasal			10+				1										3					1														
Ericaceae	Agarista	salicifolia	Agasal			5-9				1																													
Ericaceae	Agauria	salicifolia	Agrsal			10+	7		7																														
Ericaceae	Agauria	salicifolia	Agrsal			5-9			12			1																											
Ericaceae	Philippia	unknown species 1	Phisp1			10+			1																														
Ericaceae	Philippia	unknown species 1	Phisp1			5-9			8																														
Ericaceae	Vaccinium	emirnense	Vacemi			10+	1			3	1				1					2	3		1	1															
Ericaceae	Vaccinium	emirnense	Vacemi			5-9			2	1		25			43	12			1	3	2			1															
Erythroxylaceae	Erythroxylum	buxifolium	Erybux			10+																4					2								31				
Erythroxylaceae	Erythroxylum	buxifolium	Erybux			5-9																3													4				
Erythroxylaceae	Erythroxylum	ferrugineum	Eryfer			10+										2				7				15				5			22		9			10			
Erythroxylaceae	Erythroxylum	ferrugineum	Eryfer			5-9														1				4					1						1				
Erythroxylaceae	Erythroxylum	pyrifolium	Erypyr			10+					4		1			2	9	2		4				3	7			3	4	6	27		19			5	4		
Erythroxylaceae	Erythroxylum	pyrifolium	Erypyr			5-9					2	9				1	2			1								1							1				
Erythroxylaceae	Erythroxylum	unknown species 1	Erysp4			5-9					2																												
Erythroxylaceae	Erythroxylum	unknown species 2	Erysp2			10+								1	2																				1				
Erythroxylaceae	Erythroxylum	unknown species 2	Erysp2			5-9								18	2																				1				
Erythroxylaceae	Erythroxylum	unknown species 3	Erysp3			5-9								1																									
Euphorbiaceae	Amyrea	humbertii	Amyhum			10+																					17	1	1						26	9			1
Euphorbiaceae	Amyrea	humbertii	Amyhum			5-9																						5											
Euphorbiaceae	Antidesma	petiolare	Antpet			10+						5	1												1			17		3	2		1	3	1				
Euphorbiaceae	Blotia	hildebrandtii	Blohil			10+																												3					
Euphorbiaceae	Blotia	humblotii	Blohum			10+																					1												
Euphorbiaceae	Blotia	madagascariensis	Blomad			10+																											1						
Euphorbiaceae	Blotia	oblongifolia	Bloobl			10+										25	33				6							10	27	40	6	36		24			3		
Euphorbiaceae	Blotia	oblongifolia	Bloobl			5-9										2	8												19	8	1	12					2		
Euphorbiaceae	Blotia	olongifolia	Bloolo			10+																											4						
Euphorbiaceae	Blotia	unknown species 1	Blosp1			10+							1																										
Euphorbiaceae	Bridelia	tulasneana	Britul			10+																				3			2		3								
Euphorbiaceae	Cleistanthus	perrieri	Cleper			10+													1					2				1		1	2					5			
Euphorbiaceae	Croton	argyrodaphne	Croarg			10+																											1	1					
Euphorbiaceae	Croton	argyrodaphne	Croarg			5-9																					2												
Euphorbiaceae	Croton	submetallicum	Crosub			10+											1			1												1							
Euphorbiaceae	Croton	submetallicum	Crosub			5-9									7	2																1							
Euphorbiaceae	Croton	unknown species 4	Crosp4			10+																4						5								1			
Euphorbiaceae	Croton	unknown species 4	Crosp4			5-9																2		1												2			
Euphorbiaceae	Denteromallottus	perrieri	Denper			10+							1																										

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest		Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest				
							Number of Stems by Transect																																		
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F	Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8		
Euphorbiaceae	Deuteromallotus	unknown species 1	Deusp1			10+																														1					
Euphorbiaceae	Deuteromallotus	unknown species 1	Deusp1			5-9									10																										
Euphorbiaceae	Drypetes	cf coriifolia	Dryco1			10+											3											2													
Euphorbiaceae	Drypetes	cf coriifolia	Dryco1			5-9															1																1				
Euphorbiaceae	Drypetes	madagascariensis	Drymad			10+												3		2							1														
Euphorbiaceae	Drypetes	madagascariensis	Drymad			5-9												3																							
Euphorbiaceae	Drypetes	thouarsii	Drytho			10+																								4											
Euphorbiaceae	Drypetes	thouarsii	Drytho			5-9																						4													
Euphorbiaceae	Drypetes	unknown species 1	Drysp1			10+																														1	1				
Euphorbiaceae	Drypetes	unknown species 1	Drysp1			5-9									1																										
Euphorbiaceae	Euphorbia	tetraptera	Euptet			10+					1						2				1							1								1	9				
Euphorbiaceae	Euphorbia	tetraptera	Euptet			5-9											1			1	1						1								1	3					
Euphorbiaceae	Gen1-EUP	unknown species 1	Unksp1			10+							1																												
Euphorbiaceae	Lautenbergia	coriacea	Laucor			10+									1																						2				
Euphorbiaceae	Lautenbergia	coriacea	Laucor			5-9																														10					
Euphorbiaceae	Macaranga	alnifolia	Macaln			10+														1					5	9		5	5			4	2	1				17	3		
Euphorbiaceae	Macaranga	alnifolia	Macaln			5-9											2				1						1										1				
Euphorbiaceae	Macaranga	decaryana	Macdec			10+														2						11	1											1			
Euphorbiaceae	Macaranga	decaryana	Macdec			5-9														4																					
Euphorbiaceae	Macaranga	perrieri	Macper			10+																						1						1	1						
Euphorbiaceae	Macaranga	sphaerophylla	Macsph			10+																												2							
Euphorbiaceae	Macaranga	unknown species 1	Macsp1			10+									2																					4					
Euphorbiaceae	Macaranga	unknown species 1	Macsp1			5-9								2	11																					1					
Euphorbiaceae	Mallotus	capuronii	Malcap			10+															1																				
Euphorbiaceae	Mallotus	capuronii	Malcap			5-9															2																				
Euphorbiaceae	Mallotus	cf capuronii	Malca1			10+						4														1							2								
Euphorbiaceae	Mallotus	cf capuronii	Malca1			5-9						5																													
Euphorbiaceae	Mallotus	macranthus	Malmac			10+													1	2	2		5																		
Euphorbiaceae	Mallotus	macranthus	Malmac			5-9															1		1																		
Euphorbiaceae	Mallotus	perrieri	Malper			10+																									5	19			2						
Euphorbiaceae	Mallotus	perrieri	Malper			5-9																									2	3									
Euphorbiaceae	Mallotus	spinolosus	Malspi			10+															2								9												
Euphorbiaceae	Mallotus	spinolosus	Malspi			5-9											3				2		2					3										1			
Euphorbiaceae	Mallotus	unknown species 1	Malsp1			10+																															4				
Euphorbiaceae	Suregada	alnifolia	Suraln			10+																						1													
Euphorbiaceae	Suregada	boiviniana	Surboi			10+																		1	2	7	1			2		6									
Euphorbiaceae	Suregada	boiviniana	Surboi			5-9												1	1						2			6			2	3	4								

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest										Zonal Forest						Marsh Edge Forest	
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Euphorbiaceae	Suregada	madagascariensis	Surmad			10+						1																												
Euphorbiaceae	Suregada	unknown species 1	Sursp1			5-9							1																											
Euphorbiaceae	Tannodia	perrieri	Tanper			10+									1	1		7		4						29	2	19	12						38					
Euphorbiaceae	Tannodia	perrieri	Tanper			5-9									5			1								1	2	6	3						16					
Euphorbiaceae	Thecacoris	madagascariensis	Themad			10+																								1										
Euphorbiaceae	Thecacoris	madagascariensis	Themad			5-9																				2														
Euphorbiaceae	Thecacoris	perrieri	Theper			10+									12	32				10						39	40	9							55					
Euphorbiaceae	Thecacoris	perrieri	Theper			5-9									5	10				3						19	6	8							23					
Euphorbiaceae	Uapaca	densifolia	Uapden			10+				55	62	2		80			65	4	21	58	115	6	74	327	3		5		1		17					3				
Euphorbiaceae	Uapaca	densifolia	Uapden			5-9			1	2	5	2					3	4	2	1	8	1	2	37			9			3										
Euphorbiaceae	Uapaca	louvellii	Uaplou			10+					1				1	1	1	2	8			6						1												
Euphorbiaceae	Uapaca	mangorensis	Uapman			10+									1			3			1	46			3			1												
Euphorbiaceae	Uapaca	mangorensis	Uapman			5-9					1											1				2														
Euphorbiaceae	Uapaca	perrieri	Uapper			10+																					2													
Euphorbiaceae	Uapaca	thouarsii	Uaptho			10+	9	60				38	30												3	1														
Euphorbiaceae	Uapaca	thouarsii	Uaptho			5-9					17															1														
Euphorbiaceae	Uapaca	unknown species 1	Uapsp1			10+																1																		
Euphorbiaceae	Uapaca	unknown species 2	Uapsp2			10+								13	21																									
Euphorbiaceae	Uapaca	unknown species 2	Uapsp2			5-9								12	16																									
Euphorbiaceae	Uapaca	vivi																																						

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

[illegible]

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest						Marsh Edge Forest			
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Lamiaceae	Clerodendrum	oscitans	Cleosc			10+					1							2												6										
Lauraceae	Aspidostemon	sciantillans	Aspsci			10+												3														1					2			
Lauraceae	Beilschmiedia	oppositifolia	Beiopp			10+							1					3	1										2	4	1									
Lauraceae	Beilschmiedia	oppositifolia	Beiopp			5-9																								2										
Lauraceae	Beilschmiedia	unknown species 4	Beisp4			10+												4												4							1			
Lauraceae	Beilschmiedia	unknown species 4	Beisp4			5-9																									2									
Lauraceae	Belschmeidia	madagascariensis	Belmad			10+																						2												
Lauraceae	Cryptocarya	alseodifolia	Cryals			10+																												3						
Lauraceae	Cryptocarya	aromatica	Cryaro			10+					1							3				2								1						1		4		
Lauraceae	Cryptocarya	aromatica	Cryaro			5-9												1																						
Lauraceae	Cryptocarya	coriacea	Crycor			10+					1												2								1							1		
Lauraceae	Cryptocarya	coriacea	Crycor			5-9																2																		
Lauraceae	Cryptocarya	crassifolia	Crycra			10+															1																	1		
Lauraceae	Cryptocarya	crassifolia	Crycra			5-9																																1		
Lauraceae	Cryptocarya	elliptica	Cryell			10+																									1									
Lauraceae	Cryptocarya	floribunda	Cryflo			10+										10				2	1	4								12								23		
Lauraceae	Cryptocarya	floribunda	Cryflo			5-9																																3		
Lauraceae	Cryptocarya	fulva	Cryful			10+						4																												
Lauraceae	Cryptocarya	lastellei	Crylas			10+												1			1	8	1								4	3	1					4		
Lauraceae	Cryptocarya	ovalifolia	Cryova			10+					2						3	1							3					4	2	3						13		
Lauraceae	Cryptocarya	ovalifolia	Cryova			5-9				1							1								3				1	1	1	1						1		
Lauraceae	Cryptocarya	pauciflora	Crypau			10+																1		1														1		
Lauraceae	Cryptocarya	pauciflora	Crypau			5-9															2	1	1															1		
Lauraceae	Cryptocarya	pervillei	Cryper			10+					1						2	2		2					9					14	11	10	9					1		
Lauraceae	Cryptocarya	pervillei	Cryper			5-9				1	1						2								9					1	3	8	7					3		
Lauraceae	Cryptocarya	thouvenotii	Crytho			10+					3							7	2						4						7	4	3							
Lauraceae	Cryptocarya	thouvenotii	Crytho			5-9																										1								
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 1	Crysp1			10+					2							1					2								1	1						10		
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 2	Crysp2			10+																												2				1		
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 3	Crysp3			10+																												3				4		
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 4	Crysp4			10+																												1						
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 4	Crysp4			5-9																			1															
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 5	Crysp5			10+																				9	6	1									4			1
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 5	Crysp5			5-9																														1			1	
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 7	Crysp7			10+					3							3													2									
Lauraceae	Cryptocarya	unknown species 7	Crysp7			5-9					1							2														2						1		
Lauraceae	Ocotea	cymosa	Ococym			10+											1				1		6						6	4	3						22			

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest		
							Number of Stems by Transect																															
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z
Lauraceae	Ocotea	cymosa	Ococym			5-9														1													1					
Lauraceae	Ocotea	foveolata	Ocofov			10+																				4								2				
Lauraceae	Ocotea	laevis	Ocolae			10+				6	2	1				20	1	6	7	5		8	4	2		2	2	17	2	7	2		2		64	1		
Lauraceae	Ocotea	laevis	Ocolae			5-9			1	1						7		2	1	1						2		6		3	4			2				
Lauraceae	Ocotea	platydisca	Ocopla			10+					1				2										2	3	3					4	5	9				
Lauraceae	Ocotea	platydisca	Ocopla			5-9																				3												
Lauraceae	Ocotea	similis	Ocosim			10+				3							5	2										2	7	7								
Lauraceae	Ocotea	similis	Ocosim			5-9												1																				
Lauraceae	Ocotea	thouvenotii	Ocotho			10+											2						2						7	9				7				
Lauraceae	Ocotea	thouvenotii	Ocotho			5-9																1								1								
Lauraceae	Ocotea	trichophlebia	Ocotri			10+						3																1							3			
Lauraceae	Ocotea	unknown species 1	Ocosp1			10+																									1			4				
Lauraceae	Ocotea	unknown species 1	Ocosp1			5-9					1																						2					
Lauraceae	Ocotea	unknown species 2	Ocosp2			10+				2								4											2									
Lauraceae	Ocotea	unknown species 3	Ocosp3			10+																2																
Lauraceae	Ocotea	unknown species 7	Ocosp7			10+											1																					
Lauraceae	Ocotea	unknown species 7	Ocosp7			5-9				1																			1									
Lauraceae	Potameia	crassifolia	Potcra			10+				1						8				1			1					5	1	4	2				1			
Lauraceae	Potameia	incisa	Potinc			10+																					3					2						
Lauraceae	Potameia	incisa	Potinc			5-9																					1											
Lauraceae	Potameia	unknown species 1	Potsp1			10+				2									1											3					3			
Lauraceae	Potameia	unknown species 1	Potsp1			5-9																						1										
Lauraceae	Potameia	unknown species 2	Potsp2			10+												1																				
Lauraceae	Ravensara	acuminata	Ravacu			10+																		5	4							2	8			2		
Lauraceae	Ravensara	acuminata	Ravacu			5-9																					3											
Lauraceae	Ravensara	alseodifolia	Ravals			10+																										1						
Lauraceae	Ravensara	anisata	Ravani			10+								2																								
Lauraceae	Ravensara	aromatica	Ravaro			10+						1																15										
Lauraceae	Ravensara	crassifolia	Ravcra			10+							1	3	10										3								2					
Lauraceae	Ravensara	crassifolia	Ravcra			5-9			49					8	22												3											
Lauraceae	Ravensara	flavescens	Ravfla			10+						1													3	1						1	5		1			
Lauraceae	Ravensara	floribunda	Ravflo			10+																						3						7				
Lauraceae	Ravensara	lastellii	Ravlas			10+																		4	2	2						4	1		1			
Lauraceae	Ravensara	lastellii	Ravlas			5-9					5																											
Lauraceae	Ravensara	polyneura	Ravpol			10+																													5			
Lauraceae	Ravensara	unknown species 1	Ravsp1			10+	2																					6										
Liliaceae	Dracaena	angustifolia	Draang			10+																													2			

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest												Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest				
							Number of Stems by Transect																																			
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F	Z	F		G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21		Z	1	8	
Liliaceae	Dracaena	reflexa	Draref			10+												1		3		1		1	1			1	1								1					
Liliaceae	Dracaena	reflexa	Draref			5-9					19			16	33			16	3	15		5	17			1			1	1	1					1						
Liliaceae	Dracaena	unknown species 1	Drasp1			10+																				3																
Liliaceae	Dracaena	unknown species 1	Drasp1			5-9										1																										
Liliaceae	Dracaena	unknown species 2	Drasp2			10+													1																							
Liliaceae	Dracaena	unknown species 3	Drasp3			10+																	3																			
Liliaceae	Dracaena	unknown species 4	Drasp4			10+																	2																			
Liliaceae	Dracaena	unknown species 4	Drasp4			5-9																	1																			
Loganiaceae	Anthocleista	amplexicaulis	Antamp			5-9																													1							
Loganiaceae	Anthocleista	madagascariensis	Antmad			10+	2	1		5	9	3	4	3	6	5	30	3	1	21	25		4	21	1				2	4	2				1	3	2					
Loganiaceae	Anthocleista	madagascariensis	Antmad			5-9				1	1	5			5	1	1		1				2	3			1		3		2											
Loganiaceae	Mostuea	brunonis	Mosbru			5-9					1																															
Loganiaceae	Nuxia	capitata	Nuxcap			10+															1			3									1									
Malpighiaceae	Acridocarpus	vivy	Acrviv			10+		10		1	7			2	1	15	8		10	47	39		12					2	1							1						
Malpighiaceae	Acridocarpus	vivy	Acrviv			5-9					1				8	19	1		1	6																						
Melastomataceae	Dichaetanthera	arbbrea	Dicarb			10+																														1						
Melastomataceae	Memecylon	cf uapacaoides	Memua1			10+																	1													1						
Melastomataceae	Memecylon	cf uapacaoides	Memua1			5-9															1																					
Melastomataceae	Memecylon	delphinense	Memdel			10+						4																						2	1							
Melastomataceae	Memecylon	delphinense	Memdel			5-9						26																														
Melastomataceae	Memecylon	sabulosum	Memsab			10+											5	1		2										1	1	1					1					
Melastomataceae	Memecylon	sabulosum	Memsab			5-9											2											1									1					
Melastomataceae	Memecylon	thouvenotii	Memtho			10+												2														1										
Melastomataceae	Memecylon	unknown species 1	Memsp1			10+								1																												
Melastomataceae	Memecylon	unknown species 1	Memsp1			5-9								40	3																											
Meliaceae	Malleastrum	gracile	Malgra			10+						1													4								1									
Meliaceae	Malleastrum	gracile	Malgra			5-9						1																														
Meliaceae	Malleastrum	mandanense	Malman			10+																															1					
Meliaceae	Malleastrum	unknown species 1	Mltsp1			10+						2									1									1												
Meliaceae	Malleastrum	unknown species 1	Mltsp1			5-9						1								2																						
Menispermaceae	Burasaia	madagascariensis	Burmad			10+					3					11	5		3	4		1	1					1	2	5	2	2				3						
Menispermaceae	Burasaia	madagascariensis	Burmad			5-9								1					1	1																1						
Menispermaceae	Burassaia	apetala	Burape			10+																										1										
Monimiaceae	Decarydridra	perrieri	Decper			5-9																														1						
Monimiaceae	Ephippiandra	madagascariensis	Ephmad			10+																														1						
Monimiaceae	Ephippiandra	madagascariensis	Ephmad			5-9																														1						
Monimiaceae	Ephippiandra	unknown species 1	Ephsp1			10+																														2						

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest		Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest				
							Number of Stems by Transect																																		
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F	Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8		
Monimiaceae	Ehippiandra	unknown species 1	Ephsp1			5-9																												1							
Monimiaceae	Hedyocariopsis	madagascariensis	Hedmad			10+																								4											
Monimiaceae	Tambourissa	religiosa	Tamrel			10+					1					2	1							1					4	4	1	1					2				
Monimiaceae	Tambourissa	religiosa	Tamrel			5-9																							2												
Monimiaceae	Tambourissa	thouvenotii	Tamtho			10+													1	1	4	2	1			4				2		1	4					10			
Monimiaceae	Tambourissa	thouvenotii	Tamtho			5-9													3		2											2									
Monimiaceae	Tambourissa	unknown species 1	Tamsp1			10+																												3							
Moraceae	Ampalis	unknown species 1	Ampsp1			10+																													1						
Moraceae	Ficus	antandronarum	Ficant			10+																																3			
Moraceae	Ficus	antandronarum	Ficant			5-9																																			
Moraceae	Ficus	baroni	Ficbar			10+																																	1		
Moraceae	Ficus	lutea	Ficlut			5-9																			1																
Moraceae	Ficus	pachyclada	Ficpac			10+																																			
Moraceae	Ficus	pyrifolia	Ficpyr			10+																																			
Moraceae	Ficus	soroceoides	Ficsor			5-9																																1			
Moraceae	Ficus	unknown species 1	Ficsp1			10+																																2			
Moraceae	Ficus	unknown species 1	Ficsp1			5-9						1																													
Moraceae	Ficus	unknown species 2	Ficsp2			10+															1																				
Moraceae	Gen1-MOR	unknown species 10	Unks10			5-9																			3													1			
Moraceae	Streblus	dimepate	Strdim			10+							4				13						1			20	8	19	4		4	4	4	14				3		11	1
Moraceae	Streblus	dimepate	Strdim			5-9								2	21	1									11			5		2				2					5		
Moraceae	Treculia	madagascarica	Tremad			10+													1	2										4	2	2						6			
Moraceae	Treculia	madagascarica	Tremad			5-9													1																						
Moraceae	Trilepisium	madagascariense	Trimad			10+																						2									3				
Myrsinaceae	Monoporus	clusifolius	Monclu			10+							1																								1				
Myrsinaceae	Monoporus	unknown species 1	Monsp1			5-9																																			
Myrsinaceae	Oncostemon	unknown species 1	Onnsp1			10+									1																										
Myrsinaceae	Oncostemon	unknown species 1	Onnsp1			5-9									4																										
Myrsinaceae	Oncostemum	botryoides	Oncbot			10+												1			1			1		2		1			2	1	1	2	1				2		
Myrsinaceae	Oncostemum	botryoides	Oncbot			5-9												1					2		1									1				1			
Myrsinaceae	Oncostemum	elephantipes	Oncele			10+																	1																		
Myrsinaceae	Oncostemum	elephantipes	Oncele			5-9																	1										1								
Myrsinaceae	Oncostemum	leprosum	Onclep			10+																														1					
Myrsinaceae	Oncostemum	palmiforme	Oncpal			10+																																			
Myrsinaceae	Oncostemum	pyrifolium	Oncpyr			5-9																																	1		
Myrsinaceae	Oncostemum	unknown species 5	Oncsp5			5-9																																1			
Myrtaceae	Eugenia	arthroopoda	Eugart			10+												4	15	1	1	2	1	1	1						15	7		6					15		

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest		Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest		
							Number of Stems by Transect																																
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F	Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Myrtaceae	Eugenia	arthroopoda	Eugart			5-9					1							5	2		4	1	1	1						3	2	2					3		
Myrtaceae	Eugenia	bernieri	Eugber			10+										2				10	11	7					2		1							14			
Myrtaceae	Eugenia	bernieri	Eugber			5-9				1						3					1						3									4			
Myrtaceae	Eugenia	danguyana	Eugdang			10+					2						2				5		5						5	3	5					12			
Myrtaceae	Eugenia	danguyana	Eugdang			5-9																3							5	2	3					7			
Myrtaceae	Eugenia	gavoala	Euggav			10+																			1			6					2	1					
Myrtaceae	Eugenia	gavoala	Euggav			5-9																				3													
Myrtaceae	Eugenia	grosspunctata	Euggro			10+	1						18	12	2	15												20											
Myrtaceae	Eugenia	grosspunctata	Euggro			5-9							1	9	60																								
Myrtaceae	Eugenia	guillotii	Euggui			10+																		3									1						
Myrtaceae	Eugenia	phillyreaefolia	Eugphi			10+							2																										
Myrtaceae	Eugenia	phillyreaefolia	Eugphi			5-9							8																										
Myrtaceae	Eugenia	pluricymosa	Eugplu			10+					1							3											7		1					8			
Myrtaceae	Eugenia	pluricymosa	Eugplu			5-9										1													1										
Myrtaceae	Eugenia	unknown species 1	Eugsp1			10+	1	1					9	7	8	2									4		12	3					1	5	3	1			
Myrtaceae	Eugenia	unknown species 1	Eugsp1			5-9						1			28	2											30										1		
Myrtaceae	Eugenia	unknown species 2	Eugsp2			10+						7	7												3							4	1		8				
Myrtaceae	Eugenia	unknown species 2	Eugsp2			5-9						14														5								2					
Myrtaceae	Eugenia	unknown species 3	Eugsp3			10+						4													1	2						3			1				
Myrtaceae	Eugenia	unknown species 3	Eugsp3			5-9						10														2								3					
Myrtaceae	Eugenia	unknown species 4	Eugsp4			10+																			4								1						
Myrtaceae	Eugenia	urschiana	Eugurs			10+																											1						
Myrtaceae	Eugenia	urschiana	Eugurs			5-9																				1													
Myrtaceae	Syzygium	bernieri	Syzber			10+																10																	
Myrtaceae	Syzygium	emirmense	Syzemi			10+				2	1	7	8	5	6	1	70	12	7	20	8	5	9	4	3	6		11	56	28	29	5	2	5			52	1	
Myrtaceae	Syzygium	emirmense	Syzemi			5-9			1	3	1	32			20	3	7	3	3	14	2	1	3	3			2		8	11	6	1				4			
Myrtaceae	Syzygium	phylliraefolium	Syzphy			10+										2																							
Myrtaceae	Syzygium	phylliraefolium	Syzphy			5-9										2																							
Myrtaceae	Syzygium	unknown species 1	Syzsp1			10+					1							13	2	13	11	1	18	6					7	14	7				1				
Myrtaceae	Syzygium	unknown species 1	Syzsp1			5-9					1							3	1	7	16		3	7					3	1									
Myrtaceae	Syzygium	unknown species 2	Syzsp2			10+					2						15	7			4	6	2						1							12			
Myrtaceae	Syzygium	unknown species 3	Syzsp3			10+												3			1	3	1	1				2	9						16				
Myrtaceae	Syzygium	unknown species 3	Syzsp3			5-9												1	1			2		4						3	1				1				
Myrtaceae	Syzygium	unknown species 4	Syzsp4			10+												1																	5				
Myrtaceae	Syzygium	unknown species 5	Syzsp5			10+																					1												
Myrtaceae	Syzygium	urschii	Syzurs			10+						4													11								2			1			
Myrtaceae	Syzygium	urschii	Syzurs			5-9						4															1												

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest												Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest						Marsh Edge Forest	
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F	Z	F		G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Ochnaceae	Campylospermum	deltoidenum	Camdel			5-9																													1					
Ochnaceae	Campylospermum	dependes	Camdep			10+																														1				
Ochnaceae	Campylospermum	detoidrum	Camdet			10+																			1															
Ochnaceae	Campylospermum	unknown species 1	Camsp1			10+							2																											
Ochnaceae	Campylospermum	unknown species 1	Camsp1			5-9							10																											
Ochnaceae	Diporidium	polycarpum	Dippol			10+																							1											
Ochnaceae	Diporidium	polycarpum	Dippol			5-9				1																														
Olacaceae	Olacaceae	unknown species 1	Olasp1			5-9				1																														
Olacaceae	Olax	cf glabrifolia	Olagl1			5-9																															2			
Olacaceae	Olax	emirnsensis	Olaemi			10+					2					7	4	4	7					1		1			10	5	3	1		2						
Olacaceae	Olax	emimensis	Olaemi			5-9					2					1			1										1											
Olacaceae	Olax	glabriflora	Olaglr			10+				2							3	2												6	3				2					
Olacaceae	Olax	glabriflora	Olaglr			5-9																						3	1											
Olacaceae	Olax	glabrifolia	Olagll			10+																			7															
Oleaceae	Noronhia	emarginata	Norema			10+				1						2	2		1	4	1	1	1	1	6				1	1	1					9	1			
Oleaceae	Noronhia	emarginata	Norema			5-9				1		1					1				1	1	1												3					
Oleaceae	Noronhia	gracilipes	Norgra			10+																													1					
Oleaceae	Noronhia	lanceolata	Norlan			10+																						3												
Oleaceae	Noronhia	linoceroides	Norlin			10+					9	1	2	1			6	5	6	7	12		2		2	5			2	11	4	1	2	1						
Oleaceae	Noronhia	linoceroides	Norlin			5-9					1	20					2	1	4	2	4		3	2			2		1						1					
Oleaceae	Noronhia	trichophlebia	Nortri			10+																											1							
Oleaceae	Noronhia	unknown species 1	Norsp1			5-9								6																										
Oleaceae	Noronhia	unknown species 4	Norsp4			10+													1																					
Oleaceae	Olea	lancea	Olelan			10+												1	1					1						1										
Oleaceae	Olea	lancea	Olelan			5-9								1																										
Oleaceae	Olea	unknown species 1	Olesp1			10+														2																				
Oleaceae	Olea	unknown species 1	Olesp1			5-9														1																				
Pandanaceae	Pandanus	tectorius	Pantec			10+																			1								1	1			27	46		
Pandanaceae	Pandanus	tectorius	Pantec			5-9																					2													
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 1	Pansp1			10+														5		4	3						1		1									
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 1	Pansp1			5-9												1		1										1										
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 10	Pans10			10+										4					1							7							3					
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 10	Pans10			5-9										2												3												
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 2	Pansp2			10+											8			4			1						5	1	4				5					
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 2	Pansp2			5-9											1												1											
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 3	Pansp3			10+														2		3	13																	
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 4	Pansp4			10+														7	2	1																		

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest				
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 5	Pansp5			10+																1																		
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 5	Pansp5			5-9														14		6																		
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 6	Pansp6			10+															2																			
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 6	Pansp6			5-9														1							1													
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 7	Pansp7			10+																													3					
Pandanaceae	Pandanus	unknown species 7	Pansp7			5-9							2																											
Piperaceae	Piper	unknown species 1	Pipsp1			5-9																					1								2					
Piperaceae	Piper	unknown species 2	Pipsp2			5-9									2												1								1					
Pittosporaceae	Pittosporum	ochrosiifolium	Pitoch			10+																													2					
Pittosporaceae	Pittosporum	ochrosiifolium	Pitoch			5-9							4	3																										
Pittosporaceae	Pittosporum	senacia	Pitsen			10+																				2								3						
Pittosporaceae	Pittosporum	unknown species 1	Pitsp1			5-9							20	2																										
Pittosporaceae	Pittosporum	verticillatum	Pitver			10+					12						13	30	11	3		8		1				41	33	5	15				6	32				
Pittosporaceae	Pittosporum	verticillatum	Pitver			5-9					4						5	9	5	1		6		2				7	17	13	7				3	32				
Podocarpaceae	Podocarpus	madagascariensis	Podmad			10+						2	2						2								2													
Podocarpaceae	Podocarpus	madagascariensis	Podmad			5-9					1	5			16	2												2												
Podocarpaceae	Podocarpus	unknown species 1	Podsp1			10+										6				4									5											
Podocarpaceae	Podocarpus	unknown species 1	Podsp1			5-9										4																								
Proteaceae	Dilobeia	thouarsii	Diltho			10+							1					3								6	3				8	5	5				2		10	
Proteaceae	Dilobeia	thouarsii	Diltho			5-9																														2				
Proteaceae	Faurea	forficulifera	Faufor			10+						3						3	1	5	17		1	30						8	5	25								
Proteaceae	Faurea	forficulifera	Faufor			5-9						1						1		2	5		1	4						1	1	11								
Proteaceae	Pandanus	thouarsii	Pantho			10+																																1		
Rhizophoraceae	Bathiorhamnus	louvellii	Batlou			10+																														3				
Rhizophoraceae	Bathiorhamnus	louvellii	Batlou			5-9													2																	1				
Rhizophoraceae	Carallia	brachyata	Carbra			10+						2				3	1			2	5		1	4					3		2	1				1				
Rhizophoraceae	Carallia	brachyata	Carbra			5-9								7						2				1							2									
Rhizophoraceae	Cassipourea	lanceolata	Caslan			10+																			8			3							4	2				
Rhizophoraceae	Cassipourea	lanceolata	Caslan			5-9							3															9												
Rhizophoraceae	Cassipourea	unknown species 1	Csssp1			10+									2	1																								
Rhizophoraceae	Cassipourea	unknown species 1	Csssp1			5-9									11	2																								
Rhizophoraceae	Macarisia	pyramidata	Macpya			10+																		13								2				4				
Rhizophoraceae	Macarisia	pyramidata	Macpya			5-9																1		2												3				
Rosaceae	Pygeum	africanum	Pygafr			10+																					1													
Rosaceae	Pygeum	africanum	Pygafr			5-9																							1											
Rubiaceae	Antirrhoea	borbonica	Antbor			10+																					1	5							1					
Rubiaceae	Antirrhoea	borbonica	Antbor			5-9																						3												

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest						Marsh Edge Forest	
							Number of Stems by Transect																															
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z
Rubiaceae	Breonia	cf decaryi	Brede1			10+											1			1		1						1										
Rubiaceae	Breonia	madagascariensis	Bremad			10+				2									1		1							1						1				
Rubiaceae	Breonia	madagascariensis	Bremad			5-9														1																		
Rubiaceae	Breonia	sinensis	Bresin			10+						3																										
Rubiaceae	Canthium	cf medium	Canme1			10+																								6								
Rubiaceae	Canthium	medium	Canmed			10+						1					1	2		1	2					2	1			3		6		2		7		
Rubiaceae	Canthium	medium	Canmed			5-9			2	2	1					2		1				1	5				2							2				
Rubiaceae	Canthium	unknown species 1	Cansp1			5-9									1																							
Rubiaceae	Canthium	unknown species 3	Cansp3			5-9											1																					
Rubiaceae	Cauthium	cf buxifolium	Caubu1			10+																													1			
Rubiaceae	Chassalia	ternifolia	Chater			5-9					4																											
Rubiaceae	Craterispermum	laurinum	Cralau			10+														1	1	1					2			3		2			2			
Rubiaceae	Craterispermum	laurinum	Cralau			5-9											1										1											
Rubiaceae	Danais	fragana	Danfra			5-9																													1			
Rubiaceae	Danais	unknown species 2	Dansp2			5-9														1																		
Rubiaceae	Enterospermum	calyculatum	Entcal			10+										1	3	18			1		2				3	2	9	5				4				
Rubiaceae	Enterospermum	calyculatum	Entcal			5-9				1						2	2	4					6				2	2	4									
Rubiaceae	Enterospermum	catuleanum	Entcat			10+													2	2																		
Rubiaceae	Enterospermum	catuleanum	Entcat			5-9													4	1																		
Rubiaceae	Enterospermum	clavatum	Entcla			10+					1					1											2											
Rubiaceae	Enterospermum	clavatum	Entcla			5-9				3																	1											
Rubiaceae	Enterospermum	sericea	Entser			10+										2											1											
Rubiaceae	Enterospermum	sericea	Entser			5-9																					1											
Rubiaceae	Enterospermum	unknown species 1	Entsp1			10+																												1				
Rubiaceae	Enterospermum	unknown species 2	Entsp2			10+													1																			
Rubiaceae	Gaertnera	bulata	Gaebul			5-9								1																								
Rubiaceae	Gaertnera	macrostipula	Gaemac			10+				1						5	2										3	1	1									
Rubiaceae	Gaertnera	macrostipula	Gaemac			5-9										3	1	2									1	1	1									
Rubiaceae	Gaertnera	unknown species 1	Gaesp1			10+						1																					6	3		2		
Rubiaceae	Gaertnera	unknown species 1	Gaesp1			5-9																												4				
Rubiaceae	Gaertnera	unknown species 3	Gaesp3			10+											2				1		4				2	2	1						3			
Rubiaceae	Gaertnera	unknown species 3	Gaesp3			5-9												3			1	1	2				2	3						2				
Rubiaceae	Gen1-RUB	unknown species 11	Unks11			10+																									2							
Rubiaceae	Ixora	trichocalyx	Ixotri			10+				6		4															2		1				1					
Rubiaceae	Ixora	trychocalyx	Ixotry			10+																			5													
Rubiaceae	Mantalina	unknown species 1	Mansp1			10+																									1							
Rubiaceae	Mapouria	macrochlamys	Mapmac			5-9					6																3						4					

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

[illegible]

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest		Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest		
							Number of Stems by Transect																																
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F	Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Sapindaceae	Allophyllus	unknown species 1	Allsp1			5-9																													1				
Sapindaceae	Beguea	apetala	Begape			10+					4							3					1			3						1	2	2					
Sapindaceae	Beguea	apetala	Begape			5-9																												1					
Sapindaceae	Filicium	decipiens	Fildec			10+					1																3	1			3	1		1	4				11
Sapindaceae	Filicium	decipiens	Fildec			5-9																															2		
Sapindaceae	Neotina	coursii	Neocou			10+					9							18	4			2			3						7		2				8		
Sapindaceae	Neotina	coursii	Neocou			5-9												4							2						3						6		
Sapindaceae	Tina	striata	Tinstr			10+	2			5	10				2	5	30	5	8	21	3	1	3	1						17	5	9	3				1	6	
Sapindaceae	Tina	striata	Tinstr			5-9			1	2	4					17	5	1	1	2	5	2	1			4					1	2	5	1					4
Sapindaceae	Tina	unknown species 1	Tinsp1			10+																														2			
Sapindaceae	Tinopsis	cephalocarpa	Tincep			10+																						1											
Sapindaceae	Tinopsis	phellocarpa	Tinphe			10+					1																								4				
Sapindaceae	Tinopsis	phellocarpa	Tinphe			5-9					3																		3										
Sapindaceae	Tinopsis	tamatavensis	Tintam			10+																												2					
Sapotaceae	Capurodendron	tampinense	Captam			10+						2	3	2	1	6														1					1	1			
Sapotaceae	Capurodendron	tampinense	Captam			5-9						1				4	15																						
Sapotaceae	Capurodendron	unknown species 1	Capsp1			10+																												1					
Sapotaceae	Chrysophyllum	boivinianum	Chrboi			10+												9				2	1	2	4	8	3	9	15	7	28	9	4	7	10		23	5	
Sapotaceae	Chrysophyllum	boivinianum	Chrboi			5-9												1										6		1		2	1					4	
Sapotaceae	Faucherea	laciniata	Faulac			10+					1							3		5	2		11	1															
Sapotaceae	Faucherea	laciniata	Faulac			5-9									1									4															
Sapotaceae	Faucherea	parvifolia	Faupar			10+					2				5	5			2		2	1	5									3				1			
Sapotaceae	Faucherea	parvifolia	Faupar			5-9									6	15																1							
Sapotaceae	Faucherea	thouvenotii	Fautho			10+					7		1					17		5	9	9		9						2	1						8		
Sapotaceae	Faucherea	thouvenotii	Fautho			5-9					1							6			4									3									
Sapotaceae	Faucherea	unknown species 1	Fausp1			10+																2		3															
Sapotaceae	Faucherea	unknown species 2	Fausp2			10+																4		1															
Sapotaceae	Faucherea	unknown species 2	Fausp2			5-9																		1															
Sapotaceae	Faucherea	unknown species 3	Fausp3			10+					4							4	1		2									1							2		
Sapotaceae	Faucherea	unknown species 4	Fausp4			10+						16																							1				
Sapotaceae	Faucherea	unknown species 4	Fausp4			5-9						10																											
Sapotaceae	Sideroxylon	beguei	Sidbeg			10+	1	3						7																									
Sapotaceae	Sideroxylon	betsimisarakum	Sidbet			10+																															4		
Sapotaceae	Syderoxylon	beguei	Sydbeg			10+							2															1	1										
Sarcolaenaceae	Leptolaena	multiflora	Lepmul	EN		10+	8	4		14	51		33	4	3	10	19				33	34	1		1												1		
Sarcolaenaceae	Leptolaena	multiflora	Lepmul	EN		5-9				2	8				13	32					6	1		1	1														
Sarcolaenaceae	Rhodolaena	altivola	Rhoalt			10+		5				29	6	1													8	7		1					5	3	8		1

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest	Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest				
							Number of Stems by Transect																																	
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F		Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Sarcolaenaceae	Rhodolaena	altivola	Rhoalt			5-9						19			1																									
Sarcolaenaceae	Rhodolaena	bakeriana	Rhobak			10+					2					9	6	9	2	2	9	3	1						17	23	16					3	36			
Sarcolaenaceae	Rhodolaena	bakeriana	Rhobak			5-9									4	1		1		3	1							14	1	2						8				
Sarcolaenaceae	Sarcolaena	multiflora	Sarmul			10+	2			6	43	23		1	4	35	16		15	59	54		7		3					1	4									
Sarcolaenaceae	Sarcolaena	multiflora	Sarmul			5-9				1	6	37				9			1	3	2																			
Solanaceae	Solanum	mauritanum	Solmau			10+																											3							
Sterculiaceae	Dombeya	lauriana	Domlan			10+													2	2																				
Sterculiaceae	Dombeya	lauriana	Domlan			5-9														2		2																		
Sterculiaceae	Dombeya	laurifolia	Domlaf			10+					3						12	6	2		4	2	4	3					18	11	8	3					32			
Sterculiaceae	Dombeya	laurifolia	Domlau			10+								1															8											
Sterculiaceae	Dombeya	laurifolia	Domlaf			5-9					1					1		2			1								1	1							3			
Sterculiaceae	Dombeya	lucida	Domluc			10+					1					3						1										3	9			4	2	3		
Sterculiaceae	Dombeya	lucida	Domluc			5-9					2									1									1		1						1			
Sterculiaceae	Dombeya	unknown species 1	Domsp1			10+									1																				1					
Sterculiaceae	Dombeya	unknown species 1	Domsp1			5-9									1																									
Sterculiaceae	Dombeya	unknown species 2	Domsp2			10+														1																	4			
Sterculiaceae	Dombeya	valou	Domval			10+																				2	1		2											
Sterculiaceae	Hildegardia	erythrosiphon	Hilery			10+						16																												
Sterculiaceae	Hildegardia	erythrosiphon	Hilery			5-9						7																												
Sterculiaceae	Nesogordonia	cf abrahamii	Nesab1			10+																										1								
Sterculiaceae	Nesogordonia	unknown species 1	Nessp1			10+																															1			
Thymelaeceae	Stephanodaphma	germinata	Steger			10+																															1			
Thymelaeceae	Stephanodaphma	germinata	Steger			5-9																															1			
Tiliaceae	Grewia	apetala	Greape			10+												3			1	1	1	1					1	1	7	2	6				8			
Tiliaceae	Grewia	apetala	Greape			5-9										2	1			1				2					1	2	4						1			
Tiliaceae	Grewia	cuneifolia	Grecun			10+																			2			10												
Tiliaceae	Grewia	cureifolia	Grecur			10+																															5			
Tiliaceae	Grewia	cureifolia	Grecur			5-9																															3			
Tiliaceae	Grewia	rhomboides	Grerho			10+																													2					
Tiliaceae	Grewia	rhomboides	Grerho			5-9						1				1																								
Tiliaceae	Grewia	unknown species 1	Gresp1			10+																					1								1	1		1		
Tiliaceae	Grewia	unknown species 1	Gresp1			5-9																														2				
Tiliaceae	Grewia	unknown species 2	Gresp2			5-9																														2				
Ulmaceae	Trema	orientalis	Treori			10+																						2	2					1		2			1	
Ulmaceae	Trema	orientalis	Treori			5-9																						2												
Unknown family 34	unknown genus 34	unknown species 34	Unks34			5-9														1																				
Unknown family 35	unknown genus 35	unknown species 35	Unks35			5-9																															1			

Table 5 Forest Vegetation Survey Data for the Mine Local Study Area (continued)

Family	Genus	Species	Species Code	IUCN	CITES	Dia. Class (cm)	Azonal Thicket					Azonal Forest										Azonal Type Transitional Forest		Transitional Forest								Zonal Forest					Marsh Edge Forest		
							Number of Stems by Transect																																
							10	14	20	A	B	5	9	12	18	19	A	B	C	E	F	Z	F	G	2	6	7	13	A	B	C	G	3	4	17	21	Z	1	8
Unknown family 36	unknown genus 36	unknown species 36	Unks36			5-9																													1				
Unknown family 37	unknown genus 37	unknown species 37	Unks37			10+																														1			
Verbenaceae	Clerodendrum	arenarium	Cleare			10+															2						1				1								
Verbenaceae	Clerodendrum	unknown species 1	Clesp1			10+																													2				
Verbenaceae	Clerodendrum	unknown species 1	Clesp1			5-9																													1				
Verbenaceae	Vitex	pachyclada	Vitpac			10+									1			6	9	11	7	29					6		2	1					35				
Verbenaceae	Vitex	pachyclada	Vitpac			5-9											1		2	1	13														5				
Verbenaceae	Vitex	polymorpha	Vitpol			10+		3																															

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
Azonal Forest									
5	AF	1	50.0	1000	1.09	21.8	10.7	14.2	17.0
5	AF	2	50.0	1000	1.29	25.8	10.7	13.2	17.0
5	AF	3	69.0	1380	1.23	24.6	9.5	11.7	22.0
5	AF	4	82.0	1640	1.60	32.1	9.4	12.0	23.0
		<i>plot 5, azonal forest mean</i>	<i>62.8</i>	<i>1255</i>	<i>1.30</i>	<i>26.1</i>	<i>10.1</i>	<i>12.8</i>	<i>19.8</i>
9	AF	1	48.0	960	1.18	23.7	9.9	16.1	23.0
9	AF	2	30.0	600	0.62	12.5	9.3	17.1	17.0
9	AF	3	47.0	940	0.93	18.7	9.6	15.8	22.0
9	AF	4	46.0	920	0.92	18.4	9.6	16.1	20.0
9	AF	5	55.0	1100	0.97	19.5	8.6	15.4	20.0
		<i>plot 9, azonal forest mean</i>	<i>45.2</i>	<i>904</i>	<i>0.93</i>	<i>18.6</i>	<i>9.4</i>	<i>16.1</i>	<i>20.4</i>
12	AF	1	46.0	920	0.92	18.5	8.3	13.1	11.0
12	AF	2	40.0	800	1.02	20.3	9.0	14.5	13.0
12	AF	3	33.0	660	0.69	13.8	7.1	11.1	10.0
12	AF	4	43.0	860	0.94	18.7	8.0	13.6	14.0
		<i>plot 12, azonal forest mean</i>	<i>40.5</i>	<i>810</i>	<i>0.89</i>	<i>17.8</i>	<i>8.1</i>	<i>13.1</i>	<i>12.0</i>
18	AF	1	24.0	480	0.35	7.1	9.1	12.0	12.0
18	AF	2	20.0	400	0.24	4.8	9.0	12.0	15.0
18	AF	3	33.0	660	0.46	9.3	10.2	12.0	16.0
18	AF	4	24.0	480	0.30	6.0	9.9	12.0	15.0
		<i>plot 18, azonal forest mean</i>	<i>25.3</i>	<i>505</i>	<i>0.34</i>	<i>6.8</i>	<i>9.5</i>	<i>12.0</i>	<i>14.5</i>
19	AF	1	53.0	1060	0.92	18.5	12.1	18.2	23.0
19	AF	2	60.0	1200	1.04	20.8	11.8	16.7	20.0
19	AF	3	39.0	780	0.69	13.7	10.6	15.0	12.0
19	AF	4	51.0	1020	1.27	25.5	11.4	15.0	11.0
		<i>plot 19, azonal forest mean</i>	<i>50.8</i>	<i>1015</i>	<i>0.98</i>	<i>19.6</i>	<i>11.5</i>	<i>16.2</i>	<i>16.5</i>

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
A	AF	1	69.0	1380	nd	nd	8.6	10.6	17.0
A	AF	2	80.0	1600	nd	nd	9.2	11.3	27.0
A	AF	3	63.0	1260	nd	nd	8.7	11.0	19.0
A	AF	4	65.0	1300	nd	nd	9.6	13.3	22.0
A	AF	5	64.0	1280	nd	nd	10.0	14.2	27.0
A	AF	6	78.0	1560	nd	nd	9.9	16.4	30.0
A	AF	7	74.0	1480	nd	nd	13.5	22.6	26.0
A	AF	8	49.0	980	nd	nd	14.7	25.6	23.0
A	AF	9	52.0	1040	nd	nd	13.2	25.2	20.0
		<i>transect a, azonal forest mean</i>	<i>66.0</i>	<i>1320</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>10.8</i>	<i>16.7</i>	<i>23.4</i>
B	AF	1	75.0	1500	nd	nd	9.4	11.6	42.0
B	AF	2	78.0	1560	nd	nd	8.8	11.2	36.0
B	AF	3	73.0	1460	nd	nd	9.1	13.4	41.0
B	AF	4	61.0	1220	nd	nd	8.5	12.3	33.0
B	AF	5	74.0	1480	nd	nd	8.1	11.3	37.0
B	AF	6	77.0	1540	nd	nd	8.5	11.4	36.0
		<i>transect b, azonal forest mean</i>	<i>73.0</i>	<i>1460</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>8.7</i>	<i>11.9</i>	<i>37.5</i>
C	AF	1	66.0	1320	1.53	30.6	8.9	10.6	22.0
C	AF	2	66.0	1320	1.20	24.1	9.0	12.5	29.0
C	AF	3	26.0	520	0.45	9.0	8.8	11.3	13.0
C	AF	4	71.0	1420	1.36	27.2	9.1	11.7	28.0
		<i>transect c, azonal forest mean</i>	<i>57.3</i>	<i>1145</i>	<i>1.14</i>	<i>22.7</i>	<i>9.0</i>	<i>11.5</i>	<i>23.0</i>
E	AF	1	51.0	1020	nd	nd	11.2	14.6	12.0
E	AF	2	66.0	1320	nd	nd	10.7	14.9	19.0
E	AF	3	53.0	1060	nd	nd	10.8	13.0	13.0
E	AF	4	40.0	800	nd	nd	10.0	12.8	9.0
E	AF	5	44.0	880	nd	nd	10.1	13.0	14.0

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
E	AF	6	58.0	1160	nd	nd	9.9	12.7	18.0
E	AF	7	53.0	1060	nd	nd	10.1	13.8	24.0
E	AF	8	54.0	1080	nd	nd	11.2	13.9	18.0
E	AF	9	63.0	1260	nd	nd	10.1	13.3	34.0
E	AF	10	60.0	1200	nd	nd	10.5	13.9	28.0
E	AF	11	46.0	920	nd	nd	8.9	10.2	22.0
E	AF	12	34.0	680	nd	nd	9.8	11.4	21.0
E	AF	13	44.0	880	nd	nd	9.2	11.8	22.0
		<i>transect e, azonal forest mean</i>	<i>51.2</i>	<i>1025</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>10.2</i>	<i>13.0</i>	<i>19.5</i>
F	AF	1	55.0	1100	nd	nd	9.2	11.2	19.0
F	AF	2	62.0	1240	nd	nd	8.5	10.9	21.0
F	AF	3	71.0	1420	nd	nd	8.7	10.8	18.0
F	AF	4	55.0	1100	nd	nd	8.5	10.0	18.0
F	AF	5	40.0	800	nd	nd	7.7	10.3	13.0
F	AF	6	62.0	1240	nd	nd	8.2	10.2	23.0
F	AF	7	62.0	1240	nd	nd	8.1	10.2	20.0
F	AF	8	55.0	1100	nd	nd	8.2	10.8	16.0
F	AF	9	55.0	1100	nd	nd	8.3	10.9	31.0
F	AF	10	67.0	1340	nd	nd	9.1	12.6	31.0
F	AF	11	91.0	1820	nd	nd	8.4	14.8	41.0
		<i>transect f, azonal forest mean</i>	<i>61.4</i>	<i>1227</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>8.5</i>	<i>11.1</i>	<i>22.8</i>
Z	AF	1	70.0	1400	1.34	26.9	8.2	12.0	40.0
Z	AF	2	65.0	1300	1.48	29.5	8.4	11.6	32.0
Z	AF	3	52.0	1040	0.88	17.7	7.1	11.4	27.0
Z	AF	4	36.0	720	1.15	23.0	8.8	12.8	26.0
		<i>transect z, azonal forest mean</i>	<i>60.0</i>	<i>1199</i>	<i>1.21</i>	<i>24.3</i>	<i>8.4</i>	<i>11.3</i>	<i>24.9</i>
		<i>azonal forest mean</i>	<i>55.4</i>	<i>1108</i>	<i>0.97</i>	<i>19.4</i>	<i>9.5</i>	<i>13.3</i>	<i>22.2</i>

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
Azonal Thicket									
10	AT	1	4.0	80	0.04	0.9	4.2	6.7	3.0
10	AT	2	25.0	500	0.33	6.5	4.5	8.6	8.0
10	AT	3	29.0	580	0.39	7.9	7.2	10.3	14.0
10	AT	4	21.0	420	0.27	5.4	6.3	11.2	13.0
		plot 10, azonal thicket mean	19.8	395	0.26	5.2	5.5	9.2	9.5
14	AT	1	37.0	740	0.69	13.8	4.4	6.7	4.0
14	AT	2	27.0	540	0.48	9.5	5.5	7.5	6.0
14	AT	3	33.0	660	0.52	10.3	4.5	8.1	4.0
14	AT	4	34.0	680	0.54	10.9	5.1	8.3	8.0
		plot 14, azonal thicket mean	32.8	655	0.56	11.1	4.9	7.6	5.5
20	AT	1	6.0	120	0.07	1.3	3.7	6.0	4.0
20	AT	2	9.0	180	0.10	2.1	4.6	7.0	3.0
20	AT	3	11.0	220	0.11	2.3	6.7	8.0	3.0
20	AT	4	9.0	180	0.09	1.8	6.7	8.0	3.0
		plot 20, azonal thicket mean	8.8	175	0.09	1.9	5.4	7.3	3.3
A	AT	1	46.0	920	nd	nd	8.1	10.0	14.0
A	AT	2	68.0	1360	nd	nd	8.4	10.6	14.0
		transect a, azonal thicket mean	57.0	1140.0	nd	nd	8.2	10.3	14.0
B	AT	1	57.0	1140	nd	nd	9.3	12.0	22.0
B	AT	2	72.0	1440	nd	nd	8.7	10.8	22.0
B	AT	3	82.0	1640	nd	nd	7.9	10.1	13.0
B	AT	4	67.0	1340	nd	nd	9.0	11.3	22.0
B	AT	5	64.0	1280	nd	nd	8.3	10.5	27.0
B	AT	6	55.0	1100	nd	nd	9.0	11.0	32.0
B	AT	7	83.0	1660	nd	nd	8.7	11.3	40.0
		transect b, azonal thicket mean	68.6	1371	nd	nd	8.7	11.0	25.4

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
		<i>azonal thicket mean</i>	40.0	799	0.30	6.0	6.7	9.2	13.3
Transitional Forest									
2	TF	1	33.0	660	0.62	12.4	8.8	15.7	22.0
2	TF	2	44.0	880	0.84	16.7	12.4	18.3	32.0
2	TF	3	33.0	660	0.60	12.1	9.8	18.3	21.0
2	TF	4	61.0	1220	1.09	21.8	11.6	18.3	35.0
		<i>plot 2, transitional forest mean</i>	42.8	855	0.79	15.7	10.7	17.6	27.5
6	TF	1	55.0	1100	1.98	39.5	13.7	22.5	24.0
6	TF	2	72.0	1440	2.17	43.4	12.1	22.0	35.0
6	TF	3	72.0	1440	1.34	26.8	11.0	16.0	38.0
6	TF	4	68.0	1360	1.74	34.8	10.6	16.3	40.0
		<i>plot 6, transitional forest mean</i>	66.8	1335	1.81	36.1	11.9	19.2	34.3
7	TF	1	46.0	920	0.78	15.7	9.0	12.8	22.0
		<i>plot 7, transitional forest mean</i>	46.0	920	0.78	15.7	9.0	12.8	22.0
13	TF	1	50.0	1000	1.07	21.4	9.3	16.2	23.0
13	TF	2	56.0	1120	1.04	20.8	11.2	18.3	26.0
13	TF	3	53.0	1060	1.28	25.7	11.6	21.1	24.0
13	TF	4	35.0	700	0.81	16.3	11.6	22.1	20.0
13	TF	5	22.0	440	0.84	16.8	9.3	19.4	12.0
		<i>plot 13, transitional forest mean</i>	43.2	864	1.01	20.2	10.6	19.4	21.0
A	TF	1	48.0	960	nd	nd	10.6	15.8	25.0
A	TF	2	53.0	1060	nd	nd	12.4	21.3	25.0
A	TF	3	65.0	1300	nd	nd	10.8	18.9	32.0
A	TF	4	59.0	1180	nd	nd	11.3	19.8	26.0
A	TF	5	55.0	1100	nd	nd	11.3	19.9	23.0
A	TF	6	47.0	940	nd	nd	11.9	21.8	29.0
A	TF	7	37.0	740	nd	nd	10.4	20.5	21.0

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
A	TF	8	52.0	1040	nd	nd	11.4	21.6	30.0
A	TF	9	46.0	920	nd	nd	11.2	19.2	22.0
A	TF	10	62.0	1240	nd	nd	11.8	18.9	32.0
		<i>transect a, transitional forest mean</i>	<i>52.4</i>	<i>1048</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>11.3</i>	<i>19.8</i>	<i>26.5</i>
B	TF	1	90.0	1800	nd	nd	8.6	12.4	38.0
B	TF	2	83.0	1660	nd	nd	8.5	11.4	37.0
B	TF	3	73.0	1460	nd	nd	8.8	11.9	35.0
B	TF	4	67.0	1340	nd	nd	8.7	11.6	39.0
B	TF	5	77.0	1540	nd	nd	8.9	11.4	45.0
B	TF	6	84.0	1680	nd	nd	9.4	12.9	38.0
B	TF	7	79.0	1580	nd	nd	8.7	12.8	50.0
		<i>transect b, transitional forest mean</i>	<i>79.0</i>	<i>1580</i>	<i>nd</i>	<i>nd</i>	<i>8.8</i>	<i>12.1</i>	<i>40.3</i>
C	TF	1	43.0	860	1.02	20.4	8.3	13.3	26.0
C	TF	2	56.0	1120	1.20	24.1	7.9	10.2	30.0
C	TF	3	51.0	1020	1.21	24.2	8.1	10.8	26.0
C	TF	4	43.0	860	0.87	17.4	8.1	10.5	20.0
C	TF	5	42.0	840	0.96	19.2	8.5	10.8	21.0
C	TF	6	44.0	880	1.15	23.1	8.0	10.5	23.0
C	TF	7	41.0	820	0.83	16.6	8.1	10.3	21.0
C	TF	8	37.0	740	0.66	13.2	8.6	9.9	24.0
C	TF	9	32.0	640	0.57	11.4	8.4	12.2	25.0
C	TF	10	65.0	1300	1.25	24.9	9.3	12.9	23.0
C	TF	11	68.0	1360	1.57	31.4	9.1	12.1	32.0
C	TF	12	38.0	760	1.02	20.4	9.5	13.8	21.0
		<i>transect c, transitional forest mean</i>	<i>46.7</i>	<i>933</i>	<i>1.03</i>	<i>20.5</i>	<i>8.5</i>	<i>11.4</i>	<i>24.3</i>
G	TF	1	73.0	1460	1.30	26.0	8.6	11.1	38.0
G	TF	2	75.0	1500	1.82	36.3	9.2	12.8	42.0

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
G	TF	3	63.0	1260	1.26	25.2	8.8	11.7	39.0
G	TF	4	53.0	1060	1.24	24.8	9.2	17.4	33.0
G	TF	5	62.0	1240	1.70	34.0	9.5	13.3	32.0
		<i>transect g, transitional forest mean</i>	<i>65.2</i>	<i>1304</i>	<i>1.46</i>	<i>29.3</i>	<i>9.1</i>	<i>13.3</i>	<i>36.8</i>
		<i>transitional forest mean</i>	<i>55.0</i>	<i>1100</i>	<i>1.16</i>	<i>23.1</i>	<i>9.9</i>	<i>15.5</i>	<i>28.7</i>
Azonal Type Transitional Forest									
F	TT	1	67.0	1340			8.9	10.5	17.0
F	TT	2	86.0	1720			8.9	10.7	30.0
F	TT	3	64.0	1280			8.5	10.7	30.0
F	TT	4	50.0	1000			9.0	11.6	17.0
		<i>transect f, azonal type transitional forest mean</i>	<i>66.8</i>	<i>1335</i>			<i>8.8</i>	<i>10.9</i>	<i>23.5</i>
G	TT	1	71.0	1420	1.24	24.8	9.2	10.9	14.0
G	TT	2	52.0	1040	1.14	22.8	8.2	10.0	11.0
G	TT	3	48.0	960	0.70	14.1	7.3	9.6	8.0
G	TT	4	88.0	1760	1.81	36.2	8.6	10.0	19.0
G	TT	5	68.0	1360	1.42	28.3	8.7	10.2	14.0
G	TT	6	64.0	1280	1.05	20.9	7.9	9.8	7.0
G	TT	7	50.0	1000	0.95	19.0	7.5	9.4	11.0
G	TT	8	44.0	880	0.88	17.7	7.7	9.3	11.0
G	TT	9	91.0	1820	1.45	29.0	7.8	9.0	15.0
G	TT	10	59.0	1180	1.17	23.4	7.7	9.0	19.0
G	TT	11	67.0	1340	1.18	23.6	8.0	9.9	27.0
G	TT	12	55.0	1100	0.93	18.6	8.0	9.5	25.0
G	TT	13	67.0	1340	1.11	22.3	8.7	10.6	33.0
G	TT	14	63.0	1260	0.99	19.8	8.3	10.2	29.0
G	TT	15	68.0	1360	1.27	25.5	8.7	10.9	35.0
		<i>transect g, azonal type transitional forest mean</i>	<i>63.7</i>	<i>1273</i>	<i>1.15</i>	<i>23.1</i>	<i>8.1</i>	<i>9.9</i>	<i>18.5</i>

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
		<i>azonal type transitional forest mean</i>	64.3	1286	1.15	23.1	8.3	10.1	19.6
Zonal Forest									
3	ZF	1	41.0	820	0.96	19.1	11.6	21.8	24.0
3	ZF	2	43.0	860	1.27	25.5	12.4	24.5	27.0
3	ZF	3	49.0	980	1.28	25.7	13.3	25.0	30.0
3	ZF	4	45.0	900	0.87	17.5	11.3	18.8	27.0
3	ZF	5	44.0	880	1.16	23.1	14.0	23.5	29.0
		<i>plot 3, zonal forest mean</i>	44.4	888	1.11	22.2	12.5	22.7	27.4
4	ZF	1	47.0	940	1.10	21.9	9.8	15.8	26.0
4	ZF	2	41.0	820	0.90	18.1	9.8	19.8	22.0
4	ZF	3	61.0	1220	1.21	24.3	10.1	14.8	33.0
4	ZF	4	64.0	1280	1.19	23.8	9.9	15.2	36.0
		<i>plot 3, zonal forest mean</i>	53.3	1065	1.10	22.0	9.9	16.4	29.3
17	ZF	1	55.0	1100	0.99	19.7	12.8	19.3	16.0
17	ZF	2	49.0	980	1.20	24.0	14.4	20.4	21.0
		<i>plot 17, zonal forest mean</i>	52.0	1040	1.09	21.9	13.6	19.9	18.5
21	ZF	1	43.0	860	1.42	28.5	13.0	21.5	18.0
21	ZF	2	51.0	1020	1.38	27.7	12.3	18.8	27.0
		<i>plot 21, zonal forest mean</i>	47.0	940	1.40	28.1	12.7	20.2	22.5
Z	ZF	1	71.0	1420	1.50	30.1	8.5	13.1	38.0
Z	ZF	2	71.0	1420	2.13	42.6	9.8	14.4	39.0
Z	ZF	3	66.0	1320	1.88	37.6	8.0	12.6	36.0
Z	ZF	4	63.0	1260	2.43	48.6	8.6	13.0	32.0
Z	ZF	5	62.0	1240	1.97	39.4	7.9	11.6	37.0
Z	ZF	6	75.0	1500	1.82	36.5	7.5	10.3	43.0
Z	ZF	7	90.0	1800	3.18	63.6	7.9	12.1	39.0
Z	ZF	8	69.0	1380	1.96	39.2	8.7	11.8	40.0

Table 6 Forest Structure Data by Plot Grouping Within the Mine Local Study Area (continued)

Transect	Vegetation Type	Plot Grouping	Number of Stems ≥ 10 cm Diameter ^(a)		Basal Area (m ²) ^(b)		Mean Height (m) ^(c)	Top Canopy Height ^(d)	Mean Number of Species ^(e)
			Per 500 m ²	Per Hectare	Per 500 m ²	Per Hectare			
Z	ZF	9	76.0	1520	1.82	36.3	8.6	13.1	45.0
Z	ZF	10	80.0	1600	1.97	39.4	7.9	10.9	41.0
Z	ZF	11	84.0	1680	1.66	33.3	7.4	10.7	37.0
Z	ZF	12	75.0	1500	1.59	31.9	8.4	10.8	36.0
Z	ZF	13	75.0	1500	1.67	33.3	8.7	12.7	40.0
Z	ZF	14	78.0	1560	1.91	38.2	8.5	12.4	43.0
Z	ZF	15	69.0	1380	1.55	31.0	8.2	10.8	35.0
Z	ZF	16	74.0	1480	1.73	34.7	8.8	12.5	46.0
		<i>transect z, zonal forest mean</i>	<i>73.6</i>	<i>1473</i>	<i>1.92</i>	<i>38.5</i>	<i>8.3</i>	<i>12.1</i>	<i>39.2</i>
		<i>zonal forest mean</i>	<i>62.4</i>	<i>1249</i>	<i>1.58</i>	<i>31.5</i>	<i>9.9</i>	<i>15.6</i>	<i>33.2</i>
Marsh Edge Forest									
1	MF	1	48.0	960	1.01	20.3	11.0	20.0	24.0
1	MF	2	42.0	840	1.13	22.6	12.4	20.0	17.0
		<i>plot 1, zonal forest mean</i>	<i>45.0</i>	<i>900</i>	<i>1.07</i>	<i>21.4</i>	<i>11.7</i>	<i>20.0</i>	<i>20.5</i>
		<i>marsh edge forest mean</i>	<i>45.0</i>	<i>900</i>	<i>1.07</i>	<i>21.4</i>	<i>11.7</i>	<i>20.0</i>	<i>20.5</i>

- (a) Diameter measurements taken at 1.3 m above the ground.
(b) Basal area is calculated as $\pi(\text{diameter at breast height}/2)^2$.
(c) Mean tree height of all stems 10 cm in diameter or greater.
(d) Mean tree height based on the tallest 10% stems, 10 cm in diameter or greater.
(e) Mean species richness among trees with a 10 cm diameter or greater.

Table 7 Total Species Richness By Transect Within Forest Plots and Subplots

Transect	Zone	Vegetation Type	Survey Area (ha)	Cumulative Number of Species by Diameter Class ^(a)		Total Number of Species
				≥10 cm	5–9.9 cm	
Azonal Thicket						
10	Ambatovy	azonal thicket	0.20	22	nd	22
14	Analamay	azonal thicket	0.20	13	nd	13
20	Ambatovy	azonal thicket	0.20	5	12	17
A	Ambatovy	azonal thicket	0.16	22	8	30
B	Ambatovy	azonal thicket	0.39	77	5	82
Azonal Forest						
5	Ambatovy	azonal forest	0.20	35	27	62
9	Ambatovy	azonal forest	0.26	46	nd	46
12	Analamay	azonal forest	0.20	25	nd	25
18	Ambatovy	azonal forest	0.24	35	17	52
19	Analamay	azonal forest	0.20	30	17	47
A	Ambatovy	azonal forest	0.54	72	13	85
B	Ambatovy	azonal forest	0.35	91	10	101
C	Ambatovy	azonal forest	0.27	49	13	62
E	Analamay	azonal forest	0.79	77	16	93
F	Analamay	azonal forest	0.62	87	8	95
Z	Analamay	azonal forest	0.23	75	14	89
Azonal Type Transitional Forest						
F	Analamay	azonal type transitional forest	0.23	61	7	68
G	Analamay	azonal type transitional forest	0.89	103	12	115
Transitional Forest						
2	Ambatovy	transitional forest	0.24	62	nd	62

Table 7 Total Species Richness By Transect Within Forest Plots and Subplots (continued)

Transect	Zone	Vegetation Type	Survey Area (ha)	Cumulative Number of Species by Diameter Class ^(a)		Total Number of Species
				≥10 cm	5–9.9 cm	
6	Ambatovy	transitional forest	0.20	72	nd	72
7	Ambatovy	transitional forest	0.85	26	29	55
13	Analamay	transitional forest	0.26	50	nd	50
A	Ambatovy	transitional forest	0.64	83	11	94
B	Ambatovy	transitional forest	0.44	109	10	119
C	Ambatovy	transitional forest	0.68	107	11	118
G	Analamay	transitional forest	0.29	83	8	91
Zonal Forest						
3	Ambatovy	zonal forest	0.26	72	nd	72
4	Analamay	zonal forest	0.20	70	nd	70
17	Ambatovy	zonal forest	0.10	28	nd	28
21	Analamay	zonal forest	0.10	36	13	49
Z	Analamay	zonal forest	0.90	137	16	153
Marsh Edge Forest						
1	Ambatovy	marsh edge forest	0.10	31	nd	31
8	Analamay	marsh edge forest	0.02	9	nd	9

^(a) Number of species listed is cumulative. All species within the ≥10 cm diameter class were counted first, followed by all species in the 5–9.9 cm class, but not found in the ≥10 cm class.

VOLUME J

SECTION 1.1

ATTACHMENT 2

SURVEY FOR OFF-SITE AZONAL OUTCROPS

DYNATEC PROJET NICKEL COBALT

CONSERVATION HORS-SITE D'HABITATS AZONALS SUR GISEMENTS ULTRAMAFIQUES ET CONSTATS PRELIMINAIRES DU SITE RETENU D'ANKERA

RAPPORT FINAL

Pierre O. BERNER

Avec la collaboration de :
Lalao ANDRIAMAHEFARIVO
Richard ANDRIANAIVO
Frank NY ONJA
Aro RATOVONOMENJANAHARY

PARTIE I : IDENTIFICATION D'UN SITE ULTRAMAFIQUE ÉQUIVALENT

1. SITUATION DE BASE

- Les gisements latéritiques nickélifères d'Ambatovy et Analamay résultent d'une érosion de longue haleine d'une ancienne intrusion de roche mère ultra mafique.
- Dus aux conditions paléoclimatiques fluctuantes impliquant des séquences d'épisodes de réactions d'oxydation et de réduction de la couche latéritique ferrugineuse superficielle, une croûte ferralitique caractéristique s'est développée sur les plateaux d'Ambatovy et d'Analamay.
- En fonction des conditions chimiques et mécaniques particulières du substrat ainsi qu'une exposition substantielle aux pluies orographiques, une végétation forestière atypique a évolué sur ces stations. Cette forêt azonale se caractérise par une structure dense et une architecture rabougrie des arbres ainsi qu'une composition floristique qui se différencie de celle de la forêt zonale des alentours, notamment en terme d'abondance d'espèces.
- Ainsi, il existe une forte corrélation spatiale entre la roche mère ultramafique, le profil latéritique nickélifère résultant de son érosion, la couche ferralitique issue des processus d'oxydo-réduction sous un régime de nappe phréatique historiquement variable et le type de végétation azonale qui s'est adapté à ce substrat particulier. Par conséquent, l'exploitation du gisement latéritique nickélifère causerait un impact sévère sur la forêt azonale et la nécessité d'explorer les possibilités d'une mitigation compensatoire hors site est indispensable.

2. ENJEUX

- En considérant l'empreinte minière développée par le bureau d'études Knight Piésold Consulting équivalent à environ 13 km², proposée dans l'étude de faisabilité du projet Nickel Cobalt, la surface résiduelle de la forêt azonale sera relativement restreinte et morcelée.
- Par conséquent, les prospects d'une mitigation de ce type de forêt sur site offrent la possibilité d'une mise sous protection relativement restreintes dans l'espace, correspondant à environ 20% du total de la forêt azonale et il est ainsi souhaitable d'explorer les options d'une conservation d'une formation végétale sur substrat ultramafique similaire hors site.
- Notons d'emblée qu'une compensation hors site ne pourra, dans les meilleurs des cas, que protéger des habitats similaires et ne pourra jamais entièrement remplacer la perte de l'habitat sacrifié à la mine. En effet, une protection sur site est toujours à privilégier sur une compensation hors site. En outre, la définition d'un « habitat similaire » se réfère en l'occurrence à des aspects de substrat, de structure forestière de la forêt azonale et de son abondance d'espèces moins que des aspects de diversité biologique d'espèces endémiques locales puisque celle-ci varie pour chaque habitat ultrabasique isolé dans l'espace.

3. MÉTHODOLOGIE

- Identification des sites ultrabasiques de la côte est de Madagascar selon les données géologiques existantes de la littérature (Ministère de l'Energie et des Mines, Faculté des Sciences de l'Université d'Antananarivo, Ecole Supérieure des Polytechniques, etc.).
- Superposition de ces zones identifiées à la carte de couverture forestière de Conservation International (CI) et recoupement d'informations forestières avec le Missouri Botanical Garden (MBG).
- Identification des sites qui présentent les conditions géologiques et écologiques d'intérêt pour la compensation hors site et consultation ad hoc subséquente pour recueillir des informations par des professionnels familiarisés à ces sites (Steve Goodman, George Schatz, Chris Birkinshaw, Frank Hawkins, Raymond Rabevohitra, Michel Louys, etc.).
- Achat de cartes Ikonos des sites retenus et vérification de la couverture végétale et des tendances locales de l'occupation des sols.
- Survol des sites avec un Maule MX-7, prise de photos de la couverture végétale et identification des accès pour des éventuelles reconnaissances terrestres futures.
- Identification des sites d'intérêt pour une reconnaissance terrestre rapide à partir des constats du survol.
- Reconnaissance sur terrain des sites retenus avec relevés floristiques et faunistiques rapides.
- Analyse des données et formulation de recommandations en matière de site compensatoire.

4. RESULTATS

4.1 TYPE DE GISEMENT ULTRABASIQUE

Les gisements de roches basiques (gabbros et plus rarement diorites) offrent une grande variété tant par leur constitution que par leur âge, qui est soit post-tectonique soit syntectonique.

- Les gabbros post-tectoniques : Quatre types de gisement dominant à Madagascar
 - Les gabbros créacés (datant de 90 Millions d'années) qui se caractérisent par de gros massifs intrusifs arrondis avec auréole de métamorphisme de contact. C'est le cas d'*Ambarany* et de *Fonjay*, situés dans la région de Morafenobe de la Province de Majunga.
 - Les gabbros créacés subvolcaniques se rencontrent surtout dans le secteur d'*Ankilizato*.
 - Les gabbros créacés qui se sont différenciés des péridotites aux syénites et recoupent les schistes cristallins. Il s'agit du massif d'*Antampombato* (Ambatovy-Moramanga, Province de Toamasina), d'âge 86 Millions d'années.
 - A l'Est de Manakara (Province de Fianarantsoa), le massif de la *Manama* montre une différenciation gabbroï-syénitique, il est aussi d'âge récent.
- Les gabbros anciens syntectonique comportent des formes franches à structure grenue ou ophitique (gabbro de l'*Itsindro*) et toute une série où un métamorphisme croissant conduit à des orthoamphibolites. Cette transformation se fait par une transformation progressive des pyroxènes en amphibole hornblende accompagnée parfois d'une recristallisation des plagioclases.

D'autre part, tous les massifs de gabbros montrent généralement des phénomènes de différenciation plus ou moins prononcés à partir d'un magma péridotitique qui se traduit par la présence de péridotites, pyroxénolites, gabbros et si l'évolution est très poussée, de termes acides.

4.2 LES PRINCIPAUX GISEMENTS ULTRABASIQUE MALGACHE

LES GABBROS POST-TECTONIQUE

Les gabbros post-tectoniques se rencontrent surtout dans les zones sédimentaires et assez rarement dans le massif cristallin.

- **Fonjay** : De forme elliptique, ce gisement s'étale sur près de 8 Km sur 13 Km. Il est en grande partie constitué de gabbro grenu. Au centre, une masse circulaire de dolérite forme une intrusion ultime subvolcanique.
- **Ambarany** : Les axes de ce gisement sont approximativement de 12 Km et 15 Km. Il s'est mis en place avec une phase majeure qui a introduit une grande masse de gabbro à augite. Une phase ultérieure a fourni des filons doléritiques. Tous ces filons recoupent le gabbro et sa bordure sédimentaire.
- **Gabbro d'Ankilizato** : Plusieurs intrusions gabbroïques et basaltiques traversent les marnes du jurassique. Elles forment des intrusions stratoïdes avec parfois alternance de gabbros et de basaltes. Le grand affleurement occupe un plateau avec basalte reposant sur des gabbros. A l'Est d'Ankilizato, plusieurs intrusions s'allongent sur 20 Km.

- **Massif d'Antampombato** : Il s'agit d'une intrusion très différenciée où une venue initiale de péridotite a donné lieu à une assimilation des parois et à une séparation par gravité de péridotite, pyroxénolites, gabbro, syénite quartzique, syénite calcoalcaline. Etendue sur 10 Km sur 5 Km, le massif intrusif dans les schistes cristallins, a été daté à 86 millions d'années (crétacé supérieur). Les péridotites sont nickélifères et leur partie superficielle altérée s'est transformée en argile latéritique nickélifère d'intérêt économique.
- **Massif de Manama** : Situé à 90 Km à l'Ouest de Manakara, ce massif a des dimensions approximatives de 16 Km sur 10 Km. C'est une zone très accidentée et boisée. Il correspond à une grande intrusion incontestablement post-tectonique qui n'a pas été datée et pour laquelle on peut penser à un âge analogue à celui d'Antampombato (86 millions d'années). Il est constitué par une ceinture syénitique et des zones concentriques successives de gabbros feldspathiques et de gabbros à olivine pour aboutir à une zone centrale troctolitique.
- **Gabbros de l'Itsindro** : Situé à 170 Km au sud sud-ouest d' Antananarivo, entre Ambositra et Ambatofinadrahana, le massif se développe le long de la vallée de l'Itsindro, affluent de la Mania. Il est constitué de gabbros à structure grenue ou ophitique, peu importante, de pyroxénolites et de péridotites (wehrlites). Il y a une différenciation très locale ayant produit des wehrlites. Il s'étale sur 40 Km sur 10Km.
- **Massif de l'Ankera** : Le relief est accentué avec une altitude au sommet de 1190 m. Ce massif montre le début de l'évolution métamorphique. A 60 Km au sud-ouest de Toamasina, il forme une masse quasi circulaire de 10 Km de diamètre avec une ceinture externe d'orthoamphibolites large de 1 à 2 Km. Le gabbro englobe des amas de pyroxénolites. La partie centrale est constituée de gabbros avec une bordure transformée en amphibolites. La partie orientale, estimée à 7Km sur 2 Km renferme des lentilles ou amas très irréguliers d'ultrabasites pyroxéniques. Le gabbro initial a été transformé en orthoamphibolites feldspathique et le pyroxène a entièrement disparu.
- **Massif d'Andriantantely** : Situé à 25 Km au sud de l'Ankera, le massif de 20Km sur 6 Km présente une transformation très poussée. Il est surtout constitué d'ortho pyroxénites et d'orthoamphibolites avec toutefois des amas de gabbros résiduels à hypersthène ou à olivine et plus rarement de pyroxénolites. Les déformations s'accompagnent de recristallisation. Une autre évolution transforme les gabbros riches en hypersthène en charnockites.
- **La série Basique Ultrabasique d'Andriamena** : Localisée dans la province de Majunga, cette série qui s'étend de part et d'autre de la moyenne Betsiboka offre des gisements très complexes. Les intrusions ont été ultérieurement très plissées, étirées, fracturées et reprises dans un nouveau cycle métamorphique. Il reste des amas résiduels de péridotites, pyroxénolites et gabbros mais la plupart de ces roches ont été transformées en orthoamphibolites ou en charnockites. Les pyroxénolites et surtout les péridotites sont intéressantes car elles renferment des concentrations de chromite. Le gisement de chromite d'Andriamena comprend, en milieu d'une masse de gabbros et d'anorthosites, un amas formé de pyroxénolites passant à la base à des péridotites qui renferme une grosse lentille de chromite.
- **Massif de l'Ankara-Bebeloka** : Situé à 50 Km dans l'ouest de Soanierana Ivongo de la province de Toamasina, il est essentiellement constitué d'amphibole-pyroxénites à grenat résultant du métamorphisme de gabbros. Des amas de pyroxénolites de dimensions notables et d'autres beaucoup plus réduits de péridotites traduisent l'évolution initiale par différenciation.
- **Massifs gabbroï-charnockitiques de Soavinadriana-Betafo** : Ces massifs correspondent à des intrusions de gabbros qui ont été ultérieurement transformés en charnockites. Ce sont de grosses masses dont les axes font de 10 à 20 Km renfermant des noyaux gabbroïques intacts à partir desquels se sont formées des charnockites gabbroïques puis granitiques et enfin syénitique.
- **Anorthosites : Ankafotra, Saririaka, Volovolo** (région de Bekily et Ampanihy) : Les anorthosites sont des gabbros essentiellement formés de plagioclases basiques.

- **Massif de Vangoa** : Situé à 20 Km au Nord Est de Miandrivazo, il présente un complexe anorthosito-gabbroïque s'étendant sur 20Km sur 10 Km, inclus dans des schistes cristallins. Le centre est occupé par un ensemble de gabbros anorthosiques grenus qui renferme des enclaves de pyroxénolites souvent à gros cristaux d'hypersthène et d'ilménite. La périphérie est formée de gabbros présentant une structure spéciale dite orbiculaire où, autour d'un centre grenu, se développent des enveloppes concentriques. Ces gabbros renferment des parties lenticulaires constituant d'anorthosites normales.

LES LENTILLES DE PERIDOTITES

Les péridotites se présentent le plus souvent en petites lentilles injectées dans la stratification des schistes cristallins et prises dans les plissements, d'allongement décamétriques à hectométriques, généralement associées à des pyroxénolites parfois avec bordures d'orthoamphibolites et très rarement de serpentines.

- **La lentille d'Ambohitsara** : constituée de péridotites plus ou moins serpentinisées s'allonge sur 900 m avec une épaisseur moyenne d'une centaine de mètre. Elle plonge de 70° dans des schistes cristallins pyroxéno-amphiboliques avec une bordure de pyroxénolites passant à des orthoamphibolites. La péridotite de surface est transformée en serpentine nickélifère sur quelques mètres.
- **La lentille d'Ampitambe** dans la boucle du confluent Ampasary (Nord-ouest de Mananjary) a une composition complexe avec noyaux de péridotites encadrés de pyroxénolites variées. Elle s'allonge sur 2 Km.
- **Massif de péridotites de Valozoro** : situé à 35 Km au Sud-est d'Ambositra, avec des affleurements spectaculaires de serpentine à garniérite, est formé par un dôme de péridotite (harzburgite) subcirculaire d'un diamètre de 700 m, intrusif dans des micaschistes précambrien, dont la partie superficielle est sur plusieurs mètres transformée en serpentine nickélifère.

Coupe de Valozoro :

- (4)- Zone superficielle d'argiles latéritiques (1 à 5m), contenant des boules et blocs de 0,20 à 1,5m de diamètre, constitués soit de serpentine très riche en nickel, soit de harzburgite stérile, soit de harzburgite à croûte périphérique de serpentine riche ;
- (3)- Zone d'altération très homogènes (0 à 10m), constituée de serpentine argileuse, souvent riche en nickel ;
- (2)- Zone de transition à serpentine dure et pauvre ;
- (1)- Harzburgite massive.

Source : Gîtes minéraux de Madagascar - Henri Besairie -Edition 1966

- **Nickelville** : (X= 629 ; Y= 920), 18 Km à l'Est d'Ambatondrazaka

Coupe géologique :

- (5)- Argiles latéritiques (1 à 10m), lessivées et remaniées ;
 - (4)- Serpentes altérées, friables à réseau serré de garniérite, d'opale et de giobertite ;
 - (3)- Serpentes dures, massives, le plus souvent dépourvues de minéralisation visible ou à réseau lâche d'opale et de garniérite (2 à 15m) ;
 - (2)- Péridotites en voie de serpentinisation, montrant de grand cristaux résiduels d'enstatite associé à de la bastite, visibles sur 10m en galerie ;
 - (1)- Harzburgite saine.
- **Bemainty** : (X= 634 ; Y= 900) : 30Km au Sud-est d'Ambatondrazaka. Faisceau de péridotite le plus important, la lentille est située dans une boucle de la rivière Sahananto, dans une zone de colline peu élevées et arrondies. La majeure partie de la lentille est masquée par un

recouvrement d'argiles latéritiques ; ses dimensions sont de 800*280m et elle couvre 16 Ha. Les roches constitutives sont des dunites, des harzburgite et des pyroxénolites à olivine plus ou moins abondante. La serpentinisation est très développée.

Coupe de Bemainty :

- (4)- Argiles latéritiques avec pisolites ferrugineuses ;
- (3)- Argiles latéritiques avec squelette de minéraux, blocs ou fantômes de serpentine et périclase ;
- (2)- Serpentes latéritisées avec structure résiduelle, talc, chlorite en poches ou en filonnets et garniérites, en remplissage de diacase ou en imprégnation diffuse ;
- (1)- Serpentine compacte avec un réseau large d'opale et garniérite et périclase compacte plus ou moins serpentinisée.

LA CUIRASSE FERRUGINEUSE

La consultation de la littérature a mentionné l'existence de cuirasses ferrugineuses dans quelques régions, à savoir :

- Antandromby (X= 620 ; Y= 925), près du Lac Alaotra, Province de Tamatave.
- Ambatomanga-Marololo (X= 622 ; Y= 945), près du Lac Alaotra, Province de Tamatave.
- Mangiaka (X= 630 ; Y= 995), dans la région d'Andilamena, Province de Tamatave.
- Ambatovy (X= 597 ; Y= 804), région de Moramanga, Province de Tamatave.
- Analamay (X= 599; Y= 809), région de Moramanga, Province de Tamatave.

4.3 LOCALISATION DES SITES D'INTERETS

Localisation	Coordonnées Laborde		UTM		Chef Lieu de Fivondronana	Province
	X	Y	UTM-X	UTM-Y		
Bemainty	634	900	250847,635	8009914,620	Sud-est Ambatondrazaka	Tamatave
Nickelville	629	920	245358,806	8029796,060	Est Ambatondrazaka	Tamatave
Valozoro	550	550	176131,973	7657596,850	Sud-est Ambositra	Fianarantsoa
Ampitambe					Nord-ouest Mananjary	Fianarantsoa
Ambohitsara						
Vangoa	310	750	560915,719	7860207,070	Nord-est Miandrivazo	
Soavinadriana-Betafo					Betafo	Antananarivo
Ankara-Bebeloka					Ouest Soanierana-Ivongo	Tamatave
Andriamena	520	960	135302,857	8067193,720	Tsaratana	Majunga
Andriantantely	648	825	266713,726	7935264,730	Nord-ouest Brickaville	Tamatave
Ankera	646	855	263960,520	7965210,520	Nord-ouest Brickaville	Tamatave
Itsindro	450	645	700062,794	7753993,040	Sud sud-ouest Tananarive	Tananarive
Manama	490	430	119659,667	7535738,890	Ouest Manakara	Fianarantsoa
Ambatovy	597	804	216244,087	7912965,270	Moramanga	Tamatave
Analamay	599	809	218116,816	7918018,140	Moramanga	Tamatave
Ankilizato						
Ambarany					Morafenobe	Majunga
Fonjay					Morafenobe	Majunga
Antandromby	620	925	236234,989	8034578,871	Lac Alaotra	Tamatave

Localisation	Coordonnées Laborde		UTM		Chef Lieu de Fivondronana	Province
	X	Y	UTM-X	UTM-Y		
Ambatomanga	622	945	237752,496	8054633,715	Lac Alaotra	Tamatave
Mangiaka	630	995	244565,575	8104840,809	Andilamena	Tamatave
Loharindava	634	818	252892,609	7927910,990	Brickaville	Tamatave
Marovato	628	822	246791,150	7931758,752	Brickaville	Tamatave
Antokobe	651	804	270246,267	7914345,680	Brickaville	Tamatave
Ankorabe	646	796	265451,918	7906219,856	Brickaville	Tamatave
Ankitsika	605	975	220027,535	8084240,543	Andilamena	Tamatave
Analamarina	610	1020	223970,809	8129383,622	Andilamena	Tamatave
Vohimenakely	634	975	249039,393	8084929,330	Lac Alaotra	Tamatave
Ambodiampa	635	955	250516,180	8064948,342	Lac Alaotra	Tamatave
Vohitraina	579	552	205079,582	7660431,856	Mananjary	Fianarantsoa
Tsararova	534	1042	147386,387	8149637,118	Tsaratanana	Majunga
Anjahambe	683	965	298277,154	8076092,126	Fenerive	Tamatave
Vohipika (Bebasy)	580	630	203877,907	7738466,529		Tamatave
Andilamavo	625	997	239516,703	8106723,885		Tamatave
Antara	680	1023	293917,417	8134011,787	Ouest Soanierana Ivongo	Tamatave

4.4 SITES SOUS COUVERTURE FORESTIÈRE DE L'EST

Une superposition des sites identifiés dans le sous-chapitre 4.3 sur le fonds de carte de la végétation révèle les sites candidats d'intérêt.

[Voir annexe 1: Carte de localisation des sites]

5. RECONNAISSANCE AÉRIENNE DU 23 MARS 2005

5.1 ITINÉRAIRE

- En date du 23 mars 2005, un vol a été réalisé avec un Maule, dans le but de faire une reconnaissance préliminaire et identifier des sites avec des forêts primaires rabougries ressemblant aux forêts azonales d'Ambatovy - Analamay ;
- L'itinéraire de survol est rapporté sur la carte de l'annexe 2.

[Voir annexe 2: Carte de l'itinéraire]

5.2 CONSTAT ET IDENTIFICATION D'UN SITE D'INTERET

- Au cours du vol, 11 sites ont été survolés. Mis à part un seul site, tous les sites survolés n'ont pas relevés les caractéristiques de la forêt azonale recherchée.
- Par contre, le site d'Ankera (n° 8) a été retenu étant donné l'aspect de sa forêt rabougrie avec des ouvertures naturelles ressemblant à des marais saisonniers similaires à ceux d'Ambatovy - Analamay ;
- Il a été décidé de réaliser une reconnaissance avec un hélicoptère pour y effectuer un atterrissage.

PARTIE II : LE SITE D'ANKERA

6. PREMIER VOL DE RECONNAISSANCE

- En date du 07 Août 2005, un premier vol de reconnaissance par hélicoptère afin d'y effectuer une atterrissage pour y effectuer des récoltes botaniques rapides a été réalisé.
- Malheureusement la végétation sur les lieux potentiels d'atterrissage s'est avérée trop haute pour permettre un atterrissage. En plus, les conditions météorologiques (vent, pluie) n'ont pas permis une sortie de l'hélicoptère en vol stationnaire au ras de la végétation.
- Cependant, il a été clairement reconnu que la végétation contient des éléments similaires à celles de Ambatovy - Analamay en incluant des marais saisonniers.



- En plus, les photos prises à basse altitude ont indiqué que la nature du substrat pourra bel et bien être une croûte ferrugineuse.



- Ainsi, l'hypothèse de la similarité entre ce site d'Ankera est celui d'Ambatovy - Analamay a été corroborée et a justifié la conduite d'une seconde visite de reconnaissance sur terrain.

7. DEUXIÈME VOL DE RECONNAISSANCE ET VISITE SUR TERRAIN

7.1 DESCRIPTION DE LA MISSION

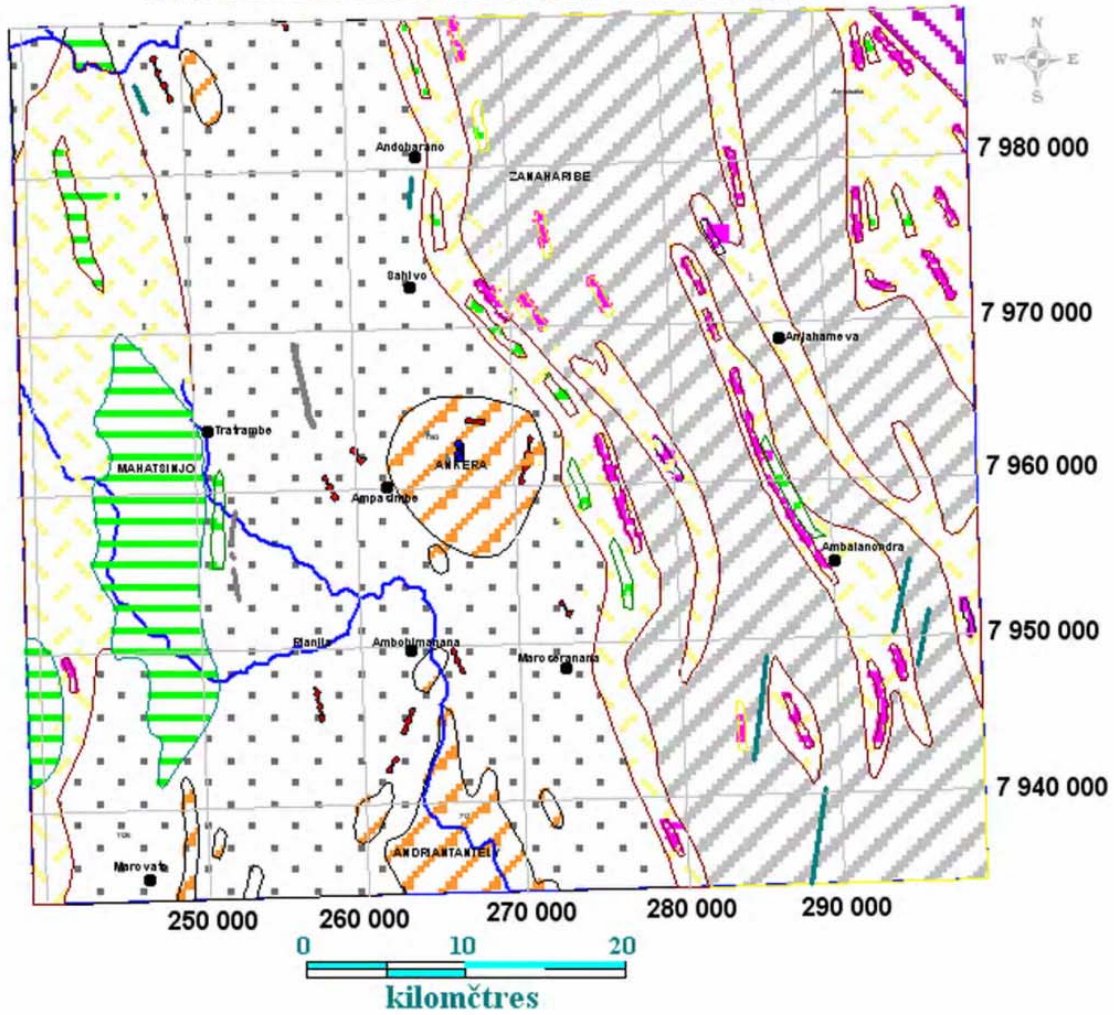
- En date du 26 au 29 septembre 2005, un deuxième vol de reconnaissance par hélicoptère avec visite sur terrain a été effectué. Les participants ont été au nombre de trois : POB, Franck (géologue) et Richard (botaniste).
- Cette visite de 4 jours (y compris les voyages d'aller et retour) a permis la récolte d'un premier échantillonnage botanique ainsi que la prise d'échantillon de sol. Elle est résumée dans le tableau ci-après :

Date	Déroulement	Travail réalisé
Lundi 26 septembre	Départ à Tana vers 10h 30	Arrivée à 13h : Installation du Campement et Planning de travail
Mardi 27 septembre	Travaux sur terrain	Reconnaissance et échantillonnage
Mercredi 28 septembre	Travaux sur terrain	Echantillonnage et préparation de la zone d'atterrissage de l'hélicoptère
Jeudi 29 septembre	Matinée	Replis du Campement et Retour à Tana
















7.2 MORPHOLOGIE ET GÉOLOGIE DE L'ANKERA

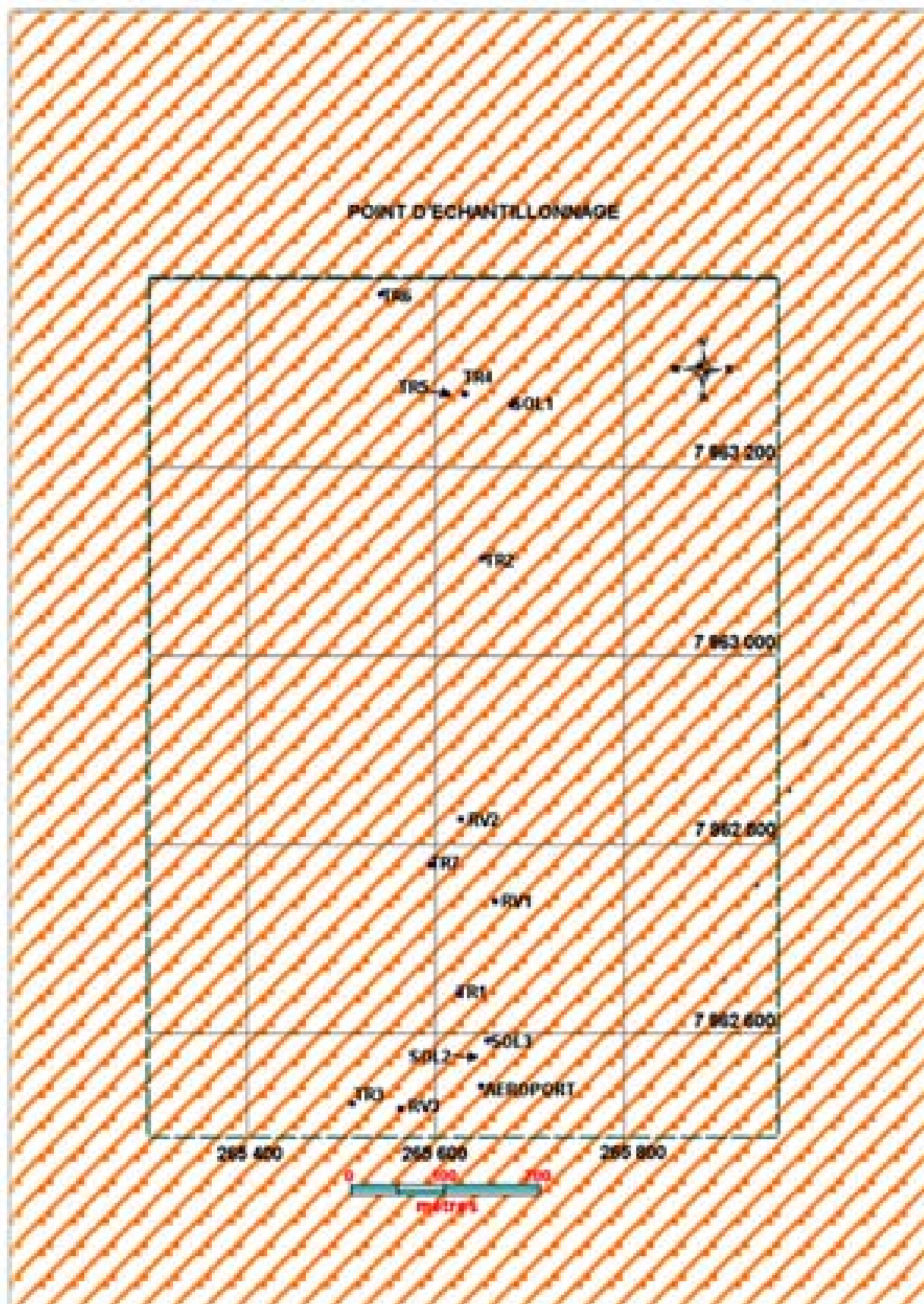
- Le relief est accentué avec une altitude au sommet de 1190 m. Ce massif montre le début de l'évolution métamorphique.
- Il se trouve à 60 Km au sud-ouest de Toamasina et forme une masse quasi circulaire de 10 Km de diamètre avec une ceinture externe d'orthoamphibolites large de 1 à 2 Km
- La partie centrale est constituée de gabbros avec une bordure transformée en amphibolites. La partie orientale renferme des lentilles ou amas très irréguliers d'ultrabasiques pyroxéniques. Le gabbro initial a été transformé en orthoamphibolites feldspathique et le pyroxène a entièrement disparu.
- On a rencontré des cuirasses ferrugineuses dans cette zone. La présence et la nature des végétations n'ont pas permis de trouver un profil lithologique bien précis.

CARTE GEOLOGIQUE DU MASSIF DE L'ANKERA



LEGENDE

- | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Village |
|  | Limite |
|  | Cours d'eau |
|  | Granites stratoides |
|  | Dolérite |
|  | Quartzite |
|  | Graphite |
|  | Sillimanite |
|  | Groupe d'Ambodiriana |
|  | Migmatites granitoides de Brickaville à amphibole et grenat |
|  | Migmatites granitoides et granites migmatitiques |
|  | Ultrabasites : Pyroxénolites, Péridotites, Soapstones |
|  | Gabbros et Orthopyroxénites |
|  | Groupe de Beforona : Gneiss et migmatites à amphibole, Amphibolites, Amphibolo-pyroxénites |
|  | Groupe du Manampotsy à graphite : Migmatites, Leptynites, Gneiss, Khondalites |



LISTE DES ECHANTILLONS								
Local Site	Idnt. Sample	Coordonnées			Prélèvement	Poids [Kg]	Photos	Observations
		UTM-X	UTM-Y	Z[m]				
Ankera	SOL1	265 681	7 963 266	1 051	A un horizon de 30 cm	0.886	[Voir Annexe-3 Photo-1]	Altération d'une roche Blanc jaunâtre
Ankera	SOL2	265 640	7 962 575	983	A un horizon de 40 cm	3.193	[Voir Annexe-3 Photo-2]	Argile de couleur grise
Ankera	SOL3	265 655	7 962 592	984	Horizon de 50 cm	3.268	[Voir Annexe-3 Photo-3]	Cuirasse altérée et argileux
Ankera	TR1	265 624	7 962 642	982	A la surface	2.741	[Voir Annexe-3 Photo-4]	Cuirasse ferrugineuse
Ankera	TR2	265 649	7 963 103	1 028	En surface	1.756	[Voir Annexe-3 Photo-5]	Cuirasse ferrugineuse
Ankera	TR3	265 512	7 962 525	980	En surface	1.980	[Voir Annexe-3 Photo-6]	Cuirasse ferrugineuse
Ankera	RV1	265 663	7 962 739	1002	En surface	1.097	[Voir Annexe-3 Photo-7]	Cuirasse ferrugineuse
Ankera	RV2	265 627	7 962 827	984	En surface	1.253	[Voir Annexe-3 Photo-8]	Cuirasse ferrugineuse
Ankera	RV3	265 562	7 962 519	975	A la surface	1.641	[Voir Annexe-3 Photo-9]	Cuirasse ferrugineuse
TOTAL	09 Echantillons					17.815 Kg		

LISTE DES POINTS LEVES

IDNT	UTM-X	UTM-Y	Z
SOL1	265 681	7 963 266	1 051
SOL2	265 640	7 962 575	983
SOL3	265 655	7 962 592	984
TR1	265 624	7 962 642	982
TR2	265 649	7 963 103	1 028
TR3	265 512	7 962 525	980
RV1	265 663	7 962 739	1 002
RV2	265 627	7 962 827	984
RV3	265 562	7 962 519	975
TR4	265 631	7 963 278	1 053
TR5	265 612	7 963 278	1 082
TR6	265 542	7 963 384	1 170
TR7	265 594	7 962 779	984
AEROPORT	265 648	7 962 543	982

MATERIELS UTILISES

Les matériels suivant ont été utilisés durant cette visite sur terrain :

- GPS Garmin
- Sac plastique
- Marteau Géologue
- Boussole
- Angady
- Tarière

7.3 CARACTERISTIQUES BOTANIQUES DE LA VEGETATION D'ANKERA

- Selon les constats préliminaires du Missouri Botanical Garden (MBG) dont un botaniste était sur terrain avec l'équipe de DYNATEC, nous pouvons affirmer que malgré un échantillonnage préliminaire, la flore est riche et contient beaucoup d'éléments similaires à celle d'Ambatovy - Analamay ;
- Il s'est également avéré que le site d'Ankera n'a pas été anthropisé et que la végétation est primaire, même dans les zones dénudées naturellement où aucune trace de feu n'a été observée ;
- Il va de soi que des inventaires plus approfondis seront nécessaires pour caractériser cette flore d'Ankera et se prononcer définitivement sur la similarité avec celle d'Ambatovy - Analamay ;
- Ci-joint la liste des plantes récoltées à Ankera comparant la présence (+) et l'absence (-) des espèces en commun avec Ambatovy et Analamay (note : les cases où il n'y a pas de remarque n'ont pas été identifiées au niveau d'espèces et rendant ainsi la comparaison impossible) ;
- Dans la liste postérieure, l'avant-dernière colonne indique la présence d'espèces sur les sites d'Ankera qui avaient été identifiées comme espèces de préoccupation pour le site d'Ambatovy (espèces de préoccupations sont des espèces classées comme endémiques locales à faute de ne pas avoir été identifiées en dehors de l'empreinte minière).

Off-Site Conservation - Final Report (French) - October 21, 2005
Compiled by Pierre O. Berner

Listes des plantes récoltées à Ankera (à 70 km NE d'Ambatovy) du 26 au 29 Septembre 2005

Famille	Genre	Espèce	Variété	Auteur	on site SOC	on site species
(Lichen)	<i>Cladonia</i>	<i>sp</i>				
(Mousse)	<i>Frullania</i>	<i>sp</i>				
ANACARDIACEAE	<i>Camposperma</i>	<i>micrantheum</i>		Marchand		-
ANACARDIACEAE	<i>Protorhus</i>	<i>sericea</i>		Engler		-
ANACARDIACEAE	<i>Rhus</i>	<i>thouarsii</i>		(Engl.) H. Perrier		-
APOCYNACEAE	<i>Petchia</i>	<i>cryptophlebia</i>		(Baker) Leeuwenber.		+
ARALIACEAE	<i>Polyscias</i>	<i>cf zanthoxyloides</i>		(Baker) Harms.		
ARALIACEAE	<i>Polyscias</i>	<i>ornifolia</i>		(Baker) Harms.		+
ARALIACEAE	<i>Polyscias</i>	<i>sp1</i>		J.R. Forst. & G. Forst		
ARALIACEAE	<i>Polyscias</i>	<i>sp2</i>		J.R. Forst. & G. Forst		
ARALIACEAE	<i>Schefflera</i>	<i>cf longipedicellata</i>		(Lecomte) Bernardi		-
ARALIACEAE	<i>Schefflera</i>	<i>sp</i>		J.R. Forst. & G. Forst		
ARECACEAE	<i>Dypsis</i>	<i>thiryana</i>		(Becc.) Beentje & J. Dransf		-
ASPHODELACEAE	<i>Aloe</i>	<i>leandri</i>		Bosser	+	+
ASTERACEAE	<i>Apodocephala</i>	<i>sp</i>		Baker		
ASTERACEAE	<i>Helichrysum</i>	<i>gymnocephalum</i>		(D.C.) Humbert		-
ASTERACEAE	<i>Helichrysum</i>	<i>onivense</i>		Humbert		-
ASTERACEAE	<i>Helichrysum</i>	<i>retrosum</i>		DC		+
ASTERACEAE	<i>Psiadia</i>	<i>leucophylla</i>		(Baker) Humbert		-
ASTERACEAE	<i>Vernonia</i>	<i>sp1</i>		Schreb.		
ASTERACEAE	<i>Vernonia</i>	<i>sp2</i>		Schreb.		
BALSAMINACEAE	<i>Impatiens</i>	<i>sp</i>		L.		
BIGNONIACEAE	<i>Clerodendron</i>	<i>moramangense</i>				-
BIGNONIACEAE	<i>Ophiocolea</i>	<i>floribunda</i>		(Bojer ex Lindl.) H. Perr.		+
CELASTRACEAE	<i>Polycardia</i>	<i>sp</i>		Juss.		
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum</i>	<i>milvum</i>		P.F. Stevens		+
CLUSIACEAE	<i>Eliaea</i>	<i>reticulata</i>				-
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i>	<i>sp</i>		L.		
CLUSIACEAE	<i>Symphonia</i>	<i>sp</i>		L. F.		
CONVALARIACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>reflexa</i>		Lam.		+
CUNONIACEAE	<i>Weinmannia</i>	<i>bernadi</i>				-
CUNONIACEAE	<i>Weinmannia</i>	<i>decora</i>		Tul.		-
CUNONIACEAE	<i>Weinmannia</i>	<i>humbertiana</i>		Bernardi		-
CUNONIACEAE	<i>Weinmannia</i>	<i>madagascariensis</i>		DC.		-
CUNONIACEAE	<i>Weinmannia</i>	<i>sp</i>		L.		
CYPERACEAE	<i>Cladium</i>	<i>flexuosum</i>		(Boeck) C.B. Clarke		-
DILLENIACEAE	<i>Hibbertia</i>	<i>coriacea</i>		(Pers.) Baill.		+
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	<i>cf lanceolata</i>		Poir.		
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	<i>sp</i>		L.		
ERICACEAE	<i>Philippia</i>	<i>floribunda</i>		Benth.		-
ERICACEAE	<i>Philippia</i>	<i>sp</i>		Klotzsch		
ERICACEAE	<i>Vaccinium</i>	<i>emirnense</i>		Hook.		+
RUBIACEAE	<i>Alberta</i>	<i>minor</i>		Baill.		+
EUPHORBIACEAE	<i>Blotia</i>	<i>sp</i>		Leandri		
EUPHORBIACEAE	<i>Uapaca</i>	<i>cf densifolia</i>		Baker		
IRIDACEAE	<i>Aristea</i>	<i>madagascariensis</i>		Baker		-
LAURACEAE	<i>Cryptocaria</i>	<i>sp</i>		Gay		
LOGANIACEAE	<i>Anthocleista</i>	<i>madagascariensis</i>		Baker		+
LORANTHACEAE	<i>Bakerella</i>	<i>clavata</i>		(Desr.) Balle		+

Off-Site Conservation - Final Report (French) - October 21, 2005

Compiled by Pierre O. Berner

Listes des plantes récoltées à Ankera (à 70 km NE d'Ambatovy) du 26 au 29 Septembre 2005

Famille	Genre	Espèce	Variété	Auteur	on site SOC	on site species
LYCOPODIACEAE	<i>Lycopodium</i>	<i>cernuum</i>		L.		
MALPIGHIACEAE	<i>Acridocarpus</i>	<i>vivy</i>		Arènes		+
MELASTOMACEAE	<i>Dichaetanthera</i>	<i>cf cordifolia</i>		Baker		
MELASTOMACEAE	<i>Dichaetanthera</i>	<i>sp</i>		Endl.		
MELASTOMACEAE	<i>Gravesia</i>	<i>sp</i>		Naudin		
MELASTOMACEAE	<i>Medinilla</i>	<i>sp</i>		Gaudich		
MELASTOMACEAE	<i>Memecylon</i>	<i>sp</i>		Gleditsch		
MYRICACEAE	<i>Morella</i>	<i>spathulata</i>		(Mirb.) Verdc. & Polhill		-
MYRSINACEAE	<i>Monoporus</i>	<i>cf clusiifolius</i>		H. Perrier		
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>cf aurantiacum</i>		(H. Perrier) Labat & G.E. Schatz		
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>danguyanum</i>		(H. Perrier) Labat & G.E. Schatz		-
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	<i>sp</i>		Tiegh		
ORCHIDACEAE	<i>Bulbophyllum</i>	<i>baronii</i>		Ridl.	+	+
PANDANACEAE	<i>Pandanus</i>	<i>sp1</i>		Parkinson		
PANDANACEAE	<i>Pandanus</i>	<i>sp2</i>		Parkinson		
POACEAE	<i>Nastus</i>	<i>aristatus</i>		H. Camus		+
PODACARPACEAE	<i>Podocarpus</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>humbertii</i>	Baker		+
PODOCARPACEAE	<i>Podocarpus</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>procerus</i>	Baker		+
PROTEACEAE	<i>Faurea</i>	<i>forficuliflora</i>		Baker		+
PTERIDACEAE	<i>Dicranopteris</i>	<i>sp</i>		Bernh		
RHIZOPHORACEAE	<i>Carallia</i>	<i>madagascariensis</i>		(DC.) Tul.		-
RHIZOPHORACEAE	<i>Cassipourea</i>	<i>sp</i>		Aubl.		
RUBIACEAE	<i>Antirhea</i>	<i>borbonica</i>		J.F. Gmel.		+
RUBIACEAE	<i>Coptosperma</i>	<i>sp</i>		Hook. F.		
RUBIACEAE	<i>Gaertnera</i>	<i>macrostipula</i>		Baker		-
RUBIACEAE	<i>Galeniera</i>	<i>sp</i>		Lam.		
RUBIACEAE	<i>Schismatoclada</i>	<i>aurea</i>		Homolle		+
RUBIACEAE	<i>Schismatoclada</i>	<i>cf thouarsiana</i>		(Baill.) Homolle		
RUTACEAE	<i>Vepris</i>	<i>cf macrophylla</i>		(Baker) I. Verd.		
SALICACEAE	<i>Casearia</i>	<i>nigrescens</i>		Tul.		+
SANTALACEAE	<i>Thesium</i>	<i>leandrianum</i>		Cavaco & Keraudren		+
SAPOTACEAE	<i>Faucherea</i>	<i>laciniata</i>		Lecomte		+
SAPOTACEAE	<i>Faucherea</i>	<i>manongarivensis</i>		Aubréville		-
SAPOTACEAE	<i>Faucherea</i>	<i>parvifolia</i>		Lecomte		+
SAPOTACEAE	<i>Faucherea</i>	<i>sp</i>		Lecomte		
SAPOTACEAE	<i>Faucherea</i>	<i>thouvenotii</i>		Lecomte		-
SARCOLAENACEAE	<i>Leptolaena</i>	<i>cf raymondii</i>		G.E. Schatz & Lowry		
SARCOLAENACEAE	<i>Sarcolaena</i>	<i>oblongifolia</i>		F. Gérard		+
VELOSIACEAE	<i>Xerophyta</i>	<i>sp</i>		Juss.		
VERBENACEAE	<i>Vitex</i>	<i>bojeri</i>		Schau		+
VERBENACEAE	<i>Vitex</i>	<i>chrysomallum</i>		Steud.		+

Liste arrêtée à 90 espèces réparties dans 67 genres et 46 familles de plante

7.4 COMPARAISON GENERALE DES SITES

- D'une façon très préliminaire, un tableau de comparaison entre le site d'Ambatovy et celui d'Ankera a été élaboré :

HORS SITE : VISITE DE RECONNAISSANCE
Du 26 au 29 septembre 2005

PARAMETRES	AMBATOVY / ANALAMAY	VOHIMANA - ANKERA	REMARQUES
Géologie	Basique et intrusion ultramafique	Intrusion ultramafique	Besoin d'autres informations de la part de l'équipe géologue (Franck Ny Onja, mercredi 05 Octobre 2005)
Roche mère	Péridotite, pyroxénite, gabbros mésocratique et syénite	Gabbros, pyroxenites, pyroxenolites entourées d'amphibolites	
Taille de l'intrusion	6 Km X 6 Km pour l'intrusion entière et deux intrusions ultramafiques de 3 Km X 3 Km	Intrusion circulaire d'environ 7 à 9 Km de diamètres	
Altitude	950 à 1100 m au-dessus du niveau de la mer	950 à 1193 m au-dessus du niveau de la mer	Généralement similaire mais voir les différences géomorphologiques (faible volume du massif d'Ankera)
Climat	1400 mm de précipitation de septembre à novembre, faible précipitation e saison sèche et brouillards	Influences alizés / pluies orographiques, importante précipitation horizontale (selon littérature, précipitation estimée entre 3000 à 4000 mm)	Besoins de re-confirimation des données sur la précipitation du site d'Ankera (excepté la variation entre le versant est et le versant sud-ouest)
Géomorphologie	Dégradation modérée avec plateau ferrugineux et pisolite sur versant	Pente modérée autour des montagnes avec domination de crêtes d'est à l'ouest.	La géomorphologie des deux sites est différente en terme de type de plateau ferrugineux à Ambatovy. Cependant à Ankera, une série de dépressions marécageuses témoigne que le terrain n'est pas humide partout.
Profil latéritique	Variable entre 30 à 100 m	Non déterminé réellement durant la première reconnaissance à cause de l'épaisseur et la solidité de la croûte ferrugineuse	Nécessité de plus de travail pour évaluer la nature de régo-lite entre la croûte et la roche mère. Ce point est particulièrement important du fait que le profil pourrait contenir le minerai d'intérêt
Croûte ferrugineuse	Croûte consolidée sur 2 à 3 m d'épaisseur sur le plateau	Croûte consolidée épaisse sur tous les périmètres visités (incluant la crête et le mi-versant)	Les deux sites montrent une croûte ferrugineuse qui semble être similaire dans sa morphologie générale. Besoin d'autres informations de la part de l'équipe géologue (Franck Ny Onja, mercredi 05 Octobre 2005)

PARAMETRES	AMBATOVY / ANALAMAY	VOHIMANA - ANKERA	REMARQUES
Sol et substrat	Natte de racine dense sur la croûte ferrugineuse et pisolite. Couche supérieure réduite au dessus de la latérite	Natte de racine dense et épaisse sur la croûte ferrugineuse. Epaisse couche supérieure incluant des mousses (typique des sols de forêts de montagne avec cycle de nutriment forte et lenteur relative de la transformation de l'azote comparées au autres sols forestiers)	En général, les sols d'Ambatovy sont nettement moins humides que celui d'Ankera et les arbres subissent plus de stress hydrique en saison sèche
Structure de la végétation forestière	Forêt dense rabougrie et bush sclérophylle azonale	Forêt azonale dense type rabougrie avec tapis de mousse	En général, une bonne similarité structurale semble émerger en terme de densité, diamètre, fréquence de distribution, architecture, hauteur mais des données manquent
Végétation ouverte	Sur et autour des marais saisonniers, et sur les plateaux anthropisés	Cuvettes ferrugineux avec la végétation marécageuse (Pandanus), croûte ferrugineuse consolidée avec seulement touffe (épaisse) et végétation au ras du sol	La végétation non – arbustive du site d'Ankera possède des caractères très primaires et contient probablement des espèces endémiques locales
Composition de l'ensemble de végétation	Incluent des associations d'espèces qui dominent dans la forêt azonale en terme d'abondance et incluent les endémiques locales (cependant, plusieurs espèces sont probablement aussi représentées dans les forêts de transition, des recherches de suivi sont nécessaires pour confirmer la liste des endémiques locales)	Les résultats de recherche d'échantillonnage de reconnaissance du MBG reçus le 15 Octobre. Il semble que la flore d'Ankera est sous régime de haute humidité et de forte précipitation et incluent plus d'éléments de la forêt orientale en contraste avec Ambatovy où la flore de plateau est tout à fait abondante.	En terme d'évolution, la distance de 70 Km entre les deux sites et la différence de position géographique est substantielle et provoque une évolution spatiale tout à fait différente en pression. La biogéographie doit être plus approfondie.
Étangs et Marais	Environ 50 étangs saisonniers, partiellement le résultat de la formation de fosses dans la croûte ferrugineuse	Cuvette de croûte ferrugineuse avec de l'eau stagnante sur le substrat de type hystosol	Seulement quelques uns ont été visités pendant le court exercice de reconnaissance et plus d'approfondissement doit être conduit pour évaluer la similitude de ces habitats secondaires azonaux.
Ruisseaux	Ruisseaux saisonniers et ruisseaux permanents dans les vallées avec des solides en suspension résultant des forages d'exploration et des routes. Les berges de la plupart d'entre eux ont été impactés par des	Ruisseaux permanents sur croûte ferrugineuse sans trace de solide évident même pendant la période de forte pluie. Des bords primaires, sans trace apparente d'impacts humains	Le système de ruissellement à Ankera contient une série d'habitats superbes qui devra être maintenue dans cet état primitif autant que possible.

Off-Site Conservation - Final Report (French) - October 21, 2005

Compiled by Pierre O. Berner

PARAMETRES	AMBATOVY / ANALAMAY	VOHIMANA - ANKERA	REMARQUES
	récoltes et des travaux de forage d'exploration de la mine		
Faune	Indri-Indri, Sifaka, petits mammifères, poissons endémiques, abondance d'herpès, oiseaux, arthropodes	Indri-Indri, herpès, et abondance d'autre faune (recherche requise)	Plus de travaux au sol ont dû être conduits pour évaluer la nature de la faune au site d'Ankera. Le déplacement de l'espèce d'Ambatovy à Ankera ne doit pas être vu comme option viable (voir également la remarque sous la rangée de composition en végétation).
Anthropisation	Cueillette, chasse, abattage, feux, forage d'exploration	Secteur primitif comprenant la végétation ouverte sans épisodes apparentes de feu (on a observé seulement un tavy isolé sur la pente Est de la montagne).	Une différence substantielle entre les deux sites qui placera Ankera en un potentiel site de conservation.
Biodiversité	Habitat en forêt azonale unique avec ses endémicités mais apparaissant probablement dans d'autres endroits dans la même région si des recherches approfondies sont réalisées	En incluant d'autres paramètres plus fiables pour présumer une biodiversité élevée (besoin d'autres études)	Pourrait bien être une hotspots de biodiversité à l'intérieur du corridor Zahamena- Mantadia en termes de végétation. Une hypothèse digne d'être examinée.
Statut de Conservation	Projet minier proposant un effort de conservation sur site de 20% de la forêt azonale (en rapport avec certains risques liés aux tailles des surfaces conservées et la proximité de la mine).	Partie prolongeant la limite orientale du corridor Mantadia - Zahamena, secteur actuellement sous le statut de conservation en termes de décret de la vision de Durban. Le secteur doit être mis sous un régime de gestion rigoureux de conservation si sa conservation doit être fixée à long terme.	Actuellement aucun effort de conservation sur le terrain
Potentiel de conservation	Important pour la protection de Torotorofotsy en tant que site Ramsar. Opérationnalité difficile pour la conservation à long terme étant donné la complexité de la divergence des besoins.	Sécuriser la conservation étudiée sur terrain est fortement désirée, réalisation facile si la pression anthropique est réduite	Mettre en application l'emplacement de site de conservation à Ankera pour augmenter le gain net de biodiversité au-delà de la durée du projet aurait constitué un scénario gagnant-gagnant pour le projet et les entités régionales en matière de conservation même.

7.5 CONCLUSION

- La similarité générale entre ces deux sites a été établie mais pour estimer son degré, des recherches ultérieures sur terrain seront nécessaires, notamment en ce qui concerne la flore et la faune.
- Néanmoins, et en fonction de cette généralité similaire, nous pensons que ce site devrait être retenu par les promoteurs du projet Ambatovy Nickel comme candidat de protection hors site de la forêt azonale sur cuirasse ferrugineuse comme une contribution au gain net à la biodiversité comme une mesure d'investissement environnemental allant au-delà des mitigations des impacts direct du projet minier.

VOLUME J

APPENDIX 1.1

ATTACHMENT 3

REPORT ON ACCESS AND DRILLING PAD DISTURBANCES

DYNATEC MADAGASCAR S.A.R.L.

CAMPAGNE DE FORAGE AMBATOVY RAPPORT DE FIN DE FORAGE

A DESTINATION DE
L'OFFICE NATIONAL POUR L'ENVIRONNEMENT ET DU
COMITE TECHNIQUE D'ÉVALUATION AD HOC



Pierre O. BERNER, Ph.D.

29 Novembre 2004

REMERCIEMENT

Ce rapport synthétise des informations qui ont impliqué la collecte et la compilation de données variées de monitoring environnemental et social, récoltées et dépouillées par une gamme de professionnels travaillant à Ambatovy. Dans ce contexte, nous tenons à remercier sincèrement les professionnels suivants qui ont contribué à ce rapport :

- Dr. Nirina Harisoa, Médecin au campement d'Ambatovy pour la Société DYNATEC
- Solomampionona Razafindramisa, Responsable de la réhabilitation
- Angelo Fanomezana Razafimamonjy, Biologiste, Coordinateur du monitoring environnemental
- Raoliharivao Andriamandimbisoa, Ing. des Mines, Gestionnaire des données géologiques
- Faly Tiana Rakotoheriroa, Ingénieur Géologue, Responsable de projet de monitoring
- Ny Onja Jean Franck, Ingénieur des Mines, Responsable de projet de monitoring
- Mamitiana Razanahoera, Géologue, Responsable de levés géo-référencés géologiques
- Aro Ratovonomenjanahary, Ingénieur Forestier, Assistante à la rédaction
- Mamy Patrick Randrianarison, Gestionnaire de données informatiques

TABLE DE MATIERES

1.	INTRODUCTION	1
1.1	<i>Attrait du Projet Minier de Nickel à Ambatovy</i>	1
1.2	<i>Contexte historique de l'exploration du gisement nickélifère d'Ambatovy</i>	1
1.3	<i>Joint venture DYNATEC-PDM (DYNATEC MADAGASCAR S.A.R.L.)</i>	2
1.4	<i>Objectifs de la campagne de forage de DYNATEC</i>	2
1.5	<i>Envergure de la campagne de forage de DYNATEC</i>	3
2.	ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL CAMPAGNE DE FORAGE 2003-2004	3
2.1	<i>Enjeux environnementaux</i>	4
2.2	<i>Enjeux sociaux</i>	4
2.3	<i>Prévision de l'impact et mesures de mitigation</i>	5
2.4	<i>Surface forestière affectée et seuil de tolérance de fragmentation</i>	6
2.5	<i>Cahier des charges, directives et attentes</i>	6
3.	DÉROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE FORAGE	8
3.1	<i>Phase initiale</i>	8
3.2	<i>Phase de rectification</i>	9
3.3	<i>Phase de forage géotechnique et hydrogéologique sur site minier</i>	9
3.4	<i>Forage géotechnique et hydrogéologique sur sites potentiels de parc à résidus à Antanandava, site de l'usine de traitement et port de Toamasina</i>	10
3.5	<i>Rapports soumis</i>	10
4.	ÉVALUATION DES IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX	11
4.1	<i>Volume de bois</i>	11
4.2	<i>Campagne de mensuration des surfaces impactées</i>	11
4.3	<i>Périmètre de forage et types de végétation</i>	11
4.4	<i>Pistes de forage</i>	12
4.5	<i>Plates-formes</i>	13
4.6	<i>Fragmentation de la forêt</i>	14
4.7	<i>Forages géotechniques et hydrogéologiques à Ambatovy</i>	14
4.8	<i>Forages géotechniques et hydrogéologiques à Antanandava et Toamasina</i>	14
4.9	<i>Auto-évaluation de conformité environnementale</i>	15
5.	PROTOCOLE D'ACCORD CIREEF	21
5.1	<i>Statuts du protocole</i>	21
5.2	<i>Gestion forestière</i>	21
6.	ACQUISITION FONCIÈRE	22
6.1	<i>Dossier d'acquisition</i>	22
6.2	<i>Superficies et affectations</i>	23
7.	RESTAURATION DES SITES	23
7.1	<i>Objectifs de la Restauration</i>	23
7.2	<i>Concept écologique</i>	24
7.3	<i>Choix des sites prioritaires</i>	26
7.4	<i>Déroulement des opérations</i>	26
7.5	<i>Avance de la campagne de restauration</i>	27
7.6	<i>Perspectives futures</i>	28
8.	ASPECT SOCIAUX	28
8.1	<i>Pratique de recrutement</i>	28
8.2	<i>Santé publique</i>	30
9.	CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	30

ANNEXES

ANNEXE - I : Carte de localisation des sites de forages

ANNEXE - II A et II B : Cartes de localisation des sites de forages Ambatovy et Analamay

ANNEXE - III : Carte de localisation des pistes d'accès Ambatovy - Analamay

ANNEXE - IV A et IV B : Cartes de végétation simplifiée Ambatovy et Analamay

ANNEX - V : Carte de végétation détaillée d'Ambatovy et Analamay

ANNEXE - VI A et VI B : Cartes de l'avancement de la réhabilitation à Ambatovy et Analamay

ANNEXE - VII A et VII B : Images satellites IKONOS d'Ambatovy et Analamay

1. INTRODUCTION

1.1 *Attrait du Projet Minier de Nickel à Ambatovy*

L'importance du nickel dans le monde est considérable, quoique son histoire soit relativement récente. En effet, le nickel a été raffiné pour la première fois en 1751, ce qui est contemporain comparé au cuivre et au zinc, qui furent déjà exploités du temps de l'Égypte ancienne. A l'heure actuelle, le nickel est exploité dans 23 pays dont les plus importants sont la Russie, le Canada, la Nouvelle Calédonie, l'Australie, l'Indonésie, Cuba et la République Dominicaine.

Le nickel a la propriété particulière de former des alliages avec les aciers en réduisant leur corrodabilité et en améliorant leur résistance. Ainsi, 65% de la production mondiale du nickel dans le monde est absorbée par la fabrication d'aciers inoxydables. Récemment, la demande en Nickel sur le marché mondial a atteint un volume de 1,3 millions de tonnes, ce qui signifie que la demande surpasse de loin l'offre. En outre, l'industrialisation rapide des nations fortement peuplées telles que le Brésil, la Russie, l'Inde et la Chine vont vraisemblablement maintenir la croissance de cette demande.

La défaillance des projets de nickel latéritique en Australie dans les années 90 et le retard de la mise en œuvre du projet canadien de Voisey's Bay ont considérablement affecté l'offre espérée. En concordance avec le dynamisme de l'offre et de la demande et en fonction d'autres facteurs (hausse des prix de l'énergie et des aciers), le nickel a connu une hausse considérable de son prix dans les dernières années. En vue de cette conjoncture favorable pour les producteurs de nickel, plusieurs projets d'exploitation sont entrés dans une compétition sévère pour développer des études aboutissant à des faisabilités bancaables dans le but d'attirer les investisseurs. En ordre de capacité, nous énumérons sous forme non exhaustive quelques projets miniers de nickel en compétition :

Tableau n° 1 : Projets miniers de nickel en phase de développement dans le monde

Propriété	Localisation	Capacité (kt/an)	Année mise en production	Propriétaire principal	Document de support
Goro	Nouvelle Calédonie	55	2009	Inco	Rap. trim. 2004(3)
Voisey Bay	Canada	35-50	2006	Inco	Rap. trim. 2004(3)
PTI	Indonésie	18	2009	Inco	Rap. trim. 2004(3)
Nonoc	Philippines	41	Non-annoncé	Philnico	Communiqué de presse 2000(May 30)
Koniambo	Nouvelle Calédonie	60	Non-annoncé	Falconbridge	Web site (2003)
Onca Puma	Brésil	27	Non-annoncé	Canico	Web site (Hatch study)
Divers	Nouvelle Calédonie	15	2004-2007	Eramet	Nickel conf 2004
Ravensthorpe	Australie	50	2007	Billiton	Communiqué de presse 2004

Dans ce contexte compétitif, la Joint Venture DYNATEC - Phelps Dodge (DYNATEC) a mis sur pied un programme d'exploration de la ressource nickélifère inférée d'Ambatovy – Analamay pour aboutir à l'évaluation mesurée de la ressource des gisements exploitables, dans le but de préparer une étude de faisabilité bancaire. L'attrait de ces gisements nickélifères d'Ambatovy et d'Analamay est incontestable et il va sans dire que le calendrier de soumission de l'étude de faisabilité est un facteur décisif dans la course pour obtenir des investissements.

1.2 Contexte historique de l'exploration du gisement nickélifère d'Ambatovy (PDM)

La découverte du gisement latéritique nickélifère par le Service Géologique de Madagascar en 1960, suivie par une campagne d'échantillonnage du substrat entreprise par le Bureau de Recherche Géologique et Minière en 1962, ont constitué les travaux d'exploration préliminaires sur ce site ultramafique. Entre 1970 et 1972, le consortium Groupement d'Etude de Nickel de Moramanga (GENIM) a réalisé une campagne de forage méticuleuse qui a abouti à une estimation inférée de la ressource minérale des gisements d'Ambatovy et Analamay.

Entre 1995 et 1997, Phelps Dodge Madagascar S.A.R.L. (PDM) a revitalisé les dossiers d'exploration sur le site d'Ambatovy et Analamay, et basé sur un permis d'exploration, a réalisé une nouvelle campagne de sondage. En utilisant l'expérience GENIM, PDM a resserré considérablement la maille des points de forage par rapport aux mailles antérieures et a, en outre, concentré les travaux sur des périmètres ciblés, notamment dans la région d'Ambatovy, mais sans pour autant négliger Analamay. Il est à noter que PDM était une société de droit malgache, filiale de la société mère Phelps Dodge Corporation basée à Phoenix USA, qui est le deuxième producteur mondial en cuivre, le premier producteur mondial de molybdène et un acteur mondial principal en transformation industrielle de cuivre et de molybdène. De plus amples informations peuvent être recueillies du site web www.phelpsdodge.com.

1.3 Joint venture DYNATEC-PDM (DYNATEC MADAGASCAR S.A.R.L.)

En août 2003, DYNATEC et PDM ont signé un agrément de consortium (Joint Venture) pour la mise en oeuvre du projet Ambatovy Nickel. La société créée pour la mise en œuvre de ce projet par la Joint Venture répond au nom de AMBATOVY MINERALS S.A., domiciliée, selon le permis, à VV 197 DH, Manakambahiny, BP-6011 ANTANANARIVO 101. DYNATEC Madagascar S.A.R.L. ayant son siège administratif au Village des Jeux, ANKORONDRANO, BP-12085 (Poste Zoom Akorondrano), ANTANANARIVO 101, Madagascar.

Le partenariat est propice : DYNATEC apporte 50 ans d'expérience et d'expertise hydro-métallurgiques et Phelps Dodge, qui a possédé et développé le projet depuis 1995, apporte toute l'expertise requise en matière de mine. En conduisant l'étude de faisabilité bancaire ainsi que l'étude d'impact environnemental, DYNATEC a acquis 53% du projet.

Avec une ressource minérale en nickel et cobalt estimée à 190 millions de tonnes, avec des teneurs d'environ 1.1% de nickel et 0.10% de cobalt, Ambatovy-Analamay a la potentialité de devenir une des principales exploitations minières nickélifères du monde, avec une production significative de cobalt. Selon les résultats préliminaires de la campagne d'exploration menée en 2003/2004, la production annuelle vise à atteindre 60 000 tonnes de nickel et 5 000 tonnes de cobalt pour une période de 20 ans. De plus amples informations à ce sujet sont disponibles sur le site web www.dynatec.ca.

Bien entendu, l'exploitation du gisement d'Ambatovy-Analamay est vue comme une opportunité économique importante pour DYNATEC, avec des répercussions économiques et sociales avantageuses pour Madagascar tout en maintenant des coûts environnementaux raisonnables.

Les objectifs de cette Joint Venture sont de:

- créer et maintenir à long terme pour ses actionnaires et ses employés une source de revenus attractive en minimisant, dans la mesure du possible, les coûts sur l'environnement physique, biologique et social ;
- conduire les opérations en conformité avec les codes légaux malgache et internationale, avec le plus haut degré d'engagement éthique environnemental et social ;
- se conformer aux normes de pointe de sécurité et de précaution pour la protection de ses employés, du public et de l'environnement ;
- promouvoir ces principes à travers la formation, la participation, la supervision et le monitoring régulier.

1.4 Objectifs de la campagne de forage de DYNATEC

En premier lieu, la campagne de forage suit l'objectif d'aboutir à l'évaluation mesurée de la ressource nickélifère d'Ambatovy-Analamay dans le but d'obtenir le niveau de précision requise pour l'élaboration d'un projet d'étude de faisabilité bancaire à soumettre aux investisseurs.

Obtenir ce niveau de précision requise est un processus strict qui suivra des directives protocolaires bien établies. La campagne de forage DYNATEC a visé de suivre les normes de l'Institut Canadien de la Métallurgie sur les définitions relatives aux ressources et réserves de minerais émises par le Comité Continu de cet institut. Ces directives sont mises à jour périodiquement par le Comité et peuvent être téléchargées du site web www.cim.org. Le lecteur doit être conscient de l'existence de l'Instrument National Canadien 43-101 qui gouverne et établit les standards pour toutes informations publiquement diffusées en matière scientifique et technique concernant les projets minéraux. Tout en se conformant à l'Instrument National 43-101, la compagnie DYNATEC suivra également les normes équivalentes, appliquées aux États-Unis (Sec. Exchange Act, guide 7) Jusqu'à présent, les données d'estimation de la ressource nickélifère d'Ambatovy-Analamay produites par DYNATEC ont connu deux processus d'audits externes indépendants (Watts Griffith et Harry Parker) et DYNATEC a reçu l'aval des deux compagnies selon les normes canadiennes et américaines.

En second lieu, et comptant sur le matériel et les infrastructures adéquats pour le forage, la campagne de forage d'exploration a également réalisé quelques forages géotechniques et hydrogéologiques additionnels. Les forages géotechniques ont permis d'évaluer les propriétés statiques du substrat du site de l'usine de préparation de slurry (boue épaisse). Les forages hydrogéologiques ont été nécessaires pour l'établissement de modèles hydrogéologiques requis par l'étude d'impact du futur projet minier.

1.5 Envergure de la campagne de forage de DYNATEC

Due à l'importance du gisement, estimé par PDM à environ 190 millions de tonnes (chiffre équivalent inféré par GENIM), et pour aboutir à son évaluation précise conformément à la norme de l'Institut Canadien de la Métallurgie sur les définitions relatives aux ressources et réserves de minerais, le projet de forage devait avoir une envergure en conséquence. Le nombre de trous proposés allait se situer entre 550 et 600 trous. En outre, le forage devait comporter un nombre suffisant de trous disposés à des endroits stratégiques pour permettre les vérifications statistiques des forages antérieurs, et ainsi pouvoir inclure les résultats antérieurs dans la mesure du possible et selon les normes établies et les directives des audits.

A cet effet, le forage envisagé devait comprendre une maille de forage fixée a priori à 100 mètres. Dans la pratique et étant donnée que la nouvelle maille inclurait les mailles antérieures GENIM et PDM, la densité à Ambatovy allait varier de 75 à 100 mètres, en étant maintenue à 100 mètres pour Analamay où PDM n'avait pratiquement pas fait de forage. Avec ce design, un réseau de pistes d'environ 40 kilomètres devait être nécessaire. De ces 40 kilomètres, 32,5 kilomètres allaient être nouvellement ouvertes par DYNATEC. Ainsi, 7,5 kilomètres de pistes allaient être greffées sur l'empreinte routière de la campagne de forage PDM (et à un niveau inférieur sur celle de GENIM, chiffre inconnu puisque nous ne connaissons pas l'empreinte PDM sur GENIM).

Par contraste, avec 6 trous géotechniques et 10 trous hydrologiques principaux, la campagne de forage complémentaire est d'envergure considérablement plus faible. En outre, tous ces forages se situent sur des pistes d'explorations DYNATEC existantes à l'exception d'une brette de raccordement de 30 mètres au-delà de la route sur végétations secondaires et d'un raccordement d'environ 300 mètres sur une ancienne route GENIM à végétations ligneuses secondaires.

La campagne de forage d'exploration sur le site du parc à résidus à Antanandava, sur les sites potentiels de l'usine de traitement et du port de Toamasina n'était pas clairement planifiée au départ de

l'opération d'exploration de DYNATEC et ne figurait pas dans les objectifs initiaux de la campagne. En effet, à cette époque les emplacements des différentes composantes du projet se trouvaient en processus d'identification. Une fois les sites identifiés, la nature des travaux d'exploration fut décidée et les demandes de forage additionnel furent soumises à l'ONE.

2. ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL CAMPAGNE DE FORAGE 2003-2004

Le projet d'exploration minière, exigeant la réalisation d'une campagne de forage en milieu écologique sensible, a été dans l'obligation de fournir une étude d'impact environnemental d'exploration, conformément au cadre fixé par la loi MECIE et le Code Minier. Les enjeux environnementaux et sociaux ainsi que les impacts ont été identifiés comme suit :

2.1 *Enjeux environnementaux*

Les gisements nickélifères latéritiques d'Ambatovy et d'Analamay sont situés à l'intérieur d'une ancienne intrusion plutonique, caractérisée par une mosaïque ovoïde complexe contenant de la syénite, des gabbros mésocratiques et des gabbros mélanocratiques. En effet, à l'intérieur de cette lentille étendue, les deux intrusions ultramafiques de péridotite, à concentration importante de nickel, constituent la base des gisements latéritiques nickélifères d'Ambatovy et d'Analamay. Des processus d'érosion de cette roche mère ultramafique s'étalant sur des échelles de temps géologiques sont à la base de la formation du profil latéritique d'intérêt dans lequel le nickel et le cobalt se sont concentré dû à leurs insolubilités. Dû à des processus d'oxydation-réduction dynamiques et complexes, une cuirasse ferralitique de concrétions pisolithiques s'est formée sur la couche supérieure du profil latéritique (d'où le nom Ambatovy ou roche ferrugineuse).

En fonction de la particularité chimique des argiles latéritiques résultant de la décomposition de la roche mère ultramafique et des propriétés mécaniques particulières de la cuirasse ferralitique et des poches pisolithiques, des formations forestières atypiques ou a-zonales ont évolué sur les plateaux d'Ambatovy et d'Analamay. Ces forêts a-zonales se caractérisent par les aspects suivants :

- Structure forestière caractérisée par des peuplements ligneux denses et rabougris avec des arbres développant des architectures noueuses.
- Composition des espèces caractérisées par des statistiques d'abondances qui diffèrent substantiellement de la matrice forestière zonale, typique de la région, avec une dominance d'espèces sclérophylles.
- Occurrence d'espèces d'endémicités caractéristiques de formation ultramafique avec espèces contraintes au complexe d'Ambatovy-Analamay (endémiques locaux).

En outre, en divers endroits des plateaux ferralitiques d'Ambatovy et d'Analamay, l'infiltration de l'eau à travers la cuirasse a formé des cavités dans la couche latéritique adjacente avec des effondrements subséquents de la cuirasse produisant des puits caractéristiques. Par le bouchonnement des capillaires au fond des puits produits par la matière organique en milieu anaérobique, des étangs saisonniers se sont développés qui constituent aujourd'hui des biotopes particuliers et sensibles.

Ainsi, les enjeux environnementaux dominants dans le périmètre de la campagne de forage sont constitués par la présence d'une forêt a-zonale à grande unicité et par l'existence d'étangs saisonniers sensibles. L'étude d'impact de forage s'est proposée d'identifier clairement les enjeux antérieurement esquissés et mitiger les impacts en réduisant la destruction et la fragmentation de la forêt dans la mesure du possible.

2.2 Enjeux sociaux

Etant donnée la nature essentiellement forestière des plateaux d'Ambatovy et d'Analamay, caractérisés par des substrats ferrallitiques non propices à l'agriculture sur brûlis, aucun hameau ou habitation ne se sont développées dans le périmètre de forage. En outre, dû à la géomorphologie accidentée de la région et à son enclavement par rapport aux grandes vallées adjacentes productrices de riz, les zones périphériques des plateaux d'Ambatovy et d'Analamay n'ont été que faiblement affectées par le tavy et ont ainsi gardé leurs aspects forestiers. Malgré l'écroulement des forêts par des exploitations irrationnelles répétées, les occupations secondaires des terres par des immigrants suivant les pistes de débardage constituent un phénomène sporadique de faible proportion dans la région du projet. Ainsi, ces zones ne sont pratiquement pas peuplées. Néanmoins, la quasi inexistence de la population dans la région de forage n'exclut pas l'importance de ces forêts pour la subsistance des populations riveraines qui exercent leurs droits coutumiers sur les ressources naturelles forestières (bois d'œuvre et de chauffe, écorce, miel, plantes médicinales et chasse). Ainsi, le maintien de la forêt a également une forte composante socio-économique directe à prendre en considération.

Si les enjeux sociaux relatifs à l'occupation des terres recouvrant le gisement ne sont guère pertinents dans le contexte du forage, d'autres enjeux sociaux méritent d'être mentionnés. En effet, une campagne de cette envergure dans l'espace et dans le temps implique des responsabilités de la part de l'employeur en matière d'emploi, de santé et d'hygiène, de sécurité au travail, d'intégration et de respect transculturel.

2.3 Prévision de l'impact et mesures de mitigation

Etant donné le contexte nettement forestier du milieu de travail de la campagne de forage à Ambatovy, les impacts sociaux calculés par le projet, quoique importants, jouent un rôle secondaire comparé aux impacts environnementaux. En effet, un respect du cadre légal, social (notamment au sein des communautés riveraines) et coutumier permet de répondre aisément à ces préoccupations sociales.

Sur le plan environnemental, et selon les expériences acquises au cours des travaux de forage PDM, la campagne de forage entraîne forcément un morcellement de la forêt a-zonale d'Ambatovy et Analamay. Dans l'EIE, ce morcellement est désigné comme une fragmentation, un terme correct qui risque cependant de mener à certaines confusions. En général, la fragmentation des forêts constitue d'abord une réduction de la connectivité des massifs forestiers entre eux avec des répercussions irréversibles sur le flux des gènes et par conséquent, un affaiblissement des populations faunistique et floristique et pertes de la biodiversité forestière. La fragmentation à cette échelle des paysages est une préoccupation écologique bien documentée par la communauté scientifique en matière de conservation à Madagascar («landscape ecology»).

Contrairement à la fragmentation à niveau des paysages («landscape-level fragmentation») notamment due à la pratique du tavy (constatée par exemple dans la région située entre la vallée du Mangoro et le parc national de Mantadia), le morcellement des forêts a-zonales d'Ambatovy et d'Analamay dû au forage équivaut à un type de fragmentation beaucoup plus fine en blocs résiduels ne dépassant pas 100 sur 100 mètres («stand-level fragmentation»). Cette fragmentation qui se joue ainsi à une échelle plus restreinte crée un type différent d'impact plus axé sur le dynamisme des peuplements forestiers que sur la connectivité des massifs forestiers. Néanmoins, ce morcellement risquerait, dans ce cas particulier, de mettre en cause l'intégrité de la forêt a-zonale si les dégâts n'étaient pas mitigés proprement. Par enchaînement et si la restauration de la forêt a-zonale n'était pas réalisée en bonne et due forme, le effondrement de cette forêt pourrait être à la base d'une fragmentation postérieure à niveau des paysages. (Pour comparaison entre la fragmentation à niveau de paysage et à niveau de peuplement, voir).

Le morcellement dû au forage se manifeste d'abord par l'ouverture de nouvelles pistes et ultérieurement par l'augmentation des lisières forestières correspondant au double de la longueur totale des routes plus toutes les circonférences des plates-formes, soit plusieurs dizaines de kilomètres de nouvelles

lisières. La lisière constitue un écotone, soit un habitat de transition dans lequel les régimes de lumière et d'humidité se différencient dramatiquement à ceux de la forêt primaire. Le changement du régime physique de ces nouvelles stations implique un changement rapide de la composition et de la structure de ces écotones de lisière. Ces changements s'expliquent comme suit :

- En lisière, perte d'arbres résiduels de taille mature par le vent (réduction de la stabilité de la forêt par l'ouverture latérale de la canopée) et par l'insolation sur l'écorce brusquement exposée (détérioration du cambium, affaiblissement de l'arbre et mort par infection secondaire). La perte d'arbres résiduels amenuise la couverture forestière de l'écotone et entraîne un changement additionnel du régime de lumière et d'humidité des sols.
- L'augmentation de la lumière en lisière de forêt provoque une dessiccation des sols, la mortalité d'une gamme de plantules forestières des sous-bois vivant en milieux humide et ombreux et favorise l'établissement d'espèces héliophiles aux dépens des espèces forestières autochtones. En effet, les espèces héliophiles envahissantes sont en général des espèces pionnières à graines très volatiles qui proviennent d'autres sites déjà perturbés (chablis, bord de routes, autres lisières) et colonisent agressivement les sites récemment découverts. Ces espèces colonisatrices sont souvent représentées par des espèces pionnières non endémiques (graminées, lantana), ce qui favorise l'invasion générale d'espèces exotiques non désirables en forêt.
- Ces changements ont lieu sur un périmètre non négligeable à l'intérieur de la lisière (10 à 20 mètres). Ainsi, si la maille du réseau routier de forage est serrée et que les pistes sont larges (> 4 mètres), la forêt résiduelle entière risque de succomber à ces changements.

Par conséquent, la fragmentation (causée d'abord par la perte de l'habitat forestier primaire en vue de l'ouverture de pistes et de plates-formes et ultérieurement causée par la modification des lisières résiduelles) constitue une menace pour la stabilité de la forêt a-zonale et entraîne un appauvrissement de la biodiversité. Etant donné que la forêt a-zonale est d'une importance écologique particulière pour Madagascar due à son unicité, sa perte doit être évitée autant que possible par un travail de restauration rapide et efficace. La rapidité de la restauration sur les sites critiques est importante pour enrayer le processus irréversible de l'érosion sur les routes compactées et créer rapidement un rideau végétal protecteur pour réduire l'effet de lisière susmentionné.

Ainsi, les travaux de mitigation préconisés par DYNATEC et basés sur l'expérience PDM visent à contrôler l'érosion sur les surfaces défrichées par la préparation du site, la construction de canaux de drainage et la plantation d'espèces ligneuses adaptées. Une fermeture rapide des surfaces dénudées avec une végétation ligneuse enrayer la colonisation non désirée d'espèces envahissantes (graminées, fougères), souvent exotiques d'ailleurs (Lantana, Rubis). Pour que les effets de contrôle d'érosion et de maintien d'un régime de faible lumière en lisière soient efficaces, il est crucial que cette restauration soit exécutée avec soin et grande rapidité.

2.4 Surface forestière affectée et seuil de tolérance de fragmentation

Le permis d'exploration PDM (R-459-10/05/95) revitalisé par Ambatovy MINERALS S.A. (DYNATEC-JV) sous le permis de recherche n° R-459-08/07/03) donne droit aux prospections sur un périmètre minier de 23 carrés de 2,5 kilomètres de côté, équivalent à une surface de 14 375 hectares, principalement située sur la carte FTM 1 :100 000 R47 dans la province de Toamasina et est valable pour une durée de 15 ans à compter du 10/05/95.

Cependant, la surface relative à l'étendue du gisement touchée par le forage de DYNATEC se limite à 843 hectares dont 361 hectares à Ambatovy et 482 hectares à Analamay. Selon le document de l'EIE de l'exploration soumis, la surface forestière potentiellement affectée par le forage a été estimée à 800 hectares. Ainsi, à l'époque, la surface non forestière incluse dans le périmètre de forage a été estimée à 43 ha, par déduction. De cette surface, un taux de fragmentation de 1.5% est toléré, toujours selon l'EIE.

Les impacts directs sur la forêt a-zonale sont ceux causés par les défrichements pour l'installation de pistes et de plates-formes et sont relativement faciles à quantifier et à mitiger. Par contre, les impacts indirects causés par la progression ultérieure de la lisière entraînant l'invasion des espèces héliophiles non désirées sont difficiles à quantifier. Nous connaissons cependant le phénomène et préconisons une restauration diligente pour freiner rapidement le processus de grignotage de lisière. Il va de même pour les impacts indirects causés par les effets des exploitations illicites des arbres de forêts par tiers profitant de l'ouverture des pistes pour le prélèvement de bois. Ce phénomène était courant au cours de la campagne PDM des années 1996 à 1998 et a été bien documenté à l'époque, sans que les impacts écologiques aient été quantifiés pour autant. Depuis 1989, les coupes sont sporadiques mais constituent toujours un certain grignotage anthropique le long des pistes. Les séquelles écologiques de ces coupes sont bien entendues toujours visibles, notamment dans les forêts limitrophes zonales et de transition plus propices aux espèces forestières désirées mais sans exclure la forêt a-zonale (invasion de lianes héliophytes, élimination d'essences désirées de bonne qualité). Ces impacts n'ont jamais été quantifiés. Par conséquent, dans l'évaluation des impacts résumée dans ce rapport, les taux de fragmentations estimés se rapportent uniquement sur les surfaces impactées directement par les pistes et plates-formes de forage et ne tiennent pas en considération les impacts indirects.

2.5 Cahier des charges, directives et attentes

En date du 05 Novembre 2003, le dossier d'étude d'impact environnemental du projet d'exploration de nickel et de cobalt dans le gisement d'Ambatovy-Analamay soumis par DYNATEC a reçu une évaluation favorable par les autorités administratives environnementales. En effet, le permis environnemental relatif à la mise en œuvre de ce projet d'exploration a été octroyé sous réserve de l'exécution du cahier de charges environnementales faisant partie intégrante dudit permis.

En premier lieu, le cahier de charges environnemental (CCE) stipule les dispositions générales et par la suite donne des directives précises quant au suivi environnemental. Ceci implique une gamme d'actions requises par le promoteur. Par la suite, nous synthétisons les clauses et résumons les activités requises. Dans le chapitre 4.9 nous ferons un bilan de conformité.

Dans les dispositions générales, nous retiendrons qu'au cas où la mine devait se développer, le nouveau CCE relatif à l'EIE d'exploitation plus générale et plus développée réalisée à cet effet primera pour les parties qui s'imposent sur les engagements du promoteur dans le présent CCE. Ce point risque d'avoir des répercussions quant à la campagne de réhabilitation qui prendra, par la force des choses, une autre tournure dans le temps et dans l'espace au cas où la mine devait se faire. En attendant, et suivant la directive de réhabilitation post-forage du CCE (point 2.3), il est bien clair que tant que la décision concernant l'exploitation de la mine est en instance, la reconstitution des sites après la fin de la campagne suivra son cours en respectant la stratégie des sites prioritaires (bord du gisement – érosion, voir chapitre ... de ce rapport).

En outre, dans les dispositions générales du CCE, le nombre et le type de trous ont été déterminés dans ce document, de façon comme suit :

- 9 trous Caldwell
- 15 trous hydrauliques
- 5 tranchées
- 75 forages Ambatovy ouest
- 32 forages Ambatovy sud-est
- 64 forages Ambatovy central
- 370 forages Analamay

Tableau n° 2 : Synoptique des clauses du CCE et actions requises par le promoteur

N°	CLAUSES CAHIER DE CHARGES ENVIRONNEMENTALES DU 05 NOV. 2003	ACTIONS REQUISES PAR LE PROMOTEUR
1.	DISPOSITIONS GENERALES	
1.1	Octroi du permis environnemental	Pas d'action
1.2	Prépondérance du CCE envers le dossier EIE	Exécuter les directives du CCE
1.3	Primauté du CCE du futur projet minier	Décision ouverte quant à la future mine
1.4	Identification des trous de forage	
1.4.1	Liste des trous de forage prévus	Faire un suivi de mise à jour
1.4.2	Extension du site d'exploration	Déclarer forage additionnel Côte Est
1.5	Dispositions légales de construction	Faire constat, présenter rapport campement
1.6	Plan d'ouverture des routes	Faire constat, présenter informations CIREEF
1.7	Cohabitation avec la population locale	Mettre sur place agent communautaire
1.8	Rapports de suivi environnemental	Rédiger et soumettre les rapports
1.9	Cas du non-respect des prescriptions du CCE	Faire constat des écarts a priori => informer
1.10	Expertise tiers des ONGs par le CTE	Maintenir contact avec ONGs régionales
1.11	Clause de modification du CCE par l'ONE	Communiquer écarts au CCE => addendum
2.	SUIVI ENVIRONNEMENTAL	
2.1	Réhabilitation Phase Préparatoire	
2.1.1	Conservation sols forestiers après décapage	Evaluer faisabilité technique => informer
2.2	Réhabilitation Phase Forage	
2.2.1	Mesures d'atténuations proposées dans EIE	Faire un suivi et présenter le bilan
2.2.2	Enregistrement des volumes de bois	Faire un suivi et présenter le bilan
2.2.3	Remblayage des trous Caldwell et tranchées	Faire un suivi et présenter le bilan
2.2.4	Rapport technique sur la révégétalisation	Inclure volet revégétation dans les rapports
2.3	Réhabilitation Phase Post-Forage	
2.3.1	Reconstitution d'office des sites	Réaliser restauration selon priorités du CCE
2.3.2	Préparation des sols pour décompactage	Faire un suivi et présenter le bilan
2.3.3	Stabilisation des sites et fertilisation par BRF	Faire un suivi et présenter le bilan
2.3.4	Revégétation avec essences adaptées	Faire un suivi et présenter le bilan
2.4	Plan de gestion forestière	Etablir consensus avec CIREEF
2.5	Plan social	
2.5.1	Appui aux communautés riveraines	Maintenir médecin disponible localement
2.5.2	Politique de recrutement	Assurer recrutement local tant que possible
2.6	Plaintes et éloges	
2.6.1	Registre de plaintes et éloges	Mettre sur pied registre, faire suivi => bilan
2.7	Gestion des déchets	
2.7.1	Assainissement du village minier	Réaliser et présenter rapport de campement
2.7.2	Déchets du village minier	Réaliser et présenter rapport de campement
2.8	Phase de fermeture du projet	
2.8.1	Audit environnemental	Préparer audit de clôture en 2005

Ceci correspond à un total de 570 trous, en supposant que toutes ces interventions puissent adopter la nomenclature de trous, ce qui n'est bien entendu pas le cas.

Une telle campagne de forage, visant à mesurer la ressource en suivant une procédure stricte, devra maintenir une certaine flexibilité quant à la disposition spatiale finale des trous de forage ainsi qu'à l'approche finale des prélèvements (tranchées, trous Caldwell). En effet, le processus d'analyse se fait au fur et à mesure de la campagne et suit une procédure itérative. Ainsi, les résultats préliminaires des forages sont retro-alimentés aux géologues responsables du design du forage qui adapteront constamment la prise de données. De ceci résulte une variation modérée de la nature, de la réalisation spatiale et temporelle des trous ainsi que de leurs nombres. Dans le chapitre 4.9, ces points seront discutés amplement, et un bilan de conformité sera présenté.

En ce qui concerne les clauses du CCE relatives au suivi environnemental, nous retiendrons qu'en début de la campagne de forage, les réalités météorologiques et techniques ont imposé des contraintes ne permettant pas de travailler en accord avec les directives émanant de l'EIE d'exploration. Cet aspect a été identifié par l'ONE et par le promoteur en tandem et un projet d'addendum à l'EIE a été présenté en bonne et due forme aux autorités environnementales (CTE, ONE) au mois de février 2004.

3. DÉROULEMENT DE LA CAMPAGNE DE FORAGE

Pour illustrer ce chapitre, prière se référer aux ANNEXES I, II A et II B et III.

3.1 *Phase initiale*

En fonction de la grande compétitivité internationale de compter rapidement avec des estimations de la ressource minière du gisement d'Ambatovy et Analamay pour produire rapidement une étude banquable de faisabilité, la phase initiale de la campagne de forage était inscrite sous un agenda de grand empressement. En effet, une multitude d'activités complexes ont été réalisées en parallèle en un temps record, à savoir : apport d'un matériel considérable de forage provenant d'endroits divers (USA, Canada, Arabie Saoudite, Afrique du Sud), libération douanière souvent liée à des procédures compliquées, recrutement du personnel international et national, installation du campement, ouverture des pistes et préparation des plates-formes, mise sur pied de structure administrative et de gestion, apprentissage technique des foreurs devant travailler sous des conditions topographique, météorologique et pédologique difficile.

Cette conjoncture a eu des répercussions négatives sur le déroulement optimal de la campagne de forage dans sa phase initiale. En effet, il a été rapidement constaté qu'avec l'équipement de forage disponible, les précipitations abondantes en saison de pluie, la nature argileuse du substrat et un relief très accidenté, les directives environnementales agréées dans l'EIE ne pourraient être effectuées.

A la fin de l'année 2003, la campagne de forage a été réévaluée et en janvier 2004, une phase de réajustement a été instaurée.

3.2 *Phase de rectification*

Dans un premier lieu, les rectifications instaurées en janvier 2004 ont consisté à faire un diagnostic interne sur les approches techniques d'ouvertures de piste et de forage choisies ainsi que la réalisation des travaux sur terrain dans le but de mitiger les impacts. Ces mesures ont d'abord comporté la diffusion des normes de sécurité et environnementales, l'encadrement sévère des foreurs et des aides foreurs et le monitoring sur terrain. Ensuite, une série d'options de mitigation des impacts variant du choix d'équipement jusqu'au déplacement ou l'annulation du trou de forage ont été développés. Ces mesures ont rapidement conduit à une nette amélioration de la situation et ont créées un dynamisme positif qui a permis un dialogue plus approfondi entre le promoteur et les autorités environnementales.

En février 2004, il a été cependant réalisé que les mesures préconisées n'arriveraient pas à aboutir à une entière conformité avec les directives de l'EIE, étant donné que certaines réalités techniques et du milieu n'avaient pas été diagnostiquées correctement au départ. Cette situation a mené le promoteur à

mettre sur pied un projet d'avenant à l'étude d'impact de forage visant à discuter et mitiger les impacts additionnels dus aux pistes d'accès et plates-formes de forages avec les autorités environnementales. En outre, plusieurs sites dans des zones à fortes contraintes topographiques, comme Ambatovy ouest, ont été déplacés si des sites alternatifs existaient à proximité, ou carrément annulés quand les conditions étaient trop sévères. Ces démarches ont abouti à une série de visites techniques formelles des autorités environnementales sur terrain pour évaluer les options de rectification de l'opération de forage.

Ce dialogue a mené le promoteur à améliorer le dossier d'avenant qui a été subséquemment soumis aux autorités environnementales sous forme d'une proposition d'avenant. Les autorités ont examiné cette proposition et ont répondu avec un addenda au CCE, stipulant le réajustement des dispositions à prendre par le promoteur dans le suivi environnemental de son projet dans la Commune d'Ambohibary, suivant les dispositions des CCE.

Cette proposition d'addenda a été examinée méticuleusement par le promoteur et une contre-proposition a été formulée dans laquelle une révision de texte pour certains paragraphes a été proposée en donnant, en italique, une justification technique correspondante et en proposant des normes réajustées quant aux surfaces des pistes et des plates-formes.

Ces nouvelles procédures émanant d'un diagnostic participatif entre le promoteur et les autorités environnementales ont été suivies rigoureusement par le promoteur jusqu'à la fin de la phase de forage. C'est en vertu de ces normes que le promoteur a fait le monitoring des impacts causés par l'ouverture des pistes et des plates-formes et a auto-évalué sa conformité en matière d'impact environnemental.

3.3 Phase de forage géotechnique et hydrogéologique sur site minier

Les forages des six trous géotechniques exécutés en fin de la campagne sur deux sites (près du campement d'Ambatovy et à la bifurcation de la route vers Berano) ont servi à produire des carottes permettant à évaluer la nature du substrat argilique ainsi que la profondeur de la roche mère et sa cohérence structurelle pour l'établissement du complexe de préparation du slurry pour le pipeline. L'emplacement retenu pour cette installation se situe sur la crête à mi-chemin entre Ambatovy et Analamay à la bifurcation de la route forestière donnant sur Berano à l'Est. Les forages géotechniques ont été exécutés directement sur la route ce qui n'a causé aucun impact sur la forêt.

Les dix trous de forage hydro-géologiques atteignant et pénétrant la roche mère on permis de fournir des indications sur la perméabilité du régolite (couche latéritique et interface roche mère) ainsi que la couche supérieure de la roche mère. Cette information permettra aux hydro-géologues de l'équipe de l'étude d'impact environnemental de la compagnie GCS (Groundwater Consulting Services) d'Afrique du Sud de modeler les flux des eaux souterraines. Des dix trous, six ont servi pour des essais de pompages et les quatre autres sont munis de piézomètre nécessaire au monitoring des niveaux (pressions).

Les emplacements des 2 trous hydro-géologiques de pompage à Analamay ont été choisis sur les pistes existantes et se trouvent à proximité des plates-formes DAN 106 et DAN 245 (forages DAN 106H et DAN 245H). A Ambatovy, les 4 trous hydro-géologiques de pompages se trouvent également sur des emplacements déjà utilisés, soit à proximité des plates-formes existantes AMB 77, AMB 129, DAM 126 et DAM 182, (forages AMB 77H ; AMB 129H ; DAM 126H et DAM 182H). Des quatre trous munis de piézomètres, deux se trouvent à proximité des plates-formes existantes AMB 365 et DAM 168 (forage AMB 365P et DAM 168P) et les deux autres se trouvent à l'extérieur de la maille de forage dans la partie supérieure de deux petits basins versants donnant sur le marais de Torotorofotsy (forage PH 01 et PH 02). Les trous se trouvent sur des routes existantes et n'ont impliqué aucun impact sur la végétation.

3.4 Forage géotechnique et hydrogéologique sur sites potentiels du parc à résidus à Antanandava, site de l'usine de traitement et port de Toamasina

Au cours du processus de l'identification précise du site du parc à résidus dans la région d'Antanandava, du site de l'usine de traitement et des installations portuaires à Toamasina, la nécessité de faire des forages géotechnique et hydrogéologique est devenue urgente. En effet, en avril 2004, DYNATEC s'est proposé d'initier une série de forages dans la région de Toamasina en commençant par le site potentiel de l'usine de traitement à l'Est de la RN4 et du site du parc à résidus à l'Ouest. L'objectif de ces forages géotechnique consistait à avoir des données de base pour le modelage subséquent des conditions statiques des sites de l'usine et des stériles pour la construction des installations et des digues de rétention. Les forages hydrogéologies dans les zones basses dunaires anciennes et alluviales du site de l'usine et les bassins versants du parc à résidus visaient à produire les informations pour le modelage hydrogéologique requis par l'étude d'impact environnemental d'exploitation.

Etant donné la dégradation environnementale très avancée dans les plaines à l'Est de la RN4 et la forte anthropisation du milieu du parc à résidus à Antanandava avec un type de végétation secondaire bien représentée dans l'ensemble du littoral Est de Madagascar et en tenant compte d'un design de forage technologiquement adapté n'impliquant aucune création de pistes additionnelle, il a été signifié en date du 10 mai 2004, par les autorités environnementales, qu'une procédure de EIE ou PREE ne s'avère pas nécessaire pour cette opération.

En ce qui concerne la campagne de forage géotechnique sur le site du port, et en vue des conditions marines de ce site portuaire hautement anthropisé, les mêmes conditions de procédures environnementales prévalent.

3.5 Rapports soumis

Au cours de la campagne de forage et répondant aux directives du CCE, les rapports trimestriels suivants ont été remis aux autorités environnementales :

- Rapport couvrant le trimestre des mois de novembre, décembre et janvier 2003/04 remis aux autorités environnementales le premier trimestre 2004 (no records, old office).
- Rapport couvrant le trimestre des mois de février, mars et avril 2004 remis aux autorités environnementales le 16 juillet 2004.
- Rapport couvrant le trimestre des mois de mai, juin et juillet, 2004 remis aux autorités environnementales le 22 septembre 2004
- En outre, à la même date du 22 septembre 2004, un rapport spécifique sur le campement a été remis aux autorités environnementales pour répondre aux questions relatives à l'infrastructure, aux installations d'assainissement et d'ordure ainsi que sur la disposition du dispensaire.

4. ÉVALUATION DES IMPACTS

4.1 *Volume de bois*

D'après l'analyse sommaire des résultats d'inventaire avant le défrichement des pistes et des plates-formes, le volume de bois coupés des arbres à diamètre hauteur poitrine (DHP) ≥ 10 centimètres, est évalué à 141 m³ pour Ambatovy et à 334 m³ pour Analamay, soit 475 m³ pour l'ensemble du périmètre du gisement. Ces inventaires ont été entrepris sur des sites dont la surface totale s'élève à 27 640m² à Ambatovy et à 28 167m² à Analamay, ce qui fait un total de 55 807m² sur l'ensemble du gisement. Ceci correspond grosso modo à 8.5 m³ par hectare de bois de DHP ≥ 10 centimètres.

Une estimation de la valeur commerciale des bois est tentée dans ce paragraphe. Il s'agit d'une estimation purement théorique car aucun bois n'a été vendu. Les bois coupés ont servi pour la réhabilitation ou pour un usage traditionnel dans les villages avoisinants. En partant de la valeur monétaire moyenne d'un mètre cube de bois de forêt (rondin non équarri) évalué à 770 000 MGF, selon la statistique de la Direction des Eaux et Forêts (2002), le montant équivalent en biomasse ligneuse causée par la campagne de forage de Dynatec s'évalue à 108 570 000 MGF à Ambatovy et à 257 220 000 MGF à Analamay soit 365 750 000 MGF pour l'ensemble des gisements. Il est évident que ce calcul mérite une vérification des chiffres et des suppositions. En outre, le résultat surestime le montant puisque les volumes calculés sont ceux des fûts biologiques (réels) et non la partie commerciale qui elle seule équivaut aux valeurs supposées. La différence n'est probablement pas triviale étant donné la nature rabougrie des arbres.

Notons que l'analyse de ces inventaires est encore en cours et devra être appuyée par les forestiers professionnels de la CIREEF plus aptes à ce genre d'analyse. Il n'est donc pas encore possible de donner des chiffres sur les fréquences d'espèces, les hauteurs dominantes (moyenne des 100 plus gros arbres par hectare), les surfaces terrières par espèces, les hauteurs commerciales par espèces et les facteurs de forme à utiliser pour les calculs de volumes. Il est recommandé de faire un effort en commun pour faire sortir ces résultats avant l'audit environnemental.

4.2 *Campagne de mensuration des surfaces impactées*

Dans le but d'avoir une évaluation quantitative des impacts de l'exploration, DYNATEC s'est proposée de mener une campagne de mensuration des pistes et des plates-formes de forage à la fin de la campagne. Cet exercice visait à faire une évaluation de l'empreinte causée par DYNATEC sans toutefois omettre l'évaluation de celle de PDM, qui constitue, rappelons le, la ligne de base pour les impacts cumulatifs de la Joint Venture.

Dans un premier lieu, cette analyse a évalué le périmètre exact du forage réalisé et a identifié les différents types de végétations dans lesquelles ces forages ont eu lieu. Par la suite, la largeur des pistes créées ou utilisées par DYNATEC a été mesurée ainsi que les plates-formes, ces dernières suivant une gamme d'algorithme correspondant aux différentes géométries des plates-formes utilisés. Ce travail a permis de quantifier les surfaces des pistes et des plates-formes, d'évaluer les surfaces défrichées en forêts a-zonales primaires et presque primaires pour répondre à la question de la fragmentation des forêts et faire une classification des pistes et des plates-formes en fonction des pentes pour répondre à la question des augmentations des surfaces dues aux remblais et déblais nécessaires.

4.3 *Périmètre de forage et types de végétation*

Dans le but d'évaluer la fragmentation de la forêt nous avons identifié deux grands types de végétation sur les 843 hectares du périmètre de forage, à savoir la formation forestière et la formation non forestière. - Au sein de la formation forestière nous avons différencié la forêt naturelle qui comprend la forêt a-zonale à canopée variable et la forêt de transition, les formations sclérophylles arbustives rabougries qui comprennent les peuplements de la forêt a-zonale sur la cuirasse ferrugineuse affirmée, les forêts

secondaires à canopée irrégulière (notamment forêt brûlée d'Analamay et les peuplements d'eucalyptus éminent de petites plantations avec régénérations sauvages). – Au sein de la végétation non forestière nous avons différencié la formation de buissons sclérophylles secondaires issus de perturbations historiques, les formations de *Phillippia*, témoignant des perturbations par le feu, des formations naines sur cuirasse et substrats pisolithiques résultant de fortes perturbations ou limitations dans leur croissance en raison du substrat.

La compilation suivante illustre cette classification :

Formation forestière (90.5%)

- Formations sclérophylles arbustives rabougries (ATH / Af-1)),
- Forêts a-zonales (AFO / Ap-1),
- Forêts de transition (TFO / Tf-1 et Tf-2),
- Forêts secondaires brûlées (DH / Ap-4)
- Peuplements d'Eucalyptus (DH / Eu 1 et 2).

Formation non forestière (9.5%)

- Buissons sclérophylles secondaires (DH / Af-4 et Ap-4),
- Buissons secondaires avec *Phillippia* (DH / Af-4,5,8 et Ap-5),
- Milieux peu couverts ou dénudés (DH / Af-10 et Ap-10)),
- Marais saisonniers (EPO / Pf-1)

Il a été établi que sur les 843 hectares d'étendue du gisement d'intérêt de nickel potentiel, les végétations forestières suivant la définition susmentionnée occupent 763 hectares (90.5%), soit 37 hectares de moins que l'estimation avancée dans l'EIE. Par conséquent, les 80 hectares (9.5%) restants sont occupés par les végétations non forestières définies antérieurement. (Voir ANNEXES-IV A et B et ANNEXE-V).

4.4 Pistes de forage

Pour mener à bout l'activité d'exploration, DYNATEC a eu besoin d'un réseau de pistes d'une longueur totale de 58.77 kilomètres dont 53.61kilomètres sont constitués de pistes nouvelles (le chiffre de 58.77 kilomètres inclut les tronçons de routes principales d'accès situées à l'intérieur du périmètre). Par déduction, nous concluons que seules 5.16 kilomètres de pistes DYNATEC ont chevauché les anciennes pistes PDM / GENIM. Ce pourcentage relativement élevé de nouvelles pistes DYNATEC est dû à l'ampliation spatiale de la campagne de forage DYNATEC à Analamay et Ambatovy sud-est par rapport à la campagne PDM. Par exemple, seul à Analamay DYNATEC a réalisé 289 nouveaux trous.

La largeur moyenne statistique des pistes a été calculée à partir des mesures de vérification de largeur effectuées tous les 20 mètres. Cette moyenne se chiffre à 5.16 mètres. Cette largeur inclut la bande de roulement ainsi que la zone de remblais et déblais empruntés, correspondant ainsi à l'empreinte environnementale de la piste.

La campagne de mensuration des impacts de forages sur tous les types de végétation a permis d'évaluer à 43,53 hectares l'ouverture engendrée par les pistes (tous les répondants confondus sur le périmètre du gisement). Sur ces 43,53 hectares une part de 25,72 hectares est attribuable à DYNATEC. (Note, ancienne route PDM réutilisée par DYNATEC n'est pas comptabilisée comme impact DYNATEC). La répartition des parts d'ouverture de pistes entre les répondants est illustrée par :

Tableau N° 3 : Récapitulatif des surfaces ouvertes pour l'installation des pistes réparties selon les répondants.

Répondants	Pistes (m²)		Sous total surface pistes (m²)
			Ambatovy et Analamay
Zones	Ambatovy	Analamay	
GENIM	0,00	1 660,52	1 660,52
GENIM-PDM	0,00	0,00	0,00
GENIM-DYNATEC	0,00	4 062,56	4 062,56
GENIM-PDM-DYNATEC	2 727,06	1 480,98	4 208,04
PDM	143 069,37	2 857,49	145 926,87
PDM-DYNATEC	18 842,55	3 330,47	22 173,02
DYNATEC	93 470,33	163 767,19	257 237,51
Sous Total	258 109,31	177 159,22	
TOTAL GENERAL (m²)	435 268,52		435 268,52
TOTAL GENERAL (ha)	43,53		43,53

4.5 Plates-formes

La campagne de forage de DYNATEC a permis de collecter des carottes provenant de 465 trous de forage, plus 32 points GENIM refaits et 36 points pour la variographie. En outre, 10 points hydrogéologiques de premier ordre et 6 points géotechniques ont été forés. Ceci équivaut à 549 forages établis sur différents types de plates-formes (notons que certaines plates-formes ont été utilisées deux fois pour différents types de forage). La dimension moyenne unitaire des plates-formes de forages a été évaluée statistiquement à 151,98 m² tous type de plates-formes confondus.

La surface totale ouverte pour les plates-formes (tous les types de végétation et tous les répondants confondus) est évaluée à 20 hectares dont 7,62 hectares attribuables à DYNATEC.

La répartition des parts d'ouverture de plates-formes entre les répondants est illustrée comme suit.

Tableau N° 4 : Ouverture des plates-formes par répondants

Zones	Ambatovy	Analamay	Sous total Ambatovy-Analamay
GENIM	60	1 506	1 566
GENIM-PDM	0	150	150
GENIM-DYNATEC	256	0	256
GENIM-PDM-DYNATEC	6 268	0	6 268
PDM	103 368	3 488	106 856
PDM-DYNATEC	8 471	176	8 647
DYNATEC	34 258	42 039	76 297
Sous Total	152 680	47 360	
TOTAL GENERAL (m²)	200 040		200 040
TOTAL GENERAL (ha)	20		20

Concernant l'impact sur la végétation, les plates-formes ont impacté les formations forestières avec une emprise de 19.2 hectares (tous les intervenants confondus). La majorité des plates-formes touchent les formations sclérophylles arbustives rabougries (13.73 hectares) dont 4.49 hectares attribuables à DYNATEC.

Ces chiffres montrent que la majorité des plates-formes touchent la végétation forestière. Comme l'objectif était d'explorer le gisement selon une maille régulière, DYNATEC n'a pas eu d'autres alternatives que de créer des points de forage en forêt.

4.6 Fragmentation de la forêt

Le total des ouvertures de l'ensemble des pistes et plates-formes confondus sur tous les types de végétations d'Ambatovy-Analamay est évalué à 63,53 hectares dont 4,57 hectares communes aux répondants et 58,96 hectares propres aux répondants.

De ces 63.53 hectares, l'impact DYNATEC toute végétation confondue est estimé à 33.34 hectares. Sur ces 33,34 hectares d'ouvertures engendrées par DYNATEC, 25,72 hectares sont attribuables aux pistes et 7,62 hectares aux plates-formes. De cette ouverture totale de 33.34 hectares, 32.58 hectares sont de surfaces forestières et le reste, c'est-à-dire 0.76 hectare, est formé de zones non forestières. Les 32.58 hectares représentent 4.26% de la végétation forestière qui s'étend sur 763 hectares.

La répartition des ouvertures entre plates-formes et pistes est illustrée dans le tableau ci-après.

Tableau N° 5 : Ouverture due aux pistes et plates-formes de DYNATEC en fonction des types de végétations

Types de végétations	Pistes (m²)	Plates-formes (m²)	total (m²)	total (ha)
Formations secondaires	1 178,05	12 580,78	13 758,83	1,38
Formations sclérophylles	114 156,16	44 955,87	159 112,03	15,91
Forêts a-zonales	90 048,08	13 317,47	103 365,55	10,34
Forêts de transition	51 507,15	5 135,72	56 642,87	5,66
Milieus dénudés	0,00	195,46	195,46	0,02
Marais saisonniers	348,08	0,00	348,08	0,03
TOTAL GENERAL (m²)	257 237,51	76 185,31	333 422,82	33,34
TOTAL GENERAL (ha)	25,72	7,62		33,34

4.7 Forages géotechniques et hydrogéologiques à Ambatovy et Analamay

Les forages géotechniques et hydrogéologiques d'Ambatovy et Analamay ont été réalisés intégralement sur des sites déjà ouverts par les opérations de forage antérieurs mis à part un site où une brette d'accès d'environ 30 mètres en formation secondaire à *Philippia* a dû être ouverte. Ainsi, nous pouvons conclure que cette campagne n'a pas contribué à la fragmentation de la forêt.

4.8 Forages géotechniques et hydrogéologiques à Antanandava et Toamasina

Les forages géotechniques et hydrogéologiques d'Antanandava et à Toamasina ont tous été réalisés dans une matrice non forestière de végétation dégradée typique des bassins versants et des plaines sablonneuses des alentours de Toamasina. En outre, les forages ont été réalisés par des foreuses de petites tailles transportables par camionnettes et, à la rigueur, démontables et transportables à dos d'homme. Les localisations des trous de forage préconisés par les responsables de la campagne ont été inspectées par des équipes environnementales et sociales en participation avec les populations locales. Des ré-localisations ont été proposées dans les cas où des impacts non désirés étaient anticipés. Ainsi, les endroits marécageux, les rizières et les champs cultivés ont été évités. Après le forage, les sites ont été

restaurés à la pelle et nettoyés de tous déchets. Avec cette approche, nous concluons que les impacts sur le milieu biologique ont été minimes et n'ont entraîné aucun dégât nécessitant des opérations de restauration ultérieure.

4.9 Auto-évaluation de conformité environnementale

Pistes de forage:

Dans le chapitre 4.3 traitant les impacts des pistes, il a été constaté que DYNATEC a eu besoin d'un réseau de pistes d'une longueur totale de 58.77 kilomètres dont 53.61 kilomètres sont constitués de pistes nouvelles. Ce pourcentage relativement élevé de nouvelles pistes DYNATEC est dû à l'augmentation spatiale de la campagne de forage DYNATEC à Analamay et Ambatovy sud-est par rapport à la campagne PDM. En effet, à Analamay, DYNATEC a réalisé 289 trous, dont la majorité sont situés sur une végétation buissonneuse qui dans ce rapport a été classifiée comme forestière par le groupe responsable de la mensuration routière. Selon l'estimation avancée dans l'EIE, 25 kilomètres de pistes étaient envisagés. Cette estimation théorique qui est partie d'un calcul du nombre de trous de forage et de la densité de la maille n'a pas tenu compte des contraintes topographiques qui ont exigé l'établissement de route sinueuse en pente.

Dans l'analyse d'impact des pistes présentée dans le chapitre 4.3 nous avons vu que la largeur moyenne statistique des pistes est évaluée à 5.16 mètres. Cette largeur inclut la bande de roulement ainsi que la zone de remblais et déblais empruntés, correspondant ainsi à l'empreinte environnementale de la piste. Selon les références calculées dans la prise de position DYNATEC à l'addenda du CCE, la moyenne des largeurs des pistes obliques en pentes sur terrain incliné à plus de 20° variera de 4 à 6 mètres. Ainsi, le grand nombre de pistes obliques en pente sur terrain incliné à plus de 20° explique l'augmentation de la largeur moyenne calculée à 5.16 mètres par rapport à la moyenne préconisée de 4 mètres de largeur de la piste de référence (piste rectiligne en terrain d'inclinaison allant jusqu'à 20°). En effet, la nécessité de créer des pistes obliques additionnelles résulte de la topographie très accentuée d'Analamay sud et d'Ambatovy sud-est, où DYNATEC a été obligée d'implanter des forages additionnels par rapport à PDM pour délimiter le gisement.

Plates-formes de forage :

Dans l'analyse d'impact des plates-formes présentées dans le chapitre 4, nous avons rapporté que la dimension moyenne statistique des plates-formes de forages a été évaluée à 151,98 m² pour tous types de plates-formes confondus. Au cours du monitoring des surfaces des plates-formes, l'équipe n'a pas été en mesure de discerner avec clarté le type de plate-forme comme différencié par DYNATEC dans la réponse à l'addendum, à savoir : a) Plate-forme sur route sans bretelle de croisement b) plate-forme sur route avec bretelle de croisement c) plate-forme en cul-de-sac pour foreuse autopropulsée sur chenilles d) plate-forme en cul-de-sac pour foreuse sur patin avec place de manœuvre de retournement et e) plate-forme en cul-de-sac pour foreuse sur patin avec bretelle de contournement. Cet impact moyen de l'empreinte écologique correspond à une surface de 10 mètres X 15 mètres, ce qui se situe à la partie supérieure du tableau proposé dans la réponse DYNATEC à l'addendum au CCE. Ce résultat s'explique en premier lieu par les fortes contraintes topographiques et techniques des forages dans les zones accidentées d'Analamay sud et d'Ambatovy sud-est. Pour comparaison, la surface unitaire moyenne des plates-formes PDM équivaut à 255.73 m², ce qui signifie que la surface moyenne des plates-formes DYNATEC correspond à 60% de la surface moyenne PDM, soit une économie d'espace DYNATEC de 103.4 m².

Fragmentation de la forêt :

Nous avons constaté que la fragmentation forestière correspond à 32.58 hectares sur 763 hectares, représentant ainsi 4.26% de la végétation forestière. Ceci correspond à une fragmentation supérieure aux directives de l'EIE d'exploration fixée à 1.5%. Cependant, ce calcul est basé sur une classification simplifiée de la végétation qui présume la présence de plusieurs fragments de formation arbustive rabougrie à

Analamay, classifiés en tant que forêt (voir ANNEXE-IV B). Selon la classification détaillée de la végétation préparée par PDM, ces formations n'ont en fait pas un caractère forestier (voir ANNEXE-V). Sans entrer dans une polémique sur la définition de la forêt, nous pouvons affirmer que la fragmentation réalisée correspond au double de la fragmentation prévue par l'EIE. Cette augmentation s'explique clairement par le fait que dans l'EIE le calcul de l'empreinte environnementale cumulative était basé sur des suppositions techniques non réelles. Pour avoir une idée sur l'impact cumulatif sur la végétation, voir ANNEXE-VII A et VII B.

Nombre de trous de forage :

La liste des trous de forage envisagés au début de la campagne est résumée dans le CCE (voir chapitre 2.5) et comporte 9 trous Caldwell, 5 tranchées d'échantillonnage de saprolithe, 541 trous de forage pour extraction de carotte et 15 trous hydrauliques.

1) Trous Caldwell : En fin de campagne, nous constatons que les 9 trous Caldwell visant à extraire environ 25 tonnes d'échantillons ont été remplacés par 86 trous de forages d'une moyenne de 25 mètres de profondeur (nomenclature PC), correspondant d'ailleurs à l'échantillonnage de 25 tonnes prévu. Cette décision a été prise pour obtenir une meilleure variance d'échantillons (grand nombre) et pour éviter de créer des puits profonds et à grand diamètre difficile à restaurer et présentant des risques pour la sécurité.

Impact environnemental : Les trous PC ont été localisés sur des anciennes plates-formes PDM et ont été forés avec des taillants d'environ 6 pouces. Après l'extraction des carottes pour la mise en fût en vrac, les trous ont été bouchés avec des bornes sans que les puits aient été comblés. Ces sites seront ensuite restaurés.

2) Tests métallurgiques : Nous supposons que les 15 trous de foreuses hydrauliques mentionnés dans le CCE se réfèrent aux 15 trous métallurgiques réalisés sur terrain (nomenclature BM). En effet, dans la région d'Ambatovy, 15 trous d'échantillonnage métallurgiques ont été forés à une profondeur atteignant la roche mère, dans le but d'obtenir un échantillonnage à être envoyé au Canada pour des tests métallurgiques stratifiés.

Impact environnemental : Quatorze de ces forages ont été effectués sur des anciennes plates-formes PDM et un sur une nouvelle route d'accès DYNATEC menant à un autre forage faisant partie de la maille régulière d'Ambatovy. Les puits de forage ont été bouchés avec des bornes (BM) sans que les trous aient été comblés. Ces sites seront ensuite restaurés.

3) Tranchées d'échantillonnage : En fin de compte, sur les 5 tranchées envisagées, seules 4 ont été nécessaires (nomenclature PT). Ces tranchées d'environ 7 x 5 mètres ont été réalisées dans les pentes des plateaux où la couche latéritique s'amincit à moins de 7 mètres. Ces trous visent à récolter de la saprolithe contenant des poches de hautes concentrations de nickel.

Impact environnemental : Ces tranchées ont été faites sur des anciennes plates-formes et pistes d'accès PDM et ont été rebouchées en bonne et due forme. Les sites des tranchées sont marqués par des bornes PT. Ces sites seront ensuite restaurés.

4) Evaluation des ressources Ambatovy Ouest : Pour répondre à l'évaluation désirée des ressources à Ambatovy Ouest, le nombre de 75 trous originalement planifiés a dû être augmenté à 101 trous (nomenclature DAM).

Impact environnemental : La majorité de ces trous a requis l'ouverture de nouveaux tronçons de pistes en forêt a-zonale pour compléter les pistes existantes PDM ne donnant pas accès à ces nouveaux sites. Les puits de forage ont été bouchés avec des bornes (DAM) sans que les trous aient été comblés. Ces sites seront ensuite restaurés.

5) Evaluation des ressources Ambatovy Sud-Est : Pour l'estimation de la ressource à Ambatovy Sud-Est, le nombre original de 32 trous envisagés a été amplifié à 40 trous (nomenclature DAM).

Impact environnemental : La majorité de ces trous a nécessité l'ouverture de nouvelles pistes et plates-formes en milieu de végétation forestière a-zonale et de transition. Les puits de forage ont été bouchés avec des bornes (DAM) sans que les trous aient été comblés. Ces sites seront ensuite restaurés.

6) Evaluation des ressources Ambatovy central : Tout en restant dans les normes pour évaluer la ressource d'Ambatovy central, le nombre original de 64 trous planifiés a pu être réduit à 35 trous (nomenclature DAM). Cette réduction a notamment été causée par une diminution du forage en périphérie Nord-Ouest d'Ambatovy central pour des raisons environnementales (impossibilité de maintenir les empreintes fixées dans la proposition d'addendum en raison des fortes pentes).

Impact environnemental : La majorité de ces trous a requis l'ouverture de nouveaux tronçons de pistes en milieu de végétation secondaire. Les puits de forage ont été bouchés avec des bornes (DAM) sans que les trous aient été comblés. Dans le secteur Nord-Ouest d'Ambatovy central, les impacts ont affecté des forêts. Ces sites seront restaurés. Dans la zone plate d'Ambatovy central, les sites seront restaurés avec un contrôle de l'érosion uniquement. En effet, il est attendu que les *Phillipia* de la formation secondaire adjacente recolonisent ces sites sans qu'il y ait besoin de replantation.

7) Evaluation des ressources Analamay : Le nombre de forages effectués à Analamay s'est limité à 289 trous soit 81 de moins que le nombre de 370 prévus (nomenclature DAN). La raison de cette diminution consiste à ce que les audits ont permis d'utiliser certains résultats de forage GENIM forés de nouveau, parallèlement par DYNATEC à titre de vérification statistique (voir point ultérieur). En outre, un bon nombre de trous situés à la périphérie du gisement et dans des forêts a-zonales primaires en forte pente ont été abandonnées pour mitiger les impacts environnementaux.

Impact environnemental : Un nombre important de ces trous a nécessité l'ouverture de nouvelles pistes dans les formations secondaires à *Philippia* et dans les forêts brûlées d'Analamay (Analamay central et Nord). Cependant, la majorité des trous à Analamay Sud a nécessité l'ouverture de nouvelles pistes et plates-formes en milieu de végétation forestière a-zonale et de transition. Les puits de forage ont été bouchés avec des bornes (DAN) sans que les trous aient été comblés. Ces sites seront ensuite restaurés.

8) Croix de variogramme : Dans le but d'obtenir des informations sur la variance spatiale en trois dimensions des concentrations de nickel sur une distance serrée de 17.5 mètres, 36 forages atteignant la roche mère ont permis une extraction de carotte. Ce dispositif en croix dont les trous ont été dénommés DC s'est avéré nécessaire en cours de la campagne pour calculer les variances et ainsi satisfaire les exigences statistiques imposées par les normes internationales pour l'évaluation des ressources minérales.

Impact environnemental : De ces 36 sites de forage, 5 ont été établis sur des anciennes plates-formes PDM et 31 sont nouveaux et ont exigé la création de 2 pistes d'accès. Les puits de forage formant la croix de variogramme ont été bouchés avec des bornes (DC) sans que les trous aient été comblés. Ces sites seront ensuite restaurés.

9) Re-évaluation statistique des trous GENIM : A Ambatovy central, ainsi qu'à Ambatovy Sud-Est, un point GENIM a été refait respectivement dans chaque site. A Analamay, 30 forages en parallèle aux forages GENIM ont été refaits, résultant à un nombre total de forage à 32 (nomenclature GENIM Refait).

Impact environnemental : Par la logique du design de ces forages, tous ces trous ont été forés sur des anciennes plates-formes GENIM. Les puits de forage ont été bouchés avec des bornes (GENIM Refait) sans que les trous aient été comblés. Ces sites, ainsi que les pistes d'accès GENIM ouvertes à nouveau seront ensuite restaurés.

10) Trous géotechniques : A Ambatovy central, près du campement, 4 trous géotechniques ont été forés dans le but d'évaluer les conditions statiques du substrat pour la construction potentielle de

l'unité de préparation de slurry. Etant donné que les résultats se sont avérés peu convenables, ce site a dû être abandonné et un nouveau site, à mi-chemin sur la crête entre Ambatovy et Analamay, à la bifurcation de la route vers Berano a été identifié. Deux forages géotechniques ont été effectués sur ce dernier site.

Impact environnemental : En ce qui concerne le premier forage géotechnique sur Ambatovy, les sites de forage ont été placés sur des routes existantes à l'exception d'une petite bretelle d'environ 30 mètres exigeant le défrichement d'une formation secondaire de Phillipia. Les deux forages du nouveau site ont été effectués sur la route vers Berano et n'ont exigé aucun défrichement. Les points de forage se situant à l'extérieur des routes d'accès non envisagés d'être restaurées (par exemple route de Berano) seront restaurées en bonne et due forme.

11) Trous géohydrologiques : Dans le but de faire un modelage des eaux souterraines dans le cadre de l'étude d'impact d'exploitation, DYNATEC a entrepris une petite campagne de forage hydrogéologique menée à bien par la compagnie GCS (Groundwater Consulting Services) d'Afrique du Sud. Deux types de forages ont été réalisés, des forages de pompages et des forages de monitoring avec piézomètres. Les forages de pompages impliquent un trou central (dénommé H) avec deux points auxiliaires (dénommé respectivement P1 et P2). Les points de monitoring ont été dénommés PH. Ainsi, un forage de 22 trous a été nécessaire, incluant en réalité 10 trous principaux. La disposition de ces forages est synthétisée dans le tableau suivant :

Tableau n° 6 : Compilation des forages géohydrologiques

	Point H (Diam.16.8 mm)	Point P / HQ	Point P1 / HQ	Point PH / HQ
Ambatovy Ouest	AMB 77	AMB 77	AMB 77	X
	AMB 129	AMB 129	AMB 129	X
Ambatovy Centre	DAM 126	DAM 127	DAM 127	X
	X	X	X	PH 1
Ambatovy Sud-Est	DAM 182	DAM 182	DAM 182	X
	X	X	X	DAM 168
	X	X	X	DAM 365
	X	X	X	PH 2
Analamay Nord	DAN 106	DAN 106	DAN 106	X
Analamay Sud	DAN 245	DAN 245	DAN 245	X
TOTAL	6	6	6	4

Impact environnemental : L'intégrité de ces trous s'est réalisée sur des pistes et des plates-formes existant sans la nécessité de faire des défrichements additionnels. Cependant, le trou PH1 a été situé sur une ancienne route GENIM et le défrichement d'une végétation secondaire à Phillipia a été nécessaire. Ces sites feront partie du programme de restauration.

Récapitulatif : Nous constatons qu'il y a eu une légère augmentation du nombre de trous de forage par rapport à ce qu'il avait été stipulé dans le CCE. Le bilan est présenté dans le tableau suivant :

Tableau n° 7 : Bilan des trous de forages réalisés par rapport au CCE

#	Forages selon CCE	Forages réalisés	Différences
1	9 puits Caldwell pour 25 tonnes	86 PC pour 25 tonnes	Plus de trous, même extraction
2	15 trous hydrauliques	15 BM (tests métallurgiques)	Plus 15
3	5 tranchées	04 PT	Moins une, même extraction
4	75 forages Ambatovy ouest	101 DAM	Plus 26
5	32 forages Ambatovy sud-est	40 DAM	Plus 8
6	64 forages Ambatovy central	35 DAM	Moins 29
7	370 forages Analamay	289 DAN	Moins 81
8	0 tests géostatiques (variogr.)	36 DC	Plus 36
9	0 GENIM à refaire	32 GENIM Refait	Plus 32
10	0 tests géotechniques	06 GT	Plus 6
11	0 hydrogéologiques	10 (22 avec trous auxiliaires)	Plus 10

Les trous de forage carottiers initialement prévus selon le CCE se nombrent à 541 desquels 465 ont été réalisés soit 76 en moins. Etant donné que 32 points GENIM ont été refaits et que 36 points géostatiques pour la croix du variogramme ont été réalisés en tant que forage additionnel, nous pouvons conclure que grosso modo les forages carottiers ont été exécutés conformément au nombre prévu. Cette réflexion est importante car c'est en effet les trous de forage carottier qui exigent la création de pistes et plates-formes nouvelles. Sous cet angle, nous sommes confiants qu'en matière de nombre de trous, les directives du CCE ont été respectées.

Conformité envers CCE

Dans le chapitre 2.5, nous avons synthétisé les clauses du CCE et résumé les activités requises par le promoteur qui en résultent. Par la suite, nous reprenons la liste des clauses et réalisons un bilan sommaire de conformité sous forme de tableau.

Tableau n° 8 : Bilan de conformité par rapport aux clauses du CCE

N°	CLAUSES CAHIER DE CHARGES ENVIRONNEMENTALES DU 05 NOV. 2003	COMMENTAIRES RELATIFS AU CCE	REFERENCES EXPLICATIVES
1.	DISPOSITIONS GENERALES		
1.1	Octroi du permis environnemental	En vue de la gérabilité des impacts négatifs, un permis environnemental a été octroyé (2003)	P/A
1.2	Prépondérance du CCE envers le dossier EIE	Un addendum au CCE a été soumis et subséquemment commenté par DYNATEC (février 2004)	P/A
1.3	Primauté du CCE du futur projet minier	La décision quant à la future mine reste ouverte en date de soumission de ce rapport (2004)	P/A
1.4	Identification des trous de forage		
1.4.1	Liste des trous de forage prévus	Des changements du nombre de trous ont eu lieu, restant dans les limites de l'acceptable	Chapitre 4.9 § Nombre de trous
1.4.2	Extension du site d'exploration	Les forages additionnels à Antanandava et Toamasina ont fait l'objet d'une demande (agréée)	Chapitre 3.4 § Forage géotech.
1.5	Dispositions légales de construction	Les constructions et infrastructures sont conformes aux dispositions légales en vigueur	Rapport Campement soumis à ONE
1.6	Plan d'ouverture des routes	Transfert d'informations permanent sur le terrain entre DYNATEC et CIREEF (Protocole)	Point 1 Bilan-Protocole
1.7	Cohabitation avec la population locale	A part l'épisode de tapage nocturne à Moramanga, la cohabitation régionale a été excellente	Chapitre 3.5 - Rapports soumis
1.8	Rapports de suivi environnemental	La remise de rapports a été conforme, quoique des décalages de délai ont été enregistrés	Chapitre 3.5 - Rapports soumis
1.9	Non-respect des prescriptions du CCE	Le promoteur a suivi les prescriptions du CCE et a communiqué les déviations (addendum)	P/A
1.10	Expertise tiers des ONGs par le CTE	Le promoteur a maintenu une grande transparence sur l'opération avec les ONGs locales	P/A
1.11	Clause de modification du CCE par l'ONE	ONE / CTE ont réalisé des modifications sous forme de l'addendum commenté par DYNATEC	P/A
2.	SUIVI ENVIRONNEMENTAL		
2.1	Réhabilitation Phase Préparatoire		
2.1.1	Conservation sols forestiers après décapage	Ce point a été évalué / ajusté à la réalité technique lors des visites communes sur terrain	Chapitre 7.2 - Concept écologique
2.2	Réhabilitation Phase Forage		
2.2.1	Mesures d'atténuations proposées dans EIE	Les atténuations ont été évaluées, ajustées (addendum) et suivies / réhabilitation permanente	Chapitre 3.2 - Phase de rectific.
2.2.2	Enregistrement des volumes de bois	Les inventaires forestiers ont été réalisés et les volumes préliminaires sont disponibles	Chapitre 4.1 - Volume Bois
2.2.3	Remblayage des trous Caldwell et tranchées	Trous Caldwell substitués par forages petit diamètre / tranchées remblayées et restaurées	Chapitre 7.5 - Avance de la camp.
2.2.4	Rapport technique sur la révégétalisation	Les informations techniques requises par le CCE ont été diffusées dans divers rapports	
2.3	Réhabilitation Phase Post-Forage		
2.3.1	Reconstitution d'office des sites	Réhabilitation en cours suivant stratégie non liée à décision concernant l'exploitation minière	Chapitre 7.3 - Choix des sites
2.3.2	Préparation des sols pour décompactage	Le décompactage se réalise d'abord avec la pelle mécanique et par la suite à la main	Chapitre 7.2 - Concept écologique
2.3.3	Stabilisation des sites et fertilisation par BRF	Les sites sont aménagés avec des canaux de drainage et des billons avec application BRF	Chapitre 7.2 - Concept écologique
2.3.4	Révégetation avec essences adaptées	La promotion d'espèces natives s'inscrit dans un schéma de réflexion écologique à long terme	Chapitre 7.2 - Concept écologique
2.4	Plan de gestion forestière	Le plan de gestion forestière sera revitalisé dans le cadre de l'EIE d'exploitation	Point 18 Bilan-Protocole
2.5	Plan social		
2.5.1	Appui aux communautés riveraines	La présence d'un médecin accessible aux communautés riveraines est permanente	Chapitre 8.2 - Santé publique
2.5.2	Politique de recrutement	La politique de recrutement a suivi la directive de promouvoir la main-d'œuvre locale	Chapitre 8.1 - Recrutement
2.6	Plaintes et éloges		
2.6.1	Registre de plaintes et éloges	Aucune plainte formelle n'a fait l'objet d'enregistrement dans la Commune d'Ambohibary	P/A
2.7	Gestion des déchets		
2.7.1	Assainissement du village minier	Des installations d'assainissement modernes et efficaces ont été mis en place	Rapport Campement soumis à ONE
2.7.2	Déchets du village minier	Une séparation des déchets avec disposition subséquente adéquate est mise en place	Rapport Campement soumis à ONE
2.8	Phase de fermeture du projet		
2.8.1	Audit environnemental	La mise sur pied de la procédure de l'audit final et de l'obtention de quitus sont en instance	Capitre 7.6- Perspectives futures

5. PROTOCOLE D'ACCORD CIREEF

5.1 Statuts du protocole

Dû à un concours de circonstance infortuné lors de la passation de pouvoir entre les directeurs nationaux de DYNATEC, le protocole d'accord entre CIREEF Moramanga et DYNATEC, dûment signé et déposé par la CIREEF en février 2004, reste introuvable. Basé sur la version du 13 janvier qui ne correspond vraisemblablement pas à la dernière version égarée, un bilan relatif à ce protocole disponible a été néanmoins établi et signé par les deux parties intéressées, CIREEF Moramanga et DYNATEC, dans le but d'évaluer et formaliser l'accord. Une copie de ce bilan est annexée à ce rapport.

Dans ce nouvel accord-bilan, DYNATEC s'engage à fournir une série d'informations complémentaires dans le contexte de ce rapport, dont une copie sera soumise à la CIREEF Moramanga, à savoir :

- Bilan et recommandation point 1 : Fournir un plan final des ouvertures (voir ANNEXE-III).
- Bilan et recommandation point 2 : Fournir une synthèse des résultats des inventaires avec description de la nature des produits de défrichement (recommandation formulée dans le point 10), voir chapitre 4.1 de ce rapport.
- Bilan et recommandation point 3 : Fournir une synthèse du volume des bois abattus et une synthèse de l'avancement de la restauration (voir chapitre 4.1 et ANNEXE-VI A et VI B).
- Bilan et recommandation point 5 : Fournir un bilan d'avancement de la restauration (voir chapitre 7.5 de ce rapport et ANNEXE-VI A et VI B).
- Bilan et recommandation point 6 : Au cours de l'année 2005 quand les travaux de restauration auront progressé, planifier des inspections environnementales exhaustives avec les autorités environnementales en vue de l'obtention future du quitus environnemental (voir chapitre 7.1).

De son côté, la CIREEF s'engage à donner suite aux points suivants :

- Bilan et recommandation point 8 : Réalisation d'une visite en commun sur le terrain avant la fin de l'année dans le but de voir l'exécution du CCE, notamment en matière technique de restauration (voir chapitre 7.6).
- Bilan et recommandation point 18 : Point relatif au plan de gestion forestière qui sera résolu formellement au cours des analyses de l'impact et des propositions des mitigations à être effectué dans le cadre de l'EIE d'exploitation, vraisemblablement dans le deuxième trimestre de l'année 2005 (voir chapitre suivant, 5.2).

5.2 Gestion forestière

Le concept de la gestion forestière a été développé par Phelps Dodge Madagascar durant l'établissement des premières approximations des études d'impact et des plans de mitigation de la mine au cours de l'élaboration du brouillon de l'étude d'impact environnemental d'exploitation du temps PDM (1996/97/98). Les premières tentatives de mise en œuvre d'une telle gestion ont été réalisées dans les années subséquentes, comme par exemple au cours de l'année 2001 où des inventaires forestiers, comme partie intégrante des futurs plans d'aménagements forestiers, ont été menés à bien (voir Rapport annuel 2001, Plan de Gestion Forestière Ambatovy-Analamay, Phelps Dodge Madagascar).

Le concept consistait à obtenir un bail emphytéotique sur les terrains domaniaux aux alentours des deux gisements dans le but de promouvoir des aménagements forestiers communautaires dans une optique de conserver la ressource forestière comme zone tampon autour de la mine. En effet, la grande valeur écologique de la forêt a-zonale et de transition, située sur les intrusions ultramafiques d'Ambatovy et d'Analamay, avait été reconnue à l'époque et la conservation de fragments résiduels de ces habitats forestiers avait été proposée dans les plans ébauches de mitigation de l'EIE.

Pour aboutir à la conservation de ces habitats uniques, on préconisait que la forêt zonale adjacente à ces fragments résiduels ferait également l'objet de conservation stricte. Etant donné, cependant, que l'ensemble de ces fragments résiduels et de la zone tampon des forêts adjacentes constitue en soi un îlot relativement restreint dans le cadre d'une stratégie de maintenir un grand corridor forestier à niveau de paysage. Cependant, l'ensemble de ces fragments résiduels et de la zone tampon est relativement peu étendu par rapport au couloir forestier. Une deuxième zone tampon périphérique plus vaste avait donc été proposée. Cette deuxième zone devait être préservée par son utilisation rationnelle et la promotion d'une exploitation sélective par les communautés riveraines conformément au droit coutumier.

Pour aboutir à la conservation de ces habitats uniques, on préconisait que la forêt zonale adjacente à ces fragments résiduels ferait également l'objet de conservation stricte. Cependant, il avait été constaté que l'ensemble de ces fragments résiduels et de la zone tampon des forêts adjacentes constituait en soi un îlot relativement restreint au sein d'une matrice forestière qui est l'objet d'une stratégie de conservation visant à maintenir un corridor forestier à niveau de paysage. Dans cette optique, une deuxième zone tampon périphérique, plus vaste, avait donc été proposée. Cette deuxième zone concentrique devait être préservée par son utilisation rationnelle et la promotion d'une exploitation sélective par les communautés riveraines conformément au droit coutumier.

L'approche PDM d'être pro-actif en matière de gestion forestière des zones adjacentes à la mine était doublement justifiée en ce temps, puisqu'un écrémage systématique, douteux et incontrôlable des forêts de la région, rendues accessibles par le forage PDM, était en cours et que le maintien de ces forêts semblait être mis en cause en absence d'action immédiate de gestion forestière.

L'importance de maintenir un massif forestier continu dans l'espace et écologiquement fonctionnel aux alentours de la mine était vue par PDM comme un atout pour favoriser la restauration écologique de la mine après sa clôture. En effet, après la revégétation artificielle préconisée comme la mesure initiale, les peuplements établis devaient s'enrichir naturellement à travers le processus de succession secondaire progressive. Le succès de ce processus dépend évidemment de la présence d'une matrice forestière fonctionnelle contiguë et adjacente fournissant les graines forestières autochtones par le truchement des agents disperseurs naturels (oiseaux, chauves-souris, lémurins et le vent).

Entre-temps, la conjoncture en matière de gestion et conservation des forêts a évolué à Madagascar, et des systèmes de transfert de gestion communautaires appropriés et efficaces sont en application dans la région de Moramanga (GELOSE, GCF, efforts du groupe MIRAY). En outre, l'empreinte minière envisagée par DYNATEC est différente dans l'espace et dans le temps que celle proposée par PDM. A cet effet, une révision fondamentale des approches conceptuelles de la gestion forestières préconisées dans l'étude d'impact et dans le plan de mitigation de l'EIE de PDM s'impose. En effet, il s'agira notamment de réviser la mise en œuvre de la gestion forestière dans l'espace et d'inclure la gestion communautaire intégrée dans les zones adjacentes aux lots retenus par le promoteur à travers des baux emphytéotiques.

Ainsi, nous pensons que le concept de la gestion forestière d'Ambatovy-Analamay préconisés à l'époque est toujours valable mais que sa disposition spatiale et ses approches pour la mise en œuvre doivent changer. Par conséquent, la revitalisation des accords relatifs au plan de gestion implique des réflexions holistiques visant à mettre cette gestion forestière dans le contexte actuel de la mitigation des impacts, des intérêts de la communauté riveraine et des visions de conservation du corridor Mantadia-Zahamena et de Torotorofotsy. Cette tâche est complexe et implique le leadership de DYNATEC en tandem avec les responsables de l'EIE d'exploitation DYNATEC en consultation avec les parties prenantes. Ce travail se réalisera au cours de l'année 2005.

6. ACQUISITION FONCIÈRE

6.1 *Dossier d'acquisition*

A l'intérieur des 23 carrés miniers de 2,5 kilomètres de côté, constituant la superficie du permis de recherche, se trouvent les deux lots AFF 83 / 97 MOR et AFF 407 / 97 MOR qui forment le périmètre minier au sens large du terme. Ces lots incluent les futures mines d'Ambatovy et d'Analamay avec toutes les installations minières que cela entraîne ainsi que les zones tampons dans lesquelles le plan de gestion forestière sera vraisemblablement mis en œuvre. Dans un effort de maintenir le contrôle des terrains dans le périmètre immédiat de la mine, c'est-à-dire dans les zones tampons, DYNATEC veut donner suite à la stratégie développée par PDM d'acquérir ces lots par baux emphytéotiques. L'acquisition de ces lots est jugée indispensable pour des raisons de sécurité, pour contrôler les exploitations illicites et assurer la bonne gestion forestière des zones tampons au cours de la vie du projet et pour enrayer légalement les immigrations et occupations de la terre par des squatters (immigrants en attente de trouver du travail, immigrants qui suivent les ouvriers en tant que famille étendue).

6.2 *Superficies et affectations*

Le dossier d'acquisition ouvert vise à obtenir 7 528 hectares de terres. Ceci inclut 3 lots, à savoir, lot AFF 83 / 97 MOR de 1 500 hectares et lot AFF 407 / 97 MOR de 5 400 hectares sur la région d'Ambatovy et Analamay, ainsi que le lot AFF 43 / 98 de 628 hectares dans la région de la station de pompage de Mangoro, ce dernier avec une éventuelle réduction de 40 hectares. Notons que le lot AFF 407 / 97 comprend la totalité du gisement d'Ambatovy et approximativement de 75% de celui d'Analamay. Les 25% restant du gisement d'Analamay sont compris dans le lot AFF 83 / 97.

Des 6 900 hectares demandés pour les zones minières, environ 1 500 hectares seront touchés par les gisements et les infrastructures telles que les zones de stockage et les bassins de rétention (ce chiffre constitue une approximation grossière des empreintes cumulatives réparties sur 25 ans). Nous réitérons que l'affectation de ces lots fera l'objet d'analyses interdisciplinaires qui se réaliseront au cours de l'étude d'impact du site minier et de l'élaboration des plans de mitigation et de clôture dans le cadre des travaux de l'EIE d'exploitation DYNATEC. (Voir chapitre antérieur, sous-chapitre 5.2 relatif à la gestion forestière).

7. RESTAURATION DES SITES

7.1 *Objectifs de la Restauration*

La restauration vise à stabiliser les sites contre l'érosion et à favoriser la revégétation avec des espèces ligneuses adaptées. A long terme, la restauration vise à obtenir la fermeture de la canopée et, par conséquent, assurer la continuité structurale des massifs forestiers d'Ambatovy et d'Analamay qui constituent l'extension ouest du corridor Mantadia-Zahamena et protègent les hauts bassins versants Est du marais de Torotorofotsy.

La restauration des sites impactés par les routes et les plates-formes créés par la campagne d'exploration DYNATEC constitue une partie intégrante de l'étude d'impact d'exploration et est mentionnée explicitement dans le cahier des charges. Cette restauration aura lieu sans tenir compte de la décision en instance sur l'exploitation de la mine de nickel et de cobalt.

Il est important de noter, cependant, que dans le contexte de la Joint Venture DYNATEC – PDM, la situation environnementale de base ou l'état environnemental au temps zéro correspond à la situation avant le début des travaux d'exploration PDM en 1995. Par conséquent, l'objectif final de la restauration vise à remettre en état les sites impactés par PDM et DYNATEC au cours des deux campagnes indépendantes de forage. Il va sans dire que la restauration des sites impactés par PDM est avancée et que la grande

majorité des sites qui n'ont pas été réutilisés par DYNATEC se trouvent sous couverture végétale résultant d'une restauration active ou d'un processus de régénération naturel passif. Cette bonne avance est apparue également du fait que la dernière inspection des autorités environnementales sur terrain organisée par PDM avant la signature de la Joint Venture a été favorable et a démarré les pourparlers relatifs à la mise sur pied d'un audit environnemental et de l'octroi subséquent du quitus environnemental conformément à l'article 30 du décret 2004-167 modifiant certaines dispositions du décret original MECIE.

7.2 Concept écologique

L'impact causé par l'ouverture des pistes d'accès et les plates-formes crée d'abord des surfaces dénudées avec des substrats contenant de la matière racinaire entremêlée de matière organique broyés et compactés par les machines dans les cas où la topographie est modérée (pente de référence de 20° pour les pistes et 10° pour les plates-formes). En pente plus accentuée, un travail de déblai / remblai était nécessaire et les surfaces dénudées comportent d'abord des substrats broyés et compactés sans racine et matière organique avec des zones adjacentes de remblai ou la matière racinaire et organique est malaxée. L'approche initialement développée dans les bureaux consistant à entasser et stocker le top-soil contenant la masse organique de façon à pouvoir être réutilisé au cours de la restauration a été testée au début de la campagne. Cependant, il a été rapidement expérimenté que cette procédure s'avère non opérationnelle. En effet, le top-soil se limite essentiellement à une couche racinaire de 5 à 10 centimètres d'épaisseur avec des débris organiques décomposés en humus positionné sur un sol minéral pisolithique ou argileux lui-même pauvre en matière organique. Cette couche racinaire, qui constitue d'ailleurs l'une des caractéristiques pédologiques prédominantes de la forêt de moyenne altitude, forme un enchevêtrement non récupérable mais recyclable à toutes fins pratiques.

Notons que la stratégie de la restauration initialement adoptée par PDM était relativement passive et se basait sur l'utilisation du processus naturel de succession à partir de la forêt adjacente résiduelle. Cette expérience initiale PDM a démontré que l'approche « laisser-faire », par laquelle libre cours est laissé à la restauration passive, ne permet pas l'établissement adéquat des espèces forestières par la succession naturelle et ne mène pas à la fermeture de la canopée pour enrayer l'érosion pluviale et établir un microclimat favorable à la régénération.

Avec cette leçon apprise, PDM et par la suite DYNATEC ont mis sur place une stratégie exigeant une approche pro-active préconisant les étapes suivantes : a) Re-profilage, contrôle de l'érosion, drainage et préparation des sols, b) production de plantules et plantations et c) monitoring, application de soins sylvicoles et enrichissement en cas de besoin.

- a) Re-profilage, contrôle de l'érosion, drainage et préparation des sols
 - Identification des sites prioritaires pour la restauration en favorisant notamment les sites susceptibles à l'érosion (pour plus de précisions, voir chapitre ultérieur) ;
 - Décompactage à la pelle mécanique dans une première phase et finition manuelle ;
 - Remblayage et re-profilage des routes, ceci concernant notamment les sites en fortes pentes accentuées ;
 - Drainage par tranchées et canalisations ;
 - Fertilisation par BRF (bois et rameaux fragmentés) compostés et malaxage avec terres pour préparer le sol du billonnage ;
 - Billonnage renforcé par les bois résiduels des ouvertures et protégé par des toiles de jutes si besoin en est ;
- b) Production de plantules et plantations
 - Récoltes de sauvageons en forêt et repiquage en pépinière ;
 - Transplantation en sachet et préparation des plantules en pépinière ;
 - Plantation sur le terrain ;
- c) Monitoring, soins sylvicoles et enrichissement en cas de besoin

- Comptage de la mortalité et monitoring de croissance par échantillonnage ;
- Sarclage et élimination des espèces non désirées (Rubis, Lantana, Eucalyptus, Pinus, Acacia) ;
- Enrichissement dans les trouées ;

Cette séquence de restauration suit un catalogue bien établi par les expériences acquises en écologie de restauration forestière et ne pose pas de défis particuliers. Néanmoins, quelques réflexions sur la stratégie écologique adoptée s'imposent :

- BRF (Branches et rameaux fragmentés) : Les branches et les rameaux pour la fragmentation proviennent d'abord de la biomasse émanant des défrichements de la végétation naturelle pour les ouvertures des pistes et des plates-formes. Il est estimé que seul 3% de la demande jusqu'à présent est couverte par ce type de BRF. Par conséquent, la quantité de cette ressource n'étant pas suffisante pour répondre à la demande nécessaire à la préparation des sols de toutes les stations, il a été indispensable de recourir à une source externe de BRF d'Eucalyptus provenant de la région d'Ampitambe à travers la coopérative de Kolo Harena et de l'association Volisoa. Ces associations ont commencé à fournir du BRF depuis le 08 mars et le 30 avril 2004 respectivement. Le BRF d'Eucalyptus, ne donne évidemment pas la même qualité du compost que celui émanant des espèces natives, par la présence de molécule de terpène résistante, caractéristique des Myrtacées australiennes. Néanmoins, les résultats de cette source de compost sont acceptables et présentent l'avantage de sa grande disponibilité. La production BRF totale depuis la création de la coopérative et de l'association se somme à 2'795 m³. De cette quantité, 1'790 m³ ont déjà servi pour la préparation des sols.
- Récoltes de sauvageons en forêt : La récolte de sauvageons en forêt présente l'avantage de disposer d'un nombre suffisant de plantules d'espèces variées en un temps minime, dont la vigueur est mise en évidence par la germination et la survie de la phase de la substitution des cotylédons en milieu naturel compétitif. Cependant, cette technique constitue en soi un impact sur la régénération de la forêt résiduelle qui dans le cas de cette campagne de restauration n'a pas été évalué quantitativement avec grande précision. Pour la pépinière pilote (voir chapitre 7.2. a - Pépinière), nous avons néanmoins enregistré qu'en début de cette saison des pluies, la récolte de plantules en forêt avec une extraction à l'angady équivaut à 150 plantules / jour - personne. En comptant que le travail se fera pour une durée maximale de 130 jours par 5 personnes, nous estimons que l'apport de sauvageons sera d'environ 100 000 plantules par année pour cette pépinière. Nous supposons, cependant, qu'étant donné l'apparence caractéristique des courbes de fréquence diamètres en forme de « J » négatif, il en résulte que le nombre de plantules par hectare se somme souvent à plusieurs dizaines de milliers d'individus pour les espèces forestières fréquentes. Cependant, pour Ambatovy, le périmètre de récolte s'entend sur plusieurs centaines d'hectares. Ainsi, nous partons de l'hypothèse que la récolte de sauvageons est tolérable en ce qui concerne l'impact sur les nombres de plantules. En ce qui concerne les impacts mécaniques causés par le piétinement de la régénération résiduelle par les récolteurs(-euses), nous devons, une fois de plus, supposer que cet impact est tolérable sans pour autant compter sur des données scientifiques. Il est nécessaire de mentionner que la récolte de graines en forêt, dans le but d'établir des bacs de germination en pépinière, impliquerait l'escalade de porte-graines qui est probablement plus impactant sur la forêt (piétinement, cassure de branches, décapage d'épiphytes) que la simple récolte de sauvageons, sans aborder les questions de sécurité des ouvriers temporaires non familiers avec les techniques élaborées et les consignes strictes des grimpeurs.
- Traitement sylvicole - Elimination d'espèces non désirées : Le danger d'invasion d'espèces non autochtones et exotiques, qui menace les populations végétales natives et donc

l'intégrité de la biodiversité, constitue une réalité bien documentée quant l'être humain interfère avec les milieux forestiers naturels à Madagascar. Etant donné que la campagne de forage s'est réalisée dans un milieu forestier primaire ou presque primaire sensible, qui fait partie d'un corridor forestier qui suscite beaucoup d'intérêt parmi les entités de conservation gouvernementales et privées, le choix des espèces devient une question fondamentale. En effet, dans le contexte d'Ambatovy, le promoteur n'a pas choisi la solution facile, économiquement attractive et écologiquement contestable qui consiste à restaurer les sites avec des espèces exotiques à forte croissance qui mènerait à la fermeture rapide de la canopée sans que le dynamisme de la forêt résiduelle à long terme devienne une responsabilité. Ainsi, l'approche de la restauration préconisée vise clairement à planter des espèces natives qui constituent le point de départ du processus de succession secondaire progressif naturel. Par conséquent, aucune espèce forestière exotique ne sera plantée et les espèces exotiques qui incontestablement s'établiront dans les sites restaurées par invasion, devront être éliminées au cours des traitements sylvicoles subséquents. Cette approche intransigeante vise à renforcer une stratégie de restauration stricte et conséquente excluant d'emblée tout potentiel d'être à la base de critiques, vraisemblablement justifiées, d'être irresponsable en matière de l'environnement et d'avoir contribuer aux invasions non désirées en forêt naturelle. Les quelques exemples où certains tronçons de pistes ont été enrichis avec des espèces exotiques non pérennes (voanemba, tephrosia) ne seront donc plus répétés même si aucun effet écologique négatif n'a été enregistré.

7.3 Choix des sites prioritaires

En premier lieu et en accord avec les objectifs, le choix des sites prioritaires de restauration s'inscrit clairement dans l'optique du scénario que le projet d'exploration passera assez rapidement en projet minier d'exploitation. Conformément au programme établi, ce passage se réalisera vraisemblablement à fin 2005.

Sous cet angle, il est logique que le choix des sites prioritaires de restauration des routes et plates-formes tombe sur les périmètres externes et limitrophes aux gisements d'Ambatovy et Analamay (pour être précis, il s'agit bien entendu du périmètre de l'empreinte de la mine qui dépasse les surfaces du gisement mais étant donné qu'à la fin de la campagne de forage le plan de mine était toujours en phase d'élaboration conceptuelle, DYNATEC a préféré adopter une approche conservatrice et restaurer les routes et les plates-formes à partir des limites du gisement qui constituent une démarcation indiscutable). L'importance de ces périmètres périphériques est incontestable, puisqu'ils constituent les futures zones forestières tampons adjacentes à la mine que DYNATEC vise à protéger tout au long de la durée de son projet. En outre, ces zones forestières contiendront les îlots résiduels de la forêt a-zonale entre la future mine et les zones tampons forestières et ont ainsi une haute valeur de conservation d'habitat.

Un second grand critère de priorité est engendré par le danger d'érosion des pistes et plates-formes en fortes pentes. Ces zones topographiquement accidentées constituent ainsi la deuxième catégorie des sites prioritaires de restauration. Dans la pratique, cependant, il s'en suit que par la configuration géomorphologique des plateaux d'Ambatovy et Analamay, ces périmètres en pente se trouvent notamment sur les versants périphériques des plateaux où se trouvent la majorité des surfaces susceptibles à l'érosion par leur topographie accidentée. Ainsi, peu fréquents sont les sites à fortes pentes retenus comme prioritaires et se trouvant à l'intérieur du gisement.

Dans ce contexte, il est toutefois utile de rappeler la directive du CCE stipulant que tant que la décision concernant l'exploitation de la mine sera en instance, la reconstitution des sites après la fin de la campagne devra suivre son cours. Ainsi, la stratégie de priorité vise notamment à donner une structure cohérente pour la gestion et l'organisation de la campagne de restauration qui sera menée sans délai. Néanmoins, si la mine devait se développer, il est évident qu'une nouvelle stratégie de clôture environnementale d'exploration sera développée en concert avec les autorités environnementales.

7.4 Déroulement des opérations

L'approche de la restauration pro-active décrite dans la chapitre antérieur et préconisant les étapes de re-profilage, contrôle de l'érosion, drainage et préparation des sols, production de plantules et plantations, monitoring, application de soins sylvicoles et enrichissement ne présente aucune difficulté technique particulière et seules quelques commentaires sur des aspects ciblés de cette opération s'imposent dans ce rapport. Ils concernent a) le déroulement des pépinières et b) le choix des espèces, à savoir :

a) Pépinières : DYNATEC a installé une pépinière pilote dans une vallée au sud du gisement d'Ambatovy sud-ouest. La capacité potentielle de cette pépinière est de 80 000 plantules en sachets de taille moyenne (12 centimètres de diamètre). Actuellement, à la fin de la saison sèche et au début de la campagne de récolte de sauvageons, la pépinière contient 25 000 plantules en sachets de 8 centimètres de diamètre. L'irrigation se fait à partir d'un réservoir en plastique de 5 000 litres.

En outre, DYNATEC a mis sur pieds une première pépinière villageoise à Berano, dans l'un des hauts bassins versants de Torotorofotsy, à l'Est de la crête entre Ambatovy et Analamay. Cette pépinière communautaire est gérée par l'association TSINJOEZAKA et son inventaire actuel à la fin de la saison sèche et au début de la campagne de récolte de sauvageons est estimée à 20 000 plantules composées d'une gamme d'espèces forestières natives pionnières.

Les villageois d'Ampitambe, par le truchement du groupement TARATRA, ont également mis sur pieds une pépinière villageoise contenant environ 15 000 plantules, estimation également réalisée en fin de saison sèche et au début de la campagne de récolte de sauvageons.

b) Choix des espèces :

Les espèces récoltées en tant que sauvageons et repiquées en pépinières incluent notamment les espèces suivantes :

Dingadingana, Harongana, Ravinavetro, Longotra, Hazombarorana, Varongy, Voretra, Menahihy, Hazondomohina, Tavolo, Voapaka, Molotrangaka, Varongy, Ditimena, Tanatanampotsy, Hazombarorana et Dipaty.

Ces espèces, tant que repiquées sans délais en pépinière après leurs récoltes et après avoir été bien arrosées, ne subissent qu'un faible taux de mortalité estimé à moins de 10%.

7.5 Avance de la campagne de restauration

L'avance de la campagne est illustrée sur la carte de progrès actualisée en date du 18 Novembre 2004 (voir ANNEXES VI A et VI B). Nous différencions les catégories suivantes :

- (Rouge) Piste non stabilisée et non plantée (à restaurer) / Piste utilisée par DYNATEC, soit pistes neuves DYNATEC ou établies sur tracé GENIM ou PDM.
- (Bleu) Piste stabilisée et non plantée (à planter) / Piste utilisée par DYNATEC, soit pistes neuves DYNATEC ou établies sur tracé GENIM ou PDM.
- (Vert) Piste stabilisée et plantée (faire le suivi) / Piste utilisée par DYNATEC, soit pistes neuves DYNATEC ou établies sur tracé GENIM ou PDM.
- (Magenta) Piste stabilisée et plantée ou restaurée passivement (faire le suivi) / Piste utilisée par PDM, soit pistes neuves PDM ou établies sur tracé GENIM.
- (Orange) Piste restaurée passivement (pas d'action) / Piste ouverte par GENIM ou piste forestière nouvelle ou sur tracé GENIM.

- (Noir) Piste principale ou d'accès secondaire (pas d'action tant que décision mine en instance)
/ Piste ouverte par GENIM et utilisée par PDM / DYNATEC (quelques routes d'accès secondaires ouvertes par PDM)

Un comptage de l'évolution de la restauration selon les classes susmentionnées a été effectué et les résultats sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau n° 9 : Pourcentage de la restauration selon 4 catégories de pistes

PISTES	% - LONGUEUR AMBATOVY		% - LONGUEUR ANALAMAY	
	TOUS REONDANTS	RESP. DYNATEC	TOUS REONDANTS	RESP. DYNATEC
RESTENT A STABILISER ET PLANTER	35,00	38.21	93,13	95.48
DEJA STABILISEES ET A PLANTER	17,12	18.69	4,40	4.52
DEJA RESTAUREES PAR DYNATEC	7,75	8.45	0,00	0
DEJA RESTAUREES PAR PDM	31,75	34.65	0,00	0
ACCES GENIM (PAS D'ACTIONS)	8,38	N/A	2,47	N/A
TOTAL	100,00	100	100,00	100

De cette compilation, nous pouvons conclure que le pourcentage de toutes les pistes de tous les répondants dont la restauration incombe sous la responsabilité DYNATEC est de 92% à Ambatovy et de 97.5% à Analamay. Ainsi, la responsabilité DYNATEC devient quant à elle 100%, par exclusion des impacts GENIM de 8.38% à Ambatovy et 2.47% à Analamay, qui ne sont plus en fait sous la responsabilité DYNATEC. Sous cet angle (voir colonne chiffres rouge du tableau n°9), 43% des pistes à Ambatovy ont été restaurées, alors qu'aucun travail n'a été terminé à Analamay. Pour Ambatovy, DYNATEC a déjà stabilisé 19% des pistes, tandis que ce chiffre équivaut à 5% pour Analamay (toutes ces pistes restent à être plantées). A Ambatovy, 38% des pistes restent encore à être stabilisées, chiffre montant à 95% à Analamay. Par conclusion, DYNATEC devra encore planter 57% de ces pistes sous sa responsabilité à Ambatovy et 100% à Analamay.

7.6 Perspectives futures

En général, l'auto-évaluation de la campagne de restauration réalisée pour la rédaction de ce rapport n'a détecté aucunes lacunes techniques d'implantations majeures. Par conséquent, les travaux de restauration en cours devront suivre leur opérationnalité selon les priorités discutées antérieurement.

Nous avons cependant constaté que le monitoring de l'opération est une activité importante qui devra être structurée avec rigueur. Ceci inclut le design du monitoring, la prise de données, le dépouillement et la rédaction périodique des résultats intermédiaires. A cet effet, nous allons revitaliser, adapter et simplifier le monitoring commencé par PDM qui constitue une approche méthodologique intéressante et met à disposition un banc de données important. Ce monitoring devra se faire dans l'optique de mieux documenter et apprendre la science et l'art de la restauration à Ambatovy, cela également en vue de la future mine et des futurs travaux de restauration que ce projet minier nécessitera. En se basant sur un design par échantillonnage, le monitoring visera à établir les taux de croissance et de mortalité par type de sols, ainsi qu'un comptage de l'accumulation des espèces arrivées par succession naturelle.

Il est également nécessaire, dans un premier temps, de réaliser une visite technique sur terrain avec les responsables CIREEF pour donner suite au point 8 du document intitulé « Bilan relatif au protocole d'accord entre CIREEF Moramanga et DYNATEC » et discuter du travail de restauration en matière de science forestière. Par la suite, il sera pertinent de conduire des visites formelles sur terrain avec les autorités environnementales responsables dans le but de préparer, à mi-cours de l'année 2005, un dossier d'audit. La démarche subséquente pour l'obtention du quitus sera développée quant plus d'éléments sur la suite de la mine seront disponibles au cours de la fin 2005.

8. ASPECTS SOCIAUX

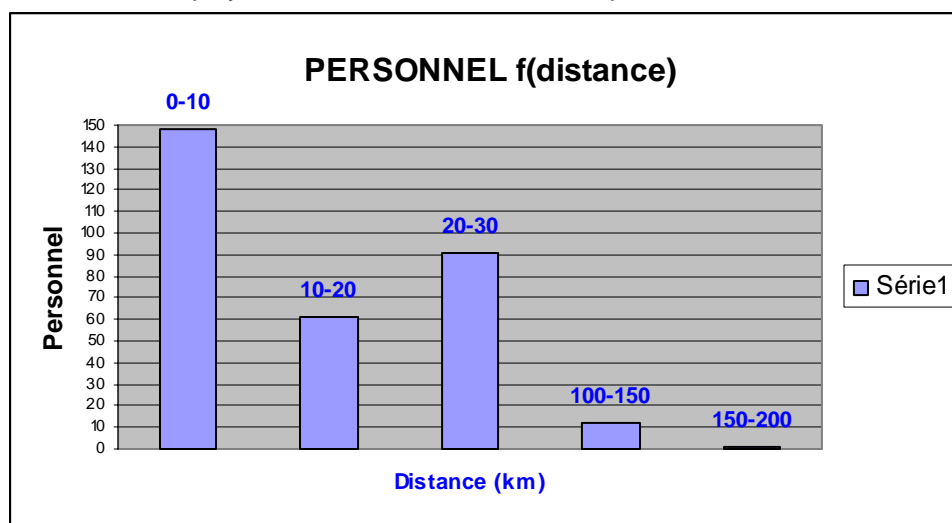
8.1 Pratique de recrutement

En suivant une politique de recrutement qui favorise l'emploi d'un personnel local, les statistiques d'engagement DYNATEC démontrent que la répartition des provenances par village correspond aux chiffres suivants :

Tableau n° 8 : Statistique de la provenance du personnel d'Ambatovy:

#	LOCALITE	PERSONNEL	%	DISTANCE (km)
1	Ampitambe	128	40,89	9,5
2	Moramanga	72	23,00	21
3	Ambohibary	25	7,99	16,5
4	Analalava	14	4,47	15,5
5	Antananarivo	12	3,83	136
6	Menalamba	10	3,19	10
7	Ambohitrapanga	9	2,88	6
8	Marovoay	9	2,88	18
9	Perinet	5	1,60	20,5
10	Ampangadiantrandraka	5	1,60	21
11	Morarano	4	1,28	25
12	Befotsy	3	0,96	13
13	Andasibe	3	0,96	18
14	Manakana	2	0,64	14,5
15	Ambohinierenana	1	0,32	10
16	Ambohitranivo	1	0,32	15,5
17	Amboasary	1	0,32	18
18	Andranomena	1	0,32	19
19	Ambohimarina	1	0,32	20
20	Falierana	1	0,32	20
21	Andaingo	1	0,32	21
22	Antsalova	1	0,32	22
23	Ilampy	1	0,32	22
24	Ambarilava	1	0,32	23,5
25	Andranokobaka	1	0,32	28,5
26	Ambatondrazaka	1	0,32	156,5
TOTAL		313	100,00	

Figure n° 1 : Personnel employé en fonction de la distance de provenance



Notons que la troisième colonne est supérieure à la deuxième par ce qu'elle inclut le personnel recruté de Moramanga (72 personnes). De cette compilation, nous concluons que le recrutement se fait conforme aux directives d'un engagement local du personnel.

8.2 Santé publique

Dans le cadre de la politique sociale de la Société DYNATEC, visant à améliorer l'état de santé de la population riveraine du périmètre minier, deux consultations hebdomadaires sont dispensées dans deux villages adjacents, à savoir : Ampitambe et Ambohimanarivo. En outre, les habitants vivant dans les hameaux adjacents à la forêt bénéficient de la possibilité de recevoir des soins dans le dispensaire du village minier d'Ambatovy.

Comme la grande majorité des malades (90%) est composée de femmes et enfants, les problèmes de santé maternelle et infantile occupent la première place à savoir : Les problèmes des voies respiratoires et leurs complications, les maladies diarrhéiques et leurs conséquences et les problèmes gynéco obstétricaux. En outre, la collaboration avec d'autres centres de santé a permis de dépister d'autres maladies qui sont par ordre de fréquence :

- Les infections sexuellement transmissibles avec la prise en charge du couple et/ou des partenaires pour encourager et assurer une guérison efficace dans la durée. De temps en temps, des séances d'éducation sanitaire sont faites avant chaque consultation et les thèmes sont axés principalement sur les maladies sexuellement transmissibles.
- La tuberculose avec 7 cas dépistés en 2004.
- La lèpre avec deux cas diagnostiqués.
- Le paludisme, qui constitue l'un des problèmes majeurs de santé dans la région de Moramanga. En effet, il touche la population en général, c'est-à-dire, les enfants en bas âge à partir de 5 mois, les jeunes et les adultes, des deux sexes confondus. Observé pendant toute l'année, l'on peut dire que le paludisme est un handicap pour le développement de la région.

Vu le coût avantageux des soins dans l'optique des patients, nous recevons en moyenne entre 30-40 patients par jour de consultation à raison de deux jours de consultation/semaine pendant la saison froide et humide (avril à septembre) et entre 50-60 pendant la saison chaude et humide (octobre à mars). En réalité, le coût des soins s'élève en moyenne entre 40 000 à 50 000 fmg par personne et c'est la société qui se charge entièrement des soins et de la fourniture des médicaments.

Outre le volet sanitaire, la société se lance aussi dans d'autres œuvres sociales. Dans le souci de lutter contre les maladies diarrhéiques, des puits sont creusés dans les villages afin de leur donner de l'eau potable.

9. CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Les conclusions et recommandations formulées par la suite émanent des discussions entre les différents professionnels impliqués dans les aspects environnementaux de la campagne de forage et de la restauration au sein de DYNATEC Madagascar et visent à donner une perspective autocritique et constructive dans l'esprit « d'expériences acquises ». D'abord, rappelons-nous que dans l'étude d'impact de forage, les impacts directs et indirects anticipés sur les forêts sclérophylles a-zonales ont été qualifiés de majeurs, dans la mesure où les surfaces dénudées constituent un morcellement important de la forêt contiguë et que le processus de succession sur les surfaces défrichées est exagérément lent. Dans ce contexte, nous citerons ici l'exemple des surfaces d'échantillonnages réalisées par les Coréens dans les années 80 qui sont toujours démunies de végétation faute de substrat propice à la recolonisation naturelle. Dans la section 4 de ce rapport, nous avons décrit les impacts en matière de volume de bois, d'ouverture de pistes et de plates-formes de forage, de fragmentation de la forêt ainsi que des forages géotechniques et hydrogéologiques causés par cette campagne.

A la fin de cette campagne de forage en milieu écologique forestier sensible, nous concluons que l'opération s'est efforcée de réduire les impacts environnementaux par des approches techniques et organisationnelles appropriées. Cependant, en phase initiale de la campagne, les directives techniques émanant de l'EIE ne pouvaient pas être suivies à la lettre à cause des contraintes physiques existantes. En effet, si nous constatons a posteriori que les surfaces des pistes et des plates-formes ont causé des empiètements qui dépassent les valeurs anticipées, nous devons d'abord nous poser la question sur les standards fixés initialement. Dans l'EIE d'exploration, et quoique les recommandations eussent été basées sur les expériences PDM, les impacts spatiaux n'ont pas été évalués avec une précision suffisante (voir par exemple chapitre impacts sur les sols dans l'EIE). Ainsi, les augmentations attendues des empreintes environnementales des pistes et des plates-formes résultant des déblais et remblais en forte pente de terrain n'ont pas été calculées avec le soin nécessaire et, par conséquent, les recommandations avancées dans le EIE n'ont pas reflété les réalités rencontrées postérieurement sur terrain. Ainsi, l'exécution des travaux initiaux de la campagne n'a pas été conforme aux directives du CCE et la nécessité de soumettre un addendum au CCE a été incontournable. Cette situation a impliqué un processus de négociation basé sur les observations des forages effectués dans la première phase de forage, donc un processus itératif de rectification des approches techniques visant à réduire les impacts en se basant sur les expériences acquises. La campagne de forage du gisement d'Ambatovy ouest a, à titre d'exemple, été suspendue pendant plus de deux mois pour trouver une méthode de travail satisfaisant aux contraintes environnementales.

En fin de compte et basé sur des observations écologiques sur terrain, nous constatons que les impacts cumulatifs PDM et DYNATEC sur la forêt a-zonale d'Ambatovy et Analamay sont sévères et qu'une campagne d'exploration de forage en milieu écologique forestier sensible constitue un impact à ne pas sous-estimer. La sévérité de l'impact est surtout très visible à Ambatovy Ouest où le morcellement de la forêt par les pistes et les plates-formes causé par les deux campagnes est important. Dans cette zone nous constatons également que les empiètements accidentels en bord de pistes (croisement de véhicules lourds), les effets de lisière et les feux de bordure constituent une gamme d'impacts indirects qui affectent l'intégrité de ces habitats résiduels sensibles.

Toutefois, la restauration des sites impactés a été réalisée avec un suivi soutenu et les résultats préliminaires paraissent prometteurs, notamment dans les zones à l'extérieur de la cuirasse ferrallitique. Néanmoins, la restauration doit être vue comme un processus à long terme car l'enrichissement naturel des sites restaurés par le processus de la succession naturelle entre les espèces plantées est extrêmement lent.

Par extrapolation des observations sur la croissance et l'enrichissement dans les sites restaurés par PDM, nous sommes loin d'arriver à une fermeture de la canopée et à une homogénéisation structurelle de la forêt a-zonale notamment dans les sites à dominance de cuirasse et de pisolithe. Sur les sites où le processus de revégétation a été engagé à sa première phase (stabilisation et plantation), l'habitat restauré se contraste encore très fortement de l'habitat forestier adjacent en ce qui concerne le substrat, la présence de matière organique et de microorganismes, le régime d'humidité et de luminosité ainsi que du degré de recouvrement et la biodiversité. En effet, dans ces stations restaurées, il n'est pas rare de mesurer, par exemple, des températures au sol de 50° quand le soleil est au zénith. Ainsi, ces sites demeurent écologiquement fragiles car le flux énergétique se caractérise surtout par une grande dissipation thermique et des cycles biogéophysiques encore très ouverts et manquant de circuits internes régulateurs. Au cours du processus de succession progressive, il est entendu que ces propriétés écologiques se stabilisent, mais il s'agit d'un processus à longue haleine. En attendant, ces systèmes pionniers ont une résistance écologique très faible à la moindre perturbation, à savoir insolation, dessiccation, forte pluie, vent et actions anthropiques telle que piétinement, divagation de bétail et feux. De ce fait, les impacts sur ces sites doivent être mitigés autant que possible et notamment l'action humaine doit être contrôlée.

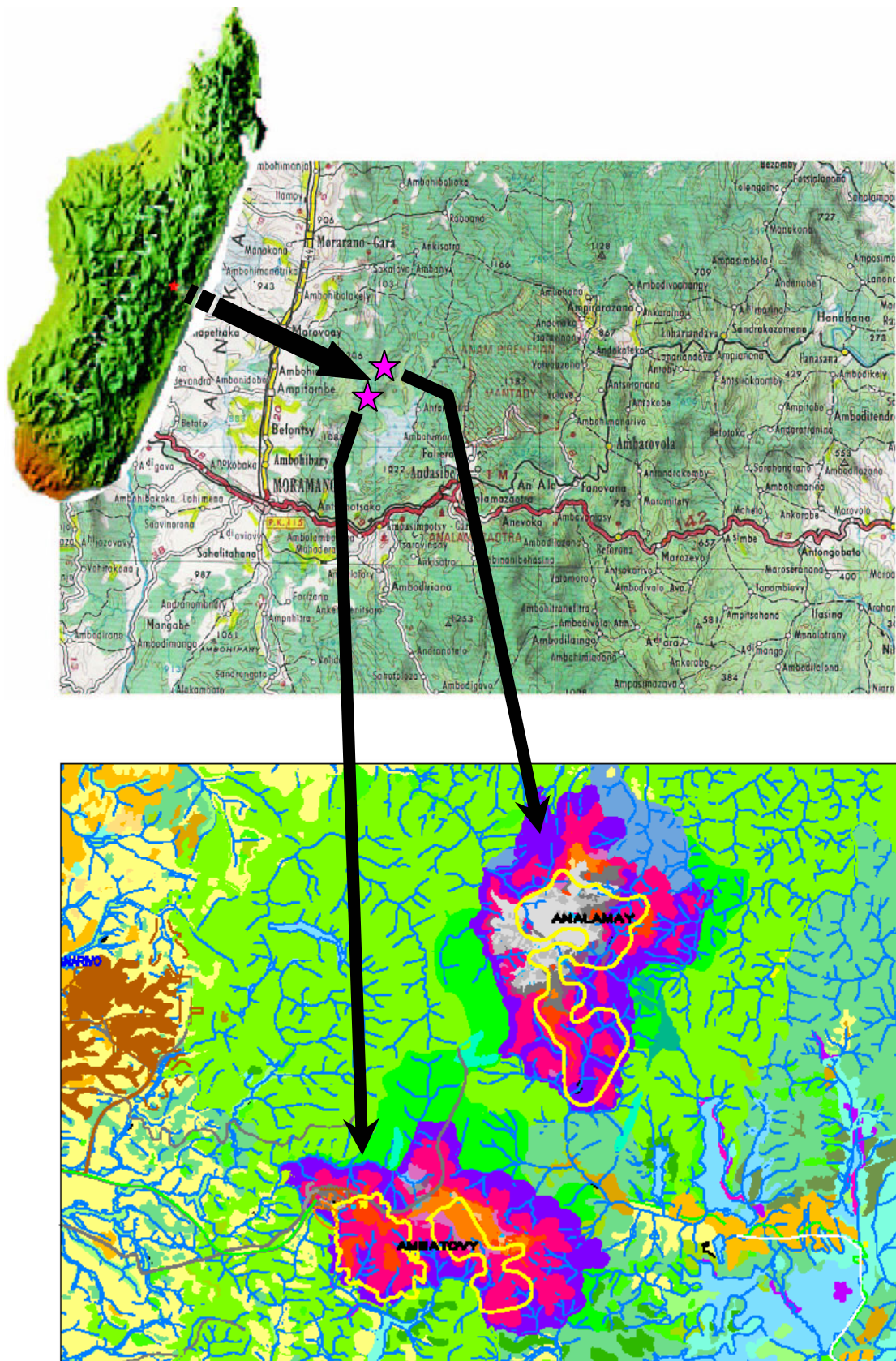
A cause de cette situation, DYNATEC va continuer à sensibiliser les riverains à prendre conscience de l'importance de la forêt a-zonale et de la fragilité des sites restaurés. Ainsi, le projet de restauration ne se limitera pas uniquement sur les aspects techniques et écologiques mais devra avoir une composante sociale dans laquelle les riverains seront motivés à développer un engagement pro-actif envers la campagne de restauration et de la forêt.

ANNEXE - I :

Carte de localisation des sites de forages

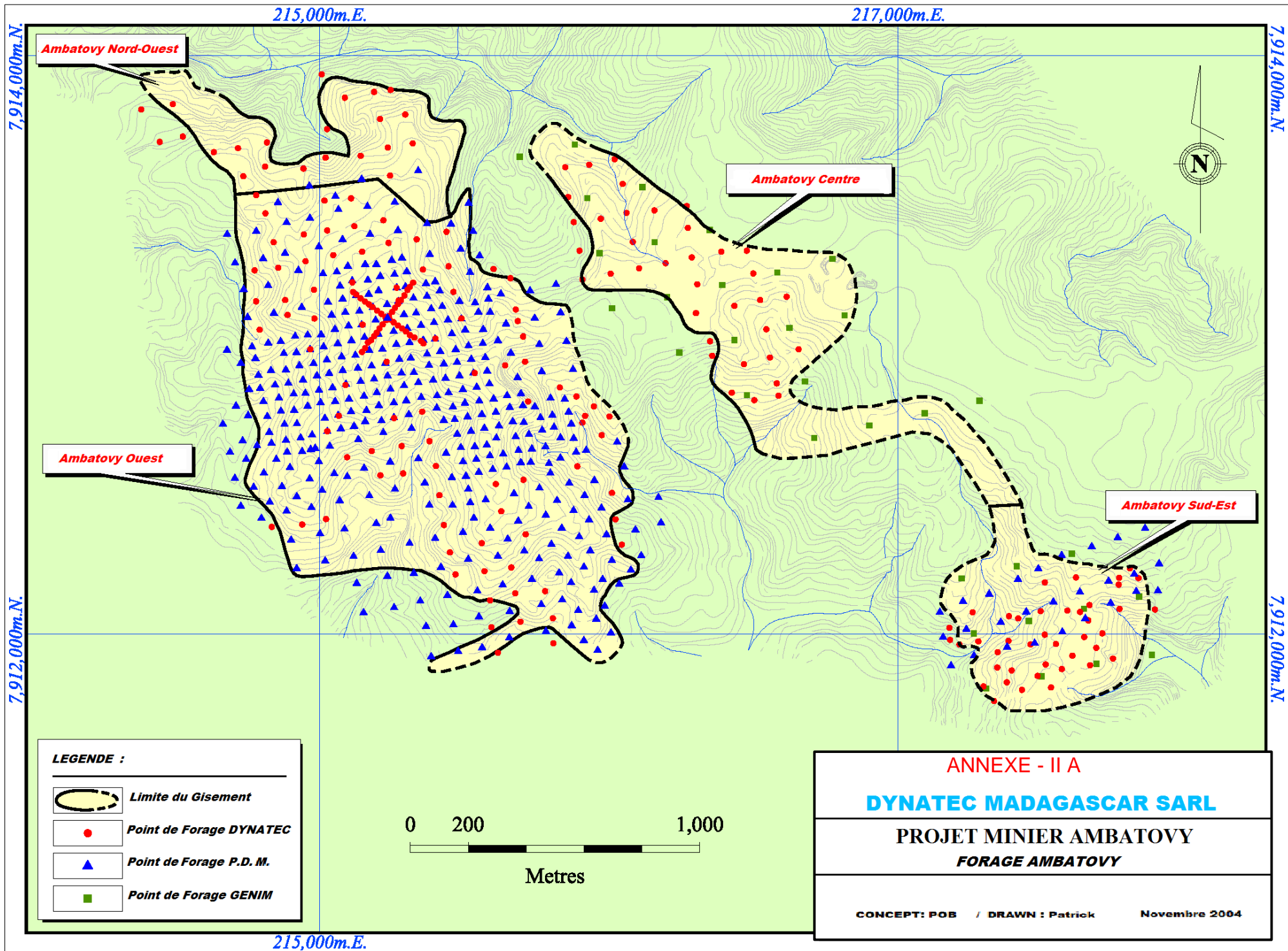
ANNEXE - I

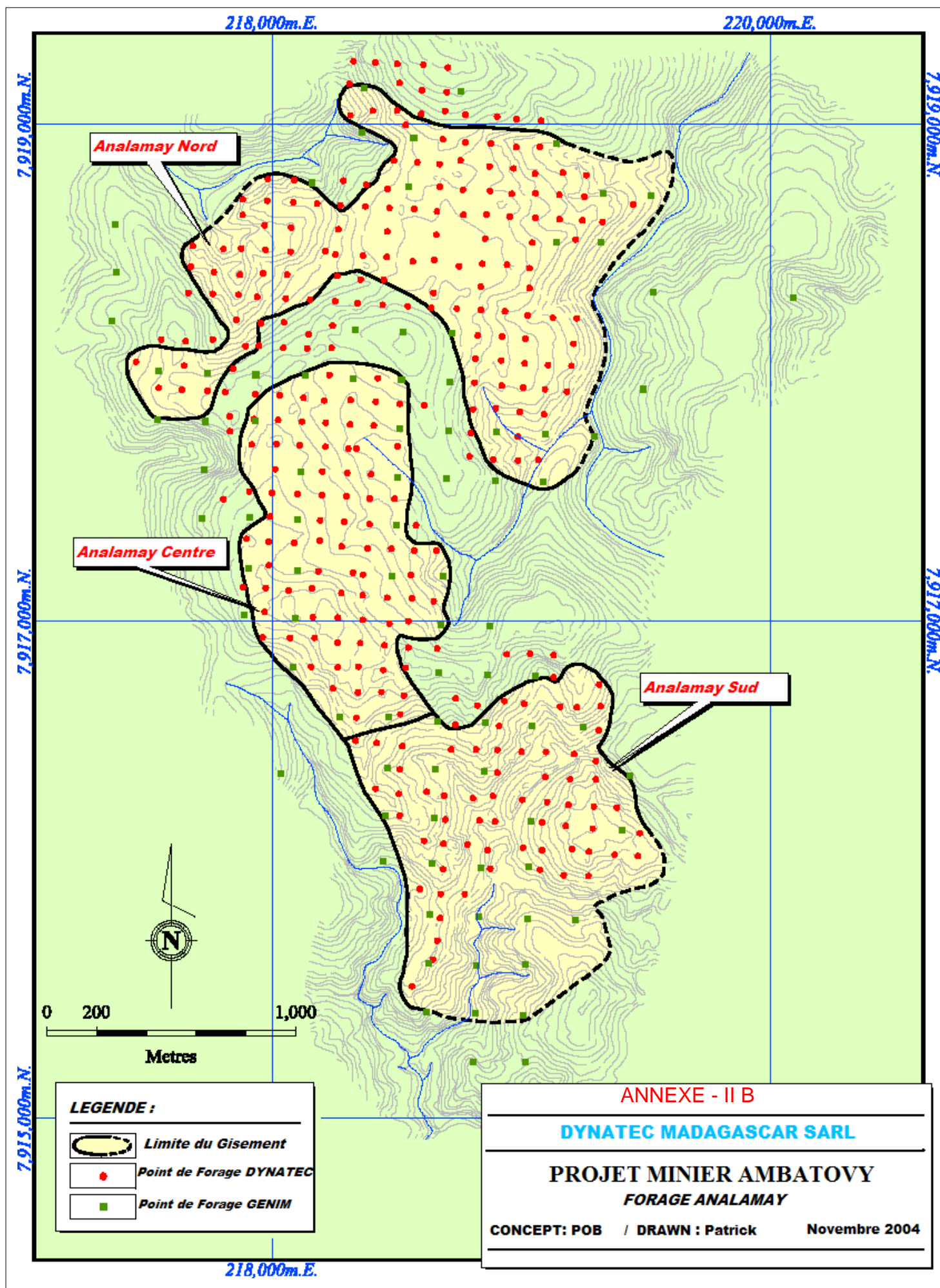
LOCALISATION DES SITES DE FORAGE AMBATOVY ET ANALAMAY



ANNEXE - II A et II B :

Cartes de localisation des sites de forages Ambatovy et Analamay

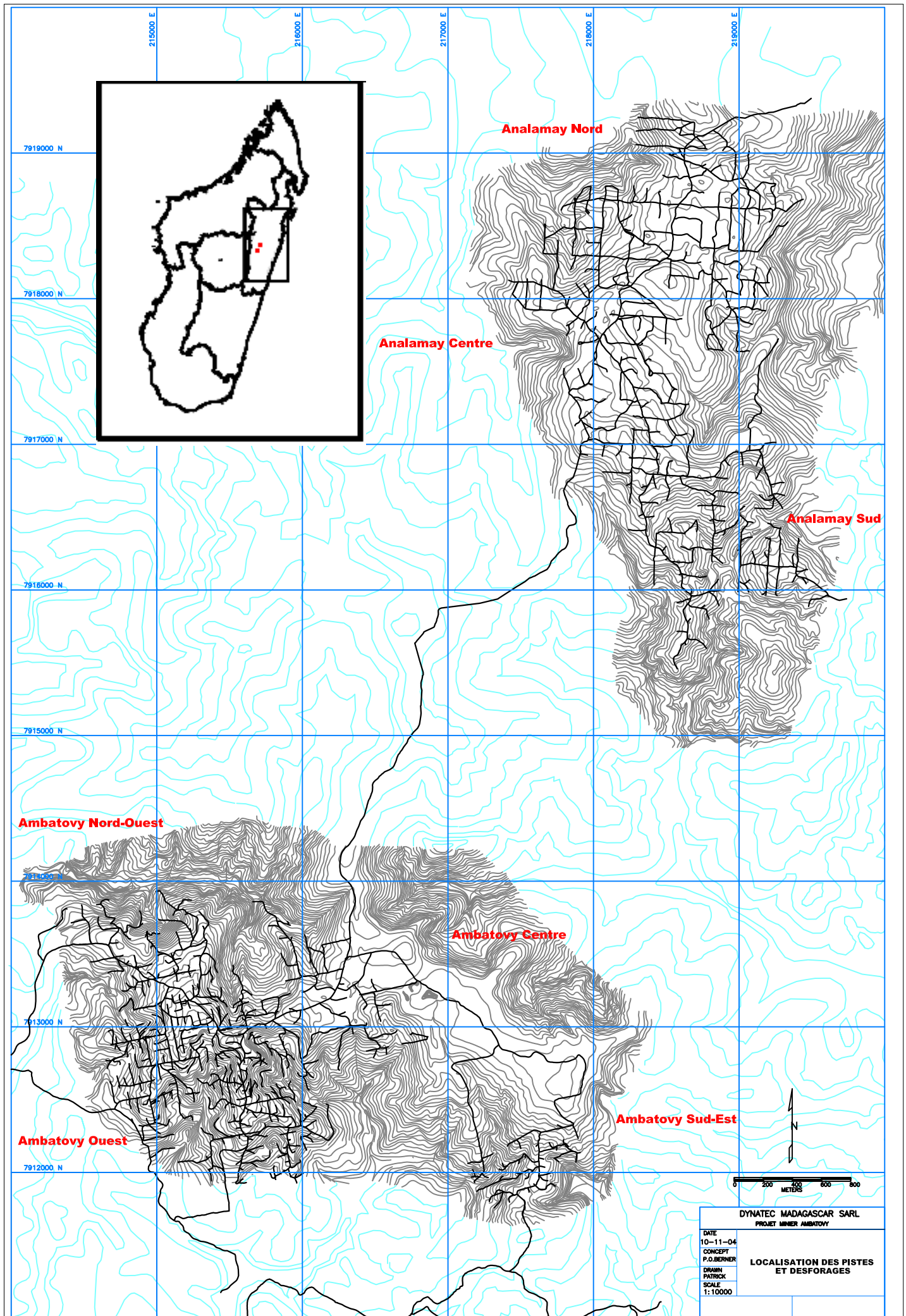




ANNEXE - III :

Carte de localisation des pistes d'accès Ambatovy - Analamay

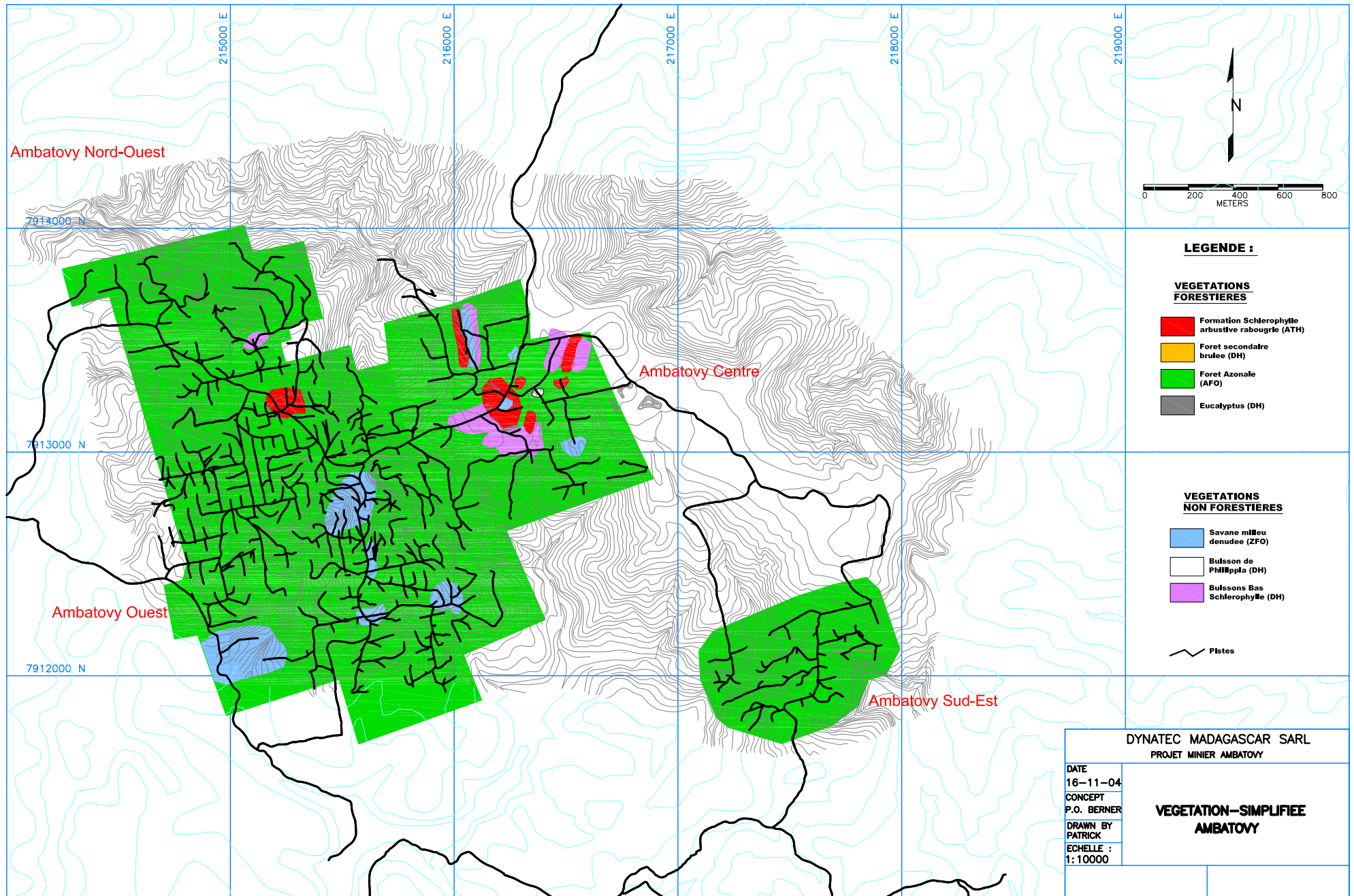
ANNEXE - III



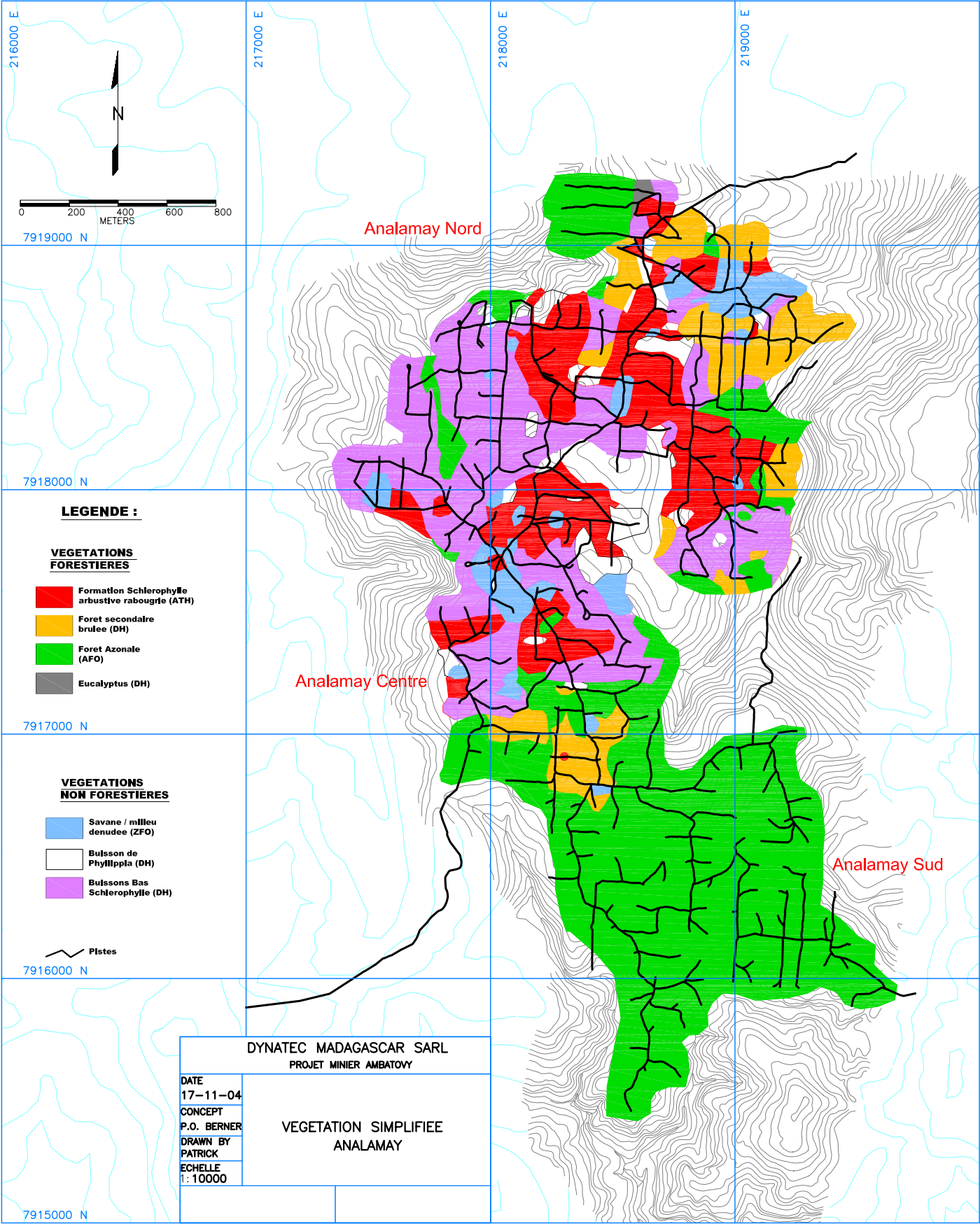
ANNEXE - IV A et IV B :

Cartes de végétation simplifiée Ambatovy et Analamay

ANNEXE - IV A



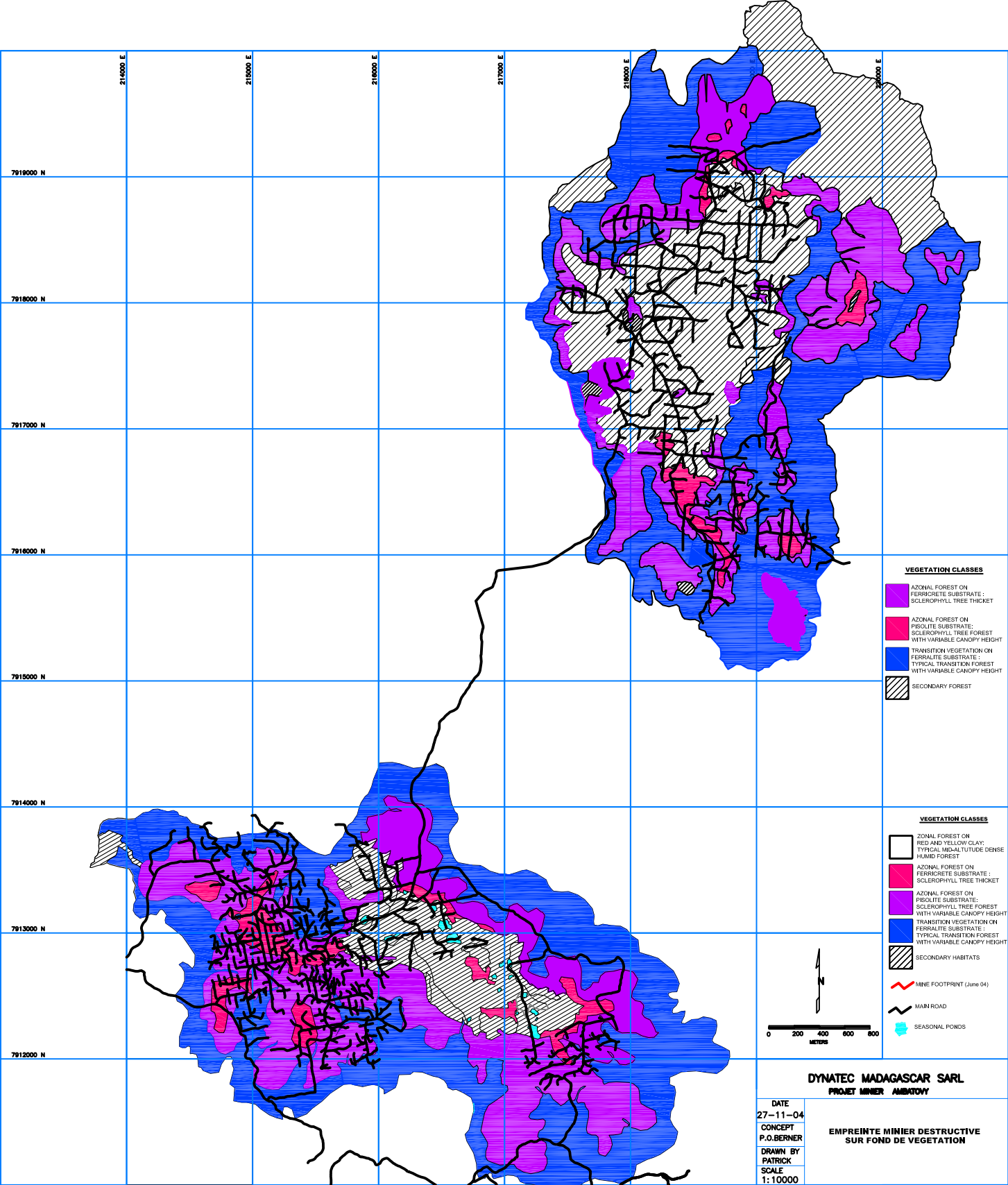
ANNEXE - IV B



ANNEXE - V :

Carte de végétation détaillée d'Ambatovy et Analamay

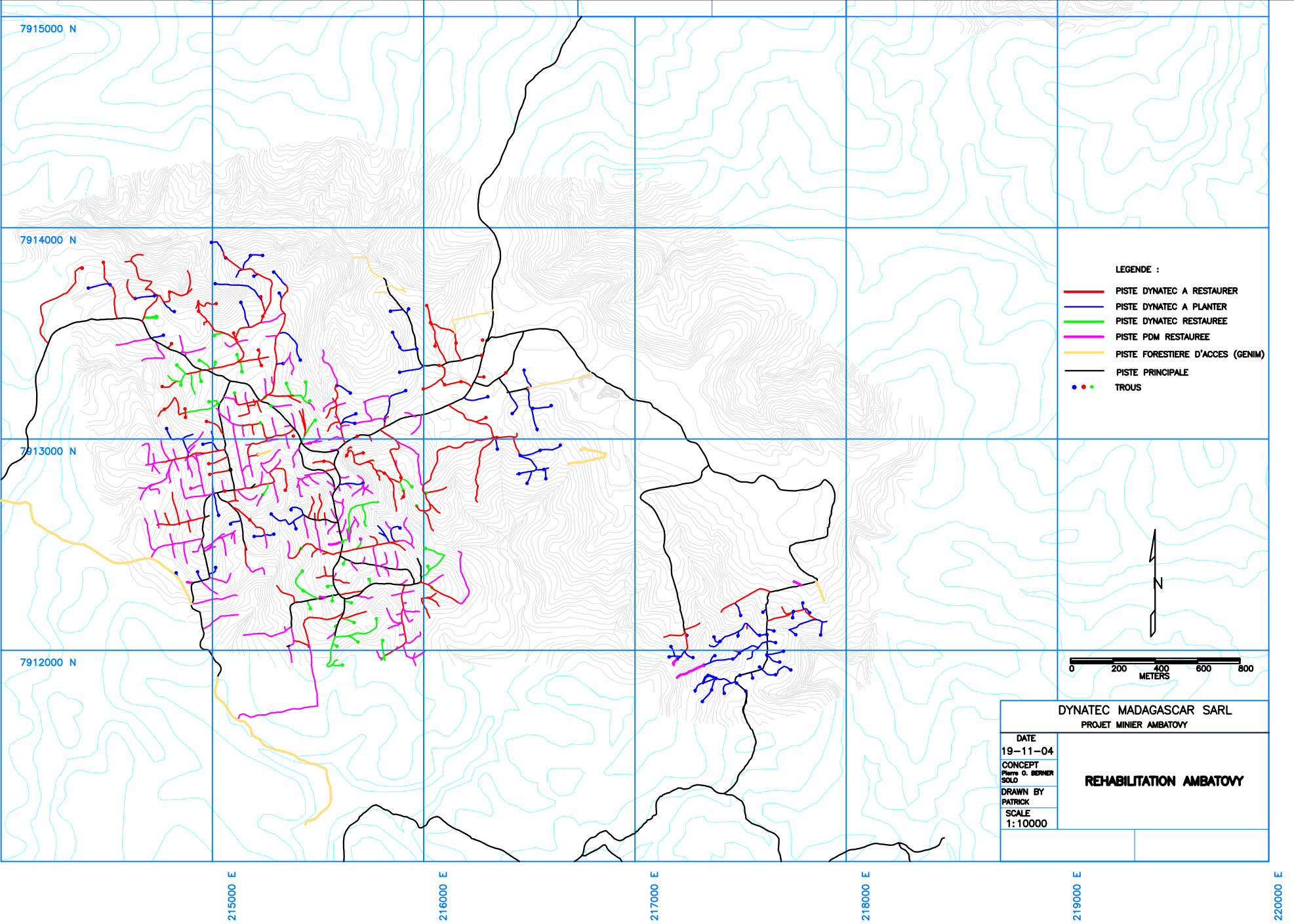
ANNEXE - V



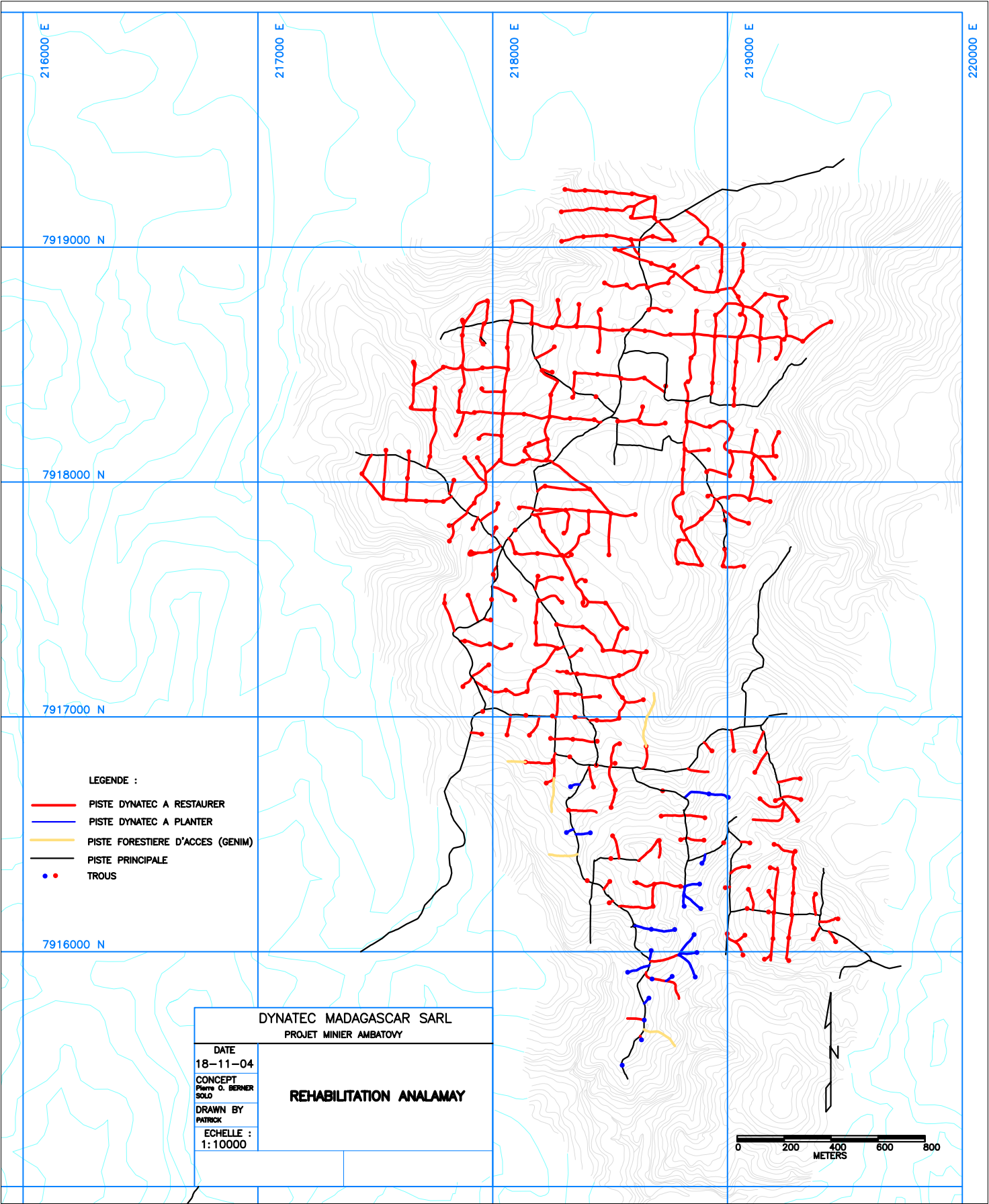
ANNEXE - VI A et VI B :

Cartes de l'avancement de la réhabilitation à Ambatovy et Analamay

ANNEXE - VI A



ANNEXE - VI B



ANNEXE - VII A et VII B :

Images satellites IKONOS d'Ambatovy et Analamay

ANNEXE - VIII A - Ambatovy-image-Ikonos



ANNEXE - VIII B - Analamay-image-Ikonos



VOLUME J

SECTION 1.1

ATTACHMENT 4

IUCN AND CITES RANKING CATEGORIES

1 IUCN SPECIES

The key categories will be critically endangered, endangered, vulnerable, and near threatened. Definitions from the IUCN website:

http://www.iucnredlist.org/info/categories_criteria1994.html

CRITICALLY ENDANGERED (CR)

A taxon is Critically Endangered when the best available evidence indicates that it meets any of the criteria A to E for Critically Endangered (see Section V), and it is therefore considered to be facing an extremely high risk of extinction in the wild.

ENDANGERED (EN)

A taxon is Endangered when the best available evidence indicates that it meets any of the criteria A to E for Endangered (see Section V), and it is therefore considered to be facing a very high risk of extinction in the wild.

VULNERABLE (VU)

A taxon is Vulnerable when the best available evidence indicates that it meets any of the criteria A to E for Vulnerable (see Section V), and it is therefore considered to be facing a high risk of extinction in the wild.

LOWER RISK (LR)

A taxon is Lower Risk when it has been evaluated, does not satisfy the criteria for any of the categories Critically Endangered, Endangered or Vulnerable. Taxa included in the Lower Risk category can be separated into three subcategories:

Conservation Dependent (cd)

Taxa which are the focus of a continuing taxon-specific or habitat-specific conservation programme targeted towards the taxon in question, the cessation of which would result in the taxon qualifying for one of the threatened categories above within a period of five years.

Near Threatened (nt)

Taxa which do not qualify for Conservation Dependent, but which are close to qualifying for Vulnerable.

Least Concern (lc)

Taxa which do not qualify for Conservation Dependent or Near Threatened.

2 CITES SPECIES

The key categories will be Appendices I, II and III. Definitions from the CITES website:

<http://www.cites.org/eng/app/index.shtml>

The CITES Appendices

Appendices I, II and III to the Convention are lists of species afforded different levels or types of protection from over-exploitation (see How CITES works). The Appendices are also available here in Word and PDF formats for downloading.

Appendix I lists species that are the most endangered among CITES-listed animals and plants (see Article II, paragraph 1 of the Convention). These are threatened with extinction and CITES generally prohibits commercial international trade in specimens of these species. However trade may be allowed under exceptional circumstances, e.g. for scientific research. In these cases, trade may be authorized by the granting of both an export permit (or re-export certificate) and an import permit. (See Article III of the Convention)

Appendix II lists species that are not necessarily now threatened with extinction but that may become so unless trade is closely controlled. It also includes so-called "look-alike species", i.e. species of which the specimens in trade look like those of species listed for conservation reasons (see Article II, paragraph 2 of the Convention). International trade in specimens of Appendix-II species may be authorized by the granting an export permit or re-export certificate; no import permit is necessary. Permits or certificates should only be granted if the relevant authorities are satisfied that certain conditions are met, above all that trade will not be detrimental to the survival of the species in the wild. (See Article IV of the Convention)

Appendix III is a list of species included at the request of a Party that already regulates trade in the species and that needs the cooperation of other countries to prevent unsustainable or illegal exploitation (see Article II, paragraph 3, of the Convention link). International trade in specimens of species listed in this Appendix is allowed only on presentation of the appropriate permits or certificates. (See Article V of the Convention)

VOLUME J

APPENDIX 1.1

ATTACHMENT 5

REPORT ON MINE SITE FLORA TAXONOMY AND ENDEMISM

Environmental Impact Assessment Study

Flora

Ambatovy/Analamay Area

Prepared by

**Lalao Andriamahefarivo
Porter P. Lowry II
Peter B. Phillipson**

**Missouri Botanical Garden
Madagascar Research and Conservation Program**

**B.P. 3391
Antananarivo 101
Madagascar**



Table of Contents

A. Context	1
B. Scope of Work	1
C. Methods, Schedule and Inventory	1
C1. Preliminary data collection and reconnaissance	1
C2. Work protocol, Letter of Agreement and Research permit	2
C3. Field inventory	2
C3.1. <i>Field inventory team</i>	2
C3.2. <i>Inventory schedule</i>	2
C3.3. <i>Methods</i>	3
C3.4. <i>Inventory sites</i>	4
C3.5. <i>Inventory results</i>	4
D. Specimen identification	4
D1. Preliminary identification of plant specimens	4
D2. Verification and validation of identifications	5
E. Results	5
E1. Plant species occurring in the Ambatovy/Analamay area	5
E2. “Species of concern” occurring in the Ambatovy/Analamay area	6
E2.1. <i>Preliminary working list of “species of concern”</i>	6
E2.2. <i>Final list of “species of concern”</i>	7
<u>CITES-listed species</u>	7
<u>IUCN Red List species</u>	7
<u>Other “species of concern”</u>	8
F. Recommendations	8
 Appendix I.	 Geo-coordinates of localities visited by the flora study team
Appendix II.	Plant species positively identified from the Ambatovy/Analamay area
Appendix III.	CITES-listed species documented from the Ambatovy/Analamay area
Appendix IV.	Summary list of “Species of Concern” identified from the Ambatovy/Analamay area
Appendix V.	Detailed list of “Species of Concern”, with geo-coordinates of all collections from the Ambatovy/Analamay area
Appendix VI.	Plant species positively identified from the Ambatovy/Analamay area, with full listing of specimens

Environmental Impact Assessment Study – Flora (Ambatovy/Analamay)

A. Context

The Canadian-based mining company Dynatec is conducting a series of studies prior to developing a project to exploit nickel and cobalt at the Ambatovy/Analamay site NE of Moramanga, Madagascar. As part of this process, Dynatec requires an Environmental Impact Assessment Study (EIAS), conducted using proven scientific methods. The Flora component of the EIAS has been contracted to the Madagascar Research and Conservation Program of the Missouri Botanical Garden (MBG), an international botanical research institution based in St. Louis, Missouri, USA.

B. Scope of Work

The objective MBG's study is to compile information on the flora of the proposed mine site prior to exploitation for incorporation into an analysis of the anticipated impacts that will result from mining.

The MBG flora study includes:

- (1) An analysis of the entire vascular plant flora of the proposed mine site.
- (2) Determination of “species of concern” that will require special consideration for the development and implementation of the mining project, and which may require some form of mitigation. “Species of concern” include those that are:
 - currently listed in one of the CITES Appendices;
 - currently included on the IUCN Red List of threatened species; and
 - currently known only from the Ambatovy/Analamay area (i.e., species for which there are no verified collections made from another site within the last 20 years).
- (3) Preparation of a preliminary list of Bryophytes

C. Methods, Schedule and Inventory

C1. Preliminary data collection and reconnaissance

A preliminary list of all previous plant collections made in the Ambatovy/Analamay area, including those prepared as part of preliminary EIA work conducted in the late 1990s, was compiled from data extracted from MBG's TROPICOS database, supplemented with additional information available in Madagascar to the study team. This list was used to prepare an initial (unvalidated) inventory of the area, which served as a working document for the study team.

A reconnaissance trip was made to the Ambatovy/Analamay area on November 25, 2004. Pierre O. Berner guided a team from MBG comprising the following persons:

- Christian Camara, MBG Permanent Representative in Madagascar
- Lalao Andriamahefarivo, Project Coordinator
- Patrice Antilahimena, MBG staff field Botanist
- Félix Andriatsiferana, Consultant working for Pierre O. Berner

The reconnaissance trip had following objectives:

1. Enable the flora team to obtain a general overview of the area, the likely mine footprint, and the required work of MBG so that a schedule and budget could be prepared for the inventory work
2. Introduce the flora team to the different vegetation types found at the site
3. Visit priority sites for inventory work that had previously been identified by Pierre O. Berner
4. Identify areas where previous inventory work had been conducted and those that have not yet been inventoried
5. Locate suitable sites for base camps to be used by the flora team
6. Initiate identification of Terms of Reference for the flora study

C2. Work protocol, Letter of Agreement and Research permit

Following the reconnaissance trip, MBG staff worked with Pierre O. Berner to refine the scope of work, develop an estimate budget, and draft a formal Letter of Agreement, which was signed on [DATE needed]. Administrative matters were also dealt with, in particular obtaining a Research Permit to conduct the required botanical inventory work at the proposed mine site and to ensure that the plant specimens collected by the study team could be exported for identification outside Madagascar.

C3. Field inventory

Intensive field inventory work was conducted for a total of 11 weeks between December 16, 2004 and April 15, 2005. The work was carried out by a team of professional botanists from MBG and from the Flora Department of the Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza (PBZT).

C3.1. Field inventory team

The field inventory team members included:

From MBG: Patrice Antilahimena, Lalao Andriamahefarivo and Charles Rakotovao.

From PBZT: Rolland Ranaivojaona, Hélène Razanatsoa, Jacky Andriantiana and Hanta Razafindrabe.

In addition to these regular members of the team, several specialists on particular plant groups participated in field work during February, March and April, 2005, providing further expertise (Table 1).

Whenever possible, the field inventory team operated in two groups of 2-3 botanists per group for maximum efficiency.

C3.2. Inventory schedule

The field team was mobilized on December 14, 2004, arriving at Ambatovy/Analamay in the afternoon. The following day the team established a base camp at Mahatakatra in the Analamay forest and hired on a field assistant and cook/camp manager.

The inventory work began on December 16, and proceeded according to the schedule outlined below.

Table 1. Plant inventory schedule and participants

Date	Person	Institution	Study groups
December 16-23, 2004	Patrice Antilahimena Rolland Ranaivojaona Lalao Andriamahefarivo Félix Edmond (guide, assistant)	MBG PBZT MBG	All families
January 12-23, 2005	Patrice Antilahimena Rolland Ranaivojaona Hélène Razanatsoa Félix Edmond (assistant) René (assistant)	MBG PBZT PBZT	All families
January 25 - 6 February, 2005	Patrice Antilahimena Félix Edmond	MBG	All families
February 8-15, 2005	Patrice Antilahimena Hanta Razafindrabe Félix Edmond	PBZT	All families
February 17-25, 2005	Patrice Antilahimena Charles Rakotovao Hélène Razanatsoa Félix Edmond	MBG MBG PBZT	All families
February 19, 2005	Chris Birkinshaw Lalao Andriamahefarivo	MBG MBG	All families
February 28 - 5 March, 2005	Charles Rakotovao Félix Edmond	MBG	All families
March 7-12, 2005	Patrice Antilahimena Charles Rakotovao Jacky Andriatiana Félix Edmond René (assistant)	MBG MBG PBZT	All families
March 14 – 18, 2005	Patrice Antilahimena Jacky Andriatiana Félix Edmond René (assistant)	MBG PBZT	All families
March 15, 2005	Peter B. Phillipson Sven Buerki Charles Rakotovao Lalao Andriamahefarivo	MBG Neuchatel Univ.	Various families Rhamnaceae All families
March 18-22, 2005	Yong Min Mamy Ravokatra Elisette Rahelivololona	Neuchatel Univ. Neuchatel Univ. PBZT	Gentianaceae, Balsaminaceae <i>Dracaena</i> Balsaminaceae
March 31- April 10, 2005	Charles Rakotovao Félix Edmond	MBG	All families
April 12-15, 2005	Patrice Antilahimena Roger Lala Andriamiarisoa Félix Edmond	MBG MBG	All families Bryophytes

C3.3. Methods

The inventory team comprehensively collected all fertile plant species encountered in the Ambatovy/Analamay area using standard techniques developed by MBG and applied throughout the world (available at <http://www.mobot.org/MOBOT/molib/fieldtechbook/welcome.shtml>). Field notes were taken according to standard MBG protocols, with detailed information recorded on the site (vegetation type, edaphic conditions, etc.) and on each individual collected (size of the plant, growth form, color of various plant parts, other notable attributes, etc.).

Only fertile material (with flowers and/or fruits) was systematically collected because it is rarely possible to identify sterile plant collections to species without unacceptable levels of uncertainty.

Field identifications were made at Ambatovy/Analamay by members of the inventory team based on their collective experience and using the *Generic Tree Flora of Madagascar* (Schatz, 2001).

All plant specimens were carefully prepared and pressed in the field, and when necessary preserved in alcohol to prevent fungal degradation. Collections made during the last two days of each expedition were dried fresh, the preferred option when possible as this helps to preserve colors and avoids denaturing various chemical constituents. The pressed specimens (both preserved and fresh) were then transported to MBG's office in Antananarivo, dried, and sorted.

C3.4. Inventory sites

Inventory work was conducted at a total of 353 distinct localities within the Ambatovy/Analamay area during the course of the flora study. Precise geo-coordinates of these localities are given in Appendix I [\[forthcoming\]](#).

The localities visited by the study team included representatives of each of the major vegetation types identified in the Ambatovy/Analamay area, as well as a full range of habitat types and localized edaphic conditions, thereby maximizing the portion of the flora that the study team was likely to encounter and document.

The field study team initially focused on localities that had not been inventoried as part of the preliminary EIA work conducted in the late 1990s. In particular, they studied localities situated outside the projected mine footprint, on laterite rather than “cuirasse ferrugineux”, in order to ensure an adequate basis for comparison with the flora present within the projected mine footprint. As the inventory work progressed, however, the study team visited many other localities that had not previously been examined, both within and outside the projected mine footprint.

C3.5 Inventory results

The intensive inventory work conducted by the flora study team yielded a total of 2524 plant collections from the proposed mine site. When added to the 838 collections made by botanists who visited the Ambatovy/Analamay area at previous times during the last several decades, a total of 3362 herbarium collections were available for analysis by the study team.

This represents one of the most intensive and comprehensive inventory efforts undertaken at any site in Madagascar, and provides a substantial basis for evaluating the flora of the Ambatovy/Analamay area. It must be noted, however, that the period during which the study team conducted field work represents only about one third of the year (from mid-December to mid-April), making it impossible to collect and document a significant (but un-measurable) number of species whose phenology is such that they did not flower or set fruit during the time the study team was in the field. While every effort was made to collect all fertile species present, the resulting inventory cannot be considered comprehensive, and must therefore be regarded only as indicative of the floristic composition and species distribution within the Ambatovy/Analamay area.

D. Specimen identification

D1. Preliminary identification of plant specimens

From mid-March to mid-May, the study team, with assistance from additional PBZT staff members, systematically conducted preliminary identification of all 2524 collections made during the field inventory. Preliminary identifications were made at the PBZT and FOFIFA herbaria, whose collections are largely complementary.

Preliminary identifications were carried out using the full range of available reference materials, including the extensive holdings of published documents in the library of PBZT's Flora Department, and previously identified specimens deposited in the PBZT herbarium. The study team organized the collections by family and (where possible) by genus, studying each group in turn in order to maximize efficiency and reliability of identification.

Preliminary identifications were recorded in a spreadsheet, and all scientific names were verified for spelling using the TROPICOS database.

D2. Verification and validation of identifications

The identifications initially made in Madagascar were verified and validated at the herbarium of the Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) in Paris, which has the world's largest and most comprehensive holdings of plant specimens from Madagascar. Due to time constraints, only selected groups could be verified and validated (see below). The work was carried out between May 15 and June 24, 2005, by two members of the study team, Lalao Andriamahefarivo and Patrice Antilahimena, with assistance from several MBG staff members in Paris, including Peter B. Phillipson and Porter P Lowry II (both permanently based at MNHN), and Gordon D. McPherson and Armand Randrianasolo, who were both at the Paris herbarium on study visits.

As in Madagascar, identification was performed systematically by family and genus. Expertise on the many groups was provided by specialists (Table 2), including MNHN staff, visitors, and botanists based at other European herbaria, all of whom kindly agreed to provide rapid identification of specimens sent to them by express mail.

Table 2. Experts who provided validated identifications of material in selected plant groups

Specialist	Plant group
Robert Archer	Celastraceae
Paul Berry	<i>Croton</i> (Euphorbiaceae)
Jean Bosser	Orchidaceae, Poaceae
Martin Callmander	Pandanaceae
Aaron Davis	Rubiaceae (<i>Coffea</i> , <i>Danais</i> , <i>Gardenia</i> , <i>Genipa</i> , <i>Hyperacanthus</i> , <i>Mapouria</i> , <i>Psychotria</i> , <i>Schismatoclada</i>)
Petra de Block	Rubiaceae (<i>Enterospermum</i> , <i>Homolliella</i> , <i>Ixora</i> , <i>Robbrechtia</i> , <i>Tarenna</i> , <i>Tricalysia</i>)
Eberhard Fischer	Balsaminaceae
Thomas Haeevermans	<i>Euphorbia</i> (Euphorbiaceae)
Jean-Noël Labat	Fabaceae, Icacinaceae
Porter Lowry	Araliaceae, Asteropeiaceae, Sarcolaenaceae
Guido Mathieu	<i>Peperomia</i> (Piperaceae)
Gordon McPherson	Euphorbiaceae (except <i>Euphorbia</i>)
Peter Phillipson	<i>Aloe</i> , Asteraceae, Cyperaceae, Lamiaceae, Liliaceae, Rhamnaceae
France Rakotondrainibe	Pteridophytes
Armand Randrianasolo	Anacardiaceae
Germinal Rouhan	<i>Elaphoglossum</i>

E. Results

E1. Plant species occurring in the Ambatovy/Analamay area

Of the 3362 collections available from the Ambatovy/Analamay, a total of 1401 (41.7%) have been reliably identified to the level of species as of July 1, 2005. Most of these reliably identified collections (1287 in all) have been assigned a validly published species name. The remaining 98 collections were unambiguously assignable to a “morph-species”, i.e., to a morphologically distinct entity that is distinguishable from all other species in its genus recorded in the study area, but for which a full scientific name (genus and species) could not be assigned with certainty. Morpho-species may represent entities that have already been described (i.e., species for which a name already exists) but that the study team was unable to match with the collection(s) from the study area, for example because the published information is unclear or insufficient. Morpho-species may also represent plants that have not yet been described by botanists, and which thus constitute species that are new to science and but have not yet been named by a specialist.

Time constraints prevented the study team from completing the process of verifying and validating all 3362 collections from the Ambatovy/Analamay area prior to the submission of this report, despite working overtime and on weekends. Our inability to verify and validate all of the collections primarily results from the fact that we initially underestimated the level of species diversity in the Ambatovy/Analamay area. Several additional months of effort in the Paris herbarium would be required to verify and validate the remaining groups.

Based on the work completed to date, a total of 494 species have been positively identified from the Ambatovy/Analamay area (Appendix II), representing XX genera in XX families [calculations forthcoming]. These include 462 species that have been assigned a validly published name, along with 32 morpho-species that clearly represent distinct entities but which could not unambiguously be associated with a validly published name. Of the 32 morpho-species, specialists identified 17 as species new to science, which will require formal publication to assign a valid name. In some cases the material represents species that are definitely new, whereas in other instances the specimen(s) are considered to represent a probable new species, the validity of which will have to be confirmed by additional analysis.

Regardless of the factors that made it impossible to provide full identifications of the morpho-species collected during the study (including both confirmed and probable new species), they have been included in the calculations of the total number of plant species documented at the proposed mine site, and have been taken into consideration for the assessment of species of concern (see below). The morpho-species have thus been included in Appendix II (Plant species positively identified from the Ambatovy/Analamay area).

E2. “Species of concern” occurring in the Ambatovy/Analamay area

E2.1. Preliminary working list of “species of concern”

A working list of possible “species of concern” was established using the information initially compiled by the study team. Species were included on the working list if the available information suggested that they might meet one or more of the following criteria:

- Currently listed in one of the CITES Appendices;
- Currently included on the IUCN Red List; and/or
- Currently known only from the Ambatovy/Analamay area (i.e., species for which there are no verified collections made from another site within the last 20 years).

The working list of possible “species of concern” was established as follows. Application of the first two criteria was straight-forward, involving comparison of the flora inventory list (Appendix II) with the published CITES Appendices (www.cites.org) and IUCN Red List (www.redlist.org) species occurring in Madagascar. This resulted in a list comprising 53 CITES species and the five Red List threatened species from among the 462 positively identified species.

Application of the third criterion was more complex, and involved the following considerations:

1. Species were determined to be “widespread” and/or “common” when the available information (primarily derived from the TROPICOS database, supplemented with literature sources) clearly and unambiguously indicated that populations are present today at numerous sites within Madagascar. Such species were excluded from the working list of possible “species of concern” as the proposed mining would clearly have negligible impact on their future survival.
2. Some species represented by a large number of verified historical collections from numerous localities in Madagascar were clearly once widespread and/or common, but may no longer be today. For example, the range of a once widespread species may have been severely reduced as a result of the extensive destruction and transformation of large portions of Madagascar’s native vegetation that has taken place over the last several decades, and which has significantly reduced the number of populations of many plant species and no-doubt driven some others to extinction. Once widespread and/or common species whose range may have become restricted recently were excluded from the working list of possible “species of concern” if (and only if) at least one documented record (i.e., one verified herbarium specimen) from a protected area (national park, special reserve or strict nature reserve) collected within the last 20 years was examined by the study team. For the purposes of this study, the documented presence of a population in at least one protected area is interpreted to indicate that the proposed mining will not compromise its future survival.
3. Species with a more limited distribution (i.e., whose total known historical distribution does not exceed 5 populations) were retained on the working list of possible “species of concern” for further consideration.

This resulted in a working list of 168 species, representing 36.4% of the 462 species positively identified and the 32 morpho-species recognized in this study.

E2.2. Final list of “species of concern”

The working list of possible “species of concern” was refined as follows.

CITES-listed species. For the 53 CITES-listed species (Appendix III), the available information from TROPICOS and the published literature was examined to evaluate the likely current status (frequency, distribution, presence in protected areas) using the three considerations listed above. In particular, for each CITES species we assessed whether confirmed populations (as indicated by recent collections) were known from outside the Ambatovy/Analamay area (and in particular from one or more protected areas). We then used this information to estimate whether the continued survival of each CITES-listed species might be impacted by the proposed mining. Because CITES species must by definition be regarded as “species of concern” (given their international status and visibility), none of them were removed from Appendix III, regardless of whether they are clearly widespread and/or common in Madagascar and are at no risk of being impacted by the proposed mining.

Appendix III lists 33 CITES species (names underlined) for which the available information suggests that its continued survival might be impacted by the proposed mining, and which thus would qualify as “species of concern” in their own right, regardless of whether they were CITES-listed. The remaining 20 CITES species are widespread and/or common in Madagascar, and the proposed mining is thus not expected to have any impact on their long-term survival.

IUCN Red List species. For the five species on the IUCN Red List, we have applied the IUCN Red List criteria (IUCN, 2003) to the available data to determine whether the recognized threat status, as currently listed by IUCN, is still accurate. This was necessary because in some instances species on the current IUCN Red List have been shown in fact not to be threatened, having been included on the List based on incomplete, inaccurate or out of date information. The five Red Listed species from the Ambatovy/Analamay area are listed in Table 3, along with their current IUCN threat status and the criteria on which the classification is based (see IUCN, 2001 for explanations of the criteria).

Table 3. Species identified from the Ambatovy/Analamay area on the IUCN Red List

Species (Family)	Red List status (criteria)
<i>Asteropeia mcphersonii</i> (Asteropeiaceae)	Vulnerable [A3c; B1ab(iii,v); C1]
<i>Asteropeia rhopaloides</i> (Asteropeiaceae)	Endangered [A3cd]
<i>Dalbergia baronii</i> (Fabaceae)	Vulnerable [A1cd+2cd]
<i>Khaya madagascariensis</i> (Meliaceae)	Endangered [A1cd]
<i>Leptolaena abrahamii</i> (Sarcolaenaceae)	Endangered [A3cd]

Two of the Red List species, *Asteropeia mcphersonii* (currently regarded as Vulnerable) and *A. rhopaloides* (classified as Endangered), are each represented by several recent collections from two or more protected areas, and thus may no longer warrant recognition as threatened species. The same is true for *Leptolaena abrahamii* (classified as Endangered), which has a limited range in the area around from Moramanga and the Analamazaotra-Perinet Special Reserve, with outlying populations to the east in the Zahamena reserve and south in Ranomafana National Park, but has been collected several times recently, including from both protected areas. Because threat assessments involve a wide range of parameters, some of which can not easily be measured using herbarium specimens, additional work (in particular detailed field observation) would be required before a formal change in threat status could be proposed for these species.

Dalbergia baronii (classified as Vulnerable) is a widespread species that has been collected several times during the last 20 years, including in at least three protected areas. Its current threat status is justified by the fact that *D. baronii* is heavily exploited for its valuable wood, along with many other species in the genus, which are collectively known as “palisandre” or “bois de rose”. *Khaya madagascariensis* (currently regarded as Endangered) is likewise heavily exploited and faces substantial reductions in the number of populations, justifying its threat status.

Other “species of concern”. Each species on the working list of possible “species of concern” was carefully re-examined using a full listing of collections from the TROPICOS database. A number of species initially retained (including some with relatively restricted ranges) were shown to be represented by one or more recent collections made within one of Madagascar’s protected areas, and were consequently removed from the list. Several others were found to be widespread and/or common outside Madagascar; they were also removed.

The final list of “species of concern” (Appendix IV) contains 126 entries, including all 53 of the CITES-listed, the five IUCN Red List species, and 68 additional species. This list provides a conservative estimate of the plant species for which special consideration will be required by Dynatec during the

development and implementation of the mining project. This list includes 111 “species of concern” whose status has been confirmed, and 15 probable “species of concern”, for which additional investigation beyond the scope of the present study would be required to confirm their status. Twenty of the 127 “species of concern” appear on the list solely because they are CITES-listed rather than on the basis of the three criteria outlined under E2.1 above.

F. Recommendations

In order to ensure that the planned mining operation does not result in the extinction of the last verified population (or populations) of any plant species, Dynatec will have to address a range of issues regarding the 126 “species of concern” listed in Appendix IV. Most of these species likely occur at one or more sites outside the Ambatovy/Analamay area, and in many cases they are probably present within at least one a protected area. However, until irrefutable evidence has been gathered that clearly documents the existence of populations from outside the Ambatovy/Analamay area, it is imperative that each species be retained on the list and that the client factor them into the planning and mitigation processes.

As an initial step toward reducing the number of “species of concern”, a search should be organized to locate for populations at selected sites located outside the Ambatovy/Analamay area. First priority should be given to searching in nearby protected areas, in particular Analamazaotra-Perinet Special Reserve and Mantadia-Andasibe National Park (and perhaps also Ambohitantely Special Reserve), which share many species with the Ambatovy/Analamay area, and offer the best prospects for the continued long-term survival of local populations, which would thereby reduce the likely impacts of the proposed mining. Species documented from any one of these protected areas could be removed from the list of “species of concern”.

Searches could also be made at additional sites with natural vegetation similar to that present in the Ambatovy/Analamay area. However, if the only documented population(s) of a “species of concern” are found at sites outside a protected area, a concerted effort will be required to ensure its long term survival, such as the establishment of a dedicated conservation zone.

Until proven otherwise, species retained on the list of “species of concern” must be regarded as occurring nowhere other than at the individual localities within the Ambatovy/Analamay area where the flora study team recorded them (see Excel File 1 for a complete listing of geo-coordinates of all collections of the “species of concern”). These populations will have to be taken into consideration by the client during the planning and installation of the proposed mining operation and while developing options for mitigation.

In order to ensure the continued survival of species known only from one or more localities within the Ambatovy/Analamay area, the preferred option is clearly to conserve at least natural one population (or several populations, if at all possible) *in situ*, within a zone explicitly designated for conservation.

If *in situ* conservation is impossible, a considerably less desirable alternative would be to establish and maintain (indefinitely into the future) several populations at “safe sites” located away from the proposed mining area managed specifically for *ex situ* conservation. While *ex situ* conservation may appear as an attractive option, it carries a substantial number of risks that should not be underestimated. All organisms, plants included, are part of a functioning ecosystem, and as such they depend in one way or another on co-existing species at critical stages of their life cycle (such as pollination, seed/fruit dispersal, etc.). Many plant species (but by no means all species) can be successfully grown outside their natural ecosystem, at least for a period of time, provided that the right environmental conditions are provided in a constant, reliable manner. It is very difficult, however, to be *absolutely certain* that a species will be able to survive and reproduce for multiple generations under artificial circumstances, no matter how carefully controlled and monitored they are. While *ex situ* conservation can be a valuable complement to *in situ*

measures, it should be not be relied upon as a primary method of conservation except in the most extreme cases.

The extirpation of all natural populations of a “species of concern” known only from one or more localities within the Ambatovy/Analamay area would preclude any form of *in situ* conservation. This would make the future survival of this species wholly dependent on *ex situ* measures, which would substantially increase the risk of extinction. This situation should be avoided if at all possible.

APPENDIX 1:

TABLE 1

**GEO-COORDINATES OF LOCALITIES VISITED BY THE FLORA
STUDY TEAM**

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 51 08.208000	48 17 43.296000	215002	7913343	48.29536	-18.85228
-18 51 07.308000	48 17 48.588000	215157	7913373	48.29683	-18.85203
-18 51 07.308000	48 17 48.588000	215157	7913373	48.29683	-18.85203
-18 51 07.308000	48 17 49.704000	215190	7913373	48.29714	-18.85203
-18 51 07.704000	48 17 49.884000	215195	7913361	48.29719	-18.85214
-18 51 07.596000	48 17 50.712000	215219	7913365	48.29742	-18.85211
-18 51 08.316000	48 17 49.596000	215187	7913342	48.29711	-18.85231
-18 51 08.892000	48 17 48.192000	215146	7913324	48.29672	-18.85247
-18 51 07.200000	48 17 51.000000	215228	7913377	48.29750	-18.85200
-18 51 05.112000	48 17 51.000000	215227	7913441	48.29750	-18.85142
-18 49 06.312000	48 19 25.608000	217942	7917138	48.32378	-18.81842
-18 48 15.012000	48 19 27.192000	217965	7918717	48.32422	-18.80417
-18 51 00.108000	48 17 21.516000	214361	7913582	48.28931	-18.85003
-18 51 00.288000	48 17 23.784000	214427	7913577	48.28994	-18.85008
-18 51 00.288000	48 17 20.796000	214340	7913576	48.28911	-18.85008
-18 51 02.484000	48 17 18.384000	214270	7913508	48.28844	-18.85069
-18 51 00.504000	48 17 16.116000	214203	7913567	48.28781	-18.85014
-18 50 58.704000	48 17 16.404000	214210	7913623	48.28789	-18.84964
-18 50 57.012000	48 17 18.384000	214267	7913676	48.28844	-18.84917
-18 50 57.084000	48 17 18.384000	214268	7913674	48.28844	-18.84919
-18 50 52.584000	48 17 22.812000	214395	7913814	48.28967	-18.84794
-18 51 00.216000	48 17 26.016000	214493	7913581	48.29056	-18.85006
-18 48 24.012000	48 20 19.284000	219495	7918463	48.33869	-18.80667
-18 51 37.584000	48 20 24.396000	219734	7912510	48.34011	-18.86044
-18 52 06.384000	48 21 21.384000	221416	7911649	48.35594	-18.86844
-18 51 48.384000	48 20 33.216000	219997	7912182	48.34256	-18.86344
-18 51 40.500000	48 20 23.892000	219721	7912420	48.33997	-18.86125

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 51 03.204000	48 19 17.184000	217750	7913538	48.32144	-18.85089
-18 51 04.896000	48 19 21.000000	217862	7913488	48.32250	-18.85136
-18 51 05.292000	48 19 21.000000	217863	7913476	48.32250	-18.85147
-18 51 06.696000	48 19 24.312000	217960	7913434	48.32342	-18.85186
-18 51 03.204000	48 19 17.184000	217750	7913538	48.32144	-18.85089
-18 51 55.584000	48 17 33.396000	214735	7911881	48.29261	-18.86544
-18 51 18.216000	48 17 44.808000	215051	7913035	48.29578	-18.85506
-18 50 11.184000	48 18 48.888000	216897	7915126	48.31358	-18.83644
-18 51 13.788000	48 18 50.004000	216959	7913201	48.31389	-18.85383
-18 50 11.904000	48 18 53.496000	217032	7915106	48.31486	-18.83664
-18 50 13.992000	48 18 55.692000	217097	7915043	48.31547	-18.83722
-18 50 11.904000	48 18 53.496000	217032	7915106	48.31486	-18.83664
-18 50 04.596000	48 17 46.788000	215075	7915301	48.29633	-18.83461
-18 51 04.212000	48 17 47.616000	215127	7913467	48.29656	-18.85117
-18 51 02.196000	48 17 44.412000	215032	7913528	48.29567	-18.85061
-18 50 57.696000	48 17 41.208000	214936	7913665	48.29478	-18.84936
-18 51 02.592000	48 17 44.196000	215026	7913516	48.29561	-18.85072
-18 51 04.896000	48 17 45.492000	215065	7913445	48.29597	-18.85136
-18 51 05.904000	48 17 57.084000	215405	7913420	48.29919	-18.85164
-18 51 03.708000	48 17 45.384000	215061	7913482	48.29594	-18.85103
-18 51 04.896000	48 17 45.492000	215065	7913445	48.29597	-18.85136
-18 51 08.208000	48 17 44.016000	215023	7913343	48.29556	-18.85228
-18 49 18.804000	48 20 06.216000	219138	7916771	48.33506	-18.82189
-18 49 18.696000	48 20 05.604000	219120	7916774	48.33489	-18.82186
-18 49 18.588000	48 20 05.892000	219128	7916778	48.33497	-18.82183
-18 49 16.716000	48 20 06.612000	219148	7916836	48.33517	-18.82131
-18 50 45.384000	48 18 28.296000	216310	7914065	48.30786	-18.84594
-18 50 44.808000	48 18 28.584000	216318	7914083	48.30794	-18.84578
-18 50 47.400000	48 18 28.692000	216322	7914003	48.30797	-18.84650

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 50 52.188000	48 18 33.012000	216451	7913858	48.30917	-18.84783
-18 50 48.984000	48 18 29.484000	216346	7913955	48.30819	-18.84694
-18 50 49.488000	48 18 28.584000	216320	7913939	48.30794	-18.84708
-18 50 52.908000	48 18 31.500000	216407	7913835	48.30875	-18.84803
-18 50 08.808000	48 19 26.904000	218009	7915216	48.32414	-18.83578
-18 50 09.996000	48 19 32.916000	218186	7915182	48.32581	-18.83611
-18 50 17.484000	48 19 41.016000	218427	7914955	48.32806	-18.83819
-18 50 17.412000	48 19 42.384000	218467	7914958	48.32844	-18.83817
-18 51 04.212000	48 17 47.616000	215127	7913467	48.29656	-18.85117
-18 51 03.708000	48 17 45.384000	215061	7913482	48.29594	-18.85103
-18 48 34.308000	48 19 20.388000	217774	7918120	48.32233	-18.80953
-18 48 33.804000	48 19 22.584000	217839	7918136	48.32294	-18.80939
-18 48 34.200000	48 19 13.908000	217585	7918120	48.32053	-18.80950
-18 48 34.416000	48 18 57.096000	217092	7918106	48.31586	-18.80956
-19 31 06.888000	48 18 43.092000	217892	7839579	48.31197	-19.51858
-18 49 04.692000	48 19 27.408000	217994	7917188	48.32428	-18.81797
-18 49 04.404000	48 19 30.900000	218096	7917199	48.32525	-18.81789
-18 49 05.412000	48 19 25.896000	217950	7917166	48.32386	-18.81817
-18 48 46.404000	48 19 22.512000	217842	7917749	48.32292	-18.81289
-18 48 30.096000	48 18 51.408000	216924	7918237	48.31428	-18.80836
-18 51 37.296000	48 17 55.104000	215362	7912453	48.29864	-18.86036
-18 51 51.804000	48 17 52.512000	215293	7912006	48.29792	-18.86439
-18 51 59.184000	48 17 43.584000	215035	7911775	48.29544	-18.86644
-18 51 45.504000	48 17 41.784000	214976	7912195	48.29494	-18.86264
-18 51 43.200000	48 17 40.884000	214948	7912265	48.29469	-18.86200
-18 51 06.192000	48 18 32.616000	216446	7913427	48.30906	-18.85172
-18 51 57.888000	48 19 06.384000	217459	7911851	48.31844	-18.86608
-18 51 59.508000	48 19 09.012000	217537	7911803	48.31917	-18.86653
-18 51 24.804000	48 19 02.604000	217333	7912867	48.31739	-18.85689

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 51 25.488000	48 19 04.296000	217383	7912847	48.31786	-18.85708
-18 52 10.704000	48 19 08.508000	217527	7911458	48.31903	-18.86964
-18 52 03.216000	48 19 08.904000	217535	7911689	48.31914	-18.86756
-18 52 04.008000	48 19 04.908000	217419	7911662	48.31803	-18.86778
-18 52 05.304000	48 19 04.296000	217401	7911622	48.31786	-18.86814
-18 52 03.000000	48 19 06.384000	217461	7911694	48.31844	-18.86750
-18 50 53.808000	48 17 47.796000	215127	7913788	48.29661	-18.84828
-18 50 51.792000	48 17 46.788000	215097	7913849	48.29633	-18.84772
-18 50 48.696000	48 17 43.800000	215008	7913943	48.29550	-18.84686
-18 49 44.508000	48 18 45.684000	216791	7915945	48.31269	-18.82903
-18 49 43.284000	48 18 47.484000	216843	7915984	48.31319	-18.82869
-18 49 36.012000	48 18 48.816000	216878	7916208	48.31356	-18.82667
-18 51 37.188000	48 18 20.412000	216103	7912468	48.30567	-18.86033
-18 51 13.716000	48 18 23.688000	216188	7913191	48.30658	-18.85381
-18 51 06.300000	48 18 45.000000	216809	7913429	48.31250	-18.85175
-18 49 19.884000	48 19 43.896000	218484	7916728	48.32886	-18.82219
-18 49 34.212000	48 19 53.004000	218758	7916292	48.33139	-18.82617
-18 49 37.416000	48 19 54.984000	218817	7916194	48.33194	-18.82706
-18 49 30.216000	48 19 59.088000	218934	7916417	48.33308	-18.82506
-18 49 26.004000	48 20 01.716000	219009	7916548	48.33381	-18.82389
-18 49 17.688000	48 19 47.316000	218583	7916797	48.32981	-18.82158
-18 49 21.792000	48 19 54.408000	218793	7916674	48.33178	-18.82272
-18 49 31.800000	48 20 04.308000	219088	7916371	48.33453	-18.82550
-18 49 12.900000	48 19 25.104000	217931	7916935	48.32364	-18.82025
-18 49 54.588000	48 18 44.892000	216772	7915635	48.31247	-18.83183
-18 48 36.000000	48 19 35.904000	218230	7918075	48.32664	-18.81000
-18 49 30.612000	48 20 02.616000	219038	7916407	48.33406	-18.82517
-18 48 31.608000	48 18 51.588000	216930	7918190	48.31433	-18.80878
-18 56 49.200000	48 15 31.716000	211311	7902793	48.25881	-18.94700

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 55 57.288000	47 31 31.116000	133964	7903028	47.52531	-18.93258
-18 54 55.008000	47 32 06.792000	134971	7904966	47.53522	-18.91528
-18 51 02.916000	48 18 34.200000	216491	7913528	48.30950	-18.85081
-18 51 11.628000	48 18 29.232000	216349	7913258	48.30812	-18.85323
-18 51 12.780000	48 18 29.988000	216372	7913223	48.30833	-18.85355
-18 51 13.716000	48 18 28.692000	216334	7913193	48.30797	-18.85381
-18 51 15.084000	48 18 28.152000	216319	7913151	48.30782	-18.85419
-18 51 15.948000	48 18 26.928000	216284	7913124	48.30748	-18.85443
-18 51 15.516000	48 18 25.488000	216242	7913137	48.30708	-18.85431
-18 51 16.704000	48 18 26.136000	216261	7913100	48.30726	-18.85464
-18 51 15.984000	48 18 24.048000	216200	7913122	48.30668	-18.85444
-18 51 14.076000	48 18 22.356000	216149	7913180	48.30621	-18.85391
-18 51 13.644000	48 18 25.668000	216246	7913194	48.30713	-18.85379
-18 51 13.860000	48 18 27.180000	216290	7913188	48.30755	-18.85385
-18 51 13.644000	48 18 27.900000	216311	7913195	48.30775	-18.85379
-18 51 13.644000	48 18 27.576000	216302	7913195	48.30766	-18.85379
-18 51 30.528000	48 19 03.036000	217348	7912691	48.31751	-18.85848
-18 48 29.448000	48 18 51.588000	216928	7918257	48.31433	-18.80818
-18 48 34.704000	48 18 48.168000	216831	7918094	48.31338	-18.80964
-18 48 36.756000	48 19 19.416000	217747	7918044	48.32206	-18.81021
-18 48 54.936000	48 19 34.896000	218209	7917492	48.32636	-18.81526
-18 48 55.224000	48 19 36.084000	218244	7917483	48.32669	-18.81534
-18 48 54.324000	48 19 36.372000	218252	7917511	48.32677	-18.81509
-18 48 54.684000	48 19 36.696000	218262	7917500	48.32686	-18.81519
-18 48 54.648000	48 19 37.416000	218283	7917502	48.32706	-18.81518
-18 48 51.876000	48 19 39.756000	218350	7917588	48.32771	-18.81441
-18 48 51.660000	48 19 41.304000	218395	7917595	48.32814	-18.81435
-18 48 53.172000	48 19 45.804000	218528	7917551	48.32939	-18.81477
-18 48 52.776000	48 19 44.112000	218478	7917562	48.32892	-18.81466

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 48 44.316000	48 19 39.108000	218327	7917820	48.32753	-18.81231
-18 48 47.484000	48 19 40.044000	218356	7917723	48.32779	-18.81319
-18 48 47.844000	48 19 39.828000	218350	7917712	48.32773	-18.81329
-18 48 37.476000	48 19 35.184000	218209	7918029	48.32644	-18.81041
-18 48 35.208000	48 19 36.336000	218242	7918099	48.32676	-18.80978
-18 48 32.940000	48 19 38.640000	218309	7918170	48.32740	-18.80915
-18 48 25.848000	48 19 46.344000	218531	7918392	48.32954	-18.80718
-18 48 28.908000	48 19 45.840000	218518	7918297	48.32940	-18.80803
-18 48 48.492000	48 19 33.492000	218165	7917689	48.32597	-18.81347
-18 51 19.368000	48 18 27.756000	216310	7913019	48.30771	-18.85538
-18 51 21.348000	48 18 29.304000	216356	7912959	48.30814	-18.85593
-18 51 20.988000	48 18 22.896000	216168	7912967	48.30636	-18.85583
-18 51 20.880000	48 18 22.068000	216144	7912970	48.30613	-18.85580
-18 51 26.208000	48 18 17.892000	216024	7912804	48.30497	-18.85728
-18 51 30.204000	48 18 18.864000	216054	7912682	48.30524	-18.85839
-18 51 30.384000	48 18 16.056000	215972	7912675	48.30446	-18.85844
-18 51 30.060000	48 18 16.056000	215972	7912685	48.30446	-18.85835
-18 51 21.960000	48 18 33.588000	216482	7912942	48.30933	-18.85610
-18 51 24.912000	48 18 33.192000	216472	7912851	48.30922	-18.85692
-18 51 23.868000	48 18 38.916000	216639	7912886	48.31081	-18.85663
-18 50 47.076000	48 17 18.456000	214265	7913982	48.28846	-18.84641
-18 50 43.008000	48 17 21.732000	214359	7914108	48.28937	-18.84528
-18 50 56.832000	48 17 28.284000	214557	7913686	48.29119	-18.84912
-18 50 49.308000	48 17 19.716000	214303	7913913	48.28881	-18.84703
-18 48 36.576000	48 19 02.352000	217247	7918042	48.31732	-18.81016
-18 48 38.448000	48 19 05.952000	217354	7917986	48.31832	-18.81068
-18 48 28.692000	48 18 49.356000	216863	7918279	48.31371	-18.80797
-18 48 26.172000	48 18 54.288000	217006	7918359	48.31508	-18.80727
-18 51 29.880000	48 19 26.256000	218028	7912722	48.32396	-18.85830

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 51 30.708000	48 19 28.092000	218082	7912697	48.32447	-18.85853
-18 51 30.744000	48 19 28.092000	218082	7912696	48.32447	-18.85854
-18 51 31.932000	48 19 28.632000	218098	7912660	48.32462	-18.85887
-18 51 24.624000	48 19 29.964000	218134	7912885	48.32499	-18.85684
-18 51 23.220000	48 19 26.256000	218025	7912927	48.32396	-18.85645
-18 51 25.740000	48 19 24.888000	217986	7912848	48.32358	-18.85715
-18 49 58.368000	48 19 46.056000	218565	7915546	48.32946	-18.83288
-18 49 57.756000	48 19 45.084000	218537	7915564	48.32919	-18.83271
-18 49 57.576000	48 19 42.708000	218467	7915568	48.32853	-18.83266
-18 49 57.468000	48 19 43.356000	218486	7915572	48.32871	-18.83263
-18 50 03.876000	48 19 47.064000	218597	7915377	48.32974	-18.83441
-18 50 03.192000	48 19 47.172000	218600	7915398	48.32977	-18.83422
-18 50 09.204000	48 19 47.172000	218603	7915213	48.32977	-18.83589
-18 49 58.404000	48 19 46.236000	218571	7915544	48.32951	-18.83289
-18 49 56.928000	48 19 47.316000	218602	7915590	48.32981	-18.83248
-18 49 51.996000	48 18 48.024000	216863	7915716	48.31334	-18.83111
-18 49 49.836000	48 19 49.548000	218664	7915809	48.33043	-18.83051
-18 49 49.584000	48 19 48.540000	218634	7915817	48.33015	-18.83044
-18 49 47.280000	48 19 49.836000	218671	7915888	48.33051	-18.82980
-18 49 46.560000	48 19 49.404000	218658	7915910	48.33039	-18.82960
-18 49 44.796000	48 19 51.312000	218713	7915965	48.33092	-18.82911
-18 49 19.020000	48 18 47.448000	216830	7916730	48.31318	-18.82195
-18 49 21.396000	48 19 54.840000	218806	7916687	48.33190	-18.82261
-18 49 33.852000	48 19 55.272000	218824	7916304	48.33202	-18.82607
-18 49 34.248000	48 19 52.932000	218756	7916291	48.33137	-18.82618
-18 49 36.768000	48 19 53.904000	218785	7916213	48.33164	-18.82688
-18 49 37.344000	48 19 55.020000	218818	7916196	48.33195	-18.82704
-18 49 35.256000	48 19 54.984000	218816	7916260	48.33194	-18.82646
-18 49 30.144000	48 19 59.052000	218933	7916419	48.33307	-18.82504

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 49 28.884000	48 20 00.852000	218985	7916459	48.33357	-18.82469
-18 49 26.040000	48 20 01.716000	219009	7916547	48.33381	-18.82390
-18 49 24.744000	48 20 03.768000	219069	7916588	48.33438	-18.82354
-18 49 17.724000	48 19 47.352000	218584	7916796	48.32982	-18.82159
-18 50 49.596000	48 18 29.520000	216347	7913936	48.30820	-18.84711
-18 50 51.468000	48 18 30.240000	216369	7913879	48.30840	-18.84763
-18 49 15.204000	48 20 06.900000	219156	7916883	48.33525	-18.82089
-18 49 17.184000	48 20 08.088000	219192	7916822	48.33558	-18.82144
-18 49 28.308000	48 20 05.028000	219107	7916479	48.33473	-18.82453
-18 49 36.012000	48 20 01.500000	219007	7916240	48.33375	-18.82667
-18 49 31.836000	48 20 04.308000	219088	7916370	48.33453	-18.82551
-18 49 32.520000	48 20 02.796000	219044	7916348	48.33411	-18.82570
-18 49 31.800000	48 20 01.932000	219018	7916370	48.33387	-18.82550
-18 49 45.552000	48 19 03.648000	217317	7915921	48.31768	-18.82932
-18 49 39.072000	48 20 14.964000	219403	7916152	48.33749	-18.82752
-18 49 38.532000	48 20 10.068000	219259	7916166	48.33613	-18.82737
-18 49 42.816000	48 20 07.944000	219199	7916034	48.33554	-18.82856
-18 49 19.488000	48 19 48.252000	218612	7916743	48.33007	-18.82208
-18 49 43.788000	48 19 07.356000	217425	7915977	48.31871	-18.82883
-18 49 45.840000	48 19 00.948000	217238	7915911	48.31693	-18.82940
-18 49 52.212000	48 18 47.376000	216844	7915709	48.31316	-18.83117
-18 49 54.660000	48 18 44.928000	216773	7915633	48.31248	-18.83185
-18 50 08.880000	48 18 49.284000	216907	7915197	48.31369	-18.83580
-18 49 38.784000	48 19 15.996000	217676	7916135	48.32111	-18.82744
-18 49 13.836000	48 19 26.616000	217975	7916907	48.32406	-18.82051
-18 48 56.304000	48 19 27.084000	217981	7917446	48.32419	-18.81564
-18 48 25.452000	48 20 03.732000	219040	7918412	48.33437	-18.80707
-18 48 27.720000	48 20 02.148000	218995	7918341	48.33393	-18.80770
-18 48 27.936000	48 20 04.020000	219050	7918335	48.33445	-18.80776

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 48 24.012000	48 20 19.284000	219495	7918463	48.33869	-18.80667
-18 51 02.916000	48 18 34.164000	216490	7913528	48.30949	-18.85081
-18 48 36.180000	48 18 59.796000	217172	7918053	48.31661	-18.81005
-18 48 35.604000	48 18 56.592000	217078	7918070	48.31572	-18.80989
-18 48 31.572000	48 18 51.624000	216931	7918192	48.31434	-18.80877
-18 50 48.444000	48 19 58.548000	218954	7914011	48.33293	-18.84679
-18 50 46.284000	48 20 00.060000	218998	7914078	48.33335	-18.84619
-18 50 44.592000	48 20 00.816000	219019	7914130	48.33356	-18.84572
-18 50 45.024000	48 19 21.576000	217870	7914100	48.32266	-18.84584
-18 48 56.304000	48 19 27.084000	217981	7917446	48.32419	-18.81564
-18 50 44.772000	48 19 58.800000	218960	7914124	48.33300	-18.84577
-18 50 55.176000	48 20 08.556000	219251	7913808	48.33571	-18.84866
-18 51 51.696000	48 19 13.332000	217660	7912045	48.32037	-18.86436
-18 51 39.420000	48 19 15.132000	217707	7912423	48.32087	-18.86095
-18 51 40.464000	48 19 13.548000	217661	7912390	48.32043	-18.86124
-18 51 37.512000	48 19 13.512000	217658	7912481	48.32042	-18.86042
-18 51 37.944000	48 19 13.224000	217650	7912468	48.32034	-18.86054
-18 51 39.024000	48 19 24.744000	217988	7912440	48.32354	-18.86084
-18 51 37.224000	48 19 23.232000	217943	7912495	48.32312	-18.86034
-18 51 41.076000	48 19 25.248000	218004	7912377	48.32368	-18.86141
-18 51 24.696000	48 19 29.604000	218123	7912883	48.32489	-18.85686
-18 51 24.660000	48 19 29.856000	218131	7912884	48.32496	-18.85685
-18 51 24.336000	48 19 30.720000	218156	7912894	48.32520	-18.85676
-18 51 26.784000	48 19 37.272000	218349	7912822	48.32702	-18.85744
-18 51 24.372000	48 19 37.308000	218349	7912896	48.32703	-18.85677
-18 51 24.336000	48 19 36.804000	218334	7912897	48.32689	-18.85676
-18 51 24.372000	48 19 38.316000	218379	7912896	48.32731	-18.85677
-18 51 26.064000	48 19 37.560000	218357	7912844	48.32710	-18.85724
-18 51 24.732000	48 19 29.604000	218123	7912882	48.32489	-18.85687

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 51 27.000000	48 19 38.712000	218391	7912816	48.32742	-18.85750
-18 51 28.728000	48 19 44.220000	218553	7912765	48.32895	-18.85798
-18 51 27.540000	48 19 40.980000	218458	7912800	48.32805	-18.85765
-18 51 28.116000	48 19 42.888000	218514	7912783	48.32858	-18.85781
-18 51 30.168000	48 19 45.876000	218603	7912721	48.32941	-18.85838
-18 51 29.880000	48 19 45.048000	218578	7912730	48.32918	-18.85830
-18 51 24.372000	48 19 36.984000	218340	7912896	48.32694	-18.85677
-18 51 26.748000	48 19 21.864000	217898	7912816	48.32274	-18.85743
-18 51 26.676000	48 19 22.620000	217920	7912819	48.32295	-18.85741
-18 51 24.192000	48 19 30.216000	218141	7912898	48.32506	-18.85672
-18 51 21.960000	48 19 33.960000	218250	7912969	48.32610	-18.85610
-18 51 20.340000	48 19 33.384000	218232	7913018	48.32594	-18.85565
-18 51 20.196000	48 19 32.916000	218218	7913023	48.32581	-18.85561
-18 51 23.184000	48 19 34.284000	218260	7912931	48.32619	-18.85644
-18 51 20.772000	48 19 32.700000	218212	7913005	48.32575	-18.85577
-18 51 22.176000	48 19 02.496000	217328	7912948	48.31736	-18.85616
-18 49 47.028000	48 19 50.952000	218703	7915896	48.33082	-18.82973
-18 49 46.632000	48 19 49.440000	218659	7915908	48.33040	-18.82962
-18 49 46.560000	48 19 49.224000	218653	7915910	48.33034	-18.82960
-18 49 46.632000	48 19 49.152000	218651	7915908	48.33032	-18.82962
-18 49 47.352000	48 19 50.844000	218700	7915886	48.33079	-18.82982
-18 49 48.000000	48 19 53.508000	218779	7915868	48.33153	-18.83000
-18 49 47.856000	48 19 53.256000	218771	7915872	48.33146	-18.82996
-18 49 47.676000	48 19 53.004000	218764	7915878	48.33139	-18.82991
-18 49 46.524000	48 19 49.512000	218661	7915911	48.33042	-18.82959
-18 49 47.100000	48 19 51.528000	218720	7915894	48.33098	-18.82975
-18 49 45.336000	48 19 49.404000	218657	7915948	48.33039	-18.82926
-18 49 46.200000	48 19 46.848000	218583	7915920	48.32968	-18.82950
-18 49 46.452000	48 19 46.416000	218570	7915912	48.32956	-18.82957

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 51 07.200000	48 18 40.068000	216665	7913399	48.31113	-18.85200
-18 51 07.092000	48 18 43.308000	216759	7913404	48.31203	-18.85197
-18 51 06.552000	48 18 40.680000	216682	7913419	48.31130	-18.85182
-18 48 34.488000	48 18 53.604000	216990	7918103	48.31489	-18.80958
-18 49 38.604000	48 18 51.516000	216959	7916129	48.31431	-18.82739
-18 50 17.196000	48 19 57.900000	218921	7914972	48.33275	-18.83811
-18 51 26.892000	48 19 21.792000	217896	7912812	48.32272	-18.85747
-18 48 34.488000	48 18 53.604000	216990	7918103	48.31489	-18.80958
-18 49 39.000000	48 18 51.516000	216959	7916117	48.31431	-18.82750
-18 50 04.992000	48 20 06.396000	219164	7915351	48.33511	-18.83472
-18 50 06.000000	48 19 50.016000	218685	7915312	48.33056	-18.83500
-18 50 16.008000	48 20 04.200000	219105	7915011	48.33450	-18.83778
-18 51 27.000000	48 19 21.792000	217896	7912808	48.32272	-18.85750
-18 51 32.004000	48 15 24.012000	210934	7912548	48.25667	-18.85889
-18 51 27.000000	48 19 22.008000	217902	7912808	48.32278	-18.85750
-18 52 09.984000	48 19 09.012000	217542	7911480	48.31917	-18.86944
-18 48 25.596000	48 18 52.812000	216963	7918376	48.31467	-18.80711
-18 48 32.904000	48 19 07.212000	217388	7918157	48.31867	-18.80914
-18 48 18.504000	48 19 02.172000	217234	7918598	48.31727	-18.80514
-18 47 59.316000	48 20 01.500000	218963	7919215	48.33375	-18.79981
-18 48 26.496000	48 19 00.480000	217188	7918352	48.31680	-18.80736
-18 48 28.512000	48 19 01.560000	217220	7918290	48.31710	-18.80792
-18 48 18.000000	48 19 48.000000	218576	7918634	48.33000	-18.80500
-18 49 22.188000	48 19 54.912000	218808	7916662	48.33192	-18.82283
-18 15 38.196000	66 09 31.860000	2117674	7912791	66.15885	-18.26061
-18 51 37.584000	48 20 24.396000	219734	7912510	48.34011	-18.86044
-18 52 05.304000	48 21 27.792000	221603	7911685	48.35772	-18.86814
-18 52 05.304000	48 28 21.504000	233718	7911862	48.47264	-18.86814
-18 51 48.384000	48 20 33.216000	219997	7912182	48.34256	-18.86344

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 51 18.216000	48 17 44.808000	215051	7913035	48.29578	-18.85506
-18 50 13.992000	48 18 55.692000	217097	7915043	48.31547	-18.83722
-18 51 02.196000	48 17 44.412000	215032	7913528	48.29567	-18.85061
-18 50 36.708000	48 19 53.796000	218810	7914370	48.33161	-18.84353
-18 50 11.004000	48 19 17.796000	217743	7915144	48.32161	-18.83639
-18 49 14.016000	48 20 07.188000	219164	7916919	48.33533	-18.82056
-18 50 11.004000	48 19 17.688000	217740	7915144	48.32158	-18.83639
-18 49 09.012000	48 20 07.188000	219161	7917073	48.33533	-18.81917
-18 49 19.092000	48 20 08.700000	219210	7916764	48.33575	-18.82197
-18 48 34.200000	48 19 13.800000	217581	7918120	48.32050	-18.80950
-18 50 45.384000	48 18 28.296000	216310	7914065	48.30786	-18.84594
-18 50 13.992000	48 19 44.400000	218524	7915064	48.32900	-18.83722
-18 49 13.116000	48 20 06.900000	219155	7916947	48.33525	-18.82031
-18 49 12.684000	48 20 07.404000	219170	7916960	48.33539	-18.82019
-18 49 11.712000	48 20 08.088000	219189	7916990	48.33558	-18.81992
-18 49 10.884000	48 20 08.016000	219187	7917016	48.33556	-18.81969
-18 49 15.708000	48 19 47.496000	218588	7916858	48.32986	-18.82103
-18 48 55.008000	48 19 34.392000	218194	7917489	48.32622	-18.81528
-18 49 22.584000	48 20 09.312000	219230	7916657	48.33592	-18.82294
-18 49 22.404000	48 20 09.600000	219238	7916662	48.33600	-18.82289
-18 49 22.800000	48 20 08.412000	219204	7916649	48.33567	-18.82300
-18 49 22.116000	48 20 09.312000	219230	7916671	48.33592	-18.82281
-18 49 22.692000	48 20 08.412000	219204	7916653	48.33567	-18.82297
-18 49 22.116000	48 20 08.700000	219212	7916671	48.33575	-18.82281
-18 49 21.900000	48 20 07.800000	219185	7916677	48.33550	-18.82275
-18 49 18.696000	48 20 05.604000	219120	7916774	48.33489	-18.82186
-18 49 18.912000	48 20 05.892000	219128	7916768	48.33497	-18.82192
-18 49 16.716000	48 20 06.612000	219148	7916836	48.33517	-18.82131
-18 50 49.884000	48 18 29.988000	216361	7913927	48.30833	-18.84719

Appendix I Table 1 : Geo-coordinates of Localities Visited by the Flora Study Team (continued)

Latitude	Longitude	Easting (UTM)	Northing (UTM)	LongDD	LatDD
-18 50 49.704000	48 18 29.988000	216361	7913933	48.30833	-18.84714
-18 50 48.984000	48 18 28.692000	216323	7913954	48.30797	-18.84694
-18 50 43.512000	48 18 28.296000	216309	7914122	48.30786	-18.84542
-18 50 50.100000	48 18 27.612000	216292	7913919	48.30767	-18.84725
-18 50 53.016000	48 18 30.996000	216392	7913831	48.30861	-18.84806
-18 50 52.908000	48 18 31.500000	216407	7913835	48.30875	-18.84803

APPENDIX II

SPECIES POSITIVELY IDENTIFIED FROM THE AMBATOVY / ANALAMAY AREA

Appendix II – Species Positively Identified from the Ambatovy/Analamay Area

Acanthaceae

<i>Brachystephanus</i>	<i>lyallii</i>		Nees
<i>Mendoncia</i>	<i>cowanii</i>	(S. Moore)	Benoist
<i>Mendoncia</i>	<i>flagellaris</i>	(Baker)	Benoist

Anacardiaceae

<i>Micronychia</i>	<i>tsiramiramy</i>	var <i>minutiflora</i>	H. Perrier
<i>Protorhus</i>	<i>aff. ditimena</i>		
<i>Protorhus</i>	<i>ditimena</i>		H. Perrier
<i>Rhus</i>	<i>taratana</i>	(Baker)	H. Perrier

Annonaceae

<i>Xylopia</i>	<i>flexuosa</i>		Diels
----------------	-----------------	--	-------

Aphloiaceae

<i>Aphloia</i>	<i>theiformis</i>	(Vahl)	Benn.
----------------	-------------------	--------	-------

Apiaceae

<i>Sanicula</i>	<i>elata</i>		Buch.-Ham. ex D. Don
-----------------	--------------	--	----------------------

Apocynaceae

<i>Craspidospermum</i>	<i>verticillatum</i>		Bojer ex A. DC.
<i>Oncinotis</i>	<i>tomentella</i>		Radlk.
<i>Petchia</i>	<i>cryptophlebia</i>	(Baker)	Leeuwenb.
<i>Plectaneia</i>	<i>thouarsii</i>		Roem. & Schult.
<i>Tabernaemontana</i>	<i>retusa</i>	(Lam.)	Palacky
<i>Voacanga</i>	<i>thouarsii</i>		Roem. & Schult.

Aquifoliaceae

<i>Ilex</i>	<i>mitis</i>	(L.)	Radlk.
-------------	--------------	------	--------

Araceae

<i>Pothos</i>	<i>scandens</i>		L.
Araliaceae			
<i>Gastonia</i>	<i>duplicata</i>		Thouars ex Baill.
<i>Polyscias</i>	<i>abrahamiana</i>	ined.	
<i>Polyscias</i>	<i>bernardiana</i>	ined.	
<i>Polyscias</i>	<i>fraxinifolia</i>	(Baker)	Harms
<i>Polyscias</i>	<i>madagascariensis</i>	(Seem.)	Harms
<i>Polyscias</i>	<i>orientalis</i>	ined.	
<i>Polyscias</i>	<i>ornifolia</i>	(Baker)	Harms
<i>Polyscias</i>	<i>pentamera</i>	(Baker)	Harms
<i>Polyscias</i>	<i>tennantii</i>		Bernardi
<i>Polyscias</i>	<i>zanthoxyloides</i>	(Baker)	Harms
Arecaceae			
<i>Dypsis</i>	<i>nodifera</i>		Mart.
Asclepiadaceae			
<i>Cynanchum</i>	<i>moramangense</i>		Choux
<i>Cynanchum</i>	<i>repandum</i>	(Decne.)	K. Schum.
<i>Secamone</i>	<i>marsupiata</i>		Klack.
<i>Secamone</i>	<i>oleaefolia</i>		Decne.
Asparagaceae			
<i>Asparagus</i>	<i>simulans</i>		Baker
Asteraceae			
<i>Acmella</i>	<i>caulirhiza</i>	Delile	
<i>Apodocephala</i>	<i>pauciflora</i>		Baker
<i>Brachylaena</i>	<i>merana</i>	(Baker)	Humbert

<i>Centauroopsis</i>	<i>antanossi</i>	(Scott-Elliot)	Humbert
<i>Emilia</i>	<i>adscendens</i>		DC.
<i>Emilia</i>	<i>citrina</i>		DC.
<i>Emilia</i>	<i>humifusa</i>		DC.
<i>Emilia</i>	<i>integrifolia</i>		Baker
<i>Ethulia</i>	<i>conyzoides</i>		L. f.
<i>Helichrysum</i>	<i>ambondrombeensis</i>		Humbert
<i>Helichrysum</i>	<i>bracteiferum</i>	(DC.)	Humbert
<i>Helichrysum</i>	<i>retrosum</i>		DC.
<i>Inula</i>	<i>speciosa</i>	(DC.)	O. Hoffm.
<i>Oliganthes</i>	<i>lanuginosa</i>	(Bojer ex DC.)	Humbert
<i>Oliganthes</i>	<i>meranoides</i>		Humbert
<i>Senecio</i>	<i>beguei</i>		Humbert
<i>Senecio</i>	<i>myricaefolius</i>	(Bojer ex DC.)	Humbert
<i>Vernonia</i>	<i>alleizettei</i>		Humbert
<i>Vernonia</i>	<i>rubicunda</i>		Klatt
Asteropeiaceae			
<i>Asteropeia</i>	<i>mcpersonii</i>		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf
<i>Asteropeia</i>	<i>rhopaloides</i>	(Baker)	Baill.
Balsaminaceae			
<i>Impatiens</i>	<i>firmula</i>		Baker
<i>Impatiens</i>	<i>manaharensis</i>		Baill.
Bignoniaceae			
<i>Ophiocolea</i>	<i>floribunda</i>	(Bojer ex Lindl.)	H. Perrier
<i>Stereospermum</i>	<i>arcuatum</i>		H. Perrier

Burseraceae

Canarium *madagascariense* Engl.

Cactaceae

Rhipsalis *baccifera* (J.S. Muell.) Stearn

Campanulaceae

Lobelia *agrestis* E. Wimm.

Lobelia *serpens* Lam.

Wahlenbergia *madagascariensis* A. DC.

Celastraceae

Brexia *montana* H. Perrier

Brexiella *illicifolia* H. Perrier

Elaeodendron *alluaudianum* H. Perrier

Elaeodendron *micranthum* Tul.

Hartogiopsis *trilobocarpa* (Baker) H. Perrier

Mystroxyton *aethiopicum* (Thunb.) Loes.

Polycardia *phyllanthoides* (Lam.) DC.

Salacia *sp. indet*

Clusiaceae

Calophyllum *drouhardii* H. Perrier

Calophyllum *milvum* P.F. Stevens

Garcinia *orthoclada* Baker

Garcinia *parvulus* (H. Perrier) comb. ined.

Garcinia *verrucosa* Jum. & H. Perrier

Harungana *madagascariensis* Lam. ex Poir.

Ochrocarpos *orthocladus* (Baker) H. Perrier

<i>Psorospermum</i>	<i>androsaemifolium</i>		Baker
<i>Psorospermum</i>	<i>ferrovestitum</i>		Baker
<i>Psorospermum</i>	<i>molluscum</i>	(Pers.)	Hochr.
<i>Psorospermum</i>	<i>trichophyllum</i>		Baker
<i>Symphonia</i>	<i>fasciculata</i>	(Noronha ex Thouars)	Vesque
<i>Symphonia</i>	<i>microphylla</i>	(Hils. & Bojer ex	Benth. & Hook. f. ex
<i>Symphonia</i>	<i>pauciflora</i>		Baker

Combretaceae

<i>Terminalia</i>	<i>rufovestita</i>		Capuron
-------------------	--------------------	--	---------

Commelinaceae

<i>Cyanotis</i>	<i>nodiflora</i>		Kunth
-----------------	------------------	--	-------

Connaraceae

<i>Cnestis</i>	<i>polyphylla</i>		Lam.
----------------	-------------------	--	------

Cornaceae

<i>Alangium</i>	<i>grisolleoides</i>		Capuron
-----------------	----------------------	--	---------

Crassulaceae

<i>Kalanchoe</i>	<i>campanulata</i>	(Baker)	Baill.
------------------	--------------------	---------	--------

<i>Kalanchoe</i>	<i>peltata</i>	(Baker)	Baill.
------------------	----------------	---------	--------

Cunoniaceae

<i>Weinmannia</i>	<i>rutenbergii</i>		Engl.
-------------------	--------------------	--	-------

Cyatheaceae

<i>Cyathea</i>	<i>decrescens</i>		Mett.
----------------	-------------------	--	-------

<i>Cyathea</i>	<i>dregei</i>		Kunze
----------------	---------------	--	-------

<i>Cyathea</i>	<i>serratifolia</i>		Baker
----------------	---------------------	--	-------

Cyperaceae

<i>Carex</i>	<i>sphaerogyna</i>		Baker
--------------	--------------------	--	-------

<i>Cyperus</i>	<i>longifolius</i>		Poir.
<i>Cyperus</i>	<i>rufostriatus</i>		C.B. Clarke ex Cherm.
<i>Eleocharis</i>	<i>fistulosa</i>		Link
<i>Pycreus</i>	<i>ferrugineus</i>	(Poir.)	C.B. Clarke
<i>Scleria</i>	<i>madagascariensis</i>		Boeck.

Dichapetalaceae

<i>Dichapetalum</i>	<i>chlorinum</i>	(Tul.)	Engl.
<i>Dichapetalum</i>	<i>leucosia</i>	(Spreng.)	Engl.

Dilleniaceae

<i>Hibbertia</i>	<i>coriacea</i>	(Pers.)	Baill.
------------------	-----------------	---------	--------

Ebenaceae

<i>Diospyros</i>	<i>haplostylis</i>		Boivin ex Hiern
<i>Diospyros</i>	<i>sphaerosepala</i>		Baker
<i>Maba</i>	<i>montigena</i>		H. Perrier

Elaeocarpaceae

<i>Elaeocarpus</i>	<i>subserratus</i>		Baker
<i>Sloanea</i>	<i>rhodantha</i>	(Baker)	Capuron

Ericaceae

<i>Agauria</i>	<i>polyphylla</i>		Baker
<i>Erica</i>	<i>cryptoclada</i>	(Baker)	Dorr & E.G.H. Oliv.
<i>Vaccinium</i>	<i>emirnense</i>		Hook.

Erythroxylaceae

<i>Erythroxylum</i>	<i>ferrugineum</i>	fo	<i>myrtoide</i>	(Bojer)	H. Perrier
<i>Erythroxylum</i>	<i>pervillei</i>				Baill.
<i>Erythroxylum</i>	<i>pyrifolium</i>				Baker
<i>Erythroxylum</i>	<i>sphaeranthum</i>				H. Perrier

Euphorbiaceae

<i>Acalypha</i>	<i>filiformis</i>		Poir.
<i>Amyrea</i>	<i>humbertii</i>		Leandri
<i>Claoxylon</i>	<i>perrieri</i>		Leandri
<i>Claoxylopsis</i>	<i>perrieri</i>		Leandri
<i>Claoxylopsis</i>	<i>purpurascens</i>		Radcl.-Sm.
<i>Croton</i>	<i>alceicornu</i>		Radcl.-Sm.
<i>Croton</i>	<i>humbertii</i>		Leandri
<i>Croton</i>	<i>lepidotoides</i>		Radcl.-Sm. ined.
<i>Croton</i>	<i>lichenisilvae</i>		Leandri
<i>Croton</i>	<i>macrobuxus</i>		Baill.
<i>Croton</i>	<i>nitidulus</i>		Baker
<i>Croton</i>	<i>sp. nov.</i>		
<i>Croton</i>	<i>sp. nov. cf.</i>		
<i>Euphorbia</i>	<i>bakeriana</i>		Baill.
<i>Euphorbia</i>	<i>rangovalensis</i>		Leandri
<i>Euphorbia</i>	<i>tetraptera</i>		Baker
<i>Excoecaria</i>	<i>goudotiana</i>	(Baill.)	Müll. Arg.
<i>Lobanilia</i>	<i>bakeriana</i>	(Baill.)	Radcl.-Sm.
<i>Macaranga</i>	<i>ankafinensis</i>		Baill.
<i>Macaranga</i>	<i>boutonioides</i>		Baill.
<i>Macaranga</i>	<i>oblongifolia</i>		Baill.
<i>Mallotus</i>	<i>capuronii</i>	(Leandri)	McPherson
<i>Mallotus</i>	<i>spinulosus</i>		McPherson

<i>Omphalea</i>	<i>oppositifolia</i>		(Willd.)	L.J. Gillespie
<i>Orfilea</i>	<i>coriacea</i>			Baill.
<i>Suregada</i>	<i>adenophora</i>			Baill.
<i>Suregada</i>	<i>boiviniana</i>			Baill.
<i>Tannodia</i>	<i>perrieri</i>		(Leandri)	Radcl.-Sm.
<i>Tragia</i>	<i>cocculifolia</i>	var.	<i>glabrescens</i>	Leandri
<i>Tragia</i>	<i>perrieri</i>			Leandri
Fabaceae				
<i>Abrus</i>	<i>aureus</i>	subsp.	<i>aureus</i>	
<i>Acacia</i>	<i>pentagona</i>		Schumach. & Thonn	Hook. f.
<i>Albizia</i>	<i>adianthifolia</i>	var.	<i>intermedia</i>	De Wild. & T. Durand
<i>Chamaecrista</i>	<i>pratensis</i>		(R. Vig.)	Du Puy
<i>Crotalaria</i>	<i>lanceolata</i>			E. Mey.
<i>Dalbergia</i>	<i>baronii</i>			Baker
<i>Desmodium</i>	<i>hirtum</i>			Guill. & Perr.
<i>Desmodium</i>	<i>incanum</i>			DC.
<i>Dichrostachys</i>	<i>tenuifolia</i>			Benth.
<i>Entada</i>	<i>louvelii</i>		R.Vig.	Brenan
<i>Mundulea</i>	<i>viridis</i>			R. Vig.
<i>Ophrestia</i>	<i>lyallii</i>	subsp.	<i>orientalis</i>	Du Puy & Labat
<i>Peltiera</i>	<i>nitida</i>			Du Puy et Labat
<i>Strongylodon</i>	<i>craveniae</i>			Baron & Baker
<i>Strongylodon</i>	<i>madagascariensis</i>			Baker
<i>Viguieranthus</i>	<i>subauriculatus</i>			Villiers

Flacourtiaceae

<i>Bembicia</i>	<i>uniflora</i>	(H. Perrier)	Capuron
<i>Calantica</i>	<i>cerasifolia</i>	(Vent.)	Tul.
<i>Homalium</i>	<i>axillare</i>	(Lam.)	Benth.
<i>Homalium</i>	<i>maringitra</i>		H. Perrier
<i>Homalium</i>	<i>nudiiflorum</i>	(DC.)	Baill.
<i>Homalium</i>	<i>parkeri</i>		Baker
<i>Ludia</i>	<i>pinnatinervia</i>	(H. Perrier)	Capuron & Sleumer
<i>Tisonia</i>	<i>coriacea</i>		Scott-Elliot

Flagellariaceae

<i>Flagellaria</i>	<i>indica</i>		L.
--------------------	---------------	--	----

Gentianaceae

<i>Anthocleista</i>	<i>amplexicaulis</i>		Baker
<i>Anthocleista</i>	<i>longifolia</i>	(Lam.)	Boiteau
<i>Anthocleista</i>	<i>madagascariensis</i>		Baker

Gratiolaceae

<i>Scoparia</i>	<i>dulcis</i>		L.
-----------------	---------------	--	----

Hamamelidaceae

<i>Dicoryphe</i>	<i>viticoides</i>		Baker
------------------	-------------------	--	-------

Hemerocallidaceae

<i>Dianella</i>	<i>ensifolia</i>	(L.)	DC.
-----------------	------------------	------	-----

Hydrocharitaceae

<i>Ottelia</i>	<i>ulvifolia</i>	(Planch.)	Walp.
----------------	------------------	-----------	-------

Icacinaceae

<i>Apodytes</i>	<i>dimidiata</i>		E. Mey. ex Arn.
<i>Cassinopsis</i>	<i>madagascariensis</i>		Baill.
<i>Pyrenacantha</i>	<i>chlorantha</i>		Baker

<i>Pyrenacantha</i>	<i>humblotii</i>	(Baill. ex Grandid.)	Sleumer
---------------------	------------------	----------------------	---------

Iridaceae

<i>Aristea</i>	<i>cladocarpa</i>		Baker
----------------	-------------------	--	-------

<i>Aristea</i>	<i>kitchingii</i>		Baker
----------------	-------------------	--	-------

<i>Crocasmia</i>	<i>x crocosmiiflora</i>	(Lemoine)	N.E. Br.
------------------	-------------------------	-----------	----------

Lamiaceae

<i>Clerodendrum</i>	<i>elliotii</i>		Moldenke
---------------------	-----------------	--	----------

<i>Plectranthus</i>	<i>bojeri</i>	(Benth.)	Hedge
---------------------	---------------	----------	-------

<i>Plectranthus</i>	<i>emirnensis</i>	(Baker)	Hedge
---------------------	-------------------	---------	-------

<i>Plectranthus</i>	<i>hexaphyllus</i>		Baker
---------------------	--------------------	--	-------

<i>Plectranthus</i>	<i>vestitus</i>		Benth.
---------------------	-----------------	--	--------

<i>Premna</i>	<i>sp. nov.</i>		
---------------	-----------------	--	--

<i>Pycnostachys</i>	<i>coerulea</i>		Hook.
---------------------	-----------------	--	-------

<i>Vitex</i>	<i>chrysomallum</i>		Steud.
--------------	---------------------	--	--------

<i>Vitex</i>	<i>coursii</i>		Moldenke
--------------	----------------	--	----------

<i>Vitex</i>	<i>pachyclada</i>		Baker
--------------	-------------------	--	-------

<i>Vitex</i>	<i>sp. nov.</i>		
--------------	-----------------	--	--

Lauraceae

<i>Beilschmiedia</i>	<i>pedicellata</i>		van der Werff
----------------------	--------------------	--	---------------

<i>Cryptocarya</i>	<i>crassifolia</i>		Baker
--------------------	--------------------	--	-------

<i>Cryptocarya</i>	<i>fulva</i>		Kosterm.
--------------------	--------------	--	----------

<i>Cryptocarya</i>	<i>myristicoides</i>		Baker
--------------------	----------------------	--	-------

<i>Cryptocarya</i>	<i>spathulata</i>		Kosterm.
--------------------	-------------------	--	----------

<i>Ocotea</i>	<i>foveolata</i>		Kosterm.
---------------	------------------	--	----------

<i>Ocotea</i>	<i>laevis</i>		Kosterm.
---------------	---------------	--	----------

<i>Ocotea</i>	<i>longipes</i>		Kosterm.
<i>Ocotea</i>	<i>madagascariensis</i>	(Meisn. in A. DC.)	Palacky
<i>Ravensara</i>	<i>aromatica</i>		Sonn.

Linderniaceae

<i>Torenia</i>	<i>stolonifera</i>		Bojer ex Benth.
----------------	--------------------	--	-----------------

Loganiaceae

<i>Mostuea</i>	<i>brunonis</i>		Didr.
<i>Strychnos</i>	<i>diplotricha</i>		Leeuwenb.

Lomariopsidaceae

<i>Elaphoglossum</i>	<i>coursii</i>		Tardieu
<i>Elaphoglossum</i>	<i>lepervanchii</i>	(Bory)	T. Moore
<i>Elaphoglossum</i>	<i>sp. B</i>		
<i>Elaphoglossum</i>	<i>subsessile</i>	(Baker)	C. Chr.

Loranthaceae

<i>Bakerella</i>	<i>clavata</i>	(Desr.)	Balle
<i>Bakerella</i>	<i>poissonii</i>	subsp. <i>parvibracteata</i> (Lecomte)	Balle

Malpighiaceae

<i>Acridocarpus</i>	<i>adenophorus</i>		A. Juss.
<i>Acridocarpus</i>	<i>vivy</i>		Arènes
<i>Tristellateia</i>	<i>grandiflora</i>		Arènes
<i>Tristellateia</i>	<i>madagascariensis</i>		

Malvaceae

<i>Dombeya</i>	<i>lucida</i>		Baill.
<i>Grewia</i>	<i>cuneifolia</i>		Juss.
<i>Grewia</i>	<i>humblotii</i>		Baill.

Melastomataceae

<i>Medinilla</i>	<i>mandrakensis</i>		H. Perrier
<i>Memecylon</i>	<i>bakerianum</i>		Cogn.
<i>Tristemma</i>	<i>mauritianum</i>		J.F. Gmel.
<i>Tristemma</i>	<i>virusanum</i>		Juss.
Meliaceae			
<i>Astrotrichilia</i>	<i>parvifolia</i>		J.-F. Leroy & Lescot
<i>Khaya</i>	<i>madagascariensis</i>		Jum. & H. Perrier
Menispermaceae			
<i>Burasaia</i>	<i>apetela</i>		Capuron ex Westerhaus
<i>Strychnopsis</i>	<i>thouarsii</i>		Baill.
Monimiaceae			
<i>Tambourissa</i>	<i>thouvenotii</i>		Danguy
Moraceae			
<i>Ficus</i>	<i>ampana</i>		C.C. Berg
<i>Ficus</i>	<i>antandronarum</i>	subsp. <i>antandronarum</i>	
<i>Ficus</i>	<i>politoria</i>		Lam.
<i>Ficus</i>	<i>reflexa</i>	subsp. <i>reflexa</i>	
<i>Trilepisium</i>	<i>madagascariense</i>		Thouars ex DC.
Myrsinaceae			
<i>Monoporus</i>	<i>clusiifolius</i>		H. Perrier
<i>Monoporus</i>	<i>floribundus</i>	(Roem. & Schult.)	Mez
<i>Oncostemum</i>	<i>elephantipes</i>		H. Perrier
<i>Oncostemum</i>	<i>humbertianum</i>		H. Perrier
<i>Oncostemum</i>	<i>paniculatum</i>		H. Perrier
<i>Oncostemum</i>	<i>venulosum</i>		Baker

Myrtaceae

<i>Eugenia</i>	<i>bernieri</i>		Drake
<i>Eugenia</i>	<i>danguyana</i>		H. Perrier
<i>Eugenia</i>	<i>emirnensis</i>		Baker
<i>Syzygium</i>	<i>bernieri</i>	(Drake)	Labat & G.E. Schatz
<i>Syzygium</i>	<i>emirnense</i>	(Baker)	Labat & G.E. Schatz
<i>Syzygium</i>	<i>micropodum</i>	(Baker)	Labat & G.E. Schatz

Ochnaceae

<i>Campylospermum</i>	<i>deltoideum</i>	(Baker)	Tiegh.
<i>Campylospermum</i>	<i>dependens</i>	(DC.)	H. Perrier
<i>Campylospermum</i>	<i>lanceolatum</i>	(Baker)	H. Perrier
<i>Diporidium</i>	<i>louvelii</i>		H. Perrier
<i>Diporidium</i>	<i>vaccinioides</i>	(Baker)	Tiegh.
<i>Ochna</i>	<i>vaccinioides</i>		Baker
<i>Ouratea</i>	<i>lanceolata</i>	(Baker)	Baill.

Olacaceae

<i>Olax</i>	<i>emirnensis</i>		Baker
<i>Olax</i>	<i>glabriflora</i>		Danguy

Oleaceae

<i>Linociera</i>	<i>obtusifolia</i>	(Lam.)	H. Perrier
<i>Noronhia</i>	<i>mangorensis</i>		H. Perrier
<i>Olea</i>	<i>madagascariensis</i>		Boivin ex H. Perrier

Orchidaceae

<i>Aerangis</i>	<i>citrata</i>	(Thouars)	Schltr.
<i>Aeranthos</i>	<i>adenopoda</i>		H. Perrier

<i>Aeranthès</i>	<i>antennophora</i>		H. Perrier
<i>Aeranthès</i>	<i>caudata</i>		Rolfe
<i>Aeranthès</i>	<i>longipes</i>		Schltr.
<i>Aeranthès</i>	<i>nidus</i>		Schltr.
<i>Aeranthès</i>	<i>peyrotii</i>		Bosser
<i>Angraecum</i>	<i>caricifolium</i>		H. Perrier
<i>Angraecum</i>	<i>chloranthum</i>		Schltr.
<i>Angraecum</i>	<i>compactum</i>		Schltr.
<i>Angraecum</i>	<i>filicornu</i>		Thouars
<i>Angraecum</i>	<i>humblotianum</i>		Schltr.
<i>Angraecum</i>	<i>linearifolium</i>		Garay
<i>Angraecum</i>	<i>mauritianum</i>	(Poir.)	Frapp.
<i>Angraecum</i>	<i>panicifolium</i>		H. Perrier
<i>Angraecum</i>	<i>sedifolium</i>		Schltr.
<i>Angraecum</i>	<i>setipes</i>		Schltr.
<i>Angraecum</i>	<i>teretifolium</i>		Ridl.
<i>Angraecum</i>	<i>urschianum</i>		Toill.-Gen. & Bosser
<i>Bulbophyllum</i>	<i>aubrevillei</i>		Bosser
<i>Bulbophyllum</i>	<i>coriophorum</i>		Ridl.
<i>Bulbophyllum</i>	<i>molossus</i>		Rchb. f.
<i>Bulbophyllum</i>	<i>multiflorum</i>		Ridl.
<i>Bulbophyllum</i>	<i>occlusum</i>		Ridl.
<i>Bulbophyllum</i>	<i>occultum</i>		Thouars
<i>Bulbophyllum</i>	<i>pachypus</i>		Schltr.

<i>Bulbophyllum</i>	<i>peyrotii</i>		Bosser
<i>Bulbophyllum</i>	<i>platypodum</i>		H. Perrier
<i>Bulbophyllum</i>	<i>sandrangatense</i>		Bosser
<i>Bulbophyllum</i>	<i>sulfureum</i>		Schltr.
<i>Cryptopus</i>	<i>brachiatus</i>		H. Perrier
<i>Cynorkis</i>	<i>angustipetala</i>		Ridl.
<i>Cynorkis</i>	<i>aurantiaca</i>		Ridl.
<i>Cynorkis</i>	<i>fastigiata</i>		Thouars
<i>Cynorkis</i>	<i>graminea</i>	(Thouars)	Schltr.
<i>Cynorkis</i>	<i>uncinata</i>		H. Perrier
<i>Disperis</i>	<i>oppositifolia</i>		Sm.
<i>Gastrorchis</i>	<i>francoisii</i>		Schltr.
<i>Grammangis</i>	<i>ellisii</i>	(Lindl.)	Rchb. f.
<i>Jumellea</i>	<i>gracilipes</i>		Schltr.
<i>Liparis</i>	<i>bulbophylloides</i>		H. Perrier
<i>Microcoelia</i>	<i>gilpinae</i>	(Rchb. f. & S. Moore in	Summerh.
<i>Microcoelia</i>	<i>macrantha</i>	(H. Perrier)	Summerh.
<i>Oberonia</i>	<i>disticha</i>	(Lam.)	Schltr.
<i>Oeonia</i>	<i>rosea</i>		Ridl.
<i>Oeonia</i>	<i>volucris</i>	(Thouars)	Spreng.
<i>Polystachya</i>	<i>fusiformis</i>	(Thouars)	Lindl.
<i>Polystachya</i>	<i>rosea</i>		Ridl.

Orobanchaceae

<i>Radamaea</i>	<i>montana</i>		Benth.
-----------------	----------------	--	--------

Oxalidaceae

<i>Oxalis</i>	<i>corniculata</i>		L.
Oxalidaceae			
<i>Biophytum</i>	<i>sp. nov.</i>		
Pandanaceae			
<i>Pandanus</i>	<i>freycinetioides</i>	(Gaudich.)	Kurz
<i>Pandanus</i>	<i>tectorius</i>		Parkinson
Phyllanthaceae			
<i>Antidesma</i>	<i>madagascariense</i>		Lam.
<i>Blotia</i>	<i>bemarensis</i>	(Leandri)	Leandri
<i>Blotia</i>	<i>oblongifolia</i>	(Baill.)	Leandri
<i>Cleistanthus</i>	<i>sp. 1</i>		
<i>Leptonema</i>	<i>glabrum</i>	(Leandri)	Leandri
<i>Margaritaria</i>	<i>rhomboidalis</i>	(Baill.)	G.L. Webster
<i>Margaritaria</i>	<i>sp. 1</i>		
<i>Meineckia</i>	<i>orientalis</i>	(Leandri)	G.L. Webster
<i>Petalodiscus</i>	<i>bojerianus</i>	(Baill.)	Petra Hoffm. &
<i>Petalodiscus</i>	<i>platyrhachis</i>	(Baill.)	Pax
<i>Phyllanthus</i>	<i>fusco-luridus</i>		Müll. Arg.
<i>Phyllanthus</i>	<i>matitanensis</i>		Leandri
<i>Phyllanthus</i>	<i>moramangicus</i>	(Leandri)	Leandri
<i>Phyllanthus</i>	<i>sp. 1</i>		
<i>Phyllanthus</i>	<i>sp. 3</i>		
<i>Savia</i>	<i>bojeriana</i>		Baill.
<i>Securinega</i>	<i>durissima</i>		J.F. Gmel.
<i>Thecacoris</i>	<i>madagascariensis</i>		A. Juss.

<i>Thecacoris</i>	<i>perrieri</i>		Leandri
<i>Uapaca</i>	<i>densifolia</i>		Baker
<i>Wielandia</i>	<i>elegans</i>		Baill.
Piperaceae			
<i>Peperomia</i>	<i>pubipetiola</i>		C. DC.
<i>Peperomia</i>	<i>rotundilimba</i>		C. DC.
<i>Peperomia</i>	<i>trichophylla</i>		Baker
<i>Piper</i>	<i>borbonense</i>	(Miq.)	C. DC.
Pittosporaceae			
<i>Pittosporum</i>	<i>verticillatum</i>		Bojer
Poaceae			
<i>Andropogon</i>	<i>eucomus</i>		Nees
<i>Centotheca</i>	<i>mucronata</i>	(P. Beauv.)	Hack.
<i>Digitaria</i>	<i>debilis</i>		
<i>Eleusine</i>	<i>indica</i>	(L.)	Gaertn.
<i>Eragrostis</i>	<i>atrovirens</i>		
<i>Eragrostis</i>	<i>lateritica</i>		Bosser
<i>Leersia</i>	<i>hexandra</i>		Sw.
<i>Nastus</i>	<i>aristatus</i>		A. Camus
<i>Panicum</i>	<i>brevifolium</i>		Jahn
<i>Panicum</i>	<i>luridum</i>		Hack.
<i>Panicum</i>	<i>uvulatum</i>		Stapf
<i>Paspalum</i>	<i>conjugatum</i>		P.J. Bergius
<i>Paspalum</i>	<i>paniculatum</i>		L.
<i>Rhynchelytrum</i>	<i>repens</i>	(Willd.)	C.E. Hubb.

<i>Sacciolepis</i>	<i>africana</i>		C.E. Hubb. & Snowden
<i>Sporobolus</i>	<i>festivus</i>		
<i>Sporobolus</i>	<i>mauritanus</i>	(Steud.)	T. Durand & Schinz
<i>Sporobolus</i>	<i>pyramidalis</i>		P. Beauv.
<i>Stenotaphrum</i>	<i>dimidiatum</i>	(L.)	Brongn.

Podocarpaceae

<i>Podocarpus</i>	<i>madagascariensis</i>		Baker
-------------------	-------------------------	--	-------

Polypodiaceae

<i>Microsorium</i>	<i>punctatum</i>	(L.)	Copel.
--------------------	------------------	------	--------

Primulaceae

<i>Anagallis</i>	<i>tenuicaulis</i>		Baker
------------------	--------------------	--	-------

Proteaceae

<i>Dilobeia</i>	<i>thouarsii</i>		Roem. & Schult.
<i>Faurea</i>	<i>forficuliflora</i>	var. <i>forficuliflora</i>	

Putranjivaceae

<i>Drypetes</i>	<i>madagascariensis</i>	(Lam.)	Humbert & Leandri
<i>Drypetes</i>	<i>perrieri</i>		Leandri

Ranunculaceae

<i>Ranunculus</i>	<i>pinnatus</i>		Poir.
-------------------	-----------------	--	-------

Rhamnaceae

<i>Bathiorhamnus</i>	<i>louvelii</i>	(H. Perrier)	Capuron
<i>Gouania</i>	<i>myriocarpa</i>		Tul.
<i>Gouania</i>	<i>sp. nov.</i>		
<i>Scutia</i>	<i>myrtina</i>	(Burm. f.)	Kurz

Rhizophoraceae

<i>Cassipourea</i>	<i>lanceolata</i>		Tul.
--------------------	-------------------	--	------

Rubiaceae

<i>Antirhea</i>	<i>borbonica</i>		J.F. Gmel.
<i>Canthium</i>	<i>latiflorum</i>		Homolle ex Cavaco
<i>Canthium</i>	<i>medium</i>	(A. Rich. ex DC.)	Capuron
<i>Canthium</i>	<i>micranthum</i>	(Baker)	comb. ined.
<i>Canthium</i>	<i>tamatavense</i>		Cavaco
<i>Coffea</i>	<i>liaudii</i>		J.-F. Leroy ex A.P. Davis
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov. 19</i>		
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov. 36</i>		
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov. 17</i>		
<i>Coptosperma</i>	<i>supra-axillare</i>	Hemsl.	Degreef
<i>Craterispermum</i>	<i>sp. nov.</i>		
<i>Enterospermum</i>	<i>calyculatum</i>		
<i>Enterospermum</i>	<i>humblotii</i>	(Drake)	Homolle
<i>Gaertnera</i>	<i>obovata</i>		Baker
<i>Gaertnera</i>	<i>sphaerocarpa</i>		Baker
<i>Genipa</i>	<i>poivreii</i>		Drake
<i>Homolliella</i>	<i>pauciflora, sp.</i>		De Block
<i>Homolliella</i>	<i>sericea</i>		Arènes
<i>Ixora</i>	<i>regalis</i>		De Block
<i>Ixora</i>	<i>trichocalyx</i>		Hochr.
<i>Mapouria</i>	<i>apoda</i>		Bremek.
<i>Mussaenda</i>	<i>arcuata</i>		Lam. ex Poir.
<i>Mussaenda</i>	<i>decaryi</i>		Homolle
<i>Mussaenda</i>	<i>trichophlebia</i>		Baker

<i>Pauridiantha</i>	<i>lyallii</i>	(Baker)	Bremek.
<i>Pauridiantha</i>	<i>paucinervis</i>	(Hiern)	Bremek.
<i>Psychotria</i>	<i>obtusifolia</i>		Poir.
<i>Pyrostria</i>	<i>variistipula</i>		Arènes ex Cavaco
<i>Robbrechtia</i>	<i>grandifolia</i>		De Block
<i>Saldinia</i>	<i>myrtilloides</i>		Bremek.
<i>Schismatoclada</i>	<i>aurea</i>		Homolle
<i>Schismatoclada</i>	<i>psychotrioides</i>		Baker

Ruscaceae

<i>Dracaena</i>	<i>sp. 1</i>
<i>Dracaena</i>	<i>sp. 2</i>
<i>Dracaena</i>	<i>sp. 4</i>
<i>Dracaena</i>	<i>sp. 3</i>

Rutaceae

<i>Melicope</i>	<i>discolor</i>	(Baker)	T.G. Hartley
<i>Melicope</i>	<i>madagascariensis</i>	(Baker)	T.G. Hartley
<i>Toddalia</i>	<i>asiatica</i>	(L.)	Lam.
<i>Vepris</i>	<i>nitida</i>	(Baker)	I. Verd.
<i>Vepris</i>	<i>pilosa</i>	(Baker)	I. Verd.
<i>Vepris</i>	<i>sclerophylla</i>		H. Perrier
<i>Zanthoxylum</i>	<i>mananarensense</i>		H. Perrier
<i>Zanthoxylum</i>	<i>thouvenotii</i>		H. Perrier

Sapindaceae

<i>Allophylus</i>	<i>macrocarpus</i>		Danguy & Choux
<i>Allophylus</i>	<i>pinnatus</i>		Choux

<i>Allophylus</i>	<i>sp. 1 'arboreus'</i>		
<i>Allophylus</i>	<i>sp. 2</i>		
<i>Allophylus</i>	<i>sp. 3</i>		
<i>Allophylus</i>	<i>sp. 4</i>		
<i>Allophylus</i>	<i>sp. 5</i>		
<i>Allophylus</i>	<i>trichodesmus</i>		Radlk.
<i>Deinbollia</i>	<i>macrocarpa</i>		Capuron
<i>Dodonaea</i>	<i>viscosa</i>	(L.)	Jacq.
<i>Doratoxylon</i>	<i>apetalum</i>	(Poir.)	Radlk.
<i>Filicium</i>	<i>decipiens</i>	(Wight & Arn.)	Thwaites
<i>Haplocoelum</i>	<i>perrieri</i>		Capuron
<i>Molinaea</i>	<i>sp. nov.</i>		
<i>Neotina</i>	<i>coursii</i>		Capuron
<i>Neotina</i>	<i>isoneura</i>	(Radlk.)	Capuron
<i>Tina</i>	<i>chapelieriana</i>	(Cambess.)	Kalkman
<i>Tina</i>	<i>striata</i>		Radlk.
<i>Tina</i>	<i>trijuga</i>		Radlk.
<i>Tinopsis</i>	<i>conjugata</i>	(Thouars ex Radlk.)	Capuron
<i>Tinopsis</i>	<i>urschii</i>		Capuron
Sapotaceae			
<i>Chrysophyllum</i>	<i>boivinianum</i>	(Pierre)	Baehni
<i>Faucherea</i>	<i>ambrensis</i>		Capuron ex Aubrév.
<i>Faucherea</i>	<i>laciniata</i>		Lecomte
<i>Faucherea</i>	<i>parvifolia</i>		Lecomte

Sarcolaenaceae

<i>Leptolaena</i>	<i>abrahamii</i>		G.E. Schatz & Lowry
<i>Leptolaena</i>	<i>gautieri</i>		G.E. Schatz & Lowry
<i>Rhodolaena</i>	<i>bakeriana</i>		Baill.
<i>Sarcolaena</i>	<i>oblongifolia</i>		F. Gérard

Scrophulariaceae

<i>Buddleja</i>	<i>indica</i>		Lam.
<i>Herpestis</i>	<i>monnieri</i>	(L.)	Kunth

Smilacaceae

<i>Smilax</i>	<i>kraussiana</i>		Meisn.
---------------	-------------------	--	--------

Sterculiaceae

<i>Keraudrenia</i>	<i>macrantha</i>	(Baill.)	Are 9nes
<i>Rulingia</i>	<i>madagascariensis</i>		Baker

Thymelaeaceae

<i>Atemnosiphon</i>	<i>coriaceus</i>	(Leandri)	Leandri
<i>Stephanodaphne</i>	<i>geminata</i>		H. Perrier ex Leandri

Urticaceae

<i>Urera</i>	<i>acuminata</i>	(Poir.)	Gaudich. ex Decne.
--------------	------------------	---------	--------------------

Verbenaceae

<i>Verbena</i>	<i>brasiliensis</i>		Vell.
----------------	---------------------	--	-------

Viscaceae

<i>Viscum</i>	<i>decaryi</i>		Lecomte
---------------	----------------	--	---------

APPENDIX III

CITES – LISTED SPECIES DOCUMENTED FROM THE AMBATOVY/ANALAMAY AREA

Appendix III – CITES-listed species documented from the Ambatovy/Analamay area (underlined names indicate taxa would qualify as “species of concern”)

Cyatheaceae

<i>Cyathea</i>	<i>decrescens</i>	Mett.	CITES	App. II
<i>Cyathea</i>	<i>dregei</i>	Kunze	CITES	App. II
<i>Cyathea</i>	<i>serratifolia</i>	Baker	CITES	App. II

Euphorbiaceae

<i>Euphorbia</i>	<i>bakeriana</i>	Baill.	CITES	App. II
<u><i>Euphorbia</i></u>	<u><i>rangovalensis</i></u>	Leandri	CITES	App. II
<i>Euphorbia</i>	<i>tetraptera</i>	Baker	CITES	App. II

Orchidaceae

<i>Aerangis</i>	<i>citratea</i>	(Thouars)	Schltr.	CITES	App. II
<u><i>Aeranthès</i></u>	<u><i>adenopoda</i></u>		H. Perrier	CITES	App. II
<u><i>Aeranthès</i></u>	<u><i>antennophora</i></u>		H. Perrier	CITES	App. II
<u><i>Aeranthès</i></u>	<u><i>caudata</i></u>		Rolfe	CITES	App. II
<u><i>Aeranthès</i></u>	<u><i>longipes</i></u>		Schltr.	CITES	App. II
<u><i>Aeranthès</i></u>	<u><i>nidus</i></u>		Schltr.	CITES	App. II
<u><i>Aeranthès</i></u>	<u><i>peyrotii</i></u>		Bosser	CITES	App. II
<u><i>Angraecum</i></u>	<u><i>caricifolium</i></u>		H. Perrier	CITES	App. II
<i>Angraecum</i>	<i>chloranthum</i>		Schltr.	CITES	App. II
<u><i>Angraecum</i></u>	<u><i>compactum</i></u>		Schltr.	CITES	App. II
<i>Angraecum</i>	<i>filicornu</i>		Thouars	CITES	App. II
<u><i>Angraecum</i></u>	<u><i>humblotianum</i></u>		Schltr.	CITES	App. II
<u><i>Angraecum</i></u>	<u><i>linearifolium</i></u>		Garay	CITES	App. II
<i>Angraecum</i>	<i>mauritanum</i>	(Poir.)	Frapp.	CITES	App. II
<u><i>Angraecum</i></u>	<u><i>panicifolium</i></u>		H. Perrier	CITES	App. II
<u><i>Angraecum</i></u>	<u><i>sedifolium</i></u>		Schltr.	CITES	App. II

<u>Angraecum</u>	<u>setipes</u>		Schltr.	CITES	App. II
<u>Angraecum</u>	<u>teretifolium</u>		Ridl.	CITES	App. II
<u>Angraecum</u>	<u>urschianum</u>		Toill.-Gen. & Bosser	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>aubrevillei</u>		Bosser	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>coriophorum</u>		Ridl.	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>molossus</u>		Rchb. f.	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>multiflorum</u>		Ridl.	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>occlusum</u>		Ridl.	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>occultum</u>		Thouars	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>pachypus</u>		Schltr.	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>peyrotii</u>		Bosser	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>platypodum</u>		H. Perrier	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>sandrangatense</u>		Bosser	CITES	App. II
<u>Bulbophyllum</u>	<u>sulfureum</u>		Schltr.	CITES	App. II
<u>Cryptopus</u>	<u>brachiatus</u>		H. Perrier	CITES	App. II
<u>Cynorkis</u>	<u>angustipetala</u>		Ridl.	CITES	App. II
<u>Cynorkis</u>	<u>aurantiaca</u>		Ridl.	CITES	App. II
<u>Cynorkis</u>	<u>fastigiata</u>		Thouars	CITES	App. II
<u>Cynorkis</u>	<u>graminea</u>	(Thouars)	Schltr.	CITES	App. II
<u>Cynorkis</u>	<u>uncinata</u>		H. Perrier	CITES	App. II
<u>Disperis</u>	<u>oppositifolia</u>		Sm.	CITES	App. II
<u>Gastrorchis</u>	<u>francoisii</u>		Schltr.	CITES	App. II
<u>Grammangis</u>	<u>ellisii</u>	(Lindl.)	Rchb. f.	CITES	App. II
<u>Jumellea</u>	<u>gracilipes</u>		Schltr.	CITES	App. II

<u>Liparis</u>	<u>bulbophylloides</u>		H. Perrier	CITES	App. II
<i>Microcoelia</i>	<i>gilpinae</i>	(Rchb. f. & S. Moore in	Summerh.	CITES	App. II
<u>Microcoelia</u>	<u>macrantha</u>	(H. Perrier)	Summerh.	CITES	App. II
<i>Oberonia</i>	<i>disticha</i>	(Lam.)	Schltr.	CITES	App. II
<u>Oeonia</u>	<u>rosea</u>		Ridl.	CITES	App. II
<i>Oeonia</i>	<i>volucris</i>	(Thouars)	Spreng.	CITES	App. II
<u>Polystachya</u>	<u>fusiformis</u>	(Thouars)	Lindl.	CITES	App. II
<u>Polystachya</u>	<u>rosea</u>		Ridl.	CITES	App. II

APPENDIX IV

AMBATOVY/ANALAMY SPECIES OF CONCERN

Appendix IV – Ambatovy/Analamy Species of Concern

Anacardiaceae

<i>Protorhus</i>	<i>aff. Ditimena</i>		Possible SC
Possible new species; additional taxonomic study needed, specimen in flower required			

Annonaceae

<i>Xylopia</i>	<i>flexuosa</i>	Diels	Possible SC
Identity and SC status to be confirmed			

Araliaceae

<i>Polyscias</i>	<i>abrahamiana</i>	ined.	Possible SC
Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, only 1 in a PA			

<i>Polyscias</i>	<i>bernardiana</i>	ined.	Confirmed SC
Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, no recent collections from a PA			

<i>Polyscias</i>	<i>pentamera</i>	(Baker)	Harms	Possible SC
Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA				

Asclepiadaceae

<i>Cynanchum</i>	<i>moramangense</i>	Choux	Confirmed SC
No recent collections from outside study area			

<i>Secamone</i>	<i>marsupiata</i>	Klack.	Confirmed SC
Known outside study area from only 2 collections from far N Madagascar, none in a PA			

Asteraceae

<i>Emilia</i>	<i>adscendens</i>	DC.	Confirmed SC
No recent collections from outside study area			

<i>Helichrysum</i>	<i>ambondrombeen</i>	Humbert	Confirmed SC
Inadequately known species, previously only known from type specimen. Ambatovy collection may represent a new species			

<i>Inula</i>	<i>speciosa</i>	(DC.)	O. Hoffm.	Confirmed SC
Rare and poorly known				

<i>Senecio</i>	<i>beguei</i>	Humbert	Confirmed SC
No recent collections from outside study area			

Asteropeiaceae

<i>Asteropeia</i>	<i>mcpersonii</i>	G.E. Schatz, Lowry & A.-	Confirmed SC
RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrant VU status			

<i>Asteropeia</i>	<i>rhopaloides</i>	(Baker)	Baill.	Confirmed SC
RED LIST; widespread and recently collected from several protected; may no longer warrant EN status				

Bignoniaceae

<i>Stereospermum</i>	<i>arcuatum</i>		H. Perrier	Confirmed SC
Recent collections from only a few localities, none from a PA				

Campanulaceae

<i>Lobelia</i>	<i>serpens</i>		Lam.	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				

<i>Wahlenbergia</i>	<i>madagascariensi</i>		A. DC.	Confirmed SC
Only a few recent collection, none from a PA				

Celastraceae

<i>Brexia</i>	<i>montana</i>		H. Perrier	Confirmed SC
Several recent collections incl. PA; provisionally assigned VU by Schatz & Lowry (2004)				

<i>Elaeodendron</i>	<i>alluaudianum</i>		H. Perrier	Confirmed SC
Recent collections from several localities, but not from a PAs				

<i>Elaeodendron</i>	<i>micranthum</i>		Tul.	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				

<i>Salacia</i>	<i>sp. indet</i>			Possible SC
Possible new species				

Clusiaceae

<i>Garcinia</i>	<i>parvulus</i>	(H. Perrier)	comb. ined.	Confirmed SC
Only know collection from study area				

<i>Ochrocarpos</i>	<i>orthocladus</i>	(Baker)	H. Perrier	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				

Commelinaceae

<i>Cyanotis</i>	<i>nodiflora</i>		Kunth	Confirmed SC
Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA				

Crassulaceae

<i>Kalanchoe</i>	<i>campanulata</i>	(Baker)	Baill.	Confirmed SC
Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA				

Cyatheaceae

<i>Cyathea</i>	<i>decrescens</i>	Mett.	Confirmed SC
CITES; many recent collections incl. from several PAs			
<i>Cyathea</i>	<i>dregei</i>	Kunze	Confirmed SC
CITES; Not endemic to Madagascar; common			
<i>Cyathea</i>	<i>serratifolia</i>	Baker	Confirmed SC
CITES; Recent collections from 2 PAs			

Cyperaceae

<i>Pycreus</i>	<i>ferrugineus</i>	(Poir.)	C.B. Clarke	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				
<i>Scleria</i>	<i>madagascariensi</i>		Boeck.	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				

Euphorbiaceae

<i>Claoxylopsis</i>	<i>purpurascens</i>		Radcl.-Sm.	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				
<i>Croton</i>	<i>alceicornu</i>		Radcl.-Sm.	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				
<i>Croton</i>	<i>lepidotoides</i>		Radcl.-Sm. ined.	SC
No recent collections from outside study area - Type from Ambatovy, Rakotomlalaza 1024				
<i>Croton</i>	<i>sp nov.</i>			Possible SC
Possible new species				
<i>Croton</i>	<i>sp nov. cf. nitidul</i>			Possible SC
Possible new species				
<i>Euphorbia</i>	<i>bakeriana</i>		Baill.	Confirmed SC
CITES; only 1 recent collection, from a PA				
<i>Euphorbia</i>	<i>rangovalensis</i>		Leandri	Confirmed SC
CITES; no rececnt collections in TROPICOS; known from 3 localities (fide T. Haevermans)				
<i>Euphorbia</i>	<i>tetraptera</i>		Baker	Confirmed SC
CITES; many recent collections, incl. from 2 PAs				
<i>Excoecaria</i>	<i>goudotiana</i>	(Baill.)	Müll. Arg.	Confirmed SC
Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA				

<i>Tragia</i>	<i>cocculifolia</i>	Leandri	Confirmed SC
var. glabrescens; probably a distinct species, only known otherwise from the type collection from 1922			

<i>Tragia</i>	<i>perrieri</i>	Leandri	Confirmed SC
No recent collections from outside study area			

Fabaceae

<i>Albizia</i>	<i>adanthifolia</i>	De Wild. & T. Durand	Villiers	Possible SC
var. intermedia; only 1 recent collection, not from a PA				

<i>Chamaecrista</i>	<i>pratensis</i>	(R. Vig.)	Du Puy	Confirmed SC
Several recent collections, none from a PA (also on Mayotte)				

<i>Dalbergia</i>	<i>baronii</i>	Baker	Confirmed SC
RED LIST; many recent collections, incl. from 3 PAs; VU status justified by heavy exploitation			

<i>Peltiera</i>	<i>nitida</i>	Du Puy et Labat	Confirmed SC
Considered extinct until collected at Ambatovy			

Flacourtiaceae

<i>Homalium</i>	<i>maringitra</i>	H. Perrier	Confirmed SC
No recent collections from outside study area			

Lamiaceae

<i>Premna</i>	<i>sp. nov</i>		Possible SC
Possible new species, locally endemic			

<i>Vitex</i>	<i>coursii</i>	Moldenke	Confirmed SC
Several recent collections, none from a PA			

<i>Vitex</i>	<i>pachyclada</i>	Baker	Confirmed SC
No recent collections from outside study area			

<i>Vitex</i>	<i>sp. nov.</i>		Possible SC
Probable new species, close to V. rubra			

Lauraceae

<i>Cryptocarya</i>	<i>fulva</i>	Kosterm.	Confirmed SC
Only 1 recent collection, not from a PA			

<i>Cryptocarya</i>	<i>spatulata</i>	Kosterm.	Confirmed SC
No recent collections from outside study area			

Lomariopsidaceae

Elaphoglossum sp. B
Probable new species

Possible SC

Malpighiaceae

Tristellateia grandiflora
No recent collections from outside study area

Arènes

Confirmed SC

Meliaceae

Astrotrichilia parvifolia
No recent collections from outside study area

J.-F. Leroy & Lescot

Confirmed SC

Khaya madagascariensi
RED LIST

Jum. & H. Perrier

Confirmed SC

Myrsinaceae

Oncostemum humbertianum
No recent collections from outside study area

H. Perrier

Confirmed SC

Oncostemum paniculatum
No recent collections from outside study area

H. Perrier

Confirmed SC

Ochnaceae

Diporidium louvelii
Only other collection the type collected 1925 at Analamazaotra (actually a species of Ochna)

H. Perrier

Confirmed SC

Ochna vaccinioides
Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA

Baker

Confirmed SC

Orchidaceae

Aerangis citrata (Thouars)
CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs

Schltr.

Confirmed SC

Aeranthès adenopoda
CITES; no recent collection from outside study area

H. Perrier

Confirmed SC

Aeranthès antennophora
CITES; no recent collection from outside study area

H. Perrier

Confirmed SC

Aeranthès caudata
CITES; no recent collection from outside study area

Rolfe

Confirmed SC

<i>Aeranthus longipes</i> CITES; no recent collection from outside study area	Schltr.	Confirmed SC
<i>Aeranthus nidus</i> CITES; no recent collection from outside study area	Schltr.	Confirmed SC
<i>Aeranthus peyrotii</i> CITES; no recent collection from outside study area	Bosser	Confirmed SC
<i>Angraecum caricifolium</i> CITES; no recent collection from outside study area	H. Perrier	Confirmed SC
<i>Angraecum chloranthum</i> CITES; 2 recent collections from outside study area, incl. 1 from a PA	Schltr.	Confirmed SC
<i>Angraecum compactum</i> CITES; no recent collection from outside study area	Schltr.	Confirmed SC
<i>Angraecum filicornu</i> CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Thouars	Confirmed SC
<i>Angraecum humblotianum</i> CITES; no recent collection from outside study area	Schltr.	Confirmed SC
<i>Angraecum linearifolium</i> CITES; no recent collection from outside study area	Garay	Confirmed SC
<i>Angraecum mauritianum</i> (Poir.) CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Frapp.	Confirmed SC
<i>Angraecum panicifolium</i> CITES; 2 recent collections from outside study area, neither from a PA (both with IDs to be verified)	H. Perrier	Confirmed SC
<i>Angraecum sedifolium</i> CITES; no recent collection from outside study area	Schltr.	Confirmed SC
<i>Angraecum setipes</i> CITES; no recent collection from outside study area	Schltr.	Confirmed SC
<i>Angraecum teretifolium</i> CITES; 2 recent collections from outside study area, each from a PA	Ridl.	Confirmed SC
<i>Angraecum urschianum</i> CITES; no recent collection from outside study area	Toill.-Gen. & Bosser	Confirmed SC

<i>Bulbophyllum aubrevillei</i>	Bosser	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area		
<i>Bulbophyllum coriophorum</i>	Ridl.	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area		
<i>Bulbophyllum molossus</i>	Rchb. f.	Confirmed SC
CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA		
<i>Bulbophyllum multiflorum</i>	Ridl.	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area		
<i>Bulbophyllum oclusum</i>	Ridl.	Confirmed SC
CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA		
<i>Bulbophyllum occultum</i>	Thouars	Confirmed SC
CITES; no recent Malagasy collections from outside study area; recently collected on Grnade Comoro		
<i>Bulbophyllum pachypus</i>	Schltr.	Confirmed SC
CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA		
<i>Bulbophyllum peyrotii</i>	Bosser	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area		
<i>Bulbophyllum platypodum</i>	H. Perrier	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area		
<i>Bulbophyllum sandrangatense</i>	Bosser	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area		
<i>Bulbophyllum sulfureum</i>	Schltr.	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area		
<i>Cryptopus brachiatus</i>	H. Perrier	Confirmed SC
CITES; no recent collections from outside study area		
<i>Cynorkis angustipetala</i>	Ridl.	Confirmed SC
CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA		
<i>Cynorkis aurantiaca</i>	Ridl.	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area		
<i>Cynorkis fastigiata</i>	Thouars	Confirmed SC
CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoro)		

<i>Cynorkis</i>	<i>graminea</i>	(Thouars)	Schltr.	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area				
<i>Cynorkis</i>	<i>uncinata</i>		H. Perrier	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area				
<i>Disperis</i>	<i>oppositifolia</i>		Sm.	Confirmed SC
CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA				
<i>Gastrorchis</i>	<i>francoisii</i>		Schltr.	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area				
<i>Grammangis</i>	<i>ellisii</i>	(Lindl.)	Rchb. f.	Confirmed SC
CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA				
<i>Jumellea</i>	<i>gracilipes</i>		Schltr.	Confirmed SC
CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA				
<i>Liparis</i>	<i>bulbophylloides</i>		H. Perrier	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area				
<i>Microcoelia</i>	<i>gilpinae</i>	(Rchb. f. & S. Moore in	Summerh.	Confirmed SC
CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA				
<i>Microcoelia</i>	<i>macrantha</i>	(H. Perrier)	Summerh.	Confirmed SC
CITES; 1 recent collections from outside study area, not from a PA (also in Comoros)				
<i>Oberonia</i>	<i>disticha</i>	(Lam.)	Schltr.	Confirmed SC
CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoros)				
<i>Oeonia</i>	<i>rosea</i>		Ridl.	Confirmed SC
CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs				
<i>Oeonia</i>	<i>volucris</i>	(Thouars)	Spreng.	Confirmed SC
CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA				
<i>Polystachya</i>	<i>fusiformis</i>	(Thouars)	Lindl.	Confirmed SC
CITES; not endemic to Madagascar; no recent collections from a PA				
<i>Polystachya</i>	<i>rosea</i>		Ridl.	Confirmed SC
CITES; no recent collection from outside study area				
Oxalidaceae				
<i>Biophytum</i>	<i>sp. nov.</i>			Confirmed SC
CITES; probably a new species, apparently a localised endemic				

Phyllanthaceae

<i>Cleistanthus</i>	<i>sp. 1</i>		Possible SC
Possible new species (fide McPherson)			
<i>Margaritaria</i>	<i>sp. 1</i>		Possible SC
Possible new species (fide McPherson)			
<i>Meineckia</i>	<i>orientalis</i>	(Leandri)	G.L. Webster
No recent collections from outside study area			
<i>Phyllanthus</i>	<i>matitanensis</i>		Leandri
No recent collections from outside study area			
<i>Phyllanthus</i>	<i>moramangicus</i>	(Leandri)	Leandri
No recent collections from outside study area			
<i>Phyllanthus</i>	<i>sp 1</i>		
No recent collections from outside study area			

Rhamnaceae

<i>Bathiorhamnus</i>	<i>louvelii</i>	(H. Perrier)	Capuron	Possible SC
Taxon under revision, but type from Perinet and taxon very poorly known				

Rubiaceae

<i>Canthium</i>	<i>tamatavense</i>		Cavaco	Confirmed SC
Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA				
<i>Coffea</i>	<i>liaudii</i>		J.-F. Leroy ex A.P. Davis	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov 19</i>			Possible SC
Possible a new species				
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov 36</i>			Possible SC
Possible a new species				
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov. 17</i>			Confirmed SC
New species (fide P De Block)				
<i>Coptosperma</i>	<i>supra-axillare</i>	Hemsl.	Degreef	Confirmed SC
No recent collections from outside study area				

<i>Craterispermum</i>	<i>sp. nov</i>		Confirmed SC
New species (fide A. Davis)			
<i>Homolliella</i>	<i>pauciflora, sp.</i>	De Block	Confirmed SC
New species (fide P. De Block)			

Ruscaceae

<i>Dracaena</i>	<i>sp. 3</i>		Confirmed SC
Probable new species known only from at or near Ambatovy			

Sapindaceae

<i>Molinaea</i>	<i>sp. nov</i>		Confirmed SC
Probable new species known only from Ambatovy			

Sarcolaenaceae

<i>Leptolaena</i>	<i>abrahamii</i>	G.E. Schatz & Lowry	Confirmed SC
RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent EN status			

APPENDIX V

SPECIES OF CONCERN WITH GEOCOORDINATES

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
1	94	Ambatovy	Y	Y		Y								Anacardiaceae	Protorhus	aff. Ditimena			Possible new species; additional taxonomic study needed, specimen in flower required	Razafindrabe	Randrianasolo, 2005	216358	7913926	18.50.49,9	48.18.30,0	1128	Tree	Azonal Thicket
2	3300	Analamay	Y	Y		Y								Anacardiaceae	Protorhus	aff. Ditimena			Possible new species; additional taxonomic study needed, specimen in flower required	Antilahimena	Randrianasolo, 2005	219216	7916760	18.49.19,1	48.20.08,7	1094	Tree	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro
3	3594	Ambatovy	Y	Y		Y								Anacardiaceae	Protorhus	aff. Ditimena			Possible new species; additional taxonomic study needed, specimen in flower required	Antilahimena	Randrianasolo, 2005	216450	7913429	18.51.06,2	48.18.32,6	1105	Treelet	Disturbed Azonal (succession I & II)
4	1145	Outside of A&A zones	N	Y				Y						Annonaceae	Xylopia	flexuosa		Diels	Identity and SC status to be confirmed	Rakotomalaza	P.-J. Rakotomalaza, 1998	218838	7914517	18.50.32	48.19.55	1100	Tree	Moderately Logged Forest
5	2184	Outside of A&A zones	N	Y				Y						Annonaceae	Xylopia	flexuosa		Diels	Identity and SC status to be confirmed	Andriatsiferana		218838	7914517	18.50.32	48.19.55	1113	Tree	Moderately Logged Forest
6	1227	Ambatovy	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	abrahamiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, only 1 in a PA	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	217374	7912670			1121	Tree	Disturbed Azonal (succession I & II)
7	1634	Analamay	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	abrahamiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, only 1 in a PA	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	218486	7915572			1034	Tree	Azonal Forest
8	1667	Outside of A&A zones	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	abrahamiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, only 1 in a PA	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	216830	7916730			1141	Tree	Moderately Logged Forest
9	1691	Analamay	Y	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	abrahamiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, only 1 in a PA	Rakotovao	Lowry, 2005	218985	7916459			1079	Tree	Azonal Thicket
10	1730	Outside of mine LSA	N	N					Y					Araliaceae	Polyscias	abrahamiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, only 1 in a PA	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	217317	791592			1157	Tree	
11	3489	Analamay	Y	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	abrahamiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, only 1 in a PA	Antilahimena	Lowry, 2005	217788	7917703	18.48.47,8	48.19.20,6	1113	Tree	Azonal Forest Disturbed
12	65	Analamay	Y	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	bernardiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, no recent collections from a PA	Razafindrabe	Lowry, 2005	219164	7916726	18.49.20,2	48.20.07,2	1071	Tree	Azonal Forest
13	3075	Outside of A&A zones	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	bernardiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, no recent collections from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005	217214	7915911	18.49.46	48.19.00	1240	Tree	Moderately Logged Forest
14	3291	Analamay	Y	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	bernardiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, no recent collections from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005 (MO)	219203	7916882	18.49.15,3	48.20.08,6	1131	Tree	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro
15	3371	Analamay	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	bernardiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, no recent collections from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005	218143	7915182	18.50.09,8	48.19.31,5	1089	Tree	Transitional Forest
16	3727	Outside of A&A zones	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	bernardiana	ined.		Known from only 3-4 localities, all near Moramanga, no recent collections from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005	216841	7916171	18.49.37,3	48.18.47,6	1207	Tree	Moderately Logged Forest
17	116	Ambatovy	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Andriantiana	Lowry, 2005 (MO)	218349	7912896			1135	Treelet	Azonal Forest Disturbed
18	297	?	?	?					Y					Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Razanatsoa	Lowry, 2005 (MO)	214556	7913832	?	?	1115		
19	986	Outside of A&A zones	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Ranaivojaona	Lowry, 2005 (MO)	218186	7906012	18.48.428	48.18.881	?	Treelet	Heavily Logged Forest and Other Disturbances
20	1025	Ambatovy	N	Y					Y					Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Ranaivojaona	Lowry, 2005	218931	7912558	18.51.35,7	48.19.56,9	1070	Treelet	Transitional Forest (logged over)

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																		
21	1094	Ambatovy	Y	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Rakotomalaza	P.P. Lowry (MO), 1998	215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Treelet	Transitional Forest (logged over)
22	1134	Outside of A&A zones	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Rakotomalaza	P.P. Lowry (MO), 1998	218838	7914517	18.50.32	48.19.55	1000	Treelet	Moderately Logged Forest
23	1144	Outside of A&A zones	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Rakotomalaza	P.P. Lowry (MO), 1998	218838	7914517	18.50.32	48.19.55	1100	Treelet	Moderately Logged Forest
24	1293	?	?	?					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)						Treelet	
25	1399	Ambatovy	Y	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Rakotovao	Lowry, 2005	216144	7912970			1123	Treelet	Azonal Forest
26	1469	Ambatovy	Y	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	216639	7912886			1082	Treelet	Azonal Thicket Disturbed
27	1612	Analamay	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Rakotovao	Lowry, 2005	218565	7915546			1061	Treelet	Azonal Forest
28	1838	Analamay	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Rakotovao	Lowry, 2005	217078	7918070			1050	Treelet	Azonal Forest Burned
29	2096	Ambatovy	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Andriatsiferana	P.P. Lowry (MO), 1998	215073	7911780	18.51.59	48.17.45	940	Treelet	Herbaceous Vegetation Cover and Pasture
30	3132	Ambatovy	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005	217713	7913603	18.51.01	48.19.16	1088	Treelet	Azonal Forest
31	3205	Analamay	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005	217796	7915078	18.50.13,1	48.19.19,6	1130	Treelet	Transitional Forest
32	3233	?	?	?					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Morat	L. Bernardi (G), 1971						Treelet	
33	3372	Analamay	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005	218143	7915182	18.50.09,8	48.19.31,5	1089	Treelet	Transitional Forest
34	3570	Ambatovy	Y	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005 (MO)	215228	7911992	18.51.52,2	48.17.50,1	1018	Treelet	Transitional Forest (logged over)
35	3640	Ambatovy	Y	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005	217524	7911462	18.52.10,7	48.19.08,5	1078	Treelet	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro
36	3674	Ambatovy	Y	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	Antilahimena	Lowry, 2005 (MO)	215168	7913808	18.50.53,0	48.17.49,3	1020	Treelet	Azonal Forest
37	17519	Ambatovy	N	Y					Y						Araliaceae	Polyscias	pentamera	(Baker)	Harms	Once widespread; very few recent collections from outside study area, only 1 from a PA	McPherson	P.P. Lowry II, 1999	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Treelet	Azonal Forest
38	1202	Outside of A&A zones	N	Y			Y								Asclepiadaceae	Cynanchum	moramangense		Choux	No recent collections from outside study area	Rakotomalaza	W.D. Stevens (MO), 1998	217036	7915841	18.49.48	48.18.54	1175	Liana	Moderately Logged Forest
39	17532	Ambatovy	Y	Y					Y						Asclepiadaceae	Secamone	marsupiata		Klack.	Known outside study area from only 2 collections from far N Madagascar, none in a PA	McPherson	J. Klackenberg	215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Liana	Transitional Forest (logged over)
40	2131	?	?	?							Y				Asteraceae	Emilia	adscendens		DC.	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana	P.-J. Rakotomalaza						Herb	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type	
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
41	1343	Analamay	Y	Y	Y									Asteraceae	Helichrysum	ambondrombeense		Humbert	Inadequately known species, previously only known from type specimen. Ambatovy collection may represent a new species	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	218327	7917820			1106	Herb	Disturbed Azonal (sparse vegetation)
42	3571	Ambatovy	Y	Y		Y								Asteraceae	Inula	speciosa	(DC.)	O. Hoffm.	Rare and poorly known	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	215228	7911992	18.51.52,2	48.17.50,1	1018	Herb	Transitional Forest (logged over)
43	1023	Ambatovy	N	Y			Y							Asteraceae	Senecio	beguei		Humbert	No recent collections from outside study area	Rakotomalaza	P.-J. Rakotomalaza	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Shrub	Azonal Forest
44	111	Outside of A&A zones	N	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Razanatsoa	Lowry, 2005 (MO)	215072	7915302	18.50.04,6	48.17.46,8	1107	Tree	Moderately Logged Forest
45	136	?	?	?			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Rabenantoandro.J						Tree		
46	166	Analamay	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Andriantiana	Lowry, 2005 (MO)	218661	7915911			1047	Tree	Azonal Thicket
47	1135	Ambatovy	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Ranaivojaona	Lowry, 2005 (MO)	216120	7912261	18.51.43,8	48.18.20,7	1080	Tree	Azonal Forest
48	1265	Analamay	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	218244	7917483			1121	Tree	Disturbed Azonal (sparse vegetation)
49	1468	Ambatovy	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	216639	7912886			1082	Tree	Azonal Thicket Disturbed
50	1653	Outside of A&A zones	N	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	216863	7915716			1046	Tree	Moderately Logged Forest
51	1742	Analamay	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	219199	7916034			1087	Tree	Azonal Forest
52	1785	Analamay	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	218995	7918341			1094	Tree	Azonal Forest
53	3221	?	?	?			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Morat	G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf, 1999			?	?	?	Tree	
54	3530	Ambatovy	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	Antilahimena	Lowry, 2005 (MO)	215548	7912440	18.51.37,7	48.18.01,3	1120	Tree	Azonal Forest
55	17473	Ambatovy	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	McPherson	G.E. Schatz, 1999	216896	7913258	18.51.12	48.18.48	1100	Tree	Disturbed Azonal (succession I & II)
56	17528	Ambatovy	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	McPherson		215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Tree	Transitional Forest (logged over)
57	17528	Ambatovy	Y	Y			Y						Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	mcphersonii		G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <i>VII</i> status	McPherson	Schatz, Lowry & Wolf, 1999, TYPE	215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Tree	Transitional Forest (logged over)
58	62	Analamay	Y	Y						Y			Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	rhopaloides	(Baker)	Baill.	RED LIST; widespread and recently collected from several protected; may not warrent EN status	Andriamahefarivo	Lowry, 2005 (MO)	218576	7918634	18.48.18	48.19.48	1220	Tree	Disturbed Azonal (succession I & II)
59	990	Analamay	Y	Y						Y			Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	rhopaloides	(Baker)	Baill.	RED LIST; widespread and recently collected from several protected; may not warrent EN status	Rakotomalaza	G.E. Schatz, 1999	219430	7916553	18.49.26	48.20.16	1000	Tree	Transitional Forest (logged over)
60	999	Analamay	Y	Y						Y			Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	rhopaloides	(Baker)	Baill.	RED LIST; widespread and recently collected from several protected; may not warrent EN status	Rakotomalaza	G.E. Schatz, 1999	219430	7916553	18.49.26	48.20.16	1000	Tree	Transitional Forest (logged over)

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
61	1460	Ambatovy	Y	Y						Y			Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	rhopaloides	(Baker)	Baill.	RED LIST; widespread and recently collected from several protected; may not warrent EN status	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	216482	7912942			1141	Tree	Azonal Thicket Disturbed
62	3062	Outside of A&A zones	N	Y						Y		Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	rhopaloides	(Baker)	Baill.	RED LIST; widespread and recently collected from several protected; may not warrent EN status	Antilahimena	Lowry, 2005 (MO)	216753	7915006	18.50.15	48.18.44	1300	Tree	Moderately Logged Forest	
63	3123	Ambatovy	N	Y						Y		Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	rhopaloides	(Baker)	Baill.	RED LIST; widespread and recently collected from several protected; may not warrent EN status	Antilahimena	Lowry, 2005 (MO)	217410	7913421	18.51.07,0	48.19.05,4	1099	Tree	Azonal Forest	
64	3325	Ambatovy	Y	Y						Y		Yes	Asteropeiaceae	Asteropeia	rhopaloides	(Baker)	Baill.	RED LIST; widespread and recently collected from several protected; may not warrent EN status	Antilahimena	Lowry, 2005 (MO)	216370	7913849	18.50.52,3	48.18.30,4		Tree	Azonal Thicket	
65	2336	?	?	?							Y		Bignoniaceae	Stereospermum	arcuatum		H. Perrier	Recent collections from only a few localites, none from a PA	Andriatsiferana	P.J. Rakotomalaza, 1998			?	?	?	Tree		
66	2125	?	?	?							Y		Campanulaceae	Lobelia	serpens		Lam.	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana	G. McPherson (MO), 1998			?	?	?	Herb		
67	3706	Outside of A&A zones	N	Y					Y				Campanulaceae	Wahlenbergia	madagascariensis		A. DC.	Only a few recent collection, none from a PA	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	216792	7915949	18.49.44,5	48.18.45,7		?	Herb	Moderately Logged Forest
68	1205	Ambatovy	N	Y						Y			Celastraceae	Brexia	montana		H. Perrier	Several recent collections incl. PA; provisionially assigned VU by Schatz & Lowry (2004)	Rakotomalaza	G.E. Schatz (MO), 1998	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Shrub	Azonal Forest	
69	1390	Ambatovy	Y	Y						Y			Celastraceae	Brexia	montana		H. Perrier	Several recent collections incl. PA; provisionially assigned VU by Schatz & Lowry (2004)	Rakotovao		216310	7913019			1096	Shrub	Azonal Thicket Disturbed	
70	1070	Outside of mine LSA	N	N					Y				Celastraceae	Elaeodendron	alluaudianum		H. Perrier	Recent collections from several localities, but not from a PA	Rakotomalaza	G. McPherson (MO), 1998	198125	7913119	18.51.07	4818.47	1100	Shrub		
71	1282	Ambatovy	N	Y					Y				Celastraceae	Elaeodendron	alluaudianum		H. Perrier	Recent collections from several localities, but not from a PA	Rakotomalaza	P.J. Rakotomalaza, 1997	217221	7913385	18.51.08	48.18.59	990	Shrub	Azonal Forest	
72	2241	?	?	?					Y				Celastraceae	Elaeodendron	alluaudianum		H. Perrier	Recent collections from several localities, but not from a PA	Andriatsiferana	G. McPherson (MO), 1998			?	?	?	Shrub		
73	2262	?	?	?					Y				Celastraceae	Elaeodendron	alluaudianum		H. Perrier	Recent collections from several localities, but not from a PA	Andriatsiferana				?	?	?	Shrub		
74	27	Analamay	N	Y			Y						Celastraceae	Elaeodendron	micranthum		Tul.	No recent collections from outside study area	Andriamahefarivo	R. Archer, 2005 at P	217293	7918371	18.48.26	48.19.04	1140	Shrub	Azonal Forest Burned	
75	79	Ambatovy	Y	Y			Y						Celastraceae	Elaeodendron	micranthum		Tul.	No recent collections from outside study area	Razafindrabe	R. Archer, 2005 at P	216358	7913937	18.50.49,7	48.18.30,0	1128	Shrub	Azonal Thicket	
76	215	Ambatovy	Y	Y			Y						Celastraceae	Elaeodendron	micranthum		Tul.	No recent collections from outside study area	Razanatsoa	R. Archer, 2005 at P	216598	7913387	18.51.07,6	48.18.37,9	1119	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)	
77	1404	Ambatovy	Y	Y			Y						Celastraceae	Elaeodendron	micranthum		Tul.	No recent collections from outside study area	Rakotovao	Archer, 2005 (PRE)	215356	7912959			1123	Shrub	Azonal Thicket	
78	1473	?	?	?			Y						Celastraceae	Elaeodendron	micranthum		Tul.	No recent collections from outside study area	Rakotovao	Archer, 2005 (PRE)	216639	7912886	?	?	?	Shrub		
79	1683	Analamay	Y	Y			Y						Celastraceae	Elaeodendron	micranthum		Tul.	No recent collections from outside study area	Rakotovao	R. Archer, 2005 at P	218816	7916260			1055	Shrub	Azonal Thicket	
80	3043	Outside of A&A zones	Y	Y			Y						Celastraceae	Elaeodendron	micranthum		Tul.	No recent collections from outside study area	Antilahimena	R. Archer, 2005 at P	216936	7918244	18.48.30	48.18.52		Shrub	Moderately Logged Forest	
81	3171	Outside of A&A zones	N	Y			Y						Celastraceae	Elaeodendron	micranthum		Tul.	No recent collections from outside study area	Antilahimena	R. Archer, 2005 at P	218809	7914373	18.50.36,7	48.19.53,8		Shrub	Moderately Logged Forest	
82	37	Analamay	Y	Y				Y					Celastraceae	Salacia	sp indet			Possible new species	Razafindrabe	R. Archer, 2005 at P	218877	7916866	18.49.15,7	48.19.57,5	1100	Liana	Azonal Forest	
83	3199	Analamay	N	Y				Y					Celastraceae	Salacia	sp indet			Possible new species	Antilahimena	R. Archer, 2005 at P	217796	7915078	18.50.13,1	48.19.19,6	1130	Liana	Transitional Forest	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type	
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																		
84	1281	Ambatovy	N	Y			Y							Clusiaceae	Garcinia	parvulus	(H. Perrier)	comb. ined.	Only know collection from study area	Rakotomalaza	P. Sweeney (MO), 2003	217221	7913385	18.51.08	48.18.59	990	Tree	Azonal Forest	
85	1329	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Clusiaceae	Ochrocarpos	orthocladus	(Baker)	H. Perrier	No recent collections from outside study area	Rakotomalaza	P. Sweeney, 8/2003	216856	7915872	18.49.47	48.18.48	1160	Tree	Moderately Logged Forest	
86	2135	?	?	?								Y		Commelinaceae	Cyanotis	nodiflora		Kunth	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Andriatsiferana	P.-J. Rakotomalaza			?	?	?	Herb		
87	2197	?	?	?								Y		Crassulaceae	Kalanchoe	campanulata	(Baker)	Baill.	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Andriatsiferana	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997			?	?	?	Herb		
88	17505	Ambatovy	N	Y							Y		App. 2		Cyatheaceae	Cyathea	decrescens		Mett.	CITES; many recent collections incl. from several PAs	McPherson	G. McPherson (MO), 1998	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Tree	Azonal Forest
89	2108	?	?	?							Y		App. 2		Cyatheaceae	Cyathea	dregei		Kunze	CITES; Not endemic to Madagascar; common	Andriatsiferana	P.-J. Rakotomalaza			?	?	?	Tree	
90	17508	Ambatovy	N	Y							Y		App. 2		Cyatheaceae	Cyathea	serratifolia		Baker	CITES; Recent collections from 2 PAs	McPherson	G. McPherson (MO), 1998	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Tree	Azonal Forest
91	2214	?	?	?								Y		Cyperaceae	Pycreus	ferrugineus	(Poir.)	C.B. Clarke	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997			?	?	?	Herb		
92	2203	?	?	?								Y		Cyperaceae	Scleria	madagascariensis		Boeck.	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997			?	?	?	Herb		
93	3233	Outside of A&A zones	Y	Y	Y										Euphorbiaceae	Claoxylopsis	purpurascens		Radcl.-Sm.	No recent collections from outside study area	Antilahimena	G. McPherson, 2005 (MO), at P	216873	7918265	18.48.29,0	48.18.49,6	?	Liana	Moderately Logged Forest
94	1220	Ambatovy	N	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	alceicornu		Radcl.-Sm.	No recent collections from outside study area	Rakotomalaza	A. Radcliffe-Smith (K), 2000	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Shrub	Azonal Forest
95	1220	Ambatovy	N	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	alceicornu		Radcl.-Sm.	No recent collections from outside study area	Rakotomalaza		216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Shrub	Azonal Forest
96	113	Outside of A&A zones	N	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	lepidotoides		Radcl.-Sm. ined.	No recent collections from outside study area - Type from Ambatovy, Rakotomalaza 1024	Razanatsoa	P.E. Berry, 2005	215072	7915302	18.50.04,6	48.17.46,8	1107	Shrub	Moderately Logged Forest
97	187	Ambatovy	Y	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	lepidotoides		Radcl.-Sm. ined.	No recent collections from outside study area - Type from Ambatovy, Rakotomalaza 1024	Razanatsoa	P.E. Berry, 2005	216661	7913421	18.51.06,3	48.18.40,0	1114	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)
98	1024	Ambatovy	Y	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	lepidotoides		Radcl.-Sm. ined.	No recent collections from outside study area - Type from Ambatovy, Rakotomalaza 1024	Rakotomalaza		216662	7913377	18.51.08	48.18.40	1121	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)
99	1024	Ambatovy	Y	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	lepidotoides		Radcl.-Sm. ined.	No recent collections from outside study area - Type from Ambatovy, Rakotomalaza 1024	Rakotomalaza	A. Radcliffe-Smith (K), 2000	216662	7913377	18.51.08	48.18.40	1121	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)
100	1101	Analamay	Y	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	lepidotoides		Radcl.-Sm. ined.	No recent collections from outside study area - Type from Ambatovy, Rakotomalaza 1024	Ranaivojaona	P.E. Berry, 2005	218052	7917684	18.48.48,7	48.19.29,6	1122	Shrub	Disturbed Azonal (sparse vegetation)
101	1801	Analamay	Y	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	lepidotoides		Radcl.-Sm. ined.	No recent collections from outside study area - Type from Ambatovy, Rakotomalaza 1024	Rakotovao	P.E. Berry, 2005	219050	7918335			1083	Shrub	Azonal Forest
102	3323	Ambatovy	Y	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	lepidotoides		Radcl.-Sm. ined.	No recent collections from outside study area - Type from Ambatovy, Rakotomalaza 1024	Antilahimena	P.E. Berry, 2005	216325	7914003	18.50.47,4	48.18.28,7	1137	Shrub	Azonal Thicket
103	3581	Ambatovy	Y	Y	Y										Euphorbiaceae	Croton	sp nov.			Possible new species	Antilahimena	P.E. Berry, 2005	214971	7912199	18.51.45,5	48.17.41,8	1035	Shrub	Azonal Forest
104	24	Outside of A&A zones	N	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	sp nov. cf. nitidulus 'cinereum'			Possible new species	Razanatsoa	P.E. Berry, 2005	221412	7911654	18.52.06.4	48.21.21,1	958	Shrub	Marsh Herbaceous Vegetation / Rice Paddies
105	55	Ambatovy	N	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	sp nov. cf. nitidulus 'cinereum'			Possible new species	Razanatsoa	P.E. Berry, 2005	217958	7913430	18.51.06,7	48.19.24,4	1053	Shrub	Transitional Forest (logged over)
106	1022	Ambatovy	N	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	sp nov. cf. nitidulus 'cinereum'			Possible new species	Ranaivojaona	P.E. Berry, 2005	218931	7912558	18.51.35,7	48.19.56,9	1070	Shrub	Transitional Forest (logged over)
107	1138	Outside of A&A zones	N	Y			Y								Euphorbiaceae	Croton	sp nov. cf. nitidulus 'cinereum'			Possible new species	Rakotomalaza	P.E. Berry, 2005	218838	7914517	18.50.32	48.19.55	1000	Shrub	Moderately Logged Forest

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																
108	1138	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Euphorbiaceae	Croton	sp nov. cf. nitidulus 'cinereum'		Possible new species	Rakotomalaza	A. Radcliffe-Smith (K), 2000	218838	7914517	18.50.32	48.19.55	1000	Shrub	Moderately Logged Forest
109	1217	Ambatovy	N	Y			Y							Euphorbiaceae	Croton	sp nov. cf. nitidulus 'cinereum'		Possible new species	Rakotomalaza	P.E. Berry, 2005	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Shrub	Azonal Forest
110	1217	Ambatovy	N	Y			Y							Euphorbiaceae	Croton	sp nov. cf. nitidulus 'cinereum'		Possible new species	Rakotomalaza	A. Radcliffe-Smith (K), 2000	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Shrub	Azonal Forest
111	1748	Outside of A&A zones	Y	Y			Y							Euphorbiaceae	Croton	sp nov. cf. nitidulus 'cinereum'		Possible new species	Rakotovao	P.E. Berry, 2005	217425	7915977			1155	Shrub	Moderately Logged Forest
112	89	Outside of A&A zones	Y	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Razanatsoa	Haevermans, 2005 (PRE)	216899	7915130	18.50.11,2	48.18.48,9		Treelet	Moderately Logged Forest
113	94	Analamay	Y	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Andriamahefarivo	Haevermans, 2005 (P)	218576	7918634	18.48.18	48.19.48	1220	Treelet	Disturbed Azonal (succession I & II)
114	1034	Ambatovy	N	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Ranaivojaona	Haevermans, 2005 (P)	219226	7912563	18.51.35,5	48.20.07,1	1048	Treelet	Azonal Type Transitional Forest Disturbed on Gabbro
115	1062	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Ranaivojaona	Haevermans, 2005 (P)	215818	7911990	18.51.52,7	48.18.10,4	1059	Treelet	Azonal Forest
116	1082	Ambatovy	N	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Ranaivojaona	Haevermans, 2005 (P)	215092	7911902	18.51.55,1	48.17.45,7	997	Treelet	Herbaceous Vegetation Cover and Pasture
117	1141	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Ranaivojaona	Haevermans, 2005 (P)	216120	7912261	18.51.43,8	48.18.20,7	1080	Treelet	Azonal Forest
118	1558	Outside of A&A zones	Y	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Rakotovao	Haevermans, 2005 (P)	217006	7918359			1027	Treelet	Moderately Logged Forest
119	3049	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Antilahimena	Haevermans, 2005 (P)	215421	7912461	18.51.37	48.17.57	1099	Treelet	Azonal Forest
120	3125	Ambatovy	N	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Antilahimena	Haevermans, 2005 (P)	217410	7913421	18.51.07,0	48.19.05,4	1099	Treelet	Azonal Forest
121	3249	Outside of A&A zones	N	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Antilahimena	Haevermans, 2005 (P)	216693	7918295	18.48.28	48.18.43,5	1100	Treelet	Moderately Logged Forest
122	3327	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Antilahimena	Haevermans, 2005 (P)	216402	7913849	18.50.52,3	48.18.31,2	1138	Treelet	Azonal Thicket
123	3650	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	bakeriana	Baill.	CITES; only 1 recent collection, from a PA	Antilahimena	Haevermans, 2005 (P)	217565	7911541	18.52.08,2	48.19.09,8	1080	Treelet	Azonal Forest
124	3750	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	rangovalensis	Leandri	CITES; no recent collections in TROPICOS; known from 3 localities (fide T. Haevermans)	Antilahimena	Haevermans, 2005 (P)	215003	7913551	18.51.01,5	48.17.43,6	1093	Shrub	Azonal Forest
125	3751	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	rangovalensis	Leandri	CITES; no recent collections in TROPICOS; known from 3 localities (fide T. Haevermans)	Antilahimena	Haevermans, 2005 (P)	215003	7913551	18.51.01,5	48.17.43,6	1093	Shrub	Azonal Forest
126	28375	?	?	?						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	rangovalensis	Leandri	CITES; no recent collections in TROPICOS; known from 3 localities (fide T. Haevermans)	Service Forestier				?	?	?	Shrub	
127	28375	?	?	?						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	rangovalensis	Leandri	CITES; no recent collections in TROPICOS; known from 3 localities (fide T. Haevermans)	Service Forestier				?	?	?	Shrub	
128	28375	?	?	?						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	rangovalensis	Leandri	CITES; no recent collections in TROPICOS; known from 3 localities (fide T. Haevermans)	Service Forestier				?	?	?	Shrub	
129	28375	?	?	?						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	rangovalensis	Leandri	CITES; no recent collections in TROPICOS; known from 3 localities (fide T. Haevermans)	Service Forestier				?	?	?	Shrub	
130	1083	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	tetraptera	Baker	CITES; many recent collections, incl. from 2 PAs	Rakotomalaza		215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Shrub	Transitional Forest (logged over)
131	1083	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	tetraptera	Baker	CITES; many recent collections, incl. from 2 PAs	Rakotomalaza		215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Shrub	Transitional Forest (logged over)
132	1083	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	tetraptera	Baker	CITES; many recent collections, incl. from 2 PAs	Rakotomalaza		215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Shrub	Transitional Forest (logged over)
133	1299	Outside of A&A zones	N	Y						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	tetraptera	Baker	CITES; many recent collections, incl. from 2 PAs	Rakotomalaza	P.J. Rakotomalaza, 1997	214834	7914268	18.50.38	48.17.38	990	Shrub	Moderately Logged Forest
134	2493	?	?	?						Y		App. 2		Euphorbiaceae	Euphorbia	tetraptera	Baker	CITES; many recent collections, incl. from 2 PAs	Andriatsiferana				?	?	?	Shrub	
135	1228	Ambatovy	N	Y			Y							Euphorbiaceae	Excoecaria	goudotiana (Baill.)	Müll. Arg.	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Rakotomalaza	V. Malecot (P), 1998	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Shrub	Azonal Forest

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
136	3185A	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Euphorbiaceae	Excoecaria	goudotiana	(Baill.) Müll. Arg.	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Antilahimena	G. McPherson, 2005 (MO), at P	218301	7914498	18.50.32,3	48.19.36,5	1022	Shrub	Moderately Logged Forest	
137	1325	Ambatovy	N	Y			Y							Euphorbiaceae	Tragia	cocculifolia		var. glabrescens; probably a distinct species, only known otherwise from the type collection from 1922	Rakotovao	G. McPherson, 2005 (MO), at P	214263	7913672	18.50.57	48.17.18,4	1091	Liana	Transitional Forest	
138	71	Analamay	Y	Y			Y							Euphorbiaceae	Tragia	perrieri		No recent collections from outside study area	Razafindrabe	G. McPherson, 2005 (MO), at P	219131	7916781	18.49.18,6	48.20.05,9	1094	Liana	Azonal Forest	
139	12	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Fabaceae	Albizia	adianthifolia	De Wild. & T. Durand	var. intermedia; only 1 recent collection, not from a PA	Razanatsoa	Labat, 2005 (P)	219733	7912515	18.51.37,5	48.20.24,4		Tree	Moderately Logged Forest	
140	135	Outside of A&A zones	N	Y						Y				Fabaceae	Chamaecrista	pratensis	(R. Vig.)	Several recent collections, none from a PA (also on Mayotte)	Razanatsoa	J.N. Labat, 2005 (P)	215159	7911626	18.52.04,2	48.17.47,6	1114	Herb	Moderately Logged Forest	
141	2066	?	?	?						Y			Yes	Fabaceae	Dalbergia	baronii		RED LIST; many recent collections, incl. from 3 PAs; VU status justified by heavy exploitation	Andriatsiferana	P.-J. Rakotomalaza, 1998						Tree		
142	316	?	?	?	Y									Fabaceae	Peltiera	nitida		Considered extinct until collected at Ambatovy	Razanatsoa	Labat, 2005 (P)	214343	7914105	?	?	1056	Shrub		
143	3587	Ambatovy	Y	Y	Y									Fabaceae	Peltiera	nitida		Considered extinct until collected at Ambatovy	Antilahimena	Labat, 2005 (P)	214918	7912242	18.51.43,8	48.17.40,0	1080	Shrub	Azonal Forest	
144	1133	Ambatovy	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Ranaivojaona	Antilahimena, 2005 at P	216120	7912261	18.51.43.8	48.18.20.7	1080	Tree	Azonal Forest	
145	1242	Ambatovy	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Rakotomalaza		214940	7912852	18.51.24	48.17.41	1000	Tree	Azonal Forest	
146	1275	Ambatovy	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Rakotomalaza	P.J. Rakotomalaza, 1997	214913	7912575	18.51.33	48.17.40	990	Tree	Azonal Forest	
147	1332	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Rakotomalaza		216856	7915872	18.49.47	48.18.48	1160	Tree	Moderately Logged Forest	
148	1466	Ambatovy	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Rakotovao	Antilahimena, 2005 at P	216639	7912886			1082	Tree	Azonal Thicket Disturbed	
149	1694	Analamay	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Rakotovao	Antilahimena, 2005 at P	219009	7916547			1081	Tree	Azonal Thicket	
150	1766	Analamay	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Rakotovao		217975	7916907			1114	Tree	Azonal Forest	
151	3202	Analamay	N	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Antilahimena	Antilahimena, 2005 at P	217796	7915078	18.50.13,1	48.19.19,6	1130	Tree	Transitional Forest	
152	3278	Analamay	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Antilahimena	Antilahimena, 2005 at P	219172	7916893	18.49.14,9	48.20.07,6	1120	Tree	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro	
153	3297	Analamay	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Antilahimena	Antilahimena, 2005 at P	219216	7916760	18.49.19,1	48.20.08,7	1094	Tree	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro	
154	3420	Analamay	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Antilahimena	Antilahimena, 2005 at P	217834	7918135	18.48.33,8	48.19.22,6	1074	Tree	Azonal Thicket Disturbed	
155	3500	Ambatovy	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Antilahimena	Antilahimena, 2005 at P	215610	7912475	18.51.36,8	48.18.03,5	1134	Tree	Azonal Forest	
156	3579	Ambatovy	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	Antilahimena	Antilahimena, 2005 at P	214971	7912199	18.51.45,5	48.17.41,8	1035	Tree	Azonal Forest	
157	17471	Ambatovy	Y	Y			Y							Flacourtiaceae	Homalium	maringitra		No recent collections from outside study area	McPherson	G. McPherson (MO), 1998	216896	7913258	18.51.12	48.18.48	1100	Tree	Disturbed Azonal (succession I & II)	
158	338	Ambatovy	Y	Y			Y							Lamiaceae	Premna	sp		Possible new species, locally endemic	Razanatsoa	P.B. Philipson, 2005 at P	214359	7913108			?	Tree	Transitional Forest (logged over)	
159	1318	Ambatovy	N	Y			Y							Lamiaceae	Premna	sp		Possible new species, locally endemic	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	214211	7913627	18.50.58,7	48.17.16,4	1085	Tree	Transitional Forest	
160	3469	Analamay	Y	Y			Y							Lamiaceae	Premna	sp		Possible new species, locally endemic	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	217820	7917714	18.48.47,6	48.19.21,8	1124	Tree	Azonal Forest Disturbed	
161	13	Outside of A&A zones	N	Y						Y				Lamiaceae	Vitex	coursii		Several recent collections, none from a PA	Razanatsoa	P.B. Philipson, 2005 at P	219733	7912515	18.51.37,5	48.20.24,4	?	Tree	Moderately Logged Forest	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type	
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																		
162	75	Outside of A&A zones	N	Y						Y				Lamiaceae	Vitex	coursii		Moldenke	Several recent collections, none from a PA	Razanatsoa	P.B. Philipson, 2005 at P	214735	7911786	18.51.58.6	48.17.33.4	1012	Tree	Heavily Logged Forest and Other Disturbances	
163	993	Analamay	Y	Y						Y				Lamiaceae	Vitex	coursii		Moldenke	Several recent collections, none from a PA	Rakotomalaza	P.B. Philipson, 2005 at P	219430	7916553	18.49.26	48.20.16	1000	Tree	Transitional Forest (logged over)	
164	1070	?	?	?						Y				Lamiaceae	Vitex	coursii		Moldenke	Several recent collections, none from a PA	Ranaivojaona	P.B. Philipson, 2005 at P						Tree		
165	3007	Outside of A&A zones	Y	Y						Y				Lamiaceae	Vitex	coursii		Moldenke	Several recent collections, none from a PA	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	216904	7918265	18.48.29,1	48.18.50,7	1060	Tree	Moderately Logged Forest	
166	221	Ambatovy	Y	Y	Y									Lamiaceae	Vitex	pachyclada		Baker	No recent collections from outside study area	Razanatsoa	P.B. Philipson, 2005 at P	216598	7913387	18.51.07.6	48.18.37.9	1119	Treelet	Disturbed Azonal (succession I & II)	
167	983	Analamay	Y	Y	Y									Lamiaceae	Vitex	pachyclada		Baker	No recent collections from outside study area	Rakotomalaza	P.B. Philipson, 2005 at P	218648	7915932	18.49.46	48.19.49	1000	Treelet	Azonal Thicket	
168	1127	Analamay	Y	Y	Y									Lamiaceae	Vitex	pachyclada		Baker	No recent collections from outside study area	Ranaivojaona	P.B. Philipson, 2005 at P	217762	7918035	18.48.37.1	48.19.19.8	1119	Treelet	Disturbed Azonal (succession I & II)	
169	1369	Analamay	Y	Y	Y									Lamiaceae	Vitex	pachyclada		Baker	No recent collections from outside study area	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	218209	7918029				1116	Treelet	Disturbed Azonal (sparse vegetation)
170	3428	Analamay	Y	Y	Y									Lamiaceae	Vitex	pachyclada		Baker	No recent collections from outside study area	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	217845	7918147	18.48.33,3	48.19.22,8	1079	Treelet	Azonal Thicket Disturbed	
171	235	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Lamiaceae	Vitex	sp nov.			Probable new species, close to V. rubra	Ranaivojaona	P.B. Philipson, 2005 at P	221006	7916920	18.49.15	48.20.70	1100	Tree	Heavily Logged Forest and Other Disturbances	
172	1723	Analamay	Y	Y			Y							Lamiaceae	Vitex	sp nov.			Probable new species, close to V. rubra	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	219007	7916240				1047	Tree	Azonal Forest
173	2344	?	?	?							Y			Lauraceae	Cryptocarya	fulva		Kosterm.	Only 1 recent collection, not from a PA	Andriatsiferana	P.J. Rakotomalaza, 1998			?	?	?	Tree		
174	1038	Ambatovy	Y	Y	Y									Lauraceae	Cryptocarya	spatulata		Kosterm.	No recent collections from outside study area	Rakotomalaza	H. van der Werff (MO), 1998	216872	7913413	18.51.07	48.18.47	1100	Treelet	Azonal Thicket	
175	3610	Ambatovy	Y	Y	Y									Lomariopsidaceae	Elaphoglossum	sp B			Probable new species	Antilahimena	Rouhan, 2005	217455	7911849	18.51.57,9	48.19.06,4	1068	Herb	Azonal Forest	
176	2225	?	?	?							Y			Malpighiaceae	Tristellateia	grandiflora		Arènes	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana	G. McPherson (MO), 1998			?	?	?	Liana		
177	308	?	?	?							Y			Meliaceae	Astrotrichilia	parvifolia		J.-F. Leroy & Lescot	No recent collections from outside study area	Razanatsoa	P.B. Philipson, 2005 at P	214556	7913832	?	?	?	Tree		
178	2284	?	?	?							Y		Yes	Meliaceae	Khaya	madagascariensis		Jum. & H. Perrier	RED LIST	Andriatsiferana	P.J. Rakotomalaza, 1998			?	?	?	Tree		
179	2064	?	?	?							Y			Myrsinaceae	Oncostemum	humbertianum		H. Perrier	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana	G. McPherson (MO), 1998			?	?	?	Shrub		
180	204	Ambatovy	Y	Y	Y									Myrsinaceae	Oncostemum	paniculatum		H. Perrier	No recent collections from outside study area	Razanatsoa		216620	7913365	18.51.08,1	48.18.38,4	1127	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)	
181	1074	Ambatovy	Y	Y	Y									Myrsinaceae	Oncostemum	paniculatum		H. Perrier	No recent collections from outside study area	Rakotomalaza		215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Shrub	Transitional Forest (logged over)	
182	1188	Ambatovy	Y	Y	Y									Myrsinaceae	Oncostemum	paniculatum		H. Perrier	No recent collections from outside study area	Rakotovao		215186	7913343	18.51.8,3	48.17.49,6	1100	Shrub	Azonal Thicket	
183	2168	?	?	?	Y									Myrsinaceae	Oncostemum	paniculatum		H. Perrier	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana				?	?	?	Shrub		
184	2174	?	?	?	Y									Myrsinaceae	Oncostemum	paniculatum		H. Perrier	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana	P.-J. Rakotomalaza			?	?	?	Shrub		
185	3298	Analamay	Y	Y	Y									Myrsinaceae	Oncostemum	paniculatum		H. Perrier	No recent collections from outside study area	Antilahimena		219216	7916760	18.49.19,1	48.20.08,7	1094	Shrub	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro	
186	1073	Ambatovy	Y	Y			Y							Ochnaceae	Diporidium	louvelii		H. Perrier	Only other collection the type collected 1925 at Analamazaotra (actually a species of Ochna)	Rakotomalaza	P.B. Philipson, 2005 at P	215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Tree	Transitional Forest (logged over)	
187	1198	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Ochnaceae	Diporidium	louvelii		H. Perrier	Only other collection the type collected 1925 at Analamazaotra (actually a species of Ochna)	Rakotomalaza	P.B. Philipson, 2005 at P	217036	7915841	18.49.48	48.18.54	1175	Tree	Moderately Logged Forest	
188	74	Ambatovy	Y	Y						Y				Ochnaceae	Ochna	vaccinioides		Baker	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Razafindrabe	P.B. Philipson, 2005 at P	216358	7913926	18.50.49,9	48.18.30,0	1124	Shrub	Azonal Thicket	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																		
189	107	Ambatovy	N	Y						Y				Ochnaceae	Ochna	vaccinioides		Baker	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Andriamahefarivo	P.B. Philipson, 2005 at P	217674	7912791			1180	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)	
190	211	Ambatovy	Y	Y						Y				Ochnaceae	Ochna	vaccinioides		Baker	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Razanatsoa	P.B. Philipson, 2005 at P	216514	7913408	18.51.06,9	48.18.35	?	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)	
191	1020	Ambatovy	Y	Y						Y				Ochnaceae	Ochna	vaccinioides		Baker	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Rakotomalaza	P.B. Philipson, 2005 at P	216662	7913377	18.51.08	48.18.40	1121	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)	
192	1112	Analamay	Y	Y						Y				Ochnaceae	Ochna	vaccinioides		Baker	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Ranaivojaona	P.B. Philipson, 2005 at P	218052	7917684	18.48.48,7	48.19.29,6	1122	Shrub	Disturbed Azonal (sparse vegetation)	
193	1271	Analamay	Y	Y						Y				Ochnaceae	Ochna	vaccinioides		Baker	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	218262	7917500			1129	Shrub	Disturbed Azonal (sparse vegetation)	
194	1534	Analamay	Y	Y						Y				Ochnaceae	Ochna	vaccinioides		Baker	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	217354	7917986			1087	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)	
195	3113	Ambatovy	N	Y						Y				Ochnaceae	Ochna	vaccinioides		Baker	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	218324	7912914	18.51.237	48.18.966	1065	Shrub	Azonal Forest Disturbed	
196	288	?	?	?						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)			18.51.30	48.19.23,6	1112	Epiphytic		
197	336	?	?	?						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	Razanatsoa		214359	7914108	?	?	1115	Epiphytic		
198	341	?	?	?						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)	214359	7914108	?	?	1044	Epiphytic		
199	1252	Outside of A&A zones	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	Rakotovao		216928	7918257			?	Epiphytic	Moderately Logged Forest	
200	1253	Outside of A&A zones	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	216928	7918257			?	Epiphytic	Moderately Logged Forest	
201	1550	Outside of A&A zones	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	217006	7918359			1027	Epiphytic	Moderately Logged Forest	
202	3541	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	Antilahimena		215483	7912517	18.51.35,3	48.17.59,4	1070	Epiphytic	Azonal Forest	
203	3700	Outside of A&A zones	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	216792	7915949	18.49.44,5	48.18.45,7	1152	Epiphytic	Moderately Logged Forest	
204	17515	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Aerangis	citrata	(Thouars)	Schltr.	CITES; many recent collection from outside study area, incl. from several PAs	McPherson	Bosser (P), 1998	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Epiphytic	Azonal Forest	
205	60	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	adenopoda		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
206	3494	Analamay	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	antennophora		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	217757	7917680	18.48.48,5	48.19.19,4	1074	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed	
207	3520	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	caudata		Rolfe	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	215548	7912440	18,51.37,7	48.18.01,3	1120	Saprophytic	Azonal Forest	
208	3901	?	?	?	Y							App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	caudata		Rolfe	CITES; no recent collection from outside study area	Morat								Saprophytic	
209	329	?	?	?	Y							App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	longipes		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Razanatsoa								Epiphytic	
210	3621	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	longipes		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	217444	7911882	18.51.56,9	48.19.05,9	1020	Epiphytic	Azonal Forest	
211	29	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	nidus		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217600	7912468			1186	Epiphytic	Azonal Forest	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species		Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																		
212	44	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	nidus		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
213	128	Ambatovy	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Aeranthes	peyrotii		Bosser	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218218	7913023			1162	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed	
214	37	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Angraecum	caricifolium		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
215	56	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Angraecum	caricifolium		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
216	175	Analamay	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	chloranthum		Schltr.	CITES; 2 recent collections from outside study area, incl. 1 from a PA	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218645	7915943			1029	Epiphytic	Azonal Thicket	
217	1639	Analamay	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	chloranthum		Schltr.	CITES; 2 recent collections from outside study area, incl. 1 from a PA	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218600	7915398			1031	Epiphytic	Azonal Forest	
218	3373	Analamay	N	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	chloranthum		Schltr.	CITES; 2 recent collections from outside study area, incl. 1 from a PA	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	218250	7915073	18.50.13,4	48.19.35,2	1093	Epiphytic	Transitional Forest	
219	3745	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Angraecum	compactum		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	216106	7912471	18.51.37,2	48.18.20,4	1074	Epiphytic	Transitional Forest (logged over)	
220	2104	?	?	?								App. 2		Orchidaceae	Angraecum	filicornu		Thouars	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Andriatsiferana	J. Bosser (P), 1998							Epiphytic	
221	173	Analamay	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Angraecum	humblotianum		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218641	7915941			1151	Epiphytic	Azonal Thicket	
222	3506	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Angraecum	humblotianum		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	215537	7912451	18.51.37,5	48.18.00,9	1120	Epiphytic	Azonal Forest	
223	3682	?	?	?	Y							App. 2		Orchidaceae	Angraecum	humblotianum		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)							Epiphytic	
224	39	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Angraecum	linearifolium		Garay	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
225	65	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Angraecum	linearifolium		Garay	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
226	26	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.)	Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217650	7912468			1186	Epiphytic	Azonal Forest	
227	73	Ambatovy	N	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.)	Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218131	7912884			1144	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed	
228	146	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.)	Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Razanatsoa		215163	7913476	18.51.03,8	48.17.48,7	1104	Epiphytic	Azonal Forest	
229	1217	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.)	Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Rakotovao		216302	7913195			1113	Epiphytic	Disturbed Azonal (succession I & II)	
230	1267	Analamay	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.)	Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218244	7917483			1121	Epiphytic	Disturbed Azonal (sparse vegetation)	
231	1315	Ambatovy	N	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.)	Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	214202	7913572	18.51.0,5	48.17.16,1	1075	Epiphytic	Transitional Forest (logged over)	
232	1412	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.)	Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	216356	7912959			?	Epiphytic	Azonal Thicket Disturbed	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type	
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
233	1430	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.) Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Rakotovao		215972	7912675			1103	Epiphytic	Azonal Forest	
234	1481	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.) Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	216472	7912851			1058	Epiphytic	Azonal Thicket Disturbed	
235	1626	Analamay	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.) Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218565	7915546				Epiphytic	Azonal Forest	
236	3496	Analamay	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.) Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	217757	7917680	18.48.48,5	48.19.19,4	1074	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed	
237	17498	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	mauritianum	(Poir.) Frapp.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs (also on Grande Comoro)	McPherson	G. McPherson (MO), 1998	216250	7913404	18.51.07	48.18.26	1100	Epiphytic	Disturbed Azonal (succession I & II)	
238	88	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	panicifolium		H. Perrier	CITES; 2 recent collections from outside study area, neither from a PA (both with IDs to be verified)	Andriantiana		218334	7912897			1126	Terrestrial herb	Azonal Forest Disturbed
239	1420	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	panicifolium		H. Perrier	CITES; 2 recent collections from outside study area, neither from a PA (both with IDs to be verified)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	216054	7912682			1122	Terrestrial herb	Azonal Forest
240	1266	Analamay	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Angraecum	sedifolium		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218244	7917483				Epiphytic	Disturbed Azonal (sparse vegetation)
241	1452	Ambatovy	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Angraecum	sedifolium		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao		216972	7912685			1094	Epiphytic	Disturbed Azonal (succession I & II)
242	1635	Analamay	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Angraecum	sedifolium		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao		218597	7915377			1006	Epiphytic	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro
243	1268	Analamay	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Angraecum	setipes		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218252	7917511			?	Epiphytic	Disturbed Azonal (sparse vegetation)
244	3704	Outside of A&A zones	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Angraecum	setipes		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	216792	7915949	18.49.44,5	48.18.45,7	1180	Epiphytic	Moderately Logged Forest
245	180	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	teretifolium		Ridl.	CITES; 2 recent collections from outside study area, each from a PA	Andriantiana		218570	7915912			995	Terrestrial herb	Azonal Forest
246	1712	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Angraecum	teretifolium		Ridl.	CITES; 2 recent collections from outside study area, each from a PA	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218985	7916459			1079	Terrestrial herb	Azonal Thicket
247	1016	Analamay	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Angraecum	urschianum		Toill.-Gen. & Bosser	CITES; no recent collection from outside study area	Ranaivojaona	Bosser, 2005 (P)	218889	7919536	18.47.49	48.19.59	?	Epiphytic	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro
248	1224	Ambatovy	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	aubrevillei		Bosser	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	217374	7912670			1121	Epiphytic	Disturbed Azonal (succession I & II)
249	33	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	coriophorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest
250	139	Analamay	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	coriophorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana		218703	7915896			1039	Epiphytic	Azonal Thicket
251	1193	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	coriophorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao		215228	7913377	18.51.07,2	48.17.51	1121	Epiphytic	Azonal Forest
252	1657	Analamay	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	coriophorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218671	7915888			1061	Epiphytic	Azonal Thicket
253	1792	Analamay	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	coriophorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	219040	7918412			1097	Epiphytic	Azonal Forest
254	3736	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	coriophorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	216106	7912471	18.51.37,2	48.18.20,4	1074	Epiphytic	Transitional Forest (logged over)

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
255	20	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	molossus		Rchb. f.	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Andriantiana		217658	7912481			1188	Epiphytic	Azonal Forest
256	32	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	molossus		Rchb. f.	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest
257	84	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	molossus		Rchb. f.	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Razanatsoa		215054	7913031	18.51.18,2	48.17.44,8	1120	Epiphytic	Azonal Thicket
258	89	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	molossus		Rchb. f.	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Andriantiana		218349	7912896			1135	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed
259	149	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	molossus		Rchb. f.	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Razanatsoa		215163	7913476	18.51.03,8	48.17.48,7	1104	Epiphytic	Azonal Forest
260	151	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	molossus		Rchb. f.	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218653	7915910			1050	Epiphytic	Azonal Thicket
261	3752	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	molossus		Rchb. f.	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	215003	7913551	18.51.01,5	48.17.43,6	1093	Epiphytic	Azonal Forest
262	41	Ambatovy	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Terrestrial herb	Azonal Forest
263	79	Ambatovy	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218156	7912894			1152	Terrestrial herb	Azonal Forest Disturbed
264	167	Ambatovy	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)	215028	7913341	18.51.08,2	48.17.44,0	1108	Terrestrial herb	Azonal Thicket
265	179	Analamay	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218570	7915912			995	Terrestrial herb	Azonal Forest
266	1410	Ambatovy	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	216356	7912959			1108	Terrestrial herb	Azonal Thicket Disturbed
267	1454	Ambatovy	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	215972	7912685			1094	Terrestrial herb	Azonal Forest
268	1603	Ambatovy	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	217986	7912848			1130	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)
269	3102	Outside of A&A zones	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	217605	7910312	18.51.108	48.19.107	?	Terrestrial herb	Heavily Logged Forest and Other Disturbances
270	3330	Ambatovy	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	216454	7913861	18.50.52	48.18.33,0	1123	Terrestrial herb	Azonal Thicket
271	17527	Ambatovy	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	multiflorum		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	McPherson	Bosser (P), 1998	215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Terrestrial herb	Transitional Forest (logged over)
272	1628	Analamay	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	occlusum		Ridl.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218467	7915568			1022	Epiphytic	Azonal Forest
273	72	Ambatovy	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	occultum		Thouars	CITES; no recent Malagasy collections from outside study area; recently collected on Grnade Comoro	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218131	7912884			1144	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed
274	21	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	pachypus		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Andriantiana		217658	7912481			1188	Epiphytic	Azonal Forest
275	149	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	pachypus		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218653	7915910			1050	Epiphytic	Azonal Thicket
276	1041	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	pachypus		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Ranaivojaona	Bosser, 2005 (P)	219226	7912563	18.51.35,5	48.20.07,1	1048	Epiphytic	Azonal Type Transitional Forest Disturbed on Gabbro
277	2099	?	?	?						Y		App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	pachypus		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Andriatsiferana	J. Bosser (P), 1998						Epiphytic	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author	Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type	
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																		
278	36	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	peyrotii		Bosser	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
279	150	Analamay	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	peyrotii		Bosser	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218553	7915910			1050	Epiphytic	Azonal Forest	
280	3749	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	peyrotii		Bosser	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena		216106	7912471	18.51.37,2	48.18.20,4	1074	Epiphytic	Transitional Forest (logged over)	
281	43	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	platypodum		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
282	3518	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	sandrangatense		Bosser	CITES; no recent collection from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	215548	7912440	18.51.37,7	48.18.01,3	1120	Saprophytic	Azonal Forest	
283	38	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Bulbophyllum	sulfureum		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	217943	7912495			1192	Epiphytic	Azonal Forest	
284	3320	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Cryptopus	brachiatus		H. Perrier	CITES; no recent collections from outside study area	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	216325	7914003	18.50.47,4	48.18.28,7	1137	Epiphytic	Azonal Thicket	
285	3572	Ambatovy	N	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	angustipetala		Ridl.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	215030	7911779	18.51.59,2	48.17.43,6	991	Terrestrial herb	Herbaceous Vegetation Cover and Pasture	
286	137	Ambatovy	N	Y				Y				App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	aurantiaca		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana		217328	7912948			1115	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
287	267	Ambatovy	N	Y				Y				App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	aurantiaca		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)	217226	7913009	18.51.20,2	48.18.59,2		Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
288	1258	Analamay	Y	Y				Y				App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	aurantiaca		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao		217747	7918044			1093	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
289	1270	Analamay	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	fastigiata		Thouars	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoro)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218252	7917511				Terrestrial herb	Disturbed Azonal (sparse vegetation)	
290	1661	Analamay	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	fastigiata		Thouars	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoro)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218771	7915888			1061	Terrestrial herb	Azonal Thicket	
291	3368	Analamay	N	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	fastigiata		Thouars	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoro)	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	218079	7915204	18.50.09,3	48.19.29,2	1113	Terrestrial herb	Transitional Forest	
292	2132	?	?	?								Y	App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	graminea	(Thouars)	Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriatsiferana	J. Bosser (P), 1998			?	?	?	Terrestrial herb	
293	2132	?	?	?								Y	App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	graminea	(Thouars)	Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Andriatsiferana				?	?	?	Terrestrial herb	
294	1237	Outside of A&A zones	N	Y				Y				App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	uncinata		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotomalaza		221151	7915039	18.50.16	48.21 14	950	Epiphytic	Marsh Edge Forest	
295	1237	Outside of A&A zones	N	Y				Y				App. 2		Orchidaceae	Cynorkis	uncinata		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotomalaza	J. Bosser (P), 1998	221151	7915039	18.50.16	48.21 14	950	Epiphytic	Marsh Edge Forest	
296	3230	Outside of A&A zones	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Disperis	oppositifolia		Sm.	CITES; 2 recent collections from outside study area, both from a PA	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	216873	7918265	18.48.29,0	48.18.49,6	1060	Terrestrial herb	Moderately Logged Forest	
297	335	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Gastrorchis	francoisii		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)	214359	7913108				Terrestrial herb	Transitional Forest (logged over)	
298	1494	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Gastrorchis	francoisii		Schltr.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	214359	7914108			1044	Terrestrial herb	Transitional Forest	
299	97	Ambatovy	N	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Grammangis	ellisii	(Lindl.)	Rchb. f.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218414	7912814			1116	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed	
300	40	Ambatovy	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Jumellea	gracilipes		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Andriantiana		217928	7912440			1180	Epiphytic	Azonal Forest	
301	170	Analamay	Y	Y							Y	App. 2		Orchidaceae	Jumellea	gracilipes		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Andriantiana		218661	7915991			1047	Epiphytic	Azonal Thicket	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
302	1476	?	?	?						Y		App. 2		Orchidaceae	Jumellea	gracilipes		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Rakotovao		216639	7912886	?	?	1100	Epiphytic	
303	3691	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Jumellea	gracilipes		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	215061	7913906	18.50.49,9	48.17.45,7	1048	Epiphytic	Azonal Forest
304	3709	Outside of A&A zones	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Jumellea	gracilipes		Schltr.	CITES; 1 recent collections from outside study area, from a PA	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	216844	7915983	18.49.43,3	48.18.47,5	1211	Epiphytic	Moderately Logged Forest
305	145	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Liparis	bulbophylloides		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Razanatsoa		215163	7913476	18.51.03,8	48.17.48,7	1104	Terrestrial herb	Azonal Forest
306	172	Analamay	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Liparis	bulbophylloides		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	Andriantiana		218657	7915948			1058	Terrestrial herb	Azonal Thicket
307	17526	Ambatovy	Y	Y	Y							App. 2		Orchidaceae	Liparis	bulbophylloides		H. Perrier	CITES; no recent collection from outside study area	McPherson	Bosser (P), 1998	215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Terrestrial herb	Transitional Forest (logged over)
308	1855	Outside of A&A zones	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Microcoelia	gilpinae	(Rchb. f. & S. Moore in Baker)	Summerh.		Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	219019	7914130			1004	Epiphytic	Moderately Logged Forest
309	3286	?	?	?						Y		App. 2		Orchidaceae	Microcoelia	gilpinae	(Rchb. f. & S. Moore in Baker)	Summerh.		Morat				?	?	?	Epiphytic	
310	75	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Microcoelia	macrantha	(H. Perrier)	Summerh.	CITES; 1 recent collections from outside study area, not from a PA (also in Comoros)	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218131	7912884			1144	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed
311	287	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Microcoelia	macrantha	(H. Perrier)	Summerh.	CITES; 1 recent collections from outside study area, not from a PA (also in Comoros)	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)	216823	7913147	18.51.15,4	48.18.45,2	?	Epiphytic	Disturbed Azonal (succession I & II)
312	1333	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Microcoelia	macrantha	(H. Perrier)	Summerh.	CITES; 1 recent collections from outside study area, not from a PA (also in Comoros)	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	214398	7913819	18.50.52,6	48.17.22,8	1041	Epiphytic	Azonal Forest
313	3277	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Microcoelia	macrantha	(H. Perrier)	Summerh.	CITES; 1 recent collections from outside study area, not from a PA (also in Comoros)	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	219172	7916893	18.49.14,9	48.20.07,6	1120	Epiphytic	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro
314	3422	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Microcoelia	macrantha	(H. Perrier)	Summerh.	CITES; 1 recent collections from outside study area, not from a PA (also in Comoros)	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	217834	7918135	18.48.33,8	48.19.22,6	1074	Epiphytic	Azonal Thicket Disturbed
315	56	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oberonia	disticha	(Lam.)	Schltr.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoros)	Razafindrabe	Bosser, 2005 (P)	219207	7916650	18.49.22,7	48.20.08,5	1109	Epiphytic	Azonal Forest
316	126	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oberonia	disticha	(Lam.)	Schltr.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoros)	Andriantiana	Bosser, 2005 (P)	218204	7913024			1173	Epiphytic	Azonal Forest Disturbed
317	3389	Outside of mine LSA	N	N						Y		App. 2		Orchidaceae	Oberonia	disticha	(Lam.)	Schltr.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoros)	Antilahimena		253507	7915505	18.50.15,6	48.39.39,0	1032	Epiphytic	
318	3673	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oberonia	disticha	(Lam.)	Schltr.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 2 PAs (also in Comoros)	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	215168	7913808	18.50.53,0	48.17.49,3	?	Epiphytic	Azonal Forest
319	3626	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	rosea		Ridl.	CITES; several recent collections from outside study area, incl. from 3 PAs	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	217540	7911806	18.51.59,5	48.19.09,0	1045	Epiphytic	Azonal Forest
320	116	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Andriamahefarivo	Bosser, 2005 (P)	217674	7912791			1180	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)
321	118	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Andriantiana		217920	7912819			1198	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking								CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																		
322	166	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)	215028	7913341	18.51.08,2	48.17.44,0	1108	Terrestrial herb	Azonal Thicket	
323	225	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)	216650	7913443	18.51.05,8	48.18.39,5	1117	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
324	259	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Razanatsoa	Bosser, 2005 (P)	216834	7913136	18.51.15,7	48.18.45,8	1114	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
325	1272	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Rakotovao		218283	7917502				Terrestrial herb	Disturbed Azonal (sparse vegetation)	
326	1392	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Rakotovao		216310	7913019			1096	Terrestrial herb	Azonal Thicket Disturbed	
327	1455	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Rakotovao		216482	7912942			1141	Terrestrial herb	Azonal Thicket Disturbed	
328	1523	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	217278	7918096			1068	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
329	3232	?	?	?						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Morat							Terrestrial herb		
330	3629	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	Antilahimena	Bosser, 2005 (P)	217334	7912866	18.51.24,8	48.19.02,6	1132	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
331	17501	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Oeonia	volucris	(Thouars)	Spreng.	CITES; many recent collections from outside study area, none from a PA	McPherson	Bosser (P), 1998	216250	7913404	18.51.07	48.18.26	1100	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
332	59	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Polystachya	fusiformis	(Thouars)	Lindl.	CITES; not endemic to Madagascar; no recent collections from a PA	Andriantiana		217928	7912440			1180	Terrestrial herb	Azonal Forest	
333	305	?	?	?						Y		App. 2		Orchidaceae	Polystachya	fusiformis	(Thouars)	Lindl.	CITES; not endemic to Madagascar; no recent collections from a PA	Razanatsoa							Terrestrial herb		
334	1201	Ambatovy	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Polystachya	fusiformis	(Thouars)	Lindl.	CITES; not endemic to Madagascar; no recent collections from a PA	Rakotovao		216334	7913193			?	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
335	1602	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Polystachya	fusiformis	(Thouars)	Lindl.	CITES; not endemic to Madagascar; no recent collections from a PA	Rakotovao		217986	7912848			1130	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
336	1708	Analamay	Y	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Polystachya	fusiformis	(Thouars)	Lindl.	CITES; not endemic to Madagascar; no recent collections from a PA	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218985	7916459			1079	Terrestrial herb	Azonal Thicket	
337	3631	Ambatovy	N	Y						Y		App. 2		Orchidaceae	Polystachya	fusiformis	(Thouars)	Lindl.	CITES; not endemic to Madagascar; no recent collections from a PA	Antilahimena		217387	7912845	18.51.25,5	48.19.04,3	1120	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (succession I & II)	
338	1279	Analamay	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Polystachya	rosea		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218478	7917562			1092	Terrestrial herb	Disturbed Azonal (sparse vegetation)	
339	1644	Analamay	N	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Polystachya	rosea		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218571	7915544			1049	Terrestrial herb	Azonal Thicket	
340	1664	Analamay	Y	Y			Y					App. 2		Orchidaceae	Polystachya	rosea		Ridl.	CITES; no recent collection from outside study area	Rakotovao	Bosser, 2005 (P)	218713	7915965			1076	Terrestrial herb	Azonal Thicket	
341	53	Analamay	Y	Y			Y					App. 2		Oxalidceae	Biophytum	sp. nov.			CITES; probably a new species, apparently a localised endemic	Razafindrabe	P.B. Philipson, 2005 at P	218877	7916866	18.49.15,7	48.19.57,5	1100	Climbing herbaceous	Azonal Forest	
342	1824	Ambatovy	Y	Y			Y					App. 2		Oxalidceae	Biophytum	sp. nov.			CITES; probably a new species, apparently a localised endemic	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	216490	7913528			1131	Climbing herbaceous	Azonal Thicket	
343	3017	Outside of A&A zones	Y	Y			Y					App. 2		Oxalidceae	Biophytum	sp. nov.			CITES; probably a new species, apparently a localised endemic	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	216884	7918232	18.48.30,2	48.18.50,2	1014	Climbing herbaceous	Moderately Logged Forest	
344	3090	Ambatovy	N	Y			Y					App. 2		Oxalidceae	Biophytum	sp. nov.			CITES; probably a new species, apparently a localised endemic	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	217452	7913444	18.51.06,2	48.19.06,8	?	Climbing herbaceous	Azonal Forest	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
345	32	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Phyllanthaceae	Cleistanthus	sp 1			Possible new species (fide McPherson)	Razanatsoa	G. McPherson, 2005 (MO), at P	219998	7912419	18.51.40,5	48.20.33,2	958	Tree	Moderately Logged Forest
346	69	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Phyllanthaceae	Margaritaria	sp 1.			Possible new species (fide McPherson)	Razanatsoa	G. McPherson, 2005 (MO), at P	214735	7911786	18.51.58,6	48.17.33,4	1012	Bushlike plant	Heavily Logged Forest and Other Disturbances
347	3241	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Phyllanthaceae	Margaritaria	sp 1.			Possible new species (fide McPherson)	Antilahimena	G. McPherson, 2005 (MO), at P	216746	7918263	18.48.29,2	48.18.45,2	1120	Bushlike plant	Moderately Logged Forest
348	3614	Ambatovy	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Margaritaria	sp 1.			Possible new species (fide McPherson)	Antilahimena	G. McPherson, 2005 (MO), at P	217444	7911882	18.51.56,9	48.19.05,9	1020	Bushlike plant	Azonal Forest
349	64	Ambatovy	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Meineckia	orientalis	(Leandri)	G.L. Webster	No recent collections from outside study area	Andriantiana	G. McPherson, 2005 (MO), at P	218004	7912377			1168	Shrub	Azonal Forest
350	1470	Ambatovy	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Meineckia	orientalis	(Leandri)	G.L. Webster	No recent collections from outside study area	Rakotovao	G. McPherson, 2005 (MO), at P	216639	7912886			1082	Shrub	Azonal Thicket Disturbed
351	1584	Ambatovy	N	Y			Y							Phyllanthaceae	Meineckia	orientalis	(Leandri)	G.L. Webster	No recent collections from outside study area	Rakotovao	G. McPherson, 2005 (MO), at P	218082	7912696			1112	Shrub	Azonal Forest Disturbed
352	69?	Analamay	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Meineckia	orientalis	(Leandri)	G.L. Webster	No recent collections from outside study area	Andriamahefarivo	G. McPherson, 2005 (MO), at P	218576	7918634	18.48.18	48.19.48	?	Shrub	Disturbed Azonal (succession I & II)
353	10	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Razanatsoa	G. McPherson, 2005 (MO), at P	219733	7912515	18.51.37,5	48.20.24,4	?	Shrub	Moderately Logged Forest
354	20	Outside of mine LSA	N	N			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Razafindrabe	G. McPherson, 2005 (MO), at P	220896	7806247	19.49.11,7	48.20.08,1	?	Shrub	
355	77	Analamay	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Andriamahefarivo	McPerson, 2005 (MO)	218806	7916666	18.49.22	48.19.55	?	Shrub	Azonal Forest
356	1296	Ambatovy	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Rakotovao	G. McPherson, 2005 (MO), at P	216054	7912682			1122	Shrub	Azonal Forest
357	1418	Ambatovy	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Rakotovao	G. McPherson, 2005 (MO), at P	216054	7912682			1122	Shrub	Azonal Forest
358	1680	Analamay	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Rakotovao	G. McPherson, 2005 (MO), at P	218818	7916196			1050	Shrub	Azonal Thicket
359	2210	?	?	?			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Andriatsiferana	G. McPherson (MO), 1998						Shrub	
360	3016	Outside of A&A zones	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Antilahimena	G. McPherson, 2005 (MO), at P	216884	7918232	18.48.30,2	48.18.50,2	1014	Shrub	Moderately Logged Forest
361	3086	Ambatovy	N	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Antilahimena	G. McPherson, 2005 (MO), at P	217452	7913444	18.51.06,2	48.19.06,8	?	Shrub	Azonal Forest
362	3144	Ambatovy	N	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	Antilahimena	G. McPherson, 2005 (MO), at P	217744	7913637	18.51.00,0	48.19.16,9	1097	Shrub	Azonal Forest
363	17533	Ambatovy	Y	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	matitanensis		Leandri	No recent collections from outside study area	McPherson	G. McPherson (MO), 1998	215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Shrub	Transitional Forest (logged over)
364	1046	Ambatovy	N	Y			Y							Phyllanthaceae	Phyllanthus	moramangicus	(Leandri)	Leandri	No recent collections from outside study area	Ranaivojaona	G. McPherson, 2005 (MO), at P	219226	7912563	18.51.35,5	48.20.07,1	1048	Climbing herbaceous	Azonal Type Transitional Forest Disturbed on Gabbro
365	333	Ambatovy	Y	Y	Y									Phyllanthaceae	Phyllanthus	sp 1			No recent collections from outside study area	Razanatsoa	G. McPherson, 2005 (MO), at P	214359	7913108			?	Shrub	Transitional Forest (logged over)
366	41	?	?	?			Y							Rhamnaceae	Bathiorhamnus	louvelii	(H. Perrier)	Capuron	Taxon under revision, but type from Perinet and taxon very poorly known	Buerki	P.B. Philipson, 2005 at P			?	?	?	Tree	

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
367	1183	Outside of A&A zones	N	Y			Y							Rhamnaceae	Bathiorhamnus	louvelii	(H. Perrier)	Capuron	Taxon under revision, but type from Perinet and taxon very poorly known	Rakotomalaza	P.B. Philipson, 2005 at P	220815	7909994	18.53.00	48.21.00	950	Tree	Marsh Herbaceous Vegetation / Rice Paddies
368	42	?	?	?				Y						Rhamnaceae	Gouania	sp. nov			New species	Buerki	P.B. Philipson, 2005 at P			?	?	?	Liana	
369	1443	Ambatovy	Y	Y				Y						Rhamnaceae	Gouania	sp. nov			New species	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	215972	7912685			1094	Liana	Azonal Forest
370	1862	Outside of A&A zones	N	Y				Y						Rhamnaceae	Gouania	sp. nov			New species	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	218954	7914011			1028	Liana	Moderately Logged Forest
371	2228	?	?	?				Y						Rhamnaceae	Gouania	sp. nov			New species	Andriatsiferana							Liana	
372	3168	Outside of A&A zones	N	Y				Y						Rhamnaceae	Gouania	sp. nov			New species	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	218809	7914373	18.50.36,7	48.19.53,8	996	Liana	Moderately Logged Forest
373	3642	Ambatovy	Y	Y				Y						Rhamnaceae	Gouania	sp. nov			New species	Antilahimena	P.B. Philipson, 2005 at P	217524	7911462	18.52.10,7	48.19.08,5	1078	Liana	Azonal Type Transitional Forest on Gabbro
374	1192	Ambatovy	N	Y					Y					Rubiaceae	Canthium	tamatavense		Cavaco	Only 1 recent collection from outside study area, not from a PA	Rakotomalaza	G. McPherson (MO), 1998	216231	7912573	18.51.34	48.18.25	1050	Shrub	Azonal Forest
375	28394	?	?	?							Y			Rubiaceae	Coffea	liaudii		J.-F. Leroy ex A.P. Davis	No recent collections from outside study area	Service Forestier	A.P. Davis & F. Rakotonasolo, 2000			?	?	?		
376	1061	Ambatovy	Y	Y	Y									Rubiaceae	Coptosperma	sp nov 19			Possible a new species	Rakotomalaza	De Block, 2005 (BR)	216872	7913413	18.51.07	48.18.47	1100	Shrub	Azonal Thicket
377	3217	?	?	?	Y									Rubiaceae	Coptosperma	sp nov 19			Possible a new species	Morat	De Block, 2005 (BR)						Shrub	
378	65	?	?	?							Y			Rubiaceae	Coptosperma	sp nov 36			Possible a new species	Rakotonasolo	De Block, 2005 (BR)			?	?	?	Shrub	
379	133	?	?	?							Y			Rubiaceae	Coptosperma	sp nov. 17			New species (fide P De Block)	Rabenantoandro.J	De Block, 2005 (BR)			?	?	?	Shrub	
380	63	?	?	?							Y			Rubiaceae	Coptosperma	supra-axillare	Hemsl.	Degreef	No recent collections from outside study area	Rakotonasolo	De Block, 2005 (BR)			?	?	?	Shrub	
381	1093	Ambatovy	N	Y			Y							Rubiaceae	Craterispermum	sp. nov			New species (fide A. Davis)	Ranaivojaona	Davis, 2005 (K)	215293	7911872	18.51.56,0	48.17.52,6	1035	Shrub	Transitional Forest (logged over)
382	2148	?	?	?							Y			Rubiaceae	Homolliella	pauciflora, sp. nov. ined.		De Block	New species (fide P. De Block)	Andriatsiferana	De Block, 2005 (BR)			?	?	?	Tree	
383	3224	?	?	?							Y			Rubiaceae	Homolliella	pauciflora, sp. nov. ined.		De Block	New species (fide P. De Block)	Morat	De Block, 2005 (BR)			?	?	?	Tree	
384	54	Analamay	Y	Y			Y							Ruscaceae	Dracaena	sp 3			Probable new species known only from at or near Ambatovy	Razafindrabe	P.B. Phillipson, 2005	219249	7916650	18.49.22,8	48.20.09,8	1083	Shrub	Azonal Forest
385	103	?	?	?			Y							Ruscaceae	Dracaena	sp 3			Probable new species known only from at or near Ambatovy	Ravokatra	P.B. Phillipson, 2005			18.51.26,9	48.18.53,6	?	Shrub	
386	109	?	?	?			Y							Ruscaceae	Dracaena	sp 3			Probable new species known only from at or near Ambatovy	Ravokatra	P.B. Phillipson, 2005			18.49.38,6	48.18.51,5	?	Shrub	
387	119	Ambatovy	Y	Y			Y							Ruscaceae	Dracaena	sp 3			Probable new species known only from at or near Ambatovy	Razanatsoa	P.B. Phillipson, 2005	215100	7913453	18.51.04,6	48.17.46,8	1107	Shrub	Disturbed Azonal (sparse vegetation)
388	3121	Ambatovy	N	Y			Y							Ruscaceae	Dracaena	sp 3			Probable new species known only from at or near Ambatovy	Antilahimena	P.B. Phillipson, 2005	217410	7913421	18.51.07,0	48.19.05,4	1099	Shrub	Azonal Forest
389	1111	Analamay	Y	Y	Y									Sapindaceae	Molinaea	sp nov			Probable new species known only from Ambatovy	Rakotomalaza	P.B. Philipson, 2005 at P	218545	7916451	18.49.29	48.19.46	1050	Shrub	Azonal Forest
390	1264	Analamay	Y	Y	Y									Sapindaceae	Molinaea	sp nov			Probable new species known only from Ambatovy	Rakotovao	P.B. Philipson, 2005 at P	218244	7917483			1121	Shrub	Disturbed Azonal (sparse vegetation)
391	145	Analamay	Y	Y							Y		Yes	Sarcolaenaceae	Leptolaena	abrahamii		G.E. Schatz & Lowry	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent EN status	Andriantiana	Lowry, 2005 (MO)	218659	7915908			1057	Treelet	Azonal Thicket
392	315	Ambatovy	N	Y							Y		Yes	Sarcolaenaceae	Leptolaena	abrahamii		G.E. Schatz & Lowry	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent EN status	Razanatsoa	Lowry, 2005	214556	7913832			?	Treelet	Transitional Forest
393	1068	Ambatovy	Y	Y							Y		Yes	Sarcolaenaceae	Leptolaena	abrahamii		G.E. Schatz & Lowry	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent EN status	Ranaivojaona	Lowry, 2005	215818	7911990	18.51.52,7	48.18.10,4	1059	Treelet	Azonal Forest
394	1518	Analamay	Y	Y							Y		Yes	Sarcolaenaceae	Leptolaena	abrahamii		G.E. Schatz & Lowry	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent EN status	Rakotovao	Lowry, 2005 (MO)	217278	7918096			1068	Treelet	Disturbed Azonal (succession I & II)
395	3143	Ambatovy	N	Y							Y		Yes	Sarcolaenaceae	Leptolaena	abrahamii		G.E. Schatz & Lowry	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent EN status	Antilahimena	Lowry, 2005	217744	7913637	18.51.00,0	48.19.16,9		Tree	Azonal Forest

Appendix V Species of Concern with Geocoordinates

Sort Order	MBG No.	General Area	Collected Species in Mine Footprint	Collected Species in Mine LSA	Priority Species Ranking							CITES	IUCN	Family	Genus	Species	Author		Notes	Collector	Determined by	NAD83 UTM East	NAD83 UTM South	Latitude (S)	Longitude (E)	Altitude (m)	Habit	Map Vegetation Type
					1a	1b	2a	2b	3	4	NR																	
396	3218	?	?	?						Y			Yes	Sarcolaenaceae	Leptolaena	abrahamii		G.E. Schatz & Lowry	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <u>EN status</u>	Morat	G.E. Schatz & P.P. Lowry II, 2001						Tree	
397	17523	Ambatovy	Y	Y						Y			Yes	Sarcolaenaceae	Leptolaena	abrahamii		G.E. Schatz & Lowry	RED LIST; recent collections from 2 PAs; may no longer warrent <u>EN status</u>	McPherson	G.E. Schatz, 2001	215369	7913789	18.50.54	48.17.56	1000	Tree	Transitional Forest (logged over)

APPENDIX VI

PLANT SPECIES POSITIVELY IDENTIFIED FROM THE AMBATOVY/ANALAMAY AREA, WITH FULL LISTING OF SPECIMENS

Appendix VI – Plant species positively identified from the Ambatovy/Analamay area, with full listing of specimens

Acanthaceae

Brachystephanus lyallii

Nees

Antilahimena	3539	
Antilahimena	3562	
McPherson	17514	G. McPherson (MO), 1998
Rakotomalaza	1238	G. McPherson (MO), 1998

Mendoncia cowanii

(S. Moore)

Benoist

McPherson	17517	G. McPherson (MO), 1998
Ranaivojaona	1066	

Mendoncia flagellaris

(Baker)

Benoist

Andriatsiferana	2162	G.E. Schatz (MO), 1998
McPherson	17475	G. McPherson (MO), 1998
Rakotomalaza	1102	G.E. Schatz (MO), 1997

Anacardiaceae

Micronychia tsiramiramy var *minutiflora*

H. Perrier

Rakotomalaza	1254	A. Randrianasolo (MO), 1998
Rakotomalaza	1285	G. McPherson (MO), 1998
Rakotomalaza	1307	P.J. Rakotomalaza, 1997

Protorhus aff. Ditimena

Antilahimena	3300	Randrianasolo, 2005
Antilahimena	3594	Randrianasolo, 2005
Razafindrabe	94	Randrianasolo, 2005

Protorhus ditimena

H. Perrier

Andriamahefarivo	89	Randrianasolo, 2005
Andriatsiferana	2139	G. McPherson (MO), 1998
Andriatsiferana	2528	
Antilahimena	3145	Randrianasolo, 2005
Antilahimena	3649	Randrianasolo, 2005
Antilahimena	3678	Randrianasolo, 2005
McPherson	17481	
Rakotomalaza	1005	Armand Randrianasolo (MO), 1998
Rakotomalaza	1033	Armand Randrianasolo (MO), 1998

			Rakotomalaza	1213	Armand Randrianasolo (MO), 1998
			Rakotomalaza	1266	
			Rakotomalaza	1330	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotomalaza	1331	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotovao	1174	Randrianasolo, 2005
			Rakotovao	1727	Randrianasolo, 2005
			Ranaivojaona	236	
<i>Rhus</i>	<i>taratana</i>	(Baker)	H. Perrier		
			Andriamahefarivo	23	Randrianasolo, 2005
			Andriamahefarivo	46	Randrianasolo, 2005
			Andriamahefarivo	92	
			Andriatsiferana	2147	G.E. Schatz (MO), 1998
			Andriatsiferana	2252	
			Antilahimena	3324	Randrianasolo, 2005
			McPherson	17463	
			Rakotomalaza	975	
			Rakotovao	1175	
			Ranaivojaona	1008	Randrianasolo, 2005
			Ranaivojaona	1080	Randrianasolo, 2005
			Ranaivojaona	1119	Randrianasolo, 2005
			Razanatsoa	222	Lowry, 2005
			Razanatsoa	30	Randrianasolo, 2005
			Razanatsoa	323	Randrianasolo, 2005
Annonaceae					
<i>Xylopia</i>	<i>flexuosa</i>		Diels		
			Andriatsiferana	2184	
			Rakotomalaza	1145	P.-J. Rakotomalaza, 1998
Aphloiaceae					
<i>Aphloia</i>	<i>theiformis</i>	(Vahl)	Benn.		
			Andriatsiferana	2286	
			Andriatsiferana	2350	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1118	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1218	
			Ranaivojaona	1002	Antilahimena, 2005 at P

Apiaceae

Sanicula elata

Buch.-Ham. ex D. Don
Rakotomalaza 1162 !F.Sales & I.Hedge (E), 2002

Apocynaceae

Craspidospermum verticillatum

Bojer ex A. DC.
Andriamahefarivo 66 Lalao, 2005
Andriatsiferana 2482
Antilahimena 3011 Lalao, 2005
Antilahimena 3470 Lalao, 2005
Antilahimena 3651 Lalao, 2005
Rakotomalaza 1120 G.E. Schatz (MO), 1998
Rakotomalaza 987 G.E. Schatz (MO), 1997
Rakotovao 1259 Lalao, 2005
Rakotovao 1291 Andriamahefarivo, 2005 at P
Rakotovao 1485 Andriamahefarivo, 2005 at P
Rakotovao 1593 Andriamahefarivo, 2005 at P
Rakotovao 1672 Andriamahefarivo, 2005 at P
Ranaivojaona 1102 Lalao, 2005
Razanatsoa 273 Lalao, 2005
Razanatsoa 339 Antilahimena, 2005 at P

Oncinotis tomentella

Radlk.
Antilahimena 3260 Antilahimena, 2005 at P
McPherson 17510 G. McPherson (MO), 1998

Petchia cryptophlebia (Baker)

Leeuwenb.
Service Forestier
Service Forestier 28390 A.J.M. Leeuwenberg (WAG), 1997
Service Forestier 28390

Plectaneia thouarsii

Roem. & Schult.
Andriamahefarivo 83 Antilahimena, 2005 at P
Antilahimena 3431 Antilahimena, 2005 at P
Antilahimena 3472 Antilahimena, 2005 at P
Morat 3891 A.J.M. Leeuwenberg, 1997
Morat 3892 A.J.M. Leeuwenberg, 1997

			Morat	3892	
			Morat	3892	
			Ranaivojaona	1116	
			Razanatsoa	140	Antilahimena, 2005 at P
<i>Tabernaemontana retusa</i>		(Lam.)	Palacky		
			Razanatsoa	60	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Voacanga</i>	<i>thouarsii</i>		Roem. & Schult.		
			Andriatsiferana	2084	
			Andriatsiferana	2180	G.E. Schatz (MO), 1998
Aquifoliaceae					
<i>Ilex</i>	<i>mitis</i>	(L.)	Radlk.		
			Andriatsiferana	2061	
			Andriatsiferana	2505	
			Antilahimena	3417	
			McPherson	17506	G. McPherson (MO), 1998
			Razanatsoa	28	Antilahimena, 2005 at P
Araceae					
<i>Pothos</i>	<i>scandens</i>		L.		
			Andriatsiferana	2122A	G. McPherson (MO), 1998
			Antilahimena	3646	
Araliaceae					
<i>Gastonia</i>	<i>duplicata</i>		Thouars ex Baill.		
			Rakotomalaza	1141	G.E. Schatz (MO), 1998
			Rakotomalaza	1314	P.P. Lowry II, 2003
<i>Polyscias</i>	<i>abrahamiana</i>	ined.			
			Antilahimena	3489	Lowry, 2005
			Rakotovao	1227	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1634	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1667	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1691	Lowry, 2005
			Rakotovao	1730	Lowry, 2005 (MO)
<i>Polyscias</i>	<i>bernardiana</i>	ined.			

			Antilahimena	3075	Lowry, 2005
			Antilahimena	3291	Lowry, 2005 (MO)
			Antilahimena	3371	Lowry, 2005
			Antilahimena	3727	Lowry, 2005
			Razafindrabe	65	Lowry, 2005
<i>Polyscias</i>	<i>fraxinifolia</i>	(Baker)	Harms		
			Rakotomalaza	1050	P.P. Lowry (MO), 1998
<i>Polyscias</i>	<i>madagascariensi</i>	(Seem.)	Harms		
			Rakotovao	1564	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1676	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1704	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1717	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1828	Lowry, 2005 (MO)
<i>Polyscias</i>	<i>orientalis</i>	ined.			
			Andriantiana	100	Lowry, 2005 (MO)
			Andriantiana	144	Lowry, 2005 (MO)
			Andriantiana	7	Lowry, 2005
			Antilahimena	3057	Lowry, 2005
			Antilahimena	3282	Lowry, 2005
			Rakotovao	1185	Lowry, 2005
			Rakotovao	1581	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1721	Lowry, 2005 (MO)
			Razafindrabe	87	Lowry, 2005
			Razafindrabe	93	Lowry, 2005
<i>Polyscias</i>	<i>ornifolia</i>	(Baker)	Harms		
			Andriamahefarivo	127	Lowry, 2005
			Andriantiana	18	P. Lowry (P)
			Morat	3239	L. Bernardi (G), 1971-1979
			Morat	3298	L. Bernardi (G), 1971-1979
			Rakotomalaza	1310	P.P. Lowry II (MO), 1998
			Rakotovao	1786	Lowry, 2005 (MO)
			Razanatsoa	219	Lowry, 2005
<i>Polyscias</i>	<i>pentamera</i>	(Baker)	Harms		

			Andriantiana	116	Lowry, 2005 (MO)
			Andriatsiferana	2096	P.P. Lowry (MO), 1998
			Antilahimena	3132	Lowry, 2005
			Antilahimena	3205	Lowry, 2005
			Antilahimena	3372	Lowry, 2005
			Antilahimena	3570	Lowry, 2005 (MO)
			Antilahimena	3640	Lowry, 2005
			Antilahimena	3674	Lowry, 2005 (MO)
			McPherson	17519	P.P. Lowry II, 1999
			Morat	3233	L. Bernardi (G), 1971
			Rakotomalaza	1094	P.P. Lowry (MO), 1998
			Rakotomalaza	1134	P.P. Lowry (MO), 1998
			Rakotomalaza	1144	P.P. Lowry (MO), 1998
			Rakotovao	1293	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1399	Lowry, 2005
			Rakotovao	1469	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1612	Lowry, 2005
			Rakotovao	1838	Lowry, 2005
			Ranaivojaona	1025	Lowry, 2005
			Ranaivojaona	986	Lowry, 2005 (MO)
			Razanatsoa	297	Lowry, 2005 (MO)
<i>Polyscias</i>	<i>tennantii</i>		Bernardi		
			McPherson	17504	P.P. Lowry II, 2003
			Rakotovao	1402	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1506	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1587	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1648	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1761	Lowry, 2005 (MO)
			Rakotovao	1842	Lowry, 2005
			Razafindrabe	10	Lowry, 2005 (MO)
			Razafindrabe	9	Lowry, 2005 (MO)
			Razanatsoa	298	Lowry, 2005 (MO)
<i>Polyscias</i>	<i>zanthoxyloides</i>	(Baker)	Harms		
			Andriatsiferana	2175	P.P. Lowry (MO), 1998
			Andriatsiferana	2242	P.P. Lowry II (MO), 1998

		McPherson	17536	P. Lowry (MO), 1998
		Rakotomalaza	1036	
		Rakotomalaza	1268	P.-J. Rakotomalaza, 1998
		Service Forestier	28379	L. Bernardi (G), 1971-1979

Areaceae

Dypsis *nodifera*

Mart.		
Andriatsiferana	2090	P.-J. Rakotomalaza, 1998
Rakotomalaza	1069	G. McPherson (MO), 1998
Rakotomalaza	1195	G. McPherson (MO), 1998

Asclepiadaceae

Cynanchum *moramangense*

Choux		
Rakotomalaza	1202	W.D. Stevens (MO), 1998

Cynanchum *repandum* (Decne.)

K. Schum.		
McPherson	17503	W.D. Stevens (MO), 1998

Secamone *marsupiata*

Klack.		
McPherson	17532	J. Klackenberg

Secamone *oleaefolia*

Decne.		
Andriamahefarivo	51	
Antilahimena	3031	
Antilahimena	3119	
Rakotomalaza	1025	W.D. Stevens (MO), 1998
Ranaivojaona	1128	

Asparagaceae

Asparagus *simulans*

Baker		
Antilahimena	3097	P.B. Philipson, 2005 at P
Antilahimena	3399	P.B. Phillipson, 2005 at P
Phillipson	5772	P.B. Philipson, 2005 at P
Rakotovao	1255	P.B. Philipson, 2005 at P
Rakotovao	1328	P.B. Philipson, 2005 at P
Rakotovao	1867	P.B. Philipson, 2005 at P
Razafindrabe	81	P.B. Philipson, 2005 at P

Asteraceae

<i>Acmella</i>	<i>caulirhiza</i>	Delile	Rakotovao	1251	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Apodocephala</i>	<i>pauciflora</i>	Baker	Andriamahefarivo	19	Antilahimena, 2005 at P
			Andriatsiferana	2271	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Antilahimena	3036	Antilahimena, 2005 at P
<i>Brachylaena</i>	<i>merana</i>	(Baker)	Humbert		
			Andriatsiferana	2068	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Antilahimena	3041	Antilahimena, 2005 at P
			Razanatsoa	47	Antilahimena, 2005 at P
<i>Centauroopsis</i>	<i>antanossi</i>	(Scott-Elliot)	Humbert		
			Rakotomalaza	1060	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1250	
<i>Emilia</i>	<i>adscendens</i>	DC.	Andriatsiferana	2131	P.-J. Rakotomalaza
<i>Emilia</i>	<i>citrina</i>	DC.	Andriamahefarivo	102	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	124	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Emilia</i>	<i>humifusa</i>	DC.	Razafindrabe	31	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Emilia</i>	<i>integrifolia</i>	Baker	Andriamahefarivo	110	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3462	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	123	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Ethulia</i>	<i>conyzoides</i>	L. f.	Andriatsiferana	2119	P.-J. Rakotomalaza
<i>Helichrysum</i>	<i>ambondrombeen</i>	Humbert	Rakotovao	1343	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Helichrysum</i>	<i>bracteiferum</i>	(DC.)	Humbert		
			Andriamahefarivo	34	P.B. Philipson, 2005 at P

<i>Helichrysum</i>	<i>retrosum</i>		DC.		
			Andriamahefarivo	35	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriamahefarivo	64	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriantiana	119	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3434	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1361	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1794	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1132	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	128	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Inula</i>	<i>speciosa</i>	(DC.)	O. Hoffm.		
			Antilahimena	3571	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Oliganthes</i>	<i>lanuginosa</i>	(Bojer ex DC.)	Humbert		
			Ranaivojaona	228	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Oliganthes</i>	<i>meranoides</i>		Humbert		
			Andriantiana	138	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriatsiferana	2525	
			Morat	3222	R. Ranaivojaona, 2002
			Rakotomalaza	1272	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotovao	1260	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1651	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1787	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	238	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Senecio</i>	<i>beguei</i>		Humbert		
			Rakotomalaza	1023	P.-J. Rakotomalaza
<i>Senecio</i>	<i>myricaefolius</i>	(Bojer ex DC.)	Humbert		
			Andriatsiferana	2274	
			Rakotomalaza	1043	P.-J. Rakotomalaza
			Rakotovao	1182	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1791	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Vernonia</i>	<i>alleizettei</i>		Humbert		
			Rakotomalaza	1071	G. McPherson (MO), 1998
<i>Vernonia</i>	<i>rubicunda</i>		Klatt		

Asteropeiaceae

Asteropeia mcphersonii

Andriatsiferana 2213 G. McPherson (MO), 1998

G.E. Schatz, Lowry & A.-

Andriantiana	166	Lowry, 2005 (MO)
Antilahimena	3530	Lowry, 2005 (MO)
McPherson	17473	G.E. Schatz, 1999
McPherson	17528	
McPherson	17528	Schatz, Lowry & Wolf, 1999, TYPE
Morat	3221	G.E. Schatz, Lowry & A.-E. Wolf, 1999
Rabenantoandro.J	136	
Rakotovao	1265	Lowry, 2005 (MO)
Rakotovao	1468	Lowry, 2005 (MO)
Rakotovao	1653	Lowry, 2005 (MO)
Rakotovao	1742	Lowry, 2005 (MO)
Rakotovao	1785	Lowry, 2005 (MO)
Ranaivojaona	1135	Lowry, 2005 (MO)
Razanatsoa	111	Lowry, 2005 (MO)

Asteropeia rhopaloides

(Baker)

Baill.

Andriamahefarivo	62	Lowry, 2005 (MO)
Antilahimena	3062	Lowry, 2005 (MO)
Antilahimena	3123	Lowry, 2005 (MO)
Antilahimena	3325	Lowry, 2005 (MO)
Rakotomalaza	990	G.E. Schatz, 1999
Rakotomalaza	999	G.E. Schatz, 1999
Rakotovao	1460	Lowry, 2005 (MO)

Balsaminaceae

Impatiens formula

Baker

Andriamahefarivo	39	Fischer, 2005 at P
Andriatsiferana	2212	G. McPherson (MO), 1998
Antilahimena	3044	Fischer, 2005 at P
Antilahimena	3089	Fischer, 2005 at P
Antilahimena	3193	Fischer, 2005 at P
Antilahimena	3268	Fischer, 2005 at P
Antilahimena	3288	Fischer, 2005 at P

			Antilahimena	3306	Fischer, 2005 at P
			Antilahimena	3426	Fischer, 2005 at P
			Antilahimena	3583	Fischer, 2005 at P
			Rakotomalaza	1030	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotovao	1178	Fischer, 2005 at P
			Rakotovao	1277	Fischer, 2005 at P
			Rakotovao	1448	Fischer, 2005 at P
			Rakotovao	1562	Fischer, 2005 at P
			Rakotovao	1788	Fischer, 2005 at P
			Rakotovao	1807	Fischer, 2005 at P
			Ranaivojaona	1090	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	163	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	197	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	284	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	87	Fischer, 2005 at P
<i>Impatiens</i>	<i>manaharensis</i>		Baill.		
			Andriatsiferana	2082	P.-J. Rakotomalaza, 1998
Bignoniaceae					
<i>Ophiocolea</i>	<i>floribunda</i>	(Bojer ex Lindl.)	H. Perrier		
			Rakotomalaza	1077	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Stereospermum</i>	<i>arcuatum</i>		H. Perrier		
			Andriatsiferana	2336	P.J. Rakotomalaza, 1998
Burseraceae					
<i>Canarium</i>	<i>madagascariense</i>		Engl.		
			Andriatsiferana	2140	
			Rakotomalaza	1108	G.E. Schatz (MO), 1998
Cactaceae					
<i>Rhipsalis</i>	<i>baccifera</i>	(J.S. Muell.)	Stearn		
			Andriamahefarivo	69	Lalao, 2005
			Andriantiana	164	Lalao, 2005
			Andriatsiferana	2101	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Andriatsiferana	2179	
			Antilahimena	3170	Andriamahefarivo, 2005 at P

		Rakotovao	1483	Andriamahefarivo, 2005 at P
		Rakotovao	1772	Lalao, 2005
		Razanatsoa	118	Lalao, 2005
		Razanatsoa	43	Lalao, 2005
Campanulaceae				
<i>Lobelia</i>	<i>agrestis</i>	E. Wimm.		
		Andriatsiferana	2118	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Lobelia</i>	<i>serpens</i>	Lam.		
		Andriatsiferana	2125	G. McPherson (MO), 1998
<i>Wahlenbergia</i>	<i>madagascariensi</i>	A. DC.		
		Antilahimena	3706	P.B. Philipson, 2005 at P
Celastraceae				
<i>Brexia</i>	<i>montana</i>	H. Perrier		
		Rakotomalaza	1205	G.E. Schatz (MO), 1998
		Rakotovao	1390	
<i>Brexiella</i>	<i>illicifolia</i>	H. Perrier		
		Antilahimena	3251	R. Archer, 2005 at P
		Ranaivojaona	985	R. Archer, 2005 at P
<i>Elaeodendron</i>	<i>alluaudianum</i>	H. Perrier		
		Andriatsiferana	2241	G. McPherson (MO), 1998
		Andriatsiferana	2262	
		Rakotomalaza	1070	G. McPherson (MO), 1998
		Rakotomalaza	1282	P.J. Rakotomalaza, 1997
<i>Elaeodendron</i>	<i>micranthum</i>	Tul.		
		Andriamahefarivo	27	R. Archer, 2005 at P
		Antilahimena	3043	R. Archer, 2005 at P
		Antilahimena	3171	R. Archer, 2005 at P
		Rakotovao	1404	Archer, 2005 (PRE)
		Rakotovao	1473	Archer, 2005 (PRE)
		Rakotovao	1683	R. Archer, 2005 at P
		Razafindrabe	79	R. Archer, 2005 at P
		Razanatsoa	215	R. Archer, 2005 at P

<i>Hartogiopsis</i>	<i>trilobocarpa</i>	(Baker)	H. Perrier		
			Antilahimena	3080	Archer, 2005 (PRE)
			Antilahimena	3334	Archer, 2005 (PRE)
			Antilahimena	3433	R. Archer, 2005 at P
			Antilahimena	3458	R. Archer, 2005 at P
			Phillipson	5769	R. Archer, 2005 at P
			Rakotomalaza	1189	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1259	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1278	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotovao	1215	R. Archer, 2005 at P
			Rakotovao	1383	R. Archer, 2005 at P
			Rakotovao	1432	Archer, 2005 (PRE)
			Rakotovao	1659	Archer, 2005 (PRE)
			Ranaivojaona	1005	
			Ranaivojaona	1108	R. Archer, 2005 at P
<i>Mystroxydon</i>	<i>aethiopicum</i>	(Thunb.)	Loes.		
			Andriamahefarivo	4	R. Archer, 2005 at P
			Antilahimena	3313	R. Archer, 2005 at P
			Razanatsoa	195	
<i>Polycardia</i>	<i>phyllanthoides</i>	(Lam.)	DC.		
			Andriamahefarivo	84	R. Archer, 2005 at P
			Andriatsiferana	2557	
			Rakotomalaza	1114	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Salacia</i>	<i>sp. indet</i>				
			Antilahimena	3199	R. Archer, 2005 at P
			Razafindrabe	37	R. Archer, 2005 at P
Clusiaceae					
<i>Calophyllum</i>	<i>drouhardii</i>		H. Perrier		
			Andriamahefarivo	108	Antilahimena, 2005 at P
			Rakotomalaza	1039	P.-J. Rakotomalaza
			Rakotomalaza	1158	G. McPherson (MO), 1998
<i>Calophyllum</i>	<i>milvum</i>		P.F. Stevens		
			Andriamahefarivo	61	

			Rakotomalaza	1029	
			Rakotomalaza	982	P.-J. Rakotomalaza
<i>Garcinia</i>	<i>orthoclada</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2113	G. McPherson & G.E. Schatz (MO), 1998
			Andriatsiferana	2185	G. McPherson & G.E. Schatz (MO), 1998
			Andriatsiferana	2198	
			Antilahimena	3099	
			Antilahimena	3197	
			Antilahimena	3198	
			Antilahimena	3206	
			Antilahimena	3263	
			Antilahimena	3315	
			Antilahimena	3425	
			Antilahimena	3430	
			Antilahimena	3485	
			Antilahimena	3486	
			Antilahimena	3724	
			Rakotomalaza	1057	G. McPherson & G.E. Schatz (MO), 1998
			Rakotomalaza	985	G. McPherson & G.E. Schatz (MO), 1998
			Rakotovao	1229	
			Rakotovao	1598	
			Ranaivojaona	1154	
			Ranaivojaona	1155	
			Razanatsoa	177	
			Razanatsoa	262	
<i>Garcinia</i>	<i>parvulus</i>	(H. Perrier)	comb. ined.		
			Rakotomalaza	1281	P. Sweeney (MO), 2003
<i>Garcinia</i>	<i>verrucosa</i>		Jum. & H. Perrier		
			Ranaivojaona	1092	Lalao, 2005
<i>Harungana</i>	<i>madagascariensi</i>		Lam. ex Poir.		
			Rakotovao	1812	
			Razanatsoa	147	Lalao, 2005
			Razanatsoa	189	Lalao, 2005
<i>Ochrocarpos</i>	<i>orthocladus</i>	(Baker)	H. Perrier		

			Rakotomalaza	1329	P. Sweeney, 8/2003
<i>Psorospermum</i>	<i>androsaemifolium</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2337	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Andriatsiferana	2340	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotovao	1286	
			Razanatsoa	96	
<i>Psorospermum</i>	<i>ferrovestitum</i>		Baker		
			Andriamahefarivo	24	Lalao, 2005
			Andriamahefarivo	54	Lalao, 2005
			Andriantiana	25	Lalao, 2005
			Antilahimena	3027	Lalao, 2005
			Antilahimena	3374	Lalao, 2005
			Antilahimena	3395	Lalao, 2005
			Antilahimena	3574	
			Antilahimena	3728	
			Antilahimena	3741	Lalao, 2005
			Rakotovao	1428	Lalao, 2005
			Rakotovao	1519	Lalao, 2005
			Rakotovao	1706	
			Ranaivojaona	997	Lalao, 2005
			Razafindrabe	78	Lalao, 2005
			Razanatsoa	261	Lalao, 2005
			Razanatsoa	269	Lalao, 2005
			Razanatsoa	29	Lalao, 2005
<i>Psorospermum</i>	<i>molluscum</i>	(Pers.)	Hochr.		
			Rakotomalaza	1009	G. McPherson (MO), 1998
<i>Psorospermum</i>	<i>trichophyllum</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2072	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1019	
<i>Symphonia</i>	<i>fasciculata</i>	(Noronha ex Thouars)	Vesque		
			Andriatsiferana	2062	P.-J. Rakotomalaza
			Andriatsiferana	2508	
<i>Symphonia</i>	<i>microphylla</i>	(Hils. & Bojer ex	Benth. & Hook. f. ex		

			McPherson	17484	G. McPherson (MO), 1998
<i>Symphonia</i>	<i>pauciflora</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2159	
			Antilahimena	3666	
			Rakotomalaza	1208	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotovao	1394	
			Rakotovao	1586	
			Rakotovao	1613	
			Razanatsoa	38	
Combretaceae					
<i>Terminalia</i>	<i>rufovestita</i>		Capuron		
			Andriatsiferana	2163	
			Rakotomalaza	1324	McPherson, 2001
Commelinaceae					
<i>Cyanotis</i>	<i>nodiflora</i>		Kunth		
			Andriatsiferana	2135	P.-J. Rakotomalaza
Connaraceae					
<i>Cnestis</i>	<i>polyphylla</i>		Lam.		
			Andriatsiferana	2334	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Antilahimena	3074	Antilahimena, 2005 at P
Cornaceae					
<i>Alangium</i>	<i>grisolleoides</i>		Capuron		
			McPherson	17513	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1187	
			Rakotomalaza	1295	P.J. Rakotomalaza, 1997
Crassulaceae					
<i>Kalanchoe</i>	<i>campanulata</i>	(Baker)	Baill.		
			Andriatsiferana	2197	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
<i>Kalanchoe</i>	<i>peltata</i>	(Baker)	Baill.		
			Razafindrabe	45	P.B. Philipson, 2005 at P
Cunoniaceae					

<i>Weinmannia</i>	<i>rutenbergii</i>	Engl.		
		Andriamahefarivo	31	Antilahimena, 2005 at P
		Andriatsiferana	2137	P.-J. Rakotomalaza
		Andriatsiferana	2227	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
		Antilahimena	3301	Antilahimena, 2005 at P
		Antilahimena	3314	Antilahimena, 2005 at P
		Antilahimena	3388	Antilahimena, 2005 at P
		Antilahimena	3488	Antilahimena, 2005 at P
		McPherson	17497	G. McPherson (MO), 1998
		McPherson	17537	
		Phillipson	5763	Antilahimena, 2005 at P
		Rakotomalaza	970	
		Rakotomalaza	972	
		Rakotovao	1372	Antilahimena, 2005 at P
		Rakotovao	1530	Antilahimena, 2005 at P
		Ranaivojaona	1110	Antilahimena, 2005 at P
		Razanatsoa	188	Antilahimena, 2005 at P
Cyatheaceae				
<i>Cyathea</i>	<i>decrescens</i>	Mett.		
		McPherson	17505	G. McPherson (MO), 1998
<i>Cyathea</i>	<i>dregei</i>	Kunze		
		Andriatsiferana	2108	P.-J. Rakotomalaza
<i>Cyathea</i>	<i>serratifolia</i>	Baker		
		McPherson	17508	G. McPherson (MO), 1998
Cyperaceae				
<i>Carex</i>	<i>sphaerogyna</i>	Baker		
		Andriatsiferana	2081	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Cyperus</i>	<i>longifolius</i>	Poir.		
		Rakotomalaza	1236	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Cyperus</i>	<i>rufostriatus</i>	C.B. Clarke ex Cherm.		
		Rakotomalaza	1235	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Eleocharis</i>	<i>fistulosa</i>	Link		

			Andriatsiferana	2124	G. McPherson (MO), 1998
<i>Pycreus</i>	<i>ferrugineus</i>	(Poir.)	C.B. Clarke		
			Andriatsiferana	2214	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
<i>Scleria</i>	<i>madagascariensi</i>		Boeck.		
			Andriatsiferana	2203	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
Dichapetalaceae					
<i>Dichapetalum</i>	<i>chlorinum</i>	(Tul.)	Engl.		
			Andriatsiferana	2358	P.J. Rakotomalaza, 1998
<i>Dichapetalum</i>	<i>leucosia</i>	(Spreng.)	Engl.		
			Andriantiana	114	
			Andriatsiferana	2342	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Ranaivojaona	1032	
			Ranaivojaona	1061	
			Ranaivojaona	1144	
			Razanatsoa	319	
Dilleniaceae					
<i>Hibbertia</i>	<i>coriacea</i>	(Pers.)	Baill.		
			Andriamahefarivo	60	Antilahimena, 2005 at P
			Andriatsiferana	2248	
			Antilahimena	3029	Antilahimena, 2005 at P
			Rakotomalaza	1026	
			Rakotomalaza	1284	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotovao	1809	Antilahimena, 2005 at P
			Ranaivojaona	1115	Antilahimena, 2005 at P
Ebenaceae					
<i>Diospyros</i>	<i>haplostylis</i>		Boivin ex Hiern		
			Andriatsiferana	2231	
			Andriatsiferana	2515	
			Rakotomalaza	1204	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotovao	1490	
<i>Diospyros</i>	<i>sphaerosepala</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2221	

				Rakotomalaza	1206	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Maba</i>	<i>montigena</i>			H. Perrier		
				Andriatsiferana	2075	P.-J. Rakotomalaza, 1998
				Rakotomalaza	1159	
Elaeocarpaceae						
<i>Elaeocarpus</i>	<i>subserratus</i>			Baker		
				Rakotomalaza	1049	P.-J. Rakotomalaza
				Rakotomalaza	1216	
<i>Sloanea</i>	<i>rhodantha</i>		(Baker)	Capuron		
				Antilahimena	3382	
				Rakotomalaza	1337	P.J. Rakotomalaza, 1997
Ericaceae						
<i>Agauria</i>	<i>polyphylla</i>			Baker		
				Rakotomalaza	1297	P.J. Rakotomalaza, 1997
<i>Erica</i>	<i>cryptoclada</i>		(Baker)	Dorr & E.G.H. Oliv.		
				Rakotomalaza	1011	L.J. Dorr (US), 1998
<i>Vaccinium</i>	<i>emirnense</i>			Hook.		
				Andriamahefarivo	30	
				Andriamahefarivo	80	
				Andriatsiferana	2192	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
				Andriatsiferana	2202	
				Andriatsiferana	2255	
				Rakotomalaza	1014	
				Ranaivojaona	1106	
Erythroxylaceae						
<i>Erythroxylum</i>	<i>ferrugineum</i>	fo	<i>myrtoide</i>	(Bojer)		
				H. Perrier		
				Rakotomalaza	1296	P.J. Rakotomalaza, 1997
<i>Erythroxylum</i>	<i>pervillei</i>			Baill.		
				Andriatsiferana	2247	P.J. Rakotomalaza, 1998
<i>Erythroxylum</i>	<i>pyrifolium</i>			Baker		
				Andriatsiferana	2095	P.-J. Rakotomalaza, 1998

		Andriatsiferana	2153	P.-J. Rakotomalaza
		Andriatsiferana	2188	
		Rakotomalaza	1131	
<i>Erythroxylum</i>	<i>sphaeranthum</i>	H. Perrier		
		Andriatsiferana	2331	P.J. Rakotomalaza, 1998
		Rakotomalaza	1251	
Euphorbiaceae				
<i>Acalypha</i>	<i>filiformis</i>	Poir.		
		Andriamahefarivo	9	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3220	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Ranaivojaona	1038	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Amyrea</i>	<i>humbertii</i>	Leandri		
		Antilahimena	3155	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Rakotomalaza	1124	G.E. Schatz (MO), 1998
		Rakotomalaza	1293	P.J. Rakotomalaza, 1997
		Rakotovao	1320	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Rakotovao	1843	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Claoxylon</i>	<i>perrieri</i>	Leandri		
		Rakotovao	1339	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Rakotovao	1615	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Claoxyloopsis</i>	<i>perrieri</i>	Leandri		
		Antilahimena	3560	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Claoxyloopsis</i>	<i>purpurascens</i>	Radcl.-Sm.		
		Antilahimena	3233	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Croton</i>	<i>alceicornu</i>	Radcl.-Sm.		
		Rakotomalaza	1220	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
		Rakotomalaza	1220	
<i>Croton</i>	<i>humbertii</i>	Leandri		
		Andriantiana	15	P.E. Berry, 2005
		Antilahimena	3050	P.E. Berry, 2005
		Antilahimena	3147	P.E. Berry, 2005

<i>Croton</i>	<i>lepidotoides</i>	Radcl.-Sm. ined.		
		Antilahimena	3323	P.E. Berry, 2005
		Rakotomalaza	1024	
		Rakotomalaza	1024	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
		Rakotovao	1801	P.E. Berry, 2005
		Ranaivojaona	1101	P.E. Berry, 2005
		Razanatsoa	113	P.E. Berry, 2005
<i>Croton</i>	<i>lichenisilvae</i>	Razanatsoa	187	P.E. Berry, 2005
		Leandri		
		Andriamahefarivo	81	P.E. Berry, 2005
		Morat	3200	
		Morat	3220	
		Morat	3226	
		Rakotomalaza	1022	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
		Rakotovao	1702	P.E. Berry, 2005
		Ranaivojaona	1120	P.E. Berry, 2005
<i>Croton</i>	<i>macrobuxus</i>	Razafindrabe	8	P.E. Berry, 2005
		Baill.		
		Rakotomalaza	1149	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
		Rakotomalaza	1194	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
		Rakotomalaza	1194	
<i>Croton</i>	<i>nitidulus</i>	Rakotomalaza	1194	
		Baker		
		Andriamahefarivo	42	P.E. Berry, 2005
		Andriamahefarivo	67	P.E. Berry, 2005
		Antilahimena	3019	P.E. Berry, 2005
		Antilahimena	3040	P.E. Berry, 2005
		Antilahimena	3118	P.E. Berry, 2005
		Antilahimena	3148	P.E. Berry, 2005
		Antilahimena	3152	P.E. Berry, 2005
		Antilahimena	3528	P.E. Berry, 2005
		Rakotomalaza	1021	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
		Rakotomalaza	1021	
		Rakotovao	1363	P.E. Berry, 2005

		Rakotovao	1406	P.E. Berry, 2005
		Rakotovao	1458	P.E. Berry, 2005
		Razanatsoa	165	P.E. Berry, 2005
<i>Croton</i>	<i>sp nov.</i>			
		Antilahimena	3581	P.E. Berry, 2005
<i>Croton</i>	<i>sp nov. cf.</i>			
		Rakotomalaza	1138	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
		Rakotomalaza	1138	P.E. Berry, 2005
		Rakotomalaza	1217	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
		Rakotomalaza	1217	P.E. Berry, 2005
		Rakotovao	1748	P.E. Berry, 2005
		Ranaivojaona	1022	P.E. Berry, 2005
		Razanatsoa	24	P.E. Berry, 2005
		Razanatsoa	55	P.E. Berry, 2005
<i>Euphorbia</i>	<i>bakeriana</i>	Baill.		
		Andriamahefarivo	94	Haevermans, 2005 (P)
		Antilahimena	3049	Haevermans, 2005 (P)
		Antilahimena	3125	Haevermans, 2005 (P)
		Antilahimena	3249	Haevermans, 2005 (P)
		Antilahimena	3327	Haevermans, 2005 (P)
		Antilahimena	3650	Haevermans, 2005 (P)
		Rakotovao	1558	Haevermans, 2005 (P)
		Ranaivojaona	1034	Haevermans, 2005 (P)
		Ranaivojaona	1062	Haevermans, 2005 (P)
		Ranaivojaona	1082	Haevermans, 2005 (P)
		Ranaivojaona	1141	Haevermans, 2005 (P)
		Razanatsoa	89	Haevermans, 2005 (PRE)
<i>Euphorbia</i>	<i>rangovalensis</i>	Leandri		
		Antilahimena	3750	Haevermans, 2005 (P)
		Antilahimena	3751	Haevermans, 2005 (P)
		Service Forestier	28375	
		Service Forestier	28375	
		Service Forestier	28375	
		Service Forestier	28375	

<i>Euphorbia</i>	<i>tetraptera</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2493	
			Rakotomalaza	1083	
			Rakotomalaza	1083	
			Rakotomalaza	1083	
			Rakotomalaza	1299	P.J. Rakotomalaza, 1997
<i>Excoecaria</i>	<i>goudotiana</i>	(Baill.)	Müll. Arg.		
			Antilahimena	3185A	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotomalaza	1228	V. Malecot (P), 1998
<i>Lobanilia</i>	<i>bakeriana</i>	(Baill.)	Radcl.-Sm.		
			Antilahimena	3047	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotomalaza	1085	G. McPherson (MO), 1998
			Razafindrabe	41	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Macaranga</i>	<i>ankafinensis</i>		Baill.		
			Andriantiana	2	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Andriatsiferana	2158	G. McPherson (MO), 1998
			Antilahimena	3094	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3100	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3527	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotomalaza	1034	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1256	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1287	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotovao	1216	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1617	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1729	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Ranaivojaona	1026	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razafindrabe	39	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Macaranga</i>	<i>boutonioides</i>		Baill.		
			Rakotomalaza	1161	G. McPherson (MO), 1998
<i>Macaranga</i>	<i>oblongifolia</i>		Baill.		
			Andriatsiferana	2332	P.J. Rakotomalaza, 1998
<i>Mallotus</i>	<i>capuronii</i>	(Leandri)	McPherson		

			Antilahimena	3510	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotomalaza	1105	G.E. Schatz (MO), 1998
			Rakotomalaza	1260	G.E. Schatz (MO), 1998
			Rakotomalaza	1269	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotovao	1303	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1728	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razafindrabe	96	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Mallotus</i>	<i>spinulosus</i>		McPherson		
			Andriamahefarivo	47	McPerson, 2005 (MO)
			Andriatsiferana	2250	G. McPherson (MO), 1998
			Andriatsiferana	2287	G. McPherson (MO), 1998
			Antilahimena	3665	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			McPherson	17461	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1196	G.E. Schatz (MO), 1998
			Rakotomalaza	1258	G.E. Schatz (MO), 1998
			Rakotovao	1183	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1461	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1614	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1701	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razafindrabe	77	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Omphalea</i>	<i>oppositifolia</i>	(Willd.)	L.J. Gillespie		
			Andriamahefarivo	2	McPerson, 2005 (MO)
			Andriamahefarivo	78	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Andriatsiferana	2183	G.E. Schatz (MO), 1998
			Antilahimena	3296	
			Antilahimena	3370	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3680	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1692	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1860	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razafindrabe	6	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Orfilea</i>	<i>coriacea</i>		Baill.		
			Andriatsiferana	2519	
			Antilahimena	3596	Mc Person, 2005 (MO)
			Antilahimena	3597	G. McPherson, 2005 (MO), at P

			McPherson	17489	G. McPherson (MO), 1998
<i>Suregada</i>	<i>adenophora</i>		Baill.		
			McPherson	17539	G. McPherson (MO), 1998
			Ranaivojaona	1024	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razanatsoa	2	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razanatsoa	68	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Suregada</i>	<i>boiviniana</i>		Baill.		
			Andriamahefarivo	86	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Andriatsiferana	2063	
			Andriatsiferana	2093	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
			Andriatsiferana	2343	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Andriatsiferana	2485	
			Antilahimena	3053	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3054	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3162	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3252	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3404	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3493	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			McPherson	17535	A. Radcliffe-Smith (K), 2000
			Rakotomalaza	1101	
			Rakotomalaza	1292	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotovao	1257	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1289	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1298	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1416	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1844	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1874	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Tannodia</i>	<i>perrieri</i>	(Leandri)	Radcl.-Sm.		
			Andriatsiferana	2349	
			Rakotomalaza	1125	
			Rakotovao	1877	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razanatsoa	62	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Tragia</i>	<i>cocculifolia</i>	var <i>glabrescens</i>	Leandri		
			Rakotovao	1325	G. McPherson, 2005 (MO), at P

<i>Tragia</i>	<i>perrieri</i>			Leandri		
				Razafindrabe	71	G. McPherson, 2005 (MO), at P
Fabaceae						
<i>Abrus</i>	<i>aureus</i>	subsp <i>aureus</i>				
				Antilahimena	3735	J.N. Labat, 2005 (P)
				Razanatsoa	311	Labat, 2005 (P)
<i>Acacia</i>	<i>pentagona</i>		Schumach. & Thonn	Hook. f.		
				Antilahimena	3660	Labat, 2005
				Rakotovao	1875	Labat, 2005
				Ranaivojaona	1087	Labat, 2005
				Razanatsoa	31	Labat, 2005
<i>Albizia</i>	<i>adianthifolia</i>	var <i>intermedia</i>	De Wild. & T. Durand	Villiers		
				Razanatsoa	12	Labat, 2005 (P)
<i>Chamaecrista</i>	<i>pratensis</i>		(R. Vig.)	Du Puy		
				Razanatsoa	135	J.N. Labat, 2005 (P)
<i>Crotalaria</i>	<i>lanceolata</i>			E. Mey.		
				Razanatsoa	136	Labat, 2005
<i>Dalbergia</i>	<i>baronii</i>			Baker		
				Andriatsiferana	2066	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Desmodium</i>	<i>hirtum</i>			Guill. & Perr.		
				Antilahimena	3755	J. N. Labat, 2005 (P)
<i>Desmodium</i>	<i>incanum</i>			DC.		
				Antilahimena	3702	J. N. Labat, 2005 (P)
<i>Dichrostachys</i>	<i>tenuifolia</i>			Benth.		
				Andriatsiferana	2348	P.J. Rakotomalaza, 1998
				Ranaivojaona	1018	Labat, 2005 (P)
				Ranaivojaona	1023	Labat, 2005 (P)
				Razanatsoa	312	Labat, 2005
<i>Entada</i>	<i>louvelii</i>		R.Vig.	Brenan		
				Antilahimena	3255	J.N. Labat, 2005

			Rakotovao	1311	J. N. Labat, 2005 (P)
			Rakotovao	1861	J. N. Labat, 2005 (P)
<i>Mundulea</i>	<i>viridis</i>		R. Vig.		
			Rakotovao	1336	Labat, 2005 (P)
<i>Ophrestia</i>	<i>lyallii</i>	subsp <i>orientalis</i>	Du Puy & Labat		
			Antilahimena	3540	J. N. Labat, 2005 (P)
<i>Peltiera</i>	<i>nitida</i>		Du Puy et Labat		
			Antilahimena	3587	Labat, 2005 (P)
			Razanatsoa	316	Labat, 2005 (P)
<i>Strongylodon</i>	<i>craveniae</i>		Baron & Baker		
			Andriatsiferana	2223	G. McPherson (MO), 1998
<i>Strongylodon</i>	<i>madagascariensi</i>		Baker		
			Andriamahefarivo	70	J. N. Labat, 2005 (P)
			Antilahimena	3196	Labat, 2005 (P)
<i>Viguieranthus</i>	<i>subauriculatus</i>		Villiers		
			Razanatsoa	73	Labat, 2005 (P)
Flacourtiaceae					
<i>Bembicia</i>	<i>uniflora</i>	(H. Perrier)	Capuron		
			Rakotomalaza	1130	G.E. Schatz (MO), 1998
<i>Calantica</i>	<i>cerasifolia</i>	(Vent.)	Tul.		
			Rakotomalaza	1086	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotovao	1261	Antilahimena, 2005 at P
<i>Homalium</i>	<i>axillare</i>	(Lam.)	Benth.		
			Antilahimena	3060	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3158	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3217	Antilahimena, 2005 at P
			Ranaivojaona	1053	Antilahimena, 2005 at P
			Ranaivojaona	1153	Antilahimena, 2005 at P
			Razafindrabe	15	Antilahimena, 2005 at P
			Razanatsoa	20	Antilahimena, 2005 at P
			Razanatsoa	45	Antilahimena, 2005 at P

			Razanatsoa	9	Antilahimena, 2005 at P
<i>Homalium</i>	<i>maringitra</i>		H. Perrier		
			Antilahimena	3202	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3278	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3297	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3420	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3500	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3579	Antilahimena, 2005 at P
			McPherson	17471	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1242	
			Rakotomalaza	1275	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotomalaza	1332	
			Rakotovao	1466	Antilahimena, 2005 at P
			Rakotovao	1694	Antilahimena, 2005 at P
			Rakotovao	1766	
			Ranaivojaona	1133	Antilahimena, 2005 at P
<i>Homalium</i>	<i>nudiflorum</i>	(DC.)	Baill.		
			Andriamahefarivo	50	Antilahimena, 2005 at P
			Andriamahefarivo	90	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3005	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3135	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3188	Antilahimena, 2005 at P
			Ranaivojaona	1014	Antilahimena, 2005 at P
			Ranaivojaona	1043	Antilahimena, 2005 at P
			Razafindrabe	11	Antilahimena, 2005 at P
<i>Homalium</i>	<i>parkeri</i>		Baker		
			Rakotomalaza	1333	G. McPherson (MO), 2002
<i>Ludia</i>	<i>pinnatinervia</i>	(H. Perrier)	Capuron & Sleumer		
			Andriatsiferana	2282	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1200	
<i>Tisonia</i>	<i>coriacea</i>		Scott-Elliot		
			Phillipson	5760	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	1075	

Flagellariaceae

Flagellaria indica

L.		
Antilahimena	3175	Antilahimena, 2005 at P
Antilahimena	3555	Antilahimena, 2005 at P
Rakotovao	1290	Antilahimena, 2005 at P
Rakotovao	1864	Antilahimena, 2005 at P
Ranaivojaona	1052	Antilahimena, 2005 at P
Ranaivojaona	1081	Antilahimena, 2005 at P

Gentianaceae

Anthocleista amplexicaulis

Anthocleista longifolia (Lam.)

Anthocleista madagascariensi

Baker		
Andriamahefarivo	106	P.B. Philipson, 2005 at P
Rakotomalaza	1106	G.E. Schatz (MO), 1997; Phillipson, 2005
Boiteau		
Andriatsiferana	2233	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
Baker		
Andriamahefarivo	82	Phillipson, 2005
Andriamahefarivo	98	Phillipson, 2005
Andriatsiferana	2070	P.-J. Rakotomalaza, 1998
Andriatsiferana	2253	
Antilahimena	3036A	
Antilahimena	3036A	P.B. Philipson, 2005 at P
Antilahimena	3107	Phillipson, 2005
Antilahimena	3133	Phillipson, 2005
Rakotomalaza	1047	P.B. Philipson, 2005 at P
Rakotovao	1179	P.B. Philipson, 2005 at P
Rakotovao	1500	P.B. Philipson, 2005 at P
Ranaivojaona	1063	P.B. Philipson, 2005 at P
Ranaivojaona	990	P.B. Philipson, 2005 at P
Razafindrabe	22	P.B. Philipson, 2005 at P
Razafindrabe	98	P.B. Philipson, 2005 at P
Razanatsoa	212	P.B. Philipson, 2005 at P

Gratiolaceae

Scoparia dulcis

L.

			Rakotovao	1606	Fischer, 2005 at P
			Ranaivojaona	1055	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	182	Fischer, 2005 at P
Hamamelidaceae					
<i>Dicoryphe</i>	<i>viticoides</i>		Baker		
			Rakotomalaza	1151	
			Rakotomalaza	1255	P.-J. Rakotomalaza, 1998
Hemerocallidaceae					
<i>Dianella</i>	<i>ensifolia</i>	(L.)	DC.		
			Andriamahefarivo	6	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriatsiferana	2208	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
			Gobbo	416	
			Rakotomalaza	1042	P.-J. Rakotomalaza
			Rakotovao	1295	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1142	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razafindrabe	66	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razafindrabe	82	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	41	P.B. Philipson, 2005 at P
Hydrocharitaceae					
<i>Ottelia</i>	<i>ulvifolia</i>	(Planch.)	Walp.		
			Andriatsiferana	2079	P.J. Rakotomalaza, 1998
Icacinaceae					
<i>Apodytes</i>	<i>dimidiata</i>		E. Mey. ex Arn.		
			Andriatsiferana	2092	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Andriatsiferana	2261	
			Antilahimena	3322	Labat, 2005 (P)
			Antilahimena	3436	Labat, 2005 (P)
			Antilahimena	3481	Labat, 2005 (P)
			McPherson	17478	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1006	
			Rakotomalaza	1006	
			Rakotomalaza	1006	
			Rakotovao	1189	Labat, 2005 (P)

			Rakotovao	1457	Labat, 2005 (P)
			Rakotovao	1489	Labat, 2005 (P)
			Rakotovao	1654	Labat, 2005 (P)
			Razafindrabe	60	Labat, 2005 (P)
			Razanatsoa	285	Labat, 2005 (P)
<i>Cassinopsis</i>	<i>madagascariensi</i>		Baill.		
			Andriamahefarivo	112	Labat, 2005 (P)
			Andriatsiferana	2201	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
			Andriatsiferana	2267	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Andriatsiferana	2270	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1010	
			Rakotomalaza	1100	
			Ranaivojaona	995	Labat, 2005 (P)
			Razanatsoa	170	Labat, 2005 (P)
			Razanatsoa	263	Labat, 2005 (P)
<i>Pyrenacantha</i>	<i>chlorantha</i>		Baker		
			Andriantiana	68	
			Rakotovao	1850	Labat, 2005
			Rakotovao	1856	Labat, 2005 (P)
<i>Pyrenacantha</i>	<i>humblotii</i>	(Baill. ex Grandid.)	Sleumer		
			Razanatsoa	334	Labat, 2005
Iridaceae					
<i>Aristea</i>	<i>cladocarpa</i>		Baker		
			Andriamahefarivo	38	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriantiana	124	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3091	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3172	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	1044	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1662	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1677	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1045	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1114	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razafindrabe	36	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	139	P.B. Philipson, 2005 at P

<i>Aristea</i>	<i>kitchingii</i>		Baker		
			Rakotovao	1346	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Crocosmia</i>	<i>x crocosmiiflora</i>	(Lemoine)	N.E. Br.		
			Antilahimena	3302	P.B. Philipson, 2005 at P
Lamiaceae					
<i>Clerodendrum</i>	<i>elliottii</i>		Moldenke		
			Andriatsiferana	2211	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
			Rakotomalaza	1067	
<i>Plectranthus</i>	<i>bojeri</i>	(Benth.)	Hedge		
			Antilahimena	3622	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Plectranthus</i>	<i>emirnensis</i>	(Baker)	Hedge		
			Rakotovao	1869	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Plectranthus</i>	<i>hexaphyllus</i>		Baker		
			Antilahimena	3275	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3414	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Plectranthus</i>	<i>vestitus</i>		Benth.		
			Andriantiana	142	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3014	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3106	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3312	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3664	P.B. Philipson, 2005 at P
			Morat	3294	I.C. Hedge et al., 1998
			Rakotovao	1431	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1700	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1737	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1779	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Premna</i>	<i>sp. nov</i>		Antilahimena	3469	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1318	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	338	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Pycnostachys</i>	<i>coerulea</i>		Hook.		

		Andriatsiferana	2134	P.-J. Rakotomalaza
<i>Vitex</i>	<i>chrysomallum</i>	Steud.		
		Antilahimena	3599	P.B. Philipson, 2005 at P
		Antilahimena	3600	P.B. Philipson, 2005 at P
		Rakotovao	1275	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Vitex</i>	<i>coursii</i>	Moldenke		
		Antilahimena	3007	P.B. Philipson, 2005 at P
		Rakotomalaza	993	P.B. Philipson, 2005 at P
		Ranaivojaona	1070	P.B. Philipson, 2005 at P
		Razanatsoa	13	P.B. Philipson, 2005 at P
		Razanatsoa	75	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Vitex</i>	<i>pachyclada</i>	Baker		
		Antilahimena	3428	P.B. Philipson, 2005 at P
		Rakotomalaza	983	P.B. Philipson, 2005 at P
		Rakotovao	1369	P.B. Philipson, 2005 at P
		Ranaivojaona	1127	P.B. Philipson, 2005 at P
		Razanatsoa	221	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Vitex</i>	<i>sp. nov.</i>			
		Rakotovao	1723	P.B. Philipson, 2005 at P
		Ranaivojaona	235	P.B. Philipson, 2005 at P
Lauraceae				
<i>Beilschmiedia</i>	<i>pedicellata</i>	van der Werff		
		Service Forestier	28371	van der Werff (MO), 2002
<i>Cryptocarya</i>	<i>crassifolia</i>	Baker		
		Andriamahefarivo	114	
		Andriatsiferana	2060	H. van der Werff (MO), 1998
		Antilahimena	3466	
<i>Cryptocarya</i>	<i>fulva</i>	Kosterm.		
		Andriatsiferana	2344	P.J. Rakotomalaza, 1998
<i>Cryptocarya</i>	<i>myristicoides</i>	Baker		
		Andriatsiferana	2109	H. van der Werff (MO), 1998
		Rakotomalaza	1334	H. van der Werff (MO), 1998

<i>Cryptocarya</i>	<i>spathulata</i>		Kosterm.		
			Rakotomalaza	1038	H. van der Werff (MO), 1998
<i>Ocotea</i>	<i>foveolata</i>		Kosterm.		
			Andriatsiferana	2285	
			Rakotomalaza	1328	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Ranaivojaona	1134	
<i>Ocotea</i>	<i>laevis</i>		Kosterm.		
			Rakotomalaza	1140	H. van der Werff (MO), 1998
			Rakotomalaza	1223	H. van der Werff (MO), 1998
<i>Ocotea</i>	<i>longipes</i>		Kosterm.		
			Rakotomalaza	988	H. van der Werff (MO), 1998
<i>Ocotea</i>	<i>madagascariensi</i>	(Meisn. in A. DC.)	Palacky		
			Rakotomalaza	1325	P.J. Rakotomalaza, 1997
<i>Ravensara</i>	<i>aromatica</i>		Sonn.		
			Andriatsiferana	2204	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997

Linderniaceae

<i>Torenia</i>	<i>stolonifera</i>		Bojer ex Benth.		
			Andriamahefarivo	101	
			Andriantiana	184	Fischer, 2005 at P
			Andriantiana	69	Fischer, 2005 at P
			Antilahimena	3698	Fischer, 2005 at P
			Ranaivojaona	1047	Fischer, 2005 at P
			Razafindrabe	34	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	186	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	230	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	234	Fischer, 2005 at P

Loganiaceae

<i>Mostuea</i>	<i>brunonis</i>		Didr.		
			Andriantiana	86	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3221	Rakotovao, 2005; Phillipson, 2005
			McPherson	17524	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1078	G.E. Schatz (MO), 1997

			Rakotomalaza	1288	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotovao	1332	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1546	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	4	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Strychnos</i>	<i>diplotricha</i>		Leeuwenb.		
			Andriamahefarivo	105	Rakotovao, 2005; Phillipson, 2005
			Ranaivojaona	1069	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	36	P.B. Philipson, 2005 at P
Lomariopsidaceae					
<i>Elaphoglossum</i>	<i>coursii</i>		Tardieu		
			Antilahimena	3577	Rouhan, 2005
			Antilahimena	3607	Rouhan, 2005
			Rakotovao	1502	Rouhan, 2005
			Razanatsoa	198	Rouhan, 2005
<i>Elaphoglossum</i>	<i>lepervanchii</i>	(Bory)	T. Moore		
			Antilahimena	3498	Rouhan, 2005
			Antilahimena	3515	Rouhan, 2005
			Antilahimena	3517	Rouhan, 2005
			Antilahimena	3608	Rouhan, 2005
			Rakotovao	1504	Rouhan, 2005
			Rakotovao	1522	Rouhan, 2005
			Rakotovao	1528	Rouhan, 2005
			Rakotovao	1645	Rouhan, 2005
			Razanatsoa	164	Rouhan, 2005
			Razanatsoa	199	Rouhan, 2005
			Razanatsoa	271	Rouhan, 2005
<i>Elaphoglossum</i>	<i>sp. B</i>		Antilahimena	3610	Rouhan, 2005
<i>Elaphoglossum</i>	<i>subsessile</i>	(Baker)	C. Chr.		
			Andriantiana	55	Rouhan, 2005
			Andriantiana	83	
			Antilahimena	3229	Rouhan, 2005
			Antilahimena	3502	Rouhan, 2005

			Rakotovao	1223	Rouhan, 2005
			Rakotovao	1434	Rouhan, 2005
			Rakotovao	1610	Rouhan, 2005
			Rakotovao	1679	Rouhan, 2005
Loranthaceae					
<i>Bakerella</i>	<i>clavata</i>	(Desr.)	Balle		
			Andriamahefarivo	37	
			Andriatsiferana	2522	
			McPherson	17486	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1110	
			Rakotomalaza	1190	
			Rakotomalaza	1335	P.J. Rakotomalaza, 1997
<i>Bakerella</i>	<i>poissonii</i>	subsp <i>parvibracteata</i> (Lecomte)	Balle		
			Rakotomalaza	1271	P.J. Rakotomalaza, 1997
Malpighiaceae					
<i>Acridocarpus</i>	<i>adenophorus</i>		A. Juss.		
			Antilahimena	3156	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Acridocarpus</i>	<i>vivy</i>		Arènes		
			Andriantiana	156	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriatsiferana	2169	P.-J. Rakotomalaza
			Andriatsiferana	2218	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
			Andriatsiferana	2251	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Andriatsiferana	2279	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Antilahimena	3081	Rakotovao, 2005; Phillipson, 2005
			Antilahimena	3265	Rakotovao, 2005; Phillipson, 2005
			Antilahimena	3522	Rakotovao, 2005; Phillipson, 2005
			McPherson	17462	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1273	
			Rakotovao	1658	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1747	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1771	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razafindrabe	47	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razafindrabe	95	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	150	Rakotovao, 2005; Phillipson, 2005

Tristellateia grandiflora

Tristellateia madagascariensi

Malvaceae

Dombeya lucida

Grewia cuneifolia

Grewia humblotii

Melastomataceae

Medinilla mandrakensis

Memecylon bakerianum

Tristemma mauritianum

Tristemma virusanum

Meliaceae

Arènes

Andriatsiferana 2225 G. McPherson (MO), 1998

Poir.

Andriatsiferana 2338 P.J. Rakotomalaza, 1998

Antilahimena 3184 P.B. Philipson, 2005 at P

Rakotovao 1317 P.B. Philipson, 2005 at P

Razanatsoa 77 P.B. Philipson, 2005 at P

Baill.

Andriatsiferana 2097 P.-J. Rakotomalaza, 1998

Juss.

Andriamahefarivo 113

Andriatsiferana 2176 P.-J. Rakotomalaza

Andriatsiferana 2263 G. McPherson (MO), 1998

Andriatsiferana 2543

McPherson 17460 G. McPherson (MO), 1998

Rakotomalaza 1031 P.-J. Rakotomalaza

Rakotomalaza 995 G. McPherson (MO), 1998

Baill.

Andriatsiferana 2207 P.J. Rakotomalaza (MO), 1997

H. Perrier

Rakotomalaza 1037

Rakotomalaza 1221 P.-J. Rakotomalaza, 1998

Cogn.

Andriatsiferana 2173 R.D. Stone, 2003

J.F. Gmel.

Rakotomalaza 1163 G. McPherson (MO), 1998

Juss.

Andriatsiferana 2206 P.J. Rakotomalaza (MO), 1997

<i>Astrotrichilia</i>	<i>parvifolia</i>	J.-F. Leroy & Lescot Razanatsoa	308	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Khaya</i>	<i>madagascariensi</i>	Jum. & H. Perrier Andriatsiferana	2284	P.J. Rakotomalaza, 1998
Menispermaceae				
<i>Burasaia</i>	<i>apetela</i>	Capuron ex Westerhaus Rakotomalaza	1000	G.E. Schatz (MO), 1997
		Rakotomalaza	1099	G.E. Schatz (MO), 1998
<i>Strychnopsis</i>	<i>thouarsii</i>	Baill. Rakotomalaza	980	G.E. Schatz (MO), 1998
Monimiaceae				
<i>Tambourissa</i>	<i>thouvenotii</i>	Danguy Andriatsiferana	2078	P.-J. Rakotomalaza
		Andriatsiferana	2151	
Moraceae				
<i>Ficus</i>	<i>ampana</i>	C.C. Berg Rakotomalaza	1214	C.C. Berg (BG), 1998
<i>Ficus</i>	<i>antandronarum</i>	subsp <i>antandronarum</i>	McPherson Rakotomalaza Rakotomalaza	17538 1126 1211
				C.C. Berg (BG), 1999 K.G. Sikes & G.E. Schatz (MO), 1998 G.E. Schatz & K.G. Sikes (MO), 1998
<i>Ficus</i>	<i>politoria</i>	Lam. Andriamahefarivo McPherson Rakotomalaza Rakotomalaza Rakotomalaza Rakotomalaza	68 17516 1229 1233 1249 992	C.C. Berg (BG), 1999
<i>Ficus</i>	<i>reflexa</i>	subsp <i>reflexa</i>	Rakotomalaza	1103
				K.G. Sikes & G.E. Schatz (MO), 1998
<i>Trilepisium</i>	<i>madagascariense</i>	Thouars ex DC.		

			Andriatsiferana	2115	
			Andriatsiferana	2166	P.-J. Rakotomalaza
			Rakotomalaza	1210	
Myrsinaceae					
<i>Monoporus</i>	<i>clusiifolius</i>		H. Perrier		
			Rakotomalaza	1305	P.J. Rakotomalaza, 1997
<i>Monoporus</i>	<i>floribundus</i>	(Roem. & Schult.)	Mez		
			Andriatsiferana	2245	
			McPherson	17466	G. McPherson (MO), 1998
			McPherson	17492	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1257	
			Rakotomalaza	1274	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotomalaza	1321	G. McPherson (MO), 2002
<i>Oncostemum</i>	<i>elephantipes</i>		H. Perrier		
			Rakotomalaza	1004	P.-J. Rakotomalaza
<i>Oncostemum</i>	<i>humbertianum</i>		H. Perrier		
			Andriatsiferana	2064	G. McPherson (MO), 1998
<i>Oncostemum</i>	<i>paniculatum</i>		H. Perrier		
			Andriatsiferana	2168	
			Andriatsiferana	2174	P.-J. Rakotomalaza
			Antilahimena	3298	
			Rakotomalaza	1074	
			Rakotovao	1188	
			Razanatsoa	204	
<i>Oncostemum</i>	<i>venulosum</i>		Baker		
			Rakotomalaza	1035	G. McPherson (MO), 1998
Myrtaceae					
<i>Eugenia</i>	<i>bernieri</i>		Drake		
			Rakotomalaza	1142	G. McPherson (MO), 1998
<i>Eugenia</i>	<i>danguyana</i>		H. Perrier		
			Andriatsiferana	2216	G. McPherson (MO), 1998
			Andriatsiferana	2260	G. McPherson (MO), 1998

<i>Eugenia</i>	<i>emirnensis</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2256	
			Andriatsiferana	2273	P.J. Rakotomalaza, 1998
<i>Syzygium</i>	<i>bernieri</i>	(Drake)	Labat & G.E. Schatz		
			Rakotomalaza	1090	J.-N. Labat & G.E. Schatz, 1999
			Rakotomalaza	1098	J.-N. Labat & G.E. Schatz, 1999
			Rakotomalaza	1225	J.-N. Labat & G.E. Schatz, 1999
<i>Syzygium</i>	<i>emirnense</i>	(Baker)	Labat & G.E. Schatz		
			Andriatsiferana	2177	J.-N. Labat & G.E. Schatz, 1999
			Rakotomalaza	1007	J.-N. Labat & G.E. Schatz, 1999
			Rakotomalaza	1089	J.-N. Labat & G.E. Schatz, 1999
			Rakotomalaza	1197	J.-N. Labat & G.E. Schatz, 1999
			Rakotomalaza	1318	G. McPherson (MO), 2002
			Rakotovao	1797	
<i>Syzygium</i>	<i>micropodum</i>	(Baker)	Labat & G.E. Schatz		
			Rakotomalaza	1132	J.-N. Labat & G.E. Schatz, 1999
Ochnaceae					
<i>Campylospermum deltoideum</i>		(Baker)	Tiegh.		
			Andriatsiferana	2086	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriatsiferana	2178	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriatsiferana	2178	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriatsiferana	2187	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3412	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1465	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1060	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	22	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Campylospermum dependens</i>		(DC.)	H. Perrier		
			McPherson	17531	G. McPherson (MO), 1998
<i>Campylospermum lanceolatum</i>		(Baker)	H. Perrier		
			Andriamahefarivo	22	
			Antilahimena	3686	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Diporidium</i>	<i>louvelii</i>		H. Perrier		

			Rakotomalaza	1073	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	1198	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Diporidium</i>	<i>vaccinioides</i>	(Baker)	Tiegh.		
			Andriatsiferana	2219	G. McPherson (MO), 1998
<i>Ochna</i>	<i>vaccinioides</i>		Baker		
			Andriamahefarivo	107	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3113	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	1020	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1271	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1534	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1112	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razafindrabe	74	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razanatsoa	211	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Ouratea</i>	<i>lanceolata</i>	(Baker)	Baill.		
			Andriantiana	52	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3048	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3295	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	1079	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1395	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1007	P.B. Philipson, 2005 at P
Olacaceae					
<i>Olax</i>	<i>emirnisensis</i>		Baker		
			Rakotomalaza	973	Z.S. Rogers, 2005
			Rakotomalaza	994	
<i>Olax</i>	<i>glabriflora</i>		Danguy		
			Andriatsiferana	2138	Z.S. Rogers, 2005
Oleaceae					
<i>Linociera</i>	<i>obtusifolia</i>	(Lam.)	H. Perrier		
			Rakotomalaza	998	G. McPherson (MO), 1998
<i>Noronhia</i>	<i>mangorensis</i>		H. Perrier		
			Andriatsiferana	2164	G. McPherson (MO), 1998
<i>Olea</i>	<i>madagascariensi</i>		Boivin ex H. Perrier		

			Andriatsiferana	2529	
			McPherson	17464	
			Rakotomalaza	1115	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1326	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Ranaivojaona	984	
Orchidaceae					
<i>Aerangis</i>	<i>citrata</i>	(Thouars)	Schltr.		
			Antilahimena	3541	
			Antilahimena	3700	Bosser, 2005 (P)
			McPherson	17515	Bosser (P), 1998
			Rakotovao	1252	
			Rakotovao	1253	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1550	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	288	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	336	
			Razanatsoa	341	Bosser, 2005 (P)
<i>Aeranthès</i>	<i>adenopoda</i>		H. Perrier		
			Andriantiana	60	Bosser, 2005 (P)
<i>Aeranthès</i>	<i>antennophora</i>		H. Perrier		
			Antilahimena	3494	Bosser, 2005 (P)
<i>Aeranthès</i>	<i>caudata</i>		Rolfe		
			Antilahimena	3520	Bosser, 2005 (P)
			Morat	3901	
<i>Aeranthès</i>	<i>longipes</i>		Schltr.		
			Antilahimena	3621	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	329	
<i>Aeranthès</i>	<i>nidus</i>		Schltr.		
			Andriantiana	29	Bosser, 2005 (P)
			Andriantiana	44	Bosser, 2005 (P)
<i>Aeranthès</i>	<i>peyrotii</i>		Bosser		
			Andriantiana	128	Bosser, 2005 (P)
<i>Angraecum</i>	<i>caricifolium</i>		H. Perrier		

			Andriantiana	37	Bosser, 2005 (P)
			Andriantiana	56	Bosser, 2005 (P)
<i>Angraecum</i>	<i>chloranthum</i>		Schltr.		
			Andriantiana	175	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3373	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1639	Bosser, 2005 (P)
<i>Angraecum</i>	<i>compactum</i>		Schltr.		
			Antilahimena	3745	Bosser, 2005 (P)
<i>Angraecum</i>	<i>filicornu</i>		Thouars		
			Andriatsiferana	2104	J. Bosser (P), 1998
<i>Angraecum</i>	<i>humblotianum</i>		Schltr.		
			Andriantiana	173	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3506	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3682	Bosser, 2005 (P)
<i>Angraecum</i>	<i>linearifolium</i>		Garay		
			Andriantiana	39	Bosser, 2005 (P)
			Andriantiana	65	Bosser, 2005 (P)
<i>Angraecum</i>	<i>mauritianum</i>	(Poir.)	Frapp.		
			Andriantiana	26	Bosser, 2005 (P)
			Andriantiana	73	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3496	Bosser, 2005 (P)
			McPherson	17498	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotovao	1217	
			Rakotovao	1267	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1315	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1412	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1430	
			Rakotovao	1481	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1626	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	146	
<i>Angraecum</i>	<i>panicifolium</i>		H. Perrier		
			Andriantiana	88	

<i>Angraecum</i>	<i>sedifolium</i>	Rakotovao	1420	Bosser, 2005 (P)
		Schltr.		
		Rakotovao	1266	Bosser, 2005 (P)
		Rakotovao	1452	
<i>Angraecum</i>	<i>setipes</i>	Rakotovao	1635	
		Schltr.		
		Antilahimena	3704	Bosser, 2005 (P)
		Rakotovao	1268	Bosser, 2005 (P)
<i>Angraecum</i>	<i>teretifolium</i>	Ridl.		
		Andriantiana	180	
		Rakotovao	1712	Bosser, 2005 (P)
<i>Angraecum</i>	<i>urschianum</i>	Toill.-Gen. & Bosser		
		Ranaivojaona	1016	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>aubrevillei</i>	Bosser		
		Rakotovao	1224	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>coriophorum</i>	Ridl.		
		Andriantiana	139	
		Andriantiana	33	Bosser, 2005 (P)
		Antilahimena	3736	Bosser, 2005 (P)
		Rakotovao	1193	
		Rakotovao	1657	Bosser, 2005 (P)
		Rakotovao	1792	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>molossus</i>	Rchb. f.		
		Andriantiana	151	Bosser, 2005 (P)
		Andriantiana	20	
		Andriantiana	32	Bosser, 2005 (P)
		Andriantiana	89	
		Antilahimena	3752	Bosser, 2005 (P)
		Razanatsoa	149	
		Razanatsoa	84	
<i>Bulbophyllum</i>	<i>multiflorum</i>	Ridl.		
		Andriantiana	179	Bosser, 2005 (P)

		Andriantiana	41	Bosser, 2005 (P)
		Andriantiana	79	Bosser, 2005 (P)
		Antilahimena	3102	Bosser, 2005 (P)
		Antilahimena	3330	Bosser, 2005 (P)
		McPherson	17527	Bosser (P), 1998
		Rakotovao	1410	Bosser, 2005 (P)
		Rakotovao	1454	Bosser, 2005 (P)
		Rakotovao	1603	Bosser, 2005 (P)
		Razanatsoa	167	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>occlusum</i>	Ridl.		
		Rakotovao	1628	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>occultum</i>	Thouars		
		Andriantiana	72	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>pachypus</i>	Schltr.		
		Andriantiana	149	Bosser, 2005 (P)
		Andriantiana	21	
		Andriatsiferana	2099	J. Bosser (P), 1998
		Ranaivojaona	1041	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>peyrotii</i>	Bosser		
		Andriantiana	150	Bosser, 2005 (P)
		Andriantiana	36	Bosser, 2005 (P)
		Antilahimena	3749	
<i>Bulbophyllum</i>	<i>platypodum</i>	H. Perrier		
		Andriantiana	43	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>sandrangatense</i>	Bosser		
		Antilahimena	3518	Bosser, 2005 (P)
<i>Bulbophyllum</i>	<i>sulfureum</i>	Schltr.		
		Andriantiana	38	Bosser, 2005 (P)
<i>Cryptopus</i>	<i>brachiatus</i>	H. Perrier		
		Antilahimena	3320	Bosser, 2005 (P)
<i>Cynorkis</i>	<i>angustipetala</i>	Ridl.		

<i>Cynorkis</i>	<i>aurantiaca</i>		Antilahimena	3572	Bosser, 2005 (P)
			Ridl.		
			Andriantiana	137	
			Rakotovao	1258	
			Razanatsoa	267	Bosser, 2005 (P)
<i>Cynorkis</i>	<i>fastigiata</i>		Thouars		
			Antilahimena	3368	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1270	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1661	Bosser, 2005 (P)
<i>Cynorkis</i>	<i>graminea</i>	(Thouars)	Schltr.		
			Andriatsiferana	2132	
			Andriatsiferana	2132	J. Bosser (P), 1998
<i>Cynorkis</i>	<i>uncinata</i>		H. Perrier		
			Rakotomalaza	1237	J. Bosser (P), 1998
			Rakotomalaza	1237	
<i>Disperis</i>	<i>oppositifolia</i>		Sm.		
			Antilahimena	3230	Bosser, 2005 (P)
<i>Gastrorchis</i>	<i>francoisii</i>		Schltr.		
			Rakotovao	1494	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	335	Bosser, 2005 (P)
<i>Grammangis</i>	<i>ellisii</i>	(Lindl.)	Rchb. f.		
			Andriantiana	97	Bosser, 2005 (P)
<i>Jumellea</i>	<i>gracilipes</i>		Schltr.		
			Andriantiana	170	
			Andriantiana	40	
			Antilahimena	3691	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3709	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1476	
<i>Liparis</i>	<i>bulbophylloides</i>		H. Perrier		
			Andriantiana	172	
			McPherson	17526	Bosser (P), 1998
			Razanatsoa	145	

<i>Microcoelia</i>	<i>gilpinae</i>	(Rchb. f. & S. Moore in	Summerh.		
			Morat	3286	
			Rakotovao	1855	Bosser, 2005 (P)
<i>Microcoelia</i>	<i>macrantha</i>	(H. Perrier)	Summerh.		
			Andriantiana	75	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3277	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3422	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1333	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	287	Bosser, 2005 (P)
<i>Oberonia</i>	<i>disticha</i>	(Lam.)	Schltr.		
			Andriantiana	126	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3389	
			Antilahimena	3673	Bosser, 2005 (P)
			Razafindrabe	56	Bosser, 2005 (P)
<i>Oeonia</i>	<i>rosea</i>		Ridl.		
			Antilahimena	3626	Bosser, 2005 (P)
<i>Oeonia</i>	<i>volucris</i>	(Thouars)	Spreng.		
			Andriamahefarivo	116	Bosser, 2005 (P)
			Andriantiana	118	
			Antilahimena	3629	Bosser, 2005 (P)
			McPherson	17501	Bosser (P), 1998
			Morat	3232	
			Rakotovao	1272	
			Rakotovao	1392	
			Rakotovao	1455	
			Rakotovao	1523	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	166	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	225	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	259	Bosser, 2005 (P)
<i>Polystachya</i>	<i>fusiformis</i>	(Thouars)	Lindl.		
			Andriantiana	59	
			Antilahimena	3631	
			Rakotovao	1201	

			Rakotovao	1602	
			Rakotovao	1708	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	305	
<i>Polystachya</i>	<i>rosea</i>		Ridl.		
			Rakotovao	1279	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1644	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1664	Bosser, 2005 (P)
Orobanchaceae					
<i>Radamaea</i>	<i>montana</i>		Benth.		
			Andriantiana	141	Fischer, 2005 at P
			Antilahimena	3084	Fischer, 2005 at P
			Rakotomalaza	1262	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1304	
			Rakotovao	1388	Fischer, 2005 at P
			Rakotovao	1607	Fischer, 2005 at P
			Rakotovao	1710	Fischer, 2005 at P
			Rakotovao	1726	Fischer, 2005 at P
			Razanatsoa	274	
Oxalidaceae					
<i>Oxalis</i>	<i>corniculata</i>		L.		
			Rakotovao	1213	P.B. Philipson, 2005 at P
Oxalidceae					
<i>Biophytum</i>	<i>sp. nov.</i>				
			Antilahimena	3017	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3090	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1824	P.B. Philipson, 2005 at P
			Razafindrabe	53	P.B. Philipson, 2005 at P
Pandanaceae					
<i>Pandanus</i>	<i>freycinetioides</i>	(Gaudich.)	Kurz		
			Rakotomalaza	1095	Callmander (NEU) 2004
<i>Pandanus</i>	<i>tectorius</i>		Parkinson		
			Andriatsiferana	2085	P.-J. Rakotomalaza, 1998

Phyllanthaceae

<i>Antidesma</i>	<i>madagascariense</i>		Lam.		
			Antilahimena	3634	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Blotia</i>	<i>bemarensis</i>	(Leandri)	Leandri		
			Razanatsoa	61	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Blotia</i>	<i>oblongifolia</i>	(Baill.)	Leandri		
			Andriantiana	101	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Andriantiana	63	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Andriatsiferana	2141	
			Andriatsiferana	2530	
			Antilahimena	3225	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3294	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3405	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3613	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotomalaza	1121	
			Rakotovao	1568	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razanatsoa	23	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Cleistanthus</i>	<i>sp. 1</i>				
			Razanatsoa	32	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Leptonema</i>	<i>glabrum</i>	(Leandri)	Leandri		
			Andriamahefarivo	109	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3077	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3117	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3392	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Morat	3259	Rakotozafy, 1969
			Rakotomalaza	1027	G. McPherson (MO), 1998
			Ranaivojaona	1103	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razanatsoa	114	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Margaritaria</i>	<i>rhomboidalis</i>	(Baill.)	G.L. Webster		
			Rakotomalaza	1116	G. McPherson (MO), 1998
<i>Margaritaria</i>	<i>sp. 1</i>				
			Antilahimena	3241	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3614	G. McPherson, 2005 (MO), at P

			Razanatsoa	69	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Meineckia</i>	<i>orientalis</i>	(Leandri)	G.L. Webster		
			Andriamahefarivo	69?	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Andriantiana	64	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1470	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1584	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Petalodiscus</i>	<i>bojerianus</i>	(Baill.)	Petra Hoffm. &		
			Antilahimena	3262	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Petalodiscus</i>	<i>platyrhachis</i>	(Baill.)	Pax		
			Antilahimena	3235	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Phyllanthus</i>	<i>fusco-luridus</i>		Müll. Arg.		
			Andriatsiferana	2354	P.J. Rakotomalaza, 1998
<i>Phyllanthus</i>	<i>matitanensis</i>		Leandri		
			Andriamahefarivo	77	McPerson, 2005 (MO)
			Andriatsiferana	2210	G. McPherson (MO), 1998
			Antilahimena	3016	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3086	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3144	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			McPherson	17533	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotovao	1296	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1418	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1680	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razafindrabe	20	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razanatsoa	10	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Phyllanthus</i>	<i>moramangicus</i>	(Leandri)	Leandri		
			Ranaivojaona	1046	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Phyllanthus</i>	<i>sp 1</i>				
			Razanatsoa	333	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Phyllanthus</i>	<i>sp 3</i>				
			Razanatsoa	133	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Savia</i>	<i>bojeriana</i>		Baill.		

		Antilahimena	3409	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Rakotovao	1851	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Razanatsoa	349	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Securinea</i>	<i>durissima</i>	J.F. Gmel.		
		Andriatsiferana	2190	P. Hoffmann, 1998
<i>Thecacoris</i>	<i>madagascariensi</i>	A. Juss.		
		Andriatsiferana	2237	G. McPherson (MO), 1998
		Rakotovao	1322	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Rakotovao	1560	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Razanatsoa	71	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Thecacoris</i>	<i>perrieri</i>	Leandri		
		Andriatsiferana	2103	P.-J. Rakotomalaza
		Andriatsiferana	2165	G. McPherson (MO), 1998
		Andriatsiferana	2335	G. McPherson (MO), 1998
		Andriatsiferana	2341	G. McPherson (MO), 1998
		Antilahimena	3129	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3140	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3167	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3224	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Rakotomalaza	1053	
		Rakotomalaza	991	P.-J. Rakotomalaza
		Rakotovao	1294	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Ranaivojaona	1031	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Ranaivojaona	1054	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Razanatsoa	3	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Razanatsoa	309	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Razanatsoa	64	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Uapaca</i>	<i>densifolia</i>	Baker		
		Andriamahefarivo	8	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Andriantiana	165	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Andriatsiferana	2112	
		Andriatsiferana	2150	P.-J. Rakotomalaza
		Andriatsiferana	2222	G. McPherson (MO), 1998
		Andriatsiferana	2497	

		Antilahimena	3032	
		Antilahimena	3092	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3124	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3127	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3276	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3279	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3326	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3419	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3578	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Antilahimena	3670	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Morat	xxx	G. McPherson, 2005
		Rakotomalaza	1032	G. McPherson (MO), 1998
		Rakotomalaza	1113	G. McPherson (MO), 1998
		Rakotomalaza	1215	G. McPherson (MO), 1998
		Rakotomalaza	1227	G. McPherson (MO), 1998
		Rakotomalaza	1280	P.J. Rakotomalaza, 1997
		Rakotomalaza	1283	G. McPherson (MO), 1998
		Rakotovao	1195	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Rakotovao	1398	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Ranaivojaona	1000	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Ranaivojaona	1021	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Ranaivojaona	1089	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Ranaivojaona	1137	G. McPherson, 2005 (MO), at P
		Razanatsoa	144	G. McPherson, 2005 (MO), at P
<i>Wielandia</i>	<i>elegans</i>	Baill.		
		Andriatsiferana	2357	G. McPherson & P. Hoffmann, 1998
Piperaceae				
<i>Peperomia</i>	<i>pubipetiola</i>	C. DC.		
		Rakotovao	1221	G. Mathieu (BR), 2005
<i>Peperomia</i>	<i>rotundilimba</i>	C. DC.		
		Rakotovao	1413'	G. Mathieu (BR), 2005
<i>Peperomia</i>	<i>trichophylla</i>	Baker		
		Andriantiana	10	G. Mathieu (BR), 2005
		Antilahimena	3030	G. Mathieu (BR), 2005

			Antilahimena	3627	G. Mathieu (BR), 2005
			Rakotovao	1650	G. Mathieu (BR), 2005
			Ranaivojaona	1088	G. Mathieu (BR), 2005
			Razanatsoa	14	G. Mathieu (BR), 2005
<i>Piper</i>	<i>borbonense</i>	(Miq.)	C. DC.		
			Andriatsiferana	2209	G. McPherson (MO), 1998
			McPherson	17511	G. McPherson (MO), 1998

Pittosporaceae

<i>Pittosporum</i>	<i>verticillatum</i>		Bojer		
			Andriatsiferana	2161	G.E. Schatz (MO), 1998
			Antilahimena	3061	
			Antilahimena	3267	
			Antilahimena	3685	
			Rakotomalaza	1015	G.E. Schatz (MO), 1997
			Rakotomalaza	1265	G.E. Schatz (MO), 1997
			Rakotomalaza	1270	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotomalaza	1322	P.J. Rakotomalaza, 1997

Poaceae

<i>Andropogon</i>	<i>eucomus</i>		Nees		
			Antilahimena	3450	Bosser, 2005 (P)
<i>Centotheca</i>	<i>mucronata</i>	(P. Beauv.)	Hack.		
			Antilahimena	3131	Boser, 2005 (P)
			Antilahimena	3505	Bosser, 2005 (P)
			Antilahimena	3693	Bosser, 2005 (P)
			Ranaivojaona	1149	Bosser, 2005 (P)
<i>Digitaria</i>	<i>debilis</i>				
			Andriamahefarivo	103	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1374	Bosser, 2005 (P)
			Rakotovao	1819	Bosser, 2005 (P)
			Razanatsoa	251	Bosser, 2005 (P)
<i>Eleusine</i>	<i>indica</i>	(L.)	Gaertn.		
			Rakotovao	1821	Bosser, 2005 (P)

<i>Eragrostis</i>	<i>atrovirens</i>		Rakotovao	1378	Bosser, 2005 (P)
<i>Eragrostis</i>	<i>lateritica</i>		Bosser Rakotovao	1818	Bosser, 2005 (P)
<i>Leersia</i>	<i>hexandra</i>		Sw. Andriatsiferana	2127A	J. Bosser (P), 1998
<i>Nastus</i>	<i>aristatus</i>		A. Camus Antilahimena Rakotovao	3138 1471	Bosser, 2005 (P) Bosser, 2005 (P)
<i>Panicum</i>	<i>brevifolium</i>		Jahn Antilahimena Ranaivojaona	3694 1148	Bosser, 2005 (P) Bosser, 2005 (P)
<i>Panicum</i>	<i>luridum</i>		Hack. Rakotovao Razanatsoa Razanatsoa	1362 125 244	Bosser, 2005 (P)
<i>Panicum</i>	<i>uvulatum</i>		Stapf Andriatsiferana	2133	P.-J. Rakotomalaza
<i>Paspalum</i>	<i>conjugatum</i>		P.J. Bergius Rakotovao	1817	Bosser, 2005 (P)
<i>Paspalum</i>	<i>paniculatum</i>		L. Rakotovao	1815	Bosser, 2005 (P)
<i>Rhynchelytrum</i>	<i>repens</i>	(Willd.)	C.E. Hubb. Rakotovao	1816	Bosser, 2005 (P)
<i>Sacciolepis</i>	<i>africana</i>		C.E. Hubb. & Snowden Rakotovao	1373	Bosser, 2005 (P)
<i>Sporobolus</i>	<i>festivus</i>		Razanatsoa	248	Bosser, 2005 (P)
<i>Sporobolus</i>	<i>mauritanus</i>	(Steud.)	T. Durand & Schinz Rakotovao	1208	Bosser, 2005 (P)

			Razanatsoa	184	Bosser, 2005 (P)
<i>Sporobolus</i>	<i>pyramidalis</i>		P. Beauv.		
			Rakotovao	1663	bossier, 2005 (P)
<i>Stenotaphrum</i>	<i>dimidiatum</i>	(L.)	Brongn.		
			Rakotovao	1643	Bosser, 2005 (P)
Podocarpaceae					
<i>Podocarpus</i>	<i>madagascariensi</i>		Baker		
			McPherson	17468	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1139	
			Rakotomalaza	1246	
			Rakotovao	1735	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1013	P.B. Philipson, 2005 at P
Polypodiaceae					
<i>Microsorium</i>	<i>punctatum</i>	(L.)	Copel.		
			Andriatsiferana	2102	H. van der Werff (MO), 1998
Primulaceae					
<i>Anagallis</i>	<i>tenuicaulis</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2118A	P.B. Phillipson, 2003
			Andriatsiferana	2122	W.D. Stevens (MO), 1998
Proteaceae					
<i>Dilobeia</i>	<i>thouarsii</i>		Roem. & Schult.		
			Andriatsiferana	2142	
			Antilahimena	3003	Lalao, 2005
			Ranaivojaona	1012	Lalao, 2005
<i>Faurea</i>	<i>forficuliflora</i>	var			
			Rakotomalaza	1277	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Rakotovao	1684	Lalao, 2005
			Rakotovao	1870	Lalao, 2005
Putranjivaceae					
<i>Drypetes</i>	<i>madagascariensi</i>	(Lam.)	Humbert & Leandri		
			Andriamahefarivo	12	G. McPherson, 2005 (MO), at P

			Andriantiana	51	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Andriantiana	81	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3130	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3256	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Antilahimena	3548	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1591	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Rakotovao	1849	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Ranaivojaona	1085	G. McPherson, 2005 (MO), at P
			Razanatsoa	34	McPherson, 200((MO)
<i>Drypetes</i>	<i>perrieri</i>		Leandri		
			Antilahimena	3250	G. McPherson, 2005 (MO), at P
Ranunculaceae					
<i>Ranunculus</i>	<i>pinnatus</i>		Poir.		
			Rakotomalaza	1162A	G. McPherson (MO), 1998
Rhamnaceae					
<i>Bathiorhamnus</i>	<i>louvelii</i>	(H. Perrier)	Capuron		
			Buerki	41	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	1183	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Gouania</i>	<i>myriocarpa</i>		Tul.		
			Rakotomalaza	1160	Buerki
<i>Gouania</i>	<i>sp. nov</i>				
			Andriatsiferana	2228	
			Antilahimena	3168	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3642	P.B. Philipson, 2005 at P
			Buerki	42	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1443	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1862	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Scutia</i>	<i>myrtina</i>	(Burm. f.)	Kurz		
			Phillipson	5757	P.B. Philipson, 2005 at P
Rhizophoraceae					
<i>Cassipourea</i>	<i>lanceolata</i>		Tul.		
			Andriatsiferana	2157	G. McPherson (MO), 1998

			Rakotomalaza	1127	P.-J. Rakotomalaza, 1998
Rubiaceae					
<i>Antirhea</i>	<i>borbonica</i>		J.F. Gmel. Rakotomalaza	1248	G.E. Schatz (MO), 1998
<i>Canthium</i>	<i>latiflorum</i>		Homolle ex Cavaco Andriatsiferana Andriatsiferana Rakotomalaza	2195 2264 1311	R. Gereau, 1999
<i>Canthium</i>	<i>medium</i>	(A. Rich. ex DC.)	Capuron Andriatsiferana Rakotomalaza	2065 1109	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Canthium</i>	<i>micranthum</i>	(Baker)	comb. ined. Rakotomalaza	1232	G. McPherson (MO), 1998
<i>Canthium</i>	<i>tamatavense</i>		Cavaco Rakotomalaza	1192	G. McPherson (MO), 1998
<i>Coffea</i>	<i>liaudii</i>		J.-F. Leroy ex A.P. Davis Service Forestier	28394	A.P. Davis & F. Rakotonasolo, 2000
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov 19</i>		Morat Rakotomalaza	3217 1061	De Block, 2005 (BR) De Block, 2005 (BR)
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov 36</i>		Rakotonasolo	65	De Block, 2005 (BR)
<i>Coptosperma</i>	<i>sp. nov. 17</i>		Rabenantoandro.J	133	De Block, 2005 (BR)
<i>Coptosperma</i>	<i>supra-axillare</i>	Hemsl.	Degreef Rakotonasolo	63	De Block, 2005 (BR)
<i>Craterispermum</i>	<i>sp. nov</i>		Ranaivojaona	1093	Davis, 2005 (K)
<i>Enterospermum</i>	<i>calyculatum</i>		Andriatsiferana	2356	P.J. Rakotomalaza, 1998

<i>Enterospermum</i>	<i>humblotii</i>	(Drake)	Homolle		
			Andriatsiferana	2269	P.J. Rakotomalaza, 1998
<i>Gaertnera</i>	<i>obovata</i>		Baker		
			Andriamahefarivo	32	
			Andriamahefarivo	53	
			Andriatsiferana	2257	G. McPherson (MO), 1998
			Andriatsiferana	2268	S. Malcomber & G. McPherson, 1998
			Antilahimena	3025	
			Rakotomalaza	1016	S. Malcomber (MO), 1998
			Rakotomalaza	1240	S. Malcomber (MO), 1998
			Rakotomalaza	1317	S.T. Malcomber (MO), 2000
			Ranaivojaona	1107	
			Ranaivojaona	998	
			Razanatsoa	21	
<i>Gaertnera</i>	<i>sphaerocarpa</i>		Baker		
			Andriatsiferana	2345	S. Malcomber & G. McPherson, 1998
			Rakotomalaza	1148	S. Malcomber (MO), 1998
			Rakotomalaza	976	S. Malcomber (MO), 1998
<i>Genipa</i>	<i>poivreii</i>		Drake		
			Andriatsiferana	2076	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Homolliella</i>	<i>pauciflora, sp.</i>		De Block		
			Andriatsiferana	2148	De Block, 2005 (BR)
			Morat	3224	De Block, 2005 (BR)
<i>Homolliella</i>	<i>sericea</i>		Arènes		
			Andriatsiferana	2148	
			Rakotomalaza	1122	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotomalaza	1152	De Block, 2005 (BR)
			Rakotomalaza	1323	G. McPherson, 1998
<i>Ixora</i>	<i>regalis</i>		De Block		
			Rakotomalaza	984	P. De Block (BR), 1999
<i>Ixora</i>	<i>trichocalyx</i>		Hochr.		
			Rakotomalaza	1088	P. De Block (BR), 2005

			Rakotomalaza	1147	P. De Block (BR), 2005
<i>Mapouria</i>	<i>apoda</i>		Bremek.		
			Andriatsiferana	2087	P.-J. Rakotomalaza, 1998
			Andriatsiferana	2534	
<i>Mussaenda</i>	<i>arcuata</i>		Lam. ex Poir.		
			Andriatsiferana	2355	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Antilahimena	3553	
			Rakotovao	1283	
			Rakotovao	1491	
			Ranaivojaona	1077	
			Razanatsoa	292	
			Razanatsoa	355	
<i>Mussaenda</i>	<i>decaryi</i>		Homolle		
			Rakotomalaza	1153	G. McPherson (MO), 1998
<i>Mussaenda</i>	<i>trichophlebia</i>		Baker		
			Rakotomalaza	1303	P.J. Rakotomalaza, 1997
			Ranaivojaona	232	
<i>Pauridiantha</i>	<i>lyallii</i>	(Baker)	Bremek.		
			Rakotomalaza	1313	P.J. Rakotomalaza, 1997
<i>Pauridiantha</i>	<i>paucinervis</i>	(Hiern)	Bremek.		
			Antilahimena	3195	
			Antilahimena	3439	
			Antilahimena	3747	
			McPherson	17507	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1080	G.E. Schatz (MO), 1997
			Rakotovao	1299	
			Rakotovao	1543	
			Rakotovao	1759	
			Ranaivojaona	1075	
			Razanatsoa	294	
<i>Psychotria</i>	<i>obtusifolia</i>		Poir.		
			Andriatsiferana	2258	P.J. Rakotomalaza, 1998

<i>Pyrostria</i>	<i>variistipula</i>	Arènes ex Cavaco Rakotomalaza	1294	R.E. Gereau, 1999
<i>Robbrechtia</i>	<i>grandifolia</i>	De Block McPherson Service Forestier	17472 28370	De Block, 2005; paratype Petra De Block, 2005
<i>Saldinia</i>	<i>myrtilloides</i>	Bremek. McPherson Rakotovao Rakotovao	17502 1263 1574	G. McPherson (MO), 1998
<i>Schismatoclada</i>	<i>aurea</i>	Homolle McPherson Rakotomalaza Rakotomalaza	17487 1276 997	G. McPherson (MO), 1998 G. McPherson (MO), 1998 G. McPherson (MO), 1998
<i>Schismatoclada</i>	<i>psychotrioides</i>	Baker McPherson Rakotomalaza	17470 1066	G. McPherson (MO), 1998 P.-J. Rakotomalaza, 1998
Ruscaceae				
<i>Dracaena</i>	<i>sp 1</i>	Antilahimena Antilahimena Rakotovao Ravokatra Ravokatra Razanatsoa	3366 3408 1876 105 106 100	P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005
<i>Dracaena</i>	<i>sp 2</i>	Andriamahefarivo Antilahimena Antilahimena Rakotovao Ravokatra Ravokatra Ravokatra Razanatsoa	97 3407 3567 1825 101 102 112 193	P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005 P.B. Phillipson, 2005

<i>Dracaena</i>	<i>sp 4</i>		Antilahimena	3071	P.B. Phillipson, 2005
			Ravokatra	104	P.B. Phillipson, 2005
			Ravokatra	113	P.B. Phillipson, 2005
<i>Dracaena</i>	<i>sp. 3</i>		Antilahimena	3121	P.B. Phillipson, 2005
			Ravokatra	103	P.B. Phillipson, 2005
			Ravokatra	109	P.B. Phillipson, 2005
			Razafindrabe	54	P.B. Phillipson, 2005
			Razanatsoa	119	P.B. Phillipson, 2005
Rutaceae					
<i>Melicope</i>	<i>discolor</i>	(Baker)	T.G. Hartley		
			McPherson	17476	McP, 1998
<i>Melicope</i>	<i>madagascariensi</i>	(Baker)	T.G. Hartley		
			McPherson	17494	McP, 1998
			Rakotomalaza	1056	Gereau & McP, 1998
<i>Toddalia</i>	<i>asiatica</i>	(L.)	Lam.		
			Andriamahefarivo	3	
			Andriatsiferana	2351	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Rakotovao	1310	
			Rakotovao	1872	
			Ranaivojaona	1050	
<i>Vepris</i>	<i>nitida</i>	(Baker)	I. Verd.		
			McPherson	17520	G. McPherson (MO), 1998
<i>Vepris</i>	<i>pilosa</i>	(Baker)	I. Verd.		
			McPherson	17479	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1013	G.E. Schatz & G. McPherson, 1998
<i>Vepris</i>	<i>sclerophylla</i>		H. Perrier		
			Andriatsiferana	2265	G. McPherson (MO), 1998
<i>Zanthoxylum</i>	<i>mananarense</i>		H. Perrier		
			Andriatsiferana	2098	G.E. Schatz & G. McPherson, 1998

<i>Zanthoxylum</i>	<i>thouvenotii</i>		H. Perrier Rakotomalaza	1091	G. McPherson (MO), 1998
Sapindaceae					
<i>Allophylus</i>	<i>macrocarpus</i>		Danguy & Choux Andriatsiferana McPherson	2346 17512	P.J. Rakotomalaza, 1998 G. McPherson (MO), 1998
<i>Allophylus</i>	<i>pinnatus</i>		Choux McPherson	17521	R. Gereau (MO), 1998
<i>Allophylus</i>	<i>sp 1 'arboreus'</i>		Antilahimena	3689	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Allophylus</i>	<i>sp 2</i>		Antilahimena Antilahimena Razanatsoa Razanatsoa	3174 3258 289 7	P.B. Philipson, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Allophylus</i>	<i>sp 3</i>		Antilahimena	3064	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Allophylus</i>	<i>sp 4</i>		Andriantiana	115	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Allophylus</i>	<i>sp 5</i>		Rakotovao	1579	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Allophylus</i>	<i>trichodesmus</i>		Radlk. Rakotomalaza	1226	P.-J. Rakotomalaza, 1998
<i>Deinbollia</i>	<i>macrocarpa</i>		Capuron Antilahimena	3070	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Dodonaea</i>	<i>viscosa</i>	(L.)	Jacq. Antilahimena Randriatafika	3432 1785	P.B. Philipson, 2005 at P R. E. Gereau, 2004
<i>Doratoxylon</i>	<i>apetalum</i>	(Poir.)	Radlk. Rakotomalaza	1093	G.E. Schatz (MO), 1997

			Rakotomalaza	1244	R. E. Gereau, 2001
<i>Filicium</i>	<i>decipiens</i>	(Wight & Arn.)	Thwaites		
			Andriatsiferana	2069	G.E. Schatz (MO), 1998
			Morat	3204	
<i>Haplocoelum</i>	<i>perrieri</i>		Capuron		
			Rakotomalaza	1165	G.E. Schatz (MO), 1997
<i>Molinaea</i>	<i>sp. nov</i>				
			Rakotomalaza	1111	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1264	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Neotina</i>	<i>coursii</i>		Capuron		
			McPherson	17490	R. Gereau (MO), 1998
			Rakotomalaza	1298	R.E. Gereau, 1998
<i>Neotina</i>	<i>isoneura</i>	(Radlk.)	Capuron		
			Antilahimena	3230	
			McPherson	17474	
			Rakotomalaza	1012	G.E. Schatz (MO), 1997
			Rakotomalaza	1245	G.E. Schatz (MO), 1997
<i>Tina</i>	<i>chapelieriana</i>	(Cambess.)	Kalkman		
			Andriatsiferana	2145	S. Andriambololonera, 2002; conf PBP, 2005
			Andriatsiferana	2193	P.J. Rakotomalaza (MO), 1997
			Andriatsiferana	2272	G. McPherson (MO), 1998
			Antilahimena	3231	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Tina</i>	<i>striata</i>		Radlk.		
			Andriamahefarivo	119	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriamahefarivo	124	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriamahefarivo	49	P.B. Philipson, 2005 at P
			Andriamahefarivo	95	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3116	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3333	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3459	P.B. Philipson, 2005 at P
			McPherson	17469	R. Gereau (MO), 1998
			Morat	3212	

			Phillipson	5765	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	1336	
			Rakotovao	1173	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1197	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1360	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1668	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1011	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	1109	P.B. Philipson, 2005 at P
			Ranaivojaona	994	P.B. Philipson, 2005 at P
			Randriatafika	85	
			Razanatsoa	210	P.B. Philipson, 2005 at P
			Service Forestier	28372	
<i>Tina</i>	<i>trijuga</i>		Radlk.		
			Rakotomalaza	1150	R.E. Gereau, 2002
<i>Tinopsis</i>	<i>conjugata</i>	(Thouars ex Radlk.)	Capuron		
			Andriatsiferana	2100	G. McPherson (MO), 1998
			Rakotomalaza	1243	G. McPherson (MO), 1998
<i>Tinopsis</i>	<i>urschii</i>		Capuron		
			Andriamahefarivo	16	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3207	P.B. Philipson, 2005 at P
			Antilahimena	3216	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	1100	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotomalaza	989	P.B. Philipson, 2005 at P
Sapotaceae					
<i>Chrysophyllum</i>	<i>boivinianum</i>	(Pierre)	Baehni		
			Andriatsiferana	2074	G.E. Schatz (MO), 1998
			Andriatsiferana	2333	P.J. Rakotomalaza, 1998
			Antilahimena	3010	Antilahimena, 2005 at P
			Antilahimena	3383	Antilahimena, 2005 at P
			Rakotovao	1642	Antilahimena, 2005 at P
<i>Faucherea</i>	<i>ambrensis</i>		Capuron ex Aubrév.		
			Andriatsiferana	2283	G. McPherson (MO), 1998
			McPherson	17477	G. McPherson (MO), 1998

Faucherea laciniata

Faucherea parvifolia

Sarcolaenaceae

Leptolaena abrahamii

Leptolaena gautieri

Lecomte

Antilahimena	3412	Antilahimena, 2005 at P
Rakotomalaza	1252	

Lecomte

McPherson	17491	G. McPherson (MO), 1998
Rakotomalaza	1112	G. McPherson (MO), 1998
Rakotomalaza	1201	G. McPherson (MO), 1998
Rakotomalaza	1241	G. McPherson (MO), 1998
Rakotomalaza	1241	
Rakotomalaza	1290	P.J. Rakotomalaza, 1997
Rakotomalaza	1320	P.J. Rakotomalaza, 1997
Rakotovao	1724	Antilahimena, 2005 at P
Razanatsoa	218	Antilahimena, 2005 at P

G.E. Schatz & Lowry

Andriantiana	145	Lowry, 2005 (MO)
Antilahimena	3143	Lowry, 2005
McPherson	17523	G.E. Schatz, 2001
Morat	3218	G.E. Schatz & P.P. Lowry II, 2001
Rakotovao	1518	Lowry, 2005 (MO)
Ranaivojaona	1068	Lowry, 2005
Razanatsoa	315	Lowry, 2005

G.E. Schatz & Lowry

Andriantiana	157	Lowry, 2005
Antilahimena	3732	Lowry, 2005
McPherson	17467	G.E. Schatz, 2001
Rakotomalaza	1046	G.E. Schatz, 2001
Rakotomalaza	1279	G.E. Schatz, 2001
Rakotomalaza	1286	G.E. Schatz, 2001
Rakotomalaza	1309	G.E. Schatz, 2001
Rakotovao	1177	Lowry, 2005
Rakotovao	1391	Lowry, 2005
Rakotovao	1609	Lowry, 2005
Rakotovao	1623	Lowry, 2005 (MO)

			Rakotovao	1666	Lowry, 2005
			Rakotovao	1671	Lowry, 2005
			Rakotovao	1714	Lowry, 2005
			Rakotovao	1718	Lowry, 2005
			Rakotovao	1793	Lowry, 2005
<i>Rhodolaena</i>	<i>bakeriana</i>		Baill.		
			Andriamahefarivo	1	Lowry, 2005
			Andriatsiferana	2094	G.E. Schatz (MO), 1998
			Antilahimena	3046	Lowry, 2005
			Antilahimena	3101	Lowry, 2005
			Antilahimena	3565	lowry, 2005
			Antilahimena	3669	Lowry, 2005
			Rakotomalaza	1076	G.E. Schatz (MO), 1997
			Rakotomalaza	1319	G.E. Schatz, 2000
			Rakotovao	1284	Lowry, 2005
			Ranaivojaona	1056	Lowry, 2005
			Ranaivojaona	1086	Lowry, 2005
			Razanatsoa	322	
<i>Sarcolaena</i>	<i>oblongifolia</i>		F. Gérard		
			Antilahimena	3039	
			Antilahimena	3308	
			Morat	3223	Ph. Morat
Scrophulariaceae					
<i>Buddleja</i>	<i>indica</i>		Lam.		
			Antilahimena	3066	P.B. Philipson, 2005 at P
			Rakotovao	1441	Rakotovao, 2005; Phillipson, 2005
			Rakotovao	1547	Rakotovao, 2005; Phillipson, 2005
			Razanatsoa	92	P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Herpestis</i>	<i>monnieri</i>	(L.)	Kunth		
			Andriatsiferana	2123	P.-J. Rakotomalaza
Smilacaceae					
<i>Smilax</i>	<i>kraussiana</i>		Meisn.		
			Ranaivojaona	1124	P.B. Philipson, 2005 at P

Sterculiaceae

<i>Keraudrenia</i>	<i>macrantha</i>	(Baill.)	Are 9nes Rakotovao	1340	Antilahimena, 2005 at P
<i>Rulingia</i>	<i>madagascariensi</i>		Baker Andriamahefarivo Antilahimena Antilahimena Phillipson Rakotovao Ranaivojaona Ranaivojaona	55 3427 3455 5766 1716 1099 993	Antilahimena, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P Antilahimena, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P Antilahimena, 2005 at P Antilahimena, 2005 at P Antilahimena, 2005 at P

Thymelaeaceae

<i>Atemnosiphon</i>	<i>coriaceus</i>	(Leandri)	Leandri Andriantiana Andriatsiferana McPherson Rakotomalaza Rakotovao Rakotovao Rakotovao Rakotovao	160 2232 17482 1058 1262 1456 1621 1689	P.B. Philipson, 2005 at P G. McPherson (MO), 1998 P.B. Philipson, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P
<i>Stephanodaphne</i>	<i>geminata</i>		H. Perrier ex Leandri Antilahimena Phillipson Rakotomalaza	3166 5758 978	P.B. Philipson, 2005 at P P.B. Philipson, 2005 at P Z.S. Rogers (MO), 2004

Urticaceae

<i>Urera</i>	<i>acuminata</i>	(Poir.)	Gaudich. ex Decne. Andriantiana Antilahimena	105 3624	Antilahimena, 2005 at P Antilahimena, 2005 at P
--------------	------------------	---------	----------------------------------------------------	-------------	----------------------------------------------------

Verbenaceae

<i>Verbena</i>	<i>brasiliensis</i>		Vell. Razanatsoa	132	P.B. Philipson, 2005 at P
----------------	---------------------	--	---------------------	-----	---------------------------

Viscaceae

Viscum *decaryi*

Lecomte
Andriatsiferana 2234 P.J. Rakotomalaza (MO), 1997

VOLUME J

APPENDIX 1.1

ATTACHMENT 6

REPORT ON ORCHID SURVEY

ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL
COMPLEXE AMBATOVY/ANALAMAY
REGION DE MORAMANGA

VOLET «ORCHIDEES»

I-INTRODUCTION

II-RESULTATS ATTENDUS

- A- Données brutes
- B- Analyses et synthèses
 - B-1- Genres et espèces
 - B-2- Répartition des espèces dans le site
 - B-3- Endémicité et vulnérabilité

III-METHODOLOGIE

IV-RESULTATS

V-CONCLUSION

VI-RECOMMANDATIONS

I-INTRODUCTION

Madagascar est un des pays les plus riches en biodiversité et particulièrement sur le plan Floristique. En effet, pour ne parler que d'Orchidées, sur les 15.000 espèces existantes dans le monde, un peu moins de 1.000 espèces se trouvent à Madagascar dont 85 % soit environ 840 espèces sont endémiques à Madagascar et les restes sont communs dans la Région malgache, les Mascareignes, Afriques et la Malaisie.

La richesse et la particularité de la Flore malgache sont dues à l'évolution de celle-ci en vase clos depuis la séparation de l'île du continent africain depuis des millions d'années. Plus de 2/3 des espèces sont forestières soit épiphytes soit terrestres-humicoles, et les restes sont terrestres sensu stricto sur les Tanety et les prairies de montagne des hautes terres.

Sur le plan ornemental si les Orchidées Malgaches sont réputées par leurs fleurs de couleur blanche et munie d'un long éperon, il existe d'autres espèces à fleurs de couleur attractive allant de jaune verdâtre à rouge écarlate en passant par des fleurs panacées vert, jaune, rouge et ...noir.

Dans le souci de préserver et de protéger ces beautés fragiles et d'une rareté exceptionnelle, le DYNATEC Corporation et l'ONE ont mis en œuvre dans le cadre de l'Etude d'Impact Environnemental en vue de l'Exploitation du Nickel/Cobalt dans le complexe Ambatovy-Analamay une étude sur les Orchidées.

II-RESULTATS ATTENDUS

Si les études sur les Orchidées malgache par différents auteurs et chercheurs sont faites d'une façon généralisée, la présente étude est orientée sur les Orchidées du site.

Il est à noter que le site est très peu exploré par les Botanistes auparavant.

Dans le cadre de cette étude notre but est de recenser les espèces existantes dans le site afin d'avoir d'une part une base de données sur la répartition des espèces dans les différents habitats du site et d'autre part d'évaluer le taux d'endémicité des orchidées du site.

Nous espérons que les résultats de cette étude vont aider les décideurs à établir un plan d'action pour l'avenir du site.

III-METHODOLOGIE

Afin d'arriver à des résultats fiables, nous avons procédé de façon à ce que l'étude touche les différents habitats du site. En effet, le site offre plusieurs types de végétations liés en partie aux conditions édaphiques.

Notre étude est basée sur la classification de végétation établit récemment par P. O. Berner

Pour compléter l'étude, 06 parcelles de 1000m x 10 m ont été explorées dont 03 à Ambatovy et 03 à Analamay.

Dans cette étude, le site est subdivisé en 06 zones en fonction de l'endroit (Ambatovy et Analamay) et du type de végétation (formation zonale, formation de transition zonale/azonale, formation azonale)

La plupart des espèces ont été identifiées sur place, néanmoins quelques-unes ont été nécessairement herborisées pour des travaux d'identification plus approfondis au laboratoire de Biologie végétale du PBZT et en se référant aux publications spécialisées.

Les données ont été ensuite informatisées en utilisant EXCEL comme logiciel.

IV-RESULTATS

A-Données brutes

L'étude nous a permis d'établir un tableau servant de données de base. En tout, 833 récoltes ont été réalisées. (voir détaille sur fichier A, feuille 1)

Dans l'ensemble des 06 zones, 166 espèces repartis dans 23 genres ont été recensés (voir détaille sur fichier A, feuille 2)

La plupart des espèces (125) ont été identifiées sur place, 130 ont été herborisées et référencées (voir détaille sur fichier A, feuille 3)

Les 41 espèces non identifiées sont soit des espèces stériles (sans fleurs), soit des nouveaux taxons (voir détaille sur fichier A, feuille 4)

B-Analyses et synthèses

B-1-Genres et especes

Le tableau suivant résume le nombre d'espèces pour chaque genre et le pourcentage des espèces existant dans le site par rapport au nombre total à Madagascar.

Genre	Nombre espèce	Nbre espèce à M/car	Pourcentage
Aerangis	8	21	38,10%
Aeranthès	9	41	21,95%
Angraecum	35	141	24,82%
Bulbophyllum	56	210	26,67%
Calanthe	2	5	40,00%
Cryptopus	1	3	33,33%
Cymbidiella	1	3	33,33%
Cynorkis	7	36	19,44%
Eulophia	1	25	4,00%
Eulophiella	1	6	16,67%
Gastrorchis	1	12	8,33%
Grammangis	1	2	50,00%
Graphorkis	1	3	33,33%
Habenaria	2	33	6,06%
Jumellea	11	52	21,15%
Liparis	10	40	25,00%
Microcoelia	2	10	20,00%
Nervilia	1	9	11,11%
Oberonia	1	1	100,00%
Oeonia	2	5	40,00%
Phaius	1	4	25,00%
Phaius/ Gastrorchis	1		
Platylepis	2	4	50,00%
Polystachya	9	21	42,86%
23 genres	166 espèces		

La Tribu des SARCANTHEAE est la plus représentée dans le site (40,36% des espèces totales du site). Cette tribu renferme les Genres les plus communs du Domaine du Centre et de l'Est, à savoir: Aerangis, Aeranthès, Angraecum, Cryptopus, Jumellea, Oeonia.

Sur les 59 Genres existants à Madagascar, 23 sont présents dans le site. Les Genres du Domaine de l'ouest comme le Nervilia, Microcoelia et Eulophia sont représentés par quelques espèces.

B-2-Repartition des especes dans le site

La répartition des espèces dans les 06 zones se résume par le tableau suivant (voir détaille sur fichier A, feuille 5):

	Ambatovy	Analamay	Ambatovy/Analamay (détaille fichier A, feuille 6)
Zonal	97 espèces	87 espèces	131 espèces
Transition	49 espèces	69 espèces	86 espèces
Azonal	86 espèces	63 espèces	105 espèces

La formation zonale est la plus riche en espèces. Cette richesse s'explique par la localisation du site sur la limite entre deux divisions phytogéographiques : le domaine du centre le domaine de l'Est. En effet, on a constaté que les espèces de ces deux domaines sont présentes dans le site.

Vient ensuite la formation azonale renfermant plus d'espèces heliophiles comme les *Bulbophyllum* et *Polystachya*, et les espèces terrestres comme les *Cynorkis*.

Chaque zone a ses espèces spécifiques. En effet, 51 espèces sont recensées dans une unique zone (voir détaille sur fichier A, feuille 7).

La répartition des espèces spécifiques dans les zones est détaillé dans la feuille 8 du fichier A, dont le résumé est le suivant :

	Ambatovy	Analamay	Ambatovy/Analamay
Zonal	19 espèces	11 espèces	30 espèces
Transition	01 espèces	04 espèces	05 espèces
Azonal	11 espèces	05 espèces	16 espèces

La formation zonale renferme un nombre assez significatif d'espèces unique à sa zone.

Par contre, certaines espèces sont omniprésentes dans les 06 zones (voir détaille sur fichier A, feuille 9). Elles sont au nombre de 24 et la plupart sont parmi les plus abondantes du site sauf *Angraecum panicifolium*, *Angraecum urschianum*, *Jumellea punctata* qui sont présentes dans les 06 zones d'une façon sporadique.

B-3-Endemicité et vulnérabilité

L'endémicité ainsi que la vulnérabilité des espèces a été également établit au cours de cette étude (voir détaille sur fichier A, feuille 10)

Ainsi parmi les 166 espèces :

- 110 sont endémiques de Madagascar, soit 66,27% (voir détaille sur fichier A, feuille 11)
- 27 sont endémiques de la région de Moramanga, soit 16,27% (voir détaille sur fichier A, feuille 12)
- 10 sont endémiques du site dont 09 sont des nouveaux taxons (voir détaille sur fichier A, feuille 13)

Du point de vue rareté :

- 39 sont des espèces rares et menacées de disparition (voir détaille sur fichier A, feuille 14). La rareté de ces espèces est due à l'effet conjugué des différents facteurs dont notamment les conditions écologiques et la pression anthropique. Certaines de ces espèces ne sont pas recensées qu'une seule fois.
- 55 sont peu communes (voir détaille sur fichier A, feuille 15)
- 43 sont des espèces communes (voir détaille sur fichier A, feuille 16). Elles se trouvent en abondance non seulement dans le site mais dans des autres site autres que le complexe Ambatovy/analamay.

Au cours de cette étude, on a trouvé des nouveaux taxons :

- 09 taxons sont nouveaux dont la répartition dans le site est la suivante (voir détaille sur fichier A, feuille 17) :

Zone	Nouveaux taxons
Ambatovy-Zonal	02 nouvelles espèces
Ambatovy-Transition	00
Ambatovy-Azonal	03 nouvelles espèces
Analama-Zonal	01 nouvelle espèce 01 nouveau Genre
Analamay-Transition	01 nouvelle espèce
Analamay-Azonal	01 nouvelle variété

V-CONCLUSION

Du point de vue quantité on peut dire que le site est riche en espèces. En effet, dans le cadre de cette étude on a recensé 166 espèces sur une superficie de 25 km². En d'autre terme, on peut dire que 1/5 des espèces existantes à Madagascar sont présentes dans une aussi petite surface qu'est le Complexe Ambatovy/Analamay.

La présence de plusieurs types d'habitat dans le site contribuait à ce taux de richesse en espèce assez élevé.

Sur le plan scientifique, le site abrite quelques espèces extrêmement rares voir même en voie de disparition. En dépit du nombre assez bas des espèces rares, quelques-unes ont une valeur scientifique et économique considerable.

La découverte du nouveau Genre de Phaius/Gastrorchis est importante sur le plan évolutif étant donné que cette espèce est une forme intermédiaire entre les genres Gastrorchis et Phaius. Ce nouveau Genre présente à la fois les caractères du Genre Gastrorchis et Phaius, mais par contre la couleur de ses fleurs et la forme de son labelle n'ont jamais été observé sur aucun de ces deux Genres apparentés.

Les taxons nouvellement découverts au cours de cette étude sont à fortiori, du moins pour le moment, endémiques du site.

Sur le plan ornemental et économique, les orchidées du site ont une potentialité économique non négligeable du fait de leur unicité, leur beauté attractif et l'existence de plusieurs espèces et variétés.

VI- RECOMMANDATIONS

Les espèces les plus menacées méritent d'attirer nos attentions dans l'immédiat. La seule solution de les préserver est la multiplication massive in vitro en vue de les réintroduire dans le site. Cette technique de culture in-vitro est faisable à Madagascar actuellement. La réintroduction ne sera pas difficile si on installe la serre de multiplication à l'intérieur même du site.

En plus des espèces endémiques de la région (ficher A, feuille 12), on peut proposer quelque espèces pour cette action : *Angraecum dendrobiopsis*, *Bulbophyllum alexandrae*, *Bulbophyllum imerinense*, *Bulbophyllum occultum*, *Bulbophyllum pandurella*, *Bulbophyllum protectum*, *Cryptopus paniculatus*, *Cynorkis aurantiaca*, *Cymbidiella flabellata*, *Eulophiella roempleriana*, *Graphorkis concolor* var. *alphabetica*, *Jumellea major*, *Polystachya humbertii*.

Pour les espèces qui poussent exclusivement dans un habitat unique, il faut en tenir compte dans le plan d'exploitation du site.

Table 1 Orchid Data

N° ordre	SPPCODE	Genre	espèce	Ss espèce/ variété	Madagascarcar	Océan indien	Afrique	Autres régions	Est	Ouest	Centre	Endémique Region Moramanga	Endémique Ambatovy/ Analamay	Rare	Peu commun	Commun
1	Aerart	Aerangis	articulata		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
2	Aercit	Aerangis	citrata		1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
3	Aerell	Aerangis	ellisii		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
4	Aermac	Aerangis	macrocentra		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
5	Aermod	Aerangis	modesta		1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
6	Aersp1	Aerangis	sp1													
7	Aersp2	Aerangis	sp2													
8	Aerade	Aeranthès	adenopoda		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
9	Aeramb	Aeranthès	ambrensis		1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
10	Aerang	Aeranthès	anguistidens		1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
11	Aercau	Aeranthès	caudata		1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
12	Aergra	Aeranthès	grandiflora		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
13	Aerpar	Aeranthès	parvula		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
14	Aerpey	Aeranthès	peyrotii		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
15	Aerram	Aeranthès	ramosa		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
16	Artsp1	Aeranthès	sp1											1	0	0
17	Angbre	Angraecum	breve		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
18	Angcal	Angraecum	calceolus		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
19	Angcar	Angraecum	caricifolium		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
20	Angcha	Angraecum	chaetopodium		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
21	Angche	Angraecum	chermezoni		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
22	Angchl	Angraecum	chloranthum		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
23	Angcom	Angraecum	compactum		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
24	Angcur	Angraecum	curvicalcar		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
25	Angdan	Angraecum	danguyanum		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1
26	Angdas	Angraecum	dasy carpum		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
27	Angden	Angraecum	dendrobiopsis		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
28	Angdid	Angraecum	didieri		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
29	Angdry	Angraecum	dryadum		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
30	Angfil	Angraecum	filicornu		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
31	Angflin	Angraecum	finetianum		1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
32	Angger	Angraecum	germinyanum		1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
33	Anggra	Angraecum	graminifolium		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
34	Anglec	Angraecum	lecomtei		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
35	Angmad	Angraecum	madagascariense		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
36	Angmau	Angraecum	mauritianum		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
37	Angmul	Angraecum	multiflorum		1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
38	Angmus	Angraecum	musciliferum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
39	Angobe	Angraecum	obesum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
40	Angpan	Angraecum	panicifolium		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
41	Angrhy	Angraecum	rhynchoglossum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
42	Angrut	Angraecum	rutenbergianum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
43	Angsp1	Angraecum	sp1													

N° ordre	SPPCODE	Genre	espèce	Ss espèce/ variété	Madagascar	Océan indien	Afrique	Autres régions	Est	Ouest	Centre	Endémique Region Moramanga	Endémique Ambatovy/ Analamay	Rare	Peu commun	Commun
44	Angsp2	Angraecum	sp2													
45	Angsp3	Angraecum	sp3 nouvelle espèce	nouvelle espèce	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
46	Angsp4	Angraecum	sp4 nouvelle espèce	nouvelle espèce	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
47	Angsp5	Angraecum	sp5													
48	Angten	Angraecum	tenellum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
49	Angter	Angraecum	teretifolium		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
50	Angurs	Angraecum	urschianum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
51	Angvig	Angraecum	viguieri		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
53	Bulale	Bulbophyllum	alexandrae		1	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0
54	Bulana	Bulbophyllum	analamazaotrae		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
55	Bulank	Bulbophyllum	ankaizinense		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
56	Bulbar	Bulbophyllum	baronii		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
57	Bulbre	Bulbophyllum	brevipetalum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
59	Bulcar	Bulbophyllum	cardiobulbum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
58	Bulcrv	Bulbophyllum	cardiobulbum nouvelle	nouvelle variété	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
60	Bulcil	Bulbophyllum	ciliatilabrum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
61	Bulcon	Bulbophyllum	conchidioides		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
62	Bulcor	Bulbophyllum	coriophorum		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
63	Buldec	Bulbophyllum	decaryanum		1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
64	Bulflo	Bulbophyllum	florulentum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
65	Bulfra	Bulbophyllum	francoisii		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
66	Bulhen	Bulbophyllum	henrici		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
67	Bulhir	Bulbophyllum	hirsutiusculum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
68	Bulime	Bulbophyllum	imerinense		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
69	Bullea	Bulbophyllum	leandrianum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
70	Bullin	Bulbophyllum	lineariligulatum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
71	Bullon	Bulbophyllum	longiflorum		1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	1	0
72	Bulmol	Bulbophyllum	molossus		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
73	Bulmul	Bulbophyllum	multiflorum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
74	Bulocc	Bulbophyllum	occlusum		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
75	Buloct	Bulbophyllum	occultum		1	1	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
76	Buloch	Bulbophyllum	ochrochlamys		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
77	Buloni	Bulbophyllum	onivense		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
78	Bulpac	Bulbophyllum	pachypus		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
79	Bulpan	Bulbophyllum	pandurella		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
80	Bulpey	Bulbophyllum	peyrotii		1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
81	Bulpla	Bulbophyllum	platypodum		1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
82	Bulpro	Bulbophyllum	protectum		1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
83	Bulrhi	Bulbophyllum	rhizomatosum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
84	Bulsan	Bulbophyllum	sandrangatense		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
85	Bulsim	Bulbophyllum	simulacrum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
86	Bulsp1	Bulbophyllum	sp1 nouvelle espèce	nouvelle espèce	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
87	Buls10	Bulbophyllum	sp10													
88	Buls11	Bulbophyllum	sp11													
89	Buls12	Bulbophyllum	sp12 nouvelle espèce	nouvelle espèce	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0

N° ordre	SPPCODE	Genre	espèce	Ss espèce/ variété	Madagascarcar	Océan indien	Afrique	Autres régions	Est	Ouest	Centre	Endémique Region Moramanga	Endémique Ambatovy/ Analamay	Rare	Peu commun	Commun
90	Buls13	Bulbophyllum	sp13													
91	Buls14	Bulbophyllum	sp14													
92	Buls15	Bulbophyllum	sp15													
94	Buls16	Bulbophyllum	sp16													
95	Buls17	Bulbophyllum	sp17													
96	Buls18	Bulbophyllum	sp18													
97	Bulsp2	Bulbophyllum	sp2													
98	Bulsp3	Bulbophyllum	sp3													
99	Bulsp4	Bulbophyllum	sp4													
100	Bulsp5	Bulbophyllum	sp5													
101	Bulsp6	Bulbophyllum	sp6 nouvelle espèce	nouvelle espè	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
102	Bulsp7	Bulbophyllum	sp7 nouvelle espèce	nouvelle espè	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
103	Bulsp8	Bulbophyllum	sp8													
104	Bulsp9	Bulbophyllum	sp9													
105	Bulsub	Bulbophyllum	subsecundum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
106	Bulsul	Bulbophyllum	sulfureum		1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
107	Bultoi	Bulbophyllum	toillezae		1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
108	Bultri	Bulbophyllum	trilineatum		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
109	Bulxan	Bulbophyllum	xanthobulbum		1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
110	Calmad	Calanthe	madagascariensis		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
111	Calsyl	Calanthe	sylvatica		1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
112	Crypan	Cryptopus	paniculatus		1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
113	Cymfla	Cymbidiella	flabellata		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
114	Cynaur	Cynorkis	aurantiaca		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
115	Cynfas	Cynorkis	fastigiata var. typica	typica	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
116	Cynlil	Cynorkis	lilacina var. typica	typica	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
117	Cynsp	Cynorkis	sp nouvelle espèce	nouvelle espè	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
118	Cynsp1	Cynorkis	sp1													
119	Cynunc	Cynorkis	uncinata		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
120	Eulpul	Eulophia	pulchra		1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
121	Eulroe	Eulophiella	roempleriana		1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
122	Gassp1	Gastrorchis	sp1													
123	Graell	Grammangis	ellisii		1	0	0	0	1	0	1	0	0	1	0	0
124	Gracon	Graphorkis	concolor var. alphabetica	alphabetica	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
125	Habalt	Habenaria	alta		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
126	Habinc	Habenaria	incarnata		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
127	Jumgra	Jumellea	gracilipes		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
128	Jumint	Jumellea	intricata		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
129	Jumlig	Jumellea	lignosa var. latilabia	latilabia	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
130	Jumlin	Jumellea	linearipetala		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
131	Jummaj	Jumellea	major		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
132	Jumpey	Jumellea	peyrotii		1	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	0
133	Jumpun	Jumellea	punctata		1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0
134	Jumsp1	Jumellea	sp1													
135	Jumsp2	Jumellea	sp2													

N° ordre	SPPCODE	Genre	espèce	Ss espèce/ variété	Madagascar	Océan indien	Afrique	Autres régions	Est	Ouest	Centre	Endémique Region Moramanga	Endémique Ambatovy/ Analamay	Rare	Peu commun	Commun
136	Jumsp3	Jumellea	sp3													
137	Jumter	Jumellea	teretifolia		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
138	Lipant	Liparis	anthericoides		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
139	Lipbic	Liparis	bicornis		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
140	Lipbul	Liparis	bulbophylloides		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
141	Liplis	Liparis	listeroides		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
142	Liplon	Liparis	longicaulis		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
143	Lipoch	Liparis	ochracea		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
144	Lippun	Liparis	puncticulata		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
145	Lipriv	Liparis	rivalis		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
146	Lipsp1	Liparis	sp1													
147	Lipzar	Liparis	zaratananae		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
148	Micgil	Microcoelia	gilpinae		1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1
149	Micmac	Microcoelia	macrantha		1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
150	Nersp1	Nervilia	sp1													
151	Obedis	Oberonia	disticha		1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0	1
152	Oeoros	Oeonia	rosea		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
153	Oeovol	Oeonia	volucris		1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	1
154	Phapul	Phaius	pulchellus var. pulchellus	pulchellus	1	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0
155	Phasp	Phaius	sp nouvelle espèce	nouvelle espèce	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
156	Plabig	Platylepis	bigibbosa		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
157	Plapol	Platylepis	polyadenia		1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0
158	Polanc	Polystachya	anceps		1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
159	Polcon	Polystachya	concreta		1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1
160	Polcul	Polystachya	cultriformis		1	1	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1
161	Polfus	Polystachya	fusififormis		1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
162	Polhum	Polystachya	humbertii		1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0
163	Polros	Polystachya	rosea		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
164	Polsp1	Polystachya	sp1													
165	Poltsi	Polystachya	tsinjoarivoensis		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0
166	Polvir	Polystachya	virescens		1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

VOLUME J

SECTION 1.1

ATTACHMENT 7

REPORT ON ALOE SURVEY

1 DESRIPTION D'UN ALOE A PARTIR DES PLANTES FLEURIES A AMBATOVY MORAMANGA

Plante solitaire ou par petit groupe de 4 à 8 plantes, acaule ou à courte tige couchée de 5 à 15 cm de long et 4 cm de diamètre.

Feuilles en rosettes de 8 à 32, ascendantes, 10 à 28 cm de longues; 2,2 à 3 cm de large à la base et rétrécies progressivement au sommet subaigu; de couleur vert olive terne à l'ombre et vert grisâtre à brun rouge dans les stations ensoleillées; face supérieure concave; bords étroits, blancs, cartilagineux, munis de petits aiguillons rose ou blanche, fermes, longs de 1 à 2 cm, distants de 5 à 7 mm.

Inflorescence souvent simple mais parfois à 2-3 ramifications vers l'extrémité, longue de 40-140 cm, dressée ou inclinée, de couleur rouge brune. On observe une seule inflorescence sur chaque pied, rarement deux.

Pédoncule convexe de la base au 2/3 inférieur, cylindrique vers le sommet, portant 2 à 10 bulbilles de couleur vert grisâtre ou rouge brune.

Grappe capitée ou subcapitée, la partie pédicellée longue de 1 à 9 cm, boutons floraux dressés ou horizontaux, fleurs pendantes.

Bractées blanches rosâtres, scarieuses, à 5 nervures noires visible ; deltoïdes aiguës, de 5 cm de long.

Pédicelle de même couleur que les boutons floraux ; les inférieurs longs de 4cm ; les supérieurs de 2,4 cm.

Périanthe rouge orangé devenant jaune à l'anthèse, à sommet teinté de vert, long de 3 cm, arrondi à la base, 5 mm de diamètre au niveau de l'ovaire, rétréci au milieu puis légèrement incurvé et s'élargissant en trigone jusqu'à la gorge. Segments internes soudés seulement à la base, de couleur jaunâtre et à sommet teinté de vert ; carène de même couleur que les sépales et à sommet teinté de vert également.

Filets jaune clair, les 3 internes s'allongeant avant les 3 externes, anthères jaunes orangées.

- Ovaire vert clair, oblong.

- Fruit sec déhiscent, ovale, de 2 à 2,2 cm de long.
- Graines sèches aplaties, ailées.
- Floraison : avril - juin

Note : Cette espèce présente quelque variation en fonction de la station où elle se trouve à l'intérieur du site Ambatovy / Analamay. Ces variations s'observent surtout sur le nombre, la couleur et la longueur des feuilles, la ramification de l'inflorescence, le nombre de bulbilles sur le pédoncule, la présence ou non d'une courte tige.

Le spécimen décrit ici pousse sur la lisière de la forêt sclérophylle d'Ambatovy. Les spécimens saxicoles sur milieu ensoleillé sont de moindre taille, à feuilles encore beaucoup plus rouge, à rosette moins dense, à inflorescence plus court et à bulbilles moins nombreuses.

Cette espèce correspond à la description de l'*Aloe leandrii* faite par J. Bosser en 1965 (voir *Adansonia* sér. 2, 8 (4) 1968). La comparaison de l'échantillon récolté par nous-même à Ambatovy et l'échantillon de référence qui se trouve à l'Herbarium du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza est positive et confirme que l'espèce d'Ambatovy est un *Aloe leandrii*.

Dans sa description, J. Bosser a mis en doute l'appartenance de ses spécimens au Genre *Aloe* du fait qu'il n'y avait pas de fruits à l'époque de l'étude pour le différencier du genre *Lomatophyllum*. Au cours de nos études en 1997 et 2004 nous avons pu observer à plusieurs reprises le développement de cette espèce jusqu'à la maturité des fruits. C'est ainsi que nous pouvons affirmer qu'il s'agit bien d'un *Aloe* et pas d'un *Lomatophyllum*.

Aloe leandrii est décrite par J. Bosser à partir des échantillons poussant aux environs de Lakato, non loin d'Ambatovy. Depuis cette description, personne n'a plus collecté cette espèce sur le site de Lakato. Actuellement, il semble que la présence de cette espèce aux environs de Lakato est peu probable puisque nous ne l'avons pas trouvé durant les deux missions de reconnaissance que nous avons effectuées.

Dans le site d'Ambatovy, cette espèce pousse exclusivement sur les substrats spécifiques constitués par la cuirasse ferrugineuse consolidée ou sur les concrétions ferrugineuses pisolithiques. Ces substrats eux-mêmes résultent du processus d'oxydo-réduction ancien du profil limonitique caractéristique de l'érosion d'une roche mère ultramafique. Cette station a donné naissance à une

végétation sclérophylle rabougrie, plus ou moins ouverte, répondant à la nature héliophile de l'Aloe.

Aux environs de Lakato, J. Bosser indique que cette espèce se trouve en abondance sur des sables quartzeux. De cette observation, nous pouvons conclure que cette espèce pousse sur des substrats pauvres en nutriments et en eau. Cette caractéristique est attribuée à la plupart des Aloe qui poussent en condition rupicole, notamment les rochers granitiques et calcaires.

Depuis 1997 nous avons constaté que non seulement le nombre d'individus au sein d'une population diminue mais le nombre de la population se réduit lui-même.

Les figures 1, 2 et 3 et le tableau 1 indiquent l'emplacement des observations d'Aloe dans le secteur Ambatovy/Analamay.

DYNATEC PROJET NICKEL COBALT

CONSERVATION HORS-SITE D'HABITATS AZONALS SUR GISEMENTS ULTRAMAFIQUES ET CONSTATS PRELIMINAIRES DU SITE RETENU D'ANKERA

RAPPORT FINAL

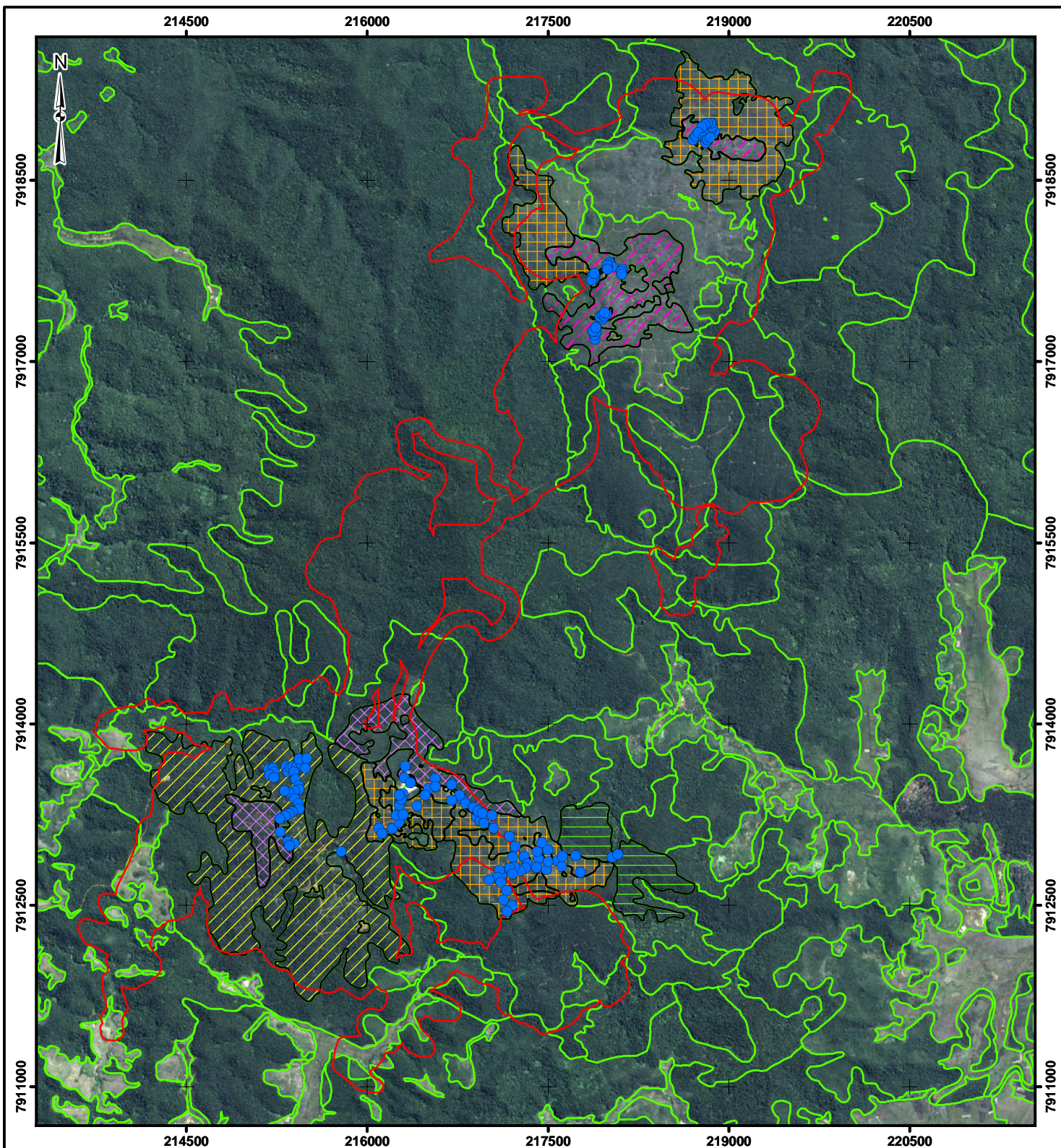
Pierre O. BERNER

Avec la collaboration de :
Lalao ANDRIAMAHEFARIVO
Richard ANDRIANAIVO
Frank NY ONJA
Aro RATOVONOMENJANAHARY

PARTIE I : IDENTIFICATION D'UN SITE ULTRAMAFIQUE ÉQUIVALENT

1. SITUATION DE BASE

- Les gisements latéritiques nickélifères d'Ambatovy et Analamay résultent d'une érosion de longue haleine d'une ancienne intrusion de roche mère ultra mafique.
- Dus aux conditions paléoclimatiques fluctuantes impliquant des séquences d'épisodes de réactions d'oxydation et de réduction de la couche latéritique ferrugineuse superficielle, une croûte ferralitique caractéristique s'est développée sur les plateaux d'Ambatovy et d'Analamay.
- En fonction des conditions chimiques et mécaniques particulières du substrat ainsi qu'une exposition substantielle aux pluies orographiques, une végétation forestière atypique a évolué sur ces stations. Cette forêt azonale se caractérise par une structure dense et une architecture rabougrie des arbres ainsi qu'une composition floristique qui se différencie de celle de la forêt zonale des alentours, notamment en terme d'abondance d'espèces.
- Ainsi, il existe une forte corrélation spatiale entre la roche mère ultramafique, le profil latéritique nickélifère résultant de son érosion, la couche ferralitique issue des processus d'oxydo-réduction sous un régime de nappe phréatique historiquement variable et le type de végétation azonale qui s'est adapté à ce substrat particulier. Par conséquent, l'exploitation du gisement latéritique nickélifère causerait un impact sévère sur la forêt azonale et la nécessité d'explorer les possibilités d'une mitigation compensatoire hors site est indispensable.



LÉGENDE

- *ALOE LEANDRII*
- EMPREINTE AU SOL DE LA MINE
- FORÊT AZONALE
- FORÊT AZONALE PERTURBÉE
- FOURRÉ AZONAL
- HABITAT AZONAL PERTURBÉ (VÉGÉTATION CLAIRSEMÉE)
- HABITAT AZONAL PERTURBÉ (SUCCESSION I & II)
- POLYGONE DE VÉGÉTATION

RÉFÉRENCE

Images satellite IKONOS fournies par Space Imaging Inc.; prises le 11 août 2004
 Référence: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

1 0 1 2
 ÉCHELLE 1:45 000 KILOMÈTRES

PROJET

PROJET AMBATOVY

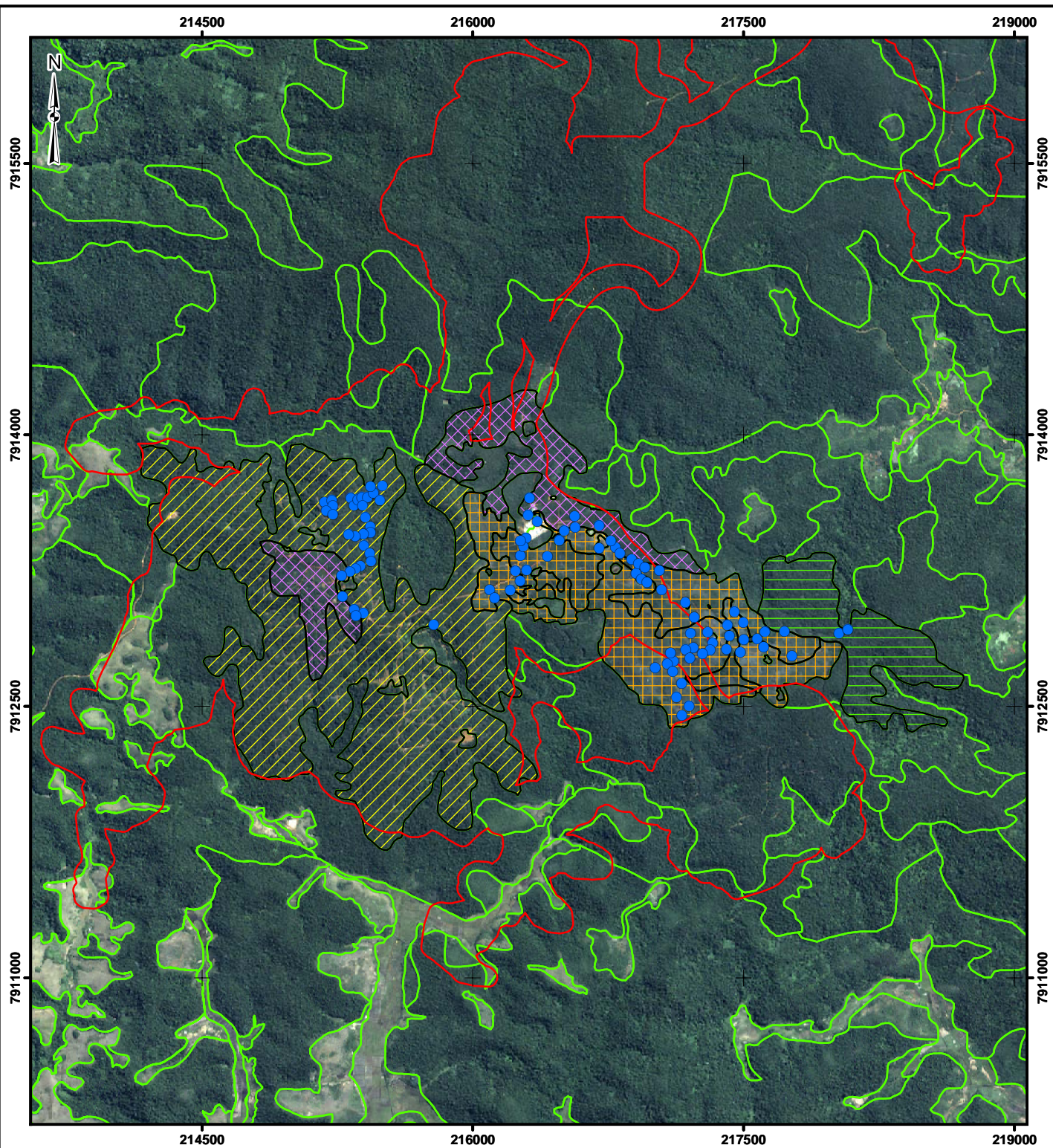
TITRE **EMPLACEMENTS DES PLANTS D'*ALOE LEANDRII*
 DANS LE SECTEUR DES
 GISEMENTS D'AMBATOVY ET ANALAMAY**



PROJET No.	03-1322-172.7300
DESSINE	DN 17 mai 2005
SIG	TN 05 jan. 2006
VERIF.	GJ 11 jan. 2006
REV.	DM 11 jan. 2006

ÉCHELLE TELLE QUE MONTREE REV. 0

FIGURE: 1



LÉGENDE

- ALOE LEANDRII
- EMPREINTE AU SOL DE LA MINE
- FORÊT AZONALE
- FORÊT AZONALE PERTURBÉE
- FOURRÉ AZONAL
- HABITAT AZONAL PERTURBE (SUCCESSION I & II)
- POLYGONE DE VEGETATION

RÉFÉRENCE

Images satellite IKONOS fournies par Space Imaging Inc.; prises le 11 août 2004
 Référence: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

0.5 0 0.5 1
 ÉCHELLE 1:30 000 KILOMÈTRES

PROJET

PROJET AMBATOVY

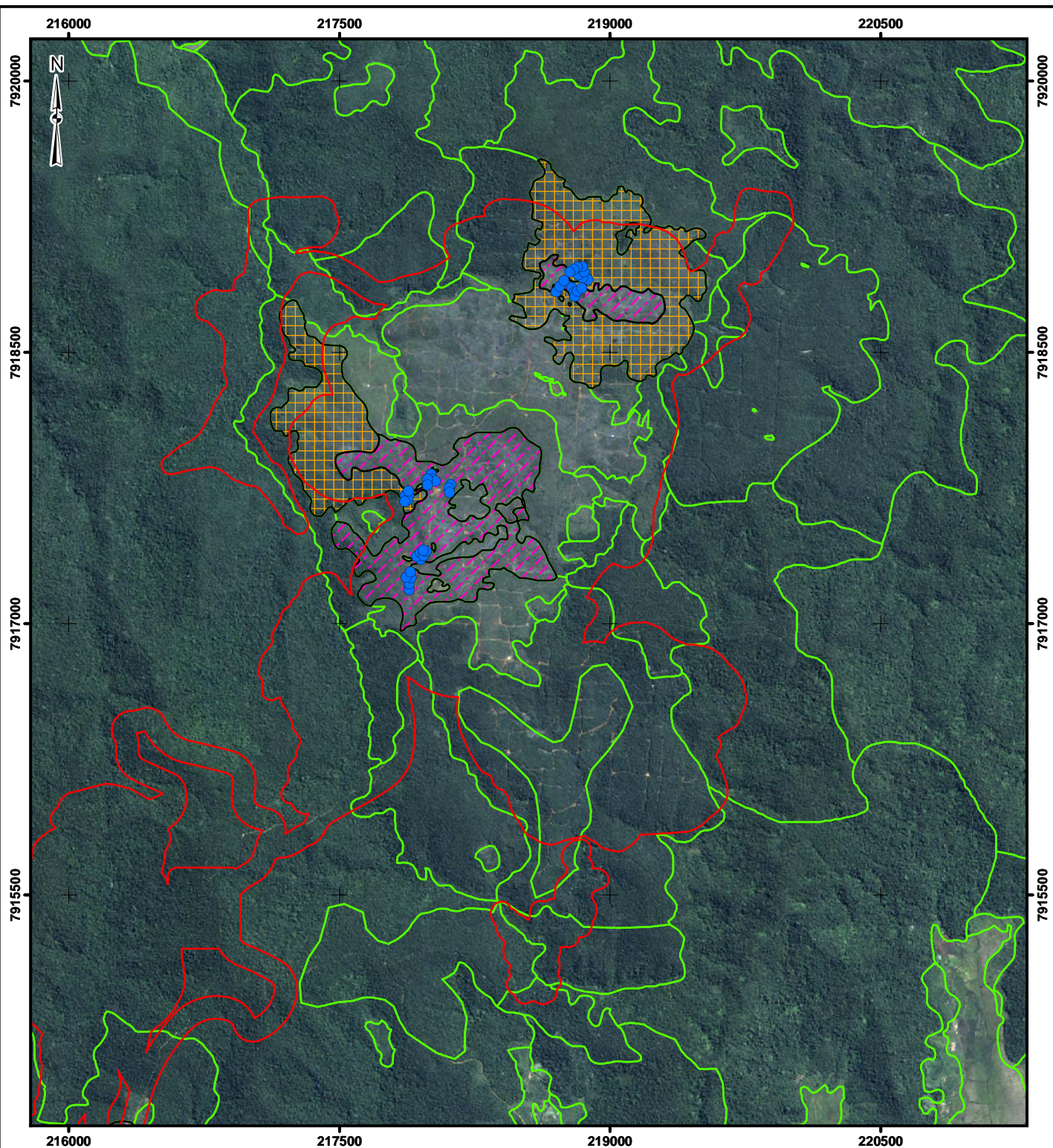
TITRE

**EMPLACEMENTS DES PLANTS
 D'ALOE LEANDRII À AMBATOVY**



PROJET No. 03-1322-172.7300		ÉCHELLE TELLE QUE MONTRE	REV. 0
DESSINE	DN	17 mai 2005	
SIG	TN	05 jan. 2006	
VERIF.	GJ	11 jan. 2006	
REV.	DM	11 jan. 2006	

FIGURE: 2



LÉGENDE

- ALOE LEANDRII
- EMPREINTE AU SOL DE LA MINE
- HABITAT AZONAL PERTURBÉ (VÉGÉTATION CLAIRESEMÉE)
- HABITAT AZONAL PERTURBÉ (SUCCESSION I & II)
- POLYGONE DE VEGETATION

RÉFÉRENCE

Images satellite IKONOS fournies par Space Imaging Inc.; prises le 11 août 2004
Référence: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

0.5 0 0.5 1
ÉCHELLE 1:30 000 KILOMÈTRES

PROJET

PROJET AMBATOVY

TITRE

**EMPLACEMENTS DES PLANTS
D'ALOE LEANDRII À ANALAMAY**



PROJET No. 03-1322-172.7300				ÉCHELLE TELLE QUE MONTREE	REV. 0
DESSINÉ	DN	17 mai 2005			
SIG	TN	05 jan. 2006			
VERIF.	GJ	11 jan. 2006			
REV.	DM	11 jan. 2006			

FIGURE: 3

Tableau 1 Coordonnées cartographiques des plants d'Aloe dans le secteur des gisements d'Ambatovy et Analamay

UTM Est	UTM Sud	UTM Est	UTM Sud	UTM Est	UTM Sud
217887	7917185	215340	7913609	216698	7913373
217888	7917222	215363	7913643	216764	7913415
217898	7917251	215385	7913656	216789	7913377
217870	7917256	215416	7913656	216814	7913346
217895	7917284	215389	7913609	216880	7913312
217951	7917355	215448	7913679	216917	7913287
217929	7917372	215433	7913715	216953	7913264
217949	7917391	215498	7913719	216905	7913232
217967	7917377	215486	7913639	216934	7913202
217982	7917398	215404	7913544	216966	7913186
217965	7917407	215431	7913493	217033	7913249
217882	7917732	215433	7913460	217046	7913143
217885	7917708	215393	7913451	217177	7913074
217863	7917707	215347	7913439	217227	7912989
217879	7917686	215311	7913449	217301	7912907
217861	7917677	215395	7913388	217329	7912848
218009	7917825	215429	7913346	217314	7912810
218017	7917801	215435	7913302	217272	7912789
218033	7917786	215376	7913276	217221	7912823
217989	7917797	215351	7913259	217206	7912903
217990	7917766	215319	7913245	217179	7912812
218117	7917767	215273	7913219	217202	7912766
218106	7917749	215277	7913108	217111	7912749
218110	7917725	215342	7913034	217095	7912793
218701	7918835	215353	7912998	217078	7912734
218722	7918867	215393	7913015	217010	7912711
218745	7918898	215783	7912949	217107	7912692
218788	7918857	216093	7913143	217156	7912625
218801	7918834	216120	7913097	217128	7912549
218805	7918810	216207	7913141	217198	7912500
218819	7918840	216262	7913190	217158	7912450
218844	7918857	216236	7913247	217449	7913021
218876	7918904	216298	7913251	217499	7912962
218849	7918912	216264	7913331	217411	7912947
218825	7918930	216281	7913382	217421	7912888
218857	7918946	216264	7913413	217405	7912814
218847	7918976	216295	7913428	217483	7912798
218819	7918972	216414	7913327	217502	7912865
218799	7918962	216357	7913519	217575	7912869
218776	7918944	216306	7913557	217611	7912825
215178	7913628	216314	7913652	217617	7912909
215218	7913639	216479	7913415	217727	7912914
215224	7913609	216506	7913470	217767	7912774
215188	7913582	216565	7913487	218029	7912901
215224	7913561	216563	7913552	218077	7912922
215323	7913652	216698	7913500		

VOLUME J

SECTION 1.1

ATTACHMENT 8

**REPORT ON SLURRY PIPELINE VEGETATION SURVEY NEAR THE
TOROTOROFOTSY WETLANDS**

RAPPORT SUR LA VÉGÉTATION DU SYSTÈME DE MARAIS DE TOROTOROFOTSY

Travail effectué par Félix ANDRIATSIFERANA
Edité par Aro RATOVONOMENJANAHARY
et Pierre O. BERNER
Juin 2005

1 INTRODUCTION

Le système de marais de Torotorofotsy se trouve entre le horst des collines d'Ambatovy et Analamay et la chaîne de montagnes du Parc National de Mantadia au nord d'Andasibe. Il s'agit d'une grande cuvette marécageuse qui contient d'abord le grand marais de Torotorofotsy avec ses multiples bras qui s'étendent notamment dans les bassins versants forestiers d'Ambatovy. Cette cuvette contient également les marais de Mokarana dans la partie nord-ouest, constituant un petit système satellite du marais de Torotorofotsy en aval. La végétation des étendues marécageuses du système est caractérisée par une couverture herbacée. De nombreux canaux faits au cours des dernières décennies par les populations riveraines témoignent les multiples tentatives d'aménagements rizicoles, à succès restreint, d'ailleurs. Originellement, les bordures des marais étaient à l'interface avec la forêt primaire d'altitude moyenne et contenaient un système d'écotones caractérisé par des peuplements de Pandanus.

En 2005, le système des marais de Torotorofotsy a été déclaré site Ramsar suite à une demande du gouvernement appuyée par les organisations internationales et nationales en matière de conservation. Malgré son degré d'anthropisation, le système est considéré comme un site naturel unique à Madagascar qui mérite d'être protégé.

Le projet minier Nickel Ambatovy de Dynatec vise à décaper le profil latéritique nickélifère d'Ambatovy et Analamay et, après mélange avec de l'eau, envoyer la boue ainsi obtenue par pipeline au site de l'usine à Toamasina, où celle-ci sera traitée afin d'y extraire le nickel et le cobalt. Après une étude méticuleuse d'options de tracé de pipeline, il en a résulté que celui-ci devra traverser le système des marais de Torotorofotsy. Toutefois, le tracé retenu du pipeline vise à réduire les impacts sur la végétation primaire forestière ou marécageuse. En sortant du site minier, le tracé suivra d'abord la vallée fortement anthropisée de la rivière de Torotorofotsy, à proximité de Berano. Par la suite et dans la région des marais proprement dite, le pipeline suivra une voie ferrée délabrée servant toujours pour le débardage artisanal d'Eucalyptus entre Mokarana et Torotorofotsy, en direction d'Andasibe.

La présente étude vise à faire une évaluation rapide du corridor du pipeline entre Berano et Menalamba. L'objectif de ce travail consiste à identifier le degré d'anthropisation au long de ce tracé et d'identifier la présence d'habitats originaux résiduels pouvant contenir des populations viables d'espèces endémiques locales et rares.

2 MÉTHODOLOGIE

Le site étudié se trouve au long d'un chemin et d'une voie ferrée délabrée entre Berano et Menalamba, dans la cuvette des marais de Mokarana et Torotorofotsy. Dans sa partie ouest, l'environnement est caractérisé par une matrice de tavy (culture sur brûlis) et de savoka (taillis abandonnées) au long d'un cours d'eau. La végétation est celle d'habitats perturbés par l'agriculture traditionnelle, les feux récurrents et la divagation du bétail. Dans la partie est, l'environnement est caractérisé par des peuplements plantés et sauvages d'Eucalyptus exploités pour les traverses et le bois d'œuvre. La voie ferrée passe entre les zones marécageuses qui contiennent.

Le travail a duré deux jours et a été effectué en janvier 2004, c'est-à-dire en pleine saison des pluies. Le long du tracé du pipeline, une équipe constituée d'un para-botaniste accompagné d'un dendrologiste local a effectué une évaluation rapide de la végétation. Le travail a consisté à faire une description sommaire des habitats avec une identification des espèces indicatrices. En outre, l'équipe a recherché les niches écologiques qui pouvaient contenir des espèces rares ou endémiques en milieu anthropisé.

L'étude de la végétation a consisté en un inventaire taxonomique sommaire avec échantillonnage des espèces fertiles dans les types majeurs de formations végétales identifiées.

3 RÉSULTATS

L'inventaire a permis d'identifier 3 types de formations végétales, à savoir une matrice de végétation secondaire résultant d'une forte anthropisation, les taillis d'Eucalyptus et une végétation en bordure des marais au delà du tracé du pipeline. Ce dernier type de végétation a été inventorié dans la mesure où certaines de ces espèces se trouvent sur le tracé du pipeline uniquement.

1) La matrice de végétation secondaire qui s'étend entre Berano jusqu'au premier taillis d'Eucalyptus est dominée par des peuplements mixtes d'espèces pionnières comme :

Phymatodes scolopendria, *Lantana camara*, *Clidemia hirta*, *Psorospermum lanceolatum*, *Psidium guajava*, *Harungana madagascariensis*, *Emilia citrina*, *Urena lobata*, *Tristema* sp., *Tachadenus carinatus*, *Crotalaria incana*, *Erigeron naudinii*, *Scleria racemosa*.

2) Dans les taillis d'Eucalyptus, l'on y trouve l'Eucalyptus *robusta* et *grandis*. D'autres espèces des sous-bois incluent : *Lantana camara*, *Trema orientalis*, *Aphloia theiformis*, *Desmodium ramosissimum*, *Loutedia* Sp, *Bambusa barbata*, *Pellaea viridis*, *Dracaena reflexa*, *Exacum quinquenervium*, *Hyparrhenia rufa*, *Scleria lagoensis*, *Psiadia lucida*, *Paropsia madagascariensis*, *Pityrogramma calomelanos*, *Paspalum commersonii*, *Harungana madagascariensis*, *Psorospermum lanceolatum*, *Stenotaphrum dimidiatum*, *Psiadia lucida*,

3) Pour les zones d'interface entre les taillis d'Eucalyptus et les bordures de marais, les espèces suivantes caractérisent cet habitat :

Phymatodes scolopendria, *Aphloia theiformis*, *Dianella ensifolia*, *Ficus baroni*, *Passiflora incarnata*, *Flagellaria indica*, *Urena lobata*, *Eleusine indica*, *Paspalum* Sp, *Cynodon dactylon*, *Pennisetum pseudotriticoides*, *Loutedia simplex*, *Pteridium* Sp, *Paspalum panniculatum*, *Cladium lavarum*, *Panicum brevifolium*, *Scleria abortiva*, *Pennisetum polystachyum*, *Erigeron naudinii*, *Pandanus edulis*,

Les espèces endémiques suivantes ont été recensées :

- *Actinoschoerus thouarsii*,

- *Paspalum conjugatum*,
- *Cyperus aequalis*,
- *Fuirena umbellata*,
- *Hypolytrum madagascariensis*

Pour les 3 types de formations confondues, 67 espèces ont été identifiées. Il s'agit intégralement d'espèces secondaires avec une gamme d'espèces non endémiques à potentiel d'invasion.

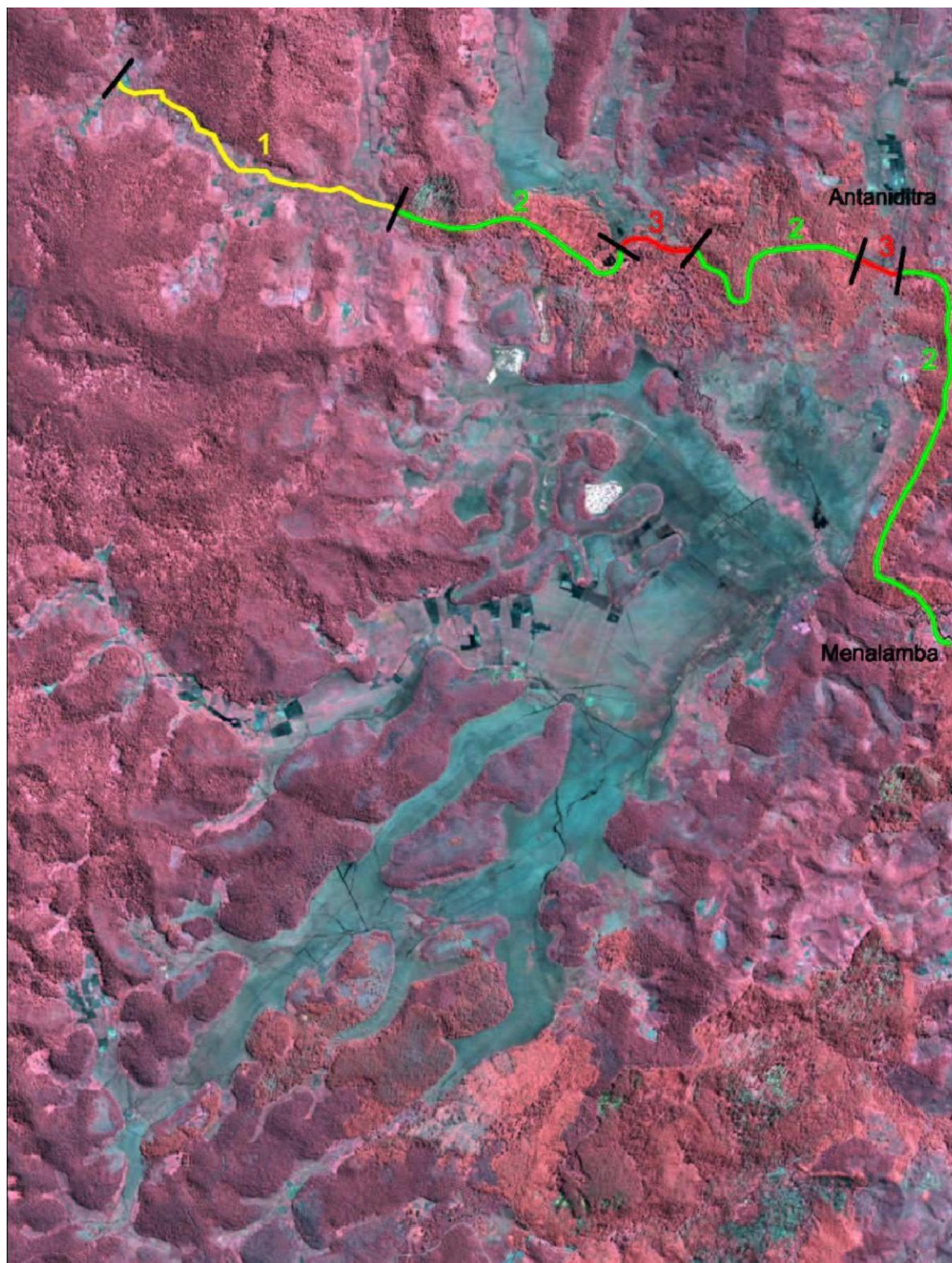
4 DISCUSSION

Mis à part les *Eucalyptus* et quelques espèces secondaires comme *Aphloia theiformis* et *Harungana madagascariensis*, la famille des *Cyperaceae* est très représentée en bordure de la zone d'investigation (écotone avec marais de Mokarana et Torotorofotsy). En effet, cette famille domine par la présence de *Fimbristylis longiculmis*, *Eleoscharis plantaginae*, *Fuirena pubescens*, *Bulbostylis* sp, *Hypolytrum madagascariensis*, *Fimbristylis bivalvis* et *Cyperus aequalis*.

En général, aucun habitat original ne se trouve sur la zone inventoriée et, par conséquent, sur la zone du pipeline. En outre, aucune espèce endémique locale ou rare n'a pas été identifiée au cours de cette évaluation rapide.

Malgré la rapidité de ce travail, nous avons une bonne confiance dans les résultats obtenus portant sur les espèces endémiques ou rares, en considérant l'anthropisation élevée des habitats. En outre, toutes espèces identifiées ou non identifiées sur ce parcours sont vraisemblablement bien représentées dans la région de Torotorofotsy.

L'emplacement des transects mis en place pour l'inventaire de la végétation est illustré à la figure 1 ; les tableaux 1 et 2 indiquent les emplacements des points d'inventaire le long des transects.



AUCUNE ÉCHELLE

LÉGENDE

- Section 1 du Transect: V égétation de bordure de marais
- Section 2 du Transect: Fo rêt d'eucalyptus
- Section 3 du Transect: V égétation secondaire

RÉFÉRENCE

DESSIN ORIGINAL FOURNI PAR LE CLIENT.

PROJECT

PROJET AMBATOVY

TITLE

**EMPLACEMENTS DES TRANSECTS POUR
L'INVENTAIRE DE LA VÉGÉTATION DE
TOROTOROFOTSY LE LONG DU TRACÉ DU PIPELINE**



PROJECT 03-1322-172.7300			FILE No.		Fig 1
DESIGN	DN	27/06/05	SCALE	NTS	REV. 0
CADD	MJ	06/01/06	FIGURE: 1		
CHECK	GJ	11/01/06			
REVIEW	DM	11/01/06			

Tableau 1 **Coordonnées des points sur le transect - inventaire de la végétation de Torotorofotsy**

Section de transect	Point sur le transect	NAD83 UTM Est	NAD83 UTM Sud
1	A	218563	7914202
1	B	219051	7913958
1	C	219422	7913624
1	D	219905	7913499
1	E	220340	7913365
2	A	220337	7913365
2	B	221109	7913309
2	C	221763	7913121
3	A	221761	7913124
3	B	221990	7913141
3	C	222230	7913106
2	D	222227	7913111
2	E	222531	7912778
2	F	222906	7913119
2	G	223271	7913047
3	D	223266	7913047
3	E	223377	7912998
3	F	223535	7912958
2	H	223535	7912965
2	I	223848	7912522
2	J	223718	7911857
2	K	223390	7911052
2	L	223843	7910584

Tableau 2 Données de l'inventaire de la végétation de Torotorofotsy le long du tracé du pipeline de pulpe

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Endémique à la région	Exotique
27	Adiantaceae	Pellaea	viridis	Tsiapangapanganamalona				X	
47	Adiantaceae	Pityrogramma	calomelanos	n/a				X	
18	Asteraceae	Emilia	citrina	Tsiontsioana BR				X	
59	Asteraceae	Erigeron	naudinii	Tsijajia			X		
62	Asteraceae	Helichrysum	aphelescoides	Tsiontsioana			X		
45	Asteraceae	Psidia	lucida	n/a			X		
15	Clusiaceae	Harunga	madagascariensis	Harongampanihy			X		
12	Clusiaceae	Psorospermum	lanceolatum	Harongandahy			X		
34	Convallariaceae	Dracaena	reflexa	Hasina MD			X		
60	Cyperaceae	Actinoschoerus	thouarsii	Bozadrano				X	
32	Cyperaceae	Bulbostylis	Sp	n/a				X	
66	Cyperaceae	Carex	pyramidalis	n/a			X		
41	Cyperaceae	Cladium	lavarum	Rangazaha 1			X		
54	Cyperaceae	Cyperus	aequalis	Beloha				X	
29	Cyperaceae	Eleocharis	plantaginea	Harefo			X		
52	Cyperaceae	Fimbristylis	bivalvis	Tsiherankerana				X	
21	Cyperaceae	Fimbristylis	longiculmis	Penjy			X		
30	Cyperaceae	Fuirena	pubescens	n/a			X		
53	Cyperaceae	Fuirena	umbellata	n/a			X		
35	Cyperaceae	Hypolytrum	madagascariensis	n/a			X		
56	Cyperaceae	Hypolytrum	Sp				X		
50	Cyperaceae	Kyllinga	Sp	n/a				X	
55	Cyperaceae	Scleria	abortiva	Vendrana 2			X		
42	Cyperaceae	Scleria	lagoensis	Vendrana			X		
65	Cyperaceae	Scleria	racemosa	Filelatra				X	
48	Fabaceae	Crotalaria	incana	n/a				X	
11	Fabaceae	Desmodium	ramosissimum	Tsipiraitra			X		
8	Flacourtiaceae	Aphloia	theiformis	Fandramanana					X
17	Flagellariaceae	Flagellaria	indica	Vahimpika				X	
37	Gentianaceae	Exacum	quinquenervium	n/a				X	
44	Gentianaceae	Tachadenus	carinatus	Lelabahatra				X	
4	Gleicheniaceae	Sticherus	flagellaris	n/a				X	
63	Hypericaceae	Harungana	madagascariensis	Harongana			X		
9	Liliaceae	Dianella	ensifolia	Voamasonomby			X		
22	Malvaceae	Urena	lobata	Tsipanopano				X	
5	Melastomataceae	Clidemia	hirta	Mazambody				X	
40	Melastomataceae	Tristema	Sp	Voatsitrotroka				X	
10	Moraceae	Ficus	baroni	Nonoka			X		

Tableau 2 Données de l'inventaire de la végétation de Torotorofotsy le long du tracé du pipeline de pulpe (suite)

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Endémique à la région	Exotique
7	Myrtaceae	<i>Eucalyptus</i>	<i>robusta</i>	Kininina			X		
13	Myrtaceae	<i>Psidium</i>	<i>guayava</i>	Goavy			X		
64	Pandanaceae	<i>Pandanus</i>	<i>edulis</i>	Vakoana 2			X		
46	Passifloraceae	<i>Paropsia</i>	<i>madagascariensis</i>	n/a			X		
14	Passifloraceae	<i>Passiflora</i>	<i>incarnata</i>	Garana			X		
23	Poaceae	<i>Bambusa</i>	<i>barbata</i>	Volo				X	
26	Poaceae	<i>Cynodon</i>	<i>dactylon</i>	Fandrotrarana			X		
24	Poaceae	<i>Eleusine</i>	<i>indica</i>	Ahitromby			X		
38	Poaceae	<i>Hyparrhenia</i>	<i>rufa</i>	Vero			X		
31	Poaceae	<i>Loutedia</i>	<i>simplex</i>	Horona			X		
19	Poaceae	<i>Loutedia</i>	<i>Sp</i>	Tenina				X	
49	Poaceae	<i>Oplismenus</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
43	Poaceae	<i>Panicum</i>	<i>brevifolium</i>	Ahimbody			X		
61	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>B</i>	Fantakatsora			X		
51	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>commersonii</i>	Mombafoana				X	
57	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>conjugatum</i>	Ombafa			X		
39	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>panniculatum</i>	Fantakatsora			X		
25	Poaceae	<i>Paspalum</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
58	Poaceae	<i>Pennisetum</i>	<i>polystachyum</i>	Tsipisopiso				X	
28	Poaceae	<i>Pennisetum</i>	<i>pseudotriticoides</i>	Lomanorano				X	
36	Poaceae	<i>Stenotaphrum</i>	<i>dimidiatum</i>	Ahimpisaka				X	
1	Polypodiaceae	<i>Phymatodes</i>	<i>scolopendria</i>	Apanga			X		
6	Polypodiaceae	<i>Pteridium</i>	<i>aquilinum</i>	Rangotra			X		
33	Polypodiaceae	<i>Pteridium</i>	<i>Sp</i>	Rangotohatra 2			X		
16	Smilacaceae	<i>Smilax</i>	<i>kraussiana</i>	Viaotra			X		
3	Ulmaceae	<i>Trema</i>	<i>orientalis</i>	Andrareza			X		
2	Verbenaceae	<i>Lantana</i>	<i>camara</i>	Radriaka			X		
20	Zingiberaceae	<i>Aframomum</i>	<i>angustifolium</i>	Longoza				X	

VOLUME J

SECTION 1.1

ATTACHMENT 9

**REPORT ON SLURRY PIPELINE VEGETATION SURVEY
WITHIN THE MANTADIA-ZAHAMENA FOREST CORRIDOR**

GOLDER – DYNATEC
ÉTUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL

RAPPORT SUR LA VÉGÉTATION DU CORRIDOR

Travail effectué par Félix ANDRIATSIFERANA
Edité par Aro RATOVONOMENJANAHARY et Pierre O. BERNER
Juin 2005

1 INTRODUCTION

L'exploitation minière d'Ambatovy prévoit la mise en oeuvre d'un pipeline pour transporter la boue contenant les minerais d'intérêts, à savoir le nickel et le cobalt, jusqu'à l'usine de traitement à Toamasina. Ce pipeline débutera au site minier où se trouvera son usine de préparation. Le tracé retenu du pipeline quitte le site minier dans une zone forestière d'environ deux kilomètres pour suivre la vallée de Berano fortement anthropisée. Il longera par la suite le marais de Torotorofotsy dans les plantations d'Eucalyptus et passera au nord d'Andasibe. A cet endroit, le pipeline pénétrera dans la zone du projet de restauration du corridor Zahamena – Mantadia. Plus loin, à l'est, le pipeline franchira la rivière de Sahatandra non loin de la localité d'Andasifahadimy pour continuer la traversée du corridor forestier Mantadia – Zahamena jusqu'au grand viaduc ferroviaire à l'ouest de Sandranady. A partir de là, le pipeline continuera son chemin à travers des paysages fortement anthropisés par la pratique du tavy, incluant le deuxième escarpement, les zones ondulées du piedmont et le plateau côtier jusqu'à Toamasina.

La zone entre Andasibe et Sandranady est considérée comme sensible puisqu'elle se trouve à l'intérieur du corridor Mantadia – Zahamena qui fait l'objet de grands efforts de restauration à niveau national. Entre Andasibe et Andasifahadimy, au nord de la rivière de Sahatandra, le tracé du pipeline sera choisi de manière à épargner les fragments forestiers résiduels pour éviter toute dégradation forestière ultérieure et travailler en concert avec les objectifs du projet de restauration qui vise à reconnecter les forêts du Parc National de Mantadia avec celles de la Réserve Spéciale d'Analamazaotra. Entre Andasifahadimy et le viaduc ferroviaire susmentionné, la dégradation forestière est moindre et la traversée entre les fragments résiduels nécessitera le choix judicieux d'un parcours minimisant les dégâts.

Le travail de cette étude a consisté à identifier le statut écologique de 15 fragments forestiers préalablement identifiés à partir d'images satellites Ikonos. Cet objectif a été fixé dans le but de choisir un tracé optimal s'inscrivant dans l'esprit du projet de restauration Mantadia – Zahamena. En effet, la construction du pipeline constitue une situation gagnante puisque la révégétalisation du site de construction du pipeline, qui sera d'ailleurs enseveli sur toute sa longueur, s'inscrit parfaitement dans le cadre de ce projet avec lequel une collaboration est en processus de mise sur pied.

Les types de végétations naturelles rencontrés le long du futur passage de ce pipeline résultent des caractéristiques bioclimatiques de la région, mais dépendent aussi des caractères pédologiques des substrats. Il s'ensuit que du départ de ce pipeline jusqu'à son arrivée, plusieurs sortes d'habitats ont été rencontrés avec des espèces spécifiques. Dans cette étude, nous nous sommes concentrés sur la zone de la boucle de la rivière Sahatandra, entre Andasifahadimy et Sandranady. Nous invitons le lecteur de se référer aux autres études floristiques complémentaires concernant les autres secteurs clés de ce pipeline (site minier, Torotorofotsy, plaine côtière).

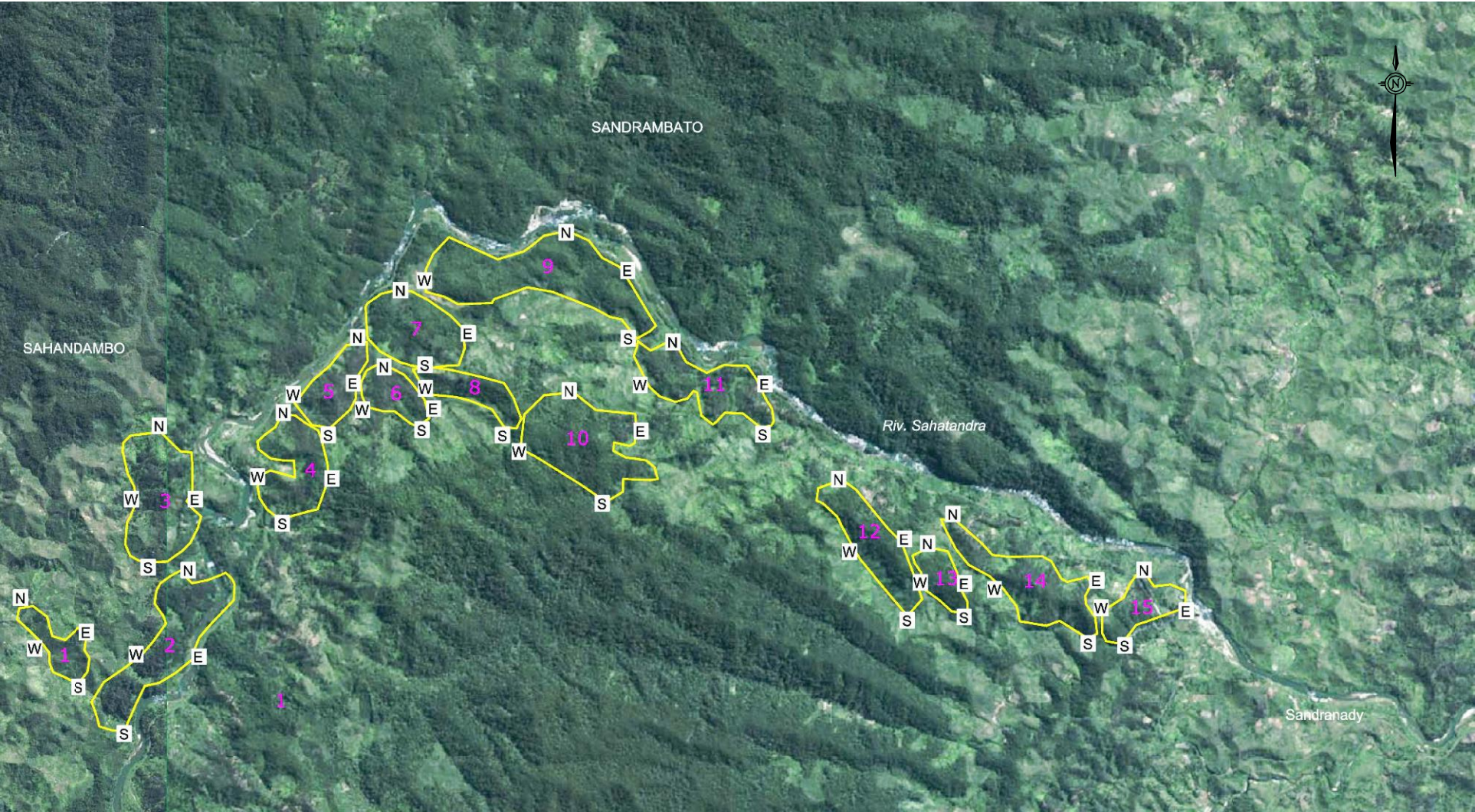
2 MÉTHODOLOGIE

Le site étudié qui suit le tracé du pipeline planifié inclut la zone des fragments forestiers situés à proximité du hameau d'Andasifahadimy et s'étend jusqu'à Sandranady sur environ six kilomètres à vol d'oiseau et fait partie du massif forestier de Vohimana faisant lui-même partie du corridor Zahamena - Mantadia. Dans une frange correspondant à cette longueur et sur environ un kilomètre de large par rapport à l'axe du pipeline, 15 fragments forestiers formant des îlots dans une matrice de végétation secondaire (tavy) ont été identifiés à partir d'une image satellite Ikonos. Trois de ces fragments se situent à l'ouest de la rivière Sahatandra, non loin de Andasifahadimy, et les douze autres se trouvent à l'intérieur et au sud de la boucle formée par ladite rivière (**Figure 1).

Les travaux sur terrain ont été réalisés en pleine saison de pluie, durant les mois de janvier et février 2005. Le travail sur terrain a consisté à l'identification des quatre points cardinaux de chaque fragment avec ses coordonnées GPS. Sur le terrain, la délimitation physique de chaque fragment n'était pas aussi évidente qu'elle le fut au cours de l'identification préliminaire à partir de l'image satellite. En effet, les conditions écologiques du site d'étude varient selon la topographie, le substrat, et le degré de perturbation de la forêt résiduelle (coupes, feux, invasion), menant à une grande hétérogénéité des lisières entre la forêt et la matrice secondaire. A toutes fins pratiques, les fragments ont été identifiés suivant les critères suivants : (1) présence d'une forêt naturelle caractérisée par une stratification typique, (2) homogénéité relative des formations végétales basées sur les espèces ligneuses dominantes, (3) délimitation naturelle suivant la topographie et la fragmentation.

Par la suite, une brève description écologique de chaque fragment a été réalisée, portant sur le degré de perturbation et l'occurrence d'espèces exotiques. Subséquemment, une identification de la diversité des plantes ligneuses, arbres et buissons, a été réalisée puis notée sous forme de liste pour chaque fragment. Tout échantillon fertile a été récolté pour doter les collections des herbiers à Madagascar et en vue d'une vérification ultérieure de l'identification faite sur terrain. Pour les espèces non fertiles sur lesquelles persistaient des doutes au cours de l'identification sur terrain, des échantillons stériles ont été prélevés pour vérification ultérieure dans les herbiers nationaux. A partir des listes d'espèces établies, la description écologique portant sur le degré d'anthropisation par rapport aux espèces dominantes a été améliorée.

L'interprétation des résultats a été faite dans l'optique d'évaluer le degré d'anthropisation des fragments au long de la frange du futur pipeline. L'identification de fragments forestiers résiduels de la forêt primaire, suffisamment intacte et pouvant ainsi contenir des populations viables d'espèces endémiques locales et rares, a été au centre de notre analyse.



AUCUNE ÉCHELLE


LÉGENDE



Lambeau Forestier
Numéro d'identification du Lambeau Forestier
Coordonnées

RÉFÉRENCE

DESSIN ORIGINAL FOURNI PAR LE CLIENT.

PROJECT		PROJET AMBATOVOY	
TITLE		EMPACEMENTS DES FRAGMENTS DE FORÊT LE LONG DU CORRIDOR DU PIPELINE DE PULPE	
 Golder Associates Calgary, Alberta		PROJECT 03-1322-172.7300	FILE No. Fig 1 Veg Survey
		DESIGN DN 30/06/05	SCALE NTS REV. 0
		CADD MJ 06/01/06	
		CHECK GJ 11/01/06	
		REVIEW DM 11/01/06	
		FIGURE: 1	

3 RÉSULTATS

L'ensemble de la zone d'étude est couvert d'une matrice de végétation hétérogène. En grande ligne, cette matrice contient des formations végétales non forestières et forestières (voir photo 8058). A) La matrice non forestière se compose d'une végétation issue de la culture sur brûlis, avec une gamme de phases de perturbations et de successions naturelles. Cette végétation secondaire non ligneuse ne présente pas d'intérêts écologiques particuliers en terme de biodiversité, ni d'unicité d'habitat ou d'espèces et n'a ainsi pas fait l'objet de récoltes. En effet, c'est à l'intérieur de cette matrice secondaire que le tracé optimal du pipeline devrait se trouver, dans un effort de minimiser les impacts sur la forêt naturelle. B) La matrice forestière contient les fragments de forêt primaire ou presque primaire, de forêt dégradée, de forêt secondaire (Savoka), de forêt d'Eucalyptus et des vestiges de forêt avec des troupes d'arbres sur pieds pour protéger les sites d'importance culturelle (Tableau 1). Les 15 fragments identifiés contiennent une ou plusieurs de ces formations forestières. La répartition de ces formations végétales au niveau des 15 fragments ayant fait l'objet de l'étude se résume dans le tableau ci-après.

PHOTO 1 Matrice de végétation forestière et non-forestière dans la section du corridor Mantadia –Zahamena rencontrant le tracé du pipeline de pulpe



Tableau 1 Types de végétation inventoriés dans le corridor Mantadia-Zahamena

Type de formation végétale	Numéro du fragment concerné	Proportion
Forêt primaire ou presque primaire	2 / 3 / 4 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 13 / 14 / 15	12 sur 15
Forêt dégradée à canopée ouverte	1 / 2 / 8 / 10 / 12 / 15	6 sur 15
Forêt secondaire	3 / 4	2 sur 15
Forêt à Eucalyptus	1, 2, 3, 4 / 5 / 6 / 7 / 8 / 9 / 10 / 11 / 12 / 14 / 15	14 sur 15
Vestiges de forêt naturelle	1 / 3 / 9 / 15	4 sur 15

Nous constatons que la grande majorité des fragments sont occupés en partie par de la forêt primaire et presque primaire en combinaison avec des peuplements d'Eucalyptus. Environ la moitié des fragments se caractérise par la présence de forêt dégradée formant des trouées à canopées ouvertes. La forêt secondaire ne se rencontre qu'à l'intérieur de deux fragments, indiquant que la durée de friche des forêts coupées est en général courte.

- La forêt primaire ou presque primaire

La forêt primaire est riche en espèces autochtones comme *Canarium madagascariensis*, *Callophyllum nidum*, *Mammea bongo*. Les bois durs caractéristiques de la forêt de l'Est, comme *Diospyros gracilipes*, *Diospyros haplostylis*, *Diospyros myriophylla*, y sont également représentés. Dû à la proximité de la voie ferrée, le palissandre ne s'y trouve pratiquement plus dans les classes diamétriques supérieures à 10 centimètres. En général, il s'agit de fragments résiduels de la forêt dense humide sempervirente, à feuillage pertinent toute l'année.

- La forêt dégradée

La forêt dégradée est une forêt primaire perturbée par les coupes de bois sélectives trop fréquentes et les récoltes répétées d'autres produits forestiers, comme notamment le *Cyathea bullata* (fangeon), utilisé en guise de pots de fleurs. Cette forêt dégradée sera, suivant l'intensité des perturbations humaines, défrichée pour la transformation en terrains agricoles (tavy) qui sont souvent laissés en friche où une forêt secondaire s'installe (savoka). Si le savoka n'est pas réutilisé pour le tavy, la forêt peut se reconstituer progressivement en forêt naturelle typique de la zone.

- La forêt secondaire

La forêt secondaire est le résultat de la succession des anciennes tavy et les espèces dominantes sont *Harungana madagascariensis*, *Psiadia altissima*. Non perturbée et favorisée par la proximité d'une forêt primaire, presque primaire ou dégradée qui contient les porte-graines, cette forêt secondaire accueillera progressivement les espèces forestières qui tolèrent l'ombre.

- La forêt d'Eucalyptus

Des peuplements importants d'espèces exotiques à l'instar de l'*Eucalyptus grandis* sont fréquents. Ces espèces se sont même naturalisées en certains endroits où le microclimat et la qualité de sol leur sont favorables. Initialement plantés pour assurer les besoins en bois de

construction et de bois de chauffe pour alimenter les moteurs à vapeurs des locomotives d'antan, les Eucalyptus se sont adapté aux conditions écologiques de cette zone.

- Les vestiges de forêt naturelle

En certains endroits, des vestiges de forêts primaires de faibles superficies sont conservés suite à l'importance sociale accordée par les villageois. C'est le cas des endroits où il y a des tombeaux, des sites culturels, des « fady ». Le facteur social a ainsi permis le maintien de fragment forestier en certains endroits.

Les travaux sur terrain ont permis d'identifier les principaux peuplements ainsi que leurs localisations à l'intérieur du fragment. Pour les 15 fragments, les résultats sont résumés dans le tableau ci-après :

Tableau 2 Description des points d'inventaire de la végétation (fragments forestiers) dans le corridor Zahamena – Mantadia

Frag ment	Emplace ment	UTM_X	UTM_Y	Caractéristiques des formations végétales	Espèces dominantes
1	N	232610,523160	7906839,053260	Reste de forêt dégradée au sommet, à canopée ouverte, présence de lianes	<i>Grewia brideliaefolia</i>
	S	232914,490977	7905982,416680	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	W	232611,040653	7906393,061530	Vestige de forêt sur le sommet	<i>Grewia brideliaefolia</i>
	E	232830,666314	7906397,811960	Forêt caducifoliée ouverte et dégradée	<i>Cryptocarya humbertiana</i>
2	N	233471,107370	7907158,811610	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Rubus mollucanus</i>
	S	233431,631030	7906503,504370	Forêt dégradée à canopée ouverte, présence de lianes	<i>Eugenia bernieri</i> , <i>Canarium madagascariensis</i>
	W	233368,468886	7906858,791430	Forêt d'Eucalyptus et Eucalyptus mélangé à d'autres espèces	<i>Eucalyptus robusta</i>
	E	233648,750899	7906874,581960	Forêt d'Eucalyptus mélangée avec peu d'espèces forestières	<i>Eucalyptus robusta</i>
3	N	233609,274559	7906503,504370	Forêt secondaire avec lianes, canopée ouverte	<i>Weinmannia bojeriana</i>
	S	233317,149644	7905710,029940	Forêt de transition avec Eucalyptus mélangé à d'autres espèces	<i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Blotia mimusoides</i>
	E	233664,126975	7906121,285580	Eucalyptus mélangé à d'autres espèces	<i>Eucalyptus robusta</i>
	W	233432,397653	7906116,836640	Forêt d'Eucalyptus mélangée avec peu d'espèces forestières	<i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Cryptocarya humbertiana</i>
4	N	234205,367292	7907241,711930	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	S	234213,262560	7906728,519510	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	E	234446,172965	7906965,377550	Forêt presque primaire et présence de liane	<i>Tabernaemontana retusa</i> , <i>Uapaca thouarsii</i> , <i>Eugenia bernieri</i> , <i>Symphonia louvelii</i>
	W	234075,095370	7906941,691740	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
5	N	234533,020913	7907600,946620	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	S	234446,172965	7907194,340320	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	W	234339,586848	7907415,407820	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	E	234580,392521	7907435,145990	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
6	N	234679,083371	7907514,098670	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	S	234872,517436	7907202,235590	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	W	234604,078325	7907320,664600	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	E	234911,993776	7907320,664600	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
7	N	234761,983685	7907861,490460	Reste de forêt primaire associée à de l'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	S	234884,360338	7907478,569960	Reste de forêt primaire associée à de l'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Trema orientalis</i>
	E	235097,532574	7907675,951660	Reste de forêt primaire associée à de l'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	W	234615,255474	7907679,467970	Reste de forêt primaire associée à de l'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i> , <i>Weinmannia rutembergii</i>
9	N	235579,143921	7908133,877210	Forêt presque primaire, dense	<i>Vernonia cinerea</i>
	S	235926,535712	7907608,841890	Vestige de forêt associée à de l'Eucalyptus (trace de feu de moins de 10 ans)	<i>Eucalyptus robusta</i>
	E	235859,425934	7907944,390780	Forêt presque primaire à canopée plus ou moins fermée	<i>Eugenia emirimensis</i>

Frag ment	Emplace ment	UTM_X	UTM_Y	Caractéristiques des formations végétales	Espèces dominantes
	W	234917,398998	7907961,578170	Forêt presque primaire dense à canopée plus ou moins fermée	<i>Weinmannia rutembergii</i>
11	N	236076,545803	7907612,789520	Forêt presque primaire, présence de tombeau	<i>Eucalyptus robusta</i>
	S	236522,628444	7907158,811610	Forêt d'Eucalyptus mélangée avec peu d'espèces forestières	<i>Eucalyptus robusta</i>
	W	235976,864140	7907403,029340	Forêt presque primaire à canopée plus ou moins fermée	<i>Xylopia buxifolia, Eugenia parkeri</i>
	E	236510,785542	7907399,617280	Forêt d'Eucalyptus mélangée avec peu d'espèces forestières	<i>Eucalyptus robusta</i>
8	W	234895,131652	7907383,050770	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	S	235287,019005	7907170,654510	Forêt ouverte, menacée, ancienne exploitation forestière	<i>Brachylaena merana, Cyathea boivinii</i>
	N	235100,922895	7907432,638080	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	E	235340,445918	7907308,766460	Forêt dégradée, présence d'Harongana	<i>Ocotea sp, Protorhus ditimena</i>
10	N	235575,196287	7907360,140940	Forêt presque primaire associée à de l'Eucalyptus	<i>Grewia brideliaefolia, Ocotea sp</i>
	S	235733,101646	7906835,105620	Forêt presque primaire dense	<i>Tambourissa religiosa</i>
	W	235326,495345	7907083,806570	Forêt exploitée	<i>Chrysophyllum boivinianum</i>
	E	235894,954640	7907186,445050	Forêt presque primaire dense à canopée fermée	<i>Filicium decipiens</i>
12	N	236937,130013	7906902,215400	Forêt anciennement exploitée, très ouverte	<i>Ocotea laevis</i>
	S	237256,888366	7906242,960530	Forêt presque primaire, peu exploitée	<i>Uapaca thouarsii</i>
	E	237225,307295	7906574,561780	Forêt exploitée associée à de l'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta, Uapaca thouarsii</i>
	W	236975,656105	7906578,356910	Forêt presque primaire à canopée plus ou moins fermée	<i>Asteropeia micraster, Eugenia emirnensis</i>
13	N	237359,526850	7906570,614150	Forêt ouverte, menacée avec beaucoup de lianes	<i>Uapaca densifolia</i>
	S	237537,170380	7906242,960530	Forêt exploitée, menacée	<i>Uapaca densifolia</i>
	W	237320,050510	7906420,604060	Forêt exploitée, ouverte	<i>Uapaca densifolia</i>
	E	237493,746406	7906408,761150	Forêt presque primaire	<i>Uapaca densifolia</i>
14	N	237474,008236	7906700,886070	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	S	238129,315478	7906124,531510	Forêt restante peu exploitée avec forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta, Cryptocarya humbertiana</i>
	E	238153,001282	7906377,180080	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	W	237706,918641	7906385,075350	Forêt presque primaire, peu d'exploitation	<i>Dichaetanthera arborea, Weinmania bojeriana, Vernonia cinerea</i>
15	N	238385,911688	7906444,289860	Forêt d'Eucalyptus	<i>Eucalyptus robusta</i>
	S	238310,906642	7906128,479140	Forêt primaire dense à canopée fermée	<i>Weinmannia rutembergii, Macaranga sp</i>
	E	238606,979191	7906290,332130	Forêt d'Eucalyptus associée à des espèces pionnières, présence d'anciens tunnels (chemin de fer)	<i>Eucalyptus robusta, Weinmannia rutembergii</i>
	W	238188,529988	7906231,117620	Forêt dégradée ouverte à canopée ouverte	<i>Diospyros sp</i>

L'inventaire botanique rapide des fragments confirme le concept généralement admis sur Vohimana et selon lequel le corridor forestier dans cette zone contient toujours une diversité d'espèces ligneuses remarquables, malgré la dégradation par le tavy et la forte présence de l'Eucalyptus en tant qu'espèce exotique ligneuse. En effet, au total 333 espèces ont été recensées pour ce site d'étude (***Table 3). En plus, l'inventaire a permis d'identifier certains taxons habituellement associés à d'autres domaines de végétation à Madagascar comme *Aphloia theiformis*, *Passiflora suberosa* et *Albizzia chinensis* rencontrés sur les hauts plateaux. Certains genres endémiques tels que *Noronhia* et *Phyllarthron* sont représentés sur les formations forestières inventoriées. D'autres espèces rencontrées à Vohimana ont une large distribution à travers l'île, mais plus rarement dans la forêt humide côtière de l'Est, comme *Cinnamosma madagascariensis* et *Mystroxydon aethiopicum*.

Globalement, pour le site d'étude nous constatons :

- Pour les bas-fonds, les mi-pentes et les crêtes, la composition floristique et la structure des forêts primaire et presque primaire sont relativement homogènes et correspondent aux caractéristiques de la forêt de l'Est sur ce seuil altitudinal ;
- Cependant, la grande hétérogénéité des forêts du site d'étude observée est causée par les perturbations anthropiques se traduisant par le bûcheronnage, la fragmentation et la dégradation de la forêt primaire, augmentant l'effet de lisière et le régime de lumière à l'intérieur des forêts. Ceci favorise l'invasion d'espèces héliophytes comme les lianes ;
- La forte présence d'Eucalyptus dans la zone constitue une menace sur l'intégrité écologique du corridor et ces peuplements peuvent vraisemblablement être considérés d'importance inférieure en ce qui concerne l'installation du pipeline.

4 DISCUSSION

Les espèces dominantes pour ce site, c'est-à-dire pour l'ensemble des 15 fragments, sont les espèces forestières telles que *Grewia brideliaefolia*, *Croton mongue*, *Ocotea faucherei*, *Filicium dicipiens*, *Brachylaena ramiflora*, *Cyathea boivinii*, *Eugenia parkeri*, *Weinmannia rutembergii*, *Vernonia coursii*, *Xylopiia lemurica*, *Cryptocarya crassifolia*, *Tabernaemontana retusa*, *Uapaca densifolia*.

En ce qui concerne l'endémisme, les espèces suivantes sont endémiques de la région de l'Est : *Tabernaemontana debrayi*, *Dyopsis masoalensis*, *Vernonia cinerea*, *Acalypha reticula*, *Bridelia tulasneana*, *Omphalea oppositifolia*, *Premna* sp, *Tristema virusanum*, *Spirospermum penduliflorum*, *Macphersonia radlkoferi*.

Le *Dyopsis masoalensis*, espèce forestière rare dans la région d'Andasibe, comme son nom l'indique (Masoala), constitue une curiosité remarquable. Seul un spécimen a été recensé dans le fragment 9. Il est recommandé d'éviter la coupe de cet arbre lors du passage du pipeline (point GPS de l'individu recensé 39 K 0235605 - 7907820)

Les espèces commerciales abondantes en certains endroits dans le passé selon les traces de souches, ont été fortement exploitées en fonction de l'accessibilité par rapport aux chemins de débardage et de la voie ferrée. C'est évidemment le cas des *Dalbergia baronii*, *Dalbergia chapelieri*, et des *Ocotea laevis*. Les besoins en traverses de chemin de fer ont favorisé l'exploitation des bois durs dans cette partie du corridor.

Les fragments résiduels de la forêt primaire et presque primaire ont une grande importance écologique dans l'effort de la restauration du corridor Zahamena – Mantadia qui constitue maintenant un projet établi. Ainsi, il est indispensable de trouver un tracé du pipeline qui évite autant que possible la perturbation de ces fragments et mènera par conséquent à travers la matrice de végétation non forestière et les aires boisées d'Eucalyptus. Avec une telle stratégie, il

est plus que probable que la construction du pipeline ne va pas constituer une menace pour la biodiversité du corridor Zahamena – Mantadia.

Pour la réhabilitation du site de construction du pipeline, une révégétalisation avec des espèces natives est préconisée. L'établissement d'une couverture végétale d'espèces ligneuses natives devrait favoriser le processus de succession secondaire approvisionné par les porte graines des fragments forestiers résiduels.

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
1	Acanthaceae	<i>Hypoestes</i>	<i>Sp</i>	<i>Velatrakora</i>				X	
2	Acanthaceae	<i>Justicia</i>	<i>Sp</i>	<i>n/a</i>			X		
3	Acanthaceae	<i>Mimulopsis</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Velatra</i>			X		
4	Acanthaceae	<i>Mimulopsis</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Velatra MD</i>			X		
5	Acanthaceae	<i>Peristema</i>	<i>Sp</i>	<i>Tsitapahindahy</i>				X	
6	Amaranthaceae	<i>Achyranthes</i>	<i>aspera</i>	<i>Vatomposa</i>					X
7	Anacardiaceae	<i>Campnosperma</i>	<i>schatzii</i>	<i>Tarantana</i>			X		
8	Anacardiaceae	<i>Protorhus</i>	<i>ditimena</i>	<i>Ditimena</i>			X		
9	Anacardiaceae	<i>Protorhus</i>	<i>ditimena (Var)</i>	<i>Ditimena BR</i>			X		
10	Anacardiaceae	<i>Protorhus</i>	<i>lanceolata</i>	<i>n/a</i>			X		
11	Anacardiaceae	<i>Protorhus</i>	<i>lecontei</i>	<i>Ditimena 1</i>			X		
12	Anacardiaceae	<i>Protorhus</i>	<i>Sp</i>	<i>Ditimena 2</i>			X		
13	Annonaceae	<i>Ambavia</i>	<i>Sp</i>	<i>Ambavy</i>			X		
14	Annonaceae	<i>Artabotrys</i>	<i>mabifolius</i>	<i>Vahimborondreo</i>			X		
15	Annonaceae	<i>Monanthes</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Tasimbahy MD 1</i>			X		
16	Annonaceae	<i>Monanthes</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Tasimbahy MD 2</i>			X		
17	Annonaceae	<i>Polyalthia</i>	<i>ghesquiereana</i>	<i>Ambavy BR</i>			X		
18	Annonaceae	<i>Polyalthia</i>	<i>richardiana</i>	<i>Ambavy MD</i>			X		
19	Annonaceae	<i>Xylopi</i>	<i>bemarivensis</i>	<i>Hazoambo 3</i>			X		
20	Annonaceae	<i>Xylopi</i>	<i>buxifolia</i>	<i>Hazoambo MD</i>			X		
21	Annonaceae	<i>Xylopi</i>	<i>emarginata</i>	<i>Hazoambo BR</i>			X		
22	Annonaceae	<i>Xylopi</i>	<i>lemurica</i>	<i>Hazoambo</i>			X		
23	Aphloiaceae	<i>Aphloia</i>	<i>theiformis</i>	<i>Fandramanana 1</i>					X
24	Aphloiaceae	<i>Aphloia</i>	<i>theiformis (Var 1)</i>	<i>Fandramanana 2</i>			X		
25	Aphloiaceae	<i>Aphloia</i>	<i>theiformis (Var 2)</i>	<i>Fandramanana 3</i>			X		
26	Apocynaceae	<i>Carissa</i>	<i>edulis</i>	<i>Tsirapaina</i>				X	
27	Apocynaceae	<i>Cerbera</i>	<i>manghas</i>	<i>Tangena</i>				X	
28	Apocynaceae	<i>Landolphia</i>	<i>myrtifolia</i>	<i>Vahimpingitra</i>				X	
29	Apocynaceae	<i>Mascarenhasia</i>	<i>arborescens</i>	<i>Babona</i>				X	
30	Apocynaceae	<i>Petchia</i>	<i>erythrocarpa</i>	<i>Fanala tampoka</i>				X	
31	Apocynaceae	<i>Petchia</i>	<i>Sp</i>	<i>Andriambavifohy</i>				X	
32	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana</i>	<i>debrayi</i>	<i>Retareta</i>				X	
33	Apocynaceae	<i>Tabernaemontana</i>	<i>retusa</i>	<i>Antafara</i>			X		
34	Aquifoliaceae	<i>Ilex</i>	<i>mitis</i>	<i>Hazondrano</i>			X		
35	Araliaceae	<i>Polyscias</i>	<i>bipinnata</i>	<i>Marozavavy</i>			X		

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena (suite)

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
36	Araliaceae	<i>Polyscias</i>	<i>pentamere</i>	Voantsilana 1			X		
37	Araliaceae	<i>Polyscias</i>	<i>repanda</i>	Voantsilana 2			X		
38	Araliaceae	<i>Polyscias</i>	<i>schatzii</i>	Voantsilana 3			X		
39	Araliaceae	<i>Polyscias</i>	<i>Sp 1</i>	Voantsilana 4			X		
40	Araliaceae	<i>Polyscias</i>	<i>Sp 2</i>	Voantsilana 5			X		
41	Araliaceae	<i>Schefflera</i>	<i>longipedicellata</i>	Voantsilana 6			X		
42	Araliaceae	<i>Schefflera</i>	<i>vantsilana</i>	Voantsilana 7			X		
43	Arecaceae	<i>Dypsis</i>	<i>confusa</i>	Tsirika	LT/nt			X	
44	Arecaceae	<i>Dypsis</i>	<i>hildebrandtii</i>	Bedoda				X	
45	Arecaceae	<i>Dypsis</i>	<i>jumelleana</i>	Tsiriboalavo				X	
46	Arecaceae	<i>Dypsis</i>	<i>masoalensis</i>	n/a				X	
47	Arecaceae	<i>Dypsis</i>	<i>nodifera</i>	n/a			X		
48	Arecaceae	<i>Dypsis</i>	<i>pulchella</i>	n/a			X		
49	Arecaceae	<i>Neodypsis</i>	<i>Sp</i>	Anivona			X		
50	Arecaceae	<i>Raphia</i>	<i>fanifera</i>	Rofia					X
51	Arecaceae	<i>Ravenea</i>	<i>louvelii</i>	n/a				X	
52	Asclepiadaceae	<i>Asclepias</i>	<i>fructuosa</i>	Fanora					X
53	Aspleniaceae	<i>Asplenium</i>	<i>nidus</i>	Voambolona			X		
54	Asteraceae	<i>Bidens</i>	<i>pilosa</i>	Tsipolitra			X		
55	Asteraceae	<i>Brachylaena</i>	<i>merana</i>	Merampamelona			X		
56	Asteraceae	<i>Brachylaena</i>	<i>ramiflora</i>	Merankazontokana			X		
57	Asteraceae	<i>Helichrysum</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
58	Asteraceae	<i>Psiadia</i>	<i>altissima</i>	Dingadingana			X		
59	Asteraceae	<i>Psiadia</i>	<i>angustifolia</i>	Dingadingandahy			X		
60	Asteraceae	<i>Senecio</i>	<i>myricaefolia</i>	Anadraisoa			X		
61	Asteraceae	<i>Vernonia</i>	<i>cinerea</i>	Hazomporetika malama				X	
62	Asteraceae	<i>Vernonia</i>	<i>coursii</i>	Hazomporetika BR				X	
63	Asteropeaceae	<i>Asteropea</i>	<i>micraster</i>	Manoka	EN		X		
64	Asteropeiaceae	<i>Asteropeia</i>	<i>rhopaloides</i>	Manoka fotsy	EN		X		
65	Balsaminaceae	<i>Impatiens</i>	<i>catati</i>	Benja			X		
66	Bignoniaceae	<i>Colea</i>	<i>fusca</i>	Sefontsohy			X		
67	Bignoniaceae	<i>Ophiocolea</i>	<i>Sp</i>	Tsiakondroakondro				X	
68	Bignoniaceae	<i>Phyllarthron</i>	<i>articulatum</i>	Zahana MD			X		
69	Bignoniaceae	<i>Phyllarthron</i>	<i>madagascariensis</i>	Zahana BR			X		
70	Buddlejaceae	<i>Nuxia</i>	<i>capitata</i>	Valanirana			X		
71	Burseraceae	<i>Canarium</i>	<i>Sp</i>	Ramy fotsy			X		
72	Burseraceae	<i>Canarium 1</i>	<i>madagascariensis</i>	Ramy mena			X		
73	Burseraceae	<i>Canarium 2</i>	<i>madagascariensis</i>	Ramy malama			X		

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena (suite)

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
74	Canellaceae	<i>Cinnamosma</i>	<i>madagascariensis</i>	Sakarivohazo			X		
75	Canellaceae	<i>Cinnamosma</i>	Sp	Sakarivohazo BR			X		
76	Celastraceae	<i>Brexiella</i>	<i>acutifolia</i>	Belasy				X	
77	Celastraceae	<i>Mystroxylon</i>	<i>aethiopicum</i>	Fanazava				X	
78	Clusiaceae	<i>Calophyllum</i>	<i>nidum</i>	Vintanona 1			X		
79	Clusiaceae	<i>Calophyllum</i>	<i>parviflorum</i>	Vintanona 2			X		
80	Clusiaceae	<i>Harunga</i>	<i>madagascariensis</i>	Harongana			X		
81	Clusiaceae	<i>Mammea</i>	<i>bongo</i>	Bongo 1			X		
82	Clusiaceae	<i>Mammea</i>	Sp	Bongo 2			X		
83	Clusiaceae	<i>Psorospermum</i>	<i>androsaemifolium</i>	Harongandahy			X		
84	Clusiaceae	<i>Psorospermum</i>	<i>sexhineatum</i>	Harongampanihy			X		
85	Clusiaceae	<i>Rheedia</i>	<i>madagascariensis</i>	Rheedia			X		
86	Clusiaceae	<i>Symphonia</i>	<i>louvelii</i>	Kijy mainty			X		
87	Clusiaceae	<i>Symphonia</i>	<i>pauciflora</i>	Kijy MD			X		
88	Clusiaceae	<i>Symphonia</i>	<i>urophylla</i>	Kijimboalavo			X		
89	Clusiaceae	<i>Symphonia</i>	<i>verucosa</i>	Kijibonaka			X		
90	Connaraceae	<i>Agelaea</i>	<i>pentagina</i>	Vahimintina			X		
91	Connaraceae	<i>Cnestis</i>	<i>glabra</i>	Sefanavahy				X	
92	Connaraceae	<i>Cnestis</i>	<i>polyphilla</i>	Sefanavahy voloina				X	
93	Convallariaceae	<i>Dracaena</i>	<i>angustifolia</i>	Hasina BR			X		
94	Convallariaceae	<i>Dracaena</i>	<i>reflexa</i>	Hasina			X		
95	Convallariaceae	<i>Dracaena</i>	Sp	Hasina salantsalany			X		
96	Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i>	<i>bojeriana</i>	Lalona BR			X		
97	Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i>	<i>minutiflora</i>	Lalona MD			X		
98	Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i>	<i>rutenbergii</i>	Lalonkitsika			X		
99	Cunoniaceae	<i>Weinmannia</i>	<i>stenostachya</i>	Lalona mena			X		
100	Cyatheaceae	<i>Cyathea</i>	<i>boivinii</i>	Fanjana mavo		App. 2		X	
101	Cyatheaceae	<i>Cyathea</i>	<i>bullata</i>	Fanjana vivaona		App. 2		X	
102	Cyatheaceae	<i>Cyathea</i>	<i>similis</i>	Fanjana maroravina		App. 2		X	
103	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>latifolius</i>	Herana			X		
104	Dichapetalaceae	<i>Dichapetalum</i>	<i>chlorinum</i>	Vahimazana 1			X		
105	Dichapetalaceae	<i>Dichapetalum</i>	Sp	Vahimazana 2			X		
106	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea</i>	<i>bulbifera</i>	Ofika			X		
107	Dioscoreaceae	<i>Dioscorea</i>	<i>seriflora</i>	Ovy fotsy			X		
108	Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>gracilipes</i>	Hazomainty 3			X		
109	Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>haplostylis</i>	Hazomainty 2			X		
110	Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>myriophylla</i>	Maintiampototra			X		
111	Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	Sp 1	Hazomainty 1			X		

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena (suite)

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
112	Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Hazomafana 1</i>			X		
113	Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>Sp 3</i>	<i>Hazomafana 2</i>			X		
114	Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus</i>	<i>capuronii</i>	<i>Sana 2</i>			X		
115	Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus</i>	<i>Sp</i>	<i>Sana 3</i>			X		
116	Elaeocarpaceae	<i>Elaeocarpus</i>	<i>suberratus</i>	<i>Sana 1</i>			X		
117	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea</i>	<i>rhodantha</i>	<i>Vanaka</i>			X		
118	Elaeocarpaceae	<i>Sloanea</i>	<i>Sp</i>	<i>n/a</i>			X		
119	Ericaceae	<i>Philippia</i>	<i>latifolia</i>	<i>Anjavidy</i>			X		
120	Ericaceae	<i>Vaccinium</i>	<i>emirensis</i>	<i>Voaramontsana</i>			X		
121	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>	<i>corymbosum</i>	<i>Menahihy MD</i>			X		
122	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Menahihy BR</i>			X		
123	Erythroxylaceae	<i>Erythroxylum</i>	<i>pyrifolium</i>	<i>Menahihy</i>			X		
124	Euphorbiaceae	<i>Acalypha</i>	<i>reticulata</i>	<i>Sirambengy</i>					X
125	Euphorbiaceae	<i>Antidesma</i>	<i>petiolare</i>	<i>Hoditrov</i>			X		
126	Euphorbiaceae	<i>Blotia</i>	<i>mimusoides 1</i>	<i>Fanjavala MD</i>			X		
127	Euphorbiaceae	<i>Blotia</i>	<i>mimusoides 2</i>	<i>Fanjavala 1</i>			X		
128	Euphorbiaceae	<i>Blotia</i>	<i>oblongifolia</i>	<i>Fanjavala 2</i>			X		
129	Euphorbiaceae	<i>Bridelia</i>	<i>tulasneana</i>	<i>Hazoanafo</i>				X	
130	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>micraster</i>	<i>Fotsiavadika 2</i>			X		
131	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>mongue</i>	<i>Molanga</i>			X		
132	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Fotsiavadika 3</i>			X		
133	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Fotsiavadika 4</i>			X		
134	Euphorbiaceae	<i>Croton</i>	<i>sumetallicum</i>	<i>Fotsiavadika 1</i>			X		
135	Euphorbiaceae	<i>Drypetes</i>	<i>coifolia</i>	<i>Hazoambontakay 1</i>				X	
136	Euphorbiaceae	<i>Drypetes</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Hazoambontakay 2</i>				X	
137	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>hirta</i>	<i>Samata 1</i>			X		
138	Euphorbiaceae	<i>Euphorbia</i>	<i>tetraptera</i>	<i>Samata 2</i>			X		
139	Euphorbiaceae	<i>Lautenbergia</i>	<i>coriaceae</i>	<i>Hazondomoina</i>			X		
140	Euphorbiaceae	<i>Macaranga</i>	<i>alnifolia</i>	<i>Makaranana mainty</i>			X		
141	Euphorbiaceae	<i>Macaranga</i>	<i>boutonioides</i>	<i>Makaranana lahy</i>			X		
142	Euphorbiaceae	<i>Macaranga</i>	<i>cuspidata</i>	<i>Makaranana</i>			X		
143	Euphorbiaceae	<i>Macaranga</i>	<i>Sp</i>	<i>Makaranana voloina</i>			X		
144	Euphorbiaceae	<i>Macaranga</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Makaranana 3</i>			X		
145	Euphorbiaceae	<i>Macaranga</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Makaranana 5</i>			X		
146	Euphorbiaceae	<i>Mallotus</i>	<i>capuronii</i>	<i>Makarananala</i>			X		
147	Euphorbiaceae	<i>Omphalea</i>	<i>oppositifolia</i>	<i>Salehy</i>				X	
148	Euphorbiaceae	<i>Omphalea</i>	<i>Sp</i>	<i>Salehy 2</i>				X	
149	Euphorbiaceae	<i>Uapaca</i>	<i>densifolia</i>	<i>Voapaka MD</i>			X		

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena (suite)

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
150	Euphorbiaceae	<i>Uapaca</i>	<i>thouarsii</i>	Voapaka BR			X		
151	Fabaceae	<i>Albizia</i>	<i>chinensis</i>	Albizia					X
152	Fabaceae	<i>Albizia</i>	<i>gummifera</i>	Volomborona			X		
153	Fabaceae	<i>Dalbergia</i>	<i>baronii</i>	Voamboana 1	VU		X		
154	Fabaceae	<i>Dalbergia</i>	<i>chapelierii</i>	Voamboana 2	VU		X		
155	Fabaceae	<i>Desmodium</i>	<i>barbatum</i>	Tsilavondrivotra				X	
156	Fabaceae	<i>Desmodium</i>	<i>tortuosum</i>	Tsipiraikitra					X
157	Fabaceae	<i>Erythrina</i>	<i>hazomboay</i>	Hazomboay				X	
158	Fabaceae	<i>Eutanda</i>	<i>louvelii</i>	Sevalahy			X		
159	Gentianaceae	<i>Anthocleista</i>	<i>longifolia</i>	Lendemy vavy			X		
160	Gentianaceae	<i>Anthocleista</i>	<i>madagascariensis</i>	Lendemy lahy			X		
161	Gentianaceae	<i>Exacum</i>	<i>quinquenervium</i>	Mamoahely			X		
162	Hamamelidaceae	<i>Dichoryphe</i>	<i>viticoides</i>	n/a			X		
163	Hamamelidaceae	<i>Dicoryphe</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
164	Hamamelidaceae	<i>Dicoryphe</i>	<i>stipulacea</i>	Hazombato			X		
165	Hyppocrateaceae	<i>Salacia</i>	<i>madagascariensis</i>	Voamasoandro			X		
166	Icacinaceae	<i>Leptaulus</i>	<i>citroides</i>	n/a			X		
167	Lamiaceae	<i>Clerodendrum</i>	<i>aucubifolium</i>	Atamba BR					X
168	Lamiaceae	<i>Clerodendrum</i>	<i>magnoliaefolium</i>	Atamba			X		
169	Lamiaceae	<i>Clerodendrum</i>	<i>micans</i>	Atambalahy			X		
170	Lamiaceae	<i>Clerodendrum</i>	<i>putre</i>	Voanginambo			X		
171	Lamiaceae	<i>Premna</i>	<i>Sp</i>	Alaitra				X	
172	Lauraceae	<i>Aspidostemon</i>	<i>humbertianum</i>	n/a			X		
173	Lauraceae	<i>Aspidostemon</i>	<i>scientilhus</i>	Longotra mavokely			X		
174	Lauraceae	<i>Beilschmiedia</i>	<i>oppositifolia</i>	Tavolo sary			X		
175	Lauraceae	<i>Cryptocarya</i>	<i>crassifolia</i>	Tavolonendrina			X		
176	Lauraceae	<i>Cryptocarya</i>	<i>crassifolia</i>	Tavolo LR			X		
177	Lauraceae	<i>Cryptocarya</i>	<i>humbertiana</i>	Tavolo BR			X		
178	Lauraceae	<i>Cryptocarya</i>	<i>perrieri</i>	Tavolo boriravina			X		
179	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>cymosa</i>	Varongy mainty			X		
180	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>faucherei</i>	Varongy 1			X		
181	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>laevis</i>	Varongy			X		
182	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>similis</i>	Varongy mavo			X		
183	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>Sp</i>	Varongy fotsy 1			X		
184	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>thouvenotii</i>	Varongy ravimanga			X		
185	Lauraceae	<i>Ocotea</i>	<i>trichophlebia</i>	Varongy fotsy 2			X		
186	Lauraceae	<i>Potameia</i>	<i>Sp 1</i>	Longotra			X		
187	Lauraceae	<i>Potameia</i>	<i>Sp 2</i>	Tavolo manitra			X		

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena (suite)

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
188	Lauraceae	<i>Potameia</i>	<i>thouarsiana</i>	<i>Antavaratra MD</i>			X		
189	Lauraceae	<i>Ravensara</i>	<i>acuminata</i>	<i>Tavolo BR</i>			X		
190	Lauraceae	<i>Ravensara</i>	<i>elliptica</i>	<i>Tavolopika</i>			X		
191	Lauraceae	<i>Ravensara</i>	<i>Sp</i>	<i>Tavolo maisatra</i>			X		
192	Liliaceae	<i>Dianella</i>	<i>ensifolia</i>	<i>Rangazaha</i>			X		
193	Loranthaceae	<i>Bakerella</i>	<i>clavata</i>	<i>Velomianto</i>			X		
194	Maesaceae	<i>Maesa</i>	<i>lanceolata 1</i>	<i>Voarafy</i>					X
195	Maesaceae	<i>Maesa</i>	<i>lanceolata 2</i>	<i>Radoka</i>					X
196	Malvaceae	<i>Dombeya</i>	<i>lucida</i>	<i>Hafomena BR</i>			X		
197	Malvaceae	<i>Dombeya</i>	<i>Sp</i>	<i>Hafomena</i>			X		
198	Malvaceae	<i>Grewia</i>	<i>analamazaotrensis</i>	<i>Hafomintina MD</i>				X	
199	Malvaceae	<i>Grewia</i>	<i>apetala</i>	<i>Hafotra voloina</i>			X		
200	Malvaceae	<i>Grewia</i>	<i>brideliaefolia</i>	<i>Hafobalo</i>			X		
201	Malvaceae	<i>Grewia</i>	<i>decipiens</i>	<i>Hafopotsy malama</i>				X	
202	Malvaceae	<i>Grewia</i>	<i>faucherei</i>	<i>Hafompotsy</i>			X		
203	Malvaceae	<i>Grewia</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Hafompotsy</i>			X		
204	Malvaceae	<i>Grewia</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Hafompotsy</i>			X		
205	Malvaceae	<i>Grewia</i>	<i>thouvenotii</i>	<i>Hafomintina</i>			X		
206	Melanophyllaceae	<i>Melanophylla</i>	<i>aucubifolia</i>	<i>Bararata fotsy</i>			X		
207	Melanophyllaceae	<i>Melanophylla</i>	<i>cuspidata</i>	<i>Kantsifotra</i>				X	
208	Melastomataceae	<i>Dichaetanthera</i>	<i>arborea</i>	<i>Belavenona 1</i>				X	
209	Melastomataceae	<i>Dichaetanthera</i>	<i>cordifolia</i>	<i>Belavenona 2</i>				X	
210	Melastomataceae	<i>Medinilla</i>	<i>falcata</i>	<i>Takasina</i>			X		
211	Melastomataceae	<i>Memecylon</i>	<i>geleatum</i>	<i>Tsimahamasantsokina BR</i>			X		
212	Melastomataceae	<i>memecylon</i>	<i>sabulosum</i>	<i>Tsimahamasantsokina salantsalany</i>			X		
213	Melastomataceae	<i>Memecylon</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Tsimahamasantsokina</i>			X		
214	Melastomataceae	<i>Memecylon</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Tsimahamasantsokina</i>			X		
215	Melastomataceae	<i>Tristema</i>	<i>virusanum</i>	<i>Voatrotroka</i>					X
216	Meliaceae	<i>Astrotrichilia</i>	<i>Sp</i>	<i>Tsirimiramy</i>				X	
217	Menispermaceae	<i>Burasaia</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Farombo</i>			X		
218	Menispermaceae	<i>Cissampelos</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Ampivoloina</i>			X		
219	Menispermaceae	<i>Spirospermum</i>	<i>penduliflorum</i>	<i>Odiandrolahy</i>				X	
220	Monimiaceae	<i>Decarydendron</i>	<i>perrieri</i>	<i>Ambora voloina 1</i>				X	
221	Monimiaceae	<i>Tambourissa</i>	<i>hildebrandtii</i>	<i>Ambora voloina 2</i>				X	
222	Monimiaceae	<i>Tambourissa</i>	<i>lastellaea</i>	<i>Amboro voloina 3</i>				X	
223	Monimiaceae	<i>Tambourissa</i>	<i>purpurea</i>	<i>Ambora malama</i>			X		
224	Monimiaceae	<i>Tambourissa</i>	<i>religiosa</i>	<i>Ambora</i>			X		

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena (suite)

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
225	Monimiaceae	<i>Tambourissa</i>	<i>Sp</i>	<i>Ambora mainty</i>			X		
226	Monimiaceae	<i>Tambourissa</i>	<i>thouvenotii</i>	<i>Amborabe</i>			X		
227	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>baroni</i>	<i>Nonoka BR</i>			X		
228	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>politoria</i>	<i>Voararano</i>				X	
229	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>polyphlebia</i>	<i>Ramiringitra</i>				X	
230	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>pyrifolia</i>	<i>Nonoka MD</i>				X	
231	Moraceae	<i>Ficus</i>	<i>Sp</i>	<i>Ampaly voloina</i>				X	
232	Moraceae	<i>Streblus</i>	<i>dimepate</i>	<i>Dipatika</i>			X		
233	Myricaceae	<i>Morella</i>	<i>spathulata</i>	<i>Laka</i>				X	
234	Myrsinaceae	<i>Oncostemum</i>	<i>botryoides</i>	<i>Maimboloha</i>			X		
235	Myrsinaceae	<i>Oncostemum</i>	<i>laurifolium</i>	<i>Ramitsioka 1</i>			X		
236	Myrsinaceae	<i>Oncostemum</i>	<i>palmiforme</i>	<i>Ramitsioka 2</i>			X		
237	Myrsinaceae	<i>Oncostemum</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Ramitsioka MD</i>			X		
238	Myrsinaceae	<i>Oncostemum</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Ramitsioka BR</i>			X		
239	Myrsinaceae	<i>Oncostemum</i>	<i>Sp 3</i>	<i>Ramitsioka 3</i>			X		
240	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>bernieri</i>	<i>Rotra</i>			X		
241	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>emirnisensis</i>	<i>Robary</i>			X		
242	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>parkeri</i>	<i>Rotrafotsy</i>			X		
243	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>pleuricimosa</i>	<i>Rotrafotsy BR</i>			X		
244	Myrtaceae	<i>Eugenia</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Rotramena</i>			X		
245	Myrtaceae	<i>Syzygium</i>	<i>Sp 1</i>	<i>n/a</i>			X		
246	Myrtaceae	<i>Syzygium</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Rotra 1</i>			X		
247	Myrtaceae	<i>Syzygium</i>	<i>Sp 3</i>	<i>Rotra 2</i>			X		
248	Ochnaceae	<i>Campylospermum</i>	<i>auceps</i>	<i>Malamboavony</i>			X		
249	Ochnaceae	<i>Campylospermum</i>	<i>depsides</i>	<i>Tsimitsiraka sakalava</i>				X	
250	Ochnaceae	<i>Campylospermum</i>	<i>lanceolatum</i>	<i>Malamboavony 2</i>			X		
251	Olacaceae	<i>Noronhia</i>	<i>crassiramosa</i>	<i>Tsilaitra LR</i>			X		
252	Olacaceae	<i>Noronhia</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Tsilaitra 1</i>			X		
253	Olacaceae	<i>Noronhia</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Tsilaitra 2</i>			X		
254	Olacaceae	<i>Olax</i>	<i>glabrifolia</i>	<i>Maintsoririnina</i>				X	
255	Oleaceae	<i>Noronhia</i>	<i>emarginata</i>	<i>Tsilaitra 4</i>			X		
256	Oleaceae	<i>Noronhia</i>	<i>Sp 3</i>	<i>Tsilaitra 3</i>			X		
257	Oxalidaceae	<i>Dapania</i>	<i>pentandra</i>	<i>n/a</i>				X	
258	Pandanaceae	<i>Pandanus</i>	<i>concretus</i>	<i>Haravana</i>				X	
259	Pandanaceae	<i>Pandanus</i>	<i>laxesplicatus</i>	<i>n/a</i>			X		
260	Pandanaceae	<i>Pandanus</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Hofavato</i>			X		
261	Pandanaceae	<i>Pandanus</i>	<i>Sp</i>	<i>Hofavoraka</i>			X		
262	Passifloraceae	<i>Deidamia</i>	<i>alata</i>	<i>Vahindiavolana</i>				X	

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena (suite)

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
263	Piperaceae	<i>Piper</i>	<i>nigrum</i>	<i>Tsiperifery hazo</i>				X	
264	Pittosporaceae	<i>Pittosporum</i>	<i>ochrosiaefolium</i>	<i>Hazombary</i>			X		
265	Pittosporaceae	<i>Pittosporum</i>	<i>verticilatum</i>	<i>Maimbovitsika</i>			X		
266	Poaceae	<i>Panicum</i>	<i>Sp</i>	<i>n/a</i>			X		
267	Podocarpaceae	<i>Podocarpus</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Hetatra</i>			X		
268	Proteaceae	<i>Dilobeia</i>	<i>thouarsii</i>	<i>Vivaona</i>			X		
269	Rhamnaceae	<i>Colubrina</i>	<i>faralaoatra</i>	<i>Faralaoatra</i>			X		
270	Rhamnaceae	<i>Gouania</i>	<i>mauritiana</i>	<i>Ranovavanaomby</i>			X		
271	Rhizophoraceae	<i>Macarisia</i>	<i>lanceolata</i>	<i>n/a</i>			X		
272	Rosaceae	<i>Rubus</i>	<i>mollucanus</i>	<i>Takoaka</i>					X
273	Rubiaceae	<i>Antirhea</i>	<i>borbonica</i>	<i>n/a</i>				X	
274	Rubiaceae	<i>Breonia</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Pitsikahitra BR</i>			X		
275	Rubiaceae	<i>Canthium</i>	<i>Sp</i>	<i>Sakaivato</i>			X		
276	Rubiaceae	<i>Coffea</i>	<i>Sp</i>	<i>Bekarafoka 1</i>				X	
277	Rubiaceae	<i>Craterispermum</i>	<i>lauricum</i>	<i>Hazomamy</i>			X		
278	Rubiaceae	<i>Danais</i>	<i>Sp</i>	<i>Vahimantsina</i>			X		
279	Rubiaceae	<i>Enterospermum</i>	<i>Sp</i>	<i>Pitsikahitra BR</i>			X		
280	Rubiaceae	<i>Gaertnera</i>	<i>phyllustachya</i>	<i>Bararaka 1</i>			X		
281	Rubiaceae	<i>Gaertnera</i>	<i>Sp</i>	<i>Bararaka 2</i>			X		
282	Rubiaceae	<i>Homelliella</i>	<i>capitulifera</i>	<i>Pitsikahitra voloina</i>			X		
283	Rubiaceae	<i>Ixora</i>	<i>cremixora</i>	<i>n/a</i>			X		
284	Rubiaceae	<i>Mapouria</i>	<i>apoda</i>	<i>Bekarafoka</i>			X		
285	Rubiaceae	<i>Mapouria</i>	<i>parkeri</i>	<i>Amalomanta</i>			X		
286	Rubiaceae	<i>Mussaenda</i>	<i>arcuata</i>	<i>Anandaingona</i>			X		
287	Rubiaceae	<i>Mussaenda</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Malemiravina</i>				X	
288	Rubiaceae	<i>Mussaenda</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Marefolena</i>			X		
289	Rubiaceae	<i>Pauridiantha</i>	<i>lyalli</i>	<i>Tsiandrova</i>			X		
290	Rubiaceae	<i>Peponidium</i>	<i>pallens</i>	<i>Menahihy BR</i>			X		
291	Rubiaceae	<i>Psychotria</i>	<i>Sp</i>	<i>Kafeala 1</i>				X	
292	Rubiaceae	<i>Rothmania</i>	<i>Sp</i>	<i>n/a</i>			X		
293	Rubiaceae	<i>Sabicea</i>	<i>diversifolia</i>	<i>Sevamboalavo</i>				X	
294	Rubiaceae	<i>Saldinia</i>	<i>Sp 1</i>	<i>Maroampototra MD</i>			X		
295	Rubiaceae	<i>Saldinia</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Maroampototra</i>			X		
296	Rubiaceae	<i>Schismatoclada</i>	<i>farahimpa</i>	<i>Hazontripala</i>				X	
297	Rubiaceae	<i>Tricalysia</i>	<i>cryptocalix</i>	<i>Kafeala 2</i>			X		
298	Rutaceae	<i>Evodia</i>	<i>fatraina</i>	<i>Fatraina</i>			X		
299	Rutaceae	<i>Melicope</i>	<i>magnifolia</i>	<i>Bilahy</i>			X		
300	Rutaceae	<i>Toddalia</i>	<i>asiatica</i>	<i>Roikasimba</i>					X

Tableau 3 Espèces recensées dans le cadre de l'inventaire de la végétation dans le corridor Mantadia – Zahamena (suite)

ID	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
301	Rutaceae	<i>Vepris</i>	<i>fitoravina</i>	<i>Fitoravina</i>			X		
302	Rutaceae	<i>Vepris</i>	<i>macrophylla</i>	<i>Ampody vato</i>			X		
303	Rutaceae	<i>Vepris</i>	<i>nitida</i>	<i>Ampody</i>			X		
304	Rutaceae	<i>Zanthoxylum</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Tsiahianiamposa</i>			X		
305	Salicaceae	<i>Calantica</i>	<i>cerasifolia</i>	<i>Hazombatomena</i>			X		
306	Salicaceae	<i>Casearia</i>	<i>migrescens</i>	<i>Laingoala</i>			X		
307	Salicaceae	<i>Homalium</i>	<i>axillare</i>	<i>Menavahatra</i>			X		
308	Salicaceae	<i>Homalium</i>	<i>parkeri</i>	<i>Hazonanto</i>			X		
309	Salicaceae	<i>Homalium</i>	<i>Sp</i>	<i>n/a</i>			X		
310	Salicaceae	<i>Scolopia</i>	<i>hazomby</i>	<i>Hazomby</i>			X		
311	Salicaceae	<i>Scolopia</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Telotritry</i>			X		
312	Sapindaceae	<i>Allophyllus</i>	<i>arborens</i>	<i>Karambito malama</i>			X		
313	Sapindaceae	<i>Allophyllus</i>	<i>trichodesmus</i>	<i>Karambito voloina</i>			X		
314	Sapindaceae	<i>Deinbollia</i>	<i>Sp</i>	<i>Hazomitovo</i>			X		
315	Sapindaceae	<i>Filicium</i>	<i>decipiens</i>	<i>Elatrangidina</i>			X		
316	Sapindaceae	<i>Macphersonia</i>	<i>radlkoferi</i>	<i>Felatanantsidy</i>				X	
317	Sapindaceae	<i>Neotina</i>	<i>coursii</i>	<i>Ramaindafa 2</i>			X		
318	Sapindaceae	<i>Neotina</i>	<i>Sp</i>	<i>Ramaindafa 3</i>			X		
319	Sapindaceae	<i>Tina</i>	<i>striata</i>	<i>Ramaindafa 1</i>			X		
320	Sapotaceae	<i>Chrysophyllum</i>	<i>boivinianum</i>	<i>Famelona</i>			X		
321	Sapotaceae	<i>Faucherea</i>	<i>parvifolia</i>	<i>Nanto</i>			X		
322	Sapotaceae	<i>Faucherea</i>	<i>Sp 2</i>	<i>Nantotsiriana</i>			X		
323	Sapotaceae	<i>Faucherea</i>	<i>thouvenotii</i>	<i>Nantoboka 1</i>			X		
324	Sapotaceae	<i>Manilkara</i>	<i>Sp</i>	<i>Nantoboka 2</i>			X		
325	Sapotaceae	<i>Syderoxylum</i>	<i>betsimisarakum</i>	<i>Nanto tavolo</i>				X	
326	Smilacaceae	<i>Smilax</i>	<i>kraussiana</i>	<i>Roimpapetana</i>			X		
327	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>auriculatum</i>	<i>Sevabe</i>			X		
328	Sterculiaceae	<i>Nesogordonia</i>	<i>abrahamii</i>	<i>Afonendrina</i>			X		
329	Strelitziaceae	<i>Ravenala</i>	<i>madagascariensis</i>	<i>Fontsy</i>				X	
330	Thymeleaceae	<i>Stephanodaphne</i>	<i>pilosa</i>	<i>Avoa</i>			X		
331	Ulmaceae	<i>Trema</i>	<i>orientalis</i>	<i>Andrarezina</i>			X		
332	Umbellifera	<i>Centella</i>	<i>asiatica</i>	<i>Talapetraka</i>			X		
333	Verbenaceae	<i>Vitex</i>	<i>bojeri</i>	<i>Ndriafito</i>				X	

VOLUME J

SECTION 1.1

ATTACHMENT 10

**REPORT ON VEGETATION SURVEY WITHIN
THE PROCESS PLANT AREA**

RAPPORT SUR LA VÉGÉTATION D'USINE A TOAMASINA

Travail effectué par Félix ANDRIATSIFERANA
Edité par Aro RATO VON OMENJANAHARY
Juin 2005

1 INTRODUCTION

L'usine de traitement pour extraire le Nickel et le Cobalt de leur minerai sera implantée sur la zone industrielle de la ville de Toamasina. L'implantation de l'usine se trouve à l'ouest du canal de Pangalane et s'étend sur 2,5 Km vers l'Ouest et de 1,5 Km vers le Sud. Ce minerai sera acheminé par pipeline à partir de Moramanga. Ce site fait partie de la zone industrielle de la ville de Toamasina. Ce choix est justifié par la proximité du port et par les besoins induits par le type de matériel et infrastructures à utiliser ultérieurement. Les caractéristiques techniques du substrat (exemple résultat après test sismographique) ont renforcé ce choix.

Ce site est une zone très faiblement boisée où la végétation naturelle est réduite à des savanes herbeuses, arborées en certains endroits. Des mares temporaires ou permanentes de faibles profondeurs se rencontrent sur la zone. L'aperçu global de cette zone d'étude est celui d'une vaste zone partiellement dénudée où des matrices de végétations très dégradées se clairsement.

Appartenant à la région bioclimatique orientale, le site est sous l'influence directe de l'Alizé et les végétations sont définies comme « flore de vent », selon la description de Perrier de la Bathie.

L'étude a été réalisée au mois de mars 2005, donc en pleine saison de pluie.

La présente étude vise à faire une évaluation rapide de la végétation sur le site de la future usine de traitement de nickel en identifiant son degré d'anthropisation, matérialisé par l'état et l'abondance ou non des formations végétales sur place.

2 MÉTHODOLOGIE

Cette zone fait partie d'une zone industrielle initiée par la ville de Toamasina, c'est-à-dire un espace déjà créé avant l'arrivée de Dynatec même en prévision de l'expansion de ses activités économiques. C'est une vaste étendue faiblement couverte de végétaux. Toutefois un inventaire taxonomique a été réalisé afin de bien cerner toutes les caractéristiques de la végétation originelle. Cet inventaire a pris en considération la présence d'habitats résultants des conditions locales du microclimat, de la qualité du sol et d'éventuelles interactions biologiques avec les écosystèmes voisins.

Les travaux de l'équipe qui a été, rappelons-le, composée de para-botaniste et de dendrologiste, ont consisté en une identification préalable d'habitats, suivie de détermination des espèces, et complétée par des récoltes d'échantillons d'herbiers, fertiles ou non, visant à assurer la fiabilité

des résultats obtenus. Parallèlement, et en dépit de la dégradation manifeste du milieu naturel, d'éventuelles niches écologiques résiduelles ont été recherchées car elles peuvent encore renfermer d'espèces importantes pour la conservation.

3 RESULTATS OBTENUS

Le sol sableux perméable et pauvre en matière organique a permis l'installation de 5 types d'écotones, à savoir : forêt à espèces mélangées, forêt de *Melaleuca*, forêt d'*Eucalyptus*, végétation de marais et savane boisée.

L'inventaire a permis d'affirmer que la végétation sur ce site est formée par un ensemble de rares arbres et de quelques arbustes, disséminés sur la savane. De rares peuplements forestiers ont été épargnés de l'exploitation.

Les espèces dominantes sur le site étudié sont : *Melaleuca quinquenervia*, *Eucalyptus*, *Cyperus latifolius*, *Ficus baroni*, *Terminalia cattapa*, *Typhonodorum lendleyanum*.

Le nombre total d'espèces inventoriées est de 185. La superposition des hauteurs des arbres a permis de voir la stratification verticale de la forêt. L'on a observé 3 strates, à savoir :

- la strate inférieure pour les individus dont l'hauteur est de 5 m au maximum,
- la strate moyenne pour les individus dont l'hauteur se trouve entre 12 et 15 m,
- la strate supérieure formée par les individus dont l'hauteur dépasse 15 m.

La frange externe, c'est-à-dire la végétation se trouvant en bordure du Pangalane, est caractérisée par la présence de *Macaranga boutonoides*, *Gaertenera sp.*, *Bridelia tulasneana* et *Ficus baroni*.

4 DISCUSSION

Beaucoup d'espèces exotiques sont recensées sur le site, comme *Eucalyptus robusta* et *Melaleuca quinquenervia*. Ce sont espèces plantées en prévision des fortes demandes en produits ligneux qui accompagnent l'accroissement démographique de la région. La naturalisation de ces espèces est très remarquable par rapport à l'adaptation d'autres espèces introduites ;

A part les espèces forestières, les Graminées telles qu'*Aristida similis* sont importantes. Elles servent comme matières premières pour l'artisanat et pour la confection d'outils ménagers comme les balais.

Malgré cette forte dégradation, des espèces forestières endémiques ont été recensées sur ce site. Il s'agit de :

- *Cinnamomum camphora*,
- *Letsea glutinosa*,
- *Bridelia tulasneana*,
- *Flacourtia ramontchi*,
- *Himenaëa verucosa*

Notons que ces espèces caractérisent cette région orientale de l'île.

Ces formations végétales ont des fonctions écologiques et de régulation pour le bassin versant. Tandis que la population riveraine y exerce aussi leur droit d'usage pour le combustible et pour d'autres besoins en produits ligneux et non ligneux. Des utilisations courantes locales de ces espèces ont justifiées en partie la dégradation de la forêt primaire originelle, telle la fabrication de meubles et outillages divers, la construction,...La proximité d'un grand centre de consommation de produits forestiers qu'est la ville de Toamasina explique aussi la disparition de beaucoup d'arbres des forêts des environs.

Par exemple, les coupes sont fréquentes et les bois servent à la confection artisanale diverse et à la construction de cabane. Il y a notamment une coupe sélective en particulier sur *Homalium louvelii* et *Melaleuca* (fabrication de chaise).

La fonction production est importante pour la formation de ce site. Des utilisations d'ordre social aussi existent.

Les tableaux 1 et 2 indiquent les coordonnées des points d'inventaire de la végétation et les résultats obtenus, respectivement.

Tableau 1 Coordonnées des points d'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude de l'usine de traitement

Point d'inventaire	Emplacement	NAD83 UTM Est	NAD83 UTM Sud
1	NW	325443	7987752
2	SW	324953	7985943
3	NE	327808	7986989
4	Etangs	325433	7985835
5	Ouest	325444	7987754
6		325539	7986365

Tableau 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude de l'usine de traitement

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
1	<i>Acanthaceae</i>	<i>Hypoestes</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
2	<i>Adiantaceae</i>	<i>Pellaea</i>	<i>viridis</i>	Tsiapangapanganamalona				X	
3	<i>Adiantaceae</i>	<i>Pityrogramma</i>	<i>calomelanos</i>	n/a				X	
4	<i>Aizoaceae</i>	<i>Tetragonia</i>	<i>expansa</i>	Aferontany			X		
5	<i>Amaranthaceae</i>	<i>Achyranthes</i>	<i>aspera</i>	Fandrangojaza				X	
6	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Anacardium</i>	<i>occidentalis</i>	Mahabibo			X		
7	<i>Anacardiaceae</i>	<i>Manguifera</i>	<i>indica</i>	Manga			X		
8	<i>Aphloiaceae</i>	<i>Aphloia</i>	<i>teiformis</i>	Fandramanana			X		
9	<i>Apocynaceae</i>	<i>Catharantus</i>	<i>lanceus</i>	Vonenina			X		
10	<i>Apocynaceae</i>	<i>Cerbera</i>	<i>manghas</i>	Tangena				X	
11	<i>Apocynaceae</i>	<i>Landolphia</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
12	<i>Apocynaceae</i>	<i>Landolphia</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
13	<i>Apocynaceae</i>	<i>Voacanga</i>	<i>thouarsii</i>	n/a			X		
14	<i>Araceae</i>	<i>Typhonodorum</i>	<i>lindleyanum</i>	Vihy				X	
15	<i>Arecaceae</i>	<i>Cocos</i>	<i>nucifera</i>	Coco			X		
16	<i>Arecaceae</i>	<i>Dypsis</i>	<i>gracilis</i>	n/a				X	
17	<i>Arecaceae</i>	<i>Dypsis</i>	<i>hildebrandtii</i>	Bedoda				X	
18	<i>Arecaceae</i>	<i>Neodypsis</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
19	<i>Arecaceae</i>	<i>Ravenea</i>	<i>louvelii</i>	n/a	EN			X	
20	<i>Asclepiadaceae</i>	<i>Pentopetia</i>	<i>androsaemifolia</i>	Liane				X	
21	<i>Asteraceae</i>	<i>Conyza</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
22	<i>Asteraceae</i>	<i>Elephantopus</i>	<i>scaber</i>	n/a				X	
23	<i>Asteraceae</i>	<i>Emilia</i>	<i>citrina</i>	Tsionsioana BR			X		
24	<i>Asteraceae</i>	<i>Erigeron</i>	<i>naudinii</i>	Tsijiajia			X		
25	<i>Asteraceae</i>	<i>Ethulia</i>	<i>conyzoides</i>	n/a				X	
26	<i>Asteraceae</i>	<i>Helichrysum</i>	<i>aphelescoides</i>	Tsionsioana			X		
27	<i>Asteraceae</i>	<i>Psiadia</i>	<i>lucida</i>	n/a			X		
28	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Colea</i>	<i>fusca</i>	n/a				X	
29	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Phyllarthron</i>	<i>madagascariensis</i>	Zahana			X		
30	<i>Bignoniaceae</i>	<i>Rhodocolea</i>	<i>racemosa</i>	n/a				X	
31	<i>Brassicaceae</i>	<i>Tilachium</i>	<i>pouponii</i>	n/a				X	
32	<i>Buddlejaceae</i>	<i>Buddlea</i>	<i>acuminata</i>	n/a				X	
33	<i>Buddlejaceae</i>	<i>Nuxia</i>	<i>coriacea</i>	Valanirana				X	
34	<i>Burseraceae</i>	<i>Canarium</i>	<i>madagascariensis</i>	Ramy			X		
35	<i>Clusiaceae</i>	<i>Harunga</i>	<i>madagascariensis</i>	Harongampanihy			X		
36	<i>Clusiaceae</i>	<i>Psorospermum</i>	<i>lanceolatum</i>	Harongandahy			X		
37	<i>Combretaceae</i>	<i>Terminalia</i>	<i>catappa</i>	Atafana				X	
38	<i>Convallariaceae</i>	<i>Dracaena</i>	<i>fantanesiana</i>	Hasina salantsalany			X		
39	<i>Convallariaceae</i>	<i>Dracaena</i>	<i>longipedicelata</i>	Hasina BR			X		
40	<i>Convallariaceae</i>	<i>Dracaena</i>	<i>reflexa</i>	Hasina MD			X		
41	<i>Convolvulaceae</i>	<i>Ipomea</i>	<i>purpurea</i>	n/a			X		
42	<i>Convolvulaceae</i>	<i>Menemia</i>	<i>medium</i>	n/a				X	

Tableau 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude de l'usine de traitement (suite)

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
43	Cyperaceae	<i>Actinoschoenus</i>	<i>thouarsii</i>	Bozadrano				X	
44	Cyperaceae	<i>Bulbostylis</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
45	Cyperaceae	<i>Carex</i>	<i>pyramidalis</i>	n/a			X		
46	Cyperaceae	<i>Cladium</i>	<i>lavarum</i>	Rangazaha 1			X		
47	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>aequalis</i>	Beloha			X		
48	Cyperaceae	<i>Cyperus</i>	<i>latifolius</i>	Herana			X		
49	Cyperaceae	<i>Eleocharis</i>	<i>plantaginea</i>	Harefo			X		
50	Cyperaceae	<i>Fimbristylis</i>	<i>bivalvis</i>	Tsiherankerana			X		
51	Cyperaceae	<i>Fimbristylis</i>	<i>longiculmis</i>	Penjy			X		
52	Cyperaceae	<i>Fuirena</i>	<i>pubescens</i>	n/a				X	
53	Cyperaceae	<i>Fuirena</i>	<i>umbellata</i>	n/a			X		
55	Cyperaceae	<i>Hypolytrum</i>	<i>madagascariensis</i>	n/a			X		
54	Cyperaceae	<i>Hypolytrum</i>	<i>madagascariensis</i>	n/a				X	
56	Cyperaceae	<i>Kyllinga</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
57	Cyperaceae	<i>Scleria</i>	<i>abortiva</i>	Vendrana 2			X		
58	Cyperaceae	<i>Scleria</i>	<i>lagoensis</i>	Vendrana			X		
59	Cyperaceae	<i>Scleria</i>	<i>racemosa</i>	Filelatra			X		
60	Ebenaceae	<i>Diospyros</i>	<i>ferrea</i>	n/a			X		
61	Ericaceae	<i>Philippia</i>	<i>latifolia</i>	Anjavidy			X		
62	Euphorbiaceae	<i>Bridelia</i>	<i>pervilleana</i>	Vahimintina			X		
63	Euphorbiaceae	<i>Bridelia</i>	<i>tulasneana</i>	Ranomaintina				X	
64	Euphorbiaceae	<i>Deuteromallotus</i>	<i>Sp</i>	Asotry			X		
65	Euphorbiaceae	<i>Macaranga</i>	<i>boutonoides</i>	Makaranana BR			X		
66	Euphorbiaceae	<i>Phyllanthus</i>	<i>seyrigii</i>	n/a			X		
67	Euphorbiaceae	<i>Ricinus</i>	<i>communis</i>	Tanatanamanga			X		
68	Fabaceae	<i>Abrus</i>	<i>precatorius</i>	Voamaintilany			X		
69	Fabaceae	<i>Albizia</i>	<i>chinensis</i>	n/a			X		
70	Fabaceae	<i>Albizia</i>	<i>gummifera</i>	Volomborona			X		
71	Fabaceae	<i>Albizia</i>	<i>lebbeck</i>	Bonara			X		
72	Fabaceae	<i>Crotalaria</i>	<i>incana</i>	n/a			X		
73	Fabaceae	<i>Crotalaria</i>	<i>pallida</i>	n/a			X		
74	Fabaceae	<i>Desmodium</i>	<i>ramosissimum</i>	Tsipiraikitra			X		
75	Fabaceae	<i>Himenaëa</i>	<i>verucosa</i>	Tandroro				X	
76	Fabaceae	<i>Intsia</i>	<i>bijuga</i>	Hintsy	VU		X		
77	Fabaceae	<i>Mimosa</i>	<i>pudica</i>	Ramiriana				X	
78	Fabaceae	<i>Tamarindus</i>	<i>indica</i>	Voamadilo				X	
79	Flacourtiaceae	<i>Flacourtia</i>	<i>ramontchi</i>	Voatronaka				X	
80	Flagellariaceae	<i>Flagellaria</i>	<i>indica</i>	Vahimpika				X	
81	Gentianaceae	<i>Anthocleista</i>	<i>longifolia</i>	Lendemy			X		
82	Gentianaceae	<i>Exacum</i>	<i>quinquennervium</i>	n/a				X	
83	Gentianaceae	<i>Exacum</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
84	Gentianaceae	<i>Tachiadenus</i>	<i>carinatus</i>	Lelabahatra				X	
85	Gentianaceae	<i>Tachiadenus</i>	<i>gracilis</i>	n/a				X	
86	Gleicheniaceae	<i>Sticherus</i>	<i>flagellaris</i>	n/a			X		
87	Hypericaceae	<i>Harungana</i>	<i>madagascariensis</i>	Harongana			X		

Tableau 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude de l'usine de traitement (suite)

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
88	<i>Iridaceae</i>	<i>Gladiolus</i>	<i>garnierii</i>	n/a				X	
89	<i>Iridaceae</i>	<i>Gladiolus</i>	<i>luteus</i>	n/a				X	
90	<i>Lamiaceae</i>	<i>Clerodendrum</i>	<i>arenarium</i>	Atamba				X	
91	<i>Lamiaceae</i>	<i>Premna</i>	<i>serratifolia</i>	Andrarezina 2			X		
92	<i>Lauraceae</i>	<i>Cinnamomum</i>	<i>camphora</i>	Kanela				X	
93	<i>Lauraceae</i>	<i>Letsea</i>	<i>glutinosa</i>	Zavoka marron				X	
94	<i>Lauraceae</i>	<i>Persea</i>	<i>gratissima</i>	Zavoka			X		
95	<i>Liliaceae</i>	<i>Dianella</i>	<i>ensifolia</i>	Voamasonomby			X		
96	<i>Linaceae</i>	<i>Hugonia</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
97	<i>Linaceae</i>	<i>Lobelia</i>	<i>auceps</i>	n/a				X	
98	<i>Malpighiaceae</i>	<i>Tristellateia</i>	<i>grandiflora</i>	n/a				X	
99	<i>Malvaceae</i>	<i>Sida</i>	<i>arcuata</i>	Tsindahory			X		
100	<i>Malvaceae</i>	<i>Urena</i>	<i>lobata</i>	Tsipanopano				X	
101	<i>Melastomataceae</i>	<i>Clidemia</i>	<i>hirta</i>	Mazambody			X		
102	<i>Melastomataceae</i>	<i>Tristemma</i>	<i>Sp</i>	Voatsitrotroka				X	
103	<i>Melastomataceae</i>	<i>Tristemma</i>	<i>virusanum</i>	Sompatra				X	
104	<i>Meliaceae</i>	<i>Melia</i>	<i>azedarack</i>	Voandelaka			X		
105	<i>Menispermaceae</i>	<i>Burasaia</i>	<i>madagascariensis</i>	Amborasaha			X		
106	<i>Menispermaceae</i>	<i>Raptonema</i>	<i>Sp</i>	Vahikarabo				X	
107	<i>Menispermaceae</i>	<i>Spirospermum</i>	<i>penduliflorum</i>	n/a			X		
108	<i>Menispermaceae</i>	<i>Spirospermum</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
109	<i>Monimiaceae</i>	<i>Tambourissa</i>	<i>capuroni</i>	Ambora			X		
110	<i>Moraceae</i>	<i>Ficus</i>	<i>baroni</i>	Nonoka			X		
111	<i>Moraceae</i>	<i>Ficus</i>	<i>baroni</i>	Nonoka 2			X		
112	<i>Moraceae</i>	<i>Pachytrophe</i>	<i>dimepate</i>	Dipaty LR				X	
113	<i>Moraceae</i>	<i>Treculia</i>	<i>lamiana</i>	Ampalibe			X		
114	<i>Moraceae</i>	<i>Treculia</i>	<i>madagascariensis</i>	Havoa				X	
115	<i>Moraceae</i>	<i>Trylepisium</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
116	<i>Myricaceae</i>	<i>Myrica</i>	<i>spathulata</i>	Laka				X	
117	<i>Myrsinaceae</i>	<i>Oncostemon</i>	<i>botryoides</i>	Hozontoho				X	
118	<i>Myrtaceae</i>	<i>Eucalyptus</i>	<i>robusta</i>	Kininina			X		
119	<i>Myrtaceae</i>	<i>Eugenia</i>	<i>jambolana</i>	Zamborizano			X		
120	<i>Myrtaceae</i>	<i>Eugenia</i>	<i>jambolana</i>	Rotra			X		
121	<i>Myrtaceae</i>	<i>Melaleuca</i>	<i>quinquenervia</i>	Niaouli					X
122	<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium</i>	<i>catleyanum</i>	Goavy tsinahy					X
123	<i>Myrtaceae</i>	<i>Psidium</i>	<i>guayava</i>	Goavy			X		
124	<i>Nymphaeaceae</i>	<i>Nymphaea</i>	<i>stellata</i>	Voahirana			X		
125	<i>Ochnaceae</i>	<i>Campylospermum</i>	<i>obtusifolium</i>	Malamboavony			X		
126	<i>Ochnaceae</i>	<i>Diporidium</i>	<i>ciliatum</i>	n/a			X		
127	<i>Pandanaceae</i>	<i>Pandanus</i>	<i>concretus</i>	Vakoana			X		
128	<i>Pandanaceae</i>	<i>Pandanus</i>	<i>edulis</i>	Vakoana 2			X		
129	<i>Passifloraceae</i>	<i>Paropsia</i>	<i>madagascariensis</i>	n/a			X		
130	<i>Passifloraceae</i>	<i>Passiflora</i>	<i>foetida</i>	Bongapiso				X	
131	<i>Passifloraceae</i>	<i>Passiflora</i>	<i>incarnata</i>	Garana			X		
132	<i>Passifloraceae</i>	<i>Passiflora</i>	<i>suberosa</i>	n/a			X		

Tableau 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude de l'usine de traitement (suite)

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
133	<i>Physenaceae</i>	<i>Physena</i>	<i>madagascariensis</i>	n/a			X		
134	<i>Poaceae</i>	<i>Aristida</i>	<i>similis</i>	Kifafa			X		
135	<i>Poaceae</i>	<i>Bambusa</i>	<i>barbata</i>	Volo			X		
136	<i>Poaceae</i>	<i>Cymbopogon</i>	<i>citratu</i>	Veromanitra			X		
137	<i>Poaceae</i>	<i>Cynodon</i>	<i>dactylon</i>	Fandrotrarana			X		
138	<i>Poaceae</i>	<i>Eleusine</i>	<i>indica</i>	Ahitromby			X		
139	<i>Poaceae</i>	<i>Hyparrhenia</i>	<i>rufa</i>	Vero			X		
140	<i>Poaceae</i>	<i>Imperata</i>	<i>cylindrica</i>	Tenina			X		
141	<i>Poaceae</i>	<i>Loudetia</i>	<i>Sp</i>	Tenina			X		
142	<i>Poaceae</i>	<i>Loudetia</i>	<i>Sp</i>	Horona			X		
143	<i>Poaceae</i>	<i>Oplismenus</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
144	<i>Poaceae</i>	<i>Oryza</i>	<i>sativa</i>	Vary			X		
145	<i>Poaceae</i>	<i>Panicum</i>	<i>brevifolium</i>	Ahimpody			X		
146	<i>Poaceae</i>	<i>Paspalum</i>	<i>commersonii</i>	Mombafoana			X		
147	<i>Poaceae</i>	<i>Paspalum</i>	<i>conjugatum</i>	Ombafa				X	
148	<i>Poaceae</i>	<i>Paspalum</i>	<i>panniculatum</i>	Fantakatsora			X		
149	<i>Poaceae</i>	<i>Paspalum</i>	<i>panniculatum</i>	Fantakatsora			X		
150	<i>Poaceae</i>	<i>Paspalum</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
151	<i>Poaceae</i>	<i>Pennisetum</i>	<i>polystachyum</i>	Tsipisopiso				X	
152	<i>Poaceae</i>	<i>Pennisetum</i>	<i>pseudotriticoides</i>	Lomanorano			X		
153	<i>Poaceae</i>	<i>Stenotaphrum</i>	<i>dimidiatum</i>	Ahimpisaka				X	
154	<i>Poaceae</i>	<i>Tricopterys</i>	<i>dregeana</i>	Volonondry				X	
155	<i>Polypodiaceae</i>	<i>Phymatodes</i>	<i>scolopendria</i>	Apanga			X		
156	<i>Polypodiaceae</i>	<i>Pteridium</i>	<i>aquilinum</i>	Rangotra			X		
157	<i>Polypodiaceae</i>	<i>Pteridium</i>	<i>Sp</i>	Rangotohatra 2			X		
158	<i>Proteaceae</i>	<i>Grewilea</i>	<i>banksii</i>	n/a					X
159	<i>Rubiaceae</i>	<i>Anthrhea</i>	<i>borbonica</i>	n/a				X	
160	<i>Rubiaceae</i>	<i>Canthium</i>	<i>Sp</i>	Pitsikahitra			X		
161	<i>Rubiaceae</i>	<i>Danais</i>	<i>fragrans</i>	n/a			X		
162	<i>Rubiaceae</i>	<i>Gaertnera</i>	<i>macrostipula</i>	n/a			X		
163	<i>Rubiaceae</i>	<i>Gaertnera</i>	<i>Sp</i>	Bararaka malamaravina				X	
164	<i>Rubiaceae</i>	<i>Morinda</i>	<i>rigida</i>	Lengona				X	
165	<i>Rubiaceae</i>	<i>Morinda</i>	<i>rigida</i>	Lengona				X	
166	<i>Rubiaceae</i>	<i>Oldenlandia</i>	<i>affinis</i>	Mangavony				X	
167	<i>Rubiaceae</i>	<i>Oldenlandia</i>	<i>lancifolia</i>	n/a				X	
168	<i>Rubiaceae</i>	<i>Paederia</i>	<i>Sp</i>	Vahimantsina				X	
169	<i>Rubiaceae</i>	<i>Sabicea</i>	<i>diversifolia</i>	n/a				X	
170	<i>Rubiaceae</i>	<i>Spermacoce</i>	<i>verticillata</i>	n/a			X		
171	<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus</i>	<i>aurantium</i>	Voangiala				X	
172	<i>Rutaceae</i>	<i>Citrus</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
173	<i>Salicaceae</i>	<i>Casearia</i>	<i>nigrescens</i>	n/a				X	
174	<i>Salicaceae</i>	<i>Casearia</i>	<i>Sp</i>	n/a				X	
175	<i>Salicaceae</i>	<i>Homalium</i>	<i>louvelii</i>	n/a			X		
176	<i>Salicaceae</i>	<i>Homalium</i>	<i>Sp</i>	n/a			X		
177	<i>Sapindaceae</i>	<i>Litchi</i>	<i>sinensis</i>	Letchis				X	

Tableau 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude de l'usine de traitement (suite)

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique
178	<i>Sarcolaenaceae</i>	<i>Leptolaena</i>	<i>multiflora</i>	Fotona	EN			X	
179	<i>Sarcolaenaceae</i>	<i>Leptolaena</i>	<i>Sp</i>	Fotona 2			X		
180	<i>Smilacaceae</i>	<i>Smilax</i>	<i>kraussiana</i>	Viaotra			X		
181	<i>Strelitzeaceae</i>	<i>Ravenala</i>	<i>madagascariensis</i>	Ravinala			X		
182	<i>Taccaceae</i>	<i>Tacca</i>	<i>artocarpifolia</i>	n/a				X	
183	<i>Ulmaceae</i>	<i>Trema</i>	<i>orientalis</i>	Andrarezina			X		
184	<i>Verbenaceae</i>	<i>Lantana</i>	<i>camara</i>	Radriaka			X		
185	<i>Zingiberaceae</i>	<i>Aframomum</i>	<i>angustifolium</i>	Longoza				X	

VOLUME J

SECTION 1.1

ATTACHMENT 11

**REPORT ON VEGETATION SURVEY WITHIN
THE TAILINGS AREA**

RAPPORT SUR LA VÉGÉTATION DU PARC À RÉSIDUS

Travail effectué par Félix ANDRIATSIFERANA
Edité par Aro RATO VONOMENJANAHARY
Juin 2005

1. INTRODUCTION

Les caractères géologiques et la proximité de l'usine sont les principales raisons du choix de la zone du parc à résidus par rapport à d'autres endroits préalablement identifiés, compris entre Toamasina et Brickaville. Cette future zone de tailings se trouve dans la périphérie de la ville de Toamasina, à une distance approximative de 15 Km de son chef-lieu. Le parc à résidus est destiné à recevoir et à stocker les déchets déjà neutralisés issus des traitements de la boue ayant contenu le Nickel et Cobalt. Pour ce faire, l'acheminement de ces déchets dès la sortie de l'usine se fera par pipeline et des installations respectant des normes rigoureuses seront mises en place.

Ce site est une zone très faiblement boisée où la végétation naturelle originelle a subi successivement un écrémage pour les bois d'œuvre, une coupe incontrôlée des espèces pouvant servir de bois de service et des prélèvements abusifs de bois de chauffe. Actuellement, la savane domine sur une grande partie du site et les rares formations végétales sont constituées d'arbustes et de faibles étendues de matrice de végétations secondaires.

Appartenant à la région bioclimatique orientale, le site est sous l'influence directe de l'Alizé et les végétations sont définies comme « flore de vent », selon la description de Perrier de la Bathie. Avec un climat chaud et humide dans tout l'ensemble, la topographie a permis d'identifier 3 types d'habitats qui diffèrent donc selon qu'ils se trouvent sur crête, en pente ou dans les bas-fonds.

L'inventaire a été effectué durant les mois d'Avril et Mai 2004, correspondant encore à une période où la précipitation est importante.

La présente étude vise à faire une évaluation rapide de la végétation sur le site du parc à résidus en identifiant son degré d'anthropisation, matérialisé par l'état et l'abondance ou non des formations végétales sur place.

2. MÉTHODOLOGIE

L'aperçu global de ce site peut se résumer en une zone partiellement occupée par des activités humaines et en une présence de grande étendue faiblement couverte de végétaux. Malgré cette faible densité de couverture végétale qui caractérise de prime abord le site parc à résidus, un inventaire taxonomique a été réalisé. Cet inventaire a pris en considération la présence d'habitats cités antérieurement suivant les caractéristiques topographiques du lieu. Dans cette optique, des études ont été menées en crête, sur les pentes et dans les bas-fonds et marais.

Les travaux de l'équipe qui a été, rappelons-le, composée de para-botaniste et de dendrologiste, ont consisté en une identification préalable d'habitats, suivie de détermination des espèces, et complétée par des récoltes d'échantillons d'herbiers, fertiles ou non, visant à assurer la fiabilité des résultats obtenus. Parallèlement, et en dépit de la dégradation manifeste du milieu naturel, d'éventuelles niches écologiques résiduelles ont été recherchées car elles peuvent encore renfermer d'espèces importantes pour la conservation.

Sur une zone d'étude mesurant approximativement 2,4 Km de long et 10 m de large, la présence et la répartition des espèces ont pu être ainsi notées et analysées. Il y a donc eu identification directe des espèces durant l'inventaire et de recoupement par des identifications ultérieures par les herbiers pour celles à qui des doutes sur le systématique persistent.

3. RESULTATS OBTENUS

La méthodologie appliquée a permis de recenser 169 espèces dans l'ensemble du site étudié. A proprement parler, aucune formation végétale rencontrée dans le site ne répond aux critères habituellement attribués aux forêts. La végétation naturelle est formée de matrice de végétations secondaires, de savane arborée et de savane herbeuse. Quelques mares, issus de la stagnation des eaux de pluie et de la saturation des sols se rencontrent sur ce site. Bien que cette végétation soit très clairsemée, 3 strates ont pu être identifiés : strate arbustive, strate herbacée / savane et strate des marais.

Une superficie non négligeable du site est occupée par des habitations, des zones de culture et des aires de pâturage.

Les espèces les plus fréquentes sont *Ravenala madagascariensis* et quelques espèces secondaires comme *Premna serratifolia* et *Psidium cattleianum*. Il en est de même pour deux espèces forestières très fréquentes dans la région qui sont *Macaranga boutonoïdes* et *Pachytrophe dimepate*.

Des traces de feux sont visibles car les villageois pratiquent encore des cultures sur brûlis. D'autres traces d'exploitation du à la proximité de présence humaine ont été aussi observées à l'instar des pâturages, des espaces utilisés pour les besoins quotidiens des habitants,... Presque toutes les surfaces libres ont été ou viennent d'être brûlées.

Remarque :

Beaucoup de villageois ont posé des questions sur la signification réelle des mesures réalisées sur leurs territoires.

4. DISCUSSION

De ces résultats, il en ressort que les espèces dominantes sur le site étudié sont : *Melaleuca quinquenervia*, *Eucalyptus*, *Cyperus latifolius*, *Ficus baroni*, *Terminalia cattapa*, *Typhonodorum lendleyanum*.

D'autres comme : *Panicum brevifolium*, *Ravenala madagascariensis*, *Psidium cattleianum*, *Pennisetum polystachyum*, *Lygodium lanceolatum*, *Emilia citrina*, *Imperata cylindrica*, *Scleria lagoonensis*, *Pteridium aquilinum*, *Clidemia hirta*, *Actinoschoerus thouarsii* et *Dianella ensifolia* sont fréquentes.

Parmi les espèces inventoriées, 9 sont endémiques. Il s'agit de *Rubis mollucanus*, *Cinnamomum camphora*, *Letsea glutinosa*, *Eugenia* sp, *Paspalum conjugatum*, *Tacca artocarpifolia*, *Premna serratifolia*, *Actinoschoerus thouarsii* et *Pennisetum polystachium*.

Ces formations végétales ont des fonctions écologiques et de régulation pour le bassin versant. Tandis que la population riveraine y exerce aussi leur droit d'usage pour le combustible et pour d'autres besoins en produits ligneux et non ligneux. Des utilisations courantes locales de ces espèces ont justifiées en partie la dégradation de la forêt primaire originelle, telle la fabrication de meubles et outillages divers, la construction,...La proximité d'un grand centre de consommation de produits forestiers qu'est la ville de Toamasina explique aussi la disparition de beaucoup d'arbres des forêts des environs.

Les tableaux 1 et 2 indiquent les coordonnées des points d'inventaire de la végétation et les résultats obtenus, respectivement.

Tableau 1 Coordonnées des points d'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude du parc à résidus

NAD83 UTM Est	NAD83 UTM Sud
322340	7989419
322320	7989275
322401	7989763
322228	7988909
322103	7988709
322073	7988564
322063	7988487
322033	7988321
322013	7988176
323114	7988043
323074	7987876
323013	7987566
322982	7988639
322951	7988539
322340	7989441
322391	7989597
322440	7990018
322419	7990084
322449	7990250
322490	7990428
322520	7990539
322577	7987794
322569	7989798
322589	7989964
322651	7990153
322639	7990274
322638	7990451
322668	7990573
322687	7990795
322686	7990928
322695	7991094
322715	7991260
322745	7991437
322765	7991581
322785	7991725
322794	7991869
322792	7992058
322802	7992124

Table 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude du parc à résidus

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	AUTEUR	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique	Nombre d'occurrences de l'espèce
1	Adiantaceae	Pellaea	viridis		Tsiapangampaganamalona			x			18
2	Adiantaceae	Pityrogramma	calomelanos	Link	n/a			x			4
3	Annonaceae	Polyalthia	Sp		Sapoety			x			2
4	Aphloiaceae	Aphloia	theiformis		Fandramanana			x			5
5	Apocynaceae	Mascarenhasia	arborescens		n/a			x			1
6	Apocynaceae	Tabernaemontana	sessilifolia		Montafara			x			7
7	Araceae	Typhonodorum	madagascariensis		Viha			x			6
8	Arecaceae	Raphia	ruffia		Rofia					x	2
9	Asclepiadaceae	Secamone	humbertii		Vahizato			x			7
10	Asclepiadaceae	Secamone	tenuifolia		Vahinanto			x			2
11	Aspleniaceae	Asplenium	nidus		n/a			x			2
12	Asteraceae	Conyza	Sp		n/a			x			2
13	Asteraceae	Elephantopus	scaber		Angadoha			x			11
14	Asteraceae	Elephantopus	scaber- 2		n/a			x			2
15	Asteraceae	Emilia	citrina		Tsionsiona				x		126
16	Asteraceae	Erigeron	naudinii		Tsijajia			x			2
17	Asteraceae	Helichrysum	cordifolium		n/a			x			3
18	Asteraceae	Helichrysum	Sp		n/a			x			3
19	Asteraceae	Mikania	scandens	Willd	Vahia			x			1
20	Asteraceae	Psiadia	altissima		Dingandingana			x			6
21	Asteraceae	Psiadia	lucida	Drake	Vahidingadingana			x			6
22	Balsaminaceae	Impatiens	madagascariensis		Benja			x			1
23	Blechnaceae	Stenochlaena	tenuifolia	Des.	Anatsonga			x			9
24	Boraginaceae	Heliotropium	indicum		n/a			x			2
25	Buddlejaceae	Buddleja	indica		Vanginambo				x		29
26	Buddlejaceae	Buddleja	Sp 1		n/a			x			2
27	Buddlejaceae	Buddleja	sp2		n/a			x			9
28	Buddlejaceae	Nuxia	coriacea	Soler	Valanirana			x			3
29	Burseraceae	Canarium	madagascariensis		Ramy			x			2
30	Capparidaceae	Crataeva	excelsa		n/a				x		1
31	Capparidaceae	Grataeva	Sp		n/a			x			5
32	Clusiaceae	Harungana	madagascariensis		Harongana			x			47
33	Clusiaceae	Psorospermum	Sp		n/a			x			7
34	Connaraceae	Angela	pentagyna		Vahimintina			x			23
35	Connaraceae	Cnestis	glabra		Sangasanganakoholahy				x		51
36	Convolvulaceae	Ipomea	fimbriosepala		n/a			x			7
37	Convolvulaceae	Menemia	medium	Linnee Hallier	n/a			x			4
38	Cyatheaceae	Cyathea	melleri		Fanjana		App. 2	x			2
39	Cyperaceae	Actinoschoenus	thouarsii		Bozadrano				x		135
40	Cyperaceae	Actinoschoenus	thouarsii	Kunth	Bozadrano			x			4
41	Cyperaceae	Cladium	lavarum		Rangazaha-1				x		20

Table 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude du parc à résidus (suite)

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	AUTEUR	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique	Nombre d'occurrences de l'espèce
42	Cyperaceae	Cyperus	aequalis		Beloha			x			20
43	Cyperaceae	Eleocharis	plantaginea		Harefo			x			4
44	Cyperaceae	Fimbristylis	bivalvis		Tsiherankerana			x			2
45	Cyperaceae	Fimbristylis	longiculmis		Penjy				x		18
47	Cyperaceae	Fuirena	umbellata		n/a			x			7
46	Cyperaceae	Fuirena	umbellata		n/a			x			4
48	Cyperaceae	Hypolytrum	madagascariensis		n/a			x			1
49	Cyperaceae	Kyllinga	Sp		n/a			x			3
50	Cyperaceae	Scleria	arbotiva		Vendrana 2			x			2
51	Cyperaceae	Scleria	lagoensis		Vendrana-1				x		117
52	Dichapetalaceae	Dichapetalum	bojeri	Tul	n/a			x			2
53	Dilleniaceae	Dillenia	triquetra		n/a			x			1
54	Dioscoreaceae	Dioscorea	alata	Linnee	Oviala			x			2
55	Erythroxylaceae	Erythroxylum	corymbosum		Menahihy			x			2
56	Euphorbiaceae	Bridelia	tulasneana		Ranomainty				x		12
57	Euphorbiaceae	Macaranga	boutonioides		Makaranana			x			70
58	Euphorbiaceae	Omphalea	oppositifolia		Vonona				x		4
59	Euphorbiaceae	Phyllanthus	seyrigii	Leandri	Kitsana			x			9
60	Euphorbiaceae	Thecacorus	Sp1		n/a			x			2
61	Fabaceae	Abrus	precatorius		Voamaintilany			x			22
62	Fabaceae	Albizia	chinensis	Osbeck	Albizia				x		6
63	Fabaceae	Albizia	gummifera		Volomborona			x			10
64	Fabaceae	Calliandra	Sp		Komy				x		2
65	Fabaceae	Crotalaria	pallida		n/a				x		7
66	Fabaceae	Dalbergia	baroni	Baker	Sovoka	VU		x			3
67	Fabaceae	Desmodium	ramosissimum		Tsipiraikitra			x			36
68	Fabaceae	Desmodium	triflorum	Linnee	n/a			x			2
69	Fabaceae	Entaola	gigas	Fawcett .R	n/a			x			5
70	Fabaceae	Mimosa	pudica		Ramirina				x		75
71	Flagellariaceae	Flagellaria	indica		Vahimpika				x		23
72	Gentianaceae	Anthocleista	madagascariensis		Lendemy			x			9
73	Gentianaceae	Exacum	quinquenervium		n/a			x			6
74	Gentianaceae	Tachiadenus	carinatus		Lelabahatra				x		34
75	Iridaceae	Gladiolus	luteus		n/a			x			10
76	Lamiaceae	Premna	s/p	L	Andrarezina-2				x		2
77	Lamiaceae	Premna	serratifolia		Andrarezina-1				x		49
78	Lauraceae	Cinnamomum	camphora		Kanela				x		55
79	Lauraceae	Letsea	glutinosa		Zavoka marron				x		32
80	Liliaceae	Dianella	ensifolia		Rangazaha 2			x			144
81	Liliaceae	Dracaena	angustifolia		Hasina 3			x			2
82	Liliaceae	Dracaena	fantanesiana		Hasina 1			x			26
83	Linaceae	Hugonia	Sp		n/a				x		2
84	Linaceae	Lobelia	auceps	Linnee	n/a				x		9
85	Lycopodiaceae	Lycopodiella	cernua	Linnee	Tanatanatrandraka			x			13
86	Malpighiaceae	Tristellateia	madagascariensis		n/a			x			1

Table 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude du parc à résidus (suite)

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	AUTEUR	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique	Nombre d'occurrences de l'espèce
87	Malvaceae	Hibiscus	Sp		n/a			x			4
88	Malvaceae	Urena	lobata		Tsipanopano				x		80
89	Melastomataceae	Clidemia	hirta	D. Don	Sompatra				x		111
90	Melastomataceae	Dichaetanthera	oblongifolia	Baker	Sahanala				x		40
91	Melastomataceae	Tristemma	virusanum		Voatsitrotroka				x		95
92	Menispermaceae	Burasaia	madagascariensis		Amborasaha			x			2
93	Menispermaceae	Raptonema	Sp		Vahinkarabo			x			7
94	Menispermaceae	Strychnopsis	thouarsii		Lakamisy				x		9
95	Monimiaceae	Tambourissa	purpurea	Tul	Ambora-1				x		4
96	Monimiaceae	Tambourissa	Sp 1		Ambora-1			x			7
97	Monimiaceae	Tambourissa	Sp 2		Ambora 2			x			4
98	Moraceae	Ficus	megapoda		Mandresy			x			2
99	Moraceae	Ficus	soroceoides		Tsiampalipaly			x			7
100	Moraceae	Ficus	tilifolia		Voara			x			3
101	Moraceae	Pachytrophe	dimepate		Dipatika				x		87
102	Moraceae	Treculia	Sp		Ampalibe			x			2
103	Myricaceae	Myrica	spathulata		Laka			x			19
104	Myrtaceae	Eucalyptus	robusta		Kininina			x			15
105	Myrtaceae	Eugenia	jambolana		Zamborizano			x			2
107	Myrtaceae	Eugenia	Sp		Rotrafotsy BR			x			7
106	Myrtaceae	Eugenia	Sp		Jorofo				x		2
108	Myrtaceae	Melaleuca	quinguenervia		Niaouli					x	115
109	Myrtaceae	Psidium	cattleyanum		Goavitsinahy					x	103
110	Ochnaceae	Campylospermum	deltoideum		Marefolena			x			1
111	Ochnaceae	Campylospermum	Sp		n/a				x		6
112	Onagraceae	Ludwigia	abyssinica		Antaladiana				x		13
113	Pandanaceae	Pandanus	madagascariensis		Fandrana			x			2
114	Passifloraceae	Paropsia	madagascariensis		n/a			x			7
115	Passifloraceae	Passiflora	foetida	Linnee	Bongapiso			x			11
116	Passifloraceae	Passiflora	suberosa	Linnee	n/a			x			3
117	Physenaceae	Physena	madagascariensis		n/a			x			3
118	Pittosporaceae	Pittosporum	ochrosiaefolium		Maimbovitsika			x			3
119	Poaceae	Aristida	rufescens		Vahindiavolana			x			9
120	Poaceae	Aristida	similis		Kifafa			x			3
121	Poaceae	Hyparrhenia	rufa	Nees	Vero			x			58
122	Poaceae	Imperata	cylindrica		Tenina				x		137
123	Poaceae	Oplismenus	Sp		n/a			x			11
124	Poaceae	Panicum	brevifolium		Ahimpody			x			99
125	Poaceae	Panicum	maximum		Fantaka			x			2
126	Poaceae	Paspalum	commersonii		Mombafoana			x			3
127	Poaceae	Paspalum	conjugatum	Berg	Ombafa				x		34
128	Poaceae	Paspalum	paniculatum		Fantakatsora				x		96
129	Poaceae	Penisetum	polystachyum		Tsipisopiso				x		63
130	Poaceae	Stenotaphrum	dimidiatum		Vilona (Ahimpisaka)			x			3
131	Poaceae	Tricopterys	dregeana	Nees	Volonondry				x		31

Table 2 Résultats de l'inventaire de la végétation du sous-secteur local d'étude du parc à résidus (suite)

N° d'identification	Famille	Genre	Espèce	AUTEUR	Nom vernaculaire	UICN	CITES	Endémique à Madagascar	Régionalement endémique	Exotique	Nombre d'occurrences de l'espèce
132	Polypodiaceae	Phymatodes	scolopendria		Fougere			x			2
133	Polypodiaceae	Pteridium	aquilinum		Rangotohatra				x		151
134	Proteaceae	Grevillea	banksii		n/a					x	8
135	Rhizophoraceae	Anysophyllea	fallax	Scott - Elliot	n/a			x			8
136	Rosaceae	Rubus	mollucanus		Takoaka				x		9
137	Rubiaceae	Breonia	stipulata		n/a			x			2
138	Rubiaceae	Danaïa	fragrans		Vahivoraka			x			61
139	Rubiaceae	Gaertnera	macrostipula		Sadodoka				x		12
140	Rubiaceae	Ixora	densithyrsa		n/a				x		8
141	Rubiaceae	Morinda	rigida		Lengona			x			2
142	Rubiaceae	Oldeulandia	affinis	Roem et Schult	Mangavony			x			2
143	Rubiaceae	Oldeulandia	lancifolia	Schumacher	n/a				x		4
144	Rubiaceae	Psychotria	Sp		Vahimazana			x			21
145	Rubiaceae	Sabicea	diversifolia		Sevatrandraka				x		20
146	Rubiaceae	Spermacoce	verticillata		n/a				x		4
147	Rutaceae	Citrus	aurantium		Voangiala			x			16
148	Salicaceae	Calantica	Sp		Hazomby			x			21
149	Salicaceae	Casearia	nigrescens	Tul	n/a			x			15
151	Salicaceae	Ludia	madagascariensis		Lalangiala			x			2
150	Salicaceae	Ludia	madagascariensis		Hoditrovy			x			1
152	Sapindaceae	Allophylus	pinnatus		Karambito			x			2
153	Sapindaceae	Deinbollia	pervillei		Hazomananjara				x		1
154	Sapindaceae	Plagioscyphus	louvelii		n/a				x		6
155	Sapindaceae	Pseudopteris	decipiens	Baillon	n/a			x			6
156	Schizaceae	Lygodium	lanceolatum		Karakarantoloho				x		151
157	Scrophulariaceae	Alectra	sessiliflora	Vahl	n/a			x			2
158	Selaginellaceae	Selaginella	polymorpha		n/a				x		4
159	Smilacaceae	Smilax	kraussiana		Viaotra			x			1
160	Sterculiaceae	Byttneria	melleri	Baker	Vahimalama				x		5
161	Sterculiaceae	Waltheria	indica	L	n/a				x		15
162	Strelitziaceae	Ravenala	madagascariensis		Fontsy			x			143
163	Taccaceae	Tacca	artocarpifolia	Seem	Tavola				x		8
164	Taccaceae	Tacca	leontopetaloides	Kuntze	n/a				x		3
165	Thelypteridaceae	Thelypteris	Sp		n/a			x			2
166	Ulmaceae	Trema	orientalis		Andrareza			x			3
167	Verbenaceae	Lantana	camara		Radriaka			x			81
168	Verbenaceae	Stachytarpheta	jamaicensis		n/a				x		1
169	Zingiberaceae	Aframomum	angustifolium		Longoza			x			72

VOLUME J: BIOLOGICAL APPENDICES

APPENDIX J-1.2

FLORA ENVIRONMENTAL ASSESSMENT APPENDIX

Submitted to:

Dynatec Corporation

TABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 FLORA ENVIRONMENTAL ASSESSMENT APPENDIX.....	1

LIST OF TABLES

Table 1-1	Mean Mine Site Forest Structure Characteristics Among Vegetation Types	1
Table 1-2	Change in Vegetation Subclass Area as a Result of Site Clearing Within the Ambatovy Ore Body Zone	1
Table 1-3	Change in Vegetation Subclass Area as a Result of Site Clearing within the Analamay Ore Body Zone	2

LIST OF ATTACHMENTS

Attachment 1 Mantadia-Zahamena Letter Corridor Restoration Project

1 FLORA ENVIRONMENTAL ASSESSMENT APPENDIX

Table 1-1 Mean Mine Site Forest Structure Characteristics Among Vegetation Types

Vegetation Type	Number of Stems/ ha	Basal Area (m ² / ha)	Canopy Height (m)	Number of Tree Species/ 500 m ²
azonal thicket	799	6.0	9.2	13.3
azonal forest	1,108	19.4	13.3	22.2
azonal type transitional forest	1,286	23.1	10.1	19.6
transitional forest	1,100	23.1	15.5	28.7
zonal forest	1,249	31.5	15.6	33.2
marsh edge forest	900	21.4	20.0	20.5

Data summary based on trees with a breast height diameter ≥10 cm.

Table 1-2 Change in Vegetation Subclass Area as a Result of Site Clearing Within the Ambatovy Ore Body Zone

Vegetation Type	Base Case	Impact Case	Change	Change
	ha	ha	ha	%
Azonal Forest				
azonal forest	390	84	-305	-78
azonal forest burned	3	2	-1	-38
azonal forest disturbed	43	43	0	0
<i>azonal forest subtotal</i>	<i>436</i>	<i>129</i>	<i>-307</i>	<i>-70</i>
Azonal Thicket				
azonal thicket	62	14	-48	-77
azonal thicket disturbed	10	0	-10	-100
<i>azonal thicket subtotal</i>	<i>72</i>	<i>14</i>	<i>-58</i>	<i>-80</i>
Azonal - Disturbed				
disturbed azonal (no vegetation, exploration clearing)	3	0	-3	-100
disturbed azonal (sparse vegetation)	2	0	-2	-100
disturbed azonal (succession I & II)	119	47	-72	-61
<i>disturbed azonal subtotal</i>	<i>124</i>	<i>47</i>	<i>-77</i>	<i>-62</i>
ephemeral pond	2	<1	-1	-76
<i>azonal vegetation subtotal</i>	<i>634</i>	<i>191</i>	<i>-443</i>	<i>-70</i>
Azonal Type Transitional Forest				
azonal type transitional forest disturbed on Gabbro	89	88	-1	-1
azonal type transitional forest on Gabbro	92	59	-33	-36
<i>azonal type transitional forest subtotal</i>	<i>181</i>	<i>146</i>	<i>-34</i>	<i>-19</i>
Transitional Forest				
transitional forest	26	5	-21	-82
transitional forest (logged over)	422	279	-143	-34
transitional forest burned and slash & burn	20	3	-17	-84
<i>transitional forest subtotal</i>	<i>468</i>	<i>287</i>	<i>-181</i>	<i>-39</i>
herbaceous vegetation cover and pasture	11	5	-6	-55
rice paddies	1	1	0	22
Total	1,294	630	-664	-51

Note: Due to rounding, subtotal and totals may not add precisely to expected values.

Table 1-3 Change in Vegetation Subclass Area as a Result of Site Clearing within the Analamay Ore Body Zone

Vegetation Subclass	Base Case	Impact Case	Change	Change
	ha	ha	ha	%
Azonal Forest				
azonal forest	293	148	-145	-49
azonal forest burned	84	18	-65	-78
azonal forest disturbed	13	5	-8	-60
<i>azonal forest subtotal</i>	390	172	-218	-56
Azonal Thicket				
azonal thicket	50	6	-44	-88
azonal thicket disturbed	11	0	-11	-100
<i>azonal thicket subtotal</i>	61	6	-55	-90
Azonal - Disturbed				
disturbed azonal (sparse vegetation)	76	2	-74	-97
disturbed azonal (succession I & II)	221	25	-196	-89
<i>disturbed azonal subtotal</i>	297	27	-270	-91
ephemeral pond	3	0	-3	-95
<i>azonal vegetation subtotal</i>	751	205	-546	-73
Azonal Type Transitional Forest				
azonal type transitional forest disturbed on Gabbro	29	12	-17	-59
azonal type transitional forest on Gabbro	228	182	-46	-20
<i>azonal type transitional forest subtotal</i>	257	194	-63	-24
Transitional Forest				
transitional forest	430	390	-40	-9
transitional forest (logged over)	141	120	-20	-15
transitional forest burned and slash & burn	13	13	0	0
<i>transitional forest subtotal</i>	583	523	-60	-10
Total	1,591	922	-669	-42

Note: Due to rounding, subtotal and totals may not add precisely to expected values.

ATTACHMENT 1

MANTADIA-ZAHAMENA LETTER

CORRIDOR RESTORATION PROJECT

Minister of Environment, Water & Forest
Antsahalova - Antananarivo 101
Madagascar

Antananarivo, June 29th, 2005

Re: The Zahamena-Mantadia-Corridor Restoration Project

Dear Sir:

This letter follows our meeting with the Zahamena-Mantadia-Corridor Restoration Project coordination team.

Dynatec is continuing the process of a feasibility study and environmental assessment of a nickel-cobalt mining project in the Ambatovy-Analamay region, about 22 km north of Moramanga, the Ambatovy Project. As part of the Ambatovy Project, a buried slurry pipeline is planned to be constructed from the future mine site to the future process plant near the Port of Toamasina. The pipeline will cross the Zahamena-Mantadia forest corridor through a currently disturbed part of the corridor following the Sahatandra River, a short distance from the railway line between Andasibe and Fanovana. The pipeline route planning involved national, regional and local stakeholders to assist in identifying a route that will avoid impact on primary forest.

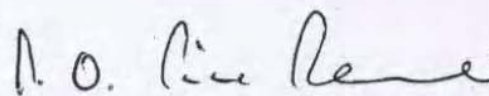

As part of the Ambatovy Project, the affected areas resulting from the pipeline installation within the corridor will be rehabilitated in support of the objectives of the Zahamena-Mantadia-Corridor Restoration Project.

Dynatec proposes to contribute, in kind, up to 250,000 USD, subject to the following conditions:

1. that the funding be paid in kind toward disturbed area restoration over the Zahamena-Mantadia-Corridor Restoration Project period of six years;
2. that this work receives the approval of the CTE as an acceptable form of mitigation for Ambatovy project impacts;
3. that the contribution support activities such as reforestation planning, producing and planting suitable species, reasonable maintenance of reforested areas until planted flora are established, and ecological and socio-economic monitoring;
4. that the Ambatovy Project receives all permits and licenses necessary to proceed; and
5. that the joint venturers proceed with the Ambatovy Project and pipeline construction.

According to the current engineering and development schedule for the Ambatovy Project, should we be successful, the above conditions will not be achieved before mid-year, 2006.

Sincerely,


 **Dynatec**
Yves Fourmanoit
Madagascar S. A. Resident Manager Dynatec

COPY Y.F

VOLUME J: BIOLOGICAL APPENDICES

SECTION 2.1

FAUNA BASELINE

Submitted to:

Dynatec Corporation

TABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 INTRODUCTION.....	1
2 STUDY AREAS.....	2
2.1 SITE HISTORY.....	2
2.2 MINE SITE LOCAL STUDY AREA.....	2
2.3 SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA.....	2
2.4 TOAMASINA LOCAL STUDY AREA.....	2
3 APPROACH FOR SELECTION OF TAXA.....	3
4 METHODS.....	4
4.1 FIELD SURVEY METHODS.....	4
4.1.1 Mine Site Local Study Area.....	4
4.1.2 Slurry Pipeline Local Study Area.....	9
4.1.3 Toamasina Local Study Area.....	9
4.2 VEGETATION CLASSIFICATION AND MAPPING.....	10
4.3 QUALITY CONTROL AND DATA ANALYSIS.....	10
4.3.1 Quality Control.....	10
4.3.2 Data Analysis.....	11
5 RESULTS.....	12
5.1 MINE SITE LOCAL STUDY AREA.....	12
5.1.1 Habitat Types.....	12
5.1.2 Amphibians and Reptiles.....	15
5.1.3 Birds.....	21
5.1.4 Lemurs.....	26
5.1.5 Small Mammals.....	30
5.1.6 Bats.....	35
5.1.7 Ants.....	37
5.1.8 Butterflies and Moths.....	40
5.2 SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA.....	44
5.2.1 Habitat Types.....	44
5.2.2 Amphibians and Reptiles.....	46
5.2.3 Birds.....	49
5.3 TOAMASINA LOCAL STUDY AREA.....	52
5.3.1 Habitat Types.....	52
5.3.2 Amphibians and Reptiles.....	54
5.3.3 Birds.....	56
5.4 WILDLIFE CORRIDORS.....	57
6 REFERENCES.....	58

LIST OF TABLES

Table 2.1-1	Terrestrial Vertebrate Species in Madagascar	1
Table 2.1-2	Amphibian and Reptile Species Richness in the Mine Site Local Study Area	15
Table 2.1-3	IUCN-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Mine Site Local Study Area.....	17
Table 2.1-4	CITES-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Mine Site Local Study Area.....	18
Table 2.1-5	Amphibian and Reptile Species Recorded in Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy	20
Table 2.1-6	IUCN-Listed Amphibian and Reptile Species Recorded in the Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy Areas	20
Table 2.1-7	Herpetofauna Species Richness by Habitat Type	21
Table 2.1-8	IUCN-Listed Bird Species Observed in the Mine Site Local Study Area.....	22
Table 2.1-9	CITES-Listed Bird Species Recorded in the Mine Site Local Study Area	24
Table 2.1-10	Bird Species Recorded in Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy.....	25
Table 2.1-11	IUCN-Listed Bird Species Recorded in Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy	25
Table 2.1-12	Habitat Associations for Bird Species Recorded in the Mine Site Local Study Area	26
Table 2.1-13	IUCN Listed Lemur Species Observed in the Mine Site Local Study Area	27
Table 2.1-14	Lemur Species Richness for Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy	29
Table 2.1-15	Lemur Species Richness by Habitat Type.....	30
Table 2.1-16	Small Mammal Species Observed in the Mine Site Local Study Area	32
Table 2.1-17	Small Mammal Species Richness for Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy	34
Table 2.1-18	Small Mammal Species Richness by Habitat Type	34
Table 2.1-19	Bat Species Recorded in the Mine Site Local Study Area	36
Table 2.1-20	Bat Species Richness by Habitat Type, (% frequency of occurrence)	37
Table 2.1-21	Ant Species Richness in the Mine Site Local Study Area	38
Table 2.1-22	Ant Species Richness for Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy	38
Table 2.1-23	Jaccard Similarity Coefficient for Ant Species in Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy	39
Table 2.1-24	Jaccard Similarity Coefficient for Ant Species in Andasibe-Mantadia National Park and Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy Areas	39
Table 2.1-25	Ant Species Richness by Habitat Type	40
Table 2.1-26	Jaccard Similarity Coefficient for Ant Species in Azonal, Transitional and Zonal Habitats	40
Table 2.1-27	Lepidopteran Taxon Richness in the Mine Site Local Study Area Based on Confirmed Species Only	41
Table 2.1-28	Lepidopteran Taxon Richness in the Mine Site Local Study Area Including Unconfirmed Species.....	42
Table 2.1-29	Lepidopteran Species Richness by Area.....	43
Table 2.1-30	Lepidopteran Species Richness by Habitat.....	44
Table 2.1-31	Amphibian and Reptile Species Richness in the Slurry Pipeline Local Study Area	46
Table 2.1-32	IUCN-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Pipeline Local Study Area.....	47
Table 2.1-33	CITES-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area.....	48
Table 2.1-34	Amphibian and Reptile Species Recorded in the Corridor and Tavy Zones	48
Table 2.1-35	Herpetofauna Species Richness by Habitat Type	49

Table 2.1-36	Bird Species Richness in the Slurry Pipeline Local Study Area	50
Table 2.1-37	IUCN-Listed Bird Species Observed in the Pipeline Local Study Area	50
Table 2.1-38	CITES-Listed Bird Species Observed in the Pipeline Local Study Area	50
Table 2.1-39	Bird Species Recorded in the Corridor and Tavy Zones	51
Table 2.1-40	Habitat Associations for Bird Species Recorded in the Slurry Pipeline Local Study Area.....	52
Table 2.1-41	Amphibian and Reptile Species Richness in the Toamasina Local Study Area	54
Table 2.1-42	CITES-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Toamasina Local Study Area.....	55
Table 2.1-43	Amphibian and Reptile Species by Area and Habitat Type.....	55
Table 2.1-44	Bird Species Richness in the Toamasina Local Study Area	56
Table 2.1-45	CITES-Listed Bird Species Observed in the Toamasina Local Study Area	56
Table 2.1-46	Bird Species Richness by Area	56
Table 2.1-47	Bird Species Richness by Habitat Type in the Toamasina Local Study Area	57

LIST OF FIGURES

Figure 2.1-1	Habitat Types and Faunal Survey Locations in the Mine Site Local Study Area	5
Figure 2.1-2	Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in the Mine Site Local Study Area.....	16
Figure 2.1-3	Species Accumulation Curve for Small Mammals in the Mine Site Local Study Area	31
Figure 2.1-4	Species Accumulation Curve for Butterflies and Moths in the Mine Site Local Study Area.....	42
Figure 2.1-5	Habitat Types and Faunal Survey Locations in the Slurry Pipeline Local Study Area	45
Figure 2.1-6	Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in the Slurry Pipeline Local Study Area.....	47
Figure 2.1-7	Habitat Types and Faunal Survey Locations in the Toamasina Local Study Area	53
Figure 2.1-8	Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in the Toamasina Local Study Area.....	54

LIST OF PHOTOGRAPHS

Photograph 2.1-1	<i>Liophidium sp.</i> , a Rare Endemic Snake.....	16
Photograph 2.1-2	The Rare, Commercially Important, Red Mantella (<i>Mantella aurantiaca</i>)	17
Photograph 2.1-3	Comparison of Males for <i>Sarothrura watersi</i> and <i>Sarothrura insularis</i>	23
Photograph 2.1-4	Indri (<i>Indri indri</i>).....	27
Photograph 2.1-5	Adult Tenrec (<i>Hemicentetes semispinosus</i>)	33
Photograph 2.1-6	Butterflies Were Observed and Captured Through Direct Sampling.....	41

LIST OF ATTACHMENTS

- Attachment 1 Amphibians and Reptiles
- Attachment 2 Birds
- Attachment 3 Lemurs
- Attachment 4 Small Mammals
- Attachment 5 Bats
- Attachment 6 Ants
- Attachment 7 Butterflies and Moths

1 INTRODUCTION

Madagascar is considered one of the seven most important countries in the world for conservation due to a combination of high biological diversity and extremely high levels of endemism (Conservation International 2005a). Of the many plant and animal species that live in Madagascar, approximately 90% of these species are found nowhere else on earth. Table 2.1-1 summarizes the number of total terrestrial vertebrate species, the proportion of endemic vertebrate species in Madagascar and percent of all endemics in the world.

Table 2.1-1 Terrestrial Vertebrate Species in Madagascar

Taxonomic Group	Species	Endemic Species	Percent Endemism	Percent of World Endemics
mammals	155	144	92.9	3.0
birds	310	181	58.4	1.8
reptiles	384	367	95.6	4.5
amphibians	230	229	99.6	4.0

Source: Conservation International website (Conservation International 2005a).

Biodiversity conservation requires conservation of habitats and ecosystems not only for what species they may be known to contain, but also for their ecological functions and for the multitudes of species that they may contain including those less studied such as invertebrates.

The region of Moramanga is well known for its biological features because the Analamazotra Special Reserve is easily accessible at Andasibe (formerly Périnet, see Tattersall, 1982, Mittermeier et al. 1994, Raxworthy and Nussbaum 1996). Analamazotra Special Reserve is also an important tourist site where visitors can see the large black and white lemur called the Indri, or Babakoto (*Indri indri*). Mantadia National Park, recently created north of Andasibe, contains similar plants and animals as Analamazotra yet is much larger and is thus more important for conservation than Analamazotra (see Volume J, Appendix 6.1).

2 STUDY AREAS

2.1 SITE HISTORY

A detailed description and analysis of historic and current land use activities and original habitats for each study area is provided in Volume K (Appendix 3.1).

2.2 MINE SITE LOCAL STUDY AREA

The core area of the mine site Local Study Area (LSA) for terrestrial resources encompasses the ore body complex (Ambatovy and Analamay ore bodies), portions of the Torotorofotsy Wetlands that border the plateau and the associated watersheds (Volume A, Figure 7.2-1). The mine site LSA also includes the proposed water intake pipeline footprint, plus a 500 m buffer, extending 23 km west from the core area to the Mangoro River.

2.3 SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA

The slurry pipeline LSA includes the 195 km slurry pipeline footprint, plus a 1 km buffer to each side, from the ore body complex in the mine site LSA to the plant site in the Toamasina LSA (Volume A, Figure 7.2-2).

This LSA has been divided into three major land use sub-areas: the western section, which is within the forest corridor (corridor zone); the central section, which passes around primary forest fragments through an area defined primarily by a tavy matrix (tavy zone); and the eastern section, containing entirely secondary vegetation and has a higher density of agricultural use, called the agricultural zone. For a detailed description of land use within the pipeline LSA refer to Volume K, Appendix 3.1.

The pipeline initially crosses through the Torotorofotsy Ramsar site within the mine site LSA and further east, through the Mantadia-Zahamena Conservation Corridor. The proposed right-of-way is primarily located on existing disturbance, including through the Ramsar site and the regional primary forest corridor.

2.4 TOAMASINA LOCAL STUDY AREA

The Toamasina LSA is located immediately south of Toamasina. It encompasses the tailings facility and plant site property boundaries, the water supply pipeline, marine outfall pipeline and tailings pipeline and its 500 m buffer as well as areas that may potentially be affected by reduced flows in the downstream watershed from the tailings facility (Volume A, Figure 7.2-3).

3 APPROACH FOR SELECTION OF TAXA

The taxa selected for study in the mine area included:

- amphibians;
- reptiles;
- birds;
- primates;
- bats;
- small mammals;
- ants; and
- butterflies.

These species were chosen because they well represent the faunal biodiversity of Madagascar, have been well-studied within Madagascar and can be efficiently surveyed. For the pipeline, tailings and plant areas, birds, amphibians and reptiles were the key species surveyed as they, along with lemurs, are good indicators of quality for both wetlands and upland habitats. Baseline vegetation mapping was used as a conservative estimate to identify key lemur habitats in the slurry pipeline and Toamasina LSAs in place of field surveys.

Baseline faunal surveys were conducted to assess species richness and identify priority species for these taxa in each study area. Priority species included local and regional endemics, International Union for the Conservation of Nature (IUCN) and Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) listed species, and species with specific habitat associations. The International Finance Corporation (IFC) promotes conservation of endemic plant and animal species, critical habitats, and protected areas. The results of the surveys were used to meet IFC and World Bank guidelines for Impact Assessment (see Volume A, Section 5).

4 METHODS

Full details of field survey methods for each species group are provided in the technical reports in the attachments. A summary of the methods is provided below. The literature was reviewed for general ecology, conservation concerns, potential threats and utilization for each species group. One key reference was *The Natural History of Madagascar* (Goodman and Benstead 2003).

4.1 FIELD SURVEY METHODS

4.1.1 Mine Site Local Study Area

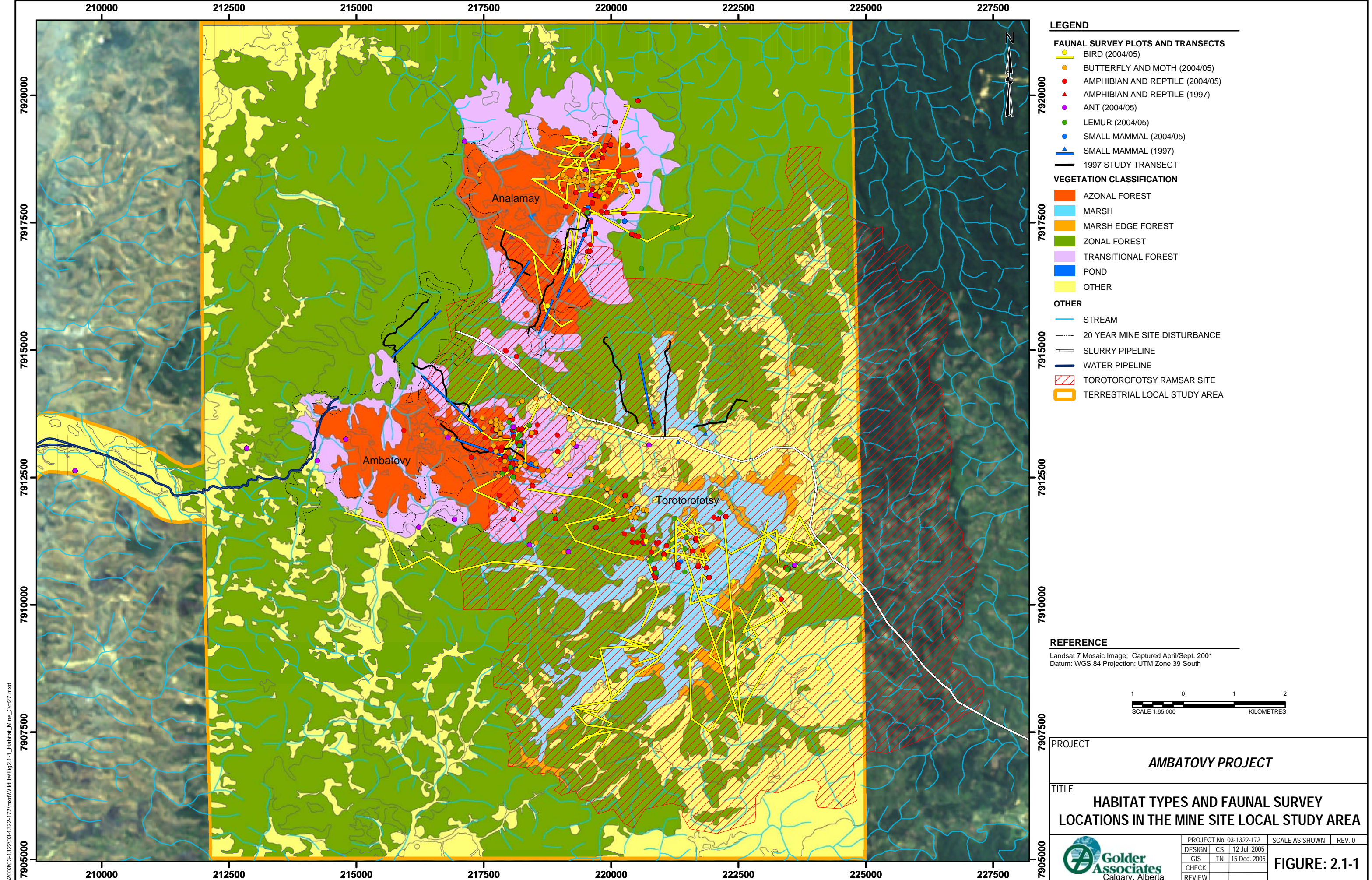
Baseline surveys for mammals, birds, reptiles, amphibians and insects were completed within the mine site LSA by teams of Malagasy and international scientists during the wet seasons in early 1997 and 2004. Additional surveys were conducted for birds in late 2004 and for reptiles and amphibians in late 2004 and early 2005. Emphasis was on conducting studies during seasons which are best suited to documenting species presence, which was mainly the wet season. In addition, bird studies continued in the Torotorofotsy Wetlands through the 2004 dry season, to fully document the seasonal importance of the wetlands.

Observations were recorded in three key areas of the mine site LSA: Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy. Survey locations in the Ambatovy and Analamay areas were focused in the azonal and transitional habitats, with a few locations in the nearby zonal forest. In the Torotorofotsy area, surveys focused on the marsh habitat, with some locations in the surrounding zonal forest.

The methods employed in each study are summarized below. The locations of study sites are shown in Figure 2.1-1. In general, 2004/2005 sites were chosen to complement locations studied in 1997.

4.1.1.1 Lemurs

Lemurs were studied primarily by the transect census method in January 1997 and March 2004. One or two observers walked along measured and marked trails of 1 to 2 km in length at a pace of about 0.8 to 1 km per hour. Transects were conducted throughout the daylight hours (except during midday) and during the first half of the night. Incidental observations off-transect were also used to determine the presence or absence of lemur species in the various areas. Other signs such as marks on trees, and predator faeces were also used for determining the presence of rare species. Discussions with villagers from Berano in 2004 were also used to gain additional information on lemurs in the area.



I:\2003003-1322\03-1322-172\mxd\Wildlife\Fig2.1-1_Habitat_Mine_Oct27.mxd

Densities were calculated by estimating the width of the transect or sighting corridor for each lemur species. The transect width is determined by the ease of sightings. The minimum distance from the transect line in which all individual lemurs would have been observed was calculated by analyzing the frequency distribution of observations in distance categories of 3 m. The calculated width is a function of this distance and the number of observations occurring outside of this distance (Janson and Terborgh 1986). Density estimates were only possible for species that were seen with a relatively high frequency.

4.1.1.2 Small Mammals

Small mammals were surveyed in January 1997 and March 2004 using pitfall traps, Sherman traps and National traps to target a variety of species. Specifically, two orders were targeted: Lipotyphla and Rodents. Traps were placed along transects in a variety of potential habitats, baited with a mixture of peanut butter and dried fish, and each transect was checked regularly over a period of seven days. Individuals captured were identified and released or, where necessary, retained as specimens. A maximum of five specimens of each morphospecies was collected and sent to appropriate institutions for final taxonomic determination.

4.1.1.3 Bats

A small number of mist nets were used during the 1997 small mammal survey but bat detectors were not used. A more detailed survey of bat habitat use was done in March 2004 using echolocation call detection methods. Observers used Peterson D240x and Peterson D980 time-expansion bat detectors and listened for foraging bats from a series of listening stations (referred to as point counts). When a bat was heard, the echolocation call was recorded using time-expansion (x10) and the recording was immediately transferred to a Sony Professional mini-disk. All recordings were later analyzed to genus or species using BatSoundProfessional computer software. Percentage frequency of occurrence of each taxon ($n \text{ point counts with species} / \text{total point counts} \times 100$) was calculated for each of the major habitats. Mist nets and a harp trap were used at a small number of sites in 1997 where the terrain and forest structure suggested a viable trap site. Nets were open from 18:00 until 22:00.

4.1.1.4 Birds

In 1997, birds were studied using three methods:

- Active searching: The number and species of all birds heard or seen were recorded during a slow walk along a transect. All unfamiliar calls were investigated to identify the bird.
- Point counts: All birds heard or seen were recorded during a 10 minute period at fixed points 200 m apart. Along a 2 km transect, 11 points were established. Each point was revisited several times during the study period. Point counts were conducted in the morning hours only.
- Play back: Pre-recorded bird vocalizations played on a cassette recorder can sometimes elicit a responding call from birds of the same species in the wild. Past studies have shown this to be an effective method for documenting the presence of rare birds.

In March, 2004, researchers surveyed the Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy areas to evaluate the composition and relative abundance of bird species in each area. The Mackinnon species list was used as the basis of the study. The first 10 species seen or heard while walking along trail transects were recorded, and this procedure was then repeated. Because this method underestimates the abundance of quiet and reclusive species, call-playback methods and night-listening studies were also done.

Locations of transects were recorded, but not for individual birds. Therefore, species richness was only available by area but not by habitat. Habitat associations were summarized from the literature.

During the bird study, a special investigation was done to gather additional information on the slender-billed flufftail (*Sarothrura watersi*), a very restricted endemic species of considerable conservation importance. The research was carried out in both the wet and dry seasons in 2004 in the Torotorofotsy Wetlands, in the regions of Torotorofotsy, Ankahelava, Andasimbavy, and Behontsa. The presence of individuals was initially detected using playback methods. When an individual was seen or heard, habitat information was taken and local assistants would carefully encircle it with a net. If the capture was successful, the individual was brought back to the research camp in a cotton bag for biometric measurements and then later released at the capture location.

Seven individual slender-billed flufftails were captured and measured. These were compared with eight *S. insularis*; the more common Madagascar flufftail.

Thirteen biometric parameters were measured, including weight, length of tail, length of wing, length of beak and diameter of the beak.

4.1.1.5 Reptiles and Amphibians

Reptiles and amphibians were surveyed in January 1997, March 2004 and November 2004 to January 2005. The continuation of surveys in the 2004-2005 wet seasons occurred after review of the species accumulation curves suggested a fair proportion of additional species were expected to occur in the mine site LSA. The following methods were used:

- direct observation along transects in various habitat types during the night and day;
- species-targeted studies of high quality habitats for different types of reptiles and amphibians such as tree trunks, on Pandanus leaves, and under rocks; and
- the use of pitfall traps to capture species that are otherwise difficult to observe.

During these investigations, supplemental information collected for each individual found included: date, time, altitude and microhabitat. As with mammals, a maximum of five specimens of each morphospecies of reptiles and amphibians were collected for final taxonomic determination. Specimens were fixed in a 10% formalin solution and preserved in an ethanol solution. All specimens were preliminarily identified in the field by local experts and later checked against specimens kept at the University of Antananarivo and Park Tsimbazaza. Specimens with uncertain identification were exported for verification against voucher collections in the United States and Europe.

4.1.1.6 Butterflies, Ants and Other Insects

To assess the presence of butterflies and other flying insects, traps including malaise traps, traps with fruit and black light traps were set up in January 1997 and March 2004. The malaise trap, consisting of a large section of mosquito netting installed perpendicular to prevailing winds, is designed to intercept flying insects and channel them into collection containers. Malaise traps were located in a variety of vegetation communities and at a variety of altitudes. Fruit traps use the scent of banana and potato to attract Lepidoptera, and other orders such as Diptera. Generally, these traps were located in the same areas as malaise traps. Black light traps, consisting of a white 4 x 4 m cloth illuminated with an ultraviolet light, allowed for the capture of moths. Specimens collected by all of

these methods were preserved and sent to appropriate institutions for identification.

To assess the presence of ants (Formicidae), the methods employed included the Mini-Winkler method, the beating method and general random collection. These surveys were conducted in March 2004. The Mini-Winkler method involved sampling litter at intervals of 5 m along a transect of 125 m. Two transects were used per site. Litter collected in a square metre at each stop along the transect was sieved and samples taken for analysis. For the beating method, trees or shrubs were chosen at random and shaken such that arboreal arthropods and ants fell into a modified umbrella for collection. General collection of species took place at high-probability habitats such as rotten wood and under low vegetation and rocks.

4.1.2 Slurry Pipeline Local Study Area

4.1.2.1 Amphibians and Reptiles

A reconnaissance survey along sections of the proposed pipeline right-of-way was done near the Mantadia-Zahamena forest corridor in the late dry season in October 2004. Formal surveys were conducted in the same area during the wet season from January to February 2005. The objectives for the reconnaissance survey were to investigate different vegetation types along the proposed pipeline right-of-way and determine sensitive zones for fauna and flora. The methods for the herpetofauna survey in early 2005 followed those described for the mine site LSA.

4.1.2.2 Birds

Baseline surveys along the proposed pipeline right-of-way were conducted for birds near the Mantadia-Zahamena forest corridor from September to October 2004 and from January to February 2005. The methods followed those described for the mine site LSA.

4.1.3 Toamasina Local Study Area

4.1.3.1 Amphibians, Reptiles and Birds

Baseline herpetofauna and bird surveys were conducted in the Toamasina LSA, including the tailings facility site and plant site in April 2004 and again at the plant site in April 2005. The methods followed those described for the mine site LSA.

4.2 VEGETATION CLASSIFICATION AND MAPPING

Vegetation classification was mapped for each of the LSAs and used as the basis for quantifying fauna-habitat associations. Distinct vegetation polygons were first delineated on base maps and then classified by type by an ecologist familiar with the area. Initial classification was based on IKONOS satellite imagery, orthophotos created from aerial photography and/or topographic maps depending on the study area. Field survey data was used to ground-truth this classification, particularly in the mine site LSA where the classification was more detailed. Existing land uses and disturbances were also delineated or superimposed on the landscape. The vegetation classification and mapping methods for each LSA are described in more detail in Volume J, Appendix 1.1.

4.3 QUALITY CONTROL AND DATA ANALYSIS

4.3.1 Quality Control

Data sets were checked for inconsistencies and errors before being analysed and results reviewed by an independent reviewer. Endemism was checked against lists provided in Goodman and Benstead (2003) and reliable internet sites (Conservation International 2005b). IUCN status was confirmed from the 2004 IUCN Red List (IUCN 2004) and CITES listing was confirmed from the CITES online database (UNEP-WCMC 2005). The spelling and synonyms for species names were standardized using the following sources:

- Birds: *The Natural History of Madagascar* (Goodman and Benstead 2003); BirdLife (BirdLife International 2004) and Conservation International (Conservation International 2005b) websites.
- Amphibians: Global Amphibian Assessment website (IUCN, Conservation International and NatureServe 2004), *The Natural History of Madagascar* (Goodman and Benstead 2003), Conservation International (Conservation International 2005b) website.
- Reptiles: The European Molecular Biology Laboratory (EMBL) Reptile Database (Uetz, P. 2005), *The Natural History of Madagascar* (Goodman and Benstead 2003).
- Small mammals: Conservation International (Conservation International 2005b) website and Tenrec Resources and Information website (synonyms) (Kupitz 2005).

4.3.2 Data Analysis

Species richness, endemism and IUCN and CITES-listed species were summarized for each species group for the following categories:

- By Local Study Area
 - mine site
 - pipeline
 - Toamasina
- By Area
 - Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy in the mine site LSA
 - land use zone in the pipeline LSA
 - tailings and plant sites in the Toamasina LSA
- By Habitat
 - Vegetation type from classified IKONOS imagery in the mine site LSA
 - Vegetation type as recorded in the field for the pipeline and Toamasina LSAs

Endemism was determined for all known species or genera categorized into local, regional and national where sufficient distribution information was available. Where comprehensive distribution data was not available for all species in a species group, only national endemic status could be reported. For species groups where sufficient distribution data was available (e.g., herpetofauna, lemurs), species could be assigned regional endemic status. The region was defined as the area bounded by the Mangoro River to the west and south and the Antainambalana River to the north. Local endemism, defined as endemic to the LSA, was determined by comparing baseline data to historical records.

Species accumulation curves provide an estimate of potential species richness based on sampling effort and were calculated using EstimateS, a species richness estimation program (Colwell 2005). Estimates were made for each species group by habitat or study area, where the data were sufficient. The curves were used to estimate species richness as well as assess adequacy of sampling (i.e., how many potential species were undetected). In addition, the estimates and raw species richness numbers were compared to species richness values reported by Association Nationale pour la Gestion des Aires Protégées (ANGAP) for Andasibe-Mantadia National Park for species groups where information was available.

5 RESULTS

5.1 MINE SITE LOCAL STUDY AREA

5.1.1 Habitat Types

The mine site LSA included the ore body complex (Ambatovy and Analamay ore bodies), with its characteristic azonal sclerophyl forest, surrounding forested areas and portions of the Torotorofotsy Wetlands that border the plateau.

Detailed vegetation types were identified for the mine site LSA (see Volume J, Appendix 1.1). These vegetation types were pooled into seven main vegetation classes (habitats) for the faunal analysis as these categories describe the broad vegetation classes in the mine site LSA (Figure 2.1-1). The habitats are as follows:

- azonal sclerophyl tree forest and tree thickets;
- transitional forest;
- zonal forest;
- marsh-edge forest;
- marsh;
- ephemeral pools; and
- other (exotic vegetation or highly disturbed habitats).

The above vegetation types were classified based on physical structure and physiognomy (appearance) of the vegetation as well as on species composition. By comparison of the general patterns of vegetation cover with the geological makeup of the mine site LSA it was clear that certain vegetative elements corresponded closely with the nature of the substrate and topography on which the vegetation developed. Descriptions for these main vegetation types (habitats) are provided below. Additional detail is provided in the Flora Baseline Report (see Volume J, Appendix 1.1). A streams and rivers habitat type was also defined for the mine site study area to assess wildlife resources. However, since it is an aquatic habitat, it was not included as part of the vegetation type classification.

5.1.1.1 Vegetation Types

Azonal Habitat

Azonal Sclerophyl Tree Thicket

This habitat consists of mid-altitude azonal sclerophyl thickets on consolidated ferricrete crust. This habitat is characterized by dense, short-tree thicket vegetation on shallow substrate and is susceptible to fire. This is a poorly represented or unique habitat type in Madagascar because of its spatially confined substrate.

Azonal Sclerophyl Tree Forest

This habitat consists of mid-altitude azonal sclerophyl forest on broken ferricrete crust and pisolitic concretions. This habitat is characterized by dense tree vegetation with a short canopy height (about 12 m) on an uneven depth of substrate and forms a continuum with both azonal thicket and transitional forest. The azonal forest is rich in epiphytic orchids and contains floral elements aligned with Madagascar's central domain, suggesting relic status of past montane habitats. Like the azonal sclerophyl thicket, the azonal sclerophyl forest is poorly represented elsewhere in Madagascar.

Transitional Forest

This habitat consists of mid-altitude azonal/zonal transitional forests on ferralite outcrops. This habitat is characterized by tree vegetation with variable canopy height (about 16 m) occurring on the slopes of the ferricrete plateaus. Transitional forest, by its nature, grades into both azonal forest and zonal forest. This habitat is poorly represented elsewhere in Madagascar because of its confinement to the substrate resulting from the ultramafic bedrock.

Zonal Forest

This habitat consists of mid-altitude dense humid forest on red and yellow clay. This habitat is a typical mid-altitude forest formation with high canopy (at least 20 m unless logged). The forest habitat belongs to the eastern domain, but has some biogeographical traits of the central domain. As elsewhere in eastern Madagascar, this habitat type is under considerable human-induced pressure for conversion to secondary forest and grassland through slash and burn agriculture.

Marsh-Edge Forest

This habitat consists of mid-altitude marsh-edge forests that extend along the different branches of the Torotorofotsy Wetlands. It is a hydromorphic habitat

with large extensions of *Pandanus* forest forming marsh-forest ecotones into the surrounding zonal forests.

Herbaceous Marsh

This habitat consists of nutrient-rich, shallow marsh with a deep peat layer. This habitat is characterized by typical hydromorphic herbaceous marsh vegetation of the regional wetlands systems, which is dominated by the Torotorofotsy Wetlands. Due to human-induced factors (principally pressure to convert to rice paddy and wildfires), this habitat type is one of the most threatened in Madagascar.

Ephemeral Pools

This habitat consists of a complex of about 45 small, shallow ephemeral pools in sunken bowls in the ferricrete crust, surrounded by sclerophyl thickets and forests. Vegetation has been surveyed and found to contain habitat-specific herbs. These pools are specifically confined to the plateaus, and like azonal vegetation are rare in Madagascar because of their unique settings on the azonal ferricrete. Their location on the ferricrete crust makes them very susceptible to damage from fire.

Other

Exotic Vegetation

This habitat consists primarily of non-native eucalyptus plantations.

Highly disturbed habitat

This habitat includes slash and burn areas that are highly disturbed with little to no forest cover.

5.1.1.2 Vegetation Structure

The most obvious differences among the forest vegetation types in the mine site study area are structural. As a result of water stress caused by the ferricrete and ferrallite substrate, trees on this substrate are short, tend to be mostly sclerophyl, and are highly susceptible to fire in the dry season. The structural analysis of the vegetation types focused on analysis of the structure of the woody component of the forest vegetation types.

These observations have relevant ecological implications, since structure influences many ecological processes, (e.g., hydrology, light capture,

decomposition, pollination and dispersal), and determines niche availability for faunal and floral species.

5.1.2 Amphibians and Reptiles

Sixty-seven amphibian species and 60 reptile species were recorded during the herpetological surveys in the Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy areas of the mine site LSA (Table 2.1-2). Of these, only two species are not endemic (*Ptychadena mascareniensis* and *Pelusios subniger*). The species accumulation curves for the mine site LSA suggests that perhaps only a few more than the recorded 127 species remain undetected (Figure 2.1-2). This is a very high diversity for these taxa, exceeding species richness values reported for Anadsibe-Mantadia National Park (Amphibians: 36, Reptiles: 39; Parcs Nationaux Madagascar 2000).

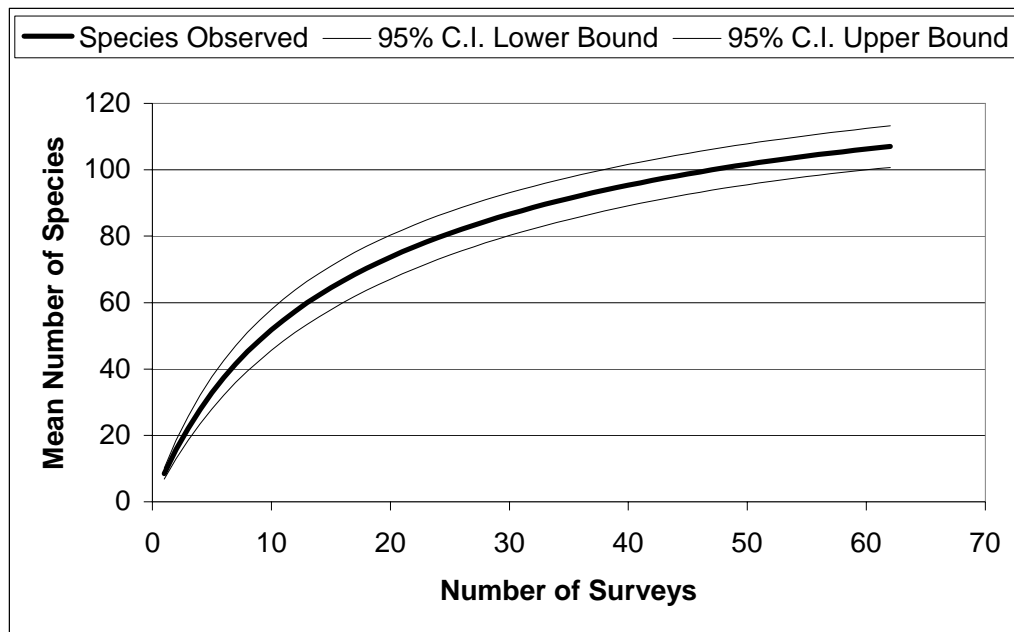
During all surveys for this project four new species were identified in the mine site LSA: *Plethodontohyla* sp. nov., *Boophis* sp. nov., and *Liophidium* sp. nov. 1 and 2 (Photograph 2.1-1). Formal taxonomic descriptions and clarifications are underway. Two of these species are thought to be endemic to the mine site LSA: *Liophidium* sp. nov. 1 and *Boophis* sp. nov. Technical reports from the baseline surveys, species lists and capture success by species for all surveys combined are provided in Attachment 1.

Table 2.1-2 Amphibian and Reptile Species Richness in the Mine Site Local Study Area

Order	Species Richness	Number of Endemics	IUCN Status	CITES Category
amphibians	67	66	5	3
reptiles	60	59	1	18

Six of the species observed in the mine site LSA are listed on the IUCN Red List (Table 2.1-3). The two *Mantella* species are of particular concern. *M. aurantiaca* (Photograph 2.1-2) is listed as critically endangered and *M. crocea* as endangered. In addition, one gecko species, *Phelsuma pronki*, not currently listed as an IUCN species is considered at a high risk for extinction (Raxworthy 2003).

Figure 2.1-2 Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in the Mine Site Local Study Area



Photograph 2.1-1 *Liophidium* sp., a Rare Endemic Snake

Table 2.1-3 IUCN-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Mine Site Local Study Area

Order	IUCN Status	Species
amphibians	critically endangered	<i>Mantella aurantiaca</i>
	endangered	<i>Mantella crocea</i>
	vulnerable	<i>Plethodontohyla cf coronata</i>
	vulnerable	<i>Scaphiophryne marmorata</i>
	near threatened	<i>Mantidactylus plicifer</i>
reptiles	vulnerable	<i>Sanzinia madagascariensis</i>



Photograph 2.1-2 The Rare, Commercially Important, Red Mantella (*Mantella aurantiaca*)

Twenty-one species observed during the surveys are listed by CITES as restricted for international trade. One species is in Appendix I (*Sanzinia madagascariensis*) and 20 species are in Appendix II (Table 2.1-4).

Socioeconomic Value

Many amphibian and reptile species of Madagascar are valued for commercial trade as a natural export product, with most species regulated under CITES.

The Malagasy poison frogs (*Mantella* Boulenger, 1882) are the most prominent amphibians in Madagascar, and contain skin toxins that qualify them for further pharmacological and evolutionary biological studies.

Table 2.1-4 CITES-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Mine Site Local Study Area

Order	CITES Category	Species
amphibians	Appendix II	<i>Mantella aurantiaca</i>
		<i>Mantella baroni</i>
		<i>Mantella crocea</i>
reptiles	Appendix I	<i>Sanzinia madagascariensis</i>
	Appendix II	<i>Brookesia superciliaris</i>
		<i>Brookesia therezieni</i>
		<i>Brookesia thieli</i>
		<i>Calumma brevicornis</i>
		<i>Calumma cf nasuta</i>
		<i>Calumma gastrotaenia</i>
		<i>Calumma malthe</i>
		<i>Calumma nasuta</i>
		<i>Furcifer lateralis</i>
		<i>Furcifer willsii</i>
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>
		<i>Phelsuma lineata lineate</i> ^(a)
		<i>Phelsuma pronki</i>
		<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>
		<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>
		<i>Uroplatus phantasticus</i>
		<i>Uroplatus sikorae</i>

^(a) Species has not yet been confirmed.

Ecological Value

Amphibians worldwide are observed as indicators of climatic changes. Unlike many species in decline for unknown reasons, amphibians of Madagascar have shown no evident signs of decline in populations due to climate change.

Potential Threats and Conservation Concerns

The biggest threat to most herpetofauna is primary habitat destruction, especially those of eastern rain forests, where most amphibian species occur. Most herpetofauna species that occur in the mine site LSA are dependent either on primary rainforest or marsh habitat. Both habitats are in severe decline in

Madagascar, with only 20% of eastern rain forests remaining (Schmid 2000). The values for the mine site LSA are greater than the national average; approximately 34% of primary forests still remain (Volume K, Appendix 3.1). Marsh habitats are also highly threatened as many have been converted for rice production. Large-scale changes in agricultural practices from one crop form (e.g., cacao, coffee) to another (e.g., rice fields, savannah) may also affect secondary habitat that may be at least partially preferred by herpetofauna species where natural forested areas are not available.

The majority of reptiles are restricted to a small portion of the island. Thus, habitat destruction in a geographically localized region could severely impact the population of a species that does not exist in other regions of the island. Although some reptilian species are adaptable to natural habitat loss to some degree, no species of *Brookesia* is known to survive in secondary forests.

Habitat fragmentation does not pose immediate threats to most amphibian populations, as they are able to survive (at least for the short term) in comparatively small populations (Vallan 2000). However, the further apart that the natural forested areas become fragmented, the more isolated a population will become, and the likelihood of sustained successful reproduction and genetic dispersion decreases.

Over-exploitation of amphibian species for the trade market (*Mantella* and perhaps *Dyscophus antongili*) also impacts populations because the quantity and rate at which these species are collected is greater than population densities and natural reproduction rates. Some chameleons with very restricted ranges (*Brookesia*) are exported in great quantity for the pet trade, which may lead to population threats.

Changes in water quality are also a concern for species that require clear running water for reproduction (e.g., *Boophis*).

Species by Area

Species richness varied among areas with the highest number of amphibian species occurring in Analamay (48) and highest number of reptile species in Ambatovy (35) (Table 2.1-5). Total numbers of amphibian and reptile species at the three sites were 75, 80, and 53 respectively (Attachment 1). Locations for some observations were not available so these values are conservative.

Twenty-one species were recorded only in the azonal-transitional forest at Ambatovy and Analamay, 13 only at Ambatovy and 22 only at Analamay.

Although this result may be an artefact of small sample sizes, it may indicate habitat or area preferences for some species.

Table 2.1-5 Amphibian and Reptile Species Recorded in Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy

Order	Area	Species Richness	IUCN Species	CITES Species	Endemics		
					Local	Regional	National
amphibians	Ambatovy	40	4	2	0	2	37
	Analamay	48	2	3	1	3	43
	Torotorofotsy	22	3	1	0	1	20
reptiles	Ambatovy	35	1	13	1	3	31
	Analamay	32	1	11	1	2	29
	Torotorofotsy	31	1	12	0	2	29

Note: One amphibian species observed in the mine LSA is not endemic to Madagascar so the total number of endemics does not equal species richness values. The location of the non-endemic reptile species was not available so could not be assigned to particular areas.

Table 2.1-6 lists the species of particular concern recorded in each of the areas. The critically endangered *Mantella aurantiaca* was observed in all three areas. In addition, three species that may be locally endemic or at high risk of extinction were recorded in Analamay, *Boophis* nov. sp., *Liophidium* nov. sp. 1 and *Phelsuma pronki*, with the latter two species also recorded at Ambatovy.

Table 2.1-6 IUCN-Listed Amphibian and Reptile Species Recorded in the Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy Areas

Order	IUCN Status	Species	Ambatovy	Analamay	Torotorofotsy
amphibians	critically endangered	<i>Mantella aurantiaca</i>	+	+	+
	endangered	<i>Mantella crocea</i>	+	+	
	vulnerable	<i>Plethodontohyla cf coronata</i>	+		
	vulnerable	<i>Scaphiophryne marmorata</i>	+		+
	near threatened	<i>Mantidactylus plicifer</i>			+
reptiles	vulnerable	<i>Sanzinia madagascariensis</i>	+	+	+

5.1.2.1 Species by Habitat

Species richness was highest in the azonal forest habitat type (82) followed by the transitional forest habitat type (71) (Table 2.1-7). Species lists by habitat type are provided in Attachment 1. As fewer sample points were located in the

zonal forest, the difference in species richness could be due in part to an artefact of sampling effort.

The number of species only recorded in a single habitat was also determined (Table 2.1-7). The highest number of unique species (16) occurred in the azonal forest. Precise location information was not available for 40 records, so habitat associations could not be determined for these records, including 17 species for which no locations were recorded.

Table 2.1-7 Herpetofauna Species Richness by Habitat Type

Habitat Type	Species Richness	IUCN Status	CITES Category	# of Unique Species
azonal	82	10	15	16
transitional	71	11	14	9
zonal	54	8	14	4
marsh	36	4	8	6
habitat unknown	40	2	10	17

Species Accumulation Curves

Species accumulation curves calculated for each habitat suggest that additional species are likely to occur in the different habitats (Attachment 1). However, the total number of observed species (124) in the LSA is much higher than that reported for Andasibe-Mantadia National Park (75) (Parcs Nationaux Madagascar 2000) and the species accumulation curve for the LSA indicate few more species should be expected to occur in the study area overall (Figure 2.1-2).

5.1.3 Birds

During the bird surveys in the Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy areas of the mine site LSA, 113 species were recorded (Attachment 2). Of these, there are 63 endemic species and 27 endemic subspecies. This is a very high diversity for these taxa, comparing well with numbers known from Andasibe-Mantadia National Park (112, Parcs Nationaux Madagascar 2000). Forty-seven species were only recorded in one of the two survey years, which is cause for concern with respect to judging adequacy of sampling. Species lists and technical reports from the 2004 baseline surveys are provided in Attachment 2.

Fifteen of the species observed in the mine site LSA are listed on the IUCN Red List (Table 2.1-8). Four species (*Sarothrura watersi*, *Tyto soumagnei*, *Anas melleri*, *Ardea humbloti*) are listed as endangered.

Table 2.1-8 IUCN-Listed Bird Species Observed in the Mine Site Local Study Area

IUCN Status	Species
endangered	<i>Sarothrura watersi</i>
	<i>Tyto soumagnei</i>
	<i>Anas melleri</i>
	<i>Ardea humbloti</i>
vulnerable	<i>Brachypteracias squamigera</i>
	<i>Circus m. macroscelus</i>
	<i>Rallus madagascariensis</i>
near threatened	<i>Accipiter henstii</i>
	<i>Accipiter madagascariensis</i>
	<i>Bernieria cinereiceps</i>
	<i>Crossleyia xanthophrys</i>
	<i>Gallinago macrodactyla</i>
	<i>Lophotibis cristata</i>
	<i>Neomixis flavoviridis</i>
	<i>Xenopirostris polleni</i>

The 2004 investigation of the slender-billed flufftail (*Sarothrura watersi*) (Photograph 2.1-3) was very successful compared to all other attempts to study this species. Two types of habitat were used by this species: habitat beside the rice plantations where near-ripe rice had not yet been harvested, which includes vegetation such as harefo (*Heleocharis baroni*), bozadrano (*Aristida rufescens*) and vilonavavy (*Leersia hexandra*); and habitat typical for the Torotorofotsy Wetlands, with aquatic vegetation largely made up of harefo and vondrona (*Typha angustifolia*). The birds were usually very wary and quick to fly away when startled. Seven slender-billed flufftails were captured and released during the course of the study, and it was determined that some morphometric parameters vary according to age (e.g., beak and body lengths and feather lengths for wings and tails) and other characteristics are acquired at an early age (e.g., diameter and length of the central toe with claw). These adaptations are related to this species' water-based habitat.



Photograph 2.1-3 Comparison of Males for *Sarothrura watersi* and *Sarothrura insularis*

Sixteen species observed during the surveys are listed by CITES. One species is in Appendix I (*Tyto soumangei*) and 15 species are in Appendix II (Table 2.1-9).

Socioeconomic Values

Many bird species of Madagascar are valued for commercial trade. Most species are regulated under CITES however, so trade is restricted.

Table 2.1-9 CITES-Listed Bird Species Recorded in the Mine Site Local Study Area

CITES Category	Species
Appendix I	<i>Tyto soumagnei</i>
Appendix II	<i>Accipiter francesii francesii</i>
	<i>Accipiter henstii</i>
	<i>Accipiter madagascariensis</i>
	<i>Agapornis cana cana</i>
	<i>Asio madagascariensis</i>
	<i>Aviceda madagascariensis</i>
	<i>Coracopsis nigra nigra</i>
	<i>Coracopsis vasa vasa</i>
	<i>Falco eleonora</i>
	<i>Falco newtoni newtoni</i>
	<i>Milvus migrans</i>
	<i>Ninox supercilialis</i>
	<i>Otus rutilus rutilus</i>
	<i>Polyboroides radiatus</i>
	<i>Tyto alba</i>

Potential Threats and Conservation Concerns

The primary threat to birds in Madagascar is habitat destruction. The loss or alteration of primary rain forests and wetlands in particular is a major concern as most Malagasy birds are dependent on these habitats (see Attachment 2 for habitat associations for birds reported in the LSA). Forests are exploited for timber harvesting and clearing for agriculture and wetlands are converted for rice and agriculture. The historical and ongoing alteration of wetlands is pushing marsh-dwelling birds toward extinction (Young et al. 2003). In addition to habitat loss, many bird species are hunted for food, including eggs and chicks from nests.

5.1.3.1 Species by Area

Species richness was similar between Ambatovy (83) and Analamay (80), with the highest species richness occurring in the Torotorofotsy area (104) (Table 2.1-10). Species lists for each area are provided in Attachment 2.

Table 2.1-10 Bird Species Recorded in Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy

Area	Species Richness	IUCN Species	CITES Species
Ambatovy	83	6	12
Analamay	80	7	11
Torotorofotsy	104	11	16

Table 2.1-11 lists the species of particular concern recorded in each of the areas. The four endangered species were only recorded in the Torotorofotsy area.

Table 2.1-11 IUCN-Listed Bird Species Recorded in Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy

IUCN Status	Species	Ambatovy	Analamay	Torotorofotsy
endangered	<i>Anas melleri</i>			+
	<i>Ardea humbloti</i>			+
	<i>Sarothrura watersi</i>			+
	<i>Tyto soumagnei</i>			+
vulnerable	<i>Brachypteracias squamigera</i>	+		
	<i>Circus m. macroscelus</i>			+
	<i>Rallus madagascariensis</i>			+
near threatened	<i>Accipiter madagascariensis</i>	+	+	+
	<i>Bernieria cinereiceps</i>	+	+	
	<i>Crossleyia xanthophrys</i>	+	+	+
	<i>Lophotibis cristata</i>	+	+	
	<i>Neomixis flavoviridis</i>	+	+	
	<i>Accipiter henstii</i>		+	+
	<i>Xenopirostris polleni</i>		+	
	<i>Gallinago macrodactyla</i>			+

5.1.3.2 Species by Habitat

Precise locations of individual birds were not recorded so habitat information is not available, including species accumulation curves by habitat. However, habitat associations were obtained from the literature and are summarized in Table 2.1-12 (Wilmé and Goodman 2003, Young 2003). The full species list with habitat associations is provided in Attachment 2. Most of the species recorded in the mine site LSA are primarily forest dwelling species.

Table 2.1-12 Habitat Associations for Bird Species Recorded in the Mine Site Local Study Area

Habitat	Species
forest	71
wetlands	19
open	13
forest/wetlands	1
forest/open	6
open/wetlands	3
Total	113

5.1.4 Lemurs

Nine lemur species were recorded during the lemur survey, including three diurnal species (*Indri indri*, *Propithecus diadema diadema* and *Eulemur rubriventer*), two crepuscular species (*Eulemur fulvus fulvus* and *Hapalemur griseus griseus*) and four nocturnal species (*Avahi langier*, *Lepilemur sp.*, *Cheirogaleus major* and *Microcebus cf. rufus*). At least two species of *Lepilemur* occur in the eastern rainforests. The taxonomy of this genus is currently under revision and this species is listed as *Lepilemur sp.* with the understanding that it is likely either *Lepilemur mustelinus* or *Lepilemur microdon*. One species, *Daubentonia madagascariensis*, expected to occur in the area was not observed, but this is a difficult animal to observe and is found in almost all Malagasy forests. Conspicuous signs of another very rare species, the greater bamboo lemur (*Prolemur simus*), have been observed in the zonal forests surrounding Torotorofotsy but the presence of this species has not yet been verified.

The study sites had lower observed, but similar estimated, species richness in comparison with other sites in the Mantadia-Zahamena corridor (11 species in Andasibe-Mantadia National Park, 13 species in the Natural Reserve Intégrale of Zahamena, 12 species in the Ranomafana National Park [WildMadagascar 2005]) but some species were observed at higher densities in the LSA (Attachment 3) than the surrounding forest. The technical report from the baseline surveys is provided in Attachment 3. This report includes density estimates for species encountered in 2004 and the occurrence of each recorded species in regional National Parks and Reserves.

All lemur species are endemic to Madagascar and seven of the nine lemur species observed in the Mine Site LSA are listed on the IUCN Red List (Table 2.1-13). The diademed sifaka (*Propithecus diadema diadema*) is critically endangered

and the indri (*Indri indri*, Photograph 2.1-4) and aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*) are endangered. All lemur species are listed in Appendix I of CITES.

Table 2.1-13 IUCN Listed Lemur Species Observed in the Mine Site Local Study Area

IUCN Status	Species
critically endangered	<i>Propithecus diadema diadema</i>
endangered	<i>Indri indri</i>
vulnerable	<i>Eulemur rubriventer</i>
near threatened	<i>Lepilemur sp.</i>
	<i>Hapalemur griseus griseus</i>
	<i>Eulemur fulvus fulvus</i>
	<i>Avahi laniger</i>



Photograph 2.1-4 Indri (*Indri indri*)

Socio-Economic Values

Lemurs are highly valued for ecotourism. By contrast, another economic benefit occurs for hunters who receive 8000FMG to 15000 FMG for lemurs depending on size (Goodman et al. 2003).

Ecological Value

Lemurs play a valuable role in flower pollination and seed dispersal (Sussman and Raven 1979).

Potential Threats and Conservation Concerns

Habitat loss through primarily deforestation and forest fragmentation are the largest threat to lemur populations. All lemurs are forest dwelling species and primary forest is one of the most threatened habitats in Madagascar.

Some species are also widely hunted by local people for food (*Propithecus diadema diadema*, *Eulemur fulvus fulvus*, *Eulemur rubriventer*, *Cheirogaleus major*). For some tribes though, the consumption of lemur flesh is forbidden according to local customs, so they are not hunted. However, with the influx of other cultural groups and modernization, these customs are becoming relaxed and hunting is increasing in some areas. Among certain groups of Sakalava, the aye-aye (*Daubentonia madagascariensis*) is killed whenever they are encountered because it is believed this species kills chickens, and people in their sleep (Goodman et al. 2003). For some tribes though, the consumption of lemur flesh is forbidden according to local customs, so they are not hunted (Harpet 2000). However, with the influx of other cultural groups, changes to local traditional customs and ecological pressures on communities (e.g., famines associated with droughts), human predation upon lemurs species has increased.

Species by Area

Observed species richness for lemurs was highest in Ambatovy and Analamay (9) (Table 2.1-14). *Lepilemur sp.* and *Indri indri* were not observed in Torotorofotsy. However, villagers of Berano and local guides indicate that both species do occur in this area. In addition, one other species, *Daubentonia madagascariensis*, is expected to occur in the LSA, however information of its distribution in particular areas is not available.

Table 2.1-14 Lemur Species Richness for Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy

Family	Species	IUCN Status	Ambatovy	Analamay	Torotorofotsy
Cheirogaleidae	<i>Microcebus rufus</i>	n/a	+	+	+
	<i>Cheirogaleus major</i>	n/a	+	+	+
Lepilemuridae	<i>Lepilemur sp.</i>	near threatened	+	+	*
Lemuridae	<i>Hapalemur griseus griseus</i>	n/a	+	+	+
	<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	near threatened	+	+	+
	<i>Eulemur rubriventer</i>	vulnerable	***	***	+
Indriidae	<i>Avahi laniger</i>	near threatened	+	+	+
	<i>Propithecus diadema diadema</i>	critically endangered	+	+	+
	<i>Indri indri</i>	endangered	+	+	*
Daubentoniidae	<i>Daubentonia madagascariensis</i>	endangered	-	-	-
Minimum Species Richness^(a)			9	9	9

+ Presence.

- Absence.

* Based on information from local people, guides or other participants.

*** Based on observations from 1997 survey.

(a) Values include only those species recorded during the surveys, however one other species, *Daubentonia madagascariensis*, has the potential to occur in the study area.

Species by Habitat

Lemur species richness and diversity varied among habitats (Table 2.1-15). Precise locations were not available for *Microcebus rufus*, 15 *Cheirogaleus major* individuals, two *Lepilemur sp.* individuals, observations from local people and observations from 1997, so these are minimum values. *Avahi laniger*, *Hapalemur griseus griseus* and *Propithecus diadema diadema* were the only species confirmed in all habitats. Given that all nine species were reported in all three areas of the LSA (Table 2.1-14), it is likely that additional species may occur in other habitats.

Table 2.1-15 Lemur Species Richness by Habitat Type

Species	Azonal	Transitional	Zonal	Marsh
<i>Avahi laniger</i>	+	***	+	+
<i>Cheirogaleus major</i>	+	***	+	
<i>Eulemur fulvus fulvus</i>		+	***	+
<i>Eulemur rubriventer</i>		***	***	+
<i>Hapalemur griseus griseus</i>	+	+	+	+
<i>Indri indri</i>	+	+	+	
<i>Lepilemur sp.</i>		+	***	
<i>Propithecus diadema diadema</i>	+	+	+	+
<i>Microcebus rufus</i> ^(a)	***	***	***	n/a
Minimum Species Richness^(b)	6	9	9	5

^(a) Some locations were not available for *Microcebus rufus* so habitat could not be determined.

^(b) These are minimum values because they include only those records where location information was available.

+

Presence

*** Based on observations from 1997 survey (D. Meyers personal communication).

n/a Data not available.

Species accumulation curves were not calculated for lemurs as the maximum number of species likely to occur in the study area is known (11).

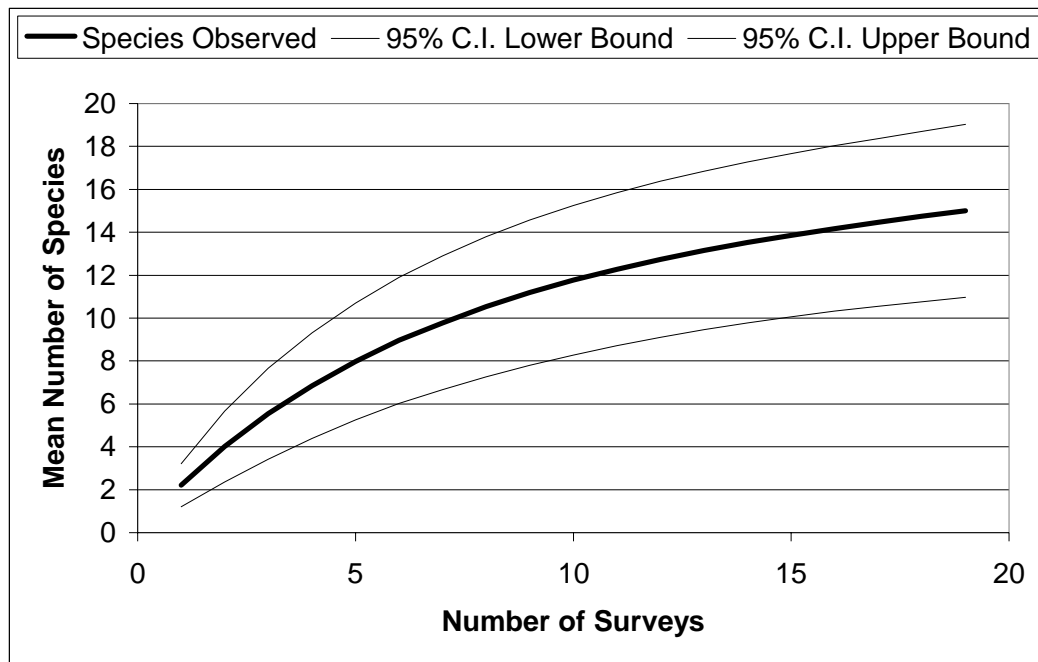
5.1.5 Small Mammals

Eighteen species of small mammals were recorded during the baseline surveys, 16 of which are endemic to Madagascar (Table 2.1-16). Three additional unidentified *Microgale* species were recorded bringing the total number of terrestrial and arboreal small mammal species to 21. One of the species (*Microgale* sp. A) has previously been identified, however *Microgale* sp. B does not meet the measurement statistics of any described *Microgale* and may represent a new species. Species accumulation curves indicate that few species were undetected (Figure 2.1-3) and that observed species richness is greater than that recorded in Andasibe-Mantadia National Park (16, Parcs Nationaux Madagascar 2000).

Two species are IUCN-listed, *Microgale thomasi* (vulnerable) and *Eliurus webbi* (near threatened). None of the small mammal species identified during the surveys is listed by CITES.

The most commonly observed species were *Microgale cowani*, *Microgale longicaudata*, *Microgale talazaci* and the introduced *Suncus murinus* and *Rattus rattus* (Table 2.1-16). A technical report from the baseline survey in 2004 is provided in Attachment 4.

Figure 2.1-3 Species Accumulation Curve for Small Mammals in the Mine Site Local Study Area



Socioeconomic Values

There is a market for tenrec meat (a small mammal resembling a hedgehog or shrew) as it is considered a delicacy (Goodman et al. 2003) (Photograph 2.1-5).

Potential Threats and Conservation Concerns

The largest threat to small mammal populations is habitat loss and degradation of habitat, including competition with introduced species. Introduced rodent species such as black rats (*Rattus rattus*) have contributed to a decline in native small mammal populations, particularly rodents (Stephenson 1993). Some species are also hunted as food (*Hemicentetes semispinosus*, *Setifer setosus* and *Tenrec ecaudatus*).

Table 2.1-16 Small Mammal Species Observed in the Mine Site Local Study Area

Order	Endemism	Species	IUCN Status	# of Captures
Lipotyphlas	endemic	<i>Hemicentetes semispinosus</i>		4
		<i>Microgale cowani</i>		24
		<i>Microgale dobsoni</i>		1
		<i>Microgale drouhardi</i>		1
		<i>Microgale fotsifotsy</i>		3
		<i>Microgale gymnorhyncha</i>		2
		<i>Microgale longicaudata</i>		17
		<i>Microgale taiva</i>		8
		<i>Microgale talazaci</i>		26
		<i>Microgale thomasi</i>	vulnerable	3
		<i>Microgale sp.</i>		4
		<i>Microgale sp. A^(a)</i>		1
		<i>Microgale sp. B^(b)</i>		2
		<i>Oryzorictes hova</i>		1
		<i>Setifer setosus</i>		4
		<i>Tenrec ecaudatus</i>		3
	introduced	<i>Suncus murinus</i>		13
Rodentia	endemic	<i>Eliurus minor</i>		1
		<i>Eliurus tanala</i>		1
		<i>Eliurus webbi</i>	near threatened	2
	introduced	<i>Rattus rattus</i>		46
Total		21	2	167

^(a) Microgale sp. A is identified in Jenkins et al. (1996), but is pending formal diagnosis.

^(b) Microgale sp. B does not meet the measurement statistics of any described Microgale and may represent a new species.



Photograph 2.1-5 Adult Tenrec (*Hemicentetes semispinosus*)

5.1.5.1 Species by Area

Species richness was highest in Ambatovy, due primarily to the higher diversity of rodent species (Table 2.1-17). Both introduced species observed in the mine site LSA, *Rattus rattus* and *Suncus murinus*, were recorded in all three areas. *Rattus rattus* was not observed at Analamay during the 1997 surveys but was recorded in this area in 2004. Eleven of the 21 species were only observed in one area, due in part to the single capture records for six species (Table 2.1-16).

5.1.5.2 Species by Habitat

Species richness was highest in the azonal habitat (15) and lowest in the marsh habitat (4) (Table 2.1-18). Three species were observed in all four habitats surveyed. Nine species were each only observed in one habitat (Attachment 4), including the IUCN-listed species, *Eliurus webbi* in the azonal habitat and the potentially new species, *Microgale sp. B* in the zonal habitat surrounding the marsh. These results are due in part to the low capture rates for the species recorded in single habitats.

Table 2.1-17 Small Mammal Species Richness for Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy

Order	Species	Ambatovy	Analamay	Torotorofotsy
Lipotyphlia	<i>Hemicentetes semispinosus</i>	-	-	+
	<i>Microgale cowani</i>	**	+	**
	<i>M. dobsoni</i>	-	+	-
	<i>M. drouhardi</i>	-	-	**
	<i>M. fotsifotsy</i>	+	-	+
	<i>M. gymnorhynca</i>	-	**	-
	<i>M. longicaudata</i>	+	+	+
	<i>M. taiva</i>	-	+	-
	<i>M. talazaci</i>	+	+	**
	<i>M. thomasi</i>	+	+	**
	<i>Microgale sp.</i>	**	-	**
	<i>M. sp. A</i>	-	-	**
	<i>M. sp. B</i>	-	-	**
	<i>Oryzoryctes hova</i>	+	-	-
	<i>Setifer setosus</i>	+	+	-
	<i>Suncus murinus</i>	+	+	+
	<i>Tenrec ecaudatus</i>	+	+	-
Rodentia	<i>Eliurus minor</i>	**	-	-
	<i>Eliurus tanala</i>	+	-	-
	<i>Eliurus webbi</i>	+	-	-
	<i>Rattus rattus</i>	+	+	+
Total	23	14	11	12

+ Presence.

- Absence.

** Based on 1997 data.

Table 2.1-18 Small Mammal Species Richness by Habitat Type

Habitat Type	Rodents	Lipotyphlas	Total	IUCN
azonal	3	12 ^(a)	15	2
transitional	0	8	8	0
zonal	2	10	12	1
marsh	0	4	4	0

^(a) Includes one species (*Microgale gymnorhyncha*) that was observed along a transect crossing azonal and transitional habitats, so it could have occurred in either habitat.

Species accumulation curves calculated for each habitat suggest that additional species are likely to occur in the different habitats (Attachment 4). However, the total number of observed species (18) in the LSA is greater than that reported for

Andasibe-Mantadia National Park (16, Parcs Nationaux Madagascar 2000) and the species accumulation curve for the LSA indicates the potential that only a few more species may occur in the study area overall (Figure 2.1-3).

5.1.6 Bats

Six bat species and one genera were detected during the bat survey in the mine site LSA (Table 2.1-19). A total of 186 point counts detected bats on 69% of occasions. Molossid bats and *Eptesicus matroka* were the most frequently detected while *Myotis goudoti* was only recorded at two survey locations. The mine site LSA is not a site of national importance for bats in Madagascar but species richness is similar to that reported for Ranomafana National Park (WildMadagascar 2000). Although at least six bat species were recorded, the detection rate was rather low. This is most likely to be a reflection of the lack of roost sites available in the area for vespertilionid bats. The technical report from the 2004 baseline survey is provided in Attachment 5.

Myotis goudoti is the only bat species detected during the survey that is listed on the IUCN Red List and is listed as Near Threatened (Table 2.1-19). This species is found in all parts of the island but its forest dependency has recently resulted in a call for its conservation status to be re-evaluated (Eger and Mitchell 2003). *M. goudoti* was particularly rare in this study being found in only 1% of point counts. This is probably due to the lack of available roost sites. This species is abundant in other Central Domain forests where suitable cave roosts are available (e.g., Ambohitantely Special Reserve). None of the species detected is listed by CITES.

A small number of mist nets were used during the previous small mammal survey in 1997. A single *Pipistrellus* species was caught and meaningful comparisons between the 1997 and 2004 surveys are therefore not possible.

Potential Threats and Conservation Concerns

The primary threat to bat species is the degradation, loss and fragmentation of primary forest as they require forests for roosting habitat. Bats can be sensitive to disturbance (e.g., noise), particularly at roosting colonies.

Table 2.1-19 Bat Species Recorded in the Mine Site Local Study Area

Species/Group	Endemism	IUCN Status	# of Sites Detected
Vespertilionidae			
<i>Eptesicus matroka</i>	endemic		48
<i>Pipistrellus sp.</i>	not endemic		14
<i>Miniopterus manavi</i>	endemic		11
<i>Miniopterus majori</i>	endemic		29
<i>Myotis goudoti</i>	endemic	near threatened	2
Molossidae spp. (20-38 kHz)	4 of 7 species endemic		83
Molossidae or <i>Taphozous mauritanus</i> * (< 20 kHz)	*not endemic		2

5.1.6.1 Species by Area

The survey locations were not available by area so this analysis could not be completed. However, results suggest that the mine site LSA is not a site of national importance for bats in Madagascar. This is most likely due to the lack of roost sites available for vespertilionid bats.

5.1.6.2 Species by Habitat

Habitats (azonal forest, zonal forest and marsh edge) with forest and linear features had the richest bat communities (Table 2.1-20) based on detection information. No bats were trapped in three trap nights in zonal forest or in four nights in marsh edge. The forest and wetlands habitats were used by a minimum of eight species but detection rate was rather low likely due to a lack of available roost sites. In terms of taxon richness, the most important habitats were the forested areas - marsh edge, zonal and azonal forests.

The most important habitat was the marsh edge habitat in the Torotorofotsy Wetlands. Although the IUCN vulnerable *Myzopoda aurita* was not detected, the habitat is potentially suitable and it has been recorded within similar habitat 20 km from the study site at Andasibe-Mantadia National Park (Russ et al. 2001). In view of the high taxon richness of the marsh habitat and a general microchiropteran preference for habitat edges, a more detailed investigation of the marsh edge habitats would be needed to assess bat use of these areas.

The IUCN near threatened *Myotis goudoti* was only recorded in zonal forest (Table 2.1-20). The species is frequently found roosting together with *M. manavi* and the low detection rate of both species is more likely an indication of limited roosting sites, than low food availability or unsuitable habitat. *Myotis goudoti*'s

wing shape is typical of a small, forest bat and would be predicted by morphology alone to forage in cluttered forest vegetation.

Table 2.1-20 Bat Species Richness by Habitat Type, (% frequency of occurrence)

Species/Group	Habitats					
	Azonal Forest (n = 44) ^(a)	Zonal Forest (n = 38)	Ephemeral Pools (n = 26)	Marsh Edge (n = 50)	Marsh Centre (n = 14)	Farmland (n = 14)
Vespertilionidae						
<i>Eptesicus maroka</i>	11 ^(b)	11	12	26	29	21
<i>Pipistrellus sp.</i>	9	3	4	2	14	0
<i>Miniopterus manavi</i>	5	5	0	14	0	0
<i>Miniopterus majori</i>	5	16	0	10	7	29
<i>Myotis goudoti</i>	0	5	0	0	0	0
Molossidae spp. (20-38 kHz)	21	16	19	48	64	21
Molossidae or <i>Taphozous mauritanus</i> (< 20 kHz)	2	0	0	2	0	0
taxon richness (min)	6	6	3	6	4	3

^(a) Total number of point counts (n).

^(b) Values are percentage frequency of occurrence.

Species accumulation curves were not calculated. Based on the recorded species composition and abundance, it is unlikely there are any undiscovered bat species in the mine site LSA.

5.1.7 Ants

In the mine site LSA, 75 ant species were recorded (Table 2.1-21). Further determination of the Formicidae species sampled is underway. As there were six unidentified *Pheidole species*. recorded, there is a possibility that one was *Pheidole oculata* (which is an IUCN-listed as vulnerable). No ant species are listed by CITES. Species lists and the technical report from the baseline survey in 2004 are provided in Attachment 6 of this volume.

Table 2.1-21 Ant Species Richness in the Mine Site Local Study Area

Endemism	Species Richness	IUCN
local	1	0
regional	11	0
indeterminate	63	1 ^(a)
Total	75	1^(a)

^(a) Six unidentified *Pheidole* species were recorded. One *Pheidole* species, *Pheidole oculata*, is IUCN-listed as vulnerable.

Ecological Value

Ants are valuable biological indicators and play an important part in the food chain. Some species may provide toxins (alkaloids) for the endemic poisonous frog species that consume them. Ants may also disperse seeds and pollinate plants, though the ecology of the many ant species is still poorly understood.

Potential Threats and Conservation Concerns

Threats to ant species include deforestation and conversion of native vegetation into agricultural areas as well as competition with introduced invasive arthropod species.

5.1.7.1 Species by Area

Although ant species richness was similar (Table 2.1-22), species composition varied greatly among the three areas in the mine site LSA (Table 2.1-23). Species lists by habitat type are provided in Attachment 6.

Table 2.1-22 Ant Species Richness for Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy

Area	Species Richness	IUCN Species
Ambatovy	53	1 ^(a)
Analamay	50	1 ^(a)
Torotorofotsy	51	1 ^(a)
Total	75	1^(a)

^(a) Unidentified *Pheidole* species were recorded. One *Pheidole* species, *Pheidole oculata*, is IUCN-listed as vulnerable.

Table 2.1-23 Jaccard Similarity Coefficient for Ant Species in Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy

Area	Ambatovy	Analamay	Torotorofotsy
Ambatovy	1	0.5	0.46
Torotorofotsy	0.46	0.47	1

Ant species composition in the three areas also differed greatly from that of Andasibe-Mantadia National Park (Table 2.1-24).

Table 2.1-24 Jaccard Similarity Coefficient for Ant Species in Andasibe-Mantadia National Park and Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy Areas

Area	Ambatovy	Analamay	Torotorofotsy
Mantadia	0.56	0.42	0.54

A significant discovery of this study was the observation of colonies of *Pilotrochus* at Ambatovy. This endemic genus of Madagascar has not been collected after its initial discovery by Pyerieras in the Moramanga region in 1975. Based on Pyerieras' collections, a single species, *Pilotrochus besmerus*, was determined by Brown in 1978. Despite recent inventories of ants across much of the island, this genus has not been recorded again until now. The discovery at Ambatovy suggests that *Pilotrochus* is endemic to the local area. Ambatovy thus constitutes the only site known for the further study of ecology and the biology of this genus.

Two species each of two rare genera, *Amblyopone* and *Mystrium*, were recorded. All four species were observed at Analamay, with some observations also at Ambatovy and Torotorofotsy. These genera are classified in the Amblyoponine tribe of "Dracula ants". Amblyoponine is the oldest tribe in the evolution of the ants and its members present morphological characters nearer to the wasps. The term "Dracula ants" comes from their very odd behaviour of sucking the hemolymph of their larvae for food.

The very rare *Proceratium* was observed only at Torotorofotsy. The new endemic genus of Madagascar named *Vitsika* was also only recorded at Torotorofotsy. The distribution of this genus on Madagascar is not yet well-defined but its presence at Torotorofotsy suggests that this genus of ants may be widely distributed in the wet dense forests of East Madagascar.

5.1.7.2 Species by Habitat

Although ant species richness was similar (Table 2.1-25), species composition varied greatly among the three habitats surveyed in the mine site LSA (Table 2.1-26). Species lists by habitat type are provided in Attachment 6.

Table 2.1-25 Ant Species Richness by Habitat Type

Habitat	Species Richness	IUCN Species
azonal	50	1 ^(a)
transitional	53	1 ^(a)
zonal	51	1 ^(a)
Total	75	1^(a)

^(a) Unidentified *Pheidole* species were recorded. One *Pheidole* species, *Pheidole oculata*, is IUCN listed as vulnerable.

Table 2.1-26 Jaccard Similarity Coefficient for Ant Species in Azonal, Transitional and Zonal Habitats

Area	Azonal	Transitional	Zonal
azonal	1	0.51	0.53
zonal	0.53	0.53	1

The locally endemic *Pilotrochus* was only observed in the transitional habitat at Ambatovy. All four species from the rare genera, *Amblyopone* and *Mystrium*, were recorded in the azonal habitat, but only one species, *Mystrium mysticum*, was observed in all three habitats. The rare *Proceratium* and the new endemic genus *Vitsika* were both only observed in the zonal habitat around Torotorofotsy.

5.1.8 Butterflies and Moths

To date, 11 families and 142 species have been identified from the species captured in the field, most (103) of which are from the Family Papilionoidea (Table 2.1-27) (Photograph 2.1-6). In total, 131 butterfly species have been identified. The mine site LSA butterfly community has a particularly diverse assemblage of *Nymphalidae* and *Hesperiidae*, with 76 and 32 confirmed species, respectively. At least 24 more potential species currently classified to the genus level require further classification (Table 2.1-28). Additional records for which genus and species are not yet known are not included in the species tables, but will further add to the species richness values for the mine site LSA. The still increasing species accumulation curve for the LSA supports the finding that additional species would still be observed if further studies were conducted

(Figure 2.1-4). Species lists, including by area and habitat type, and the technical report from the baseline survey in 2004 are provided in Attachment 7.

Table 2.1-27 Lepidopteran Taxon Richness in the Mine Site Local Study Area Based on Confirmed Species Only

Superfamily	Family	Subfamily	Species
Rhopalocera (Butterflies)			
Hesperioidea	1	4	28
Papilionoidea	4	12	103
Heterocera (Moths)			
Bombycoidea	1	1	1
Calliduloidea	1	1	2
Geometroidea	1	1	3
Noctuoidea	2	2	4
Pyraloidea	1	1	1
Total	11	22	142

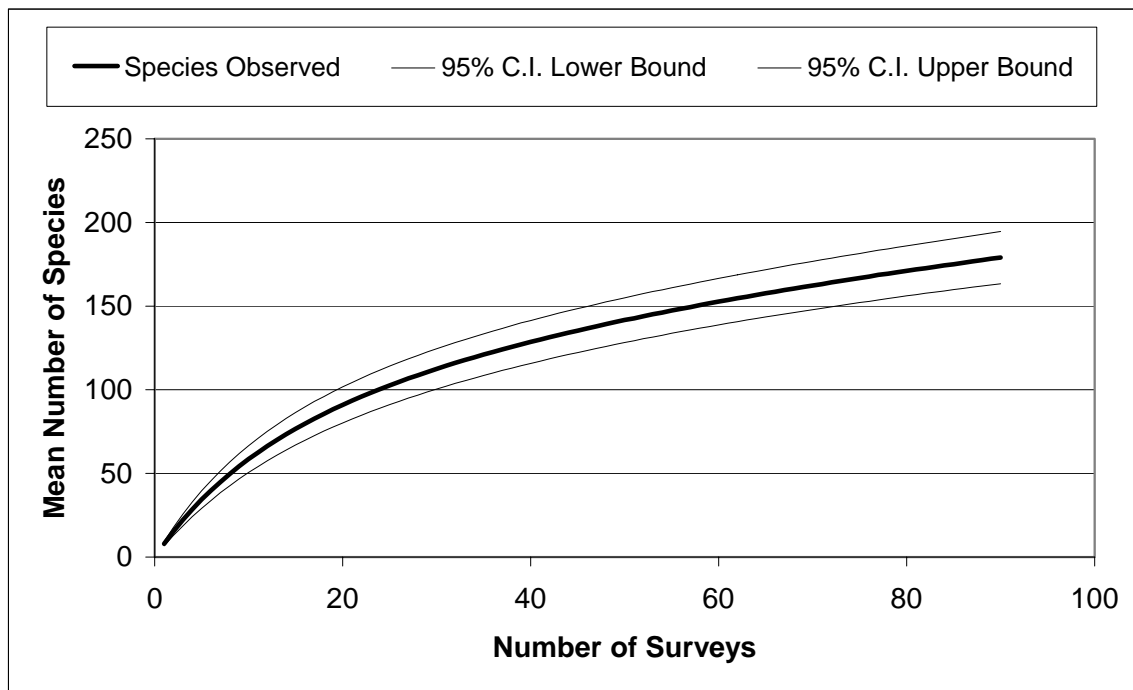


Photograph 2.1-6 Butterflies Were Observed and Captured Through Direct Sampling

Table 2.1-28 Lepidopteran Taxon Richness in the Mine Site Local Study Area Including Unconfirmed Species

Order	Family	Subfamily	Species
Rhopalocera (Butterflies)			
Hesperioidea	1	4	32
Papilionoidea	5	13	114
Heterocera (Moths)			
Bombycoidea	1	1	5
Calliduloidea	1	1	2
Geometroidea	2	2	4
Noctuoidea	4	8	15
Pyraloidea	2	2	3
Sesioidea	1	1	1
Uranioidea	1	1	1
Zygaenoidea	1	1	1
Total	19	34	178

Figure 2.1-4 Species Accumulation Curve for Butterflies and Moths in the Mine Site Local Study Area



Only one IUCN-listed species was recorded in the mine site LSA. *Papilio mangoura*. This species is listed as vulnerable, but has not yet been confirmed from the taxonomic analysis. No lepidopteran species are listed by CITES. Significant observations (i.e., rare sightings, rare species) are summarized in Attachment 7.

Ecological Value

Butterflies and moths are important pollinators of flowering plants. Some lepidopteran species have mutualistic or symbiotic relationships with specific plant species. Lepidopterans are also a valuable part of the food chain.

Potential Threats and Conservation Concerns

Primary threat to lepidopterans is the loss of habitat, although some species benefit, at least temporarily, from forest clearing and conversion to grassland.

Where mutualistic or dependent relationships exist between lepidopterans and plants, the loss of specific plant species may result in the loss of the associated lepidopteran pollinator.

5.1.8.1 Species by Area

Species richness was greatest at Ambatovy (100 confirmed species), most of which were butterflies (Table 2.1-29). The greatest number of significant species were also recorded in this area (see Attachment 7 for list of significant species). The forests of Analamay have more numerous types of plant hosts of Papilionidae as compared with the other sites. The presence of *Coeliades fidia* was observed in spite of the degradation of the forest.

Table 2.1-29 Lepidopteran Species Richness by Area

Area	Species Richness Confirmed	Species Richness Total ^(a)	Number of Significant Species
Ambatovy	100	124	19
butterflies	91	100	
moths	9	24	
Analamay	65	80	8
butterflies	61	65	
moths	4	15	
Torotorofotsy	64	65	6
butterflies	63	63	
moths	1	2	

^(a) Includes unconfirmed species.

5.1.8.2 Species by Habitat

Species richness and number of significant records was greatest in the azonal habitat (102 confirmed species; Table 2.1-30). Species richness was similar for the transitional and zonal habitats. Butterflies were observed mainly in the clearings and the marshes, although due to lower sample sizes in these areas, species richness values do not correspond with this observation. Many butterflies were also noticed in disturbed habitats such as agricultural fields, in the rice plantations, the parks and the villages.

Table 2.1-30 Lepidopteran Species Richness by Habitat

Habitat	Species Richness Confirmed	Species Richness Total ^(a)	Number of Significant Species
azonal	102	128	16
transitional	71	83	8
zonal	68	77	8
marsh	36	37	6
other ^(b)	61	68	9

^(a) Includes unconfirmed species.

^(b) Includes exotic vegetation and slash and burn nonforested areas.

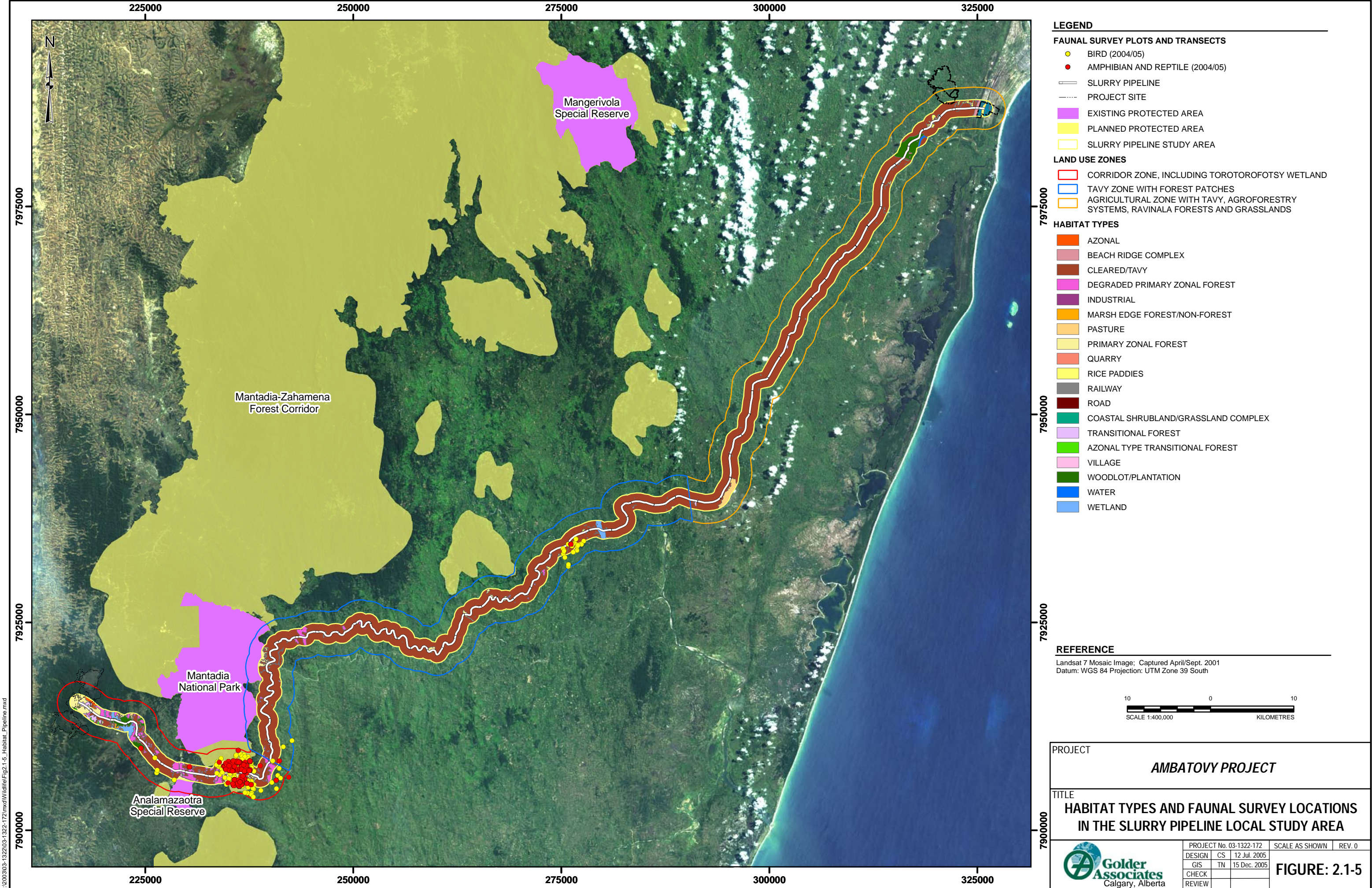
As the number of observed species continued to increase throughout the sample period, it is likely that many more species are yet to be recorded in each habitat in the mine site LSA. The species accumulation curves support this prediction, particularly for the transitional, marsh and other habitats (Attachment 7), but even for the LSA overall (Figure 2.1-4). As the marsh and other (disturbed) habitats is where many butterflies were observed, these areas would require additional investigation to better estimate true species richness.

5.2 SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA

5.2.1 Habitat Types

The habitat types and faunal survey locations for the Slurry Pipeline LSA are provided in Figure 2.1-5. Habitat types in the LSA include the following:

- azonal forest;
- transitional forest;
- degraded zonal forest;
- primary zonal forest;



- marsh edge;
- wetland;
- water;
- coastal shrubland/grassland complex (includes beach ridge);
- clearing/tavy;
- pasture;
- rice paddies; and
- woodlot/plantation.

A detailed description of these types is provided in Volume J, Appendix 1.1.

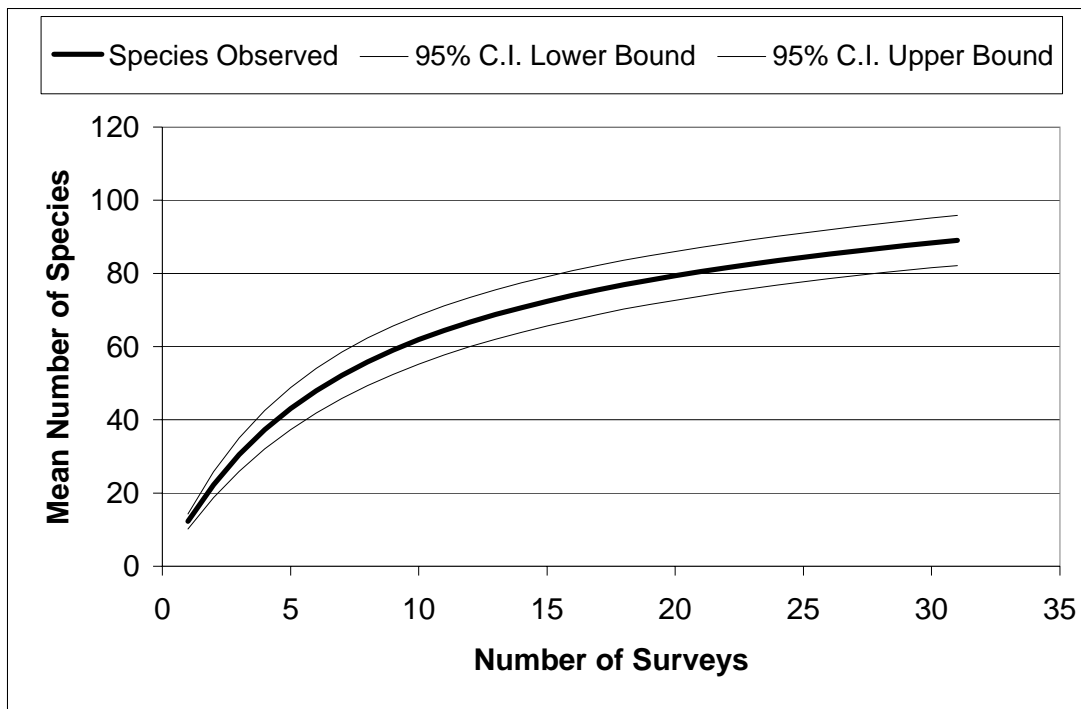
5.2.2 Amphibians and Reptiles

Fifty-four amphibian species and 35 reptile species were recorded during the herpetological surveys in selected locations along the planned pipeline route (Table 2.1-31). Of these, only one species is not endemic. The number of observed amphibian species is greater than that reported for Andasibe-Mantadia National Park (Amphibians: 36; Parcs Nationaux Madagascar 2000) and the species accumulation list for the slurry pipeline LSA suggests that, overall, few species were undetected (Figure 2.1-6). Species lists and the technical reports from the baseline surveys are provided in Attachment 1.

Table 2.1-31 Amphibian and Reptile Species Richness in the Slurry Pipeline Local Study Area

Order	Species Richness	Number of Endemics	IUCN Status	CITES Category
amphibians	54	53	2	2
reptiles	35	35	1	13

Figure 2.1-6 Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in the Slurry Pipeline Local Study Area



Three herpetile species observed along the slurry pipeline route study area are listed on the IUCN Red List (Table 2.1-32). The amphibian species *Mantella pulchra* (splendid mantella) and reptile species *Sanzinia madagascariensis* (Madagascar tree boa) are of particular concern, as they are both listed as Vulnerable. *Boophis rufiocularis* (Madagascan red-eye tree frog) is listed as Near Threatened.

Table 2.1-32 IUCN-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Pipeline Local Study Area

Order	IUCN Status	Species
amphibians	near threatened	<i>Boophis rufiocularis</i>
	vulnerable	<i>Mantella pulchra</i>
reptiles	vulnerable	<i>Sanzinia madagascariensis</i>

Fifteen species observed during the surveys are listed by CITES as restricted for trade, including two amphibian and 13 reptile species. One species is in Appendix I (*Sanzinia madagascariensis*) with the remaining 14 species in Appendix II (Table 2.1-33).

Table 2.1-33 CITES-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area

Order	Species
amphibians	<i>Mantella baroni</i>
	<i>Mantella pulchra</i>
reptiles	<i>Brookesia minima</i>
	<i>Brookesia therezieni</i>
	<i>Brookesia thieli</i>
	<i>Calumma furcifer</i>
	<i>Calumma gallus</i>
	<i>Calumma nasuta</i>
	<i>Phelsuma flavigularis</i>
	<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>
	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>
	<i>Sanzinia madagascariensis</i>
	<i>Uroplatus fimbriatus</i>
	<i>Uroplatus phantasticus</i>
	<i>Uroplatus sikorae</i>

5.2.2.1 Species by Area

Species richness for both amphibian (54) and reptile (32) species was greatest in the Corridor Zone (Table 2.1-34). Of the 89 total species recorded in the study area, only three species were found within both study areas due mainly to the limited sampling effort in the Tavy Zone. All but one species *Ptychadena mascareniensis* (Mascarene grass frog) recorded was endemic. This species occurred in both zones and was the only amphibian species documented in the Tavy Zone. No IUCN-listed species were found within the Tavy Zone.

Table 2.1-34 Amphibian and Reptile Species Recorded in the Corridor and Tavy Zones

Order	Area	Species Richness	IUCN Species	CITES Species
amphibians	corridor	54	2	2
	tavy	1	0	0
reptiles	corridor	32	1	12
	tavy	5	0	2

5.2.2.2 Species by Habitat

Species richness was highest in the primary forest habitat type (80) (Table 2.1-35). Full species lists by habitat type are provided in Attachment 1. Forty-seven species were only observed in primary forest. As the sampling effort was greatest in this habitat type, this could be an artefact of sampling, though most herpetofauna occur in the forest. The primary forest and marsh habitats supported the most IUCN and CITES-listed species. The IUCN-listed *Sanzinia madagascariensis* was recorded in each habitat, but only once. *Mantidactylus boulengeri* was the most abundant amphibian species (33 records) and all but one observation was in primary forest. *Calumma nasuta* was the most abundant reptile and was recorded in all but the “other” (disturbed) habitat. Habitat information was not recorded for four species.

Table 2.1-35 Herpetofauna Species Richness by Habitat Type

Order	Habitat Type	Species Richness	IUCN Status	CITES Category	# of Unique Species
amphibians	primary forest	50	8	2	27
	eucalyptus forest	8	1	0	1
	marsh	14	3	0	1
	other	8	2	1	1
reptiles	primary forest	30	1	12	20
	eucalyptus forest	7	1	2	2
	marsh	3	1	3	0
	other	8	1	2	0

Species accumulation curves by habitat indicate that sampling effort for amphibians was good for the primary and eucalyptus forest habitats, but not for the other two habitats (Attachment 1). For reptiles, sampling effort was inadequate to estimate true species richness by habitat. However, the species accumulation curve for all herptiles combined for all habitats suggests that few species were undetected in the LSA overall (Figure 2.1-6).

5.2.3 Birds

Ninety-three bird species were recorded during the surveys in selected locations along the planned slurry pipeline route (Table 2.1-36). Of these, 77 species are endemic, two, *Acridotheres tristis* and *Numida meleagris*, are exotic, and the rest are native but are not endemic to Madagascar. Observed species richness is lower than in Andasibe-Mantadia National Park (112; Parcs Nationaux Madagascar 2000). Species lists and technical reports from the baseline surveys are provided in Attachment 2.

Table 2.1-36 Bird Species Richness in the Slurry Pipeline Local Study Area

Species Richness	Number of Endemics	IUCN Status	CITES Category
93	77	8	14

Eight bird species observed in the slurry pipeline LSA are listed on the IUCN Red List (Table 2.1-37). *Brachypteracias leptosomus*, *Neodrepanis hypoxantha* and *Newtonia fanovanae* are of particular concern, as they are listed as Vulnerable. The other five species are listed as Near Threatened. Fourteen species observed during the surveys are listed by CITES in Appendix II (Table 2.1-38).

Table 2.1-37 IUCN-Listed Bird Species Observed in the Pipeline Local Study Area

IUCN Status	Species
vulnerable	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
	<i>Neodrepanis hypoxantha</i>
	<i>Newtonia fanovanae</i>
near threatened	<i>Accipiter henstii</i>
	<i>Accipiter madagascariensis</i>
	<i>Crossleyia xanthophrys</i>
	<i>Lophotibis cristata</i>
	<i>Xenopirostris polleni</i>

Table 2.1-38 CITES-Listed Bird Species Observed in the Pipeline Local Study Area

CITES Category	Species
Appendix II	<i>Accipiter francesii francesii</i>
	<i>Accipiter henstii</i>
	<i>Accipiter madagascariensis</i>
	<i>Asio madagascariensis</i>
	<i>Aviceda madagascariensis</i>
	<i>Coracopsis nigra nigra</i>
	<i>Coracopsis vasa vasa</i>
	<i>Falco eleonora</i>
	<i>Falco newtoni newtoni</i>
	<i>Milvus migrans</i>
	<i>Ninox supercilialis</i>
	<i>Otus rutilus rutilus</i>
	<i>Polyboroides radiatus</i>
	<i>Tyto alba</i>

5.2.3.1 Species by Area

Species richness was greatest in the Corridor Zone (Table 2.1-39). Of the 93 total species recorded in the LSA, 35 species were found in both zones. Both exotic species were observed in the Tavy Zone, but only *Acridothores tristis* was recorded in the Corridor Zone. All eight IUCN-listed species observed in the LSA were recorded in the Corridor Zone, but only *Accipiter madagascariensis* was recorded in the Tavy Zone.

Twelve, possibly 13, of the 14 CITES-listed species were recorded in the Corridor Zone and six, possibly seven, CITES-listed species in the Tavy Zone. Numbers cannot be confirmed because one of the survey areas (Fanovana and Ambohimiadana) spanned both land use zones, so species recorded in this area could have been in either zone. Similarly, 41, possibly 50, species were only recorded in the Corridor Zone and six, possibly seven, species were only recorded in the Tavy Zone.

Table 2.1-39 Bird Species Recorded in the Corridor and Tavy Zones

Area	Species Richness	IUCN Species	CITES Species ^(a)	Number of Unique Species ^(b)
corridor	86	8	12	41
tavy	43	1	6	6

^(a) Minimum number of CITES-listed species. Two species recorded in the Fanovana and Ambohimiadana area could not be confirmed in the other land use zone.

^(b) Minimum number of unique species. Ten species recorded in the Fanovana and Ambohimiadana area could not be confirmed in the other land use zone.

5.2.3.2 Species by Habitat

Most of the bird species observed in the slurry pipeline LSA, including all eight IUCN listed species, are forest dwelling species (Table 2.1-40). All of the observed CITES-listed species are forest or open habitat species. Full species lists by habitat association are provided in Attachment 2.

Table 2.1-40 Habitat Associations for Bird Species Recorded in the Slurry Pipeline Local Study Area

Habitat Associations	Species	IUCN Species	CITES Species
forest	68	8	9
forest/open	8	0	1
forest/wetland	1	0	0
open	10	0	4
open/wetland	1	0	0
wetland	4	0	0
wetland/marine	1	0	0
Total	93	8	14

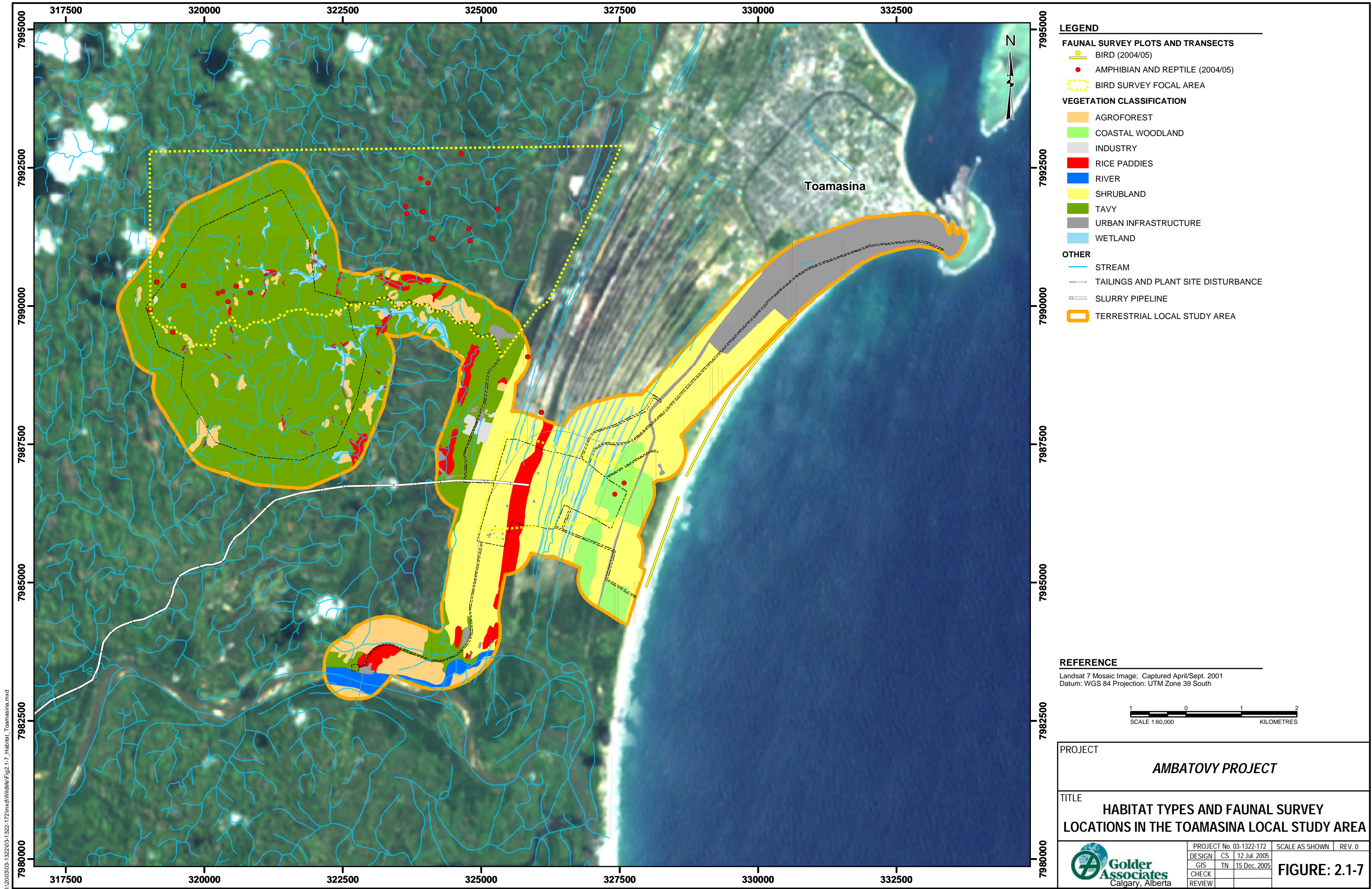
5.3 TOAMASINA LOCAL STUDY AREA

5.3.1 Habitat Types

The habitat types and faunal survey locations for the Toamasina LSA are provided in Figure 2.1-7. Habitat types in the LSA include the following:

- wetland;
- water, including the Ivondro River;
- coastal woodland;
- coastal shrubland/grassland complex;
- shrubland;
- beach ridge;
- agroforest;
- tavy; and
- rice paddies.

A detailed description of these types is provided in Volume J, Appendix 1.1.



5.3.2 Amphibians and Reptiles

Nine amphibian species and 14 reptile species were recorded during the herpetological surveys located in the Toamasina LSA (Table 2.1-41). Of these, one amphibian species, *Hoplobatrachus tigerinus* (Indian bullfrog) is not endemic to Madagascar. No species documented during the survey is listed by IUCN. As the species accumulation curve calculated for the LSA is still increasing, additional surveys would be required to determine true species richness in the area (Figure 2.1-8). Species lists, species accumulation curves by taxa and the technical reports for the baseline surveys are provided in Attachment 1.

Table 2.1-41 Amphibian and Reptile Species Richness in the Toamasina Local Study Area

Class	Species Richness	Number of Endemics	IUCN Status	CITES Listed
amphibians	9	8	0	1
reptiles	14	14	0	5

Six species observed during the surveys in the Toamasina LSA are listed by CITES in Appendix II and include one amphibian and five reptile species (Table 2.1-42).

Figure 2.1-8 Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in the Toamasina Local Study Area

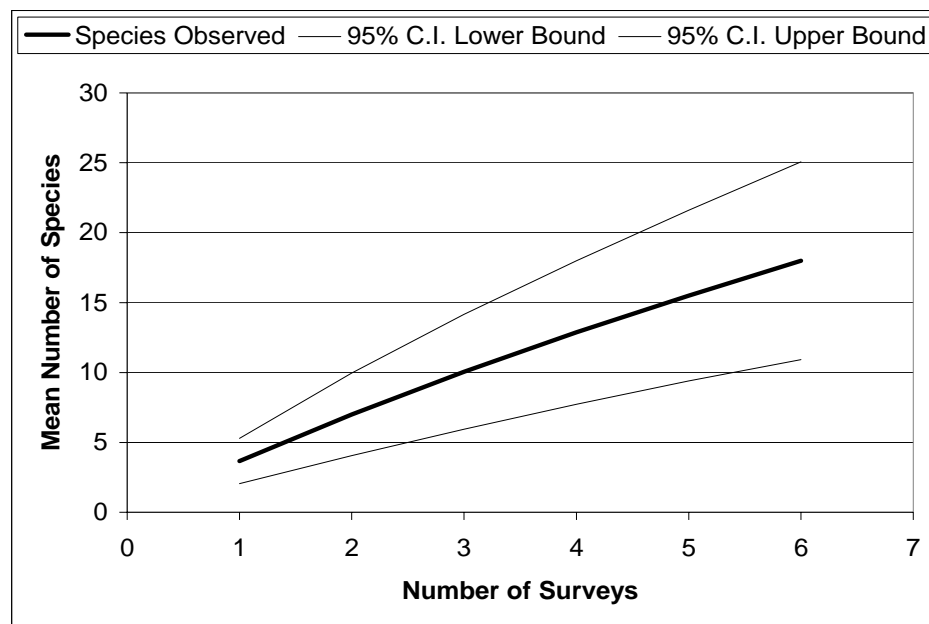


Table 2.1-42 CITES-Listed Amphibian and Reptile Species Observed in the Toamasina Local Study Area

Class	CITES Category	Species
amphibians	Appendix II	<i>Hoplobatrachus tigerinus</i>
reptiles	Appendix II	<i>Calumma nasuta</i>
		<i>Furcifer pardalis</i>
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>
		<i>Phelsuma lineata lineata</i>
		<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>

5.3.2.1 Species by Area and Habitat

Species richness was found to be greater in the tailings part of the Toamasina LSA. Both the tailings and plant site areas have a history of disturbance and little primary habitat remains. Seven amphibian and 11 reptile species were recorded within the tailings area. Four amphibian and six reptile species were recorded within the plant site study area (Table 2.1-43). A full species list is provided in Attachment 1. Of the 23 species observed in the Toamasina LSA, five species were found in both study areas. None of the species recorded are IUCN-listed. The only non-endemic species recorded was an amphibian *Hoplobatrachus tigerinus* (Indian bullfrog) observed in the plant site study area.

Table 2.1-43 Amphibian and Reptile Species by Area and Habitat Type

Order	Area	Species Richness per Area	Habitat Type	Species Count ⁽¹⁾	CITES Species	# of Unique Species
amphibians	plant	4	shrubland	2	0	0
			marsh	4	1	2
	tailings	7	tavy	6	0	5
			marsh	1	0	1
			no habitat noted	1	0	0
reptiles	plant	6	agroforestry	1	1	0
			shrubland	5	3	1
			marsh	5	3	1
	tailings	11	tavy	10	3	9
			rice paddies	2	1	1

⁽¹⁾ Species Count may not be equivalent to Species Richness per Area due to overlap of the same species in each habitat type within an area.

5.3.3 Birds

Fifty-nine bird species were documented within the Toamasina LSA (Table 2.1-44). Thirty-seven of those species are endemic to Madagascar and one, *Acridotheres tristis*, is exotic. Two bird species, *Rallus madagascariensis* (Madagascar rail) and *Tachybaptus pelzenii* (Madagascar grebe), are listed under IUCN as Vulnerable. Five species are listed by CITES (Table 2.1-45) in Appendix II. *Tyto alba* is the only species of these five that is not endemic to Madagascar. Species lists and technical reports from the baseline surveys are provided in Appendix 2.

Table 2.1-44 Bird Species Richness in the Toamasina Local Study Area

Species Richness	Number of Endemics	IUCN Species	CITES Species
59	37	2	5

Table 2.1-45 CITES-Listed Bird Species Observed in the Toamasina Local Study Area

CITES Category	Species
Appendix II	<i>Accipiter francesii</i>
	<i>Agapornis cana</i>
	<i>Falco newtoni</i>
	<i>Otus rutilus</i>
	<i>Tyto alba</i>

5.3.3.1 Species by Area

Fifty-two bird species were documented within the tailings part of the Toamasina LSA, and 34 species within the Plant Site area (Table 2.1-46). Both IUCN-listed species were reported in both areas, however the only one of the five CITES species observed in the plant area was *Falco newtoni newtoni*. Species lists by area are provided in Attachment 2.

Table 2.1-46 Bird Species Richness by Area

Area	Species Richness	Number of Endemics	IUCN Status	CITES Species
tailings	52	35	2	5
plant	34	23	2	1

5.3.3.2 Species by Habitat

Most birds observed in the Toamasina area are forest-dwelling species (Table 2.1-47). Species associated with wetlands and open habitats were also fairly abundant as these habitats are available throughout the study areas. Species accumulation curves were not completed for birds.

Table 2.1-47 Bird Species Richness by Habitat Type in the Toamasina Local Study Area

Habitat Association	Species Richness	IUCN Species	CITES Species	# of Non-Endemic Species
forest	23	0	2	0
forest / open	5	0	1	1
forest / wetlands	1	0	0	0
open	10	0	2	7
open / wetlands	1	0	0	0
wetlands	12	2	0	9

5.4 WILDLIFE CORRIDORS

The majority of the species recorded in the project area are forest-dwelling species. As such, connections to other forested areas, principally primary rain forest, is required to maintain biodiversity in this area at current population and genetic levels. Little is known about wildlife movement patterns in Madagascar, however several studies report decreases in species richness and abundance in areas of habitat degradation due to fragmentation and loss (lemurs: Schmid 2000, small mammals: Stephenson 1993, herpetofauna: Vallan 2000). Species diversity can be maintained in small protected areas where they are connected to large intact forest via forested corridors (Rasolonandrasana and Grenfeld 2003).

The Mantadia-Zahamena corridor (see Figure 2.1-5) runs predominantly north-south between the officially-recognized Zahamena, Mangerivola, and Mantadia protected areas. This Forest corridor has been proposed for protection because, although there is some existing disturbance, it contains large, intact areas of primary and secondary forest. The mine site LSA is connected to the corridor via generally intact forest to the north-east. The slurry pipeline LSA crosses the corridor that separates the two parcels of the Andasibe-Mantadia National Park to the south along existing disturbance (see Volume J, Appendix 6.1). Biodiversity can be maintained in the mine area and western sections of the pipeline route if connectivity to the Mantadia-Zahamena corridor is maintained. The baseline conditions with respect to habitat fragmentation are provided in Volume J, Appendix 4.1.

6 REFERENCES

- Bird Life International. 2004. World Bird Database. Internet: <http://www.birdlife.org/datazone/species/index.html> First accessed March 2005.
- Colwell, R. K. 2005. EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples. Version 7.5 Persistent URL <purl.oclc.org/estimates>.
- Conservation International. 2005a. Biodiversity Hotspots: Key Findings. Internet: http://www.conservation.org/xp/Hotspots/hotspotsScience/key_findings/endemic Vertebrate species.xml First accessed March 2005.
- Conservation International. 2005b. Biodiversity Hotspots: Species Database. Downloaded from www.biodiversityhotspots.org in March 2005.
- Eger, J., and L. Mitchell. 2003. Chiroptera, Bats. In Natural History of Madagascar. Eds S. M. Goodman and J. Benstead. University of Chicago Press, Chicago.
- Goodman, S.M., J.U. Ganzhorn and D. Rakotondravony. 2003. Introduction to the Mammals. In: Goodman, S.M., and J.P. Benstead (editors). 2003. The Natural History of Madagascar. Chicago: The University of Chicago Press. Pp. 1159-1186.
- Goodman, S.M., and J.P. Benstead (editors). 2003. The Natural History of Madagascar. Chicago: The University of Chicago Press.
- IUCN, Conservation International, and NatureServe. 2004. Global Amphibian Assessment. <www.globalamphibians.org>. First accessed March 2005.
- IUCN. 2004. 2004 IUCN Red List of Threatened Species™: A Global Species Assessment. Available: <http://www.iucnredlist.org/>
- Janson, C.H. and J.W. Terborgh. 1986. Pages 1-48 in: M.A. Rios (ed.). Cesando Primates en el Bosque Iluvioso. Centro Datas para la Conservation, Lima.
- Jolly A., P. Oberle and R. Albignac. 1984. Madagascar (Key Environments). Pergamon Press Ltd., Oxford.

- Kupitz, D. 2005. Tenrec Resources and Information. Internet: <http://tenrec.xardas.lima-city.de/systemat.htm>
- Mittermeier, R.A, I. Tattersall, W.R. Konstant, D. M. Meyers, R.B. Mast, and S.D. Nash. 1994. Lemurs of Madagascar. Conservation International. Washington, DC.
- Meyers, David. 2005. Environmental Consultant. Personal Communication. July 1, 2005.
- Parcs Nationaux Madagascar. 2000. Le Parc National Mantadia Andasibe. Internet : <http://www.parcs-madagascar.com/mantadia/climat.htm#b> First accessed April 2005.
- Rasolonandrasana, B. and S. Grenfell. Parc National d'Andringitra. In: Goodman, S.M., and J.P. Benstead. 2003. The Natural History of Madagascar. Chicago: The University of Chicago Press. pp. 1489-1494.
- Raxworthy, C.J. 2003. Chapter 11: Reptiles. In: Goodman S.M., and J.P. Benstead. 2003. The Natural History of Madagascar. Chicago: The University of Chicago Press. Pp. 934-1018.
- Raxworthy, C.J., and R.A. Nussbaum, 1996. Patterns of endemism for terrestrial vertebrates in Eastern Madagascar. Pgs. 369-383 in W.R. Lourenco (ed.) Biogeographie de Madagascar. Editions de l'ORSTOM, Paris.
- Russ, J., D. Bennett, K. Ross and A. Kofoky. 2001. The Bats of Madagascar: A Field Guide with Description of Echolocation Calls. Viper Press, UK.
- Schmid, J. 2000. Conservation planning in the Mantady – Zahamena corridor, Madagascar: Rapid Assessment Program (RAP). In Rheinwald, G. (ed). Isolated Vertebrate Communities in the Tropics. Proceedings of the 4th International Symposium., Bonn. Bonn. zool. Monogr. 46, 2000.
- Stephenson, P.J. 1993. The Small Mammal Fauna of Réserve Spéciale d'Analamazaotra, Madagascar: the effects of human disturbance on endemic species diversity. Biodiversity and Conservation 2: 603-615.

- Sussman, R.W. and P.H. Raven. 1979. Pollination by lemurs and marsupials: An archaic co-evolutionary system. *Science* 200: 731-734. Cited in Goodman S.M., and J.P. Benstead. 2003. *The Natural History of Madagascar*. Chapter 13: Mammals. Chicago: The University of Chicago Press.
- Tattersall, I. 1982. *The Primates of Madagascar*. Columbia University Press.
- Uetz, P. (editor). 2005. *The European Molecular Biology Laboratory (EMBL) Reptile Database*. Internet: <http://www.reptile-database.org> First accessed March 2005.
- UNEP-WCMC. 2005. *UNEP-WCMC Species Database: CITES-Listed Species On the World Wide Web* : <http://sea.unep-wcmc.org/isdb/CITES/Taxonomy/country.cfm?displaylanguage=eng&Country=MG&submit=Go> First accessed March 2005.
- Vallan, D. 2000. Consequences of Rain Forest Fragmentation for Herptetofauna: a Case Study from Ambohitantely. In: Goodman, S.M., and J.P. Benstead (editors). 2003. *The Natural History of Madagascar*. Chicago: The University of Chicago Press. Pp. 899-907.
- WildMadagascar. 2005. *WildMadagascar Parks website*. Internet: <http://www.wildmadagascar.org/conservation/parks/> First accessed April 2005.
- Wilmé, L., and S.M. Goodman. 2003. Biogeography, Guild Structure, and Elevational Variation of Madagascar Forest Birds. In: Goodman, S.M., and J.P. Benstead (editors). 2003. *The Natural History of Madagascar*. Chicago: The University of Chicago Press. Pp. 1045-1058.
- Young, H.G, R.E Lewis and F. Razafindrajao. 2003. Anseriformes: Anatidae, Wildfowl. In: Goodman, S.M., and J.P. Benstead (editors). 2003. *The Natural History of Madagascar*. Chicago: The University of Chicago Press. Pp. 1077-1080.
- Young, H.G. 2003. Freshwater Birds. In: Goodman, S.M., and J.P. Benstead (editors). 2003. *The Natural History of Madagascar*. Chicago: The University of Chicago Press. Pp. 1071-1077.

VOLUME J

APPENDIX 2.1

ATTACHMENT 1

AMPHIBIANS & REPTILES

ATTACHMENT 1-1
MINE LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area

Class	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category	Abundance
amphibians	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	national			23
	<i>Anodonthyla boulengeri</i>	national			1
	<i>Boophis boehmei</i>	national			21
	<i>Boophis erythrodactylus</i>	national			11
	<i>Boophis goudoti</i>	national			16
	<i>Boophis granulatus</i>	national			10
	<i>Boophis idae</i>	national			14
	<i>Boophis luteus</i>	national			1
	<i>Boophis luteus luteus</i>	national			8
	<i>Boophis madagascariensis</i>	national			26
	<i>Boophis nov. sp.</i>	local			1
	<i>Boophis pyrrhus</i>	national			8
	<i>Boophis reticulatus</i>	national			10
	<i>Boophis sibilans</i>	national	data deficient		2
	<i>Boophis sp. 3</i>	national			1
	<i>Boophis tephraeomystax</i>	national			9
	<i>Boophis viridis</i>	national			3
	<i>Heterixalus betsileo</i>	national			16
	<i>Mantella aurantiaca</i>	regional	critically endangered	Appendix II	11
	<i>Mantella baroni</i>	national		Appendix II	9
	<i>Mantella crocea</i>	regional	endangered	Appendix II	4
	<i>Mantidactylus aerumnalis</i>	national			3
	<i>Mantidactylus aglavei</i>	national			7
	<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	national	data deficient		1
	<i>Mantidactylus argenteus</i>	national			12
	<i>Mantidactylus asper</i>	national			9
	<i>Mantidactylus betsileanus</i>	national			35
	<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	national			29
	<i>Mantidactylus biporus</i>	national			2
	<i>Mantidactylus blommersae</i>	national			14
	<i>Mantidactylus boulengeri</i>	national			4
	<i>Mantidactylus cf femoralis</i>	national			3
	<i>Mantidactylus cf grandisonae</i>	national			1
	<i>Mantidactylus depressiceps</i>	national			1
	<i>Mantidactylus domerguei</i>	national			4
	<i>Mantidactylus eiselti</i>	national	data deficient		2
	<i>Mantidactylus femoralis</i>	national			25
	<i>Mantidactylus grandisonae</i>	national			2
	<i>Mantidactylus guttulatus</i>	national			13
	<i>Mantidactylus liber</i>	national			30
	<i>Mantidactylus lugubris</i>	national			9
	<i>Mantidactylus malagasius</i>	national			1
	<i>Mantidactylus melanopleura</i>	national			9
	<i>Mantidactylus opiparis</i>	national			26
	<i>Mantidactylus plicifer</i>	national	near threatened		3
	<i>Mantidactylus pulcher</i>	national			15
	<i>Mantidactylus redimitus</i>	national			1
	<i>Mantidactylus sp.</i>	national			5
	<i>Mantidactylus sp. 1</i>	national			2
	<i>Mantidactylus tornieri</i>	national			5
	<i>Mantidactylus ulcerosus</i>	national			1
	<i>Paradoxophyla palmata</i>	national			1
	<i>Platypelis barbouri</i>	national			3

Table 1 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area (continued)

Class	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category	Abundance
	<i>Platypelis grandis</i>	national			1
	<i>Platypelis pollicaris</i>	national	data deficient		3
	<i>Platypelis tuberifera</i>	national			13
	<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	national			4
	<i>Plethodontohyla bipunctata</i>	national			1
	<i>Plethodontohyla cf alluaudi</i>	national			1
	<i>Plethodontohyla cf coronata</i>	national	vulnerable		2
	<i>Plethodontohyla inguinalis</i>	national			1
	<i>Plethodontohyla mihanika</i>	national			3
	<i>Plethodontohyla notosticta</i>	national			10
	<i>Plethodontohyla nov. sp.</i>	regional			1
	<i>Ptychadena mascareniensis</i>	no			15
	<i>Scaphiophryne marmorata</i>	national	vulnerable		5
	<i>Stumpffia roseifemoralis</i>	national	data deficient		11
reptiles	<i>Amphiglossus astrolabi</i>	national			3
	<i>Amphiglossus cf melanopleura</i>	national			1
	<i>Amphiglossus cf ornaticeps</i>	national			1
	<i>Amphiglossus macrocerus</i>	national			1
	<i>Amphiglossus melanopleura</i>	national			53
	<i>Amphiglossus melanurus</i>	national			8
	<i>Amphiglossus minutus</i>	national			22
	<i>Amphiglossus mouroundavae</i>	national			6
	<i>Androngo crenni</i>	national			1
	<i>Brookesia superciliaris</i>	national		Appendix II	16
	<i>Brookesia therezieni</i>	national		Appendix II	2
	<i>Brookesia thieli</i>	national		Appendix II	13
	<i>Calumma brevicornis</i>	national		Appendix II	1
	<i>Calumma cf nasuta</i>	national		Appendix II	1
	<i>Calumma gastrotaenia</i>	national		Appendix II	8
	<i>Calumma malthe</i>	national		Appendix II	1
	<i>Calumma nasuta</i>	national		Appendix II	24
	<i>Ebenavia inunguis</i>	national			2
	<i>Furcifer lateralis</i>	national		Appendix II	5
	<i>Furcifer wilsii</i>	national		Appendix II	1
	<i>Geodipsas infralineata</i>	national			2
	<i>Geodipsas laphystia</i>	national			2
	<i>Itacyphus perineti</i>	national			2
	<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	national			3
	<i>Leioheterodon modestus</i>	national			1
	<i>Liophidium cf rhodogaster</i>	national			1
	<i>Liophidium nov. sp. 1</i>	local			2
	<i>Liophidium nov. sp. 2</i>	national			1
	<i>Liophidium rhodogaster</i>	national			2
	<i>Liophidium torquatum</i>	national			2
	<i>Liophidium torquatum?</i>	national			1
	<i>Liopholidophis dolocercus</i>	national			1
	<i>Liopholidophis epistibes</i>	national			4
	<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	national			4
	<i>Liopholidophis lateralis</i>	national			3
	<i>Liopholidophis pinguis</i>	national			1
	<i>Lygodactylus guibei</i>	national			11
	<i>Lygodactylus miops</i>	national			2
	<i>Mabuya boettgeri</i>	national			3

Table 1 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area (continued)

Class	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category	Abundance
	<i>Mabuya gravenhorstii</i>	national			25
	<i>Micropisthodon ochraceus</i>	national			1
	<i>Mimophis mahfalensis</i>	national			1
	<i>Paroedura gracilis</i>	national			1
	<i>Pelusios subniger</i>	no			1
	<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	national		Appendix II	13
	<i>Phelsuma lineata lineata?</i>	regional		Appendix II	6
	<i>Phelsuma pronki</i>	regional	high risk of extinction ^(a)	Appendix II	2
	<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>	regional		Appendix II	13
	<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	national		Appendix II	7
	<i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	national			3
	<i>Pseudoxyrhopus quinquilineatus</i>	national			1
	<i>Sanzinia madagascariensis</i>	national	vulnerable	Appendix I	12
	<i>Stenophis arctifasciatus</i>	national			2
	<i>Stenophis betsileanus</i>	national			1
	<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	national			1
	<i>Uroplatus phantasticus</i>	national		Appendix II	10
	<i>Uroplatus sikorae</i>	national		Appendix II	10
	<i>Zonosaurus aeneus</i>	national			26
	<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	national			13
	<i>Zonosaurus ornatus</i>	national			3

^(a) Considered at high risk of extinction (Raxworthy 2003)

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Area

Class	Area	Species	Abundance
amphibians	Ambatovy	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	8
		<i>Boophis boehmei</i>	21
		<i>Boophis erythrodactylus</i>	1
		<i>Boophis granulatus</i>	9
		<i>Boophis idae</i>	1
		<i>Boophis luteus</i>	1
		<i>Boophis luteus luteus</i>	2
		<i>Boophis madagascariensis</i>	12
		<i>Boophis sp. 3</i>	1
		<i>Heterixalus betsileo</i>	12
		<i>Mantella aurantiaca</i>	1
		<i>Mantella crocea</i>	1
		<i>Mantidactylus aglavei</i>	6
		<i>Mantidactylus argenteus</i>	3
		<i>Mantidactylus asper</i>	9
		<i>Mantidactylus betsileanus</i>	11
		<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	2
		<i>Mantidactylus biporus</i>	2
		<i>Mantidactylus blommersae</i>	1
		<i>Mantidactylus boulengeri</i>	2
		<i>Mantidactylus cf femoralis</i>	2
		<i>Mantidactylus domerguei</i>	3
		<i>Mantidactylus eiselti</i>	1
		<i>Mantidactylus femoralis</i>	13
		<i>Mantidactylus grandisonae</i>	2
		<i>Mantidactylus guttulatus</i>	8
		<i>Mantidactylus liber</i>	10
		<i>Mantidactylus melanopleura</i>	3
		<i>Mantidactylus opiparis</i>	7
		<i>Mantidactylus sp.</i>	2
		<i>Mantidactylus sp. 1</i>	1
		<i>Platypelis tuberifera</i>	3
		<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	1
		<i>Plethodontohyla bipunctata</i>	1
		<i>Plethodontohyla cf alluaudi</i>	1
		<i>Plethodontohyla cf coronata</i>	2
		<i>Plethodontohyla notosticta</i>	4
		<i>Ptychadena mascareniensis</i>	10

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Class	Area	Species	Abundance
		<i>Scaphiophryne marmorata</i>	4
		<i>Stumpffia roseifemoralis</i>	9
	Analamay	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	12
		<i>Boophis erythrodactylus</i>	7
		<i>Boophis goudoti</i>	11
		<i>Boophis granulatus</i>	1
		<i>Boophis idae</i>	3
		<i>Boophis luteus luteus</i>	6
		<i>Boophis madagascariensis</i>	11
		<i>Boophis nov. sp.</i>	1
		<i>Boophis pyrrhus</i>	8
		<i>Boophis reticulatus</i>	10
		<i>Boophis sibilans</i>	2
		<i>Boophis tephraeomystax</i>	9
		<i>Boophis viridis</i>	3
		<i>Heterixalus betsileo</i>	2
		<i>Mantella aurantiaca</i>	7
		<i>Mantella baroni</i>	9
		<i>Mantella crocea</i>	3
		<i>Mantidactylus aerumnalis</i>	3
		<i>Mantidactylus aglavei</i>	1
		<i>Mantidactylus argenteus</i>	9
		<i>Mantidactylus betsileanus</i>	15
		<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	12
		<i>Mantidactylus blommersae</i>	7
		<i>Mantidactylus boulengeri</i>	2
		<i>Mantidactylus cf femoralis</i>	1
		<i>Mantidactylus cf grandisonae</i>	1
		<i>Mantidactylus depressiceps</i>	1
		<i>Mantidactylus domerguei</i>	1
		<i>Mantidactylus eiselti</i>	1
		<i>Mantidactylus femoralis</i>	12
		<i>Mantidactylus guttulatus</i>	4
		<i>Mantidactylus liber</i>	9
		<i>Mantidactylus lugubris</i>	9
		<i>Mantidactylus melanopleura</i>	6
		<i>Mantidactylus opiparis</i>	18
		<i>Mantidactylus pulcher</i>	10

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Class	Area	Species	Abundance
		<i>Mantidactylus redimitus</i>	1
		<i>Mantidactylus sp. 1</i>	1
		<i>Mantidactylus tornieri</i>	5
		<i>Platypelis barbouri</i>	3
		<i>Platypelis pollicaris</i>	3
		<i>Platypelis tuberifera</i>	4
		<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	2
		<i>Plethodontohyla mihanika</i>	3
		<i>Plethodontohyla notosticta</i>	3
		<i>Plethodontohyla nov. sp.</i>	1
		<i>Ptychadena mascareniensis</i>	3
		<i>Stumpffia roseifemoralis</i>	1
	Torotorofotsy	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	3
		<i>Boophis erythrodactylus</i>	3
		<i>Boophis goudoti</i>	5
		<i>Boophis idae</i>	10
		<i>Boophis madagascariensis</i>	3
		<i>Heterixalus betsileo</i>	2
		<i>Mantella aurantiaca</i>	3
		<i>Mantidactylus betsileanus</i>	9
		<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	15
		<i>Mantidactylus blommersae</i>	6
		<i>Mantidactylus guttulatus</i>	1
		<i>Mantidactylus liber</i>	11
		<i>Mantidactylus opiparis</i>	1
		<i>Mantidactylus plicifer</i>	3
		<i>Mantidactylus pulcher</i>	5
		<i>Mantidactylus sp.</i>	3
		<i>Platypelis tuberifera</i>	6
		<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	1
		<i>Plethodontohyla notosticta</i>	3
		<i>Ptychadena mascareniensis</i>	2
		<i>Scaphiophryne marmorata</i>	1
		<i>Stumpffia roseifemoralis</i>	1
	area not known	<i>Anodonthyla boulengeri</i>	1
		<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	1
		<i>Mantidactylus malagasius</i>	1
		<i>Mantidactylus ulcerosus</i>	1

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Class	Area	Species	Abundance
reptiles	Ambatovy	<i>Paradoxophyla palmata</i>	1
		<i>Platypelis grandis</i>	1
		<i>Plethodontohyla inguinalis</i>	1
		<i>Amphiglossus melanopleura</i>	15
		<i>Amphiglossus melanurus</i>	3
		<i>Amphiglossus minutus</i>	6
		<i>Brookesia superciliaris</i>	11
		<i>Brookesia therezieni</i>	1
		<i>Brookesia thieli</i>	8
		<i>Calumma gastrotaenia</i>	5
		<i>Calumma nasuta</i>	9
		<i>Ebenavia inunguis</i>	1
		<i>Geodipsas infralineata</i>	1
		<i>Geodipsas laphystia</i>	1
		<i>Itycyphus perineti</i>	1
		<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	1
		<i>Liophidium nov. sp. 1</i>	1
		<i>Liophidium torquatum</i>	1
		<i>Liopholidophis epistibes</i>	1
		<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	2
		<i>Lygodactylus guibei</i>	6
		<i>Lygodactylus miops</i>	2
		<i>Mabuya boettgeri</i>	1
		<i>Mabuya gravenhorstii</i>	9
		<i>Micropisthodon ochraceus</i>	1
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	3
		<i>Phelsuma lineata lineata?</i>	1
		<i>Phelsuma pronki</i>	1
		<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>	6
		<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	4
		<i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	1
		<i>Pseudoxyrhopus quinquilineatus</i>	1
		<i>Sanzinia madagascariensis</i>	1
		<i>Stenophis arctifasciatus</i>	2
		<i>Uroplatus phantasticus</i>	1
		<i>Uroplatus sikorae</i>	4
		<i>Zonosaurus aeneus</i>	13
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	3

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Class	Area	Species	Abundance
	Analamay	<i>Amphiglossus astrolabi</i>	3
		<i>Amphiglossus cf melanopleura</i>	1
		<i>Amphiglossus melanopleura</i>	20
		<i>Amphiglossus melanurus</i>	2
		<i>Amphiglossus minutus</i>	3
		<i>Amphiglossus mouroundavae</i>	6
		<i>Brookesia therezieni</i>	1
		<i>Brookesia thieli</i>	5
		<i>Calumma gastrotaenia</i>	1
		<i>Calumma nasuta</i>	6
		<i>Geodipsas infralineata</i>	1
		<i>Geodipsas laphystia</i>	1
		<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	2
		<i>Leioheterodon modestus</i>	1
		<i>Liophidium nov. sp. 1</i>	1
		<i>Liophidium rhodogaster</i>	1
		<i>Liophidium torquatum</i>	1
		<i>Liopholidophis epistibes</i>	3
		<i>Lygodactylus guibei</i>	1
		<i>Mabuya gravenhorstii</i>	12
		<i>Paroedura gracilis</i>	1
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	7
		<i>Phelsuma pronki</i>	1
		<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>	4
		<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	1
		<i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	2
		<i>Sanzinia madagascariensis</i>	7
		<i>Stenophis betsileanus</i>	1
		<i>Uroplatus phantasticus</i>	8
		<i>Uroplatus sikorae</i>	4
		<i>Zonosaurus aeneus</i>	8
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	6
	Torotorofotsy	<i>Amphiglossus cf ornaticeps</i>	1
		<i>Amphiglossus melanopleura</i>	18
		<i>Amphiglossus melanurus</i>	3
		<i>Amphiglossus minutus</i>	13
		<i>Androngo crenni</i>	1
		<i>Brookesia superciliaris</i>	5

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Class	Area	Species	Abundance
		<i>Calumma cf nasuta</i>	1
		<i>Calumma gastrotaenia</i>	2
		<i>Calumma nasuta</i>	9
		<i>Ebenavia inunguis</i>	1
		<i>Furcifer lateralis</i>	5
		<i>Itycyphus perineti</i>	1
		<i>Liophidium cf rhodogaster</i>	1
		<i>Liophidium rhodogaster</i>	1
		<i>Liophidium torquatum?</i>	1
		<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	2
		<i>Liopholidophis lateralis</i>	3
		<i>Lygodactylus guibei</i>	4
		<i>Mabuya boettgeri</i>	2
		<i>Mabuya gravenhorstii</i>	4
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	3
		<i>Phelsuma lineata lineata?</i>	5
		<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>	3
		<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	2
		<i>Sanzinia madagascariensis</i>	4
		<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	1
		<i>Uroplatus phantasticus</i>	1
		<i>Uroplatus sikorae</i>	2
		<i>Zonosaurus aeneus</i>	5
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	4
		<i>Zonosaurus ornatus</i>	3
	area not known	<i>Amphiglossus macrocercus</i>	1
		<i>Calumma brevicornis</i>	1
		<i>Calumma malthe</i>	1
		<i>Furcifer willsii</i>	1
		<i>Liophidium nov. sp. 2</i>	1
		<i>Liopholidophis doliocercus</i>	1
		<i>Liopholidophis pinguis</i>	1
		<i>Mimophis mahfalensis</i>	1
		<i>Pelusios subniger</i>	1

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat

Class	Species	Habitat	Abundance
amphibians	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	azonal	8
		transitional	12
		zonal	3
	<i>Anodonthyla boulengeri</i>	not known	1
	<i>Boophis boehmei</i>	azonal	8
		transitional	6
		not known	7
	<i>Boophis erythrodactylus</i>	azonal	1
		transitional	7
		zonal	3
	<i>Boophis goudoti</i>	azonal	9
		marsh	2
		transitional	1
		zonal	3
		not known	1
	<i>Boophis granulosus</i>	azonal	2
		transitional	6
		zonal	2
	<i>Boophis idae</i>	marsh	7
		zonal	7
	<i>Boophis luteus</i>	transitional	1
	<i>Boophis luteus luteus</i>	azonal	6
		transitional	2
	<i>Boophis madagascariensis</i>	azonal	10
		marsh	2
		transitional	7
		zonal	2
		not known	5
	<i>Boophis nov. sp.</i>	azonal	1
	<i>Boophis pyrrhus</i>	azonal	4
		transitional	4
	<i>Boophis reticulatus</i>	azonal	5
		transitional	3
		not known	2
	<i>Boophis sibilans</i>	azonal	1
		transitional	1
	<i>Boophis sp. 3</i>	not known	1
	<i>Boophis tephraeomystax</i>	azonal	5
		not known	4
	<i>Boophis viridis</i>	azonal	1
		transitional	2

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Species	Habitat	Abundance
	<i>Heterixalus betsileo</i>	azonal	12
		transitional	1
		zonal	2
		not known	1
	<i>Mantella aurantiaca</i>	azonal	1
		transitional	6
		zonal	3
		not known	1
	<i>Mantella baroni</i>	azonal	7
		transitional	2
	<i>Mantella crocea</i>	azonal	1
		transitional	2
		not known	1
	<i>Mantidactylus aerumnalis</i>	azonal	3
	<i>Mantidactylus aglavei</i>	transitional	2
		zonal	5
	<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	not known	1
	<i>Mantidactylus argenteus</i>	azonal	9
		transitional	2
		not known	1
	<i>Mantidactylus asper</i>	azonal	4
		transitional	5
	<i>Mantidactylus betsileanus</i>	azonal	13
		marsh	5
		transitional	6
		zonal	5
		not known	6
	<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	azonal	3
		marsh	2
		transitional	4
		zonal	17
		not known	3
	<i>Mantidactylus biporus</i>	azonal	1
		transitional	1
	<i>Mantidactylus blommersae</i>	azonal	4
		marsh	6
		transitional	3
		zonal	1
	<i>Mantidactylus boulengeri</i>	azonal	3
		transitional	1
	<i>Mantidactylus cf femoralis</i>	azonal	1
		transitional	2
	<i>Mantidactylus cf grandisonae</i>	azonal	1

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Species	Habitat	Abundance
	<i>Mantidactylus depressiceps</i>	zonal	1
	<i>Mantidactylus domerguei</i>	azonal	3
		transitional	1
	<i>Mantidactylus eiselti</i>	azonal	1
		transitional	1
	<i>Mantidactylus femoralis</i>	azonal	6
		transitional	7
		zonal	1
		not known	11
	<i>Mantidactylus grandisonae</i>	transitional	2
	<i>Mantidactylus guttulatus</i>	azonal	5
		transitional	2
		zonal	3
		not known	3
	<i>Mantidactylus liber</i>	azonal	8
		marsh	7
		transitional	6
		zonal	9
	<i>Mantidactylus lugubris</i>	azonal	4
		transitional	5
	<i>Mantidactylus malagasius</i>	not known	1
	<i>Mantidactylus melanopleura</i>	azonal	3
		transitional	5
		zonal	1
	<i>Mantidactylus opiparis</i>	azonal	14
		transitional	7
		zonal	2
		not known	3
	<i>Mantidactylus plicifer</i>	marsh	3
	<i>Mantidactylus pulcher</i>	azonal	1
		marsh	5
		transitional	9
	<i>Mantidactylus redimitus</i>	azonal	1
	<i>Mantidactylus sp.</i>	marsh	3
		transitional	1
		zonal	1
	<i>Mantidactylus sp. 1</i>	transitional	1
		not known	1
	<i>Mantidactylus tornieri</i>	azonal	3
		transitional	2
	<i>Mantidactylus ulcerosus</i>	not known	1
	<i>Paradoxophyla palmata</i>	not known	1
	<i>Platypelis barbouri</i>	azonal	3

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Species	Habitat	Abundance
	<i>Platypelis grandis</i>	not known	1
	<i>Platypelis pollicaris</i>	transitional	2
		zonal	1
	<i>Platypelis tuberifera</i>	azonal	4
		marsh	3
		zonal	6
	<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	azonal	2
		marsh	1
		transitional	1
	<i>Plethodontohyla bipunctata</i>	azonal	1
	<i>Plethodontohyla cf alluaudi</i>	transitional	1
	<i>Plethodontohyla cf coronata</i>	azonal	1
		transitional	1
	<i>Plethodontohyla inguinalis</i>	not known	1
	<i>Plethodontohyla mihanika</i>	azonal	1
		zonal	2
	<i>Plethodontohyla notosticta</i>	azonal	5
		marsh	3
		transitional	1
		zonal	1
	<i>Plethodontohyla nov. sp.</i>	azonal	1
	<i>Ptychadena mascareniensis</i>	azonal	5
		marsh	2
		transitional	8
	<i>Scaphiophryne marmorata</i>	marsh	1
		transitional	3
		zonal	1
	<i>Stumpffia roseifemoralis</i>	azonal	4
		transitional	6
		zonal	1
reptiles	<i>Amphiglossus astrolabi</i>	azonal	3
	<i>Amphiglossus cf melanopleura</i>	transitional	1
	<i>Amphiglossus cf ornaticeps</i>	marsh	1
	<i>Amphiglossus macrocerus</i>	not known	1
	<i>Amphiglossus melanopleura</i>	azonal	19
		marsh	11
		transitional	15
		zonal	8
	<i>Amphiglossus melanurus</i>	azonal	1
		marsh	1
		transitional	3
		zonal	3

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Species	Habitat	Abundance
	<i>Amphiglossus minutus</i>	azonal	2
		marsh	11
		transitional	5
		zonal	4
	<i>Amphiglossus mouroundavae</i>	azonal	6
	<i>Androngo crenni</i>	marsh	1
	<i>Brookesia superciliaris</i>	azonal	1
		marsh	3
		transitional	7
		zonal	3
		not known	2
	<i>Brookesia therezieni</i>	azonal	1
		transitional	1
	<i>Brookesia thieli</i>	azonal	1
		transitional	8
		zonal	3
		not known	1
	<i>Calumma brevicornis</i>	not known	1
	<i>Calumma cf nasuta</i>	marsh	1
	<i>Calumma gastrotaenia</i>	azonal	1
		transitional	4
		zonal	3
		not known	1
	<i>Calumma malthe</i>	not known	1
	<i>Calumma nasuta</i>	azonal	7
		marsh	4
		transitional	5
		zonal	6
		not known	2
	<i>Ebenavia inunguis</i>	azonal	1
		zonal	1
	<i>Furcifer lateralis</i>	marsh	3
		zonal	2
	<i>Furcifer willsii</i>	not known	1
	<i>Geodipsas infralineata</i>	transitional	1
		zonal	1
	<i>Geodipsas laphystia</i>	transitional	2
	<i>Itocyphus perineti</i>	marsh	1
		transitional	1
	<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	azonal	2
		not known	1
	<i>Leioheterodon modestus</i>	azonal	1
	<i>Liophidium cf rhodogaster</i>	marsh	1
	<i>Liophidium nov. sp. 1</i>	azonal	1

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Species	Habitat	Abundance
		zonal	1
	<i>Liophidium nov. sp. 2</i>	not known	1
	<i>Liophidium rhodogaster</i>	azonal	1
		zonal	1
	<i>Liophidium torquatum</i>	azonal	2
	<i>Liophidium torquatum?</i>	marsh	1
	<i>Liopholidophis doliocercus</i>	not known	1
	<i>Liopholidophis epistibes</i>	azonal	3
		zonal	1
	<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	transitional	2
		not known	2
	<i>Liopholidophis lateralis</i>	marsh	1
		zonal	2
	<i>Liopholidophis pinguis</i>	not known	1
	<i>Lygodactylus guibei</i>	azonal	2
		marsh	1
		transitional	4
		zonal	4
	<i>Lygodactylus miops</i>	azonal	1
		transitional	1
	<i>Mabuya boettgeri</i>	azonal	1
		zonal	2
	<i>Mabuya gravenhorstii</i>	azonal	14
		marsh	3
		transitional	7
		zonal	1
	<i>Micropisthodon ochraceus</i>	transitional	1
	<i>Mimophis mahfalensis</i>	not known	1
	<i>Paroedura gracilis</i>	zonal	1
	<i>Pelusios subniger</i>	not known	1
	<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	azonal	5
		zonal	8
	<i>Phelsuma lineata lineata?</i>	marsh	4
		transitional	1
		zonal	1
	<i>Phelsuma pronki</i>	azonal	2
	<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>	azonal	2
		marsh	2
		transitional	4
		zonal	4
		not known	1
	<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	azonal	2
		transitional	3

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Species	Habitat	Abundance
		zonal	2
	<i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	azonal	3
	<i>Pseudoxyrhopus quinquilineatus</i>	azonal	1
	<i>Sanzinia madagascariensis</i>	azonal	5
		marsh	3
		transitional	2
		zonal	2
	<i>Stenophis arctifasciatus</i>	azonal	2
	<i>Stenophis betsileanus</i>	azonal	1
	<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	zonal	1
	<i>Uroplatus phantasticus</i>	azonal	4
		transitional	4
		zonal	2
	<i>Uroplatus sikorae</i>	azonal	3
		marsh	2
		transitional	3
		zonal	1
		not known	1
	<i>Zonosaurus aeneus</i>	azonal	15
		marsh	2
		transitional	4
		zonal	4
		not known	1
	<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	azonal	6
		marsh	1
		transitional	2
		zonal	4
	<i>Zonosaurus ornatus</i>	zonal	3

SPECIES ACCUMULATION CURVES

Figure 1 Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in Azonal Habitat

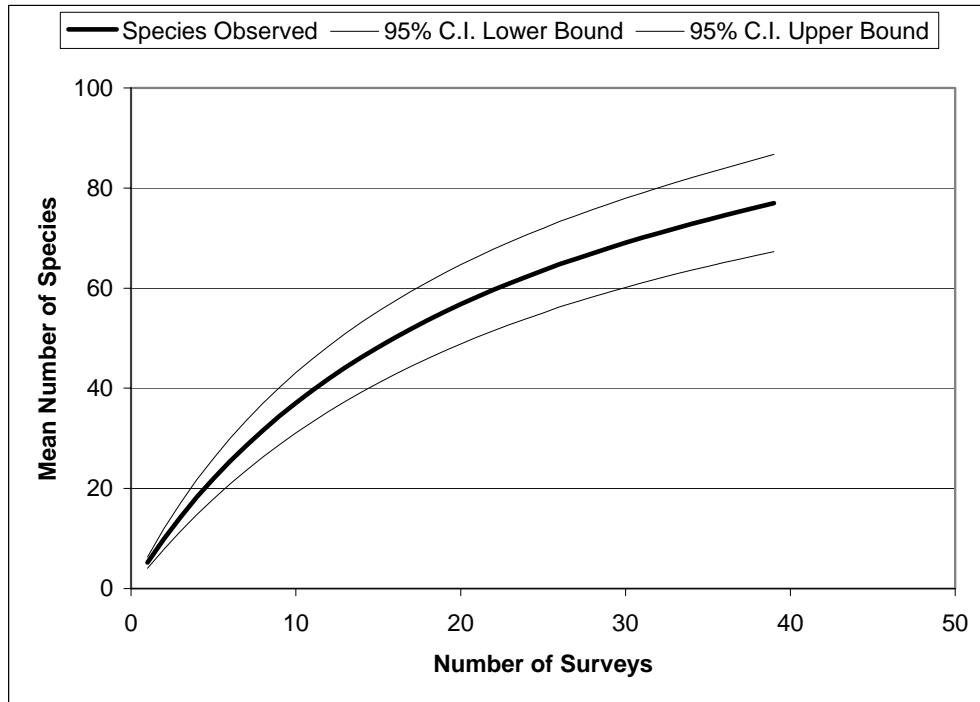


Figure 2 Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in Zonal Habitat

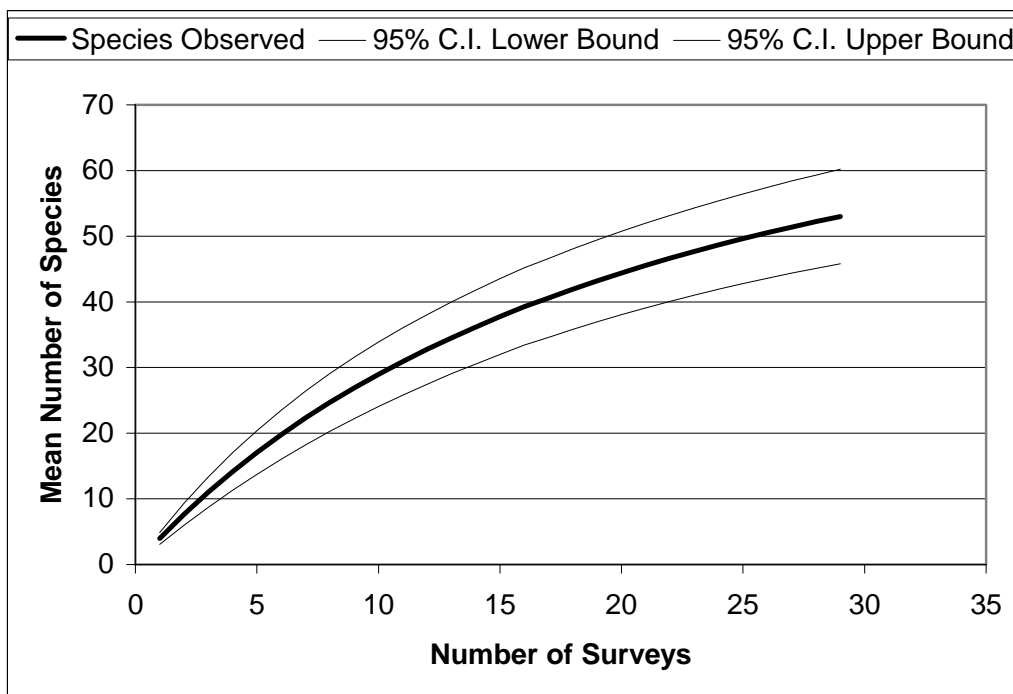


Figure 3 Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in Transitional Habitat

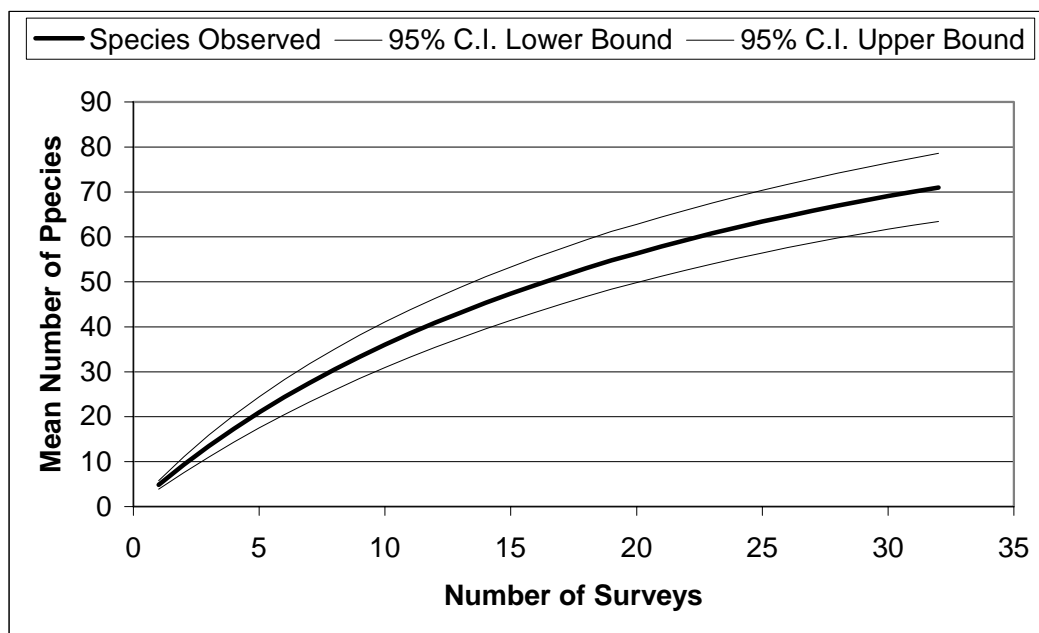
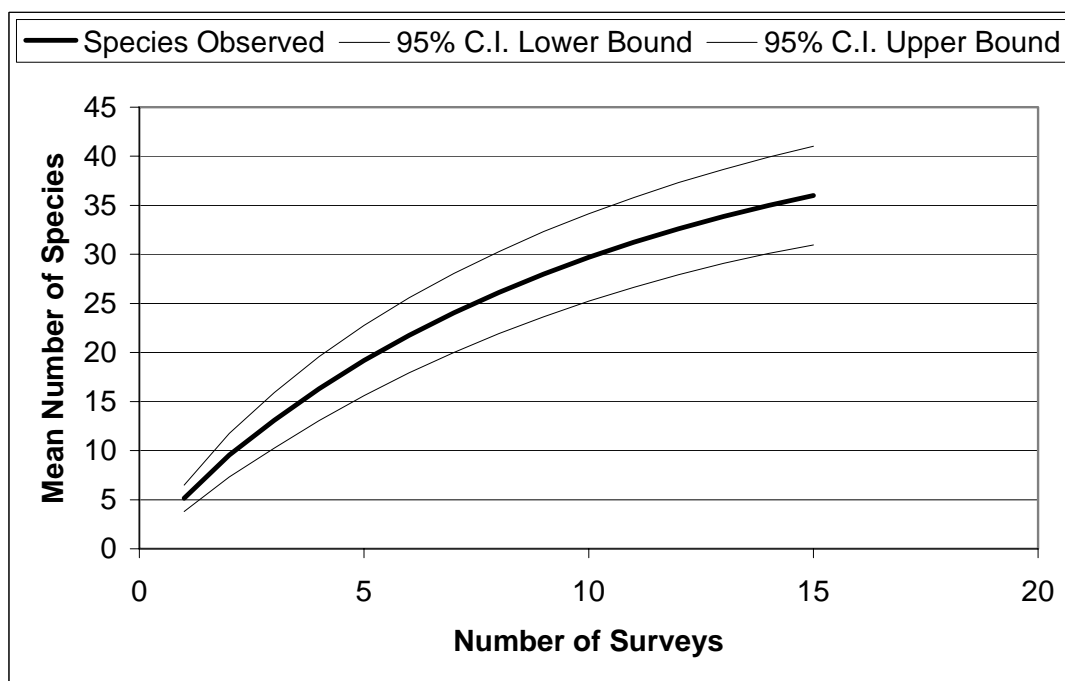


Figure 4 Species Accumulation Curve for Reptiles and Amphibians in Marsh Habitat



TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT
ON
AMPHIBIANS AND REPTILES
FROM 03/03/04 TO 31/03/04
(FRENCH)

ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL
DANS LA ZONE D'EXPLOITATION MINIERE
A AMBATOVY

Volet : HERPETOFAUNE

Rapport écrit par

RAFANOMEZANTSOA Jeannot

(Juillet 2004)

1 INTRODUCTION

Dans le cadre de l'exploitation minière à Ambatovy (région de Moramanga), une étude d'impact environnemental (E.I.E.) y a été faite- du 03/03/04 jusqu'au 31/03/04- par une équipe biologiste multidisciplinaire. L'objectif principal de cette étude est de décélérer la richesse spécifique de la forêt d'Ambatovy et ses environs en matière de la faune. En effet, différentes classes d'Animaux y ont été inventoriées dont les Amphibiens et les Reptiles (Herpetofaune). Ces inventaires faunistiques sont menés dans 3 sites différents, à savoir Analamay, Ambatovy et Sahavarina (ce dernier site se trouve à proximité du marais de Torotorofotsy, la partie centre-ouest).

On rappelle qu'une autre étude d'impact environnemental a déjà été effectuée dans cette zone de projet minier à Ambatovy en 1997, et pendant laquelle les sites visités sont : Analamay, Ambatovy et Ambohitrapanga (ce dernier site se situe aussi près du marais de Torotorofotsy, mais dans la partie nord-ouest).

L'autre objectif de cette étude est donc de comparer les résultats obtenus lors de cette mission avec ceux recueillis en 1997 et d'en tirer quelques conclusions s'il y a de variations constatées.

2 DESCRIPTION DES SITES D'ETUDES

La forêt d'Ambatovy (et ses environs) est du type de forêts denses humides de l'Est de moyenne altitude. Elle repose sur le sol latéritique. Divers types de végétation ont été ratissés lors des inventaires herpetofauniques effectués dans cette zone d'activité minière d'Ambatovy.

2.1 – Site Analamay

Coordonnées géographiques du campement : S 18°48.399' ; E 48°20.307' ; 1051 m.

A Analamay, il y a 2 types de végétation : forêt humide primaire et forêt secondaire.

La forêt primaire possède les caractéristiques suivantes : litière moins épais, sous-bois assez dense et pourvu de plusieurs formations de petits bambous. Dans le bas-fond, le

sol est assez friable ; certains grands arbres peuvent atteindre jusqu'à 15 m de hauteur ou plus. Ce bas-fond est traversé par une rivière. Sur le sommet, les arbres sont moins hauts que dans le bas-fond à cause de sol très rocailleux. Il y a aussi quelques clairières et un lac (S 18° 48.640', E 48° 20.520' ; 1079 m) sur le sommet.

Les forêts secondaires s'étaient formées après le passage du feu sur plusieurs parcelles de forêts humides primaires. Ces forêts secondaires sont caractérisées par une strate herbeuse à dominance de fougères et de *Philippia*.

2.2 – Site Ambatovy

Coordonnées géographiques du campement : S 18° 51.109' ; E 48° 19.286' ; 1061 m.

Les types de végétation dans lesquels ont été faits les inventaires herpetofauniques sont les suivants : forêts primaires, forêts secondaires, forêts azonales et une petite formation marécageuse.

Les forêts primaires d'Ambatovy sont de même type que celles d'Analamay. Leur petite différence réside sur l'absence du lac sur le sommet, d'une part, et dans le bas-fond les formations de petits bambous sont moins denses à Ambatovy qu'Analamay, d'autre part.

Les forêts secondaires se caractérisent également par la dominance de fougères et de *Philippia* sur la strate herbeuse.

Les forêts azonales sont composées de forêts sclérophylles (de hauteur moyenne de 5 m environ), de forêts secondaires et de fourré (de hauteur moins de 3 m). Ces types de végétation reposent sur des sols très rocailleux.

La petite formation marécageuse est une formation herbacée sur un petit marais se trouvant non loin de campement de base de la Société Dynatec.

2.3 – Site Sahavarina

Coordonnées géographiques du campement : S 18° 51.940' ; E 48° 20.772' ; 958 m.

Les types de végétation qui existent à Sahavarina sont les suivants : forêts primaires, forêts secondaires, formations marécageuses et une petite savane.

Les forêts primaires sont de même type que celles d'Ambatovy et d'Analamay, mais la seule différence réside sur la structure de sols. En effet, les sols de Sahavarina sont moins rocaillieux que dans les deux premiers sites. A Sahavarina, on observe plusieurs fragments de forêts primaires sur quelques collines au bord du marais de Torotorofotsy.

Les forêts secondaires sont caractérisées par la strate herbeuse à dominance de fougères.

La végétation marécageuse est constituée par des formations herbacées sur le grand marais de Torotorofotsy. Dans ce marais il y a aussi une petite forêt de *Pandanus* (S 18° 51.972' ; E 48° 21.900' ; 958 m) et des rizières.

La savane se trouve sur une petite colline au bord du marais de Torotorofotsy. Dans cette savane il y a quelques *Pinus* et des végétations de fougères et de *Philippia*.

3 METHODES DE TRAVAIL

Sur le terrain, les trois principales méthodes suivantes ont été appliquées lors de l'inventaire herpetofaunique :

a) Méthode de transects

C'est une observation directe effectuée pendant le jour et la nuit sur des pistes différentes (itinéraires –échantillons) et dans divers types de milieux. La nuit des lampes frontales sont utilisées pour trouver les espèces nocturnes ainsi que les diurnes qui se reposent dans leur biotope d'hibernation.

b) Fouille des microhabitats

Cette méthode consiste à inspecter tous les endroits susceptibles d'abriter des amphibiens et des reptiles. Par exemple : tronc d'arbre pourri tombé au sol, écorce du bois mort, feuilles de liège, entre les feuilles de *Pandanus*, sous les roches, trou sur le tronc d'un arbre, etc.

c) Utilisation des trous-pièges (pit-fall traps)

Le but de cette méthode est de capturer les espèces fouisseuses et difficilement observables.

Les pièges sont constitués par des seaux en plastique de 15 litres enfoncés dans le sol. Trente-trois seaux ont été utilisés durant cette mission. Ces seaux sont disposés en trois lignes (c'est-à-dire onze par ligne).

Les onze seaux de chaque ligne sont distants, l'un de l'autre, de 10m environ et sont reliés par une barrière plastique (de 50cm de hauteur et de couleur noire) soutenue par des piquets.

Dans les deux premiers sites, l'emplacement des trois lignes de pièges se fait de la façon suivante : l'une dans le bas-fond (au bord de rivière), la deuxième sur le flanc de montagne et la dernière sur le sommet de montagne. Dans le troisième et le dernier site, cet emplacement des lignes de pièges se fait comme suit : l'une dans le bas-fond, la deuxième sur le flanc de montagne et la dernière dans le bas-fond aussi mais à proximité du marais de Torotorofotsy.

Ces pièges sont visités tous les matins et pendant sept jours par site.

Durant cet inventaire herpetofaunique, les informations suivantes sont notées à chaque rencontre ou capture d'un animal : date, heure, altitude, microhabitat, circonstances de capture, etc... Six individus par espèce sont autorisés à collecter au maximum.

Les spécimens ainsi collectés sont asphyxiés dans un bocal contenant un bout de coton imbibé d'éther. Ils sont ensuite injectés de solution du formol 10%. Les espèces difficilement identifiables sur le terrain sont étudiées et analysées au laboratoire scientifique du Département de Biologie Animale de la Faculté des Sciences d'Antananarivo. Les spécimens non identifiés dans ce laboratoire scientifique seront exportés aux U.S.A pour la détermination finale.

NB : Les coordonnées géographiques de chaque ligne de pièges (pit-fall traps) sont données ci-dessous :

Site Analamay

- Ligne 1 : S 18°48.475' ; E 48°20.197' ; 1038 m
- Ligne 2 : S 18° 48.495' ; E 48° 20.444' ; 1076 m
- Ligne 3 : S 18° 48.488' ; E 48°20.334' ; 1091 m

Site Ambatovy

- Ligne 4 : S 18°51.157' ; E 48° 19.323' ; 1034 m
- Ligne 5 : S 18°51.065' ; E 48° 19.323' ; 1055 m
- Ligne 6 : S 18°51.277' ; E 48° 19.270' ; 1095 m

Site Sahavarina

- Ligne 7 : S 18°52.424' ; E 48° 21.023' ; 939 m
- Ligne 8 : S 18°52.357' ; E 48° 20.909' ; 995 m
- Ligne 9 : S 18°51.783' ; E 48° 21.294' ; 947 m

4 RESULTATS

Au total 64 espèces de l'herpetofaune sont recensées durant cette étude dont 30 amphibiens et 34 reptiles (les espèces non décrites sont incluses). Les courbes cumulatives des espèces recensées pendant les jours de travail dans les 3 sites sont exposées dans la figure 1. La liste complète des espèces observées dans chaque site de travail est donnée dans le tableau 4.1. Un certain changement taxonomique pourrait survenir après la détermination finale (aux U.S.A.) de quelques spécimens non identifiés (au laboratoire de la Faculté des Sciences d'Antananarivo). Le nombre d'espèces rencontrées dans les deux derniers sites est assez faible par rapport à celui du premier site.

Le tableau 4.2 représente les types du milieu où est observée chaque espèce. Parmi les 64 espèces recensées 12 seulement se rencontrent en dehors de la forêt humide primaire.

Le tableau 4.3 résume le degré d'endémisme de chaque espèce, soit au niveau national, soit au niveau régional ou local. Toutes les espèces rencontrées sont endémiques de Madagascar, sauf *Ptychadena mascareniensis*

La comparaison des résultats obtenus durant cette étude avec ceux recueillis en 1997 sera exposée dans le tableau 4.4. Plus de trentaine (36) d'espèces batraco-reptiliennes recensées en 1997 ne sont pas observées cette année 2004. Malgré tout, presque une vingtaine (18) d'espèces rencontrées lors de cette mission n'étaient pas trouvées en 1997.

Enfin, la comparaison de toutes les espèces observées à Ambatovy (en 1997 et en 2004 à la fois) avec celles de sites avoisinants (tels que Analamazaotra, Mantadia et Zahamena) sera figurée dans le tableau 4.5.

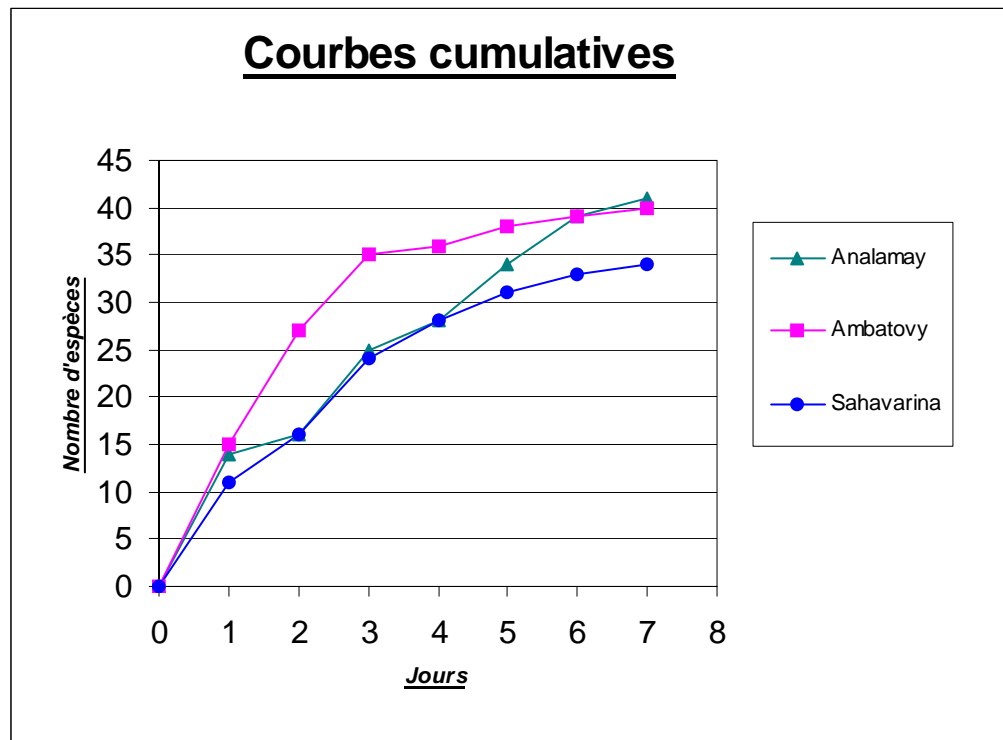


Figure 1 : Courbes cumulatives des espèces recensées pendant les jours de travail dans chaque site

Tableau 4.1 Liste des espèces d'Amphibiens et de Reptiles rencontrées dans les 3 sites d'études

Famille/Espèces	Analamay	Ambatovy	Sahavarina
<u>AMPHIBIENS (30)</u>			
<u>HYPEROLIIDAE</u>			
<i>Heterixalus betsileo</i>	*	*	*
<u>MICROHYLIDAE</u>			
<i>Plethodontohyla notosticta</i>	*	*	
<i>Plethodontohyla alluaudi</i>			*
<i>Platypelis tuberifera</i>	*	*	
<u>RANIDAE</u>			
<i>Ptychadena mascareniensis</i>		*	*
<u>MANTELLIDAE</u>			
<i>Mantella aurantiaca</i>			*
<i>Mantella baroni</i>	*		
<i>Mantidactylus argenteus</i>	*	*	
<i>Mantidactylus betsileanus</i>	*	*	*
<i>Mantidactylus opiparis</i>	*	*	*
<i>Mantidactylus tornieri</i>	*		
<i>Mantidactylus liber</i>	*		*
<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	*		*
<i>Mantidactylus guttulatus</i>	*	*	
<i>Mantidactylus femoralis</i>	*	*	
<i>Mantidactylus eiselti</i>		*	
<i>Mantidactylus boulengeri</i>		*	
<i>Mantidactylus domerguei</i>		*	
<i>Mantidactylus blommersae</i>	*	*	*
<i>Mantidactylus cf.grandisonae</i>	*		
<i>Mantidactylus sp.</i>	*	*	

Famille/Espèces	Analamay	Ambatovy	Sahavarina
<u>RHACOPHORIDAE</u>			
<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	*	*	*
<i>Boophis madagascariensis</i>	*	*	
<i>Boophis goudoti</i>	*		*
<i>Boophis reticulatus</i>	*		
<i>Boophis boehmei</i>		*	
<i>Boophis difficilis</i>	*		
<i>Boophis luteus</i>	*	*	
<i>Boophis idae</i>	*		*
<i>Boophis granulosus</i>		*	
Total des Amphibiens par site	22	19	13
<u>REPTILES (34)</u>			
<u>GEKKONIDAE</u>			
<i>Uroplatus sikorae</i>	*	*	
<i>Uroplatus phantasticus</i>	*		*
<i>Ebenavia inunguis</i>		*	
<i>Lygodactylus guibei</i>		*	*
<i>Phelsuma lineata</i>	*	*	*
<i>Phelsuma quadriocellata</i>	*	*	*
<i>Phelsuma pronki</i>	*	*	
<u>CHAMAELEONIDAE</u>			
<i>Brookesia superciliaris</i>		*	*
<i>Brookesia thieli</i>	*	*	
<i>Brookesia therezieni</i>	*		
<i>Calumma nasuta</i>	*	*	*
<i>Calumma gastrotaenia</i>		*	*
<i>Calumma cf. nasuta</i>			*
<i>Furcifer lateralis</i>			*

Famille/Espèces	Analamay	Ambatovy	Sahavariana
<u>SCINCIDAE</u>			
<i>Amphiglossus melanopleura</i>	*	*	*
<i>Amphiglossus minutus</i>		*	*
<i>Amphiglossus melanurus</i>	*	*	*
<i>Androngo crenni</i>			*
<i>Amphiglossus astrolabi</i>	*		
<i>Amphiglossus</i> sp.	*		
<i>Mabuya gravenhorstii</i>	*	*	*
<u>CORDYLIDAE</u>			
<i>Zonosaurus aeneus</i>	*	*	
<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	*	*	*
<u>BOIDAE</u>			
<i>Boa mandotra</i>	*		
<u>COLUBRIDAE</u>			
<i>Micropisthodon ochraceus</i>		*	
<i>Geodipsas infralineata</i>	*	*	
<i>Liopholidophis lateralis</i>			*
<i>Liopholidophis infrasignatus</i>		*	*
<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	*	*	*
<i>Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>		*	
<i>Lycodryas betsileanus</i>	*		
<i>Liophidium torquatum</i>			*
<i>Liophidium</i> sp. nov.			*
<u>TYPHLOPIDAE</u>			
<i>Typhlops cf. betsimisaraka</i>			*
TOTAL des Reptiles par site	19	21	21
Total des Amphibiens et des Reptiles par site	41	40	34

Remarque : L'espèce *Mantelle aurantiaca* n'était pas observée à Sahavarina mais dans un fragment de forêt naturelle mélangée d'*Eucalyptus* au sud du marais de Torotorofotsy (S 18° 52.575' ; E 48°22.265' ; 956m)

Tableau 4.2 Le type du milieu où était observée chaque espèce.

Espèces	Forêt humide primaire	Forêts secondaires et/ou milieux ouverts(rizières, marais, savane,etc)
<u>AMPHIBIENS</u>		
<i>Heterixalus betsileo</i>	*	*
<i>Plethodontohyla notosticta</i>	*	
<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	*	
<i>Platypelis tuberifera</i>	*	
<i>Ptychadena mascareniensis</i>		*
<i>Mantella aurantiaca</i>	*	
<i>Mantella baroni</i>	*	
<i>Mantidactylus argenteus</i>	*	
<i>Mantidactylus betsileanus</i>	*	
<i>Mantidactylus opiparis</i>	*	
<i>Mantidactylus tornieri</i>	*	
<i>Mantidactylus liber</i>	*	
<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	*	
<i>Mantidactylus guttulatus</i>	*	
<i>Mantidactylus femoralis</i>	*	
<i>Mantidactylus eiselti</i>	*	
<i>Mantidactylus boulengeri</i>	*	
<i>Mantidactylus domerguei</i>	*	
<i>Mantidactylus blommersae</i>	*	
<i>Mantidactylus cf.grandisonae</i>	*	
<i>Mantidactylus</i> sp.	*	

Espèces	Forêt primaire humide	Forêt secondaire et/ou milieux ouverts(rizières, marais, savane,etc)
<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	*	
<i>Boophis madagascariensis</i>	*	
<i>Boophis goudoti</i>	*	
<i>Boophis reticulatus</i>	*	
<i>Boophis boehmei</i>	*	
<i>Boophis difficilis</i>	*	
<i>Boophis luteus</i>	*	
<i>Boophis idae</i>	*	
<i>Boophis granulosus</i>	*	
Espèces	Foret humide primaire	Forêt secondaire et/ou milieux ouverts(rizières, marais, savane,etc)
<u>REPTILES</u>		
<i>Uroplatus sikorae</i>	*	
<i>Uroplatus phantasticus</i>	*	
<i>Ebenavia inunguis</i>		*
<i>Lygodactylus guibei</i>	*	
<i>Phelsuma lineata</i>	*	*
<i>Phelsuma quadriocellata</i>	*	*
<i>Phelsuma pronki</i>		*
<i>Brookesia superciliaris</i>	*	
<i>Brookesia thieli</i>	*	
<i>Brookesia therezieni</i>	*	
<i>Calumma nasuta</i>	*	
<i>Calumma gastrotaenia</i>	*	
<i>Calumma cf. nasuta</i>	*	
<i>Furcifer lateralis</i>		*
<i>Amphiglossus melanopleura</i>	*	

Espèces	Foret humide primaire	Forêt secondaire et/ou milieux ouverts(rizières, marais, savane,etc)
<u>REPTILES</u>		
<i>Amphiglossus minutus</i>	*	
<i>Amphiglossus melanurus</i>	*	
<i>Androngo crenni</i>	*	
<i>Amphiglossus astrolabi</i>	*	
<i>Amphiglossus sp.</i>	*	
<i>Mabuya gravenhorstii</i>		*
<i>Zonosaurus aeneus</i>	*	
<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	*	*
<i>Boa mandotra</i>	*	
<i>Micropisthodon ochraceus</i>	*	
<i>Geodipsas infralineata</i>	*	
<i>Liopholidophis lateralis</i>		*
<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	*	
<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	*	*
<i>Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>	*	
<i>Lycodryas betsileanus</i>	*	
<i>Liophidium torquatum</i>		*
<i>Liophidium sp. nov.</i>	*	
<i>Typhlops cf. betsimisaraka</i>	*	

Tableau 4.3 Le degré d'endémisme de chaque espèce

Famille / Espèces	Madagascar	Forêt humide primaire	Région de Moramanga	Site d'étude d'Ambatovy
<u>AMPHIBIENS</u>				
<u>HYPEROLIIDAE</u>				
<i>Heterixalus betsileo</i>	*			
<u>MICROHYLIDAE</u>				
<i>Plethodontohyla notosticta</i>	*	*		
<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	*	*		
<i>Platypelis tuberifera</i>	*	*		
<u>RANIDAE</u>				
<i>Ptychadena mascareniensis</i>				
<u>MANTELLIDAE</u>				
<i>Mantella aurantiaca</i>	*	*	*	
<i>Mantella baroni</i>	*	*		
<i>Mantidactylus argenteus</i>	*	*		
<i>Mantidactylus betsileanus</i>	*	*		
<i>Mantidactylus opiparis</i>	*	*		
<i>Mantidactylus tornieri</i>	*	*		
<i>Mantidactylus liber</i>	*	*		
<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	*	*		
<i>Mantidactylus guttulatus</i>	*	*		
<i>Mantidactylus femoralis</i>	*	*		
<i>Mantidactylus eiselti</i>	*	*		
<i>Mantidactylus boulengeri</i>	*	*		
<i>Mantidactylus domerguei</i>	*	*		
<i>Mantidactylus blommersae</i>	*	*		
<i>Mantidactylus cf.grandisonae</i>	*	*		
<i>Mantidactylus sp.</i>	*	*		
<u>RHACOPHORIDAE</u>				
<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	*	*		

Famille / Espèces	Madagascar	Forêt humide primaire	Région de Moramanga	Site d'étude d'Ambatovy
<i>Boophis madagascariensis</i>	*	*		
<i>Boophis goudoti</i>	*	*		
<i>Boophis reticulatus</i>	*	*		
<i>Boophis boehmei</i>	*	*		
<i>Boophis difficilis</i>	*	*		
<i>Boophis luteus</i>	*	*		
<i>Boophis idae</i>	*	*		
<i>Boophis granulatus</i>	*	*		
REPTILES				
<u>GEKKONIDAE</u>				
<i>Uroplatus sikorae</i>	*	*		
<i>Uroplatus phantasticus</i>	*	*		
<i>Ebenavia inunguis</i>	*			
<i>Lygodactylus guibei</i>	*	*		
<i>Phelsuma lineata</i>	*			
<i>Phelsuma quadriocellata</i>	*			
<i>Phelsuma pronki</i>	*			
<u>CHAMAELEONIDAE</u>				
<i>Brookesia superciliaris</i>	*	*		
<i>Brookesia thieli</i>	*	*		
<i>Brookesia therezieni</i>	*	*		
<i>Calumma nasuta</i>	*	*		
<i>Calumma gastrotaenia</i>	*	*		
<i>Calumma cf. nasuta</i>	*	*		
<i>Furcifer lateralis</i>	*			
<u>SCINCIDAE</u>				
<i>Amphiglossus melanopleura</i>	*	*		

Famille / Espèces	Madagascar	Forêt humide primaire	Région de Moramanga	Site d'étude d'Ambatovy
<i>Amphiglossus minutus</i>	*	*		
<i>Amphiglossus melanurus</i>	*	*		
<i>Androngo crenni</i>	*	*		
<i>Amphiglossus astrolabi</i>	*	*		
<i>Amphiglossus</i> sp.	*	*		
<i>Mabuya gravenhorstii</i>	*			
<u>CORDYLIDAE</u>				
<i>Zonosaurus aeneus</i>	*	*		
<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	*	*		
<u>BOIDAE</u>				
<i>Boa mandotra</i>	*			
<u>COLUBRIDAE</u>				
<i>Micropisthodon ochraceus</i>	*	*		
<i>Geodipsas infralineata</i>	*	*		
<i>Liopholidophis lateralis</i>	*			
<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	*	*		
<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	*			
<i>Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>	*	*		
<i>Lycodryas betsileanus</i>	*	*		
<i>Liophidium torquatum</i>	*			
<i>Liophidium</i> sp. nov.	*	*	*	*
<u>TYPHLOPIDAE</u>				
<i>Typhlops</i> cf. <i>betsimisaraka</i>	*	*		

Tableau 4.4 Comparaison des résultats obtenus en 1997 avec ceux de 2004.

Famille / Espèces	1997	2004
<u>AMPHIBIENS (52)</u>		
<u>HYPEROLIIDAE</u>		
<i>Heterixalus betsileo</i>	*	*
<u>MICROHYLIDAE</u>		
<i>Plethodontohyla notosticta</i>	*	*
<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	*	*
<i>Plethodontohyla inguinalis</i>	*	
<i>Plethodontohyla</i> sp. nov.	*	
<i>Platypelis tuberifera</i>	*	
<i>Platypelis grandis</i>	*	
<i>Platypelis pollicaris</i>	*	
<i>Anodonthyla boulengeri</i>	*	
<i>Paradoxophyla palmata</i>	*	
<i>Scaphiophryne marmorata</i>	*	
<u>RANIDAE</u>		
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	*	*
<u>MANTELLIDAE</u>		
<i>Mantella aurantiacca</i>	*	*
<i>Mantella baroni</i>	*	*
<i>Mantella crocea</i>	*	
<i>Mantidactylus malagasius</i>	*	
<i>Mantidactylus argenteus</i>	*	*
<i>Mantidactylus betsileanus</i>	*	*
<i>Mantidactylus opiparis</i>	*	*
<i>Mantidactylus tornieri</i>		*
<i>Mantidactylus liber</i>	*	*
<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	*	*
<i>Mantidactylus guttulatus</i>	*	*
<i>Mantidactylus femoralis</i>	*	*
<i>Mantidactylus eiselti</i>	*	*

Famille / Espèces	1997	2004
<i>Mantidactylus boulengeri</i>		*
<i>Mantidactylus domerguei</i>		*
<i>Mantidactylus blommersae</i>	*	*
<i>Mantidactylus cf.grandisonae</i>		*
<i>Mantidactylus</i> sp.		*
<i>Mantidactylus grandisonae</i>	*	
<i>Mantidactylus aglavei</i>	*	
<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	*	
<i>Mantidactylus depressiceps</i>	*	
<i>Mantidactylus lugubris</i>	*	
<i>Mantidactylus pulcher</i>	*	
<i>Mantidactylus redimitus</i>	*	
<i>Mantidactylus ulcerosus</i>	*	
<u>RHACOPHORIDAE</u>		
<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	*	*
<i>Boophis madagascariensis</i>	*	*
<i>Boophis goudoti</i>	*	*
<i>Boophis reticulatus</i>	*	*
<i>Boophis boehmei</i>	*	*
<i>Boophis difficilis</i>		*
<i>Boophis luteus</i>	*	*
<i>Boophis idae</i>	*	*
<i>Boophis granulatus</i>	*	*
<i>Boophis brachychir</i>	*	
<i>Boophis erythrodactylus</i>	*	
<i>Boophis miniatus</i>	*	
<i>Boophis sibilans</i>	*	
<i>Boophis</i> sp. nov.	*	

Famille / Espèces	1997	2004
REPTILES (50)		
<u>PELOMEDUSIDAE</u>		
<i>Pelusios subniger</i>	*	
<u>GEKKONIDAE</u>		
<i>Uroplatus sikorae</i>	*	*
<i>Uroplatus phantasticus</i>	*	*
<i>Ebenavia inunguis</i>		*
<i>Lygodactylus miops</i>	*	*
<i>Lygodactylus guibei</i>		*
<i>Phelsuma lineata</i>	*	*
<i>Phelsuma quadriocellata</i>	*	*
<i>Phelsuma pronki</i>		*
<u>CHAMAELEONIDAE</u>		
<i>Brookesia superciliaris</i>	*	*
<i>Brookesia thieli</i>	*	*
<i>Brookesia therezieni</i>	*	*
<i>Calumma nasuta</i>	*	*
<i>Calumma gastrotaenia</i>	*	*
<i>Calumma cf. nasuta</i>	*	*
<i>Calumma brevicornis</i>	*	
<i>Furcifer willsii</i>	*	
<i>Furcifer lateralis</i>		*
<u>SCINCIDAE</u>		
<i>Amphiglossus melanopleura</i>	*	*

Famille / Espèces	1997	2004
<i>Amphiglossus minutus</i>	*	*
<i>Amphiglossus melanurus</i>		*
<i>Androngo crenni</i>		*
<i>Amphiglossus astrolabi</i>	*	*
<i>Amphiglossus</i> sp.		*
<i>Amphiglossus macrocercus</i>	*	
<i>Amphiglossus mouroundavae</i>	*	
<i>Mabuya gravenhorstii</i>	*	*
<i>Mabuya boettgeri</i>	*	
<u>CORDYLIDAE</u>		
<i>Zonosaurus aeneus</i>	*	*
<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	*	*
<u>BOIDAE</u>		
<i>Boa mandotra</i>	*	*
<u>COLUBRIDAE</u>		
<i>Micropisthodon ochraceus</i>		*
<i>Geodipsas infralineata</i>	*	*
<i>Liopholidophis lateralis</i>	*	*
<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	*	*
<i>Liopholidophis doliocercus</i>	*	
<i>Liopholidophis epistibes</i>	*	
<i>Liopholidophis pinguis</i>	*	
<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	*	*
<i>Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>		*
<i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	*	
<i>Lycodryas betsileanus</i>	*	*
<i>Lycodryas arctifasciatus</i>	*	

<i>Ithycyphus perineti</i>	*	
<i>Mimophis mahfalensis</i>	*	
<i>Liophidium torquatum</i>		*
<i>Liophidium</i> sp. nov. 1	*	
<i>Liophidium</i> sp. nov. 2	*	
<i>Liophidium</i> sp. nov. 3		*
<u>TYPHLOPIDAE</u>		
<i>Typhlops</i> cf. <i>betsimisaraka</i>		*

Remarque :

Auparavant, l'espèce ***Mantella baroni*** (amphibien) était incluse dans l'espèce ***Mantella madagascariensis***. D'après la publication récente de Vences, Glaw et Böhme (1999) ces deux espèces sont actuellement séparées. Leur différence repose sur la couleur de leurs membres postérieurs. En effet, pour ***Mantella madagascariensis*** les pattes postérieures sont entièrement colorées en orange (pied, tarse, tibia et fémur), tandis que pour ***Mantella baroni***, seulement le pied, tarse et le tibia sont colorés en orange (le fémur est coloré en noir).

Tableau 4.5 Comparaison des résultats d'Ambatovy avec ceux de sites avoisinants

Noms scientifiques	Ambatovy	Analamazaotra	Mantadia	Zahamena
AMPHIBIENS				
HYPEROLIIDAE				
<i>Heterixalus betsileo</i>	*	*	*	
<i>Heterixalus punctatus</i>			*	
RHACOPHORIDAE				
<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	*	*	*	*
<i>Boophis madagascariensis</i>	*	*	*	*
<i>Boophis goudoti</i>	*			
<i>Boophis reticulatus</i>	*	*		*
<i>Boophis boehmei</i>	*		*	*
<i>Boophis difficilis</i>	*	*		*
<i>Boophis luteus</i>	*			*
<i>Boophis idae</i>	*	*		
<i>Boophis granulosus</i>	*	*		
<i>Boophis brachychir</i>	*	*		
<i>Boophis erythrodactylus</i>	*	*		*
<i>Boophis miniatus</i>	*	*		*
<i>Boophis sibilans</i>	*			
<i>Boophis</i> sp. nov.	*			
<i>Boophis albilabris</i>			*	*
<i>Boophis albipunctatus</i>				*
<i>Boophis rappiodes</i>		*		*
<i>Boophis viridis</i>		*	*	*
<i>Boophis hillenii</i>		*		
<i>Boophis pauliani</i>		*		
<i>Boophis</i> sp1				*
<i>Boophis</i> sp2				*
<i>Boophis</i> sp3				*

Noms scientifiques	Ambatovy	Analamazaotra	Mantadia	Zahamena
MANTELLIDAE				
<i>Mantella aurantiaca</i>	*	*	*	
<i>Mantella pulchra</i>			*	
<i>Mantella crocea</i>	*		*	
<i>Mantella madagascariensis</i>		*	*	*
<i>Mantella baroni</i>	*	*	*	*
<i>Mantella laevigata</i>				*
<i>Mantella betsileo</i>				*
<i>Mantidactylus depressiceps</i>	*		*	*
<i>Mantidactylus tornieri</i>	*	*	*	*
<i>Mantidactylus liber</i>	*	*	*	*
<i>Mantidactylus blommersae</i>	*	*	*	
<i>Mantidactylus grandisonae</i>	*		*	
<i>Mantidactylus cf. grandisonae</i>	*			
<i>Mantidactylus domerguei</i>	*			
<i>Mantidactylus argenteus</i>	*		*	*
<i>Mantidactylus pulcher</i>	*	*	*	*
<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	*		*	*
<i>Mantidactylus aglavei</i>	*	*	*	*
<i>Mantidactylus fimbriatus</i>			*	
<i>Mantidactylus peraccae</i>				*
<i>Mantidactylus cornutus</i>			*	
<i>Mantidactylus redimitus</i>	*		*	*
<i>Mantidactylus luteus</i>			*	*
<i>Mantidactylus asper</i>			*	*
<i>Mantidactylus boulengeri</i>	*	*	*	*
<i>Mantidactylus eiselti</i>	*	*	*	*
<i>Mantidactylus thelenae</i>			*	
<i>Mantidactylus malagasius</i>	*			*
<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	*			*

Noms scientifiques	Ambatovy	Analamazaotra	Mantadia	Zahamena
<i>Mantidactylus opiparis</i>	*	*	*	*
<i>Mantidactylus aerumnalis</i>			*	
<i>Mantidactylus femoralis</i>	*		*	*
<i>Mantidactylus mocquardi</i>			*	
<i>Mantidactylus lugubris</i>	*	*	*	*
<i>Mantidactylus betsileanus</i>	*		*	*
<i>Mantidactylus ulcerosus</i>	*			
<i>Mantidactylus biporus</i>				*
<i>Mantidactylus leucomaculatus</i>				*
<i>Mantidactylus guttulatus</i>	*	*		
<i>Mantidactylus grandidieri</i>		*	*	*
<i>Mantidactylus</i> sp1	*			
<i>Mantidactylus</i> sp2				*
<i>Mantidactylus</i> sp3				*
<i>Mantidactylus</i> sp4				*
RANIDAE				
<i>Ptychadena mascareniensis</i>	*			*
MICROHYLIDAE				
<i>Anodonthyla boulengeri</i>	*	*		*
<i>Scaphiophryne marmorata</i>	*		*	*
<i>Paradoxophyla palmata</i>	*	*	*	*
<i>Plethodontohyla inguinalis</i>	*			
<i>Plethodontohyla notosticta</i>	*		*	*
<i>Plethodontohyla bipunctata</i>				*
<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	*			
<i>Plethodontohyla ocellata</i>				*
<i>Plethodontohyla laevipes</i>				*
<i>Plethodontohyla serratopalpebrosa</i>				*
<i>Plethodontohyla pseudonotosticta</i>				*
<i>Plethodontohyla</i> sp .nov.	*			

Noms scientifiques	Ambatovy	Analamazaotra	Mantadia	Zahamena
<i>Plethodontohyla</i> sp1				*
<i>Plethodontohyla</i> sp2				*
<i>Plethodontohyla</i> sp3				*
<i>Plethodontohyla</i> sp4				*
<i>Stumpffia tridactyla</i>				*
<i>Stumpffia psologlossa</i>				*
<i>Platypelis grandis</i>	*	*		*
<i>Platypelis tuberifera</i>	*	*	*	*
<i>Platypelis pollicaris</i>	*	*		*
<i>Platypelis barbouri</i>		*		
<i>Platypelis</i> sp.nov.				*
<i>Dyscophis guineti</i>			*	
REPTILES				
PELOMEDUSIDAE				
<i>Pelusios subniger</i>	*			
CHAMAELEONIDAE				
<i>Brookesia superciliaris</i>	*			*
<i>Brookesia therezieni</i>	*	*	*	*
<i>Brookesia thieli</i>	*	*	*	*
<i>Brookesia dentata</i>			*	*
<i>Brookesia minima</i>			*	
<i>Calumma brevicornis</i>	*	*	*	
<i>Calumma malthe</i>	*	*	*	*
<i>Calumma nasuta</i>	*	*	*	*
<i>Calumma cf. nasuta</i>	*			
<i>Calumma gastrotaenia</i>	*	*	*	
<i>Calumma parsonii</i>		*	*	
<i>Calumma cuculatus</i>				*
<i>Calumma furcifer</i>				*
<i>Calumma gallus</i>				*

Noms scientifiques	Ambatovy	Analamazaotra	Mantadia	Zahamena
<i>Calumma fallax</i>			*	
<i>Calumma boettgeri</i>			*	
<i>Calumma</i> sp.				*
<i>Furcifer lateralis</i>	*	*		
<i>Furcifer bifidus</i>				*
<i>Furcifer willsii</i>	*	*	*	
<i>Furcifer petteri</i>			*	
GEKKONIDAE				
<i>Ebenavia inunguis</i>	*			*
<i>Paroedura gracilis</i>				*
<i>Paroedura masobe</i>				*
<i>Homopholis antogili</i>				*
<i>Phelsuma lineata lineata</i>				*
<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	*	*	*	
<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	*	*	*	
<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>				*
<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>				*
<i>Phelsuma guttata</i>				*
<i>Phelsuma pusilla pusilla</i>				*
<i>Phelsuma flavigularis</i>		*	*	
<i>Phelsuma madagascariensis boehmei</i>			*	
<i>Phelsuma pronki</i>	*			
<i>Uroplatus fimbriatus</i>		*	*	*
<i>Uroplatus sikorae</i>	*		*	*
<i>Uroplatus phantasticus</i>	*	*	*	*
<i>Uroplatus lineatus</i>				*
<i>Lygodactylus guibei</i>	*	*	*	
<i>Lygodactylus miops</i>	*		*	*
CORDYLIDAE				
<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	*	*	*	*

Noms scientifiques	Ambatovy	Analamazaotra	Mantadia	Zahamena
<i>Zonosaurus aeneus</i>	*	*	*	*
<i>Zonosaurus ornatus</i>		*	*	
SCINCIDAE				
<i>Mabuya gravenhorstii</i>	*	*	*	*
<i>Mabuya boettgeri</i>	*	*		
<i>Amphiglossus astrolabi</i>	*	*		
<i>Amphiglossus melanurus</i>	*	*		*
<i>Amphiglossus melanopleura</i>	*	*	*	*
<i>Amphiglossus macrocercus</i>	*			*
<i>Amphiglossus mouroundavae</i>	*			
<i>Amphiglossus minutus</i>	*		*	
<i>Amphiglossus frontoparietalis</i>				*
<i>Amphiglossus</i> sp1	*			
<i>Amphiglossus</i> sp2			*	
<i>Amphiglossus</i> sp3				*
<i>Androngo crenni</i>	*			*
BOIDAE				
<i>Boa mandotra</i>	*	*	*	*
<i>Boa madagascariensis</i>			*	
COLUBRIDAE				
<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	*			*
<i>Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>	*			
<i>Pseudoxyrhopus microps</i>			*	*
<i>Pseudoxyrhopus tritaeniatus</i>			*	
<i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	*			
<i>Pseudoxyrhopus</i> sp.		*		
<i>Parahradinaea albignaci</i>		*	*	
<i>Parahradinaea melanogaster</i>		*	*	
<i>Liopholidophis lateralis</i>	*			
<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	*	*	*	*

Noms scientifiques	Ambatovy	Analamazaotra	Mantadia	Zahamena
<i>Liopholidophis epistibes</i>	*	*	*	*
<i>Liopholidophis grandidieri</i>		*	*	
<i>Liopholidophis doliocercus</i>	*			
<i>Liopholidophis pinguis</i>	*			
<i>Lycodryas betsileanus</i>	*			*
<i>Lycodryas arctifasciatus</i>	*	*	*	
<i>Micropisthodon ochraceus</i>	*	*	*	
<i>Ithycyphus perineti</i>	*	*	*	*
<i>Geodipsas infralineata</i>	*			*
<i>Geodipsas</i> sp.				*
<i>Dromicodryas bernieri</i>		*	*	
<i>Mimophis mahfalensis</i>	*			
<i>Liophidium torquatum</i>	*			
<i>Liophidium rhodogaster</i>		*	*	*
<i>Liophidium</i> sp.nov.1	*			
<i>Liophidium</i> sp.nov.2	*			
<i>Liophidium</i> sp.nov.3	*			
TYPHLOPIDAE				
<i>Typhlops cf. betsimisaraka</i>	*			
CROCODYLIDAE				
<i>Crocodylus niloticus</i>				*
Total des espèces recensées (Amphibiens et Reptiles)	102	69	87	109

5 – INTERPRETATIONS

Ces résultats sont très faibles par rapport à ceux recueillis en 1997 (66 contre 85 espèces batraco-reptiliennes). L'une des raisons serait la suivante : cette étude est un peu tard par rapport à celle réalisée en 1997 (qui s'était déroulée entre mi-janvier et mi-février). L'insuffisance des eaux de pluie était constatée durant cet inventaire herpetofaunique. En effet, c'était au début de la mission où il y a eu passage de cyclone « Gafilo » à Madagascar qu'il y a de forte pluie dans la région de Moramanga. Après cela, le climat commence à devenir froid et sec (voir les données météorologiques en Annexe). Ce qui impliquerait une certaine faible activité des Amphibiens et des Reptiles. Il est à rappeler que chez ces derniers, le cycle d'activité est caractérisé par l'alternance très nette de deux périodes :

- vie active en saison chaude et pluvieuse
- vie ralentie ou hibernation pendant la saison fraîche et sèche.

Malgré tout, presque une vingtaine d'espèces batraco-reptiliennes observées durant cette étude n'étaient pas trouvées en 1997. La découverte d'une nouvelle espèce de reptile ***Liophlidium sp. nov.*** (serpent) est nécessaire et satisfaisante sans compter celle(s) qui pourrait s'ajouter après la détermination finale aux U.S.A de certains spécimens non identifiés au laboratoire scientifique de l'Université d'Antananarivo, tels que ***Amphiglossus sp.***, ***Typhlops cf. betsimisaraka***. La description de ***Liophlidium sp.nov.*** est donnée en Annexe.

Le scincidé ***Amphiglossus sp*** pourrait être soit une nouvelle espèce, soit ***Amphiglossus poecilopus***. Au labo de l'Université d'Antananarivo, il n'y a pas de spécimen de référence de cette espèce. La description de ***Amphiglossus sp*** est également donnée en Annexe.

Pour ***Typhlops cf. betsimisaraka***, sa description sera aussi vue en Annexe.

Mantidactylus sp. (amphibien) ressemble à la photo de ***Mantidactylus sp.b.*** dans le livre de Glaw et Vences (1994).

Au cours de cette étude, on note la présence d'une espèce de reptile considérée comme « rare » à Madagascar. Il s'agit de *Micropisthodon ochraceus* (serpent). Elle est observée à Ambatovy (S18°51.157' ; E48°19.323' ; 1034m). Cette espèce est très difficilement observable dans les forêts humides primaires et possède une aire de répartition assez restreinte. Sa distribution connue jusqu'à maintenant est la suivante : Andasibe, Nosy-Be et Nosy Mangabe. Il en est de même pour *Androngo crenni* (scincidé). Cette espèce est aussi difficilement observable dans la forêt. Ce sont les trous-pièges qui peuvent la capturer. Notre spécimen est capturé dans le seau de la ligne de pièges N°7 à Sahavarina. La distribution connue de cette espèce est la suivante : Fanovana, région de Lac Alaotra, Antamenaka – Irihitra, Anjozorobe, Zahamena et la région de Maroantsetra. Ces localités sont basées sur les communications personnelles et sur quelques documents scientifiques.

Dans le tableau 4.2, 54 espèces de l'herpetofaune parmi les 64 recensées lors de cette étude se retrouvent dans les forêts humides primaires (soit 82% environ). Cette forte proportion d'espèces forestières place donc ces amphibiens et reptiles en relation directe avec les écosystèmes forestiers primaires. De ce fait, la modification ou la dégradation de ces derniers pourrait avoir des impacts négatifs non négligeables sur leurs populations, tels que l'éventuelle disparition de certaines espèces de cette zone d'exploitation minière à Ambatovy. Dans ce cas là, les plus sensibles sont l'espèce rare (*Micropisthodon ochraceus*) et l'espèce nouvelle (*Liophidium sp.nov.*)

En unissant ensemble les résultats obtenus en 1997 et en 2004 (tableau 4.4), on peut dire que ce site de projet minier à Ambatovy a une richesse spécifique très élevée en herpetofaune. En effet, 52 espèces d'amphibiens et 50 espèces de reptiles (soit au total 102 espèces) y ont été recensées. Au moins, 5 nouvelles espèces y sont découvertes jusqu'à maintenant (*Plethodontohyla sp.nov.* ; *Boophis sp.nov.* ; *Liophidium sp.nov.1*. *Liophidium sp.nov 2* et *Liophidium sp.nov.3*) .

Il est proposé que l'étude approfondie en herpetofaune soit faite dans les forêts environnant cette zone d'exploitation minière à Ambatovy (telles que les forêts d'Analamazaotra et de Mantadia) pour savoir la distribution actuelle de ces nouvelles espèces et de déterminer leur endémisme, soit au niveau local (site Ambatovy), soit au niveau régional (région de Moramanga). Cette étude identifiera également leurs habitats

convenables dans lesquels elles ne seront pas influencées par les activités minières, et par conséquent, elles seraient, au moins, protégées dans une partie des aires protégées de Madagascar.

En regardant le tableau 4.5, il est difficile de comparer la richesse spécifique d'Ambatovy avec celle d'Analamazaotra et de Mantadia, parce que ces 2 sites ne faisaient jamais l'objet d'inventaire complet en herpétofaune. Les espèces figurées dans ce tableau ne sont que des fragments de résultats trouvés dans quelques livres scientifiques (Nicolle M.E. & Langrand O., Glaw F. & Vences M.) et dans le site web de l'ANGAP (www.parcs-madagascar.com). Au mois de Décembre 1998, des consultants scientifiques pluridisciplinaires engagés par Conservation International (dont Rafanomezantsoa Jeannot, Rabibisoa Nihry, Rabemamananjara Falitiana sont les Herpétologues) ont fait des inventaires faunistiques et floristiques dans le corridor Zahamena-Mantadia. Au cours de ces inventaires, on n'a travaillé que dans 1 seul site à Mantadia. A cet effet, les résultats obtenus ne sont plus exhaustifs pour évaluer la richesse spécifique de ce dernier. En ce qui concerne les résultats de Zahamena, on peut dire qu'ils sont exhaustifs, car l'équipe menée par Dr. Raxworthy (1994) a travaillé dans 3 sites différents. Comparé avec Zahamena, on peut dire que Ambatovy est aussi riche en herpétofaune, car il n'y a qu'une légère différence du point de vue nombre-entre les deux sites (109 # 102 espèces). Du point de vue espèce, on constate que Zahamena est plus riche en Microhylidae (amphibiens) et en Gekkonidae (lézards) que Ambatovy. Par contre, ce dernier est plus riche en Colubridae (serpents) que Zahamena.

Parmi les espèces recensées à Ambatovy (en 1997 et en 2004), certaines sont utilisées dans le commerce extérieur. On note l'existence d'une espèce gravement menacée (*Mantella crocea*), d'espèces menacées (*Mantella aurantiaca*, *Phelsuma pronki*), et d'une espèce vulnérable (*Boa manditra*) ; (Voir tableau b en Annexe).

6 CONCLUSION

Basé sur ces résultats, il est proposé que les activités minières à Ambatovy n'auraient pas d'impacts négatifs sur les populations d'amphibiens et de reptiles, c'est-à-dire ces

activités ne touchent pas, si possible, la majeure partie de la forêt humide primaire restante dont l'état est actuellement fragile. Ce sont les nouvelles espèces, l'espèce rare (telle que *Micropisthodon ochraceus*) et les espèces classées vulnérables, menacées et gravement menacées qui disparaîtraient facilement si elles sont confinées dans des habitats négativement touchés par cette activité minière.

Enfin, il est recommandé que des suivis écologiques soient régulièrement faits (soit chaque année ou tous les deux ans au maximum) afin d'évaluer les impacts de cette activité minière sur l'herpétofaune. Cette étude de suivi devra se faire en beau milieu de la saison de pluie (le moment propice est entre les mois de Décembre et de Février) pendant laquelle les activités des amphibiens et des reptiles battent leur plein.

ANNEXE

**Tableau a :DONNEES METEOROLOGIQUES PRISES DURANT L'ETUDE
D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL A AMBATOVY**

SITE	DATE	T.min(°C)	T.max(°C)	PRECIPITATION (mm)
ANALAMAY	06-mars-04	18	22	89
	07-mars-04	-	-	-
	08-mars-04	18	22	55
	09-mars-04	18	24	00
	10-mars-04	19	26,5	00
	11-mars-04	19	26	00
	12-mars-04	19	26	00
AMBATOVY	15-mars-04	16	22	00
	16-mars-04	15	21	Trace
	17-mars-04	17	26	Trace
	18-mars-04	17	26	Trace
	19-mars-04	15	24	00
	20-mars-04	16	23	1.5
	21-mars-04	19	28	31
SAHAVARINA	24-mars-04	15	27	1.6
	25-mars-04	12	28	0.7
	26-mars-04	16	27	0.5
	27-mars-04	18	26	06
	28-mars-04	13	27	00
	29-mars-04	17	24	0.3
	30-mars-04	18	21	2.5

Remarque :

08-mars-04 : données cumulées pour 2 jours (après retour de Moramanga-ville à cause du passage de cyclone « Gafilo »)

Tableau b : Liste de quelques espèces utilisées dans le commerce extérieur

Noms scientifiques	Statut IUCN	Statut CITES
AMPHIBIENS		
<i>Mantella crocea</i>	Gravement menacé	Annexe II
<i>Mantella aurantiaca</i>	Menacé	Annexe II
REPTILES		
<i>Phelsuma pronki</i>	Menacé	
<i>Boa mandotra</i>	Vulnérable	Annexe I

DESCRIPTIONS DE QUELQUES SPECIMENS NON IDENTIFIES

*JR 0320 – Liophidium sp.nov. (=Liophidium sp. nov.3)

- Longueur du corps (SVL) : 160 mm,
- Longueur de la queue (tal) : 36 mm,
- 21 écailles dorsales,
- 148 écailles ventrales,
- 46 sous-caudales divisées,
- Anale divisée,
- 2 post-oculaires, 1 préoculaire, 2 loréales, 2 nasales,
- 7 labiales supérieures, 8 labiales inférieures,
- Couleur du dos : brun-noir,
- Couleur du ventre : rouge-clair
- Présence de collier blanc sur la nuque,

- Labiale supérieure traversée par une ligne blanche (dans sa partie, supérieure) qui se joint au collier blanc sur la nuque,
- Présence de deux lignes latérales blanches (entre les 5^e et 6^e écailles, dorsales) à partir de la moitié postérieure du corps jusqu'à la moitié, antérieure de la queue.

* JR 0274 – *Typhlops cf. betsimisaraka*

- Longueur du corps avec la queue (TL) : 315mm ,
- Longueur de la queue : 8 mm,
- 26 écailles autour du corps,
- Nasale partiellement divisée,
- Ecailles pigmentées noires,
- Dos brun sombre,
- Ventre gris clair,

* JR0088 : *Amphiglossus sp*

- Longueur du corps (SVL) : 35 mm,
- Longueur de la queue : inconnue,
- 24 écailles autour du corps,
- 74 écailles ventrales,
- Toutes les écailles dorsales sont pourvues de deux taches noires latérales formant ainsi des lignes noires tout au long du corps (16 lignes noires) jusqu'à la queue ,
- Face ventrale du corps : blanchâtre,
- Face ventrale de la queue : grisâtre.

REFERENCES

- * Blommers-Schlösser, R.M.A., et C.P. Blanc. 1991. Amphibiens. Faune de Madagascar 75(1).
- * Evaluation et Plans de Gestion pour la Conservation (CAMP) de la Faune de Madagascar : Lémuriens, Autres Mammifères, Reptiles et Amphibiens, Poissons d'eau douce et Evaluation de la Viabilité des Populations et des Habitats de *Hypogeomys antimena* (Vositse). Résumé Exécutif. Mantasoa, Madagascar. 20-25 Mai 2001. Version finale : Juillet 2002.
- * Glaw F. and Vences M. 1994. A field guide to the amphibians and reptiles of Madagascar, 2nd ed. Moss Druck, Leverkusen, Germany.
- * Glaw F., Vences M. and Böhme W. 1997. Systematic revision of the genus *Aglyptodactylus*–Boulenger, 1919 (Amphibia : Ranidea), and analysis of its phylogenetic relationships to other Madagascar ranid genera (*Tomopterna*, *Boophis*, *Mantidactylus*, and *Mantella*).
- * Glaw F., Vences M. and Böhme W., 1999. A review of the genus *Mantella* (Anura, Ranidae, Mantellinae): taxonomy, distribution and conservation of Malagasy poison frogs.
- * John E.C., 1996. Systematics of snakes of the genus *Geodipsas* (Colubridae) from Madagascar, with descriptions of new species and observations on natural history. Harvard University Cambridge, Massachusetts, U.S.A.
- * John E.C., 1996. Snakes of the genus *Liopholidophis* (Colubridae) from Eastern-Madagascar: new species, revisionary notes, and an estimate of phylogeny. Harvard University, Massachusetts, U.S.A.
- * Mocquard F., 1900. Nouvelle contribution à la faune herpétologique de Madagascar. Paris : Bull. Soc. Philomath., 9(2):93-111.
- * Nicoll M.E. & Langrand O., 1989. Madagascar: revue de la conservation et des aires protégées. World Wide Fund for Nature. Gland Suisse.
- * Nussbaum R.A., Andreone, F., and Raxworthy C.J., 1998. New rain-forest species of *Pseudoxyrhopus* Günther (Squamata : Colubridae) from northern Madagascar.
- * Programme d'évaluation rapide (R.A.P.): Diagnostic physico-chimique du corridor forestier Zahamena-Mantadia. Rapport final: C.I., D.B.A., D.B. Eco-Végétale.
- * Ravoninjatovo Andry, 1998. Contribution à l'étude de la distribution altitudinale de l'herpétofaune dans la forêt de la réserve intégrale n°3 de Zahamena. Mémoire de D.E.A. en Sciences Biologiques Appliquées. Option : Ecologie et Environnement.
- * www.parcs-madagascar.com

TECHNICAL REPORT
ON
AMPHIBIANS AND REPTILES
FROM 25/11/04 TO 23/12/04 AND 08/01/05 TO 17/01/05
(FRENCH)

ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DANS LE COMPLEXE AMBATOVY

(Deuxième mission 2004)

Volet : HERPETOFAUNE

RAPPORT FINAL

Par

RAFANOMEZANTSOA Jeannot

(Mai 2005)

1 INTRODUCTION

Faisant suite à l'étude d'impacts environnementaux effectuée au mois de Mars 2004 dans le complexe d'Ambatovy, l'équipe herpétologique a fait encore une descente sur terrain du 25/11/04 - 23/12/04 et du 08/01/05 – 17/01/05. Cette deuxième descente était menée dans quatre sites différents, à savoir Analamay, Sahavarina (Torotorofotsy), Ambatovy et la forêt au nord d'Analamay (ce dernier site n'était pas visité lors de la première étude). La durée de travail effective par site est de 7 jours.

L'objectif principal de cette étude est de comparer les résultats obtenus lors de cette mission avec ceux recueillis en Mars 2004, d'une part, et de comparer également ces deux résultats avec ceux obtenus en 1997, d'autre part.

2 METHODOLOGIE

Sur le terrain, les trois méthodes de travail utilisées en Mars 2004 ont été également appliquées durant cette deuxième étude.

Il s'agit de :

- méthodes de transects,
- fouille des microhabitats,
- et utilisation des trous-pièges (pit-fall traps).

Pour la troisième méthode, les emplacements des pièges sont différents de ceux installés en Mars 2004. Voici les coordonnées géographiques de chaque ligne de pièges :

- **Site Analamay :**

- ligne 1 : S 18°48.371' ; E 048°20.297' ; 1031m d'altitude
- ligne 2 : S 18°48.483' ; E 048°20.297' ; 1061m d'altitude
- ligne 3 : S 18°48.629' ; E 048°20.500' ; 1112m d'altitude

- **Site Sahavarina :**

- ligne 4 : S 18°52.406' ; E 048°21.016' ; 939 m d'altitude
- ligne 5 : S 18°52.054' ; E 048°21.449' ; 959 m d'altitude
- ligne 6 : S 18°51.779' ; E 048°21.299' ; 962 m d'altitude

- **Site Ambatovy :**

- ligne 7 : S 18°51.086' ; E 048°19.434' ; 1004m d'altitude
- ligne 8 : S 18°51.284' ; E 048°19.280' ; 1069m d'altitude
- ligne 9 : S 18°51.067' ; E 048°19.282' ; 1096m d'altitude

- **Site Nord - Analamay :**

- ligne 10 : S 18°47.739' ; E 048°20.311' ; 1018 m d'altitude
- ligne 11 : S 18°47.662' ; E 048°20.327' ; 1023 m d'altitude
- ligne 12 : S 18°47.695' ; E 048°20.320' ; 1068 m d'altitude

3 RESULTATS

Au total, 89 espèces de l'herpétofaune sont recensées (53 amphibiens et 36 reptiles) durant cette deuxième descente dans le complexe Ambatovy. La liste complète des espèces observées dans chaque site de travail est donnée dans le tableau 3-1, ainsi que la comparaison de ces résultats avec ceux recueillis en Mars 2004. En effet, 8 espèces de reptiles recensées pendant la première étude n'étaient pas observées durant cette seconde mission.

Le tableau 3-2 représente les types de milieux où étaient rencontrées et / ou capturées toutes les espèces pendant les deux études effectuées dans ce complexe Ambatovy.

Le tableau 3-3 résume le degré d'endémisme de chaque espèce, soit au niveau national, soit au niveau régional ou local. Toutes les espèces rencontrées sont endémiques de Madagascar, sauf *Ptychadena mascareniensis* (amphibien) ; deux endémiques régionales (Moramanga et Andasibe) et une endémique locale.

La comparaison des résultats obtenus en 2004 / 2005 avec ceux recueillis en 1997 sera exposée dans le tableau 3-4.

Il est à signaler que dans les résultats précédents, certaines espèces changent de noms scientifiques et il y a aussi des nouveaux noms scientifiques qui apparaissent dans certains groupes d'espèces. Cela est fait à partir des nouvelles publications scientifiques écrites par divers chercheurs tels que : Frank GLAW, Miguel VENCES, Franco ANDREONE, Denis VALLAN, C.J RAXWORTHY, Ronald A. NUSSBAUM, John E. CADLE, etc...

Par exemple, d'après F. Glaw et M. Vences, *Boophis difficilis* devient actuellement *Boophis pyrrhus*, *Mantidactylus melanopleura* est un nouveau nom scientifique issu du groupe de *Mantidactylus opiparis*....

Par conséquent, la ré-étude de certains spécimens précédents, y compris les spécimens de 1997, au laboratoire d'Ankatso, a été nécessaire.

Tableau 3-1 Comparaison des résultats obtenus lors de cette étude avec ceux recueillis en Mars 2005

Noms scientifiques	Analamay	Sahavarina	Ambatovy	Nord Analamay
AMPHIBIENS				
HYPEROLIIDAE				
- <i>Heterixalus betsileo</i>	•	+ / •	+ / •	
MICROHYLIIDAE				
- <i>Platypelis tuberifera</i>	•	+	+ / •	+
- <i>Platypelis pollicaris</i>	+			
- <i>Platypelis barbouri</i>				+
- <i>Scaphiophryne marmorata</i>		+	+	
- <i>Stumpffia roseifemoralis</i>		+	+	+
- <i>Plethodontohyla notosticta</i>	+ / •		+ / •	
- <i>Plethodontohyla mihanika</i>				+
- <i>Plethodontohyla alluaudi</i>		•	+	+
- <i>Plethodontohyla cf alluaudi</i>			+	
- <i>Plethodontohyla bipunctata</i>			+	
- <i>Plethodontohyla cf coronata</i>			+	
RANIIDAE				

Noms scientifiques	Analamay	Sahavarina	Ambatovy	Nord Analamay
- <i>Ptychadena mascareniensis</i>	+	+/ ●	+/ ●	
MANTELLIDAE				
- <i>Mantella aurantiaca</i>	+			
- <i>Mantella baroni</i>	+/ ●			
- <i>Mantella crocea</i>	+			
- <i>Mantidactylus tornieri</i>	+/ ●			
- <i>Mantidactylus depressiceps</i>	+			
- <i>Mantidactylus liber</i>	+/ ●	+/ ●	+	
- <i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	+/ ●	+/ ●	+	+
- <i>Mantidactylus pulcher</i>	+	+		+
- <i>Mantidactylus argenteus</i>	+/ ●		+/ ●	+
- <i>Mantidactylus aglavei</i>			+	+
- <i>Mantidactylus aerumnalis</i>				+
- <i>Mantidactylus opiparis</i>	+	●	+/ ●	+
- <i>Mantidactylus melanopleura</i>	+/ ●		+/ ●	+
- <i>Mantidactylus plicifer</i>		+		
- <i>Mantidactylus redimitus</i>				+
- <i>Mantidactylus asper</i>			+	+
- <i>Mantidactylus guttulatus</i>	+/ ●	+	+/ ●	+
- <i>Mantidactylus lugubris</i>	+			+
- <i>Mantidactylus femoralis</i>	+/ ●		+/ ●	+
- <i>Mantidactylus cf femoralis</i>			+/ ●	+
- <i>Mantidactylus betsileanus</i>	+/ ●	+/ ●	+/ ●	+

Noms scientifiques	Analamay	Sahavarina	Ambatovy	Nord Analamay
- <i>Mantidactylus biporus</i>			+	
- <i>Mantidactylus boulengeri</i>			+/-	+
- <i>Mantidactylus eiselti</i>	+		•	
- <i>Mantidactylus domerguei</i>	+		+/-	
- <i>Mantidactylus blommersae</i>	+/-	+/-	•	+
- <i>Mantidactylus grandisonae</i>			+	
- <i>Mantidactylus sp</i>	•		+/-	
RHACOPHORI DAE				
- <i>Boophis madagascariensis</i>	+/-	+/-	+/-	+
- <i>Boophis goudoti</i>	+/-	+/-		+
- <i>Boophis reticulatus</i>	•			+
- <i>Boophis idae</i>	•	+/-	+	
- <i>Boophis granulosus</i>			+/-	+
- <i>Boophis luteus</i>	•		+/-	
- <i>Boophis sibilans</i>				+
- <i>Boophis erythrodactylus</i>	+	+		+
- <i>Boophis viridis</i>	+			+
- <i>Boophis boehmei</i>			+/-	+
- <i>Boophis pyrrhus</i>	•			+
- <i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	+/-	+/-	+/-	+
Nombre d'espèces d'Amphibiens par site (résultats de deux	33	19	34	31*

Noms scientifiques	Analamay	Sahavarina	Ambatovy	Nord Analamay
missions)				
REPTILES				
GEKKONIDAE				
- <i>Paroedura gracilis</i>	+			
- <i>Ebenavia inunguis</i>		+	•	
- <i>Lygodactylus miops</i>			+	
- <i>Lygodactylus guibei</i>		+/-•	+/-•	+
- <i>Phelsuma lineata</i> <i>bifasciata</i>	+/-•	+/-•	+/-•	+
- <i>Phelsuma quadriocellata</i> <i>quadriocellata</i>	•	+/-•	+/-•	+
- <i>Phelsuma pronki</i>	•		•	
- <i>Uroplatus phantasticus</i>	+/-•	•	+	+
- <i>Uroplatus sikorae</i>	+/-•	+	+/-•	+
CHAMAELEONIDAE				
- <i>Brookesia superciliaris</i>		+/-•	+/-•	
- <i>Brookesia therezieni</i>	•		+	
- <i>Brookesia thieli</i>	+/-•		+/-•	+
- <i>Calumma nasuta</i>	+/-•	+/-•	+/-•	+
- <i>Calumma gastrotaenia</i>			+/-•	+
- <i>Furcifer lateralis</i>		+/-•		
SCINCIDAE				
- <i>Mabuya gravenhorstii</i>	+/-•	+/-•	+/-•	+
- <i>Mabuya boettgeri</i>		+		
- <i>Amphiglossus</i>	+/-•	+/-•	+/-•	+

Noms scientifiques	Analamay	Sahavarina	Ambatovy	Nord Analamay
<i>melanopleura</i>				
- <i>Amphiglossus melanurus</i>	+/ •	•	+/ •	
- <i>Amphiglossus minutus</i>	+	+/ •	+/ •	+
- <i>Amphiglossus mourooundavae</i>				+
- <i>Amphiglossus astrolabi</i>	+/ •			+
- <i>Amphiglossus sp</i>	•			
- <i>Androngo crenni</i>		•		
CORDYLIDAE				
- <i>Zonosaurus madagascariensis</i>	+/ •	+/ •	+/ •	+
- <i>Zonosaurus aeneus</i>	+/ •	+	+/ •	+
- <i>Zonosaurus ornatus</i>		+		
BOIDAE				
- <i>Sanzinia madagascariensis</i>	+/ •	+/ •	+/ •	+
COLUBRIDAE				
- <i>Leioheterodon madagascariensis</i>	+/ •		•	
- <i>Leioheterodon modestus</i>				+
- <i>Geodipsas laphystia</i>	•		+/ •	+
- <i>Liopholidophis epistibes</i>	+		+	+
- <i>Liopholidophis infrasignatus</i>	+	•	•	
- <i>Liopholidophis lateralis</i>		+/ •		
- <i>Stenophis arctifasciatus</i>			+	
- <i>Stenophis betsileanus</i>	•			

Noms scientifiques	Analamay	Sahavarina	Ambatovy	Nord Analamay
<i>-Micropisthodon ochraceus</i>			•	
<i>-Itycyphus perineti</i>		+	+	
<i>-Pseudoxyrhopus heterurus</i>	+		+	+
<i>-Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>			•	
<i>-Liophidium torquatum</i>		•	+	
<i>-Liophidium rhodogaster</i>		+		+
<i>-Liophidium n.sp</i>		•		
TYPHLOPI DAE				
<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>		•		
Nombre d'espèces de reptiles par site (résultats de deux missions)	23	26	30	21*
Nombre d'espèces d'amphibiens par site (résultats de 2 missions)	33	19	34	31*
Nombre d'espèces de reptiles par site (résultats de 2 missions)	23	26	30	21*
Total des amphibiens et des reptiles (résultats de 2 missions)	56	45	64	52*

* : résultats d'une mission seulement

+ : espèces observées lors de cette étude

• : espèces observées en Mars 2004

Tableau 3-2

Type du milieu où était observée chaque espèce

Noms scientifiques	Forêts primaires	Forêts secondaires	Savane	Marais/rizières /lacs
AMPHIBIENS				
HYPEROLIIDAE				
- <i>Heterixalus betsileo</i>	•	•	•	•
MICROHYLIDAE				
- <i>Platypelis tuberifera</i>	•			
- <i>Platypelis pollicaris</i>	•			
- <i>Platypelis barbouri</i>	•			
- <i>Scaphiophryne marmorata</i>	•			
- <i>Stumpffia roseifemoralis</i>	•			
- <i>Plethodontohyla notosticta</i>	•			
- <i>Plethodontohyla mihanika</i>	•			
- <i>Plethodontohyla alluaudi</i>	•			
- <i>Plethodontohyla cf alluaudi</i>	•			
- <i>Plethodontohyla bipunctata</i>	•			
- <i>Plethodontohyla cf coronata</i>	•			
RANIDAE				
- <i>Ptychadena mascareniensis</i>				•

Noms scientifiques	Forêts primaires	Forêts secondaires	Savane	Marais/rizières /lacs
MANTELLIDAE				
- <i>Mantella aurantiaca</i>	•			
- <i>Mantella baroni</i>	•			
- <i>Mantella crocea</i>	•			
- <i>Mantidactylus tornieri</i>	•			
- <i>Mantidactylus depressiceps</i>	•			
- <i>Mantidactylus liber</i>	•			
- <i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	•			
- <i>Mantidactylus pulcher</i>	•			
- <i>Mantidactylus argenteus</i>	•			
- <i>Mantidactylus aglavei</i>	•			
- <i>Mantidactylus aerumnalis</i>	•			
- <i>Mantidactylus opiparis</i>	•			
- <i>Mantidactylus melanopleura</i>	•			
- <i>Mantidactylus plicifer</i>	•			
- <i>Mantidactylus redimitus</i>	•			
- <i>Mantidactylus asper</i>	•			
- <i>Mantidactylus guttulatus</i>	•			
- <i>Mantidactylus lugubris</i>	•			
- <i>Mantidactylus femoralis</i>	•			
- <i>Mantidactylus cf femoralis</i>	•			
- <i>Mantidactylus betsileanus</i>	•			

Noms scientifiques	Forêts primaires	Forêts secondaires	Savane	Marais/rizières /lacs
- <i>Mantidactylus biporus</i>	•			
- <i>Mantidactylus boulengeri</i>	•			
- <i>Mantidactylus eiselti</i>	•			
- <i>Mantidactylus domerguei</i>	•			•
- <i>Mantidactylus blommersae</i>	•			
- <i>Mantidactylus grandisonae</i>	•			
- <i>Mantidactylus sp</i>	•			
RHACOPHORI DAE				
- <i>Boophis madagascariensis</i>	•			
- <i>Boophis goudoti</i>	•	•		
- <i>Boophis reticulatus</i>	•			
- <i>Boophis idae</i>	•			
- <i>Boophis granulatus</i>	•			
- <i>Boophis luteus</i>	•			
- <i>Boophis sibilans</i>	•			
- <i>Boophis erythrodactylus</i>	•			
- <i>Boophis viridis</i>	•			
- <i>Boophis boehmei</i>	•			
- <i>Boophis pyrrhus</i>	•			
- <i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	•			
Total	52	02	01	03

Noms scientifiques	Forêts primaires	Forêts secondaires	Savane	Marais/rizières /lacs
REPTILES				
GEKKONIDAE				
- <i>Paroedura gracilis</i>	•			
- <i>Ebenavia inunguis</i>		•		
- <i>Lygodactylus miops</i>	•			
- <i>Lygodactylus guibei</i>	•			
- <i>Phelsuma lineata</i> <i>bifasciata</i>	•	•		
- <i>Phelsuma quadriocellata</i> <i>quadriocellata</i>	•	•		
- <i>Phelsuma pronki</i>		•		
- <i>Uroplatus phantasticus</i>	•			
- <i>Uroplatus sikorae</i>	•			
CHAMAELEONIDAE				
- <i>Brookesia superciliaris</i>	•			
- <i>Brookesia therezieni</i>	•			
- <i>Brookesia thieli</i>	•			
- <i>Calumma nasuta</i>	•	•		
- <i>Calumma gastrotaenia</i>	•			
- <i>Furcifer lateralis</i>			•	•
SCINCIDAE				
- <i>Mabuya gravenhorstii</i>		•	•	•
- <i>Mabuya boettgeri</i>		•	•	
- <i>Amphiglossus melanopleura</i>	•			
- <i>Amphiglossus melanurus</i>	•			
- <i>Amphiglossus minutus</i>	•			

Noms scientifiques	Forêts primaires	Forêts secondaires	Savane	Marais/rizières /lacs
- <i>Amphiglossus mouroundavae</i>	•			
- <i>Amphiglossus astrolabi</i>	•			
- <i>Amphiglossus sp</i>	•			
- <i>Androngo crenni</i>	•			
CORDYLIDAE				
- <i>Zonosaurus madagascariensis</i>	•	•		•
- <i>Zonosaurus aeneus</i>	•	•		
- <i>Zonosaurus ornatus</i>			•	
BOIDAE				
- <i>Sanzinia madagascariensis</i>	•	•		
COLUBRIDAE				
- <i>Leioheterodon madagascariensis</i>	•	•		
- <i>Leioheterodon modestus</i>		•		
- <i>Geodipsas laphystia</i>	•			
- <i>Liopholidophis epistibes</i>	•			
- <i>Liopholidophis infrasignatus</i>	•			
- <i>Liopholidophis lateralis</i>		•	•	
- <i>Stenophis arctifasciatus</i>	•			
- <i>Stenophis betsileanus</i>	•			
- <i>Micropisthodon ochraceus</i>	•			
- <i>Itycyphus perineti</i>	•			

Noms scientifiques	Forêts primaires	Forêts secondaires	Savane	Marais/rizières /lacs
<i>-Pseudoxyrhopus heterurus</i>	•			
<i>-Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>	•			
<i>-Liophidium torquatum</i>	•	•		
<i>-Liophidium rhodogaster</i>	•			
<i>-Liophidium n.sp</i>	•			
TYPHLOPI DAE				
<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	•			
Total	36	14	05	03
Amphibiens	52	02	01	03
Reptiles	36	14	05	03
Total	88	16	06	06

Tableau 3-3 Le degré d'endémisme de chaque espèce (résultats de deux études)

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région de Moramanga	Complexe Ambatovy
AMPHIBIENS				
HYPEROLIIDAE				
- <i>Heterixalus betsileo</i>	•			
MICROHYLIDAE				
- <i>Platypelis tuberifera</i>	•	•		
- <i>Platypelis pollicaris</i>	•	•		
- <i>Platypelis barbouri</i>	•	•		
- <i>Scaphiophryne marmorata</i>	•	•		
- <i>Stumpffia roseifemoralis</i>	•	•		
- <i>Plethodontohyla notosticta</i>	•	•		
- <i>Plethodontohyla mihanika</i>	•	•		
- <i>Plethodontohyla alluaudi</i>	•	•		
- <i>Plethodontohyla cf alluaudi</i>	•	•		
- <i>Plethodontohyla bipunctata</i>	•	•		
- <i>Plethodontohyla cf coronata</i>	•	•		
RANIDAE				
- <i>Ptychadena mascareniensis</i>				
MANTELLIDAE				
- <i>Mantella aurantiaca</i>	•	•	•	
- <i>Mantella baroni</i>	•	•		
- <i>Mantella crocea</i>	•	•	•	
- <i>Mantidactylus tornieri</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus depressiceps</i>	•	•		

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région de Moramanga	Complexe Ambatovy
- <i>Mantidactylus liber</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus pulcher</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus argenteus</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus aglavei</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus aerumnalis</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus opiparis</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus melanopleura</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus plicifer</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus redimitus</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus asper</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus guttulatus</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus lugubris</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus femoralis</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus cf femoralis</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus betsileanus</i>	•			
- <i>Mantidactylus biporus</i>	•			
- <i>Mantidactylus boulengeri</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus eiselti</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus domerguei</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus blommersae</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus grandisonae</i>	•	•		
- <i>Mantidactylus sp</i>	•	•		
RHACOPHORI DAE				
- <i>Boophis madagascariensis</i>	•	•		
- <i>Boophis goudoti</i>	•			

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région de Moramanga	Complexe Ambatovy
- <i>Boophis reticulatus</i>	•	•		
- <i>Boophis idae</i>	•	•		
- <i>Boophis granulatus</i>	•	•		
- <i>Boophis luteus</i>	•	•		
- <i>Boophis sibilans</i>	•	•		
- <i>Boophis erythrodactylus</i>	•	•		
- <i>Boophis viridis</i>	•	•		
- <i>Boophis boehmei</i>	•	•		
- <i>Boophis pyrrhus</i>	•	•		
- <i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	•	•		
Total	52	48	02	00
REPTILES				
GEKKONIDAE				
- <i>Paroedura gracilis</i>	•	•		
- <i>Ebenavia inunguis</i>	•			
- <i>Lygodactylus miops</i>	•	•		
- <i>Lygodactylus guibei</i>	•	•		
- <i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	•			
- <i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	•			
- <i>Phelsuma pronki</i>	•			
- <i>Uroplatus phantasticus</i>	•	•		
- <i>Uroplatus sikorae</i>	•	•		
CHAMAELEONIDAE				
- <i>Brookesia superciliaris</i>	•	•		

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région de Moramanga	Complexe Ambatovy
- <i>Brookesia therezieni</i>	•	•		
- <i>Brookesia thieli</i>	•	•		
- <i>Calumma nasuta</i>	•			
- <i>Calumma gastrotaenia</i>	•	•		
- <i>Furcifer lateralis</i>	•			
SCINCIDAE				
- <i>Mabuya gravenhorstii</i>	•			
- <i>Mabuya boettgeri</i>	•			
- <i>Amphiglossus melanopleura</i>	•	•		
- <i>Amphiglossus melanurus</i>	•			
- <i>Amphiglossus minutus</i>	•	•		
- <i>Amphiglossus mouroundavae</i>	•	•		
- <i>Amphiglossus astrolabi</i>	•			
- <i>Amphiglossus sp</i>	•	•		
- <i>Androngo crenni</i>	•	•		
CORDYLIDAE				
- <i>Zonosaurus madagascariensis</i>	•			
- <i>Zonosaurus aeneus</i>	•	•		
- <i>Zonosaurus ornatus</i>	•			
BOIDAE				
- <i>Sanzinia madagascariensis</i>	•			

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région de Moramanga	Complexe Ambatovy
COLUBRIDAE				
- <i>Leioheterodon madagascariensis</i>	•			
- <i>Leioheterodon modestus</i>	•			
- <i>Geodipsas laphystia</i>	•	•		
- <i>Liopholidophis epistibes</i>	•	•		
- <i>Liopholidophis infrasignatus</i>	•	•		
- <i>Liopholidophis lateralis</i>	•			
- <i>Stenophis arctifasciatus</i>	•	•		
- <i>Stenophis betsileanus</i>	•	•		
- <i>Micropisthodon ochraceus</i>	•	•		
- <i>Itycyphus perineti</i>	•	•		
- <i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	•	•		
- <i>Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>	•	•		
- <i>Liophidium torquatum</i>	•			
- <i>Liophidium rhodogaster</i>	•			
- <i>Liophidium n.sp</i>	•	•	•	•
TYPHLOPI DAE				
<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	•	•		
Total	44	26	01	01

Faune	Total des espèces recensées	Degré d'endémisme			
		Madagascar	Forêt primaires humides	Région de Moramanga	Complexe Ambatovy
Amphibiens	53	52	48	02	00
Reptiles	44	44	26	01	01
Total	97	96	74	03	01

Tableau 3-4 Comparaison des résultats obtenus en 1997 et en 2004 / 2005

Noms Scientifiques	1997	2004 / 2005
AMPHIBIENS (62)		
HYPEROLIIDAE		
- <i>Heterixalus betsileo</i>	•	•
MICROHYLIIDAE		
- <i>Platypelis tuberifera</i>	•	•
- <i>Platypelis pollicaris</i>	•	•
- <i>Platypelis barbouri</i>		•
- <i>Platypelis grandis</i>	•	
- <i>Paradoxophyla palmata</i>	•	
- <i>Anodonthyla boulengeri</i>	•	
- <i>Scaphiophryne marmorata</i>	•	•
- <i>Stumpffia roseifemoralis</i>		•
- <i>Plethodontohyla notosticta</i>	•	•
- <i>Plethodontohyla mihanika</i>		•
- <i>Plethodontohyla alluaudi</i>	•	•
- <i>Plethodontohyla cf alluaudi</i>		•
- <i>Plethodontohyla bipunctata</i>		•
- <i>Plethodontohyla cf coronata</i>		•
- <i>Plethodontohyla inguinalis</i>	•	
- <i>Plethodontohyla n.sp</i>	•	
RANIIDAE		
- <i>Ptychadena mascareniensis</i>	•	•
MANTELLIIDAE		
- <i>Mantella aurantiaca</i>	•	•
- <i>Mantella baroni</i>	•	•
- <i>Mantella crocea</i>	•	•

Noms Scientifiques	1997	2004 / 2005
- <i>Mantidactylus malagasius</i>	•	
- <i>Mantidactylus tornieri</i>		•
- <i>Mantidactylus depressiceps</i>	•	•
- <i>Mantidactylus liber</i>	•	•
- <i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	•	•
- <i>Mantidactylus pulcher</i>		•
- <i>Mantidactylus argenteus</i>	•	•
- <i>Mantidactylus aglavei</i>	•	•
- <i>Mantidactylus aerumnalis</i>		•
- <i>Mantidactylus opiparis</i>	•	•
- <i>Mantidactylus melanopleura</i>	•	•
- <i>Mantidactylus albofrenatus</i>	•	
- <i>Mantidactylus plicifer</i>		•
- <i>Mantidactylus redimitus</i>	•	•
- <i>Mantidactylus asper</i>		•
- <i>Mantidactylus guttulatus</i>	•	•
- <i>Mantidactylus lugubris</i>	•	•
- <i>Mantidactylus femoralis</i>	•	•
- <i>Mantidactylus cf femoralis</i>		•
- <i>Mantidactylus betsileanus</i>	•	•
- <i>Mantidactylus biporus</i>		•
- <i>Mantidactylus ulcerosus</i>	•	
- <i>Mantidactylus boulengeri</i>		•
- <i>Mantidactylus eiselti</i>	•	•
- <i>Mantidactylus domerguei</i>		•
- <i>Mantidactylus blommersae</i>	•	•
- <i>Mantidactylus grandisonae</i>	•	•
- <i>Mantidactylus sp</i>		•

Noms Scientifiques	1997	2004 / 2005
RHACOPHORI DAE		
- <i>Boophis madagascariensis</i>	•	•
- <i>Boophis goudoti</i>	•	•
- <i>Boophis reticulatus</i>	•	•
- <i>Boophis idae</i>	•	•
- <i>Boophis granulosus</i>	•	•
- <i>Boophis luteus</i>	•	•
- <i>Boophis sibilans</i>	•	•
- <i>Boophis erythrodactylus</i>	•	•
- <i>Boophis viridis</i>		•
- <i>Boophis boehmei</i>	•	•
- <i>Boophis pyrrhus</i>	•	•
- <i>Boophis n. sp</i>	•	
- <i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	•	•
Total des Amphibiens	45	53
REPTILES (54)		
PELOMEDUSI DAE		
- <i>Pelusios subniger</i>	•	
GEKKONI DAE		
- <i>Paroedura gracilis</i>		•
- <i>Ebenavia inunguis</i>		•
- <i>Lygodactylus miops</i>	•	•
- <i>Lygodactylus guibei</i>		•
- <i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	•	•
- <i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	•	•
- <i>Phelsuma pronki</i>		•
- <i>Uroplatus phantasticus</i>	•	•
- <i>Uroplatus sikorae</i>	•	•

Noms Scientifiques	1997	2004 / 2005
CHAMAELEONIDAE		
- <i>Brookesia superciliaris</i>		•
- <i>Brookesia therezieni</i>	•	•
- <i>Brookesia thieli</i>	•	•
- <i>Calumma nasuta</i>	•	•
- <i>Calumma gastrotaenia</i>	•	•
- <i>Calumma brevicornis</i>	•	
- <i>Calumma malthe</i>	•	
- <i>Furcifer willsii</i>	•	
- <i>Furcifer lateralis</i>		•
SCINCIDAE		
- <i>Mabuya gravenhorstii</i>	•	•
- <i>Mabuya boettgeri</i>	•	•
- <i>Amphiglossus melanopleura</i>	•	•
- <i>Amphiglossus melanurus</i>		•
- <i>Amphiglossus macrocercus</i>	•	
- <i>Amphiglossus minutus</i>	•	•
- <i>Amphiglossus mouroundavae</i>	•	•
- <i>Amphiglossus astrolabi</i>	•	•
- <i>Amphiglossus sp</i>		•
- <i>Androngo crenni</i>		•
CORDYLIDAE		
- <i>Zonosaurus madagascariensis</i>	•	•
- <i>Zonosaurus aeneus</i>	•	•
- <i>Zonosaurus ornatus</i>		•
BOIDAE		
- <i>Sanzinia madagascariensis</i>	•	•

COLUBRIDA E		
- <i>Leioheterodon madagascariensis</i>	•	•
- <i>Leioheterodon modestus</i>		•
- <i>Geodipsas laphystia</i>	•	•
- <i>Liopholidophis epistibes</i>	•	•
- <i>Liopholidophis infrasignatus</i>	•	•
- <i>Liopholidophis lateralis</i>	•	•
- <i>Liopholidophis doliocercus</i>	•	
- <i>Liopholidophis pinguis</i>	•	
- <i>Mimophis mahfalensis</i>	•	
- <i>Stenophis arctifasciatus</i>	•	•
- <i>Stenophis betsileanus</i>	•	•
- <i>Micropisthodon ochraceus</i>		•
- <i>Itycyphus perineti</i>	•	•
- <i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	•	•
- <i>Pseudoxyrhopus quinquelineatus</i>		•
- <i>Liophidium torquatum</i>		•
- <i>Liophidium rhodogaster</i>		•
- <i>Liophidium n.sp 1</i>	•	
- <i>Liophidium n.sp 2</i>	•	
- <i>Liophidium n.sp 3</i>		•
TYPHLOPI DAE		
<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>		•
Total des reptiles	37	44

FAUNE	Nombre d'espèces identifiées	
	1997	2004 / 2005
Amphibiens	45	53
Reptiles	37	44
Total	82	97

4 INTERPRETATIONS

Durant la deuxième étude effectuée dans le complexe Ambatovy, 89 espèces de l'herpétofaune, répertoriées dans quatre sites, ont été identifiées dont 53 amphibiens et 36 reptiles (contre 63 dont 30 amphibiens et 33 reptiles au mois de Mars 2004, mais dans trois sites). Parmi les espèces recensées pendant la première mission, il y en a huit qui n'étaient pas observées lors de la dernière descente ; elles sont toutes des reptiles, dont seul un individu pour chacune de ces espèces a été rencontré et / ou capturé.

D'après les deux missions faites dans cette zone d'Ambatovy, les variations d'activités et de comportements de certaines espèces ont été constatées, surtout chez les amphibiens. Voyons les exemples suivants :

- Aucun individu de *Mantidactylus lugubris* n'était observé au mois de Mars 2004 ; tandis qu' en Décembre 2004, cette espèce se retrouve en grand nombre sur les roches de la rivière d'Analamay.
- Au mois de Mars 2004, *Boophis luteus* était observée en grand nombre, en faisant l'accouplement sur les roches au milieu et au bord des rivières d'Analamay et d'Ambatovy. En Décembre 2004, cette espèce était difficilement observable, car elle se retrouvait sur les feuilles des arbres au bord des rivières à une hauteur plus de trois mètres.

- Au mois de Mars 2004, les deux espèces *Mantidactylus asper* et *Mantidactylus aglavei* n'étaient pas observées. Lors de cette mission, elles se rencontraient facilement et en grand nombre au bord de la rivière d'Ambatovy.

Une chose importante de cette dernière mission est la découverte des sites de *Mantella aurantiaca* et de *Mantella crocea* à Analamay :

- L'habitat de *Mantella aurantiaca* est un petit lac dans une vallée à 3 mètres environ de la rivière (S 18° 48. 736' ; E 048° 20.213') Au mois de Mars 2004, ce petit lac était inondé d'eau ce qui a rendu très difficile l'observation de cette espèce. Au début Décembre 2004, ce petit lac s'était asséché et les *Mantella aurantiaca* se retrouvaient dans les touffes d'herbes et des mousses au milieu de ce lac.
- L'habitat de *Mantella crocea* est un petit marais à deux mètres environ de la rivière d'Analamay (S 18° 47.957'; E 048° 20.541'). Nous n'avons pu capturer que deux individus seulement, car cette espèce n'est pas nombreuse et elle est difficilement observable.

Il est à noter que ces deux espèces sont classées " gravement menacées " dans la catégorie de l' IUCN.

En réunissant les deux résultats obtenus pendant les deux études faites en 2004/2005 dans la forêt d'Ambatovy et ses environs, 97 espèces ont été identifiées dont 53 amphibiens et 44 reptiles(contre 82 espèces en 1997 dont 45 amphibiens et 37 reptiles). Le site d'Ambatovy est plus riche en espèces d'herpétofaune suivi d'Analamay et de Nord-Analamay. Le site de Sahavarina est le plus pauvre en herpétofaune. Dans ce dernier site une forte dégradation de la forêt est constatée. En effet, nos observations s'effectuaient sur plusieurs fragments de forêts.

Dans ces résultats recueillis en 2004 / 2005, on souligne aussi la présence de *Phelsuma pronki* (reptile) qui est classée " menacée " dans la catégorie de l'IUCN.

Parmi les espèces recensées en 1997, il y en 19 (9 amphibiens et 10 reptiles) qui n'étaient pas observées pendant les deux études faites en 2004 / 2005. Parmi ces 19 espèces, environ 6 ont été rencontrées uniquement à Ambohitrapanga (Totorofotsy) ; or en 2004, on n'a pas travaillé dans ce site mais à Sahavarina. Il y a aussi certaines espèces dont on n' a pas pu rencontrer qu'un seul individu tels que *Pelusios subniger* (tortue), *Liopholodiphis pinguis* (serpent), *Mantidactylus albofrenatus* (amphibien) etc,...

Concernant les espèces identifiées en 2004 / 2005, il y en 34 qui n'étaient pas observées en 1997 dont 17 amphibiens et 17 reptiles.

Enfin, en combinant ensemble les résultats obtenus en 1997 et en 2004/2005, 116 espèces (62 amphibiens et 54 reptiles) sont recensées dans la forêt d'Ambatovy et ses environs. Cinq nouvelles espèces y ont été découvertes. Il s'agit de *Plethodontohyla n.sp* , *Boophis n.sp*, *Liophidium n.sp* 1, *Liophidium n.sp* 2, *Liophidium n.sp* 3 .

5 CONCLUSION

Avec 116 espèces, on peut dire que le complexe Ambatovy est très riche en herpétofaune. Il est beaucoup plus riche que les parcs de Mantadia et d'Analamazaotra. Pour atténuer les impacts de l'exploitation minière de la société Dynatec sur l'herpétofaune, les mesures suivantes sont à proposer :

- garder un site de conservation parmi les sites visités et étudiés ;
- effectuer la translocation des animaux dans les sites à exploiter vers ce site de conservation ;
- des études de suivi seront nécessaires afin de pouvoir évaluer les impacts de cette exploitation minière sur l'état de la population des amphibiens et des reptiles. Cette étude devrait se faire tous les ans et

en beau milieu de la saison de pluie (le moment propice est entre les mois de Décembre et de Février) pendant laquelle les activités des amphibiens et des reptiles battent leur plein.

Pour le site de conservation, l'équipe herpétologique opte pour le site Analamay et le nord d'Analamay où contourne la rivière. Les raisons en sont les suivantes :

- a) La forêt d'Analamay abrite 3 espèces de *Mantella* dont deux sont classées "gravement menacée" dans la catégorie de l' IUCN (camp 2001). Les habitats de ces 3 espèces de *Mantella* sont, distants l'un de l'autre, de 1 km environ à vol d'oiseaux suivant la rivière d'Analamay : *Mantella aurantiaca* au sud, *Mantella baroni* au milieu et *Mantella crocea* au nord. *Mantella baroni* occupe des habitats très étendus, sur plus de 1 km.
A Madagascar, très rare sont les forêts qui hébergent 3 espèces de *Mantella* dont les habitats ne sont pas très éloignés l'un de l'autre.
A Analamay, il y a aussi le gecko *Phelsuma pronki* qui est classé "menacé" dans la catégorie de l'IUCN. Même si cette espèce se retrouve dans les forêts secondaires, elle mérite d'être protégée de la destruction totale de son habitat.
- b) En réunissant ensemble les résultats d'Analamay et le Nord – Analamay, au total, 74 espèces de l'herpétofaune sont recensées dont 46 amphibiens et 28 reptiles. Cela veut dire que ces deux blocs de forêts réunis possèdent une richesse spécifique très élevée, notamment en amphibiens qui dépendent totalement de la rivière d'Analamay.
- c) La rivière d'Analamay est la plus grande et la plus permanente parmi les rivières dans le complexe Ambatovy. En effet, outre les animaux qui en ont besoin, en aval, plusieurs villages en ont également besoin de cette rivière.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blommers-Schlösser, R.M.A., et C.P. Blanc. 1991. Amphibiens. Faune de Madagascar 75 (1).
- Cadle John E., 1996. Snakes of the genus *Liopholidophis* (Colubridae) from Eastern – Madagascar: new species , revisionary notes, and an estimate of phylogeny. Harvard University Cambridge, Massachussettes, U.S.A.
- Cadle John E., 1996. Systematics of snakes of the genus *Geodipsas* (Colubridae) from Madagascar, with descriptions of new species an observations on natural history. Harvard University Cambridge, Massachussettes, U.S.A.
- CAMP., 2001. Evaluation et plans de gestion pour la conservation de la faune de Madagascar: Lémuriens, Autres mammifères, Reptiles et Amphibiens, Poissons d'eau douce et évaluation de la viabilité des populations et des habitats de *Hypogeomys antimena* (Vositse). Résumé exécutif.
- Glaw F. and Vences M. 1994. A Fieldguide to the amphibians and reptiles of Madagascar, 2nd ed. Moss Druck, Leverkusen, Germany.
- Glaw F. and Vences M. And Böhme W.1997. Systematic revision of the genus *Aglyptodactylus* - Boulenger, 1919 (Amphibia: Ranidea), and analysis of its phylogenetic relationships to other Madagascar ranid genera (*Tomopterna*, *Boophis*, *Mantidactylus*, and *Mantella*).
- Glaw F. and Vences M. And Böhme W.1999. A review of the genus *Mantella* (Anura, Ranidae, Mantellinae): taxonomy, distribution and conservation of Malagasy poison frogs.
- Glaw F., Vences M., 1997. Neue ergebnisse zur *Boophis goudoti* – gruppe aus Madagaskar: bioakustik, fortpflanzungsstrategien und beschreibung von *Boophis rufiocularis* sp.nov.
- Glaw F., Vences M., 2004. A preliminary review of cryptic diversity in frogs of the subgenus *Ochthomantis* based on mt DNA sequence data and morphology (Anura, Mantellidae, *Mantidactylus*).
- Glaw F., Vences M., 2004. Revision of the subgenus *Chonomantis* (Anura: Mantellidae; *Mantidactylus*) from Madagascar, with description of two new species. Journal of Natural History, 38, 77 – 118.

- Glaw F., Vences M., Andreone F. and Vallan D., 2001. Revision of the *Boophis majori* group (Amphibia: Mantellidae) from Madagascar, with descriptions of five new species. Zoological Journal of the Linnean society.
- Glaw F., Vences M., 2002. A new species of *Mantidactylus* (Anura: Mantellidae) from Andasibe in eastern Madagascar. Journal of Herpetology, Vol 36, n°3, pp 372 – 378.
- Mocquard F., 1900. Nouvelle contribution à la faune herpétologique de Madagascar. Paris : Bull. Soc. Philomath., 9 (2): 93 – 111.
- Nussbaum R.A., Andreone F., and Raxworthy C.J., 1998. New rain-forest species of *Pseudoxyrhopus* Günther (Squamata: Colubridae) from northern Madagascar.
- Vences M., and Glaw F.; 2003. New microhylid frog (*Plethodontohyla*) with a supraocular crest from Madagascar. The American Society of Ichthyologists and Herpetologists
- Vences M., Glaw F., 2001. Systematic review and molecular phylogenetic relationships of the direct developing Malagasy anurans of the *Mantidactylus asper* group (Amphibia, Mantellidae). Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire des Reptiles et Amphibiens. Paris – France.
- Vences M., Raxworthy C.J., Nussbaum R.A., and Glaw F., 2003. A revision of the *Scaphiophryne marmorata* complex of marbled toads from Madagascar, including the description of a new species. Herpetological Journal, Vol 13, pp 69 – 79.
- Vences M., Raxworthy C.J., Nussbaum R.A., and Glaw F., 2003. New microhylid frog (*Plethodontohyla*) from Madagascar, with semiarboreal habitats and possible parental care. Journal of Herpetology, Vol 37, n°4, pp 629 – 636.

ATTACHMENT 1-2

PIPELINE LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area

Class	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category	Abundance
amphibians	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	national			11
	<i>Anodonthyla boulengeri</i>	national			11
	<i>Boophis albilabris</i>	national			1
	<i>Boophis boehmei</i>	national			14
	<i>Boophis cf majori</i>	national			2
	<i>Boophis goudoti</i>	national			4
	<i>Boophis granulatus</i>	national			4
	<i>Boophis lichenoides</i>	national			1
	<i>Boophis luteus</i>	national			9
	<i>Boophis madagascariensis</i>	national			12
	<i>Boophis marojezensis</i>	national			12
	<i>Boophis picturatus</i>	national			10
	<i>Boophis pyrrhus</i>	national			12
	<i>Boophis rappiodes</i>	national			11
	<i>Boophis rufioculis</i>	national	near threatened		16
	<i>Boophis sibilans</i>	national	data deficient		2
	<i>Boophis tephraeomystax</i>	national			3
	<i>Heterixalus madagascariensis</i>	national			1
	<i>Mantella baroni</i>	national		Appendix II	6
	<i>Mantella pulchra</i>	national	vulnerable	Appendix II	5
	<i>Mantidactylus aerumnalis</i>	national			6
	<i>Mantidactylus aglavei</i>	national			10
	<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	national	data deficient		2
	<i>Mantidactylus albolineatus</i>	national	data deficient		3
	<i>Mantidactylus argenteus</i>	national			7
	<i>Mantidactylus asper</i>	national			3
	<i>Mantidactylus betsileanus</i>	national			18
	<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	national			18
	<i>Mantidactylus biporus</i>	national			9
	<i>Mantidactylus boulengeri</i>	national			34
	<i>Mantidactylus cf femoralis</i>	national			12
	<i>Mantidactylus eiselti</i>	national	data deficient		19
	<i>Mantidactylus femoralis</i>	national			11
	<i>Mantidactylus grandisonae</i>	national			3
	<i>Mantidactylus guttulatus</i>	national			5
	<i>Mantidactylus liber</i>	national			17
	<i>Mantidactylus lugubris</i>	national			2
	<i>Mantidactylus luteus</i>	national			15

Table 1 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area (continued)

Class	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category	Abundance
	<i>Mantidactylus melanopleura</i>	national			13
	<i>Mantidactylus opiparis</i>	national			11
	<i>Mantidactylus pulcher</i>	national			8
	<i>Mantidactylus redimitus</i>	national			11
	<i>Mantidactylus thelenae</i>	national	data deficient		7
	<i>Mantidactylus tornieri</i>	national			9
	<i>Mantidactylus zipperi</i>	national			2
	<i>Platypelis barbouri</i>	national			5
	<i>Platypelis grandis</i>	national			1
	<i>Platypelis pollicaris</i>	national	data deficient		2
	<i>Platypelis tuberifera</i>	national			16
	<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	national			10
	<i>Plethodontohyla mihanika</i>	national			5
	<i>Plethodontohyla notosticta</i>	national			14
	<i>Scaphiophryne spinosa</i>	no			10
	<i>Ptychadena mascareniensis</i>	national			7
reptiles	<i>Amphiglossus astrolabi</i>	national			2
	<i>Amphiglossus macrocercus</i>	national			1
	<i>Amphiglossus melanopleura</i>	national			13
	<i>Amphiglossus melanurus</i>	national			1
	<i>Amphiglossus mouroundavae</i>	national			1
	<i>Amphiglossus sp</i>	national			1
	<i>Brookesia minima</i>	national		Appendix II	2
	<i>Brookesia therezieni</i>	national		Appendix II	11
	<i>Brookesia thieli</i>	national		Appendix II	4
	<i>Calumma furcifer</i>	national		Appendix II	5
	<i>Calumma gallus</i>	national		Appendix II	6
	<i>Calumma nasuta</i>	national		Appendix II	16
	<i>Ebenavia inunguis</i>	national			3
	<i>Geodipsas laphystia</i>	national			12
	<i>Liophidium rhodogaster</i>	national			1
	<i>Liopholidophis dollicocercus</i>	national			1
	<i>Liopholidophis epistibes</i>	national			3
	<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	national			1
	<i>Liopholidophis lateralis</i>	national			1
	<i>Lygodactylus guibei</i>	national			7
	<i>Lygodactylus miops</i>	national			2
	<i>Mabuya gravenhorstii</i>	national			12

Table 1 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area (continued)

Class	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category	Abundance
	<i>Madagascarophus colubrinus</i>	national			1
	<i>Paroedura gracilis</i>	national			8
	<i>Phelsuma flavigularis</i>	national		Appendix II	1
	<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	national		Appendix II	19
	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	national		Appendix II	1
	<i>Sanzinia madagascariensis</i>	national		Appendix I	4
	<i>Stenophis betsileanus</i>	national			3
	<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	national			1
	<i>Uroplatus fimbriatus</i>	national		Appendix II	1
	<i>Uroplatus phantasticus</i>	national		Appendix II	1
	<i>Uroplatus sikorae</i>	national		Appendix II	1
	<i>Zonosaurus aeneus</i>	national			9
	<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	national			5

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Land Use Zone

Land Use Area	Class	Species	Abundance
corridor zone	amphibians	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	11
		<i>Anodonthyla boulengeri</i>	11
		<i>Boophis albilabris</i>	1
		<i>Boophis boehmei</i>	14
		<i>Boophis cf majori</i>	2
		<i>Boophis goudoti</i>	4
		<i>Boophis granulatus</i>	4
		<i>Boophis lichenoides</i>	1
		<i>Boophis luteus</i>	9
		<i>Boophis madagascariensis</i>	12
		<i>Boophis marojejensis</i>	12
		<i>Boophis picturatus</i>	10
		<i>Boophis pyrrhus</i>	12
		<i>Boophis rappiodes</i>	11
		<i>Boophis rufiocularis</i>	16
		<i>Boophis sibilans</i>	2
		<i>Boophis tephraeomystax</i>	3
		<i>Heterixalus madagascariensis</i>	1
		<i>Mantella baroni</i>	6
		<i>Mantella pulchra</i>	5
		<i>Mantidactylus aerumnalis</i>	6
		<i>Mantidactylus aglavei</i>	10
		<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	2
		<i>Mantidactylus albolineatus</i>	3
		<i>Mantidactylus argenteus</i>	7
		<i>Mantidactylus asper</i>	3
		<i>Mantidactylus betsileanus</i>	18
		<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	18
		<i>Mantidactylus biporus</i>	9
		<i>Mantidactylus boulengeri</i>	34
		<i>Mantidactylus cf femoralis</i>	12
		<i>Mantidactylus eiselti</i>	19
		<i>Mantidactylus femoralis</i>	11
		<i>Mantidactylus grandisonae</i>	3
		<i>Mantidactylus guttulatus</i>	5
		<i>Mantidactylus liber</i>	17
		<i>Mantidactylus lugubris</i>	2
		<i>Mantidactylus luteus</i>	15

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Land Use Zone (continued)

Land Use Area	Class	Species	Abundance
		<i>Mantidactylus melanopleura</i>	13
		<i>Mantidactylus opiparis</i>	11
		<i>Mantidactylus pulcher</i>	8
		<i>Mantidactylus redimitus</i>	11
		<i>Mantidactylus thelenae</i>	7
		<i>Mantidactylus tornieri</i>	9
		<i>Mantidactylus zipperi</i>	2
		<i>Platypelis barbouri</i>	5
		<i>Platypelis grandis</i>	1
		<i>Platypelis pollicaris</i>	2
		<i>Platypelis tuberifera</i>	16
		<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	10
		<i>Plethodontohyla mihanika</i>	5
		<i>Plethodontohyla notosticta</i>	14
		<i>Ptychadena mascareniensis</i>	8
		<i>Scaphiophryne spinosa</i>	7
	reptiles	<i>Amphiglossus astrolabi</i>	2
		<i>Amphiglossus macrocercus</i>	1
		<i>Amphiglossus melanopleura</i>	13
		<i>Amphiglossus melanurus</i>	1
		<i>Amphiglossus mouroundavae</i>	1
		<i>Amphiglossus sp</i>	1
		<i>Brookesia minima</i>	2
		<i>Brookesia therezieni</i>	11
		<i>Brookesia thieli</i>	4
		<i>Calumma furcifer</i>	5
		<i>Calumma gallus</i>	6
		<i>Calumma nasuta</i>	16
		<i>Ebenavia inunguis</i>	3
		<i>Geodipsas laphystia</i>	12
		<i>Liophidium rhodogaster</i>	1
		<i>Liopholidophis doliocercus</i>	1
		<i>Liopholidophis epistibes</i>	3
		<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	1
		<i>Lygodactylus guibei</i>	7
		<i>Lygodactylus miops</i>	2
		<i>Mabuya gravenhorstii</i>	12
		<i>Paroedura gracilis</i>	8

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Land Use Zone (continued)

Land Use Area	Class	Species	Abundance
		<i>Phelsuma flavigularis</i>	1
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	18
		<i>Sanzinia madagascariensis</i>	4
		<i>Stenophis betsileanus</i>	3
		<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	1
		<i>Uroplatus fimbriatus</i>	1
		<i>Uroplatus phantasticus</i>	1
		<i>Uroplatus sikorae</i>	1
		<i>Zonosaurus aeneus</i>	9
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	4
tavy zone	amphibians	<i>Ptychadena mascareniensis</i>	2
	reptiles	<i>Liopholidophis lateralis</i>	1
		<i>Madagascarophus colubrinus</i>	1
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	1
		<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	1
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	1
total			633

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Habitat

Class	Habitat	Species	Abundance
amphibians	primary forest	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	11
		<i>Anodonthyla boulengeri</i>	11
		<i>Boophis albilabris</i>	1
		<i>Boophis boehmei</i>	10
		<i>Boophis cf majori</i>	2
		<i>Boophis goudoti</i>	1
		<i>Boophis granulatus</i>	1
		<i>Boophis luteus</i>	9
		<i>Boophis madagascariensis</i>	11
		<i>Boophis marojejensis</i>	12
		<i>Boophis picturatus</i>	9
		<i>Boophis pyrrhus</i>	3
		<i>Boophis rappiodes</i>	11
		<i>Boophis rufiocularis</i>	15
		<i>Boophis sibilans</i>	2
		<i>Mantella baroni</i>	6
		<i>Mantella pulchra</i>	3
		<i>Mantidactylus aerumnalis</i>	6
		<i>Mantidactylus aglavei</i>	10
		<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	2
		<i>Mantidactylus albolineatus</i>	3
		<i>Mantidactylus argenteus</i>	7
		<i>Mantidactylus asper</i>	3
		<i>Mantidactylus betsileanus</i>	11
		<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	17
		<i>Mantidactylus biporus</i>	3
		<i>Mantidactylus boulengeri</i>	33
		<i>Mantidactylus cf femoralis</i>	12
		<i>Mantidactylus eiselti</i>	17
		<i>Mantidactylus femoralis</i>	11
		<i>Mantidactylus grandisonae</i>	2
		<i>Mantidactylus guttulatus</i>	4
		<i>Mantidactylus liber</i>	12
		<i>Mantidactylus lugubris</i>	1
		<i>Mantidactylus luteus</i>	15
		<i>Mantidactylus melanopleura</i>	13
		<i>Mantidactylus opiparis</i>	10
		<i>Mantidactylus pulcher</i>	5

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Habitat	Species	Abundance
		<i>Mantidactylus redimitus</i>	11
		<i>Mantidactylus thelenae</i>	4
		<i>Mantidactylus tornieri</i>	9
		<i>Mantidactylus zipperi</i>	2
		<i>Platypelis barbouri</i>	4
		<i>Platypelis grandis</i>	1
		<i>Platypelis pollicaris</i>	1
		<i>Platypelis tuberifera</i>	12
		<i>Plethodontohyla alluaudi</i>	10
		<i>Plethodontohyla mihanika</i>	5
		<i>Plethodontohyla notosticta</i>	14
		<i>Scaphiophryne spinosa</i>	5
	eucalyptus forest	<i>Boophis goudoti</i>	1
		<i>Boophis granulosus</i>	3
		<i>Boophis pyrrhus</i>	4
		<i>Boophis tephraeomystax</i>	3
		<i>Mantidactylus lugubris</i>	1
		<i>Mantidactylus thelenae</i>	2
		<i>Platypelis barbouri</i>	1
		<i>Scaphiophryne spinosa</i>	2
	marsh	<i>Boophis boehmei</i>	4
		<i>Boophis lichenoides</i>	1
		<i>Boophis madagascariensis</i>	1
		<i>Boophis picturatus</i>	1
		<i>Boophis rufiocularis</i>	1
		<i>Mantidactylus betsileanus</i>	3
		<i>Mantidactylus biporus</i>	5
		<i>Mantidactylus boulengeri</i>	1
		<i>Mantidactylus eiselti</i>	2
		<i>Mantidactylus grandisonae</i>	1
		<i>Mantidactylus liber</i>	5
		<i>Mantidactylus pulcher</i>	3
		<i>Mantidactylus thelenae</i>	1
		<i>Platypelis tuberifera</i>	3
	other	<i>Boophis pyrrhus</i>	5
		<i>Mantella pulchra</i>	2
		<i>Mantidactylus betsileanus</i>	2
		<i>Mantidactylus biporus</i>	1

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Habitat	Species	Abundance
		<i>Mantidactylus guttulatus</i>	1
		<i>Mantidactylus opiparis</i>	1
		<i>Platypelis pollicaris</i>	1
		<i>Ptychadena mascareniensis</i>	4
	not known	<i>Boophis goudoti</i>	2
		<i>Heterixalus madagascariensis</i>	1
		<i>Mantidactylus betsileanus</i>	2
		<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	1
		<i>Platypelis tuberifera</i>	1
		<i>Ptychadena mascareniensis</i>	6
reptiles	primary forest	<i>Amphiglossus astrolabi</i>	1
		<i>Amphiglossus macrocercus</i>	1
		<i>Amphiglossus melanopleura</i>	11
		<i>Amphiglossus melanurus</i>	1
		<i>Amphiglossus mourooundavae</i>	1
		<i>Amphiglossus sp</i>	1
		<i>Brookesia minima</i>	2
		<i>Brookesia therezieni</i>	11
		<i>Brookesia thieli</i>	4
		<i>Calumma furcifer</i>	5
		<i>Calumma gallus</i>	6
		<i>Calumma nasuta</i>	14
		<i>Ebenavia inunguis</i>	1
		<i>Geodipsas laphystia</i>	12
		<i>Liopholidophis doliocercus</i>	1
		<i>Liopholidophis epistibes</i>	1
		<i>Lygodactylus guibei</i>	7
		<i>Lygodactylus miops</i>	2
		<i>Mabuya gravenhorstii</i>	3
		<i>Paroedura gracilis</i>	8
		<i>Phelsuma flavigularis</i>	1
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	8
		<i>Sanzinia madagascariensis</i>	1
		<i>Stenophis betsileanus</i>	3
		<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	1
		<i>Uroplatus fimbriatus</i>	1
		<i>Uroplatus phantasticus</i>	1
		<i>Uroplatus sikorae</i>	1

Table 3 Amphibians and Reptiles Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Habitat (continued)

Class	Habitat	Species	Abundance
		<i>Zonosaurus aeneus</i>	8
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	1
	eucalyptus forest	<i>Amphiglossus melanopleura</i>	1
		<i>Calumma nasuta</i>	1
		<i>Liophidium rhodogaster</i>	1
		<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	1
		<i>Mabuya gravenhorstii</i>	1
		<i>Sanzinia madagascariensis</i>	1
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	1
	marsh	<i>Calumma nasuta</i>	1
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	4
		<i>Sanzinia madagascariensis</i>	1
	other	<i>Amphiglossus astrolabi</i>	1
		<i>Ebenavia inunguis</i>	2
		<i>Liopholidophis epistibes</i>	1
		<i>Mabuya gravenhorstii</i>	5
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	5
		<i>Sanzinia madagascariensis</i>	1
		<i>Zonosaurus aeneus</i>	1
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	2
	not known	<i>Amphiglossus melanopleura</i>	1
		<i>Liopholidophis epistibes</i>	1
		<i>Liopholidophis lateralis</i>	1
		<i>Mabuya gravenhorstii</i>	3
		<i>Madagascarophus colubrinus</i>	1
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	2
		<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	1
		<i>Zonosaurus madagascariensis</i>	1

SPECIES ACCUMULATION CURVES

Figure 1 Species Accumulation Curve for the Reptiles in Primary Forest Habitat

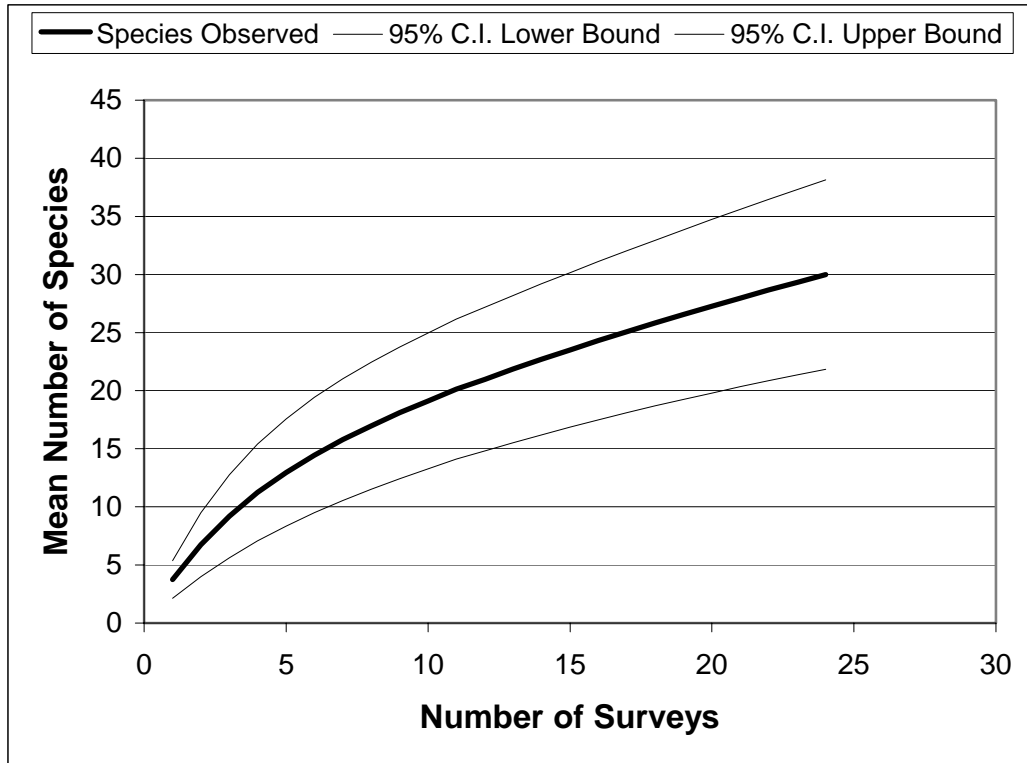


Figure 2 Species Accumulation Curve for Reptiles in Eucalyptus Habitat

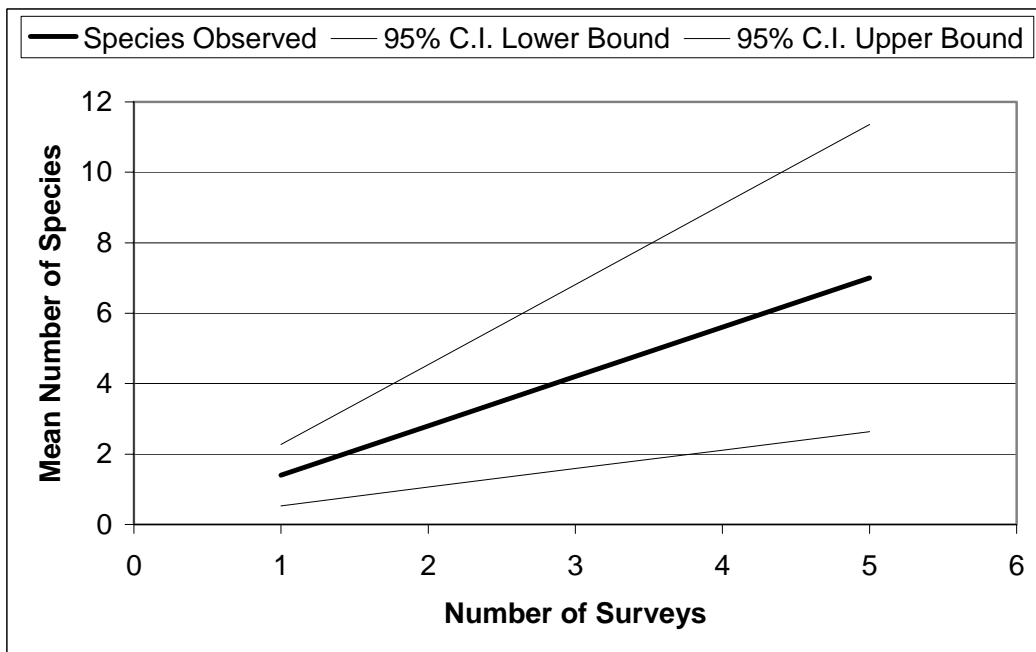


Figure 3 Species Accumulation Curve for Reptiles in Marsh Habitat

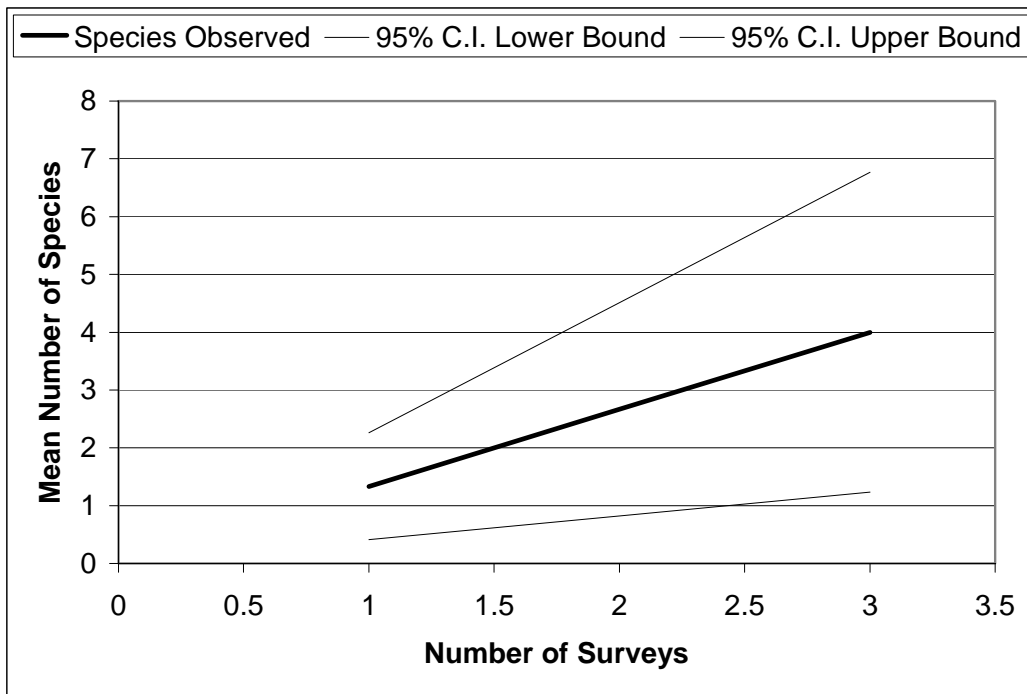


Figure 4 Species Accumulation Curve for Reptiles in the “Other” Category Habitat

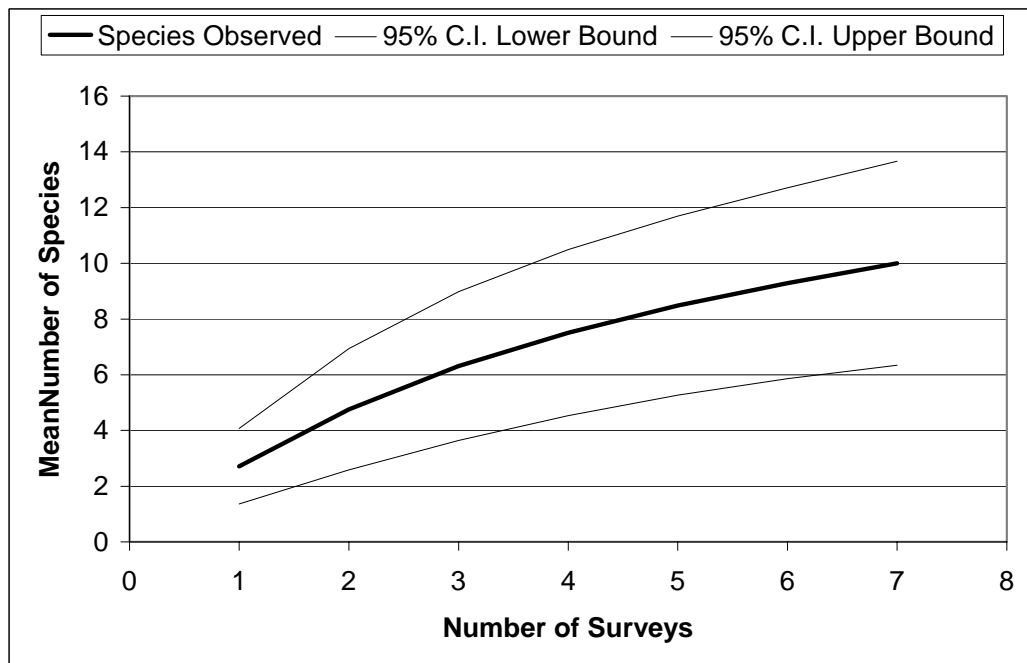


Figure 5 Species Accumulation Curve for Reptiles in All Habitat Types within the Slurry Pipeline Local Study Area

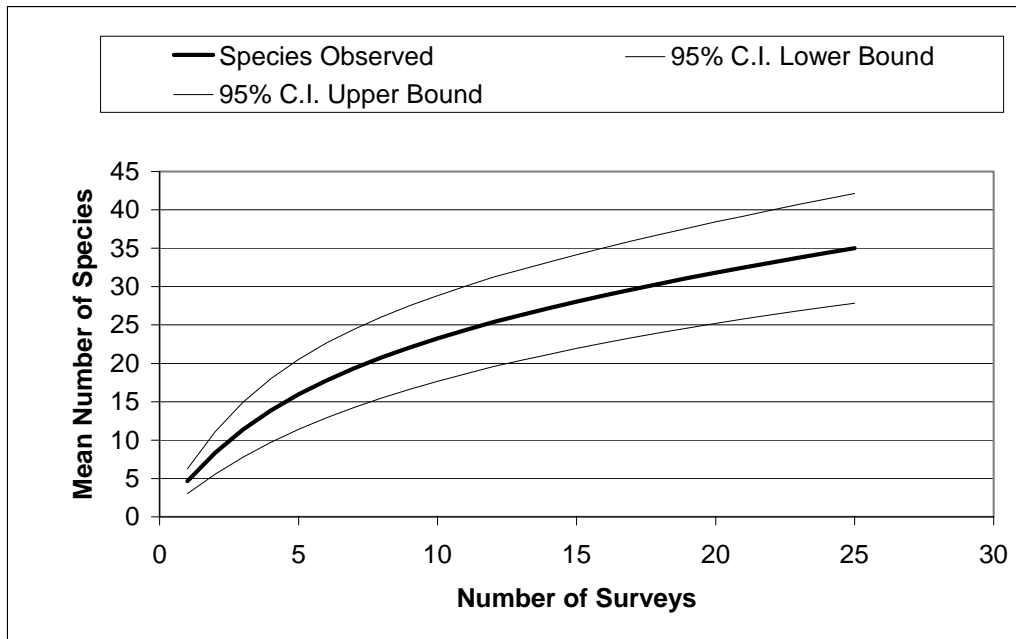


Figure 6 Species Accumulation Curve for Amphibians in Primary Forest Habitat

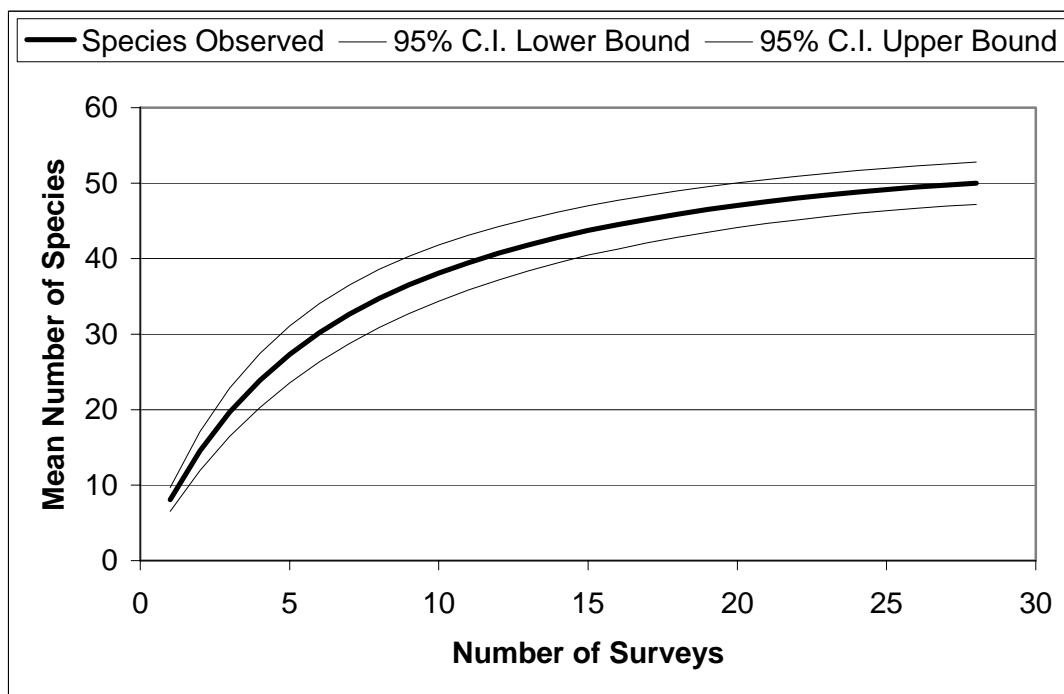


Figure 7 Species Accumulation Curve for Amphibians in Eucalyptus Habitat

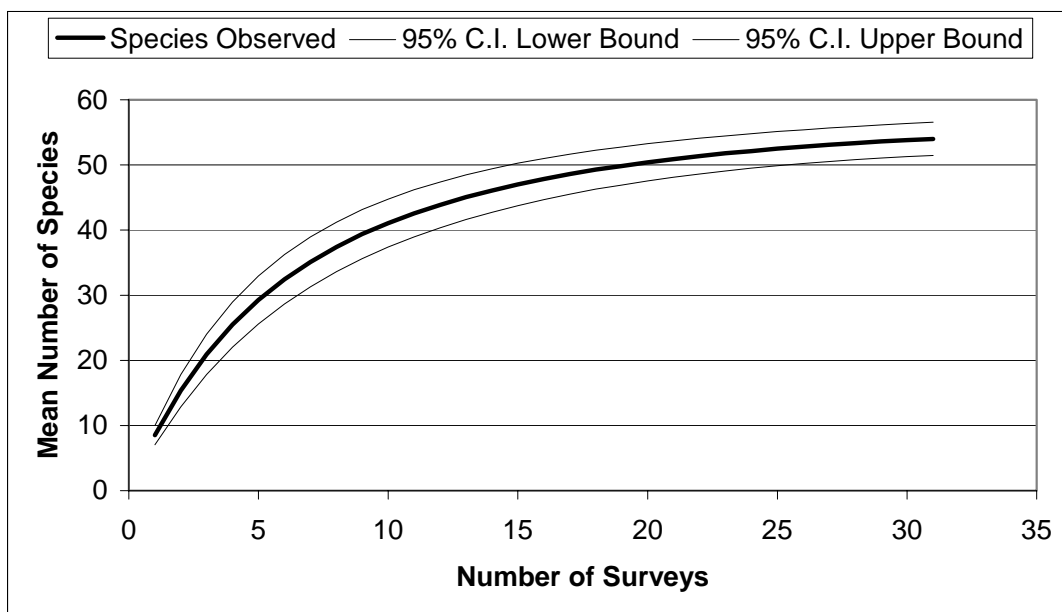


Figure 8 Species Accumulation Curve for Amphibians in Marsh Habitat

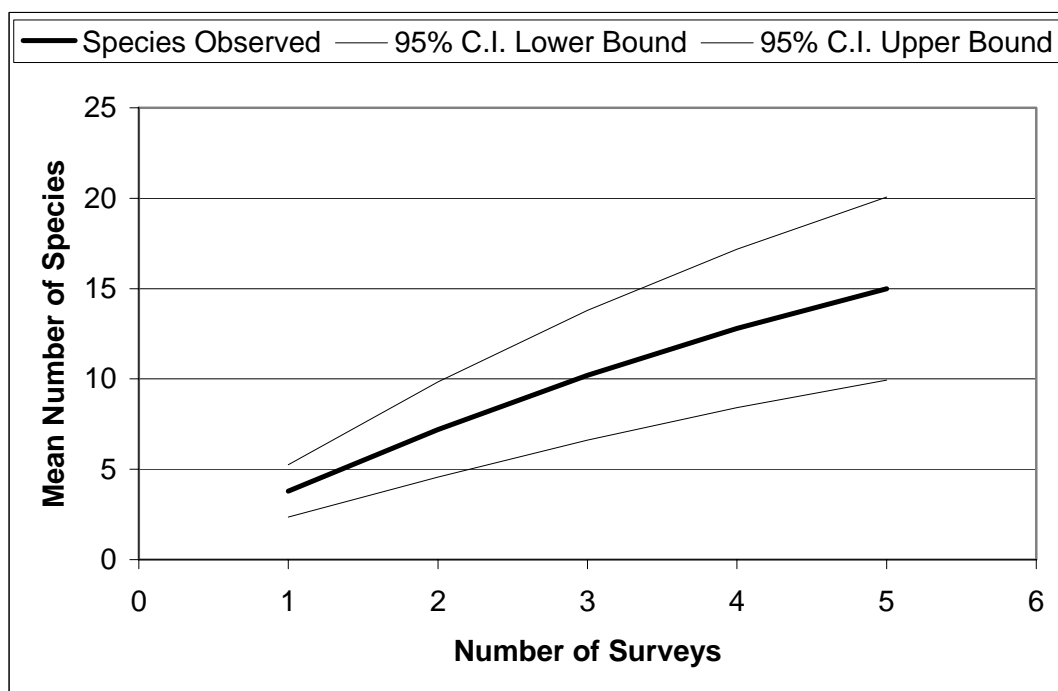


Figure 9 Species Accumulation Curve for Amphibians in the “Other” Category Habitat

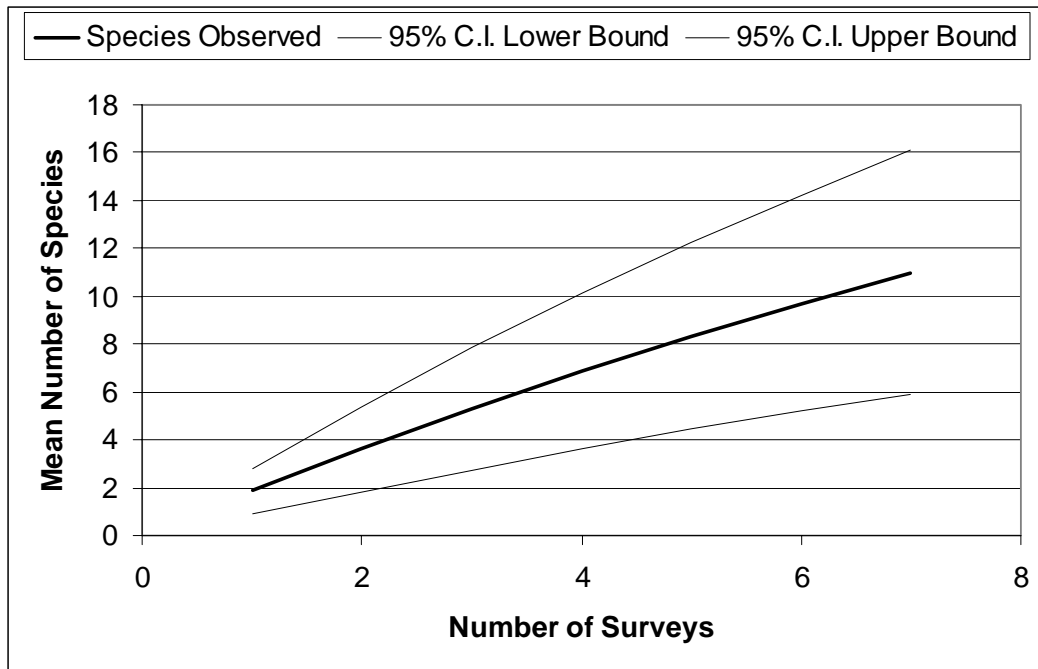
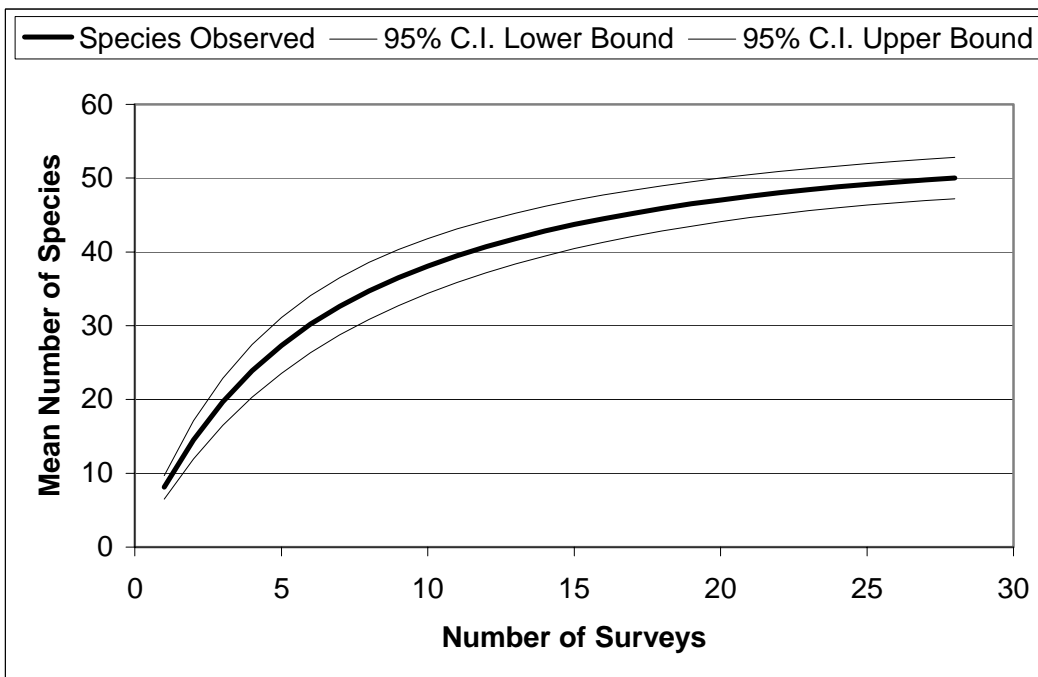


Figure 10 Species Accumulation Curve for Amphibians in All Habitat Types within the Slurry Pipeline Local Study Ares



TECHNICAL REPORTS

RECONNAISSANCE REPORT

RAPPORT DE MISSION DE RECONNAISSANCE SUR LE TRACE DE « PIPELINE » DE LA SOCIETE DYNATEC ENTRE ANDASIBE ET BRICKAVILLE

Par

RAFANOMEZANTSOA Jeannot

(Octobre 2004)

1 INTRODUCTION

Sur le tracé de « pipeline » conçu par la société Dynatec à partir d'Ambatovy (Moramanga) jusqu'à Toamasina, une mission de reconnaissance a été faite, du 22/09/04 jusqu'au 03/10/04, entre Torotorofotsy et Sandrakatrana (Anivorano – Est, Brickaville).

L'objectif principal de cette descente sur terrain est d'observer les différents types de végétation qui existent sur le tracé de ce « pipeline », d'une part, et de voir les zones sensibles pour la faune et la flore, d'autre part.

Sept sites ont pu être visités lors de cette reconnaissance. Dans chaque site, quelques observations sur l'herpétofaune sont également réalisées.

2 DESCRIPTION DE CHAQUE SITE

*** Site 1 Sandrakatrana**

Ce site se trouve dans la commune de Fetraomby, Fivondronana de Brickaville.

Coordonnées géographiques : S 18°40 105' ; E 48° 52 402' ; Alt : 40 m ou 39K UTM 0275684 ; 7934527

Cette zone est complètement dégradée. Il n'y a que de culture sur brûlis (« tavy »), de savoka, de quelques forêts de bambous et de petites parcelles de rizières qui constituent son paysage.

*** Site 2 Sarango**

Ce site se situe dans la commune de Fanovana Gare, fivondronana de Moramanga

Coordonnées géographiques : S 18° 54. 418' ; E 48° 29.689' ; alt : 89 m ou 39k UTM 0236118 ; 7907591

La paysage de ce site est constitué par de plantation d'Eucalyptus au bord de la voie ferrée, de quelques forêts secondaires, de quelques parcelles de « tavy » et de forêt primaire de Sarango

au bord de la rivière de Sahatandra ; cette forêt de Sarango se trouve à 1km à l'ouest de parc privé de Vohimana (S 18° 55.158' ; E 48° 31.020' ou UTM 0238478 ; 7906265).

✳ **Site 3 : Fanovana**

Coordonnées géographiques : S 18° 55.187' ; E 48°32.186', alt : 697.7m ou UTM 024 05 22 ; 79 06 239.

Le paysage de Fanovana est complètement dégradé ; il n'y a que de « tavy », « savoka » et de plantation d'Eucalyptus.

✳ **Site 4 : Ambodinikoma :**

Coordonnées géographiques : S 18° 55.065' ; E 48° 33. 100' ; alt : 661. 1m ou UTM 0242 125 ; 7906 483.

Cette zone est aussi complètement dégradée comme Fanovana. On n'y trouve que de « tavy » et de « Savoka ».

✳ **Site5 : Beranga**

Ce site se trouve également dans la commune de Fanovana-Gara.

Coordonnées géographiques : S 18° 54 030' ; E 48° 31 934' ; alt : 717.6 m ou UTM 0240051 ; 7908369. il n'y a que de « tavy », « savoka » et quelques plantations d'Eucalyptus dans ce village de Beranga.

✳ **Site 6 : Local de l'Hôtel « Vakôma » à Andasibe**

Coordonnées géographiques : S 18° 53.808', E 48° 25.839' ; alt : 921.4 m ou UTM 0229338 ; 7908624.

Il n'y a que de plantations d'Eucalyptus et de Pinus dans ce point où on a pris ces coordonnées géographiques.

✳ **Site 7: Menalamba (Torotorofotsy)**

Ce village se trouve à 10 km d'Andasibe en suivant la voie ferrée vers Torotorofotsy.

Coordonnées géographiques : S 18° 52 652' ; E 48°22.657' ; alt : 933.0 m ou UTM 0223716, 7910676.

Le paysage de cette zone de Menalamba est constitué par de plantations d'Eucalyptus au bord de la voie ferrée, de champs de culture, de quelques parcelles de rizières et de quelques lambeaux forestiers (S 18°53.897', E 48°23.706' ou UTM 0225592 ; 7908407).

1- RESULTATS DE QUELQUES OBSERVATIONS

Noms d'espèces	S1-	S2-	S3-	S4-	S5-	S6-	S7-
<u>Amphibiens</u>							
Platyplepis tuberifera		+					
Ptychadena mascareniensis	+	+	+		+	+	+
Mantidactylus betsileanus		+				+	
Boophis goudoti			+			+	
Heterixalus madagascariensis				+			
Mantidactylus bicalcaratus		+					
<u>Reptiles</u>							
Mabuya gravenhorstii		+	+				+
Zonosaurus madagascariensis	+						
Phelsuma lineata bifasciata	+	+					
Phelsuma quadriocellata parva	+						
Madagascarophus colubrinus	+						
Liopholidophis lateralis	+						
Liopholidophis epistibes		+					
Amphiglossus melanopleura		+					

S1 : Sandrakatrana

S2 : Sarango

S3 : Fanovana

S4 : Ambadinikoma

S5 : Beronga

S6 : Local Hotel "Vakôna »

S7 : Menalamba

4-CONCLUSION

D'après cette reconnaissance, les sites très intéressants sont Sarango et Menalamba, car ils présentent encore des forêts primaires qui méritent des études d'inventaire approfondies, d'au moins, pendant 7 jours. En ce qui concerne la forêt de Sarango, il serait mieux de demander à Monsieur Olivier Behra les limites exactes de son parc privé Vohimana, car d'après les guides locaux, une partie de cette forêt de Sarango serait incluse dans ce parc.

Pour les zones dégradées, des études d'inventaires dans un de ces sites, et d'une durée de 3 ou 4 jours seraient suffisants.

CALENDRIER D'ACTIVITE DURANT CETTE RECONNAISSANCE

21/09/04 : Préparation et achat de quelques matériels à Tanà

22/09/04 : Départ de Tana pour Brickaville (à 14 heures)

23/09/04 : Départ de Brickaville pour Anivorano- Est (à midi)

24/09/04 :

- **8 h 30'** : Départ d'Anivorano pour aller à Sandrakatrana (en pirogue à moteur)
- **12 h 10'** : Arrivée à Sandrakatrana
- **Après –midi** : Installation de campement et quelques observations autour du campement

25/09/04 :

- **Matin** : Reconnaissance et observation aux environs du village de Sandrakatrana
- **Après midi** : Travail de Labo
- **Nuit** : Observation nocturne

26/09/04 :

- **Matin** : Observation diurne
- **Après-midi** : 15h : Retour à la commune d'Anivorano – Est
18h : Départ d'Anivorano – Est pour aller à Moramanga

27/09/04 :

- **Matin** : 7h – Achat de provisions à Moramanga
9h :30' -Départ de Moramanga pour Andasibe
10h30' : Entrevue avec les autorités d'Andasibe
- **Après-midi** : - Reconnaissance sur l'axe RN2

- Négociation avec les porteurs d'Andasibe pour le déplacement (le lendemain) à Fanovana

28/09/04 :

- **Matin** : 8h – Départ d'Andasibe pour Fanovana
10h 30' – Entrevue avec le Chef du quartier de Fanovana
11h – Départ de Fanovana pour aller à Sarango
- **Après-midi** : Installation de campement

29/09/04 :

- **Matin** : Observation dans la forêt primaire de Sarango
- **Après-midi** : 15h 30' : Retour à la commune de Fanovana
17h : Installation de campement en dehors du village de Fanovana

01/10/04 :

- **Matin** : Reconnaissance et observation à partir de Fanovana jusqu'au village d'Ambodinikoma
- **Après-midi** : Reconnaissance et observation à partir de Fanovana jusqu'au village de Beronga
- **Nuit** : Observation nocturne autour du campement

02/10/04 :

- **Matin** : 8h – Travail de labo
11h – Départ de Fanovana pour aller dans un village au bord de la RN2
- **Après-midi** : 14h 30' : - Départ pour Andasibe

03/10/04 :

- **Matin** : 8h30' - Observation dans le local de l'Hôtel « Vakona »
10h45' – Reconnaissance et observation sur la voie ferrée à partir d'Andasibe jusqu'au village de Menalamba (Torotorofotsy)
- **Après-Midi** : 15 h 50' : Départ d'Andasibe pour Moramanga
17h : Départ de Moramanga pour Tana

TECHNICAL REPORT
ON
AMPHIBIANS AND REPTILES
23/01/05 TO 23/02/05
(FRENCH)

ETUDE D'IMPACTS ENVIRONNEMENTAUX DANS LES SITES "PIPELINE"

Volet : HERPETOFAUNE

RAPPORT FINAL

Par

RAFANOMEZANTSOA Jeannot

et

RAKOTOARIVELO Mialy Johana

(Mai 2005)

1 INTRODUCTION

Dans le cadre du projet d'"installation de pipeline" conçu par la société d'exploitation minière DYNATEC , une étude d'impacts environnementaux a été faite par l'équipe herpétologique , du 23 / 01/ 05 jusqu'au 23 / 02 /05, dans les forêts aux environs d'Andasifahadimy (à 9 – 10 km de la gare d'Andasibe en suivant le chemin de fer) où passera ce "pipeline" reliant Ambatovy et Toamasina.

Cette mission était menée dans trois sites différents, à savoir le parc de Vohimana, les forêts naturelles de Sahandambo et de Sandrambato.

L'objectif principal de cette étude est d'évaluer la richesse spécifique de ces trois sites en matière d'amphibiens et de reptiles, d'une part, et de déceler l'existence d'espèces menacées ou en danger et surtout la présence de nouvelles espèces, s'il y en a, d'autre part.

Les coordonnées géographiques de ces trois sites sont les suivants :

- Site 1 : Parc Vohimana : S 18° 54.832' ; E 048° 29.503'
- Site 2 : Sahandambo : S 18° 53.968' ; E 048° 28.681'
- Site 3 : Sandrambato: S 18° 54.071' ; E 048° 29.496'

2 DESCRIPTION DES SITES D'ETUDES

Les forêts de ces trois sites sont de types de forêts denses humides de centre—est et de moyenne altitude. Les forêts des deux premiers sites sont mélangées avec des forêts d' *Eucalyptus*.

Dans chaque site, la dégradation de quelques endroits est constatée. Cette dégradation est, généralement, due à la pratique du "tavy" (culture sur brûlis).

Parmi les trois sites, la forêt de Sahandambo est la plus dégradée, surtout dans sa partie ouest. Bien que la forêt de Sandrambato soit moins détruite que celle de Sahandambo, il y a encore des paysans qui s'installent à l'intérieur de la forêt.

La forêt de Vohimana est, actuellement, la mieux protégée, à cause de son statut de "parc privé".

3 METHODOLOGIE

Les méthodes suivantes ont été appliquées durant cette étude :

a) Méthodes de transects

C'est une observation directe effectuée pendant le jour et la nuit sur des pistes différentes (itinéraires - échantillons) et dans divers types de milieux. La nuit, des lampes frontales sont utilisées pour repérer les espèces nocturnes, ainsi que les diurnes qui se reposent sur / dans leurs biotopes d'ortoirs.

b) Fouille des microhabitats

Cette méthode consiste à inspecter tous les endroits susceptibles d'abriter des amphibiens et des reptiles. Citons, par exemple : tronc d'arbre pourri tombé au sol ou sur pied, écorces de bois morts, sous les feuilles de litière, entre les feuilles de *Pandanus*, trous sur le tronc d'arbre, sous les roches, etc ...

c) Utilisation des trous pièges (pit-fall traps)

Le but de cette méthode est de capturer les espèces fouisseuses et difficilement observables.

Les pièges sont constitués par des seaux en plastique de 15 litres enfoncés dans le sol. Trente-trois seaux ont été utilisés dans chaque site. Ils sont disposés en trois lignes (c'est – à – dire onze par site).

Les onze seaux de chaque ligne sont distants, de 10 mètres, l'un de l'autre, et sont reliés entre eux par une barrière plastique (de 50 cm de hauteur) soutenue par des piquets.

Ces pièges sont visités tous les matins et pendant sept jours par site.

Les coordonnées géographiques de chaque ligne de pièges par site sont les suivants :

d) Site 1- Parc Vohimana :

- ligne 1 : S 18°54.927' ; E 048°29.432' ; 934 m d'altitude

- ligne 2 : S 18°54.880' ; E 048°29.400' ; 965 m d'altitude
- ligne 3 : S 18°55.140' ; E 048°29.534' ; 941 m d'altitude

➤ **Site 2- Sahandambo :**

- ligne 4 : S 18°54.193' ; E 048°28.660' ; 858 m d'altitude
- ligne 5 : S 18°54.174' ; E 048°28.699' ; 892 m d'altitude
- ligne 6 : S 18°54.107' ; E 048°28.695' ; 870 m d'altitude

➤ **Site 3- Sandrambato :**

- ligne 7 : S 18°53.948' ; E 048°29.588' ; 823 m d'altitude
- ligne 8 : S 18°53.931' ; E 048°29.565' ; 856 m d'altitude
- ligne 9 : S 18°53.828' ; E 048°29.578' ; 894 m d'altitude

4 RESULTATS

Au total, 85 espèces d'herpétofaune sont identifiées dans les trois sites, dont 53 amphibiens et 32 reptiles. La liste des espèces observées dans chaque site est donnée dans le tableau 4-1.

Le tableau 4-2 représente le type du milieu où était observée chaque espèce.

Le tableau 4-3 résume le degré d'endémisme de ces espèces, soit au niveau national, soit au niveau régional ou local. En effet , toutes les espèces rencontrées sont endémiques de Madagascar, sauf *Ptychadena mascareniensis*, une endémique régionale.

Tableau 4-1 : Liste des espèces d'amphibiens et de reptiles identifiées dans les trois sites

NOMS SCIENTIFIQUES	PARC VOHIMANA	SAHANDAMBO	SANDRAMBATO
AMPHIBIENS (53)			
MICROHYLIDAE			
- <i>Anodonthyla boulengeri</i>	+	+	+
- <i>Platypelis tuberifera</i>	+	+	+
- <i>Platypelis pollicaris</i>	+		
- <i>Platypelis grandis</i>			+
- <i>Platypelis barbouri</i>		+	+
- <i>Scaphiophryne spinosa</i>	+	+	+
- <i>Plethodontohyla notosticta</i>	+	+	+
- <i>Plethodontohyla mihanika</i>	+		+
- <i>Plethodontohyla alluaudi</i>	+	+	+
RANIDAE			
- <i>Ptychadena mascareniensis</i>		+	+
MANTELLIDAE			
- <i>Mantella baroni</i>	+		+
- <i>Mantella pulchra</i>	+		
- <i>Mantidactylus opiparis</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus melanopleura</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus albofrenatus</i>	+		+
- <i>Mantidactylus zipperi</i>		+	+
- <i>Mantidactylus aerumnalis</i>	+		+
- <i>Mantidactylus boulengeri</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus eiselti</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus thelenae</i>		+	+
- <i>Mantidactylus grandisonae</i>	+		+
- <i>Mantidactylus argenteus</i>	+		+

NOMS SCIENTIFIQUES	PARC VOHIMANA	SAHANDAMBO	SANDRAMBATO
- <i>Mantidactylus pulcher</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus albolineatus</i>	+		+
- <i>Mantidactylus liber</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus tornieri</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus guttulatus</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus lugubris</i>		+	
- <i>Mantidactylus femoralis</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus cf femoralis</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus betsileanus</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus biporus</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus redimitus</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus luteus</i>	+	+	+
- <i>Mantidactylus asper</i>	+		
- <i>Mantidactylus aglavei</i>	+	+	+
RHACOPHORI DAE			
- <i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	+	+	+
- <i>Boophis madagascarensis</i>	+	+	+
- <i>Boophis goudoti</i>		+	+
- <i>Boophis rufiocularis</i>	+	+	+
- <i>Boophis pyrrhus</i>	+	+	+
- <i>Boophis picturatus</i>	+		+
- <i>Boophis boehmei</i>	+	+	+
- <i>Boophis rappiodes</i>		+	+
- <i>Boophis luteus</i>		+	+
- <i>Boophis sibilans</i>		+	
- <i>Boophis cf majori</i>			+
- <i>Boophis lichenoïdes</i>			+
- <i>Boophis marojezensis</i>	+		+

NOMS SCIENTIFIQUES	PARC VOHIMANA	SAHANDAMBO	SANDRAMBATO
- <i>Boophis tephraeomystax</i>		+	
- <i>Boophis granulosus</i>	+	+	
- <i>Boophis albilabris</i>			+
Nombre d' espèces d'amphibiens par site	39	37	46
REPTILES (32)			
GEKKONIDAE			
- <i>Ebenavia inunguis</i>	+		
- <i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	+	+	+
- <i>Phelsuma flavigularis</i>	+		
- <i>Lygodactylus miops</i>		+	
- <i>Lygodactylus guibei</i>	+	+	+
- <i>Paroedura gracilis</i>	+	+	+
- <i>Uroplatus phantasticus</i>	+		
- <i>Uroplatus sikorae</i>		+	
- <i>Uroplatus fimbriatus</i>	+		
CHAMALEONIDAE			
- <i>Brookesia therezieni</i>	+	+	+
- <i>Brookesia thieli</i>	+		
- <i>Brookesia minima</i>			+
- <i>Calumma nasuta</i>	+	+	+
- <i>Calumma gallus</i>	+	+	
- <i>Calumma furcifer</i>	+		
SCINCIDAE			
- <i>Mabuya gravenhorstii</i>	+	+	+
- <i>Amphiglossus melanopleura</i>	+	+	+
- <i>Amphiglossus macrocercus</i>	+		
- <i>Amphiglossus mouroundavae</i>	+		
- <i>Amphiglossus astrolabi</i>	+	+	

NOMS SCIENTIFIQUES	PARC VOHIMANA	SAHANDAMBO	SANDRAMBATO
- <i>Amphiglossus melanurus</i>	+		
- <i>Amphiglossus sp</i>			+
CORDYLIDAE			
- <i>Zonosaurus madagascariensis</i>	+	+	+
- <i>Zonosaurus aeneus</i>	+	+	+
BOIDAE			
- <i>Sanzinia madagascariensis</i>	+	+	+
COLUBRIDAE			
- <i>Geodipsas laphystia</i>	+	+	+
- <i>Liophidium rhodogaster</i>		+	
- <i>Stenophis betsileanus</i>	+		+
- <i>Liopholidophis infrasignatus</i>		+	
- <i>Liopholidophis epistibes</i>	+		+
- <i>Liopholidophis doliocercus</i>			+
TYPHLOPIDAE			
- <i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	+		
Nombre d' espèces de reptiles par site	25	17	16

	PARC VOHIMANA	SAHANDAMBO	SANDRAMBATO
Amphibiens	39	37	46
Reptiles	25	17	16
Total	64	54	62

Tableau 4-2 : Types de milieux où étaient observées les espèces

Noms scientifiques	Forets primaires	Forêts secondaires	Forêt d'Eucalyptus	Rizières
AMPHIBIENS				
MICROHYLIDAE				
- <i>Anodonthyla boulengeri</i>	+			
- <i>Platypelis tuberifera</i>	+			
- <i>Platypelis pollicaris</i>	+			
- <i>Platypelis grandis</i>	+			
- <i>Platypelis barbouri</i>	+		+	
- <i>Scaphiophryne spinosa</i>	+		+	
- <i>Plethodontohyla notosticta</i>	+			
- <i>Plethodontohyla mihanika</i>	+			
- <i>Plethodontohyla alluaudi</i>	+			
RANIDAE				
- <i>Ptychadena mascareniensis</i>		+		+
MANTELLIDAE				
- <i>Mantella baroni</i>	+			
- <i>Mantella pulchra</i>	+			
- <i>Mantidactylus opiparis</i>	+			
- <i>Mantidactylus melanopleura</i>	+			
- <i>Mantidactylus albobrenatus</i>	+			
- <i>Mantidactylus zipperi</i>	+			
- <i>Mantidactylus aerumnalis</i>	+			
- <i>Mantidactylus boulengeri</i>	+			
- <i>Mantidactylus eiselti</i>	+			
- <i>Mantidactylus thelenae</i>	+	+	+	
- <i>Mantidactylus grandisonae</i>	+			
- <i>Mantidactylus argenteus</i>	+			
- <i>Mantidactylus pulcher</i>	+			
- <i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	+			

Noms scientifiques	Forets primaires	Forêts secondaires	Forêt d'Eucalyptus	Rizières
- <i>Mantidactylus albolineatus</i>	+			
- <i>Mantidactylus liber</i>	+			
- <i>Mantidactylus tornieri</i>	+			
- <i>Mantidactylus guttulatus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus lugubris</i>	+			
- <i>Mantidactylus femoralis</i>	+			
- <i>Mantidactylus cf femoralis</i>	+			
- <i>Mantidactylus betsileanus</i>	+			
- <i>Mantidactylus biporus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus redimitus</i>	+			
- <i>Mantidactylus luteus</i>	+			
- <i>Mantidactylus asper</i>	+			
- <i>Mantidactylus aglavei</i>	+			
RHACOPHORI DAE				
- <i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	+			
- <i>Boophis madagascarensis</i>	+			
- <i>Boophis goudoti</i>	+		+	
- <i>Boophis rufiocularis</i>	+			
- <i>Boophis pyrrhus</i>	+	+	+	
- <i>Boophis picturatus</i>	+	+		
- <i>Boophis boehmei</i>	+			
- <i>Boophis rappiodes</i>	+			
- <i>Boophis luteus</i>	+			
- <i>Boophis sibilans</i>	+			
- <i>Boophis cf majori</i>	+			
- <i>Boophis lichenoides</i>	+			
- <i>Boophis marojezensis</i>	+			
- <i>Boophis tephraeomystax</i>			+	
- <i>Boophis granulatus</i>	+		+	

Noms scientifiques	Forets primaires	Forêts secondaires	Forêt d'Eucalyptus	Rizières
- <i>Boophis albilabris</i>	+			
Total	51	06	07	01
REPTILES				
GEKKONI DAE				
- <i>Ebenavia inunguis</i>		+		
- <i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	+	+		
- <i>Phelsuma flavigularis</i>	+			
- <i>Lygodactylus miops</i>	+			
- <i>Lygodactylus guibei</i>	+			
- <i>Paroedura gracilis</i>	+			
- <i>Uroplatus phantasticus</i>	+			
- <i>Uroplatus sikorae</i>	+			
- <i>Uroplatus fimbriatus</i>	+			
CHAMALEONI DAE				
- <i>Brookesia therezieni</i>	+			
- <i>Brookesia thieli</i>	+			
- <i>Brookesia minima</i>	+			
- <i>Calumma nasuta</i>	+	+	+	
- <i>Calumma gallus</i>	+			
- <i>Calumma furcifer</i>	+			
SCINCIDAE				
- <i>Mabuya gravenhorstii</i>		+	+	+
- <i>Amphiglossus melanopleura</i>	+		+	
- <i>Amphiglossus macrocercus</i>	+			
- <i>Amphiglossus mouroundavae</i>	+			
- <i>Amphiglossus astrolabi</i>	+			+
- <i>Amphiglossus melanurus</i>	+			
- <i>Amphiglossus sp</i>	+			
CORDYLIDAE				
- <i>Zonosaurus</i>	+	+	+	

Noms scientifiques	Forets primaires	Forêts secondaires	Forêt d'Eucalyptus	Rizières
<i>madagascariensis</i>				
- <i>Zonosaurus aeneus</i>	+	+	+	
BOIDAE				
- <i>Sanzinia madagascariensis</i>	+	+	+	
COLUBRIDAE				
- <i>Geodipsas laphystia</i>	+			
- <i>Liophidium rhodogaster</i>			+	
- <i>Stenophis betsileanus</i>	+			
- <i>Liopholidophis infrasignatus</i>			+	
- <i>Liopholidophis epistibes</i>	+	+		
- <i>Liopholidophis doliocercus</i>	+			
TYPHLOPI DAE				
- <i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	+			
Total	28	08	08	02

	Forets primaires	Forêts secondaires	Forêt d'Eucalyptus	Rizières
Amphibiens	52	06	07	01
Reptiles	28	08	08	02
Total	80	14	15	03

Tableau 4-3 : Degré d'endémisme de chaque espèce

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région d'Andasibe	Sites "pipeline"
AMPHIBIENS				
MICROHYLIDAE				
- <i>Anodonthyla boulengeri</i>	+	+		
- <i>Platypelis tuberifera</i>	+	+		
- <i>Platypelis pollicaris</i>	+	+		
- <i>Platypelis grandis</i>	+	+		
- <i>Platypelis barbouri</i>	+	+		
- <i>Scaphiophryne spinosa</i>	+	+		
- <i>Plethodontohyla notosticta</i>	+	+		
- <i>Plethodontohyla mihanika</i>	+	+		
- <i>Plethodontohyla alluaudi</i>	+	+		
RANIDAE				
- <i>Ptychadena mascareniensis</i>				
MANTELLIDAE				
- <i>Mantella baroni</i>	+	+		
- <i>Mantella pulchra</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus opiparis</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus melanopleura</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus albofrenatus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus zipperi</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus aerumnalis</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus boulengeri</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus eiselti</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus thelenae</i>	+	+	+	
- <i>Mantidactylus grandisonae</i>	+	+		

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région d'Andasibe	Sites "pipeline"
- <i>Mantidactylus argenteus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus pulcher</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus albolineatus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus liber</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus tornieri</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus guttulatus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus lugubris</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus femoralis</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus cf femoralis</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus betsileanus</i>	+			
- <i>Mantidactylus biporus</i>	+			
- <i>Mantidactylus redimitus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus luteus</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus asper</i>	+	+		
- <i>Mantidactylus aglavei</i>	+	+		
RHACOPHORI DAE				
- <i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>	+	+		
- <i>Boophis madagascarensis</i>	+	+		
- <i>Boophis goudoti</i>	+			
- <i>Boophis rufiocularis</i>	+	+		
- <i>Boophis pyrrhus</i>	+	+		
- <i>Boophis picturatus</i>	+	+		
- <i>Boophis boehmei</i>	+	+		
- <i>Boophis rappiodes</i>	+	+		
- <i>Boophis luteus</i>	+	+		
- <i>Boophis sibilans</i>	+	+		
- <i>Boophis cf majori</i>	+	+		

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région d'Andasibe	Sites "pipeline"
- <i>Boophis lichenoides</i>	+	+		
- <i>Boophis marojezensis</i>	+	+		
- <i>Boophis tephraeomystax</i>	+			
- <i>Boophis granulatus</i>	+	+		
- <i>Boophis albilabris</i>	+	+		
Total	52	48	01	00
REPTILES				
GEKKONIDAE				
- <i>Ebenavia inunguis</i>	+			
- <i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	+			
- <i>Phelsuma flavigularis</i>	+	+		
- <i>Lygodactylus miops</i>	+	+		
- <i>Lygodactylus guibei</i>	+	+		
- <i>Paroedura gracilis</i>	+	+		
- <i>Uroplatus phantasticus</i>	+	+		
- <i>Uroplatus sikorae</i>	+	+		
- <i>Uroplatus fimbriatus</i>	+	+		
CHAMALEONIDAE				
- <i>Brookesia therezieni</i>	+	+		
- <i>Brookesia thieli</i>	+	+		
- <i>Brookesia minima</i>	+	+		
- <i>Calumma nasuta</i>	+			
- <i>Calumma gallus</i>	+	+		
- <i>Calumma furcifer</i>	+	+		
SCINCIDAE				
- <i>Mabuya gravenhorstii</i>	+			
- <i>Amphiglossus melanopleura</i>	+	+		
- <i>Amphiglossus macrocercus</i>	+	+		
- <i>Amphiglossus</i>	+	+		

Noms scientifiques	Madagascar	Forêts primaires humides	Région d'Andasibe	Sites "pipeline"
<i>mouroundavae</i>				
- <i>Amphiglossus astrolabi</i>	+			
- <i>Amphiglossus melanurus</i>	+			
- <i>Amphiglossus sp</i>	+	+		
CORDYLIDAE				
- <i>Zonosaurus madagascariensis</i>	+			
- <i>Zonosaurus aeneus</i>	+	+		
BOIDAE				
- <i>Sanzinia madagascariensis</i>	+			
COLUBRIDAE				
- <i>Geodipsas laphystia</i>	+	+		
- <i>Liophidium rhodogaster</i>	+			
- <i>Stenophis betsileanus</i>	+	+		
- <i>Liopholidophis infrasignatus</i>	+	+		
- <i>Liopholidophis epistibes</i>	+	+		
- <i>Liopholidophis doliocercus</i>	+	+		
TYPHLOPIDAE				
- <i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	+	+		
Total	32	23	00	00

	Madagascar	Forêts primaires humides	Région d'Andasibe	Sites "pipeline"
Amphibiens	52	48	01	00
Reptiles	32	23	00	00
Total	84	71	01	00

5 INTERPRETATIONS

D'après ces résultats, il est constaté que la forêt de Sahandambo n'est pas assez riche en herpétofaune (54 espèces contre 64 et 62 respectivement pour Vohimana et Sandrambato). Cela est dû au fait de sa forte dégradation par rapport aux deux autres sites.

Durant cette étude, la pauvreté de ces trois sites en matière de reptiles a été remarquée, notamment en espèces de serpents (Colubridae). En effet, dans le parc Vohimana 3 espèces seulement de Colubridae ont été rencontrées, à Sahandambo 3 également, et à Sandrambato 4.

La presque totalité des amphibiens et des reptiles identifiés sont des espèces qui se rencontrent habituellement dans les forêts denses humides de la côte Est de Madagascar. Malgré tout, il y a quelques choses d'intéressantes dans ces résultats, à savoir :

- la présence de *Mantella pulchra* (amphibien) et de *Phelsuma flavigularis* (gecko) dans le parc Vohimana ;
- l'existence de *Mantidactylus thelenae* (amphibien) dans les forêts de Sahandambo et Sandrambato.

➤ ***Mantella pulchra***

Cette espèce est classée "menacée" dans la catégorie de l'IUCN. La menace qui pèse sur elle est la collecte illicite pour le commerce international. Son aire de répartition connue est la région de Moramanga, d'Antsihanaka et d'Andekaleka.

➤ ***Phelsuma flavigularis***

Son aire de distribution est assez restreinte : Andasibe et Taolagnaro. Cette espèce fait également l'objet du commerce international. En 1994, elle faisait partie des espèces étudiées dans le projet TRADEM financé par l'USAID et réalisé par BIODÉV International. Ce projet consiste à étudier l'état des populations de certaines espèces d'amphibiens et de reptiles menacées par le commerce international (dont *Phelsuma flavigularis*).

Dans la zone d'Andasibe, cette espèce commence à se rarefier et est difficilement observable. Lors de notre mission un seul individu de *Phelsuma flavigularis* a été rencontré. Son existence dans le parc de Vohimana pourrait la préserver d'une éventuelle disparition dans cette zone d'Andasibe.

➤ ***Mantidactylus thelenae***

Cette espèce a une aire de distribution très restreinte : Andasibe. Même aux environs d'Andasibe rare sont les forêts qui l'abritent. Sa présence à Sahandambo et à Sandrambato est donc une chose importante non négligeable.

6 CONCLUSION

D'après les cas particuliers cités ci-dessus sur quelques espèces de l'herpétofaune, les trois sites méritent donc une mesure de protection adéquate . Pour éviter leur forte destruction, l'équipe herpétologique propose que ce pipeline soit installé sur les bordures de forêts.

Des études de suivi devraient se faire pour évaluer le degré d'impacts de l'installation de pipeline sur la population des amphibiens et des reptiles.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Blommers-Schlösser, R.M.A., et C.P. Blanc. 1991. Amphibiens. Faune de Madagascar 75 (1).
- Cadle John E., 1996. Snakes of the genus *Liopholidophis* (Colubridae) from Eastern – Madagascar: new species , revisionary notes, and an estimate of phylogeny. Harvard University Cambridge, Massachussettes, U.S.A.
- Cadle John E., 1996. Systematics of snakes of the genus *Geodipsas* (Colubridae) from Madagascar, with descriptions of new species an observations on natural history. Harvard University Cambridge, Massachussettes, U.S.A.
- CAMP., 2001. Evaluation et plans de gestion pour la conservation de la faune de Madagascar: Lémuriens, Autres mammifères, Reptiles et Amphibiens, Poissons d'eau douce et évaluation de la viabilité des populations et des habitats de *Hypogeomys antimena* (Vositse). Résumé exécutif.
- Glaw F. and Vences M. 1994. A Fieldguide to the amphibians and reptiles of Madagascar, 2nd ed. Moss Druck, Leverkusen, Germany.
- Glaw F. and Vences M. And Böhme W.1997. Systematic revision of the genus *Aglyptodactylus* - Boulenger, 1919 (Amphibia: Ranidea), and analysis of its phylogenetic relationships to other Madagascar ranid genera (*Tomopterna*, *Boophis*, *Mantidactylus*, and *Mantella*).
- Glaw F. and Vences M. And Böhme W.1999. A review of the genus *Mantella* (Anura, Ranidae, Mantellinae): taxonomy, distribution and conservation of Malagasy poison frogs.
- Glaw F., Vences M., 1997. Neue ergebnisse zur *Boophis goudoti* – gruppe aus Madagaskar: bioakustik, fortpflanzungsstrategien und beschreibung von *Boophis rufiocularis* sp.nov.
- Glaw F., Vences M., 2004. A preliminary review of cryptic diversity in frogs of the subgenus *Ochthomantis* based on mt DNA sequence data and morphology (Anura, Mantellidae, *Mantidactylus*).
- Glaw F., Vences M., 2004. Revision of the subgenus *Chonomantis* (Anura: Mantellidae; *Mantidactylus*) from Madagascar, with description of two new species. Journal of Natural History, 38, 77 – 118.
- Glaw F., Vences M., Andreone F. and Vallan D., 2001. Revision of the *Boophis majori* group (Amphibia: Mantellidae) from Madagascar, with descriptions of five new species. Zoological Journal of the Linnean society.

- Glaw F., Vences M., 2002. A new species of *Mantidactylus* (Anura: Mantellidae) from Andasibe in eastern Madagascar. *Journal of Herpetology*, Vol 36, n°3, pp 372 – 378.
- Mocquard F., 1900. Nouvelle contribution à la faune herpétologique de Madagascar. Paris : Bull. Soc. Philomath., 9 (2): 93 – 111.
- Nussbaum R.A., Andreone F., and Raxworthy C.J., 1998. New rain-forest species of *Pseudoxyrhopus* Günther (Squamata: Colubridae) from northern Madagascar.
- Vences M., and Glaw F.; 2003. New microhylid frog (*Plethodontohyla*) with a supraocular crest from Madagascar. *The American Society of Ichthyologists and Herpetologists*
- Vences M., Glaw F., 2001. Systematic review and molecular phylogenetic relationships of the direct developing Malagasy anurans of the *Mantidactylus asper* group (Amphibia, Mantellidae). Muséum National d'Histoire Naturelle, Laboratoire des Reptiles et Amphibiens. Paris – France.
- Vences M., Raxworthy C.J., Nussbaum R.A., and Glaw F., 2003. A revision of the *Scaphiophryne marmorata* complex of marbled toads from Madagascar, including the description of a new species. *Herpetological Journal*, Vol 13, pp 69 – 79.
- Vences M., Raxworthy C.J., Nussbaum R.A., and Glaw F., 2003. New microhylid frog (*Plethodontohyla*) from Madagascar, with semiarboreal habitats and possible parental care. *Journal of Herpetology*, Vol 37, n°4, pp 629 – 636.

ATTACHMENT 1-3

TOAMASINA LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Amphibians and Reptiles Observed in the Toamasina Local Study Area

Class	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category	Abundance
amphibians	<i>Anodonthyla boulengeri</i>	regional			2
	<i>Boophis tephraeomystax</i>	national			1
	<i>Heterixalus madagascariensis</i>	regional			7
	<i>Hoplobatrachus tigerinus</i>	no		Appendix II	1
	<i>Mantidactylus betsileanus</i>	national			1
	<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	national			6
	<i>Mantidactylus boulengeri</i>	national			1
	<i>Plethodontohyla notosticta</i>	national			1
	<i>Ptychadena mascareniensis</i>	no			1
reptiles	<i>Amphiglossus melanurus</i>	national			1
	<i>Amphiglossus ornaticeps</i>	national			1
	<i>Amphiglossus sp</i>	national			1
	<i>Calumma nasuta</i>	national		Appendix II	1
	<i>Dromicodryas bernieri</i>	national			1
	<i>Furcifer pardalis</i>	no		Appendix II	2
	<i>Hemidactylus frenatus</i>	no			1
	<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	national			2
	<i>Mabuya gravenhorstii</i>	national			4
	<i>Pelusios subniger</i>	no			1
	<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	national		Appendix II	2
	<i>Phelsuma lineata lineata?</i>	regional		Appendix II	2
	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	national		Appendix II	8
	<i>Pseudoxyrhopus tritaeniatus</i>	regional			1

Table 2 Amphibians and Reptiles Observed at the Plant Site and Tailings Facility Site by Habitat

Class	Area	Habitat	Species	Abundance
amphibians	Plant	shrubland	<i>Heterixalus madagascariensis</i>	1
			<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	1
		wetland	<i>Heterixalus madagascariensis</i>	1
			<i>Hoplobatrachus tigerinus</i>	1
			<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	1
			<i>Ptychadena mascareniensis</i>	1
	Toamasina	tavy	<i>Anodonthyla boulengeri</i>	2
			<i>Boophis tephraeomystax</i>	1
			<i>Heterixalus madagascariensis</i>	4
			<i>Mantidactylus betsileanus</i>	1
			<i>Mantidactylus boulengeri</i>	1
			<i>Plethodontohyla notosticta</i>	1
		wetland	<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>	4
		not known	<i>Heterixalus madagascariensis</i>	1
reptiles	Plant	agroforestry	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	1
		shrubland	<i>Calumma nasuta</i>	1
			<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	1
			<i>Mabuya gravenhorstii</i>	2
			<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	1
			<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	1
		wetland	<i>Furcifer pardalis</i>	1
			<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	1
			<i>Mabuya gravenhorstii</i>	1
			<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	1
			<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	1
	Toamasina	rice paddies	<i>Pelusios subniger</i>	1
			<i>Phelsuma lineata lineata?</i>	1
		tavy	<i>Amphiglossus melanurus</i>	1
			<i>Amphiglossus ornaticeps</i>	1
			<i>Amphiglossus sp</i>	1
			<i>Dromicodryas bernieri</i>	1
			<i>Furcifer pardalis</i>	1
			<i>Hemidactylus frenatus</i>	1
			<i>Mabuya gravenhorstii</i>	1
			<i>Phelsuma lineata lineata?</i>	1
			<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	5
			<i>Pseudoxyrhopus tritaeniatatus</i>	1

SPECIES ACCUMULATION CURVES

Figure 1 Species Accumulation Curve for Reptiles in All Habitats within the Toamasina Local Study Area

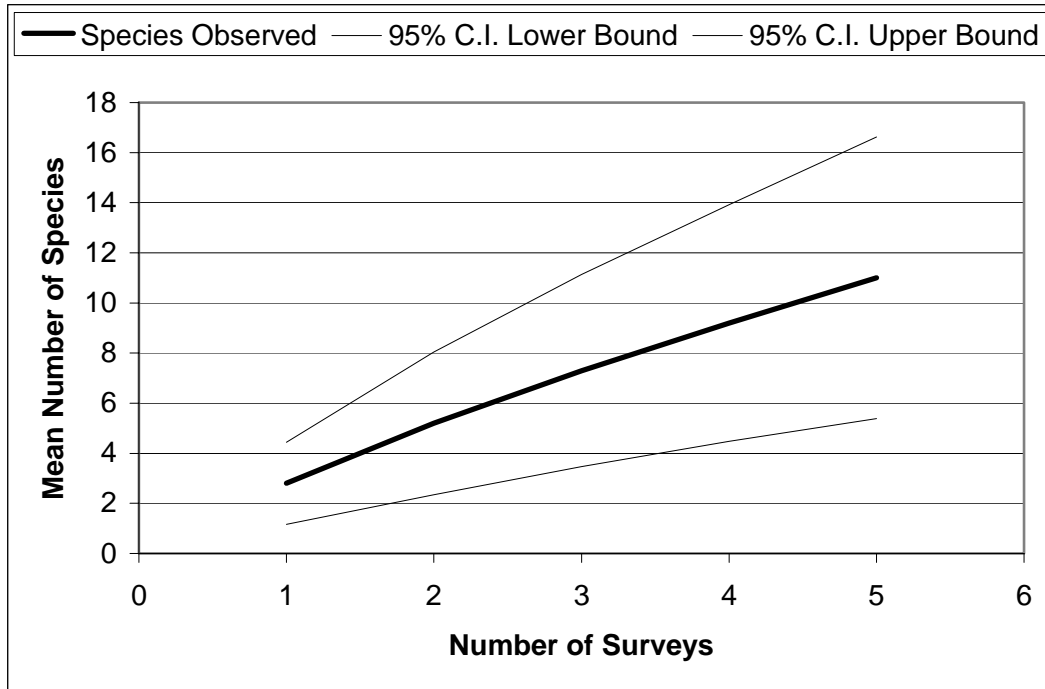
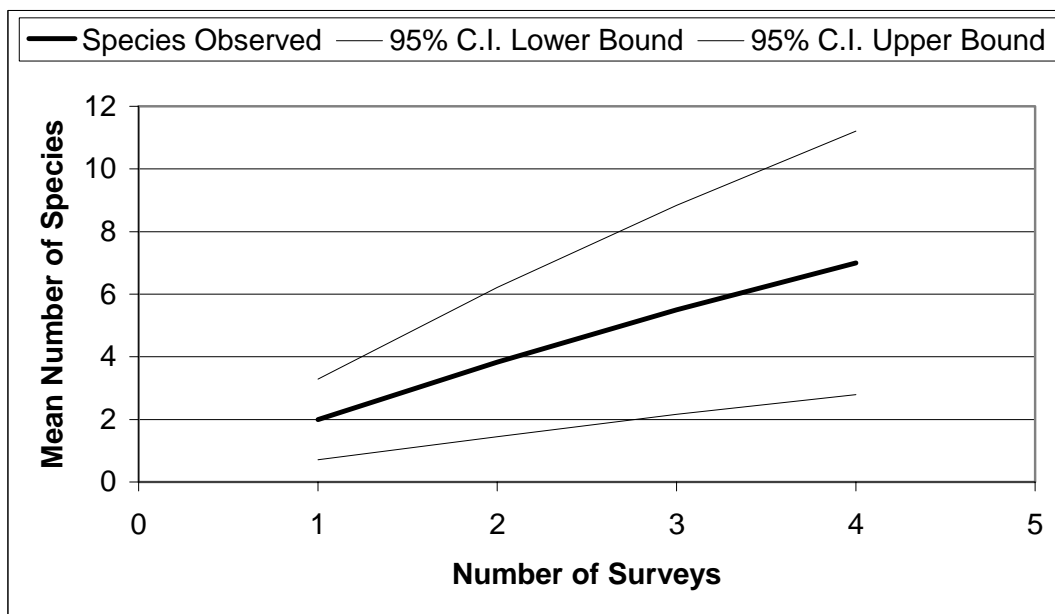


Figure 2 Species Accumulation Curve for Amphibians in All Habitats within the Toamasina Local Study Area



TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT
ON
AMPHIBIANS AND REPTILES
JUNE 2004
FRENCH

ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL DANS LA REGION DE TOAMASINA

Volet : HERPETOLOGIE

Rapport écrit par RAFANOMEZANTSOA Jeannot

(Juin 2004)

1- INTRODUCTION

- Suite à l'étude d'impact environnemental effectuée, au mois de Mars 2004, dans la zone d'exploitation minière à Ambatovy, une autre a été réalisée, du 04 Avril jusqu'au 09 Avril 2004, dans la région de Toamasina. Cette mission était menée dans une zone délimitée entre le village d'Ambalarondra et ses environs au Nord (S 18° 08. 821' ; E 49° 20.543') et la route secondaire passant le village d'Antanandava jusqu'à la carrière d'Ambodibonara au Sud (S 18° 10.377' ; E 49° 17.340'). Cette zone se situe à une quinzaine de kilomètre au sud-ouest de la ville de Toamasina. Elle est, pour le moment, sous considération de la Société Dynatec, propriétaire de ce projet minier à Ambatovy, pour l'emplacement de l'usine de traitement des minerais et pour le site de déposition finale des résidus miniers.
- Outre cette zone citée ci-dessus, un marais situé à 7km environ au Sud de la ville de Toamasina (S 18° 10. 820' ; E 49° 21.202) a également été prospecté lors de cette étude d'impact environnemental.

2- DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

- Le paysage de la zone d'étude est complètement dégradé et désolant. Il n'y a plus de forêts primaires. Celles-ci sont remplacées par de *Ravenala madagascariensis*, *Melaleuca quinquinerva*, *Eucalyptus* et notamment de culture sur brûlis (« tavy »). Dans les vallées, on observe quelques marais et rizières. Les marais sont généralement dominés par les plantes telles que *Typhonodorum lindleyanum*, *Melaleuca quinquinerva* et quelques *Ravenala madagascariensis*.
- Autour des villages qui s'éparpillent dans cette zone, la végétation est, en général, dominée par *d'Eucalyptus* et d'arbres fruitiers (litchis, manguiers, bananiers, cocotiers, etc ...).

3- METHODOLOGIE

- Les méthodes de travail appliquées durant cette étude sont semblables à celles adoptées dans la zone d'exploitation minière à Ambatovy et ses environs. Ce sont les trois méthodes suivantes :

a°/ Méthode de transects

b°/ Fouille des microhabitats,

c°/ Utilisation des trous-pièges (pit-fall traps).

- Concernant la dernière méthode (pit-fall traps), l'emplacement des trois lignes de pièges se fait de la façon suivante :
 - * la première ligne est installée dans une petite forêt d'arbustes mélangée de *Ravenala madagascariensis* près d'une rizière à Ambodibonara (S 18° 10.056' ; E 49° 17.410), partie sud-ouest de la zone d'étude ;
 - * la deuxième ligne de pièges est placée dans une parcelle couverte de végétation de *Hedychium coronarium* (Zingiberaceae) au bord d'une petite rivière dans la vallée de Sahafilo (S 18° 10.154 ; E 49° 18.084'), partie sud de la zone d'étude ;
 - * la mise en place de la dernière ligne de pièges s'est faite sur le flanc d'une colline couverte de *Melaleuca quinquinerva* (avec une strate herbeuse à forte dominance de fougères) près du village d'Analangavo (S 18° 09.391 ; E 49° 20 138'), partie nord de la zone d'étude.

4- RESULTATS

- Au total, 21 espèces de l'herpetofaune (08 amphibiens et 13 reptiles) sont observées et/ou capturées durant cette étude d'impact environnemental effectuée dans ce site près de Toamasina. La liste de ces espèces est donnée dans le tableau ci-dessous :

**Liste des espèces d'Amphibiens et de Reptiles recensées dans la zone d'étude près de
Toamasina**

Famille / Espèces	Partie sud de la zone d'étude	Partie nord de la zone d'étude	Marais au sud de la ville de Toamasina
AMPHIBIENS (08)			
HYPEROLIIDAE			
Heterixalus madagascariensis			
MICROHYLIDAE			
Anodonthyla boulengeri			
Plethodontohyla notosticta			
RANIDAE			
Ptychadena mascareniensis			
MANTELLIDAE			
Mantidactylus bicalcaratus			*
Mantidactylus betsileanus			
Mantidactylus boulengeri			
RHACOPHORIDAE			
Boophis tephraeomystax		*	
REPTILES (13)			
PELOMEDUSIDAE			
Pelusios subniger	*		
CHAMAELEONIDAE			
Furcifer pardalis	*	*	
GEKKONIDAE			
Phelsuma lineata		*	*
Phelsuma quadriocellata			
Phelsuma serraticauda	*		
Hemidactylus frenatus	*		
SCINCIDAE			
Amphiglossus melanopleura	*		
Amphiglossus ornaticeps	*	*	
Mabuya gravenhorstii	*	*	
CORDYLIDAE	*		
Zonosaurus madagascariensis			
COLUBRIDAE			
Leioheterodon madagascariensis			
Dromicodryas bernieri			
Pseudoxyrhopus tritaeniatus			

- Ces espèces sont endémiques de Madagascar, sauf *Ptychadena mascareniensis* (Amphibiens : Ranidae).

5- INTERPRETATION

- Les résultats recueillis dans ce site près de Toamasina sont très faibles. Les principales raisons sont les suivantes :
 - * la zone d'étude est totalement dégradée, car il n'y a plus de forêts primaires ;
 - * étant donnée la vaste superficie de cette zone, le temps imparti à notre étude était très insuffisant ;

- * le moment de notre mission était tard pour l'étude herpetologique (la saison très favorable est entre les mois de Décembre et de Février).
- - Malgré tout, il est extraordinaire de découvrir quelques espèces strictement typiques de forêts humides primaires qui subsistent dans cette zone complètement détruite. Citons, par exemple :
 - * pour les amphibiens : les espèces de Microhylidae et de Mantellidae,
 - * pour les reptiles : *Amphiglossus melanopleura*, *Amphiglossus ornaticeps* (Scincidae) et *Pseudoxyrhopus tritaeniatus* (Colubridae).
- La présence de ces espèces indique donc que cette zone était, auparavant, couverte de forêts denses humides. En effet, les petites forêts d'arbustes et quelques forêts de *Melaleuca quinquinerva*, dont la strate herbeuse est constituée par de forte densité de fougères, forment des microhabitats pour ces espèces forestières dans lesquels elles sont à l'abri de grand rayonnement de soleil.

6- CONCLUSION

Quand le site pour l'emplacement de l'usine de traitement des minerais et pour la déposition finale des résidus miniers est bien défini, il est proposé que l'étude approfondie en herpétologie **soit** faite en beau milieu de la saison chaude et pluvieuse (le moment très favorable est entre les mois de Décembre et de Février) afin de pouvoir évaluer exactement la richesse spécifique de cet endroit en matière d'amphibiens et de reptiles. A partir de cela, on peut prendre, s'il le faut, quelques recommandations.

TECHNICAL REPORT
ON
AMPHIBIANS AND REPTILES
APRIL 2005
(FRENCH)

ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL SUR LE SITE D'USINE DE TRAITEMENT DES MINERAIS DE LA SOCIETE DYNATEC A TOAMASINA

Volet : HERPETOFAUNE

Rapport écrit par **Jeannot RAFANOMEZANTSOA**

(Avril 2005)

1- Introduction

Dans le cadre de l'exportation minière de la Société DYNATEC, une étude d'impact environnemental a été effectuée, du 31 Mars 2005 jusqu'au 09 Avril 2005, sur le site de traitement des minerais à une dizaine de kilomètre au sud de Toamasina (S 18° 11.655' ; E 049°21.351').

Le paysage de ce site est constitué par 4 types de végétation : la savane, la forêt d'Eucalyptus, la végétation marécageuse et la petite forêt d'arbustes au bord du canal de Pangalana

2- Méthodologie

Les méthodes suivantes ont été appliquées lors de cette étude :

a) Méthode de transects

C'est une observation directe effectuée pendant le jour et la nuit sur des pistes différentes (itinéraires-échantillons) et dans divers types de milieux.

b) Fouille des microhabitats

Cette méthode consiste à inspecter tous les endroits susceptibles d'abriter des amphibiens et des reptiles. Par exemple : tronc d'arbre pourri tombé au sol, écorce du bois mort, sous les feuilles de litière, entre les feuilles de pandanus, trou sur le tronc d'arbre, etc...

c) Utilisation des trous-pièges (pit-fall traps)

Le but de cette méthode est de capturer les espèces fousseuses difficilement observables.

Ces trous-pièges sont constitués par des seaux en plastique enfoncés dans le sol, distants l'un de l'autre de 10 m environ. Ces seaux sont reliés par une barrière plastique (de 50cm de hauteur) soutenue par des piquets.

Trois lignes de pièges sont installés durant cette étude ; la première au bord du marais (S18°11.655' ;E049°21.351'), la seconde dans la forêt d'Eucalyptus (S18°12.174' ;E049°22.077') et la troisième dans la petite forêt d'arbustes (S18°12.063' ;E049°22.177') au bord du canal de Pangalana.

3- Résultats

Au total, 10 espèces de l'herpetofaune (dont 4 amphibiens et 6 reptiles) ont été recensées lors de cette mission. La liste de ces espèces est donnée dans le tableau 1.

Parmi les espèces observées, les deux espèces d'amphibiens *Ptychadena mascareniensis* et *Hoplobatrachus tigerinus* ne sont pas endémiques malgaches.

Les trous-pièges n'ont capturé aucun individu.

Tableau 1 : liste des espèces d'amphibiens et de reptiles observées

Noms des espèces	Savane	Forêt d'Eucalyptus	Marais	Forêt d'arbustes
<u>AMPHIBIENS</u>				
<u>Ranidae</u>				
- <i>Ptychadena mascareniensis</i>			+	
- <i>Hoplobatrachus tigerinus</i>			+	
<u>Mantellidae</u>				
- <i>Mantidactylus bicalcaratus</i>			+	+
<u>Hyperoliidae</u>				
- <i>Heterixalus madagascariensis</i>	+		+	
<u>REPTILES</u>				
<u>Chamaeleonidae</u>				
- <i>Calumma nasuta</i>				+
- <i>Furcifer pardalis</i>			+	
<u>Gekkonidae</u>				
- <i>Phelsuma quadriocellata parva</i>		+	+	+
- <i>Phelsuma lineata bifasciata</i>			+	+
<u>Scincidae</u>				
- <i>Mabuya gravenhorstii</i>	+		+	+
<u>Colubridae</u>				
- <i>Leioheterodon madagascariensis</i>	+		+	

4 – Conclusion

Le site d'usine de traitement des minerais de la société DYNATEC est très pauvre en amphibiens et en reptiles, car c'est une zone très dégradée. C'est autour du marais qu'on a pu observer ces quelques espèces de l'herpetofaune ; sur les autres types de végétation on a presque rien trouvé. Malgré tout, cette étude nous a permis de trouver une nouvelle localité de *Hoplobatrachus tigerinus* (amphibien) sur la côte Est de Madagascar. La distribution connue jusqu'à maintenant de cette espèce est les parties Nord-Ouest et Nord de la grande île. Ce marais au milieu de la savane constitue donc une zone sensible pour ces restes d'amphibiens et de reptiles qui y vivent. Par conséquent, il serait recommandé à la société Dynatec de le préserver.

VOLUME J
APPENDIX 2.1
ATTACHMENT 2
BIRDS

ATTACHMENT 2-1
MINE LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Bird Species Observed in the Mine Site Local Study Area

Species	Endemism	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category
<i>Accipiter francesii francesii</i>	national	forest/open		Appendix II
<i>Accipiter henstii</i>	national	forest	near threatened	Appendix II
<i>Accipiter madagascariensis</i>	national	forest	near threatened	Appendix II
<i>Acridotheres tristis</i>	exotic	open		
<i>Acrocephalus newtoni</i>	national	wetland		
<i>Agapornis cana cana</i>	national	forest		Appendix II
<i>Alcedo v. vintsioides</i>	national	wetland		
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Amphilais seebohmi</i>	national	wetland		
<i>Anas erythrorhyncha</i>	no	wetland		
<i>Anas hottentota</i>	no	wetland		
<i>Anas melleri</i>	national	wetland	endangered	
<i>Ardea cinerea</i>	no	wetland		
<i>Ardea humbloti</i>	national	wetland	endangered	
<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>	no	wetland		
<i>Artamella viridis</i>	national	forest		
<i>Asio madagascariensis</i>	national	forest		Appendix II
<i>Atelornis pittoides</i>	national	forest		
<i>Aviceda madagascariensis</i>	national	forest		Appendix II
<i>Bernieria cinereiceps</i>	national	forest	near threatened	
<i>Bernieria madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Bernieria zosterops</i>	national	forest		
<i>Brachypteracias squamigera</i>	national	forest	vulnerable	
<i>Bubulcus ibis</i>	no	open		
<i>Buteo brachypterus</i>	national	forest		
<i>Butorides striatus</i>	no	wetland		
<i>Calicalicus madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Canirallus kiolooides</i>	national	forest		
<i>Caprimulgus enarratus</i>	national	forest		
<i>Caprimulgus m. madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Casmerodius albus</i>	no	wetland		
<i>Centropus toulou toulou</i>	national	forest/open		
<i>Ceyx madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Charadrius tricollaris bifrontatus</i>	national	wetland		
<i>Circus m. macrosceles</i>	national	open/wetland	vulnerable	
<i>Cisticola cherina</i>	national	open		
<i>Copsychus albospectularis</i>	national	forest		
<i>Coracina c. cinerea</i>	national	forest		

Table 1 Bird Species Observed in the Mine Site Local Study Area (continued)

Species	Endemism	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category
<i>Coracopsis nigra nigra</i>	national	forest		Appendix II
<i>Coracopsis vasa vasa</i>	national	forest		Appendix II
<i>Corvus albus</i>	no	open		
<i>Coua caerulea</i>	national	forest		
<i>Coua reynaudii</i>	national	forest		
<i>Coua serriana</i>	national	forest		
<i>Crossleyia xanthophrys</i>	national	forest	near threatened	
<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	national	forest		
<i>Cuculus rochii</i>	no	forest		
<i>Cyanolanius m. madagascarinus</i>	national	forest		
<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	no	open		
<i>Dendrocygna viduata</i>	no	wetland		
<i>Dicrurus f. forficatus</i>	national	forest		
<i>Dromaeocercus brunneus</i>	national	forest		
<i>Dromaeocercus seebohmi</i>	national	forest		
<i>Dryolimnas cuvieri cuvieri</i>	national	forest/wetland		
<i>Egretta alba</i>	no	wetland		
<i>Eurystomus g. glaucurus</i>	no	forest/open		
<i>Falco eleonora</i>	no	open		Appendix II
<i>Falco newtoni newtoni</i>	national	open		Appendix II
<i>Foudia madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Foudia omissa</i>	national	forest		
<i>Gallinago macrodactyla</i>	national	wetland	near threatened	
<i>Gallinula chloropus</i>	no	wetland		
<i>Hartlaubius auratus</i>	national	forest		
<i>Hypositta corallirostris</i>	national	forest		
<i>Hypsipetes m. madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Leptopterus chabert</i>	national	forest		
<i>Leptosomus d. discolor</i>	national	forest		
<i>Lonchura nana</i>	national	forest/open		
<i>Lophotibis cristata</i>	national	forest	near threatened	
<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	national	open		
<i>Merops superciliosus</i>	no	forest/open		
<i>Milvus aegyptius</i>	no	open		
<i>Milvus migrans</i>	no	open		Appendix II
<i>Mirafr hova</i>	national	open		
<i>Monticola sharpei</i>	national	forest		
<i>Motacilla flaviventris</i>	national	open/wetland		

Table 1 Bird Species Observed in the Mine Site Local Study Area (continued)

Species	Endemism	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category
<i>Mystacornis crossleyi</i>	national	forest		
<i>Nectarinia n. notata</i>	national	forest		
<i>Nectarinia s. sovimanga</i>	national	forest		
<i>Neodrepanis coruscans</i>	national	forest		
<i>Neomixis flavoviridis</i>	national	forest	near threatened	
<i>Neomixis s. striatigula</i>	national	forest		
<i>Neomixis tenella</i>	national	forest		
<i>Neomixis viridis</i>	national	forest		
<i>Nesillas t. typica</i>	national	forest		
<i>Newtonia amphichroa</i>	national	forest		
<i>Newtonia brunneicauda</i>	national	forest		
<i>Ninox supercilialis</i>	national	forest		Appendix II
<i>Otus rutilus rutilus</i>	national	forest		Appendix II
<i>Oxylabes madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Phedina borbonica madagascariensis</i>	national	forest		
<i>Philepitta castanea</i>	national	forest		
<i>Ploceus nelicourvi</i>	national	forest		
<i>Polyboroides radiatus</i>	national	forest		Appendix II
<i>Porzana pusilla</i>	no	wetland		
<i>Pseudobias wardi</i>	national	forest		
<i>Rallus madagascariensis</i>	national	wetland	vulnerable	
<i>Randia pseudozosterops</i>	national	forest		
<i>Riparia paludicola cowani</i>	no	open/wetland		
<i>Sarothrura insularis</i>	national	forest		
<i>Sarothrura watersi</i>	national	wetland	endangered	
<i>Saxicola torquata sibilla</i>	no	open		
<i>Streptopelia picturata picturata</i>	national	forest		
<i>Terpsiphone m. mutata</i>	national	forest		
<i>Treron australis australis</i>	national	forest		
<i>Turnix nigricollis</i>	national	forest		
<i>Tylas edwardi</i>	national	forest		
<i>Tyto alba</i>	no	open		Appendix II
<i>Tyto soumagnei</i>	national	forest	endangered	Appendix I
<i>Vanga curvirostris</i>	national	forest		
<i>Xenopirostris pollenii</i>	national	forest	near threatened	
<i>Zoonavena g. grandidieri</i>	national	forest		
<i>Zosterops m. maderaspatana</i>	national	forest/open		

Table 2 Number of Detections by Area for Bird Species Observed in the Mine Site Local Study Area

Species	Ambatovy	Analamay	Torotorofotsy	Total Occurrences
<i>Accipiter francesii</i>	6	10	10	26
<i>Accipiter henstii</i>		2		2
<i>Accipiter madagascariensis</i>		1	1	2
<i>Acridotheres tristis</i>			2	2
<i>Acrocephalus newtoni</i>			9	9
<i>Agapornis cana</i>		1		1
<i>Alcedo v. vintsioides</i>		3	10	13
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	9	12	13	34
<i>Amphilaus seebohmii</i>			41	41
<i>Anas erythrorhyncha</i>	1		111	112
<i>Anas melleri</i>			21	21
<i>Apus melba</i>			1	1
<i>Ardea humbloti</i>			1	1
<i>Ardea purpurea</i>			3	3
<i>Artamella viridis</i>	5	9	3	17
<i>Atelornis pittoides</i>	2	23	14	39
<i>Aviceda madagascariensis</i>			1	1
<i>Bernieria cinereiceps</i>	1	3		4
<i>Bernieria madagascariensis</i>	52	115	45	212
<i>Bernieria zosterops</i>	6	20	9	35
<i>Brachypteracias squamigera</i>	1			1
<i>Bubulcus ibis</i>			3	3
<i>Buteo brachypterus</i>	5	15	16	36
<i>Butorides striatus</i>			2	2
<i>Calicalicus madagascariensis</i>	61	141	56	258
<i>Canirallus kioloides</i>	4	6	13	23
<i>Caprimulgus enarratus</i>		2		2
<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	4	2	1	7
<i>Casmerodius albus</i>			1	1
<i>Centropus toulou</i>	15	51	39	105
<i>Charadrius tricollaris</i>			3	3
<i>Circus macrosceles</i>			1	1
<i>Cisticola cherina</i>	3	3	12	18
<i>Copsychus albospectus</i>	49	85	55	189
<i>Coracina cinerea</i>	20	54	14	88
<i>Coracopsis nigra</i>	39	77	29	145
<i>Coracopsis vasa</i>	28	64	24	116
<i>Coua caerulea</i>	44	88	55	187
<i>Coua reynaudii</i>	36	86	40	162
<i>Coua serriana</i>	2	5	3	10
<i>Crossleyia xanthophrys</i>	2	5	1	8
<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	6	2	2	10
<i>Cuculus rochii</i>	17	50	21	88
<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	8	10	4	22
<i>Cypsiurus parvus</i>		4	1	5
<i>Dicrurus forficatus</i>	34	56	50	140
<i>Dromaeacercus brunneus</i>			1	1
<i>Dryolimnas cuvieri</i>	3	11	5	19
<i>Eurystomus glaucurus</i>	14	42	17	73
<i>Falco eleonora</i>	2	3		5
<i>Falco newtoni</i>	2	1	1	4
<i>Foudia madagascariensis</i>	18	57	46	121
<i>Foudia omissa</i>	20	20	15	55
<i>Gallinago macrodactyla</i>			16	16
<i>Gallinula chloropus</i>			1	1
<i>Hartlaubius auratus</i>	2	5	4	11
<i>Hypositta corallirostris</i>	4	6	3	13
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	78	181	84	343

Table 2 Number of Detections by Area for Bird Species Observed in the Mine Site Local Study Area (continued)

Species	Ambatovy	Analamay	Torotorofotsy	Total Occurrences
<i>Leptopterus chabert</i>	5	16	7	28
<i>Leptosomus discolor</i>	12	31	20	63
<i>Lonchura nana</i>	1	1	7	9
<i>Lophotibis cristata</i>		4		4
<i>Margaroperdix madagascariensis</i>			8	8
<i>Merops superciliosus</i>	6	18	10	34
<i>Milvus aegyptius</i>			1	1
<i>Milvus migrans</i>	2			2
<i>Mirafr hova</i>	2		2	4
<i>Monticola sharpei</i>			2	2
<i>Motacilla flaviventris</i>	2	5	15	22
<i>Mystacornis crossleyi</i>	11	11	10	32
<i>Nectarinia notata</i>	19	40	39	98
<i>Nectarinia souimanga</i>	83	181	82	346
<i>Neodrepanis coruscans</i>	5	1		6
<i>Neomixis flavoviridis</i>	2	2		4
<i>Neomixis striatigula</i>	15	58	20	93
<i>Neomixis tenella</i>	55	119	58	232
<i>Neomixis viridis</i>	7	12	11	30
<i>Nesillas typica</i>	49	145	49	243
<i>Newtonia amphichroa</i>	22	47	14	83
<i>Newtonia brunneicauda</i>	82	184	86	352
<i>Oxylabes madagascariensis</i>	15	21	10	46
<i>Phedina borbonica</i>			1	1
<i>Philepitta castanea</i>	3	4	3	10
<i>Ploceus nelicourvi</i>	2	19	10	31
<i>Polyboroides radiatus</i>	2	2	6	10
<i>Porzana pusilla</i>			2	2
<i>Pseudobias wardi</i>	1	7	2	10
<i>Rallus madagascariensis</i>			16	16
<i>Randia pseudozosterops</i>	3	3		6
<i>Sarothrura insularis</i>	17	30	77	124
<i>Sarothrura watersi</i>			4	4
<i>Saxicola torquata</i>	6	26	22	54
<i>Streptopelia picturata</i>	22	47	17	86
<i>Terpsiphone mutata</i>	61	120	72	253
<i>Treron australis</i>	3	5	11	19
<i>Turnix nigricollis</i>		6	2	8
<i>Tylas eduardi</i>	11	16	13	40
<i>Tyto alba</i>			1	1
<i>Vanga curvirostris</i>	20	30	23	73
<i>Xenopirostris polleni</i>		2		2
<i>Zoonavena grandidieri</i>		2	3	5
<i>Zosterops maderaspatana</i>	50	73	62	185
Total	1,199	2,619	1,732	5,550

TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT
ON THE
SLENDER-BILLED FLUFFTAIL (*SAROTHRURA WATERSI*)
(FRENCH)

**Contribution à l'étude de l'espèce aviaire *Sarothrura watersi* Bartlett 1879
(Slender-billed Flufftail), Rallidae
Par RAKOTONOMENJANAHARY M. Odon et RAVELOSON A. Bruno.**

Cadre Global de la recherche

Cette étude entre dans le cadre de la mise en place d'un programme de suivi écologique pour l'espèce aviaire *Sarothrura watersi* faisant suite à la recherche en matière d'Etude d'Impact Environnemental de l'exploitation de nickel et de cobalt sur l'espèce aviaire *Sarothrura watersi* des marais de Torotorofotsy, et tenant compte à l'autorisation n°057 MIN ENV.EF/SG/DGEF/DPB/SCBLF.

Golder Associates Ltd (Golder) est engagé par Dynatec Corporation (Dynatec) pour préparer une Etude d'Impact Environnemental (EIE) suivant la loi de MECIE et basée sur les approches acceptées au niveau internationaux (Banque Mondiale comme référence).

1 Justificatif

Le *Sarothrura watersi* est un oiseau aquatique qui ne vole qu'en cas de danger soudain, sur de courtes distances avant de disparaître en courant dans la végétation aquatique des marais (Langrand, 1995). Il est classé parmi les espèces menacées « en danger » (Collar *et al.*, 1998). La menace provient essentiellement de la surface limitée de leur habitat, de la destruction des habitats, de l'invasion des habitats par les chiens et les rats.

Le marais de Torotorofotsy fait parti des deux sites favorables pour observer et étudier cette espèce extrêmement très difficile à observer (Morris & Hawkins, 1998). Bien qu'il s'agisse d'une espèce présentant un intérêt majeur sur le plan de la conservation, peu d'informations sont disponibles à l'heure actuelle, sur leur biométrie, leur biologie et leur écologie. De ce fait, une étude détaillée et continue pendant quelques mois de cette espèce permettrait sans aucun doute d'acquérir de nouvelles informations qui contribueront plus tard à faciliter leur protection.

2 Objectifs

Les objectifs de cette recherche sont d'accumuler plus d'informations biométriques (poids, tailles) et recueillir de nouvelles informations écologiques (comportement, voix, habitat, régime alimentaire et nidification).

3 Description de la recherche

3.1 Localisation

La recherche était effectuée au niveau des marais de Torotorofotsy, dans les régions de Torotorofotsy, de Maromitsinjo, de Sahavarina, d'Andasimbaiavy et de Behontsa.

3.2 Méthodologie et activités

3.2.1 Démarche méthodologique

La présence d'individu est d'abord détecté selon les techniques de l'appel par des chants et cris préenregistrés.

Dès qu'un individu est suspecté, le filet de capture (2*12m) est installé rapidement environ à une vingtaine de mètre derrière l'individu ciblé, et ce en faisant un détour afin de ne pas l'effrayer.

Puis on rabat l'oiseau vers le filet de capture à l'aide des assistants locaux.

Si l'individu est capturé, il est ramené au campement dans un sac en coton en vue des mensurations biométriques, de baguage et de prises de photos.

Treize (13) paramètres biométriques ont été mesurés : poids, longueur de la queue, longueur de l'aile, longueur du bec-narine, longueur de l'ouverture du bec, longueur de la tarse, longueur du doigt central, longueur de la griffe du doigt central, longueur du doigt postérieur, diamètre horizontal du bec, diamètre vertical du bec, diamètre de la tarse et diamètre du doigt central au niveau de la première phalange.

Une fois l'opération terminée, l'individu est relâché dans son lieu de capture ; les coordonnées géographiques de ce point de capture sont relevés à l'aide d'un GPS.

3.2.2 Matériels de travail

Les matériels de recherche utilisés sont constitués par : filet de capture 2*12m avec pôles, magnétophone avec micro-enregistreur et haut-parleur, cassette préenregistrée, balance Pesolas 200g, petits sacs en coton, pied à coulisse, règle graduée, appareil photographique et films, sac de bagues plastiques colorées avec cuillère, sac de bague en aluminium et en plastique, pince à ouverture intérieure pour fixer les bagues, carnets de note, fiche de relevés biométriques et stylos Gel Pen.

3.3 Déroulement de la recherche

Pour cette période, le travail de recherche sur terrain a duré 9 jours (de dimanche 4 juillet au lundi 12 juillet 2004). Le tableau de la page suivante donne en détail le déroulement de la mission concernant la récolte de données sur terrain.

Tableau n°1 Déroulement de la mission

Date	Heures	Zones prospectées	Coordonnées (axes de délimitation)
Dimanche 4/7/04	7h50 à 1h30	Ampandroangisa, Antombana et Ambanidobo	S18°53'41,2'' et E48°20'03,2'', S18°53'44,8'' et E48°19'54,0'', S18°53'54,6'' et E48°19'39,3'', S18°54'07,3'' et E48°19'43,5'', S18°54'14,1'' et E48°19'49,0'', S18°53'47,0'' et E48°20'24,8'', S18°53'41,3'' et E48°20'31,0''
Dimanche 4/7/04	3h00 à 5h00	Couloir nord et nord-ouest de l'îlot Tsiazonomby	S18°52'29,7'' et E48°21'26,9'', S18°52'24,3'' et E48°21'36,3'', S18°52'18,7'' et E48°21'44,5'', S18°52'15,4'' et E48°21'39,9'', S18°52'19,0'' et E48°21'28,0''
Lundi 5/7/04	7h30 à 12h10	Behontsa	S18°52'19,9'' et E48°21'28,9'', S18°53'02,6'' et E48°20'19,4'', S18°52'54,2'' et E48°19'58,7''
Lundi 5/7/04	1h30 à 4h45	Ouest de l'îlot Tsiazonomby	S18°52'29,6'' et E48°21'15,9'', S18°52'30,7'' et E48°21'18,4''

Date	Heures	Zones prospectées	Coordonnées (axes de délimitation)
Mardi 6/7/04	7h30 à 11h45	Maromitsinjo, Ankazonizimirahavavy	S18°52'26,2'' et E48°21'24,4'', S18°52'48,8'' et E48°21'13,9''
Mardi 6/7/04	2h00 à 5h10	Ouest de l'îlot Tsiazonomby	S18°52'26,1'' et E48°21'24,3'', S18°52'48,8'' et E48°21'13,9''
Mercredi 7/7/04	7h30 à 12h30	Behontsa	S18°52'45,5'' et E48°19'53,4'', S18°52'56,6'' et E48°20'15,0'', S18°52'39,3'' et E48°20'44,6''
Mercredi 7/7/04	2h00 à 4h50	Nord de Maromitsinjo	S18°52'30,6'' et E48°21'14,1'', S18°52'41,4'' et E48°20'58,0''
Jeudi 8/7/04	7h45 à 12h15	Sahavarina	S18°52'01,1'' et E48°21'12,4'', S18°51'48,8'' et E48°21'10,3''
Jeudi 8/7/04	2h00 à 4h30	Ouest de l'îlot Tsiazonomby	S18°52'34,6'' et E48°21'22,9'', S18°52'47,1'' et E48°21'17,1''
Vendredi 9/7/04	8h00 à 11h55	Sahavarina	S18°52'14,7'' et E48°21'16,6'', S18°52'12,3'' et E48°20'59,3'', S18°52'06,2'' et E48°20'46,3'', S18°51'59,9'' et E48°20'47,1'', S18°51'55,2'' et E48°20'43,6'', S18°51'51,0'' et E48°20'48,2''
Vendredi 9/7/04	2h00 à 4h30	Sud-ouest de l'îlot Tsiazonomby	S18°51'54,5'' et E48°21'00,9'', S18°51'54,3'' et E48°21'01,0''
Samedi 10/7/04	7h50 à 11h45	Andasimbaiavy, Asorindra	S18°52'49,7'' et E48°21'19,7'', S18°52'38,4'' et E48°22'09,6'', S18°52'33,9'' et E48°22'08,6'', S18°52'31,1'' et E48°22'07,1'', S18°52'57,8'' et E48°21'30,4'', S18°52'59,5'' et E48°21'33,5'', S18°52'36,7'' et E48°21'55,1''
Samedi 10/7/04	1h45 à 4h45	Sud-ouest de l'îlot Tsiazonomby	S18°52'32,8'' et E48°21'31,1'', S18°52'53,6'' et E48°21'23,1''

Date	Heures	Zones prospectées	Coordonnées (axes de délimitation)
Dimanche 11/7/04	8h00 à 12h00	Sud de l'îlot Tsiazonomby	S18°52'36,4'' et E48°21'30,1'', S18°52'51,3'' et E48°21'25,7'', S18°52'23,0'' et E48°21'47,0'' et S18°52'29,2'' et E48°21'49,7''
Dimanche 11/7/04	2h00 à 4h00	Sahavarina	S18°52'00,1'' et E48°21'10,3'', S18°52'03,0'' et E48°21'08,4''
Lundi 12/7/04	7h45 à 11h50	Couloir entre Ambohimanatrika et Ambohimahatazana	S18°52'49,6'' et E48°21'12,5''

4 Résultats

Quatre individus femelles ont été capturées pendant la période de recherche (Cf. Photo n°1 / Réf. P1010060). Malgré la recherche active effectuée, aucun individu capturé et bagué au mois de mai n'est recapturé.

L'Annexe 1 indique les informations générales sur les 4 individus capturés. L'Annexe 2 donne les informations biométriques sur les individus capturés. L'Annexe 3 fait état des résultats statistiques des informations biométriques par la méthode Statistique descriptive considérant les moyennes, les variances et les écarts types au niveau des paramètres étudiés. L'Annexe 4 mentionne la cortège ornithologique recensée durant la période de recherche pour ce mois de juillet 2004. Deux nouvelles espèces ont été recensées durant cette période : *Ardeola ralloides* et *Asio capensis*

4.1 Biométrie

Les informations traitées découlent des 4 femelles capturées puis relâchées après mensurations et ce, pendant cette période de recherche (Cf. Annexes 1, 2 et 3).

Le tableau de la page suivante montre les résultats biométriques après traitement des données par statistiques descriptives pour Intervalle de confiance à 95%

Tableau n°2 Statistiques biométriques de *Sarothrura watersi* femelles capturées

Variables étudiées	N Actifs	Moyenne	Variance	Ecart type
Poids (gramme)	4	28.00	6.00	2.45
Longueur de la queue (mm)	4	49.50	1.67	1.29
Longueur des ailes (mm)	4	65.50	4.33	2.08
Longueur bec-narine (mm)	4	9.50	0.50	0.71
Longueur ouverture bec (mm)	4	14.13	0.73	0.85
Longueur tarse (mm)	4	24.50	0.33	0.58
Longueur doigt central (mm)	4	23.63	0.56	0.75
Longueur griffe doigt central (mm)	4	4.75	0.08	0.29
Longueur doigt postérieur (mm)	4	5.38	0.56	0.75
Diamètre horizontal du bec (mm)	4	4.88	0.06	0.25
Diamètre vertical du bec (mm)	4	3.88	0.06	0.25
Diamètre tarse (mm)	4	2.38	0.06	0.25
Diamètre doigt central (mm)	4	1.75	0.08	0.29

Le tableau montre que les variations sont très marquées pour le poids (écart type +/- 2.45) et la longueur des ailes (écart type +/- 2.08), assez marquées pour la longueur de la queue (écart type +/- 1.29), et assez faible pour le reste des variables étudiées (écart type inférieur à +/- 1).

42 Comportement

Durant l'étude, force est de constater que cette espèce :

- nage très bien aussi et alterne cette technique au vol pour fuir certains prédateurs.
- n'hésite pas à plonger sous l'eau et quitte à être asphyxié la dedans, si une fois encerclée et appréhendée, elle ne trouve plus l'occasion de s'enfuir.

4.3 Voix

Durant cette période, aucune vocalisation est recensée, et les individus ne répondent pas à l'émissions de chants et cris préenregistrés.

44 Régime alimentaire

Aucune information recueillie.

45 Nidification

Aucune information recueillie.

46 Informations sur les habitats

Les 4 spécimen capturés puis relâchés sont tous recueillis au niveau des marais.

Certains assistants locaux qui sont membres de l'équipe pendant la période de mai 2004 nous a rapporté la présence de *Sarothrura watersi* dans la forêt au sud de Sahavarina. En essayant de confirmer leur parole, l'équipe a effectué une prospection le dimanche 11 juillet après-midi et a rencontré un *Sarothrura watersi* mâle dans un lambeau forestier bordant le marais au point de coordonnées géographiques S18° et E48° (Cf. Photo n°7 / Réf. P1010153). En milieu ferme, l'individu a volé comme la plupart des oiseaux de sous-bois et il nous a été impossible de le suivre après 2 arrêts : si le premier déplacement est estimé à 7m environ juste pour éviter notre perturbation (bord de marais vers la forêt), la seconde déplacement nous semble plus de 20m (dans le lambeaux forestier), d'où l'impossibilité de le suivre pour savoir au moins s'il fréquente aussi assez longtemps ce type d'habitat.

5 Conclusions

Cet étude a permis de relever quelques traits très caractéristiques de *Sarothrura watersi* :

- sur leur aptitude pour fuir les prédateurs (vol sur une distance assez longue, la nage et surtout l'immersion dans l'eau quand tout retraite est impossible au niveau des zones herbeuses gorgées d'eau
- sur leur aptitude pour coloniser d'autres habitats : la détection de l'individu dans le lambeau forestier nous incite à émettre l'hypothèse suivante « le *Sarothrura watersi* peut coloniser des lambeaux forestiers bordant les marais selon les pressions imposées par l'homme ou par les facteurs climatiques » :
 - le curage des canaux pour assécher les rizières (Cf. Photo n°2 / Réf. P1010015), la création de nouveaux canaux pour assécher les marais facilitant le labour ou afin de créer de nouvelles rizières entraînant le séchage des marais et la destruction de la végétation (Cf. Photo n°3 / Réf. P1010103 et Photo n°2 / Réf. P1010002). Quelques enquêtes nous ont permises de connaître que ces activités ne s'arrêteront qu'à la prochaine période de semis du riz c'est à dire au mois d'octobre 2004.
 - le surpâturage une fois que le riz est fauché : parfois, les troupeaux détruisent des habitats appréciés par l'espèce (Cf. Photo n° 5 / Réf. P1010153)

- le gel et l'abondance de rosée et de brume matinale pendant l'hiver leur pousse à quitter de temps à temps les marais et de coloniser les lambeaux forestiers bordant les marais. Il nous semble que c'est la raison pour laquelle les spécimens capturés au niveau des marais sont rares d'autant plus que l'espèce ne chante pas pendant cette période et ne répond même aux cris et chants émis par cassette.

La prochaine recherche devrait donc considérer cette capacité de coloniser les lambeaux forestiers pendant l'hiver outre l'aspect comportement, nidification et régime alimentaire ainsi que l'étude de la vocalisation afin de rassembler toutes les informations indispensables permettant de faciliter la conservation de cette espèce menacée.

REFERENCES

- Collar, N.J., Crosby, M.J. & Stattersfield, A.(1998).Birds to Watch Two. Cambridge, UK. Birdlife International
- Langrand, O.(1995). Guide des Oiseaux de Madagascar
- Meyers, D. (1997). Environmental assessment Phelps Dodge A & A Project, Madagascar. Golder Associates Inc.
- Moris, P. & Hawkins, A.F.A.(1998). Birds of Madagascar: A Photographic Guide. Yale University Press, New Haven & London
- Projet ZICOMA (2000). Etude de *Sarothrura insularis* dans les corridors entre Ambohimahasoa, Ranomafana et Andringitra. Projet ZICOMA & IRG Page
- Sinclair, I. & Langrand, O.(1998).Birds of the Indian Ocean Islands. Struik Publishers Ltd

ANNEXES

Annexe 1 : Informations générales

N°	Espèce	Date de capture	Lieu de capture	Coordonnées géographiques		Sexe	Classe d'âge	Référence (Bague)
				Latitude	Longitude			
1	<i>Sarothrura watersi</i>	05-jul-04	Ouest Tsiazonomby	18°52'30,7"	48°21'18,4''	Femelle	Adulte	Bleu ciel
2	<i>Sarothrura watersi</i>	07-jul-04	Behontsa	18°52'56,6"	48°20'15,0''	Femelle	Subadulte	E 095
3	<i>Sarothrura watersi</i>	08-jul-04	Ouest Tsiazonomby	18°52'34,6"	48°21'22,9''	Femelle	Subadulte	Jaune
4	<i>Sarothrura watersi</i>	10-jul-04	Andasimbaivavy	18°52'38,4"	48°22'09,6''	Femelle	Subadulte	Bleu

Annexe 2 : Informations biométriques

N°	Espèce	Poids	Longueur (millimètre)								Diamètre (mm)			
		(gramme)	Q	A	Bn	Bo	T	Dc	Gdc	Dp	Bh	Bv	T	Dc
1	<i>Sarothrura watersi</i>	31	48	65	9	13	25	24	5	6	4.5	3.5	2.5	2
2	<i>Sarothrura watersi</i>	29	49	68	9.5	14.5	24	24	4.5	6.5	5	4	2	1.5
3	<i>Sarothrura watersi</i>	26	50	66	10.5	15	25	24	4.5	5	5	4	2.5	1.5
4	<i>Sarothrura watersi</i>	26	51	63	9	14	24	22.5	5	5	5	4	2.5	2

Légende :

Q : queue

T : tarse

Bh : bec horizontal

A : aile

Dc : doigt central

Bv : bec vertical

Bn : bec narine

Gdc : griffe du doigt central

Bo : bec ouverture

Dp : doigt postérieur

Annexe 3 : Statistiques biométriques (Statistiques descriptive de *Sarothrura watersi* femelle)

Variables étudiées	N Actifs	Moyenne	Variance	Ecart type
Poids (gramme)	4	28.00	6.00	2.45
Longueur de la queue (mm)	4	49.50	1.67	1.29
Longueur des ailes (mm)	4	65.50	4.33	2.08
Longueur bec-narine (mm)	4	9.50	0.50	0.71
Longueur ouverture bec (mm)	4	14.13	0.73	0.85
Longueur tarse (mm)	4	24.50	0.33	0.58
Longueur doigt central (mm)	4	23.63	0.56	0.75
Longueur griffe doigt central (mm)	4	4.75	0.08	0.29
Longueur doigt postérieur (mm)	4	5.38	0.56	0.75
Diamètre horizontal du bec (mm)	4	4.88	0.06	0.25
Diamètre vertical du bec (mm)	4	3.88	0.06	0.25
Diamètre tarse (mm)	4	2.38	0.06	0.25
Diamètre doigt central (mm)	4	1.75	0.08	0.29

Annexe 4 : Cortège ornithologique

N°	Famille	Espèce	Effectif
1	Ardeidae	<i>Ardeola ralloides</i>	1
2	Ardeidae	<i>Butorides striatus</i>	3
3	Ardeidae	<i>Casmerodius albus</i>	3
4	Ardeidae	<i>Ardea purpurea</i>	5
5	Ardeidae	<i>Ardea cinerea</i>	2
6	Ardeidae	<i>Ardea humbloti</i>	2
7	Anatidae	<i>Anas melleri</i>	11
8	Anatidae	<i>Anas erythrorhyncha</i>	162
9	Rallidae	<i>Rallus madagascariensis</i>	11
10	Rallidae	<i>Sarothrura insularis</i>	29
11	Rallidae	<i>Sarothrura watersi</i>	4
12	Charadriidae	<i>Charadrius tricollaris</i>	6
13	Scolopacidae	<i>Gallinago macrodactyla</i>	30
14	Strigidae	<i>Asio capensis</i>	1
15	Alcedinidae	<i>Corythornis vintsioides</i>	6
16	Motacillidae	<i>Motacilla flaviventris</i>	3
17	Sylviidae	<i>Acrocephalus newtoni</i>	13
18	Sylviidae	<i>Dromaeocercus seebohmi</i>	35

Annexe 5 : Calendrier de travail par l'équipe oiseaux pour le suivi du mois de Juillet 2004

Calendrier d'activités Juillet 2004				
Equipe Oiseaux				
Date		Activités	Jour	
			Odon	Bruno
Jeu	1 juil	Préparation de matériel / Provisions / achat	1er	1er
Ven	2 juil	Déplacement Tana-Moramanga / Courtoisie / Achat	2è	2è
Sam	3 juil	Déplacement Moramanga-Torotorofotsy / Installation	3è	3è
Dim	4 juil	Terrain	4è	4è
Lun	5 juil	Terrain	5è	5è
Mar	6 juil	Terrain	6è	6è
Mer	7 juil	Terrain	7è	7è
Jeu	8 juil	Terrain	8è	8è
Ven	9 juil	Terrain	9è	9è
Sam	10 juil	Terrain	10è	10è
Dim	11 juil	Terrain	11è	11è
Lun	12 juil	Terrain	12è	12è
Mar	13 juil	Déplacement Torotorofotsy-Tana	13è	13è
Mer	14 juil	Saisi et traitement des données / Rapport financier	14è	14è
Jeu	15 juil	Rapport	15è	---
Total			15	14

TECHNICAL REPORT
ON
BIRDS
FROM MARCH 3 TO 31, 2004
(FRENCH)

Rapport Technique
Etude d'Impact Environnemental en matière d'Ornithologie
du 3 au 31 mars 2004 aux sites de Dynatec & Phelps Dodge à Ambatovy
par MM. Rakotonomenjanahary Odon et Raveloson Bruno

1 Objectif

L'inventaire ornithologique des carrés centraux d'Ambatovy, d'Analamay, des forêts et marais de Torotorofotsy entre dans le cadre d'une recherche en matière d'Etude d'Impact Environnemental de l'exploitation de nickel et de cobalt sur la faune de ces quatre zones précitées.

2 Itinéraire

3 mars 2004 : Départ à Tana vers Midi, arrivé à Analamay vers 18h30
4 mars 2004 : Installation et reconnaissance
5-6 mars 2004 : Inventaire ornithologique à Analamay
7 mars 2004 : Déplacement à Moramanga
8 mars 2004 : Retour à Analamay
9-13 mars 2004 : Inventaire ornithologique à Analamay
14 mars 2004 : Déplacement à Ambatovy
15-18 mars 2004 : Inventaire ornithologique à Ambatovy
19 mars 2004 : Reconnaissance à Torotorofotsy nord, et contact avec les guides assistants
20 mars 2004 : Achat de provision à Moramanga puis déplacement à Torotorofotsy nord
21-22 mars 2004 : Inventaire ornithologique au niveau des marais
23 mars 2004 : Déplacement à Torotorofotsy sud
24-26 mars 2004 : Inventaire ornithologique au niveau des marais du Torotorofotsy sud
27 mars 2004 : Déplacement à Sahavarina, avec inventaire ornithologique au niveau des îlots forestiers de Torotorofotsy
28 mars 2004 : Inventaire ornithologique au niveau des forêts de Torotorofotsy
29 mars 2004 : Inventaire ornithologique au niveau des marais de Sahavarina (partie de Torotorofotsy nord)
30 mars 2004 : Inventaire ornithologique au niveau des forêts de Torotorofotsy
31 mars 2004 : Retour à Tana..

3 Méthodologies

3.1 Comptage direct par la liste de Mackinnon

L'inventaire par la liste de Mackinnon est effectué le long des pistes préexistantes en progressant lentement à une vitesse de 1 à 1,5 km/h. Le nom de chaque espèce nouvellement rencontrée est noté de façon à obtenir une liste de 10 espèces. La procédure est répétée plusieurs fois afin d'obtenir une série de listes. On calcule ensuite pour chaque espèce recensée, le nombre de listes avec contacts, l'index d'abondance puis son rang au sein de la communauté aviaire.

Sur terrain, l'avantage de cette méthode est telle qu'elle permet de se concentrer sur la recherche de nouvelle espèce et que la récolte de données et leurs analyses sont aussi faciles. Les résultats aboutissent directement à l'obtention des indices d'abondance semi-quantitative de chaque espèce, permettant ainsi de situer sa position sociale au sein de la communauté aviaire en place.

Cette méthode a quand même ses limites du fait qu'elle sous-estime carrément le nombre d'individus pour les espèces qui se trouvent en groupe ainsi que les espèces craintives qui se cachent ou qui s'enfuient aux moindres bruits et alertes.

Pour pallier à ces lacunes, des recherches actives complémentaires et des écoutes nocturnes ont été effectuées en plus de la récolte de données par la liste de Mackinnon.

3.2 L'appel par des cris préenregistrés

Cette méthode est basée sur l'émission de chants enregistrés préalablement afin de détecter la présence de l'espèce ciblée dans la zone étudiée, d'étudier ses réactions et d'enregistrer ses réponses en entendant les chants émis. Dans le cadre de cette étude, cette méthode a été appliquée spécialement en vue de recenser l'espèce *Sarothrura watersi*.

Cependant, les réactions de *Sarothrura watersi* à l'émission sont presque faibles sauf pour leurs propres chants. Pour pallier à cette faible réaction, la technique de la corde tirée par deux personnes était utilisée afin de créer des bruits provoquant des alertes et des vols aux niveaux des oiseaux des marais. Les réponses de l'espèce cible sont tout de suite enregistrées si elle réagit. Ensuite, on effectue l'appel par le biais d'une magnétophone

munie de haut-parleur afin de connaître si possible le genre (mâle, femelle) et le nombre (un individu, un couple) qui se trouve au niveau de l'endroit sélectionné.

Le matériel de travail est composé de paires de jumelles, d'appareil photographique, de GPS pour marquer les points particuliers intéressant, des guides de Langrand (1995), de Morris & Hawkins (1998) et de Sinclair & Langrand (1998).

4 Résultats et discussions

Les espèces recensées, les tableaux d'analyse des listes de Mackinnon, les listes de Mackinnon, les points échantillonnés pour le recensement de *Sarothrura watersi* sont tous donnés en annexes.

4.1 Forêt d'Analamay

Les zones et pistes prospectées durant les récoltes de données sont :

- la forêt azonale d'Analamay, au nord jusqu'aux points S18°48.098' E048°20.071' et S18°47.764' E048°20.442' B, et au sud jusqu'au point S18°49.373' E048°19.451'
- le bord de la rivière allant du campement jusqu'au point S18°48.259' E048°20.408'
- le transect Oiseau allant du campement au point S18°48.324' E048°20.476'
- le transect botanique T1 prolongé jusqu'au point S18°48.506' E048°21.007'

Cinquante-sept listes de Mackinnon incluant 62 espèces ont été recensées dans cette zone de recherche. Avec les 5 autres espèces recensées hors-listes de Mackinnon, le site renferme au total 67 espèces. Parmi ces oiseaux, 40 sont des espèces endémiques de Madagascar, 24 sous-espèces endémiques et 1 espèce visiteur (*Falco eleonora*).

Le statut de conservation UICN indique 1 espèce vulnérable *Xenopirostris pollen* et 6 autres quasi-menacées *Lophotibis cristata*, *Accipiter henstii*, *Atelornis pittoides*, *Randia pseudozosterops*, *Hartertula flavoviridis* et *Pseudobias wardi* (Collar & al., 1998).

Parmi ces 67 espèces, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Polyboroides radiatus*, *Accipiter francesii*, *Accipiter henstii*, *Falco eleonora*, *Falco newtoni*, *Buteo brachypterus*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra* et *Agapornis cana*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 47 sur 57 listes recueillies, donnant un Index d'abondance allant de 0,02 à 0,82. D'autre part, les 15 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place.

On peut en conclure qu'avec des Nombres de contacts inférieur ou égal à 3 traduisant un Index d'abondance inférieur ou égal à 0,05, les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée.

4.2 Forêt d'Ambatovy

Les zones et pistes prospectées durant les récoltes de données sont :

- la piste allant du campement Dynatec Ambatovy jusqu'au village Berano
- le transect lémurien allant du campement jusqu'au point S18°51.335' E048°19.268'
- les pistes dans la zone délimitée par les points S18°51.597' E048°19.937' ; S18°51.447' E048°20.068' ; S18°51.486' E048°19.575' et S18°51.581' E048°20.012' bordant la route vers Torotorofotsy
- le transect botanique

Cinquante-six listes de Mackinnon incluant 61 espèces ont été recensées dans la zone de recherche. Avec les 7 autres espèces recensées hors-listes de Mackinnon, le site renferme au total 68 espèces. Parmi ces oiseaux, 39 sont des espèces endémiques de Madagascar, 23 sous espèces endémiques et 1 visiteur (*Falco eleonora*).

Le statut de conservation UICN indique 2 espèces vulnérables *Brachypteracia squamigera* et *Crossleyia xanthophris*, et 3 autres quasi-menacées *Lophotibis cristata*, *Randia pseudozosterops* et *Hartertula flavoviridis* (Collar et al., 1998).

Parmi ces 68 espèces, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Milvus migrans*, *Polyboroides radiatus*, *Accipiter francesii*, *Falco eleonora*, *Falco newtoni*, *Buteo brachypterus*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Tyto alba*, *Otus rutilus*, *Ninox superciliaris* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 41 sur 56 listes recueillies, donnant un Index d'abondance allant

de 0,02 à 0,73. D'autre part, les 15 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place.

On peut en conclure qu'avec des Nombres de contacts inférieur ou égal à 2 traduisant un Index d'abondance inférieur ou égal à 0,04, les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée.

4.3 Forêt de Torotorofotsy

Les zones et pistes prospectées durant les récoltes de données sont :

- les pistes traversants les îlots forestiers délimités par les points S18°53.607' E048°19.907' et S18°53.136' E048°20.310' ; S18°51.779' E048°21.211' et S18°51.687' E048°21.618' ; S18°52.000' E048°21.542' et S18°52.050' E048°21.440'
- les pistes dans les forêts bordant la vallée de Sahavarina

Quarante-deux listes de Mackinnon incluant 49 espèces ont été recensées dans la zone de recherche. Avec les 15 autres espèces recensées hors-listes de Mackinnon, le site renferme au total 64 espèces. Parmi ces oiseaux, 35 sont des espèces endémiques de Madagascar, 24 sous espèces endémiques et 1 visiteur (*Falco eleonora*).

Le statut de conservation UICN indique 1 espèce en danger *Tyto soumagnei*, et 2 autres quasi-menacées *Atelornis pittoides* et *Dromaeocercus brunneus* (Collar et *al.*, 1998). Le cris de *Tyto soumagnei* est enregistré au point S18°53.904' et E048°20.398 le soir du 25 mars 2004 vers 7h30mn.

Parmi ces 64 espèces, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Milvus migrans*, *Polyboroides radiatus*, *Accipiter francesii*, *Falco eleonora*, *Falco newtoni*, *Buteo brachypterus*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Tyto alba*, *Otus rutilus*, *Ninox superciliaris* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 29 sur 42 listes recueillies, donnant un Index d'abondance allant de 0,02 à 0,69. D'autre part, les 14 premières places au niveau du rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place.

On peut en conclure qu'avec des Nombres de contacts inférieur ou égal à 3 traduisant un Index d'abondance inférieur ou égal à 0,07, les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée.

4.4 Marais de Torotorofotsy

Vingt-huit espèces ont été recensées dans la zone de recherche dont 16 oiseaux d'eau et 12 autres espèces savanicoles et des zones découvertes. Parmi ces oiseaux, 13 sont des espèces endémiques de Madagascar et 8 sous-espèces endémiques.

Le statut de conservation UICN indique 1 espèce en danger *Sarothrura watersi*, 1 espèce vulnérable *Ardea humbloti* et 1 autre quasi-menacée *Anas melleri* (Collar et *al.*, 1998).

Parmi ces 28 espèces, *Tyto soumagnei* est inscrite dans l'Annexe I du CITES, et *Milvus migrans* dans l'Annexe II.

Le marais de Torotorofotsy peut être considéré comme l'un des marécages les plus importants pour l'espèce *Sarothrura watersi*, si on se réfère aux résultats obtenus dans les marais de Ranomafana et d'Andringitra pour l'étude de ladite espèce (Projet ZICOMA, 2000). Parmi les 42 points échantillonnés, 9 réponses ont été obtenus dont 3 enregistrés sur bandes magnétiques. Durant l'émission de chant et l'enregistrement des réponses, 1 couple, 1 femelle, 1 mâle ont pu être observés directement dans trois points échantillons différents.

Les réponses obtenus sont en général les cris d'alarme bref du genre « tiec » décrit par Langrand O. (1995). Les chants décrits par Sinclair I. et Langrand O. (1998) comme « gu-duk gu-duk... », sont entendus seulement deux fois aux niveaux des endroits où l'on a constaté la présence de couples : il nous semble que ce chant marque la retrouvaille du couple après un danger ou une menace. Les chants décrits par Langrand O. (1995) comme « Gouh gouh Gouh gouh... » où les syllabes impaires sont plus accentuées, et par Morris P. et Hawkins F. (1998) comme « chong-cha-chonk chong-chonk » répété rapidement et rythmiquement ne sont pas entendus durant les recherches.

5 Conclusion

Par rapport aux résultats de l'étude d'impact environnemental menée en janvier 1997, quatre espèces sur 70 n'ont pu être recensées de nouveau, à savoir *Casmerodius albus*,

Anas hottentota, *Cuculus rochii* et *Riparia paludicola*. Pour les deux premières espèces, nous attribuons à cette absence la modification de l'habitat due par la montée de l'eau après le passage du cyclone Gafilo associée à la perturbation causée par les pêcheurs profitant de l'abondance des poissons et des anguilles.

Malgré l'état de dégradation presque avancé des habitats en place à cause des anciennes exploitations forestières, des coupes illicites, des tavy, des feux de marais et de leur transformation en zones de cultures, on peut encore dire que la région a gardé ses richesses ornithologiques. En effet, 93 espèces ont été recensées dans l'ensemble des 4 sites de recherche, incluant 59 espèces endémiques de Madagascar, 25 sous-espèces endémiques et 1 visiteur. Trois des 5 espèces d'oiseaux d'eau strictement inféodées à la région de l'Est y sont recensées à savoir *Sarothrura watersi*, *Rallus madagascariensis* et *Gallinago macrodactyla* (Langrand, 1995).

Mais si le niveau d'endémicité est très élevé (90,3% des espèces recensées), les nombres d'espèces jouissant un statut de conservation UICN par contre sont relativement bas (15,0% des espèces recensées).

La forêt d'Ambatovy est le plus riche en nombre d'espèces avec 68 recensées, mais la différence n'est pas très significative vis-à-vis des deux autres sites forestiers (67 espèces pour la forêt d'Analamay et 62 espèces pour la forêt de Torotorofotsy) et ce, malgré le nombre de jours de travail inéquilibré et le nombre de listes recueillies différent causés par un très mauvais temps au début de l'expédition.

REFERENCES

- Collar, N.J., Crosby, M.J. & Stattersfield, A.(1998).Birds to Watch Two. Cambridge, UK. Birdlife International
- Langrand, O.(1995). Guide des Oiseaux de Madagascar
- Meyers, D. (1997). Environmental assessment Phelps Dodge A & A Project, Madagascar. Golder Associates Inc.
- Moris, P. & Hawkins, A.F.A.(1998). Birds of Madagascar: A Photographic Guide. Yale University Press, New Haven & London
- Projet ZICOMA (2000). Etude de *Sarothrura insularis* dans les corridors entre Ambohimahasoa, Ranomafana et Andringitra. Projet ZICOMA & IRG Page
- Sinclair, I. & Langrand, O.(1998).Birds of the Indian Ocean Islands. Struik Publishers Ltd

Annexe 1 : Liste des espèces recensées dans les sites de recherches (mars 2004)

N°	Espèce et/ou sous-espèce	S1	S2	S3	S4	Distribution	Statut UICN
1	<i>Bubulcus ibis</i>				11		
2	<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>				6	Endémique	
3	<i>Ardea cinerea</i>				2		
4	<i>Ardea humbloti</i>				2	Endémique	Vulnérable
5	<i>Lophotibis cristata</i>	<i>o</i>	HL			Endémique	Quasi-menacé
6	<i>Anas melleri</i>				5	Endémique	Quasi-menacé
7	<i>Anas erythrorhyncha</i>		<i>o</i>		36		
8	<i>Milvus migrans</i>		<i>o</i>	HL	<i>o</i>		
9	<i>Polyboroides radiatus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
10	<i>Accipiter henstii</i>	<i>o</i>				Endémique	Quasi-menacé
11	<i>Accipiter francesii francesii</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
12	<i>Buteo brachypterus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
13	<i>Falco newtoni newtoni</i>		<i>o</i>	HL		Endémique	
14	<i>Falco eleonorae</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Visiteur	
15	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>			HL	<i>o</i>	Endémique	
16	<i>Turnix nigricollis</i>	<i>o</i>		HL	<i>o</i>	Endémique	
17	<i>Rallus madagascariensis</i>				9	Endémique	
18	<i>Dryolimnas cuvieri cuvieri</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
19	<i>Porzana pusilla</i>				2		
20	<i>Sarothrura insularis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	27	Endémique	
21	<i>Sarothrura watersi</i>				11	Endémique	En danger
22	<i>Gallinula chloropus</i>				2		
23	<i>Gallinago macrodactyla</i>				55	Endémique	
24	<i>Streptopelia picturata picturata</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
25	<i>Treron australis australis</i>	HL	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
26	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	<i>o</i>		<i>o</i>		Endémique	
27	<i>Coracopsis vasa vasa</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
28	<i>Coracopsis nigra nigra</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
29	<i>Agapornis cana cana</i>	<i>o</i>				Endémique	
30	<i>Coua serriana</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	
31	<i>Coua reynaudii</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
32	<i>Coua caerulea</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
33	<i>Centropus toulou toulou</i>		<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	Endémique	
34	<i>Tyto soumagnei</i>			HL		Endémique	En danger
35	<i>Tyto alba</i>		HL	HL			
36	<i>Otus rutilus rutilus</i>	HL	HL	HL		Endémique	
37	<i>Ninox superciliosus</i>		HL	HL		Endémique	
38	<i>Asio madagascariensis</i>	HL	HL	HL		Endémique	
39	<i>Caprimulgus m. madagascariensis</i>	HL	<i>o</i>	HL	<i>o</i>	Endémique	
40	<i>Caprimulgus ennaratus</i>	<i>o</i>				Endémique	
41	<i>Zoonavena g. grandidieri</i>	<i>o</i>		HL	<i>o</i>	Endémique	
42	<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>			HL	<i>o</i>	Endémique	
43	<i>Corythornis v. vintsioides</i>	<i>o</i>	HL	<i>o</i>	4	Endémique	
44	<i>Merops superciliosus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			
45	<i>Eurystomus g. glaucurus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	HL		Endémique	
46	<i>Atelornis pittoides</i>	HL		<i>o</i>		Endémique	Quasi-menacé
47	<i>Brachypteracias squamigera</i>		<i>o</i>			Endémique	Vulnérable
48	<i>Leptosomus d. discolor</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
49	<i>Philepitta castanea</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
50	<i>Neodrepanis coruscans</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	
51	<i>Mirafra hova</i>		<i>o</i>			Endémique	
52	<i>Phedina borbonica madagascariensis</i>		HL	HL	<i>o</i>	Endémique	
53	<i>Motacilla flaviventris</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	Endémique	
54	<i>Coracina cinerea</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
55	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
56	<i>Phyllastrephus zosterops</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
57	<i>Hypsipetes m. madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
58	<i>Copsychus albospectus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
59	<i>Saxicola torquata sibilla</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	Endémique	

N°	Espèce et/ou sous-espèce	S1	S2	S3	S4	Distribution	Statut UICN
60	<i>Acrocephalus newtoni</i>			<i>o</i>	<i>o</i>	Endémique	
61	<i>Nesillas t. typica</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
62	<i>Cisticola cherina</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		
63	<i>Dromaeocercus brunneus</i>			<i>o</i>		Endémique	Quasi-menacé
64	<i>Dromaeocercus seebohmi</i>				<i>o</i>	Endémique	
65	<i>Randia pseudozosterops</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	Quasi-menacé
66	<i>Newtonia amphichroa</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
67	<i>Newtonia brunneicauda</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
68	<i>Neomixis tenella</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
69	<i>Neomixis viridis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
70	<i>Neomixis striatigula</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	
71	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	
72	<i>Hartertula flavoviridis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	Quasi-menacé
73	<i>Pseudobias wardi</i>	<i>o</i>				Endémique	Quasi-menacé
74	<i>Terpsiphone m. mutata</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
75	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
76	<i>Crossleyia xanthophrys</i>		<i>o</i>			Endémique	Vulnérable
77	<i>Mystacornis crossleyi</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
78	<i>Nectarinia s. souimanga</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
79	<i>Nectarinia n. notata</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
80	<i>Zosterops m. maderaspatana</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
81	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
82	<i>Vanga curvirostris</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
83	<i>Xenopirostris polleni</i>	<i>o</i>				Endémique	Vulnérable
84	<i>Leptopterus viridis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	
85	<i>Leptopterus chabert</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
86	<i>Cyanolanius m. madagascarinus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	
87	<i>Hypositta corallirostris</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
88	<i>Tylas eduardi</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
89	<i>Dicrurus f. forficatus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
90	<i>Ploceus nelicourvi</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
91	<i>Foudia madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	Endémique	
92	<i>Foudia omissa</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
93	<i>Lonchura nana</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	Endémique	

S1 : Forêt d'Analamay

S2 : Forêt d'Ambatovy

S3 : Forêt de Torotorofotsy

S4 : Marais de Torotorofotsy

o : Espèce recensée dans le site avec les listes de Mackinnon

HL : Espèce recensée hors liste de Mackinnon

**Annexe 2 : Points échantillonnés et résultats obtenus pour le recensement de
Sarothrura watersi dans les marais de Torotorofotsy**

Date	Points échantillonnés			Résultats
	Altitude	Latitude	Longitude	
21/03/2004	937m	S18°52.866'	E048°21.723'	
	953m	S18°52.363'	E048°22.240'	
	962m	S18°52.505'	E048°22.239'	
	942m	S18°52.245'	E048°22.278'	
	949m	S18°51.839'	E048°22.421'	
	948m	S18°51.725'	E048°22.083'	
	948m	S18°51.773'	E048°21.780'	
	941m	S18°51.706'	E048°21.624'	
	946m	S18°51.940'	E048°21.425'	
22/03/2004	942m	S18°52.928'	E048°21.780'	Cris enregistré d'un couple observé entre 7h45 à 8h40
	966m	S18°53.535'	E048°21.663'	Cris d'une femelle observée après appel vers 10h00
	950m	S18°53.789'	E048°21.415'	
	942m	S18°53.871'	E048°21.302'	
	966m	S18°53.265'	E048°21.885'	
24/03/2004	949m	S18°54.049'	E048°20.166'	
	959m	S18°54.312'	E048°49.334'	
	960m	S18°54.501'	E048°19.770'	
	960m	S18°54.423'	E048°19.754'	Cris d'un individu entendu après appel vers 8h50
	957m	S18°54.293'	E048°19.743'	
	959m	S18°53.767'	E048°19.890'	Cris enregistré d'un individu après appel vers 11h15
25/03/2004	957m	S18°53.269'	E048°20.042'	Un mâle observé après appel vers 8h05
	947m	S18°53.138'	E048°20.240'	Cris enregistré après appel d'un couple vers 8h50
	941m	S18°52.770'	E048°21.184'	
	947m	S18°53.000'	E048°20.929'	
26/03/2004	952m	S18°53.991'	E048°20.533'	
	953m	S18°53.746'	E048°20.719'	
	950m	S18°54.039'	E048°20.928'	
	962m	S18°53.968'	E048°21.097'	
	974m	S18°53.852'	E048°21.125'	
	963m	S18°53.639'	E048°20.954'	
	945m	S18°53.591'	E048°20.963'	Cris d'un individu entendu après appel vers 10h15
	949m	S18°53.548'	E048°20.817'	
	958m	S18°53.528'	E048°20.709'	
29/03/2004	935m	S18°51.966'	E048°20.762'	Cris d'un individu entendu après appel vers 6h35
	952m	S18°52.185'	E048°20.798'	
	946m	S18°52.101'	E048°20.769'	
	946m	S18°52.058'	E048°21.262'	
	956m	S18°52.170'	E048°21.016'	
	956m	S18°52.027'	E048°21.094'	
	947m	S18°51.917'	E048°21.325'	Cris d'un individu entendu après appel vers 9h30
	972m	S18°51.785'	E048°21.166'	
	950m	S18°51.863'	E048°21.008'	

Annexe 3 : Analyse des listes de Mackinnon recueillies dans la forêt d'Analamay

N°	Espèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'abondance	Rang
1	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	47	57	0.82	1
2	<i>Newtonia brunneicauda</i>	39	57	0.68	2
3	<i>Nectarinia souimanga</i>	38	57	0.67	3
4	<i>Nesillas typica</i>	37	57	0.65	4
5	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>	32	57	0.56	5
6	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	30	57	0.53	6
7	<i>Terpsiphone mutata</i>	30	57	0.53	6
8	<i>Neomixis tenella</i>	26	57	0.46	8
9	<i>Coua caerulea</i>	25	57	0.44	9
10	<i>Zosterops maderaspatana</i>	23	57	0.40	10
11	<i>Coua reynaudii</i>	21	57	0.37	11
12	<i>Coracopsis nigra</i>	19	57	0.33	12
13	<i>Coracopsis vasa</i>	17	57	0.30	13
14	<i>Foudia madagascariensis</i>	17	57	0.30	13
15	<i>Copsychus albospectularis</i>	16	57	0.28	15
16	<i>Coracina cinerea</i>	11	57	0.19	16
17	<i>Foudia omissa</i>	11	57	0.19	16
18	<i>Sarothrura insularis</i>	9	57	0.16	18
19	<i>Dicrurus forficatus</i>	8	57	0.14	19
20	<i>Newtonia amphichroa</i>	8	57	0.14	19
21	<i>Tylas eduardi</i>	8	57	0.14	19
22	<i>Vanga curvirostris</i>	8	57	0.14	19
23	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	7	57	0.12	23
24	<i>Saxicola torquata</i>	6	57	0.11	24
25	<i>Phyllastrephus zosterops</i>	5	57	0.09	25
26	<i>Neomixis viridis</i>	4	57	0.07	26
27	<i>Ploceus nelicourvi</i>	4	57	0.07	26
28	<i>Streptopelia picturata</i>	4	57	0.07	26
29	<i>Accipiter francesii</i>	3	57	0.05	29
30	<i>Cisticola cherina</i>	3	57	0.05	29
31	<i>Falco eleonora</i>	3	57	0.05	29
32	<i>Hypositta corallirostris</i>	3	57	0.05	29
33	<i>Leptosomus discolor</i>	3	57	0.05	29
34	<i>Mystacornis crossleyi</i>	3	57	0.05	29
35	<i>Nectarinia notata</i>	3	57	0.05	29
36	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	3	57	0.05	29
37	<i>Pseudobias wardi</i>	3	57	0.05	29
38	<i>Buteo brachypterus</i>	2	57	0.04	38
39	<i>Caprimulgus enarratus</i>	2	57	0.04	38
40	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	2	57	0.04	38
41	<i>Leptopterus chabert</i>	2	57	0.04	38
42	<i>Leptopterus viridis</i>	2	57	0.04	38
43	<i>Lophotibis cristata</i>	2	57	0.04	38
44	<i>Motacilla flaviventris</i>	2	57	0.04	38
45	<i>Polyboroides radiatus</i>	2	57	0.04	38
46	<i>Accipiter henstii</i>	1	57	0.02	46
47	<i>Agapornis cana</i>	1	57	0.02	46
48	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	1	57	0.02	46
49	<i>Corythornis vintsioides</i>	1	57	0.02	46
50	<i>Coua serriana</i>	1	57	0.02	46
51	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	1	57	0.02	46
52	<i>Eurystomus glaucurus</i>	1	57	0.02	46
53	<i>Hartertula flavoviridis</i>	1	57	0.02	46
54	<i>Lonchura nana</i>	1	57	0.02	46
55	<i>Merops superciliosus</i>	1	57	0.02	46
56	<i>Neodrepanis coruscans</i>	1	57	0.02	46
57	<i>Neomixis striatigula</i>	1	57	0.02	46
58	<i>Philepitta castanea*</i>	1	57	0.02	46
59	<i>Randia pseudozosterops</i>	1	57	0.02	46

N°	Espèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'abondance	Rang
60	<i>Turnix nigricollis</i>	1	57	0.02	46
61	<i>Xenopirostris pollenii</i>	1	57	0.02	46
62	<i>Zoonavena grandidieri</i>	1	57	0.02	46
Hors Listes Mackinnon :					
1	<i>Atelornis pittoides</i>				
2	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>				
3	<i>Otus rutilus</i>				
4	<i>Treron australis</i>				
5	<i>Tyto alba</i>				

Annexe 4 : Analyse des listes de Mackinnon recueillies dans la forêt d'Ambatovy

N°	Espèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'abondance	Rang
1	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	41	56	0.73	1
2	<i>Newtonia brunneicauda</i>	39	56	0.70	2
3	<i>Nectarinia souimanga</i>	35	56	0.63	3
4	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	30	56	0.54	4
5	<i>Copsychus albospectularis</i>	28	56	0.50	5
6	<i>Terpsiphone mutata</i>	28	56	0.50	5
7	<i>Nesillas typica</i>	26	56	0.46	7
8	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>	26	56	0.46	7
9	<i>Coua caerulea</i>	24	56	0.43	9
10	<i>Neomixis tenella</i>	24	56	0.43	9
11	<i>Zosterops maderaspatana</i>	24	56	0.43	9
12	<i>Coua reynaudii</i>	22	56	0.39	12
13	<i>Coracopsis nigra</i>	17	56	0.30	13
14	<i>Coracopsis vasa</i>	17	56	0.30	13
15	<i>Dicrurus forficatus</i>	17	56	0.30	13
16	<i>Coracina cinerea</i>	12	56	0.21	16
17	<i>Foudia madagascariensis</i>	12	56	0.21	16
18	<i>Vanga curvirostris</i>	9	56	0.16	18
19	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	8	56	0.14	19
20	<i>Nectarinia notata</i>	7	56	0.13	20
21	<i>Sarothrura insularis</i>	7	56	0.13	20
22	<i>Streptopelia picturata</i>	7	56	0.13	20
23	<i>Newtonia amphichroa</i>	6	56	0.11	23
24	<i>Tylas eduardi</i>	6	56	0.11	23
25	<i>Accipiter francesii</i>	5	56	0.09	25
26	<i>Leptosomus discolor</i>	5	56	0.09	26
27	<i>Mystacornis crossleyi</i>	5	56	0.09	26
28	<i>Neomixis viridis</i>	5	56	0.09	26
29	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	4	56	0.07	29
30	<i>Foudia omissa</i>	4	56	0.07	29
31	<i>Leptopterus chabert</i>	4	56	0.07	29
32	<i>Merops superciliosus</i>	4	56	0.07	29
33	<i>Neodrepanis coruscans</i>	4	56	0.07	29
34	<i>Centropus toulou</i>	3	56	0.05	34
35	<i>Cisticola cherina</i>	3	56	0.05	34
36	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	3	56	0.05	34
37	<i>Neomixis striatigula</i>	3	56	0.05	34
38	<i>Phyllastrephus zosterops</i>	3	56	0.05	34
39	<i>Coua serriana</i>	2	56	0.04	39
40	<i>Falco eleonorae</i>	2	56	0.04	39
41	<i>Falco newtoni</i>	2	56	0.04	39
42	<i>Hartertula flavoviridis</i>	2	56	0.04	39
43	<i>Milvus migrans</i>	2	56	0.04	39
44	<i>Mirafra hova</i>	2	56	0.04	39
45	<i>Motacilla flaviventris</i>	2	56	0.04	39
46	<i>Philepitta castanea</i>	2	56	0.04	39
47	<i>Polyboroides radiatus</i>	2	56	0.04	39

N°	Espèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'abondance	Rang
48	<i>Saxicola torquata</i>	2	56	0.04	39
49	<i>Anas erythrorhyncha</i>	1	56	0.02	49
50	<i>Brachypteracias squamigera</i>	1	56	0.02	49
51	<i>Buteo brachypterus</i>	1	56	0.02	49
52	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	1	56	0.02	49
53	<i>Crossleyia xanthophrys</i>	1	56	0.02	49
54	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	1	56	0.02	49
55	<i>Eurystomus glaucurus</i>	1	56	0.02	49
56	<i>Hypositta corallirostris</i>	1	56	0.02	49
57	<i>Leptopterus viridis</i>	1	56	0.02	49
58	<i>Lonchura nana</i>	1	56	0.02	49
59	<i>Ploceus nelicourvi</i>	1	56	0.02	49
60	<i>Randia pseudozosterops</i>	1	56	0.02	49
61	<i>Treron australis</i>	1	56	0.02	49
Hors Listes Mackinnon :					
1	<i>Asio madagascariensis</i>				
2	<i>Corythornis vintsioides</i>				
3	<i>Lophotibis cristata</i>				
4	<i>Phedina borbonica</i>				
5	<i>Ninox superciliaris</i>				
6	<i>Otus rutilus</i>				
7	<i>Tyto alba</i>				

Annexe 5 : Analyse des listes de Mackinnon recueillies dans la forêt de Torotorofotsy

N°	Espèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'abondance	Rang
1	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	29	42	0.69	1
2	<i>Newtonia brunneicauda</i>	28	42	0.67	2
3	<i>Terpsiphone mutata</i>	28	42	0.67	2
4	<i>Coua caerulea</i>	23	42	0.55	4
5	<i>Nectarinia souimanga</i>	22	42	0.52	5
6	<i>Foudia madagascariensis</i>	21	42	0.50	6
7	<i>Nesillas typica</i>	21	42	0.50	6
8	<i>Zosterops maderaspatana</i>	21	42	0.50	6
9	<i>Neomixis tenella</i>	17	42	0.40	9
10	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>	16	42	0.38	10
11	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	13	42	0.31	11
12	<i>Copsychus albospectularis</i>	13	42	0.31	11
13	<i>Dicrurus forficatus</i>	13	42	0.31	11
14	<i>Nectarinia notata</i>	12	42	0.29	14
15	<i>Coua reynaudii</i>	11	42	0.26	15
16	<i>Sarothrura insularis</i>	11	42	0.26	15
17	<i>Vanga curvirostris</i>	11	42	0.26	15
18	<i>Centropus toulou</i>	7	42	0.17	18
19	<i>Coracopsis nigra</i>	7	42	0.17	18
20	<i>Coracopsis vasa</i>	7	42	0.17	18
21	<i>Saxicola torquata</i>	7	42	0.17	18
22	<i>Phyllastrephus zosterops</i>	6	42	0.14	22
23	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	5	42	0.12	23
24	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	5	42	0.12	23
25	<i>Buteo brachypterus</i>	4	42	0.10	25
26	<i>Cisticola cherina</i>	4	42	0.10	25
27	<i>Foudia omisa</i>	4	42	0.10	25
28	<i>Leptosomus discolor</i>	4	42	0.10	25
29	<i>Mystacornis crossleyi</i>	4	42	0.10	25
30	<i>Newtonia amphichroa</i>	4	42	0.10	25
31	<i>Tylas eduardi</i>	4	42	0.10	25
32	<i>Accipiter francesii</i>	3	42	0.07	32

N°	Espèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'abondance	Rang
33	<i>Atelornis pittoides</i>	3	42	0.07	32
34	<i>Coracina cinerea</i>	3	42	0.07	32
35	<i>Lonchura nana</i>	3	42	0.07	32
36	<i>Merops superciliosus</i>	3	42	0.07	32
37	<i>Neomixis viridis</i>	3	42	0.07	32
38	<i>Ploceus nelicourvi</i>	3	42	0.07	32
39	<i>Polyboroides radiatus</i>	3	42	0.07	32
40	<i>Treron australis</i>	3	42	0.07	32
41	<i>Dromaeocercus brunneus</i>	2	42	0.05	41
42	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	2	42	0.05	41
43	<i>Acrocephalus newtoni</i>	1	42	0.02	43
44	<i>Corythornis vintioides</i>	1	42	0.02	43
45	<i>Hypositta corallirostris</i>	1	42	0.02	43
46	<i>Leptopterus chabert</i>	1	42	0.02	43
47	<i>Motacilla flaviventris</i>	1	42	0.02	43
48	<i>Philepitta castanea</i>	1	42	0.02	43
49	<i>Streptopelia picturata</i>	1	42	0.02	43
Hors listes Mackinnon :					
1	<i>Asio madagascariensis</i>				
2	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>				
3	<i>Cypsiurus parvus</i>				
4	<i>Eurystomus glaucurus</i>				
5	<i>Falco eleonora</i>				
6	<i>Falco newtoni</i>				
7	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>				
8	<i>Milvus migrans</i>				
9	<i>Ninox superciliosus</i>				
10	<i>Otus rutilus</i>				
11	<i>Phedina borbonica</i>				
12	<i>Turnix nigricollis</i>				
13	<i>Tyto alba</i>				
14	<i>Tyto soumagnei</i>				
15	<i>Zoonavena grandidieri</i>				

Annexe 6 : Lexique des noms vernaculaires

N°	Nom Scientifique	Nom Vernaculaire Anglais	Nom Vernaculaire Malagasy
1	<i>Bubulcus ibis</i>	Cattle Egret	Vorompotsy
2	<i>Ardea purpurea</i>	Purple Heron	Langorofalafa
3	<i>Ardea cinerea</i>	Gray Heron	Langoromavo
4	<i>Ardea humbloti</i>	Humboldt's Heron	Vano
5	<i>Lophotibis cristata</i>	Madagascar Crested Ibis	Akohonal, Lampirana
6	<i>Anas melleri</i>	Meller's Duck	Angaka
7	<i>Anas erythrorhynchos</i>	Red-billed Teal	Sadakely, Menamolotra
8	<i>Milvus migrans</i>	Black Kite	Papango
9	<i>Polyboroides radiatus</i>	Madagascar Harrier Hawk	Fihika
10	<i>Accipiter henstii</i>	Henst's Goshawk	Rehila
11	<i>Accipiter francesii</i>	France's Sparrowhawk	Fandraokibo
12	<i>Buteo brachypterus</i>	Madagascar Buzzard	Hindry, Beririnina
13	<i>Falco newtoni</i>	Madagascar Kestrel	Hitsikitsika
14	<i>Falco eleonora</i>	Eleonora's Falcon	Firasambalala
15	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	Madagascar Partridge	Tsipoy, Traotao
16	<i>Turnix nigricollis</i>	Madagascar Buttonquail	Kibobo, Rakibo
17	<i>Rallus madagascariensis</i>	Madagascar Rail	Tsikea
18	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	White-throated Rail	Tsikoza
19	<i>Porzana pusilla</i>	Baillon's Crake	Birindrano
20	<i>Sarothrura insularis</i>	Madagascar Flufftail	Biribiry
21	<i>Sarothrura watersi</i>	Slender-billed Flufftail	Manganahitra, Vorombary
22	<i>Gallinula chloropus</i>	Common Moorhen	Akohondrano
23	<i>Gallinago macrorhynchos</i>	Madagascar Snipe	Ravarava

N°	Nom Scientifique	Nom Vernaculaire Anglais	Nom Vernaculaire Malagasy
24	<i>Streptopelia picturata</i>	Malagasy Turtledove	Domohina, Deho
25	<i>Treron australis</i>	Malagasy Green Pigeon	Voronadabo, Finengo
26	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	Madagascar Blue Pigeon	Finengomanga
27	<i>Coracopsis vasa</i>	Greater Vasa Parrot	Boloky, Boezabe
28	<i>Coracopsis nigra</i>	Lesser Vasa Parrot	Boloky, Boezakely, Kokia
29	<i>Agapornis cana</i>	Gey-headed Lovebird	Sarivaza, Karaoka
30	<i>Coua serriana</i>	Red-breasted Coua	Koa
31	<i>Coua reynaudii</i>	Red-fronted Coua	Fandikalalana
32	<i>Coua caerulea</i>	Blue Coua	Taitso
33	<i>Centropus toulou</i>	Madagascar Coucal	Toloho
34	<i>Tyto soumagnei</i>	Madagascar Red Owl	
35	<i>Tyto alba</i>	Common Barn-Owl	Tararaka, Vorondolo
36	<i>Otus rutilus</i>	Malagasy Scops-Owl	Torotoroka
37	<i>Ninox supercilialis</i>	White-browed Owl	Tovotovoka, Vorondolo
38	<i>Asio madagascariensis</i>	Madagascar Long-eared Owl	Hanka
39	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	Madagascar Nightjar	Matoriandro, Tataro
40	<i>Caprimulgus ennaratus</i>	Collared Nightjar	Tataroala
41	<i>Zoonavena grandidieri</i>	Malagasy Spine-tailed Swift	Siditsidina, Fangalamoty
42	<i>Cypsiurus parvus</i>	African Palm Swift	Siditsidina, Fangalamoty
43	<i>Corythornis vintsioides</i>	Malagasy Kingfisher	Vintsy
44	<i>Merops superciliosus</i>	Madagascar Bee-eater	Kirioka, Tsikiriokirioka
45	<i>Eurystomus glaucurus</i>	Broad-billed Roller	Gadragadra, Voronkahaka
46	<i>Atelornis pittoides</i>	Pitta-like Ground Roller	Tsakoka
47	<i>Brachypteracias squamigera</i>	Scaly Ground Roller	Fangadiovy
48	<i>Leptosomus discolor</i>	Cuckoo-Roller	Vorondreo, Kiroombo
49	<i>Philepitta castanea</i>	Velvet Asity	Asity, Soisoy
50	<i>Neodrepanis coruscans</i>	Sun-bird Asity	Soinala, Zafindrasity
51	<i>Mirafra hova</i>	Madagascar Bush Lark	Sorohitra
52	<i>Phedina borbonica</i>	Mascarene Martin	Siditsidina, Poadranofotsy
53	<i>Motacilla flaviventris</i>	Madagascar Wagtail	Triotrio
54	<i>Coracina cinerea</i>	Ashy Cuckoo-Shrike	Kikiomavo
55	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>	Long-billed Greenbul	Tekitekiala, Droadroaka
56	<i>Phyllastrephus zosterops</i>	Spectacled Greenbul	Tetraka, Farifotra
57	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	Madagascar Bulbul	Tsikorovana
58	<i>Copsychus albospectularis</i>	Madagascar Magpie Robin	Todiana, Fitatrala
59	<i>Saxicola torquata</i>	Stonechat	Fitatra, Fitadroranga
60	<i>Acrocephalus newtoni</i>	Madagascar Swamp-Warbler	Vorombaratra
61	<i>Nesillas typica</i>	Madagascar Brush-Warbler	Poretaka
62	<i>Cisticola cherina</i>	Madagascar Cisticola	Tsintsina
63	<i>Dromaeocercus brunneus</i>	Brown Emutail	Serika
64	<i>Dromaeocercus seebohmii</i>	Gray Emutail	Serikatanimbary
65	<i>Randia pseudozosterops</i>	Rand's Warbler	
66	<i>Newtonia amphichroa</i>	Dark Newtonia	
67	<i>Newtonia brunneicauda</i>	Common Newtonia	Katekateka
68	<i>Neomixis tenella</i>	Common Jery	Jijy, Kimitsy
69	<i>Neomixis viridis</i>	Green Jery	
70	<i>Neomixis striatigula</i>	Striped-throated Jery	Kimitsy
71	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>		
72	<i>Hartertula flavoviridis</i>	Wedge-tailed Jery	
73	<i>Pseudobias wardi</i>	Ward's Flycatcher	Serikalambo, Vorombarika
74	<i>Terpsiphone mutata</i>	Madagascar Paradise Flycatcher	Singetry
75	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	White-throated Oxylabes	Farifotramena
76	<i>Crossleyia xanthophrys</i>	Yellow-browed Oxylabes	Foditany
77	<i>Mystacornis crossleyi</i>	Crossley's Babbler	Talapiotany
78	<i>Nectarinia souimanga</i>	Souimanga Sunbird	Soy, Soikely, Sianga
79	<i>Nectarinia notata</i>	Long-billed Green Sunbird	Soy, Soimangavola
80	<i>Zosterops maderaspatana</i>	Madagascar White-Eye	Fotsimaso, Ramanjerika, Farimaso
81	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	Red-tailed Vanga	Totokarasoka
82	<i>Vanga curvirostris</i>	Hook-billed Vanga	Tsilovanga
83	<i>Xenopirostris polleni</i>	Pollen's Vanga	Vangamaintiloha
84	<i>Leptopterus viridis</i>	White-headed Vanga	Voromasiaka, Tsakeky
85	<i>Leptopterus chabert</i>	Chabert's Vanga	Sarigaga, Pasasatra
86	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	Blue Vanga	Pasasatrala

N°	Nom Scientifique	Nom Vernaculaire Anglais	Nom Vernaculaire Malagasy
87	<i>Hypositta corallirostris</i>	Nuthatch Vanga	Sakodidy, Vorontsididina
88	<i>Tylas eduardi</i>	Tylas Vanga	Mokazavona
89	<i>Dicrurus forficatus</i>	Crested Drongo	Railovy, Drongo
90	<i>Ploceus nelicourvi</i>	Nelicourvi Weaver	Fodisaina
91	<i>Foudia madagascariensis</i>	Madagascar Red Fody	Fody
92	<i>Foudia omissa</i>	Forest Fody	Fodiala
93	<i>Lonchura nana</i>	Madagascar Mannikin	Tsikirity, Tsiporitika

TECHNICAL REPORT
ON
BIRDS
FROM NOVEMBER 11 TO DECEMBER 27, 2004
(FRENCH)

Rapport Technique
Etude d'Impact Environnemental en matière d'Ornithologie
du 11 novembre au 27 décembre 2004 aux sites de Dynatec & Phelps Dodge à Ambatovy
par MM. Rakotonomenjanahary Odon et Raveloson Bruno

1 Objectif

L'inventaire ornithologique des carrés centraux des forêts d'Ambatovy, d'Analamay et de Torotorofotsy, et ceux des marais de Torotorofotsy entre dans le cadre d'une recherche en matière d'Etude d'Impact Environnemental pour l'exploitation de nickel et de cobalt sur la faune de ces quatre zones précitées, afin d'établir une base de données préliminaires permettant de définir et d'élaborer les futurs travaux en matière de suivi écologique.

2 Itinéraire

11 novembre 2004 : Déplacement Tana-Moramanga

12 novembre : Déplacement Moramanga-Analamay

13-21 novembre : Inventaire à Analamay

22-27 novembre : Inventaire Nord Analamay

28 novembre : Déplacement Analamay-Ambatovy

29 novembre-4 décembre : Inventaire à Ambatovy

5 décembre : Déplacement à Ambatovy-Tsiazonomby

6-26 décembre : Inventaire des marais et des forêts de Torotorofotsy, avec déplacement du camp à Sahavarina le 22 décembre

27 décembre 2004 : Déplacement Sahavarina-Tana.

3 Méthodologies et matériel

Dans le but de satisfaire les bases de données nécessaire pour l'élaboration de la stratégie à appliquer lors du futur programme de suivi écologique en parallèle avec les activités de Dynatec Ltd, les méthodes ci-après ont été adopté et utilisé pendant la récolte de données sur terrain :

3.1 Comptage direct par la liste de Mackinnon

L'inventaire par la liste de Mackinnon est effectué le long des pistes préexistantes en progressant lentement à une vitesse de 1 à 1,5 km/h. Le nom de chaque espèce nouvellement rencontrée est noté de façon à obtenir une liste de 10 espèces. De 5h30mn jusqu'à 10h environ, la procédure est répétée plusieurs fois afin d'obtenir une série de listes. On calcule ensuite pour chaque espèce recensée, le nombre de listes avec contacts, l'index d'abondance puis son rang au sein de la communauté aviaire.

Sur terrain, l'avantage de cette méthode est telle qu'elle permet de se concentrer sur la recherche de nouvelle espèce et que la récolte de données et leurs analyses sont aussi faciles. Les résultats aboutissent directement à l'obtention des indices d'abondance semi-quantitative de chaque espèce, permettant ainsi de situer sa position sociale au sein de la communauté aviaire en place.

Cette méthode a quand même ses limites du fait qu'elle sous-estime carrément le nombre d'individus pour les espèces qui se trouvent en groupe ainsi que les espèces craintives qui se cachent ou qui s'enfuient aux moindres bruits et alertes.

3.2 Recherche active

Cette méthode permet de pallier les lacunes au niveau de la méthode citée ci-dessus car elle permet de recenser les espèces craintives qui se cachent ou qui s'enfuient aux moindres bruits et alertes. Tenant compte des caractères et comportement de ces espèces, on l'effectue pendant la période de reconnaissance, vers la fin de la matinée après la liste mackinnon (de 10h à 11h30mn environ) et durant l'après-midi de 15h 30mn à 18h.

3.3 Recherche de nids

Elle permet d'avoir des informations sur la reproduction des espèces dont on peut citer entre autres la nidification, le caractéristique des nids, le nombre d'oeufs ou le nombre de jeunes. On l'effectue aussi pendant la période de reconnaissance, ou vers la fin de la matinée après la liste mackinnon (de 10h à 11h30mn environ) et durant l'après-midi de 15h 30mn à 18h.

3.4 L'appel par des cris préenregistrés

Cette méthode est basée sur l'émission de chants enregistrés préalablement afin de détecter la présence de l'espèce ciblée dans la zone étudiée, d'étudier ses réactions, d'enregistrer ses réponses en entendant les chants émis, de faciliter en outre les prises de photos voire les captures.

3.5 Le capture par filet suivi de relâche

Dans le cadre de cette étude, cette méthode a été utilisée afin de recueillir des informations biométriques au sein de quelques espèces de sous bois et de marais, puis de prendre de photos. Après les mensurations biométriques et les prises de photos, le spécimen est relâché aux environs de l'endroit où on l'a capturé. Au niveau des zones forestières, la méthode a été appliquée pendant 2 ou 3 demi-journées suivant les cas.

3.6 Le matériel de travail

Le matériel de travail est composé de paires de jumelles, d'appareil photographique, de GPS, de filets de capture pour les petits oiseaux, de sacs en coton, de règle graduée, de balances pesolas 100g et 200g, de pied à coulisse, de carnet de note, de fiches de relevées et des guides de Langrand (1995), de Morris & Hawkins (1998) et de Sinclair & Langrand (1998).

4 Résultats et discussions

Les coordonnées géographiques des points et transects échantillonnés sont données en Annexe 1 ; les espèces recensées sont données en Annexe 2 ; les tableaux d'analyse des listes de Mackinnon sont donnés en Annexe 3 ; les informations biométriques issues des captures par filets suivis de relâches des spécimen sont données en Annexe 4. La planche des photos illustre ces résultats et donne aussi certaines informations sur les activités de la population riveraine dans les sites durant la période de récolte de données.

4.1 Forêt d'Analamay

Cent-trois listes de Mackinnon incluant 60 espèces ont été recensées dans cette zone de recherche. Avec les 8 autres espèces recensées pendant les recherches actives et les écoutes nocturnes, le site renferme au total 68 espèces. Parmi ces oiseaux, 39 sont des espèces

endémiques de Madagascar, 24 sous-espèces endémiques et 5 espèces à distribution régionale (Cf. Annexe 2).

Le statut de conservation UICN indique 5 espèces Quasi-menacées : *Lophotibis cristata*, *Accipiter madagascariensis*, *Atelornis pittoides*, *Hartertula flavoviridis* et *Pseudobias wardi* (Collar & al., 1998).

Parmi les 68 espèces recensées dans cette forêt, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Accipiter madagascariensis*, *Accipiter francesii*, *Buteo brachypterus*, *Falco newtoni*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 81 sur 103 listes recueillies, donnant un Index d'abondance relative allant de 0,01 à 0,79 ; d'autre part, les 20 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place (Cf Annexe 3).

On peut en conclure que les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée avec un Nombre de contacts inférieur ou égal à 4 traduisant un Index d'abondance relative inférieur ou égal à 0,04.

En ce qui concerne les nids, l'équipe a dénombré 2 nids de *Caprimulgus madagascariensis* et 1 nid de *Nesillas typica*.

5 espèces renfermant 6 individus sont capturés puis relâchés à Analamay (Cf. Annexe 4). Ces espèces sont : *Nesillas typica*, *Coua reynaudii*, *Newtonia amphichroa*, *Copsychus albospectus* et *Bernieria madagascariensis* (2 individus). Les informations biométriques recueillies sont données en Annexe 4. Ces informations seraient à inclure dans la base de donnée afin d'être traitées plus tard, car la taille des populations nous semble insuffisante pour être traitée statistiquement.

4.2 Forêt au nord d'Analamay

Cent-deux listes de Mackinnon incluant 60 espèces ont été recensées dans cette zone de recherche. Avec les 9 autres espèces recensées pendant les recherches actives et les écoutes

nocturnes, le site renferme au total 69 espèces. Parmi ces oiseaux, 42 sont des espèces endémiques de Madagascar, 24 sous-espèces endémiques et 3 espèces à distribution régionale (Cf. Annexe 2).

Le statut de conservation UICN indique 1 espèce Vulnérable *Xenopirostris polleni* et 7 autres Quasi-menacées *Lophotibis cristata*, *Accipiter henstii*, *Atelornis pittoides*, *Bernieria cinereiceps*, *Randia pseudozosterops*, *Pseudobias wardi* et *Crossleyia xanthophris* (Collar & al., 1998).

Parmi les 69 espèces recensées dans cette forêt, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Polyboroides radiatus*, *Accipiter francesii*, *Accipiter henstii*, *Buteo brachypterus*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 72 sur 102 listes recueillies, donnant un Index d'abondance relative allant de 0,01 à 0,71. D'autre part, les 20 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place (Cf. Annexe 3).

Si on fait une exception pour l'espèce *Atelornis pittoides* (Nombre de contact 19 et Index d'Abondance relative 0,19), on peut en conclure que les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée avec des Nombres de contacts inférieur ou égal à 5 traduisant un Index d'abondance relative inférieur ou égal à 0,05. Et on peut aussi en déduire que l'espèce *Atelornis pittoides* est assez abondante dans cette région.

L'espèce *Bernieria cinereiceps* est recensée pour la première fois dans cette région. En ce qui concerne les nids, l'équipe a dénombré 1 nid de *Coua reynaudii*, 1 nid de *Caprimulgus ennaratus* avec un jeune qui est déjà capable de voler et qui est probablement le dernier de la couvée, 1 nid de *Sarothrura insularis* et 1 nid de *Caprimulgus madagascariensis*.

4 espèces renfermant 6 individus sont capturés puis relâchés au Nord d'Analamay. Ces espèces sont : *Caprimulgus ennaratus*, *Bernieria cinereiceps* (2 individus), *Mystacornis crossleyi* (2 individus) et *Philepitta castanea*. Les informations biométriques recueillies sont données en Annexe 4. Ces informations seraient à inclure dans la base de donnée afin d'être traitées plus tard, car la taille des populations nous semble insuffisante pour être traitée statistiquement.

4.3 Forêt d'Ambatovy

Soixante-quatre listes de Mackinnon incluant 55 espèces ont été recensées dans la zone de recherche. Avec les 11 autres espèces recensées pendant les recherches actives et les écoutes nocturnes, le site renferme au total 66 espèces. Parmi ces oiseaux, 37 sont des espèces endémiques de Madagascar, 25 sous espèces endémiques et 4 espèces à distribution régionale (Cf. Annexe 2).

Le statut de conservation UICN indique 5 espèces quasi-menacées *Atelornis pittoides*, *Bernieria cinereiceps*, *Randia pseudozosterops*, *Pseudobias wardi* et *Crossleyia xanthophris* (Collar et al., 1998).

Parmi les 66 espèces recensées dans cette forêt, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Accipiter francesii*, *Falco newtoni*, *Buteo brachypterus*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Tyto alba*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 48 sur 56 listes recueillies, donnant un Index d'abondance relative allant de 0,02 à 0,75. D'autre part, les 20 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place (Cf. Annexe 3).

On peut en conclure que les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée avec des Nombres de contacts inférieur ou égal à 3 traduisant un Index d'abondance relative inférieur ou égal à 0,05.

L'espèce *Bernieria cinereiceps* est recensée pour la première fois dans cette région. En ce qui concerne les nids, l'équipe a dénombré 1 nid de *Bernieria zosterops*, 2 nids de *Caprimulgus madagascariensis*, 1 nid de *Dicrurus forficatus*, 3 nids de *Nesillas typica* et 1 nid de *Atelornis pittoides*.

9 espèces renfermant 10 individus sont capturés puis relâchés à Ambatovy. Ces espèces sont : *Nesillas typica*, *Bernieria madagascariensis*, *Newtonia amphichroa*, *Mystacornis crossleyi*, *Atelornis pittoides*, *Oxylabes madagascariensis*, *Bernieria zosterops*, *Ploceus nelicourvi* (2 individus) et *Terpsiphone mutata*. Les informations biométriques recueillies sont données en

Annexe 4. Ces informations seraient à inclure dans la base de donnée afin d'être traitées plus tard, car la taille des populations nous semble insuffisante pour être traitée statistiquement.

4.4 Forêts de Torotorofotsy

Cent listes de Mackinnon incluant 66 espèces ont été recensées dans la zone de recherche. Avec les 9 autres espèces recensées hors-listes de Mackinnon, le site renferme au total 75 espèces. Parmi ces oiseaux, 44 sont des espèces endémiques de Madagascar, 24 sous espèces endémiques et 7 espèces à large distribution (Cf. Annexe 2).

Le statut de conservation UICN indique 7 Quasi-menacées *Accipiter henstii*, *Accipiter madagascariensis*, *Aviceda madagascariensis*, *Atelornis pittoides*, *Monticola sharpei*, *Pseudobias wardi* et *Crossleyia xanthophris* (Collar et al., 1998).

Parmi ces 75 espèces, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Milvus aegyptus*, *Polyboroides radiatus*, *Accipiter henstii*, *Accipiter madagascariensis*, *Accipiter francesii*, *Aviceda madagascariensis*, *Falco newtoni*, *Buteo brachypterus*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Tyto alba*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 60 sur 100 listes recueillies, donnant un Index d'abondance relative allant de 0,01 à 0,60. D'autre part, les 20 premières places au niveau du rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place (Cf Annexe 3).

Et malgré la position de l'espèce *Atelornis pittoides* (11 contacts, Index d'abondance 0,11 avec un rang 29^e), on peut en conclure que les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée avec des Nombres de contacts inférieur ou égal à 2 traduisant un Index d'abondance relative inférieur ou égal à 0,02.

L'espèce *Monticola sharpei* est recensée pour la première fois dans cette région. On a dénombré en outre 1 nid de *Atelornis pittoides*, 1 autre de *Hypsipetes madagascariensis* mais détruit par des bouviers peu de temps après le passage de l'équipe.

4.5 Marais de Torotorofotsy

Vingt-neuf espèces ont été recensées dans la zone de recherche dont 19 oiseaux d'eau et 20 autres espèces savanicoles et des zones découvertes. Parmi ces 19 oiseaux d'eau, 9 sont des espèces endémiques de Madagascar, 4 sous-espèces endémiques et 6 autres espèces à large distribution (Cf. Annexe 2).

Le statut de conservation UICN indique 2 espèces En danger *Sarothrura watersi* et *Anas melleri*, 1 espèce vulnérable *Ardea humbloti*, 1 sous-espèce Vulnérable *Circus m. macrosceles*, et 1 autre espèce Quasi-menacée *Gallinago macrodactyla* (Collar et al., 1998).

Parmi ces 29 espèces, *Milvus aegyptus*, *Circus macrosceles* et *Tyto alba* sont inscrites dans l'Annexe II du CITES.

La sous-espèce *Circus m. macrosceles* est recensée pour la première fois dans cette région. En plus, le site constitue un excellent site de nidification aussi bien pour certains oiseaux d'eau (*Sarothrura* spp., *Rallus madagascariensis* ...) que pour certains espèces savanicoles (*Foudia madagascariensis*, *Saxicola torquata*, *Caprimulgus madagascariensis* ...), et que certains endroits sont très appréciés par les Apodidae en tant que zone de repos ou de dortoir. Pendant la période de récolte de données, l'abondance des jeunes de *Cuculus rochii* et de *Centropus toulou* a été aussi constaté.

5 espèces renfermant 14 individus sont capturés puis relâchés à Torotorofotsy. Ces espèces sont : *Phedina borbonica*, *Foudia omissa*, *Rallus madagascariensis typica*, *Sarothrura insularis* (7 individus) et *Sarothrura watersi* (4 individus). Parmi ces *S. watersi*, le spécimen portant la bague D007 capturé le 8 mai 2004 au point de coordonnées géographiques S18°52.543' et E48°21.432', a été recapturé le 9 décembre 2004 au point de coordonnées géographiques S18°52.536' et E48°21.432'. On peut en déduire que cet individu a resté fidèle à son territoire. Les informations biométriques recueillies sont données en Annexe 4. Ces informations seraient à inclure dans la base de donnée afin d'être traitées plus tard, car la taille des populations nous semble insuffisante pour être traitée statistiquement.

5 Conclusion

Dans l'ensemble des 5 sites de recherche, 100 espèces ont été recensées durant cette mission, incluant 60 espèces endémiques de Madagascar, 27 sous-espèces endémiques et 13 espèces à large distribution. Parmi ces espèces et selon le statut de Conservation UICN, 2 sont En danger, 3 Vulnérable et 12 Quasi-menacé. Et on peut en déduire que si le niveau d'endémicité est élevé (87% des espèces recensées), le nombre d'espèces jouissant un statut de conservation UICN par contre est relativement faible (12% des espèces recensées).

Au niveau des 4 sites forestiers, la forêt de Torotorofotsy est la plus riche avec 75 espèces et sous espèces recensées, suivi de Nord Analamay avec 69 espèces et sous espèces recensées, puis d'Analamay avec 68 espèces et sous espèces recensées, enfin d'Ambatovy avec 66 espèces et sous espèces recensées. Bref, on peut dire que la différence est tout de même significative entre les 4 sites en matière de richesse spécifique.

L'ensemble des EIE menées en janvier 1997, février, mars, mai et juillet 2004 ont permis de recenser 102 espèces. Parmi ces espèces, 11 ne sont pas recensées en novembre-décembre 2004 à savoir *Ixobrychus minutus*, *Ardeola ralloides*, *Ardea cinerea*, *Anas hottentotta*, *Falco eleonora*, *Agapornis cana*, *Tyto soumagnei*, *Ninox superciliaris*, *Asio capensis*, *Brachypteracias squamigera* et *Dromaeocercus brunneus*. L'EIE menée en novembre-décembre 2004 ont permis de recenser 100 espèces. Parmi ces espèces, 9 ne sont pas encore recenser auparavant, à savoir *Circus macrosceles*, *Accipites madagascariensis*, *Aviceda madagascariensis*, *Canirallus kioloides*, *Ceyx madagascariensis*, *Bernieria cinereiceps*, *Monticola sharpei*, *Hartlaubius auratus* et *Acridothores tristis*.

Mais d'une manière générale, l'ensemble de la région englobe 111 espèces recensées jusqu'à maintenant. Les variations nous semblent causer entre autres par les faits suivants :

- la saison de reproduction des espèces : durant cette mission, la plupart des espèces ont déjà terminer leur saison de reproduction de sorte que la recherche de nids s'avère peu fructueuse malgré les efforts effectués par les membres de l'équipe
- les migrations (locale et régionale) : l'espèce *Falco eleonora* n'est pas encore arrivée à Madagascar en décembre par exemple. L'espèces *Ninox superciliaris* nous semble préfère les basses altitudes pour leur nidification.

- les pressions par la chasse qui rendent certaines espèces très furtives et difficile à observer (y compris les pressions par les collectes d'oisillons et d'oeufs ainsi que la collecte nocturne des spécimen de faune) : outre les gens de passage qui effectuent des chasses occasionnels, beaucoup de piège est vu de temps en temps de même que les collecteurs de spécimen qui commencent dès la tombée de la nuit leurs activités.
- la transformation des marais en rizières : cette activité est très intense surtout à partir de mi-décembre 2004 où la pluie a commencé à tomber. La zone où l'équipe a recensée *Ixobrychus minutus* en avril 2004 était transformée entièrement en rizière ; il en est de même pour la partie ouest de l'îlot de Tsiazonomby où l'équipe a recensée le plus de spécimen de *Sarothrura watersi* : presque la moitié de cet endroit est transformée en rizière avant l'inventaire.
- les feux de marais : ce sont des feux volontaires ou incontrôlés détruisant pas mal de surface pendant le printemps
- les conditions climatiques : l'arrivée tardive de la pluie associée a une chaleur très intense est telle qu'en zone forestière, les activités de la faune est assez réduite et qu'au niveau des marais, les oiseaux d'eaux partent ailleurs pour trouver nourriture et refuge.

Tenant compte de ces informations, il nous semble meilleur de faire un inventaire systématique de certaines portions de forêts, de mener des suivis approfondis pour certaines espèces ayant un statut de conservation UICN, de faire revoir et reviser par les autorités compétentes les lotissements des marais de Torotorofotsy car un site Ramsar a aussi ses rôles importants au sein de la société en matière de conservation de la biodiversité.

REFERENCES

Collar, N.J., Crosby, M.J. & Stattersfied, A.(1998). Birds to Watch Two. Cambridge, UK. Birdlife International

Langrand, O.(1995). Guide des Oiseaux de Madagascar

Meyers, D. (1997). Environmental assessment Phelps Dodge A & A Project, Madagascar. Golder Associates Inc.

Moris, P. & Hawkins, A.F.A.(1998). Birds of Madagascar: A Photographic Guide. Yale University Press, New Haven & London

Sinclair, I. & Langrand, O.(1998). Birds of the Indian Ocean Islands. Struik Publishers Ltd

Annexe 1 : Coordonnées géographiques des Transects et points échantillonnés
FORET ANALAMAY

Sud Analamay	Est Analamay	Nord Est Analamay
13-nov	14-nov	15-nov
S18°49.159' E48°19.441'	S18°48.450' E48°20.184'	S18°48.487' E48°20.333'
S18°49.370' E48°19.472'	S18°48.623' E48°20.490'	S18°48.465' E48°20.446'
S18°49.523' E48°19.520'	S18°48.681' E48°20.599'	S18°48.392' E48°20.514'
S18°49.613' E48°19.616'	S18°48.523' E48°20.912'	S18°48.302' E48°20.473'
S18°49.573' E48°19.693'	S18°48.488' E48°21.054'	S18°48.307' E48°20.422'
	S18°48.498' E48°20.200'	S18°48.237' E48°20.421'
		S18°48.238' E48°20.460'
		S18°48.215' E48°20.530'
		S18°48.213' E48°20.550'

Cours d'eau en aval	Cours d'eau en amont	Formation azonale
16-nov	17-nov	18-nov
S18°48.369' E48°20.357'	S18°48.463' E48°20.117'	S18°48.463' E48°20.059'
S18°48.311' E48°20.395'	S18°48.547' E48°20.229'	S18°48.307' E48°20.075'
S18°48.268' E48°20.419'	S18°48.672' E48°20.235'	S18°48.280' E48°20.288'
S18°48.263' E48°20.363'	S18°48.780' E48°20.182'	S18°48.254' E48°20.189'
S18°48.265' E48°20.349'	S18°48.791' E48°20.200'	S18°48.099' E48°20.090'
S18°48.305' E48°20.311'	S18°48.838' E48°20.179'	S18°48.072' E48°20.003'
S18°48.335' E48°20.284'	S18°48.934' E48°20.110'	S18°48.044' E48°19.883'
S18°48.364' E48°20.238'	S18°49.010' E48°20.095'	S18°48.270' E48°19.584'
	S18°49.000' E48°20.070'	S18°48.271' E48°19.436'
	S18°48.880' E48°20.043'	S18°48.473' E48°19.755'
	S18°48.821' E48°20.101'	26-nov
	S18°48.734' E48°20.035'	S18°49.292' E48°19.689'
		S18°49.119' E48°19.681'
		S18°48.878' E48°19.567'
		S18°48.878' E48°19.568'
		S18°48.653' E48°19.370'
		S18°48.566' E48°19.180'

FORET NORD ANALAMAY

Piste Sakalava	Bas fonds	Mi versant
22-nov	23-nov	24-nov
S18°47.959' E48°20.128'	S18°47.952' E48°20.132'	S18°47.966' E48°20.037'
S18°47.924' E48°20.315'	S18°47.916' E48°20.123'	S18°47.943' E48°20.024'
S18°47.777' E48°20.426'	S18°47.867' E48°20.122'	S18°47.886' E48°20.012'
S18°47.714' E48°20.419'	S18°47.846' E48°20.131'	S18°47.828' E48°19.998'
S18°47.567' E48°20.432'	S18°47.753' E48°20.169'	S18°47.789' E48°20.016'
S18°47.412' E48°20.496'	S18°47.760' E48°20.243'	S18°47.734' E48°20.057'
S18°47.409' E48°20.457'	S18°47.744' E48°20.314'	S18°47.709' E48°20.087'
	S18°47.703' E48°20.301'	S18°47.686' E48°20.108'
	S18°47.671' E48°20.301'	S18°47.627' E48°20.159'
	S18°47.643' E48°20.289'	S18°47.600' E48°20.144'
		S18°47.602' E48°20.057'
		S18°47.658' E48°19.890'

Transect Pédologique	Piste de débardage
24-nov	25-nov
S18°47.686' E48°19.854'	S18°47.741' E48°19.785'
S18°47.748' E48°19.802'	S18°47.736' E48°19.701'
S18°47.818' E48°19.821'	S18°47.707' E48°19.575'
S18°47.963' E48°19.823'	S18°47.668' E48°19.454'
	S18°47.586' E48°19.417'
	S18°47.496' E48°19.398'

FORET AMBATOVY

Formation azonale	Transect botanique	Piste Torotorofotsy	Transect Lémurien
30-nov	01-déc	02-déc	03-déc
S18°50.210' E48°18.766'	S18°51.125' E48°18.916'	S18°51.445' E48°19.368'	S18°51.183' E48°19.319'
S18°50.600' E48°18.518'	S18°51.038' E48°18.996'	S18°51.515' E48°19.796'	S18°51.295' E48°19.260'
S18°51.048' E48°18.627'	S18°50.850' E48°19.176'	S18°51.588' E48°19.947'	S18°51.336' E48°19.270'
S18°51.130' E48°18.746'	S18°50.725' E48°19.276'	S18°51.652' E48°20.239'	S18°51.407' E48°19.257'
S18°51.130' E48°18.910'	S18°50.616' E48°19.399'	S18°51.631' E48°20.417'	
S18°51.141' E48°18.966'	S18°50.504' E48°19.457'	S18°51.596' E48°20.506'	
S18°51.284' E48°18.961'			
S18°51.449' E48°19.013'			
S18°51.595' E48°18.936'			

FORET TOROTOROFOTSY

Vavanomby - Behontsa	Andranonahoatra	Atanjona 1	Atanjona 2
12-déc	15-déc	20-déc	21-déc
S18°51.581' E48°17.343'	S18°53.770' E48°21.584'	S18°52.920' E48°21.032'	S18°53.342' E48°20.647'
S18°51.648' E48°17.594'	S18°53.659' E48°21.606'	S18°53.203' E48°20.379'	S18°53.453' E48°20.470'
S18°51.946' E48°17.722'	S18°53.537' E48°21.676'	S18°53.256' E48°20.568'	S18°53.674' E48°20.221'
S18°52.267' E48°18.301'	S18°53.213' E48°21.887'	S18°53.268' E48°20.243'	S18°53.642' E48°20.050'
S18°52.372' E48°18.462'		S18°53.585' E48°19.916'	S18°53.760' E48°20.143'
S18°52.307' E48°19.142'			S18°53.794' E48°20.417'
S18°52.366' E48°19.683'			

Ilôts Forêts Sahavarina	Crête Ambohimanjaka	Versants A/himanjaka
23-déc	24-déc	25-déc
S18°51.926' E48°20.757'	S18°52.301' E48°20.543'	S18°52.246' E48°20.669'
S18°52.042' E48°20.766'	S18°52.263' E48°20.344'	S18°52.306' E48°20.572'
S18°52.178' E48°20.914'	S18°52.180' E48°20.090'	S18°52.515' E48°20.639'
S18°52.319' E48°20.983'	S18°52.082' E48°20.029'	S18°52.740' E48°20.528'
S18°52.260' E48°21.095'	S18°52.010' E48°19.964'	
S18°52.202' E48°21.194'		
S18°53.772' E48°21.581'		
S18°52.059' E48°21.487'		

MARAIS TOROTOROFOTSY

Maromitsinjo	Pandanus	Ouest Tsiazonomby	Ouest Tsiazonomby
06-déc	07-déc	08-déc	09-déc
S18°52.367' E48°22.378'	S18°51.734' E48°21.734'	S18°52.440' E48°21.371'	S18°52.536' E48°21.432'
S18°52.286' E48°22.291'	S18°51.822' E48°21.846'	S18°52.410' E48°21.333'	S18°52.555' E48°21.310'
S18°52.048' E48°22.394'	S18°51.939' E48°21.848'	S18°52.505' E48°21.323'	S18°52.605' E48°21.393'
S18°51.851' E48°22.500'	S18°52.133' E48°21.838'	S18°52.483' E48°21.273'	
S18°51.748' E48°22.177'	S18°51.878' E48°21.534'	S18°52.562' E48°21.254'	
S18°51.945' E48°22.099'	S18°51.816' E48°21.431'	S18°52.594' E48°21.252'	
S18°52.071' E48°22.180'			

Ouest Tsiazonomby	Ouest Behontsa	Est Behontsa	Andranonahoatra
10-déc	13-déc	14-déc	15-déc
S18°52.662' E48°21.514'	S18°52.976' E48°20.460'	S18°52.918' E48°20.168'	S18°53.260' E48°21.332'
S18°52.929' E48°21.378'	S18°52.929' E48°20.627'	S18°52.941' E48°20.254'	S18°53.356' E48°21.244'
S18°52.990' E48°21.472'	S18°52.729' E48°21.210'		S18°53.725' E48°21.250'
S18°53.152' E48°21.481'			S18°53.814' E48°21.370'
S18°53.190' E48°21.441'			S18°53.497' E48°21.592'

Antombana	Andasimbaiavy	Ambohimahatazana	Sahavarina
16-déc	17-déc	19-déc	26-déc
S18°53.602' E48°19.953'	S18°52.531' E48°21.808'	S18°52.618' E48°21.583'	S18°52.052' E48°21.287'
S18°53.638' E48°20.066'	S18°52.652' E48°21.902'	S18°52.811' E48°21.698'	S18°51.974' E48°20.961'
S18°53.750' E48°19.914'	S18°52.781' E48°22.005'	S18°52.883' E48°21.587'	S18°52.103' E48°20.776'
S18°53.907' E48°19.644'	S18°52.540' E48°22.136'		S18°52.156' E48°20.983'
S18°54.229' E48°19.745'			S18°52.096' E48°20.932'
S18°54.200' E48°19.910'			S18°52.197' E48°20.726'
S18°53.907' E48°20.243'			S18°52.022' E48°20.879'

Annexe 2 : Liste des espèces recensées (novembre-décembre 2004)

N°	Espèce et/ou sous-espèce	S1	S2	S3	S4	S5	Distribution	Statut UICN
1	<i>Bubulcus ibis</i>					3		
2	<i>Butorides striatus</i>					2		
3	<i>Egretta alba</i>					1		
4	<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>		HL			3	Endémique	
5	<i>Ardea humbloti</i>					1	Endémique	Vulnérable
6	<i>Lophotibis cristata</i>	o	o				Endémique	Quasi-menacé
7	<i>Anas melleri</i>					21	Endémique	En danger
8	<i>Anas erythrorhyncha</i>					111		
9	<i>Milvus aegyptius</i>				HL	HL		
10	<i>Polyboroides radiatus</i>		HL		o		Endémique	
11	<i>Circus m. macrosclees</i>					1	Endémique	Vulnérable
12	<i>Accipiter henstii</i>		o		HL		Endémique	Quasi-menacé
13	<i>Accipiter madagascariensis</i>	o		o	o		Endémique	Quasi-menacé
14	<i>Accipiter francesii francesii</i>	o	o	o	o		Endémique	
15	<i>Aviceda madagascariensis</i>				o		Endémique	Quasi-menacé
16	<i>Buteo brachypterus</i>	o	o	o	o		Endémiques	
17	<i>Falco newtoni newtoni</i>	o		HL	HL	HL	Endémique	
18	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>				o	HL	Endémique	
19	<i>Turnix nigricollis</i>	o		HL	o	HL	Endémique	
20	<i>Rallus madagascariensis</i>					16	Endémique	
21	<i>Canirallus kioloides</i>	o	o	o	o		Endémique	
22	<i>Dryolimnas cuvieri cuvieri</i>	o	o		o		Endémique	
23	<i>Porzana pusilla</i>					2		
24	<i>Sarothrura insularis</i>	o	o	o	o	46	Endémique	
25	<i>Sarothrura watersi</i>					4	Endémique	En danger
26	<i>Gallinula chloropus</i>					1		
27	<i>Gallinago macrodactyla</i>					16	Endémique	Quasi menacé
28	<i>Charadrius tricollaris bifrontatus</i>					3	Endémique	
29	<i>Streptopelia picturata picturata</i>	o	o	o	o		Endémique	
30	<i>Treron australis australis</i>	o	o	o	o		Endémique	
31	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	o	o	o	o		Endémique	
32	<i>Coracopsis vasa vasa</i>	o	o	o	o		Endémique	
33	<i>Coracopsis nigra nigra</i>	o	o	o	o		Endémique	
34	<i>Cuculus rochii</i>	o	o	o	o	HL	Endémique	
35	<i>Coua serriana</i>	o	o		o		Endémique	
36	<i>Coua reynaudii</i>	o	o	o	o		Endémique	
37	<i>Coua caerulea</i>	o	o	o	o		Endémique	
38	<i>Centropus toulou toulou</i>	o	o	o	o	HL	Endémique	
39	<i>Tyto alba</i>			HL	HL	HL		
40	<i>Onus rutilus rutilus</i>		HL	HL	HL		Endémique	
		HL						
41	<i>Asio madagascariensis</i>	HL	HL	HL	HL		Endémique	
42	<i>Caprimulgus m. madagascariensis</i>	HL	o	o	HL	HL	Endémique	
43	<i>Caprimulgus ennaratus</i>		HL				Endémique	
44	<i>Zoonavena g. grandidieri</i>	o	HL	HL	o	HL	Endémique	
45	<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	o	o	HL	HL	HL	Endémique	
46	<i>Alcedo v. vintsioides</i>	o	HL	HL	o	6	Endémique	
47	<i>Ceyx madagascariensis</i>	HL		HL	HL		Endémique	
48	<i>Merops superciliosus</i>	o	o	o	o	HL		
49	<i>Eurystomus g. glaucurus</i>	o	o	o	o		Endémique	
50	<i>Atelornis pittoides</i>	o	o	o	o		Endémique	Quasi-menacé
51	<i>Leptosomus d. discolor</i>	o	o	o	o		Endémique	
52	<i>Philepitta castanea</i>	o	o	o	o		Endémique	
53	<i>Neodrepanis coruscans</i>			o			Endémique	
54	<i>Mirafra hova</i>				o	HL	Endémique	
55	<i>Phedina borbonica madagascariensis</i>	HL	HL	HL	HL	HL	Endémique	

N°	Espèce et/ou sous-espèce	S1	S2	S3	S4	S5	Distribution	Statut UICN
56	<i>Riparia paludicola cowani</i>					HL	Endémique	
57	<i>Motacilla flaviventris</i>	<i>o</i>	HL	HL	<i>o</i>	9	Endémique	
58	<i>Coracina c. cinerea</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
59	<i>Bernieria madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
60	<i>Bernieria zosterops</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
61	<i>Bernieria cinereiceps</i>		<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	Quasi menacé
62	<i>Hypsipetes m. madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
63	<i>Copsychus albospectularis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
64	<i>Saxicola torquata sibilla</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	HL	Endémique	
65	<i>Monticola sharpei</i>				<i>o</i>		Endémique	Quasi-menacé
66	<i>Acrocephalus newtoni</i>					8	Endémique	
67	<i>Nesillas t. typica</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
68	<i>Cisticola cherina</i>	HL			<i>o</i>	HL		
69	<i>Amphilaus seebohmi</i>					41	Endémique	
70	<i>Randia pseudozosterops</i>	HL	<i>o</i>	<i>o</i>			Endémique	Quasi-menacé
71	<i>Newtonia amphichroa</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
72	<i>Newtonia brunneicauda</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
73	<i>Neomixis tenella</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
74	<i>Neomixis viridis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
75	<i>Neomixis s. striatigula</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
76	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	HL	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
77	<i>Hartertula flavoviridis</i>	<i>o</i>					Endémique	Quasi-menacé
78	<i>Pseudobias wardi</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	Quasi-menacé
79	<i>Terpsiphone m. mutata</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
80	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
81	<i>Crossleyia xanthophrys</i>		<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	Quasi menace
82	<i>Mystacornis crossleyi</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
83	<i>Nectarinia souimanga</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	HL		
84	<i>Nectarinia n. notata</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
85	<i>Zosterops maderaspatana</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>			
86	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
87	<i>Vanga curvirostris</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
88	<i>Xenopirostris polleni</i>		<i>o</i>				Endémique	Vulnérable
89	<i>Leptopterus viridis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
90	<i>Leptopterus chabert</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
91	<i>Cyanolanius m. madagascarinus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
92	<i>Hypositta corallirostris</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
93	<i>Tylas eduardi</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
94	<i>Dicrurus f. forficatus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
95	<i>Hartlaubius auratus</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
96	<i>Acridotheres tristis</i>			HL	<i>o</i>	HL		
97	<i>Ploceus nelicourvi</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
98	<i>Foudia madagascariensis</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	HL	Endémique	
99	<i>Foudia omissa</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>	<i>o</i>		Endémique	
100	<i>Lonchura nana</i>				<i>o</i>	HL	Endémique	

HL

S1 : Forêt d'Analamay

S2 : Forêt Nord d'Analamay

S3 : Forêt d'Ambatovy

S4 : Forêt de Torotorofotsy

S5 : Marais de Torotorofotsy

o : Espèce recensée dans le site avec les listes de Mackinnon

HL : Espèce recensée hors liste de Mackinnon (en forêt), ou en liste additive (au niveau des marais)

Annexe 3 : Tableaux d'analyse des listes Mackinnon

ANALAMAY

N°	Espèce	Contacts	Listes	Ar	Rang
1	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	81	103	0.79	1
2	<i>Nectarinia souimanga</i>	75	103	0.73	2
3	<i>Newtonia brunneicauda</i>	73	103	0.71	3
4	<i>Nesillas typica</i>	65	103	0.63	4
5	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	50	103	0.49	5
6	<i>Copsychus albospectularis</i>	48	103	0.47	6
7	<i>Terpsiphone mutata</i>	45	103	0.44	7
8	<i>Neomixis tenella</i>	44	103	0.43	8
9	<i>Bernieria madagascariensis</i>	42	103	0.41	9
10	<i>Coua reynaudii</i>	39	103	0.38	10
11	<i>Centropus toulou</i>	31	103	0.30	11
12	<i>Coua caerulea</i>	30	103	0.29	12
13	<i>Coracopsis vasa</i>	29	103	0.28	13
14	<i>Foudia madagascariensis</i>	28	103	0.27	14
15	<i>Zosterops maderaspatana</i>	27	103	0.26	15
16	<i>Coracopsis nigra</i>	27	103	0.26	15
17	<i>Nectarinia notata</i>	25	103	0.24	17
18	<i>Cuculus rochii</i>	22	103	0.21	18
19	<i>Streptopelia picturata</i>	21	103	0.20	19
20	<i>Coracina cinerea</i>	17	103	0.17	20
21	<i>Dicrurus forficatus</i>	17	103	0.17	20
22	<i>Neomixis striatigula</i>	16	103	0.16	22
23	<i>Eurystomus glaucurus</i>	14	103	0.14	23
24	<i>Saxicola torquata</i>	14	103	0.14	23
25	<i>Leptosomus discolor</i>	13	103	0.13	25
26	<i>Vanga curvirostris</i>	13	103	0.13	25
27	<i>Merops superciliosus</i>	11	103	0.11	27
28	<i>Sarothrura insularis</i>	11	103	0.11	27
29	<i>Newtonia amphichroa</i>	9	103	0.09	29
30	<i>Leptopterus chabert</i>	8	103	0.08	30
31	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	7	103	0.07	31
32	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	7	103	0.07	31
33	<i>Buteo brachypterus</i>	7	103	0.07	31
34	<i>Ploceus nelicourvi</i>	6	103	0.06	34
35	<i>Turnix nigricollis</i>	5	103	0.05	35
36	<i>Neomixis viridis</i>	5	103	0.05	35
37	<i>Atelornis pittoides</i>	4	103	0.04	37
38	<i>Foudia omissa</i>	4	103	0.04	37
39	<i>Accipiter francesii</i>	3	103	0.03	39
40	<i>Coua serriana</i>	3	103	0.03	39
41	<i>Motacilla flaviventris</i>	3	103	0.03	39
42	<i>Mystacornis crossleyi</i>	3	103	0.03	39
43	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	3	103	0.03	39
44	<i>Canirallus kioloides</i>	2	103	0.02	44
45	<i>Alcedo vintsioides</i>	2	103	0.02	44
46	<i>Cypsiurus parvus</i>	2	103	0.02	44
47	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	2	103	0.02	44
48	<i>Hartlaubius auratus</i>	2	103	0.02	44
49	<i>Artamella viridis</i>	2	103	0.02	44
50	<i>Pseudobias wardi</i>	2	103	0.02	44
51	<i>Treron australis</i>	2	103	0.02	44

ANALAMAY

N°	Espèce	Contacts	Listes	Ar	Rang
52	<i>Accipiter madagascariensis</i>	1	103	0.01	52
53	<i>Falco newtoni</i>	1	103	0.01	52
54	<i>Hartertula flavoviridis</i>	1	103	0.01	52
55	<i>Hypositta corallirostris</i>	1	103	0.01	52
56	<i>Lophotibis cristata</i>	1	103	0.01	52
57	<i>Philepitta castanea</i>	1	103	0.01	52
58	<i>Bernieria zosterops</i>	1	103	0.01	52
59	<i>Tylas eduardi</i>	1	103	0.01	52
60	<i>Zoonavena grandidieri</i>	1	103	0.01	52

NordANALAMAY

N°	Espèce	Contacts	Listes	Ar	Rang
1	<i>Newtonia brunneicauda</i>	72	102	0.71	1
2	<i>Nectarinia souimanga</i>	68	102	0.67	2
3	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	61	102	0.60	3
4	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	53	102	0.52	4
5	<i>Neomixis tenella</i>	49	102	0.48	5
6	<i>Terpsiphone mutata</i>	45	102	0.44	6
7	<i>Nesillas typica</i>	43	102	0.42	7
8	<i>Bernieria madagascariensis</i>	41	102	0.40	8
9	<i>Neomixis striatigula</i>	41	102	0.40	8
10	<i>Coua caerulea</i>	33	102	0.32	10
11	<i>Coracopsis nigra</i>	31	102	0.30	11
12	<i>Dicrurus forficatus</i>	31	102	0.30	11
13	<i>Newtonia amphichroa</i>	30	102	0.29	13
14	<i>Cuculus rochii</i>	28	102	0.27	14
15	<i>Eurystomus glaucurus</i>	27	102	0.26	15
16	<i>Coua reynaudii</i>	26	102	0.25	16
17	<i>Coracina cinerea</i>	26	102	0.25	16
18	<i>Zosterops maderaspatana</i>	23	102	0.23	18
19	<i>Copsychus albospectularis</i>	22	102	0.22	19
20	<i>Streptopelia picturata</i>	22	102	0.22	19
21	<i>Atelornis pittoides</i>	19	102	0.19	21
22	<i>Centropus toulou</i>	20	102	0.20	22
23	<i>Coracopsis vasa</i>	18	102	0.18	23
24	<i>Leptosomus discolor</i>	15	102	0.15	24
25	<i>Bernieria zosterops</i>	14	102	0.14	25
26	<i>Foudia madagascariensis</i>	12	102	0.12	26
27	<i>Nectarinia notata</i>	12	102	0.12	26
28	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	11	102	0.11	28
29	<i>Sarothrura insularis</i>	10	102	0.10	29
30	<i>Vanga curvirostris</i>	9	102	0.09	30
31	<i>Ploceus nelicourvi</i>	9	102	0.09	30
32	<i>Leptopterus chabert</i>	7	102	0.07	32
33	<i>Tylas eduardi</i>	7	102	0.07	32
34	<i>Merops superciliosus</i>	6	102	0.06	34
35	<i>Saxicola torquata</i>	6	102	0.06	34
36	<i>Buteo brachypterus</i>	6	102	0.06	34
37	<i>Crossleyia xanthophris</i>	5	102	0.05	37
38	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	5	102	0.05	37
39	<i>Foudia omissa</i>	5	102	0.05	37
40	<i>Mystacornis crossleyi</i>	5	102	0.05	37
41	<i>Accipiter francesii</i>	5	102	0.05	41

NordANALAMAY

N°	Espèce	Contacts	Listes	Ar	Rang
42	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	4	102	0.04	42
43	<i>Canirallus kioloides</i>	4	102	0.04	42
44	<i>Artamella viridis</i>	4	102	0.04	42
45	<i>Hartlaubius auratus</i>	3	102	0.03	45
46	<i>Neomixis viridis</i>	3	102	0.03	45
47	<i>Bernieria cinereiceps</i>	3	102	0.03	45
48	<i>Treron australis</i>	3	102	0.03	45
49	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	2	102	0.02	49
50	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	2	102	0.02	49
51	<i>Hypositta corallirostris</i>	2	102	0.02	49
52	<i>Philepitta castanea</i>	2	102	0.02	49
53	<i>Pseudobias wardi</i>	2	102	0.02	49
54	<i>Randia pseudozosterops</i>	2	102	0.02	49
55	<i>Cypsiurus parvus</i>	2	102	0.02	49
56	<i>Accipiter henstii</i>	1	102	0.01	56
57	<i>Lophotibis cristata</i>	1	102	0.01	56
58	<i>Coua serriana</i>	1	102	0.01	56
59	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	1	102	0.01	56
60	<i>Xenopirostris polleni</i>	1	102	0.01	56

AMBATOVY

N°	Espèce	Contacts	Listes	Ar	Rang
1	<i>Nectarinia souimanga</i>	48	64	0.75	1
2	<i>Newtonia brunneicauda</i>	43	64	0.67	2
3	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	37	64	0.58	3
4	<i>Terpsiphone mutata</i>	33	64	0.52	4
5	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	31	64	0.48	5
6	<i>Neomixis tenella</i>	31	64	0.48	5
7	<i>Bernieria madagascariensis</i>	26	64	0.41	7
8	<i>Zosterops maderaspatana</i>	26	64	0.41	7
9	<i>Nesillas typica</i>	23	64	0.36	9
10	<i>Coracopsis nigra</i>	22	64	0.34	10
11	<i>Copsychus albospectularis</i>	21	64	0.33	11
12	<i>Coua caerulea</i>	21	64	0.33	11
13	<i>Cuculus rochii</i>	17	64	0.27	13
14	<i>Dicrurus forficatus</i>	17	64	0.27	13
15	<i>Foudia omissa</i>	16	64	0.25	15
16	<i>Newtonia amphichroa</i>	16	64	0.25	15
17	<i>Streptopelia picturata</i>	15	64	0.23	17
18	<i>Coua reynaudii</i>	14	64	0.22	18
19	<i>Eurystomus glaucurus</i>	13	64	0.20	19
20	<i>Centropus toulou</i>	12	64	0.19	20
21	<i>Nectarinia notata</i>	12	64	0.19	20
22	<i>Neomixis striatigula</i>	12	64	0.19	20
23	<i>Vanga curvirostris</i>	11	64	0.17	23
24	<i>Coracopsis vasa</i>	11	64	0.17	23
25	<i>Sarothrura insularis</i>	10	64	0.16	25
26	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	9	64	0.14	26
27	<i>Coracina cinerea</i>	8	64	0.13	27
28	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	7	64	0.11	28
29	<i>Foudia madagascariensis</i>	6	64	0.09	29
30	<i>Leptosomus discolor</i>	6	64	0.09	29
31	<i>Mystacornis crossleyi</i>	6	64	0.09	29

AMBATOVY

N°	Espèce	Contacts	Listes	Ar	Rang
32	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	5	64	0.08	32
33	<i>Tylas eduardi</i>	5	64	0.08	32
34	<i>Buteo brachypterus</i>	4	64	0.06	34
35	<i>Canirallus kioloides</i>	4	64	0.06	34
36	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	4	64	0.06	34
37	<i>Artamella viridis</i>	4	64	0.06	34
38	<i>Saxicola torquata</i>	4	64	0.06	34
39	<i>Atelornis pittoides</i>	3	64	0.05	39
40	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	3	64	0.05	39
41	<i>Hypositta corallirostris</i>	3	64	0.05	39
42	<i>Bernieria zosterops</i>	3	64	0.05	39
43	<i>Hartlaubius auratus</i>	2	64	0.03	43
44	<i>Merops superciliosus</i>	2	64	0.03	43
45	<i>Neomixis viridis</i>	2	64	0.03	43
46	<i>Randia pseudozosterops</i>	2	64	0.03	43
47	<i>Treron australis</i>	2	64	0.03	43
48	<i>Accipiter francesii</i>	1	64	0.02	48
49	<i>Crossleyia xanthophris</i>	1	64	0.02	48
50	<i>Leptopterus chabert</i>	1	64	0.02	48
51	<i>Neodrepanis coruscans</i>	1	64	0.02	48
52	<i>Philepitta castanea</i>	1	64	0.02	48
53	<i>Bernieria cinereiceps</i>	1	64	0.02	48
54	<i>Ploceus nelicourvi</i>	1	64	0.02	48
55	<i>Pseudobias wardi</i>	1	64	0.02	48

TOROTOROFOTSYforêts

N°	Espèce	Contacts	Listes	Ar	Rang
1	<i>Nectarinia souimanga</i>	60	100	0.60	1
2	<i>Newtonia brunneicauda</i>	58	100	0.58	2
3	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	55	100	0.55	3
4	<i>Terpsiphone mutata</i>	44	100	0.44	4
5	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	43	100	0.43	5
6	<i>Copsychus albospectularis</i>	42	100	0.42	6
7	<i>Neomixis tenella</i>	41	100	0.41	7
8	<i>Zosterops maderaspatana</i>	41	100	0.41	7
9	<i>Dicrurus forficatus</i>	37	100	0.37	9
10	<i>Coua caerulea</i>	32	100	0.32	10
11	<i>Centropus toulou</i>	31	100	0.31	11
12	<i>Coua reynaudii</i>	29	100	0.29	12
13	<i>Bernieria madagascariensis</i>	29	100	0.29	12
14	<i>Nesillas typica</i>	28	100	0.28	14
15	<i>Nectarinia notata</i>	27	100	0.27	15
16	<i>Foudia madagascariensis</i>	24	100	0.24	16
17	<i>Coracopsis nigra</i>	22	100	0.22	17
18	<i>Cuculus rochii</i>	20	100	0.20	18
19	<i>Neomixis striatigula</i>	20	100	0.20	18
20	<i>Sarothrura insularis</i>	20	100	0.20	18
21	<i>Coracopsis vasa</i>	17	100	0.17	21
22	<i>Eurystomus glaucurus</i>	17	100	0.17	21
23	<i>Leptosomus discolor</i>	17	100	0.17	21
24	<i>Streptopelia picturata</i>	16	100	0.16	24
25	<i>Saxicola torquata</i>	14	100	0.14	25

TOROTOROFOTSYforêts

N°	Espèce	Contacts	Listes	Ar	Rang
26	<i>Canirallus kioloides</i>	13	100	0.13	26
27	<i>Buteo brachypterus</i>	12	100	0.12	27
28	<i>Vanga curvirostris</i>	12	100	0.12	27
29	<i>Foudia omissa</i>	11	100	0.11	29
30	<i>Atelornis pittoides</i>	11	100	0.11	29
31	<i>Coracina cinerea</i>	11	100	0.11	29
32	<i>Newtonia amphichroa</i>	10	100	0.10	32
33	<i>Tylas eduardi</i>	9	100	0.09	33
34	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	8	100	0.08	34
35	<i>Neomixis viridis</i>	8	100	0.08	34
36	<i>Treron australis</i>	8	100	0.08	34
37	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	7	100	0.07	37
38	<i>Accipiter francesii</i>	7	100	0.07	37
39	<i>Cisticola cherina</i>	7	100	0.07	37
40	<i>Ploceus nelicourvi</i>	7	100	0.07	37
41	<i>Leptopterus chabert</i>	6	100	0.06	41
42	<i>Merops superciliosus</i>	6	100	0.06	41
43	<i>Mystacornis crossleyi</i>	6	100	0.06	41
44	<i>Motacilla flaviventris</i>	5	100	0.05	44
45	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	5	100	0.05	44
46	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	4	100	0.04	46
47	<i>Hartlaubius auratus</i>	4	100	0.04	46
48	<i>Alcedo vintsioides</i>	3	100	0.03	48
49	<i>Coua serriana</i>	3	100	0.03	48
50	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	3	100	0.03	48
51	<i>Artamella viridis</i>	3	100	0.03	48
52	<i>Lonchura nana</i>	3	100	0.03	48
53	<i>Bernieria zosterops</i>	3	100	0.03	48
54	<i>Polyboroides radiatus</i>	3	100	0.03	48
55	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	2	100	0.02	55
56	<i>Hypositta corallirostris</i>	2	100	0.02	55
57	<i>Philepitta castanea</i>	2	100	0.02	55
58	<i>Pseudobias wardi</i>	2	100	0.02	55
59	<i>Pseudocossyphus sharpei</i>	2	100	0.02	55
60	<i>Zoonavena grandidieri</i>	2	100	0.02	55
61	<i>Accipiter madagascariensis</i>	1	100	0.01	61
62	<i>Acridotheres tristis</i>	1	100	0.01	61
63	<i>Aviceda madagascariensis</i>	1	100	0.01	61
64	<i>Crossleyia xanthophrys</i>	1	100	0.01	61
65	<i>Mirafra hova</i>	1	100	0.01	61
66	<i>Turnix nigricollis</i>	1	100	0.01	61

Annexes 4 : Informations biométriques sur les spécimen capturés puis relâchés

Annexe A : Informations générales

Spécimen N°	Espèce	Sexe	Classe d'âge	Date de capture	Lieu	Coordonnées géographiques
1	<i>Caprimulgus ennaratus</i>		Adulte	15/11/2004	Nord Analamay	S18°47.846' E48°20.131'
2	<i>Nesillas typica</i>		Subadulte	18/11/2004	Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
3	<i>Bernieria madagascariensis</i>		Adulte	18/11/2004	Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
4	<i>Bernieria madagascariensis</i>		Adulte	18/11/2004	Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
5	<i>Coua reynaudii</i>		Adulte	18/11/2004	Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
6	<i>Newtonia amphichroa</i>		Adulte	18/11/2004	Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
7	<i>Copsychus albospectularis</i>	Male	Adulte	19/11/2004	Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
8	<i>Bernieria cinereiceps</i>		Subadulte	25/11/2004	Nord Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
9	<i>Bernieria cinereiceps</i>	Femelle	Adulte	25/11/2004	Nord Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
10	<i>Mystacornis crossleyi</i>	Femelle	Adulte	25/11/2004	Nord Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
11	<i>Mystacornis crossleyi</i>	Male	Adulte	25/11/2004	Nord Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
12	<i>Philepitta castanea</i>	Male	Adulte	25/11/2004	Nord Analamay	S18°48.395' E48°20.315'
13	<i>Nesillas typica</i>		Adulte	29/11/2004	Ambatovy	S18°51.119' E48°19.271'
14	<i>Mystacornis crossleyi</i>	Male	Subadulte	29/11/2004	Ambatovy	S18°51.119' E48°19.271'
15	<i>Bernieria madagascariensis</i>		Adulte	29/11/2004	Ambatovy	S18°51.119' E48°19.271'
16	<i>Atelornis pittoides</i>		Adulte	29/11/2004	Ambatovy	S18°51.119' E48°19.271'
17	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	Male	Adulte	29/11/2004	Ambatovy	S18°51.119' E48°19.271'
18	<i>Bernieria zosterops</i>		Adulte	29/11/2004	Ambatovy	S18°51.119' E48°19.271'
19	<i>Newtonia amphichroa</i>		Adulte	29/11/2004	Ambatovy	S18°51.119' E48°19.271'
20	<i>Terpsiphone mutata</i>	Femelle	Adulte	03/12/2004	Ambatovy	S18°51.577' E48°19.971'
21	<i>Ploceus nelicourvi</i>	Male	Adulte	04/12/2004	Ambatovy	S18°51.577' E48°19.971'
22	<i>Ploceus nelicourvi</i>	Femelle	Adulte	04/12/2004	Ambatovy	S18°51.577' E48°19.971'
23	<i>Rallus madagascariensis</i>		Adulte	07/12/2004	Sahavarina	S18°51.878' E48°21.534'
24	<i>Sarothrura insularis</i>	Male	Adulte	08/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.410' E48°21.333'
25	<i>Sarothrura insularis</i>	Male	Adulte	08/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.505' E48°21.323'
26	<i>Sarothrura insularis</i>	Male	Adulte	08/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.483' E48°21.273'
27	<i>Sarothrura insularis</i>	Femelle	Adulte	08/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.562' E48°21.254'
28	<i>Sarothrura watersi (D007)</i>	Male	Adulte	09/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.536' E48°21.432'
29	<i>Sarothrura insularis</i>	Femelle	Adulte	09/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.605' E48°21.393'
30	<i>Sarothrura insularis</i>		Poussin	09/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.605' E48°21.393'
31	<i>Sarothrura insularis</i>		Poussin	09/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.605' E48°21.393'
32	<i>Phedina borbonica</i>		Adulte	11/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.453' E48°21.541'
33	<i>Foudia omissa</i>		Adulte	11/12/2004	Tsiazonomby	S18°52.453' E48°21.541'
34	<i>Sarothrura watersi</i>	Femelle	Subadulte	12/12/2004	Behontsa	S18°52.319' E48°21.546'
35	<i>Sarothrura watersi</i>	Male	Adulte	12/12/2004	Behontsa	S18°52.319' E48°21.546'
36	<i>Sarothrura watersi</i>	Femelle	Adulte	14/12/2004	Behontsa	S18°52.941' E48°20.254'

Annexe 4B

Spécimen N°	Espèce	Longueur (mm)						
		queue	aile	bec-narine	bec ouverture	tarse	doigt central	doigt postérieur
1	<i>Caprimulgus ennaratus</i>	118	152	8	32	19	20.5	6
2	<i>Nesillas typica</i>	70	62	8	17	28	15	7.5
3	<i>Bernieria madagascariensis</i>	79	91	20	29	26	13	9.5
4	<i>Bernieria madagascariensis</i>	81	88	20	28	27	13.5	9.5
5	<i>Coua reynaudii</i>	209	146	11.6	28	53	29.5	12.5
6	<i>Newtonia amphichroa</i>	46	55	8.5	11	26	10.5	7.5
7	<i>Copsychus albospecularis</i>	71	79	10.5	17.5	29	13	8
8	<i>Bernieria cinereiceps</i>	58	57	7.5	14.5	20.5	10.5	7
9	<i>Bernieria cinereiceps</i>	58	53	7	14	19.5	11	6.5
10	<i>Mystacornis crossleyi</i>	50	66	11.5	23	28	14.5	7
11	<i>Mystacornis crossleyi</i>	53	75	14	25.5	29.5	14.5	8
12	<i>Philepitta castanea</i>	40	80	11	22	28	16	10
13	<i>Nesillas typica</i>	85	65	8	18	29	12	7
14	<i>Mystacornis crossleyi</i>	51	71	7	23	27.5	6	7
15	<i>Bernieria madagascariensis</i>	85	88	16	28	28.5	15	10
16	<i>Atelornis pittoides</i>	103	112	20	36	46	21	8.5
17	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	62	68	9.5	21	28	17	9
18	<i>Bernieria zosterops</i>	75	78	9.5	19	25.5	8	8
19	<i>Newtonia amphichroa</i>	45	54	8	16	22.5	8.5	5.5
20	<i>Terpsiphone mutata</i>	86	77	8.5	19	18.5	9	6.5
21	<i>Ploceus nelicourvi</i>	60	79	10.5	17	24.5	12	10.5
22	<i>Ploceus nelicourvi</i>	52	76.5	10.5	16	24	13	10
23	<i>Rallus madagascariensis</i>	38	111	41	56	48	43	12.5
24	<i>Sarothrura insularis</i>	63	69	5.5	14.5	24.5	21	5
25	<i>Sarothrura insularis</i>	66	68	6	15	24	23.5	5.5
26	<i>Sarothrura insularis</i>	57	65	5.5	14.5	22.5	21	5
27	<i>Sarothrura insularis</i>	62	69	6	14.5	24	22	5
28	<i>Sarothrura watersi (D007)</i>	58	67	7	16	26	28	7
29	<i>Sarothrura insularis</i>	56	68	5.5	17.5	23	24.5	6
30	<i>Sarothrura insularis</i>			4	10.5	20	20.5	6.5
31	<i>Sarothrura insularis</i>			3.5	1.5	20	19.5	5.5
32	<i>Phedina borbonica</i>	50	115	5.5	16	17	13	7.5
33	<i>Foudia omissa</i>	50	73	10.5	13	20.5	13	7.5
34	<i>Sarothrura watersi</i>	42	68	5	14.5	25	24	6
35	<i>Sarothrura watersi</i>	45	72	8.5	17	29	29.5	7.5
36	<i>Sarothrura watersi</i>	62	70	8.5	17	28.5	29.5	7

Annexe 4C

Spécimen N°	Espèce	Poids	Diamètre (mm)				
		(gramme)	bec horizontal	bec vertical	tarse	doigt central	narine
1	<i>Caprimulgus ennaratus</i>	56	4	6	3	2	2
2	<i>Nesillas typica</i>	19	4.5	4	2.5	1.5	3
3	<i>Bernieria madagascariensis</i>	29.5	5	5	2.5	2	3.5
4	<i>Bernieria madagascariensis</i>	27.5	5	4.5	2	1.5	3.5
5	<i>Coua reynaudii</i>		8.5	8	6.5	4	6.5
6	<i>Newtonia amphichroa</i>	14.5	3.5	3	2	1	2
7	<i>Copsychus albospecularis</i>	21.5	5	5	2	1.5	1
8	<i>Bernieria cinereiceps</i>	9.5	4.5	4.5	2	1.5	2
9	<i>Bernieria cinereiceps</i>	9	3.5	3.5	1.5	1.5	2
10	<i>Mystacornis crossleyi</i>	27.5	5	4	2	1.5	2.5
11	<i>Mystacornis crossleyi</i>	23	5	4.5	2.5	1.5	3.5
12	<i>Philepitta castanea</i>	34	4.5	5.5	2.5	2	3
13	<i>Nesillas typica</i>	17	3.5	4	2	1.5	3
14	<i>Mystacornis crossleyi</i>	23	5	4.5	2	1.5	2
15	<i>Bernieria madagascariensis</i>	29	5	4.5	2.5	2	2.5
16	<i>Atelornis pittoides</i>	82.5	9.5	8	3.5	2	7
17	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	23	5	4.5	2.5	1.5	2.5
18	<i>Bernieria zosterops</i>	17	4	4	2	1.5	2.5
19	<i>Newtonia amphichroa</i>	10.5	3.5	4.5	2	1	2.5
20	<i>Terpsiphone mutata</i>	15	4	6	2	1.5	1.5
21	<i>Ploceus nelicourvi</i>	23.5	9	7.5	2	1.5	2
22	<i>Ploceus nelicourvi</i>	23.5	8.5	8	2	1.5	2
23	<i>Rallus madagascariensis</i>	107.5	8.5	5	5	3.5	7
24	<i>Sarothrura insularis</i>	27.5	4.5	3.5	2.5	1.5	3.5
25	<i>Sarothrura insularis</i>	29	4.5	3.5	3	1.5	4
26	<i>Sarothrura insularis</i>	25	4.5	3.5	2	1.5	3
27	<i>Sarothrura insularis</i>	24	4.5	3.5	2	1.5	4
28	<i>Sarothrura watersi (D007)</i>	25.5	4	3.5	2.5	1.5	4
29	<i>Sarothrura insularis</i>	23.5	4.5	3	2.5	1.5	3.5
30	<i>Sarothrura insularis</i>	11.5			2.5	1.5	
31	<i>Sarothrura insularis</i>	10			2.5	1.5	
32	<i>Phedina borbonica</i>	23	4	5.5	2	1.5	2
33	<i>Foudia omissa</i>	16.5	10	8	2	1.5	1
34	<i>Sarothrura watersi</i>	23.5	4.5	3.5	2.5	1.5	3.5
35	<i>Sarothrura watersi</i>	25	4.5	3.5	2.5	1.5	4.5
36	<i>Sarothrura watersi</i>	27	4	3	2	1.5	4.5

PLANCHE DES PHOTOS (Cf. Illustrations complètes sur CD)

N°	Titre	Référence
1	<i>Anas melleri</i>	P1010441
2	<i>Sarothrura watersi</i>	P1010384
3	<i>Caprimulgus ennaratus</i>	P1030006
4	<i>Atelornis pittoides</i>	P1100157
5	<i>Coracopsis nigra</i>	P1010440
6	<i>Canirallus kioloides</i>	P1010458
7	<i>Mystacornis crossleyi</i>	P1050082
8	<i>Philepitta castanea</i>	P1050084
9	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	P1100154
10	<i>Ploceus nelicourvi</i>	P1140260
11	<i>Rallus madagascariensis</i>	P1170293
12	<i>Bernieria zosterops</i>	P1100139
13	<i>Cuculus rochii</i>	P1010418
14	<i>Caprimulgus madagascariensis</i> , Adulte	P1100170
15	<i>Caprimulgus madagascariensis</i> , Poussins	P1010439
16	<i>Caprimulgus madagascariensis</i> , Œufs	P1100175
17	<i>Coua reynaudii</i> , Poussin et Œuf	P1040028
18	<i>Bernieria cinereiceps</i>	P1050054
19	<i>Bernieria zosterops</i> , Œufs	P1100144
20	<i>Nesillas typica</i> , Œufs	P1090132
21	Ouest Tsiazonomby : La territoire de <i>S. watersi</i> est réduite de moitié	P1010312
22	Sahavarina : Le dortoir de <i>Ardeola ralloides</i> est rayé de la carte	P1170286
23	Sahavarina : La totalité de la place est transformé en rizières	P1010464
23'	Sahavarina : La totalité de la place est transformé en rizières	P1010483
24	Sahavarina : Troupeau attendant la pluie avant de faire le piétinage	P1170302

ATTACHMENT 2-2
PIPELINE LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Bird Species Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Land Use Zone

Species	Endemism	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category	Land Use Zone								
<i>Accipiter francesii francesii</i>	national	forest/open	near threatened	Appendix II	corridor tavy								
<i>Accipiter henstii</i>	national	forest		Appendix II	corridor								
<i>Accipiter madagascariensis</i>	national	forest	near threatened	Appendix II	corridor tavy corridor corridor and/or tavy ^(a) tavy corridor corridor and/or tavy tavy corridor corridor tavy corridor								
<i>Acridotheres tristis</i>	exotic	open			Appendix II	corridor corridor							
<i>Alcedo v. vintsioides</i>	national	wetland				Appendix II	corridor corridor and/or tavy tavy corridor corridor tavy corridor corridor corridor corridor						
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	national	forest					Appendix II	corridor corridor tavy corridor corridor tavy corridor corridor corridor corridor					
<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>	no	wetland						Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor				
<i>Artamella viridis</i>	national	forest							Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor			
<i>Asio madagascariensis</i>	national	forest								Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor		
<i>Atelornis pittoides</i>	national	forest									Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor	
<i>Aviceda madagascariensis</i>	national	forest										Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Bernieria madagascariensis</i>	national	forest											Appendix II
<i>Bernieria zosterops</i>	national	forest		Appendix II									
<i>Brachypteracias leptosomus</i>	national	forest			Appendix II								
<i>Buteo brachypterus</i>	national	forest				Appendix II							
<i>Butorides striatus</i>	no	wetland					Appendix II						
<i>Calicalicus madagascariensis</i>	national	forest	Appendix II					corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor					
<i>Canirallus kioloides</i>	national	forest						Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor				
<i>Caprimulgus enarratus</i>	national	forest							Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor			
<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	national	forest								Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor		
<i>Centropus toulou toulou</i>	national	forest/open									Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor	
<i>Ceyx madagascariensis</i>	national	forest										Appendix II	corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Cisticola cherina</i>	national	open		Appendix II									corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Copsychus albospectularis</i>	national	forest			Appendix II								corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Coracina c. cinerea</i>	national	forest				Appendix II							corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Coracopsis nigra nigra</i>	national	forest					Appendix II						corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Coracopsis vasa vasa</i>	national	forest	Appendix II										corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Corvus albus</i>	no	open						Appendix II					corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Coua caerulea</i>	national	forest							Appendix II				corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor
<i>Coua cristata</i>	national	forest								Appendix II			corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor corridor

Table 1 Bird Species Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Land Use Zone (continued)

Species	Endemism	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category	Land Use Zone
<i>Coua reynaudii</i>	national	forest	near threatened		corridor
<i>Coua serriana</i>	national	forest			corridor and/or tavy
<i>Crossleyia xanthophrys</i>	national	forest			corridor
<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	national	forest			corridor
<i>Cuculus rochii</i>	no	forest			corridor
<i>Cyanolanius m. madagascarinus</i>	national	forest			corridor and/or tavy
<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	no	open			corridor
<i>Dendrocygna viduata</i>	no	wetland			tavy
<i>Dicrurus f. forficatus</i>	national	forest			tavy
<i>Dromaeocercus brunneus</i>	national	forest			corridor
<i>Dryolimnas cuvieri cuvieri</i>	national	forest/wetland			corridor
<i>Eurystomus g. glaucurus</i>	no	forest/open			corridor
<i>Falco eleonora</i>	no	open		Appendix II	corridor
<i>Falco newtoni newtoni</i>	national	open		Appendix II	corridor and/or tavy
<i>Foudia madagascariensis</i>	national	forest			tavy
<i>Foudia omissa</i>	national	forest			corridor
<i>Glareola ocularis</i>	no	wetland/marine			corridor and/or tavy
<i>Hartlaubius auratus</i>	national	forest			tavy
<i>Hypositta corallirostris</i>	national	forest			corridor
<i>Hypsipetes m. madagascariensis</i>	national	forest			corridor
<i>Leptopterus chabert</i>	national	forest			corridor and/or tavy
<i>Leptosomus d. discolor</i>	national	forest			tavy
<i>Lonchura nana</i>	national	forest/open			corridor
<i>Lophotibis cristata</i>	national	forest			corridor and/or tavy
<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	national	open			tavy
<i>Merops superciliosus</i>	no	forest/open			corridor
<i>Milvus migrans</i>	no	open			corridor and/or tavy
<i>Monticola sharpei</i>	national	forest			tavy
<i>Motacilla flaviventris</i>	national	open/wetland			corridor
<i>Mystacornis crossleyi</i>	national	forest			corridor and/or tavy
<i>Nectarinia n. notata</i>	national	forest		Appendix II	tavy
					corridor
					corridor
					corridor and/or tavy
					tavy
					corridor
					corridor

Table 1 Bird Species Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by Land Use Zone (continued)

Species	Endemism	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category	Land Use Zone
					corridor and/or tavy
					tavy
<i>Nectarinia s. sovimanga</i>	national	forest			corridor
					corridor and/or tavy
					tavy
<i>Neodrepanis coruscans</i>	national	forest			corridor
<i>Neodrepanis hypoxantha</i>	national	forest			corridor
<i>Neomixis s. striatigula</i>	national	forest			corridor
					corridor and/or tavy
<i>Neomixis tenella</i>	national	forest			corridor
					corridor and/or tavy
<i>Neomixis viridis</i>	national	forest			tavy
			vulnerable		corridor
					corridor
<i>Nesillas t. typica</i>	national	forest			corridor and/or tavy
					tavy
<i>Newtonia amphichroa</i>	national	forest			corridor
					corridor
<i>Newtonia brunneicauda</i>	national	forest			corridor and/or tavy
					tavy
<i>Newtonia fanovanae</i>	national	forest			corridor
<i>Ninox supercilialis</i>	national	forest			corridor
<i>Numida meleagris</i>	exotic	forest/open		Appendix II	tavy
<i>Oena capensis</i>	no	forest/open			tavy
<i>Otus rutilus rutilus</i>	national	forest			corridor
<i>Oxylabes madagascariensis</i>	national	forest			corridor
					corridor
<i>Phedina borbonica madagascariensis</i>	national	forest		Appendix II	corridor and/or tavy
					tavy
<i>Philepitta castanea</i>	national	forest			corridor
<i>Ploceus nelicourvi</i>	national	forest			corridor
					tavy
<i>Polyboroides radiatus</i>	national	forest			corridor
					corridor and/or tavy
<i>Pseudobias wardi</i>	national	forest			corridor
<i>Sarothrura insularis</i>	national	forest			corridor
			vulnerable		corridor and/or tavy
<i>Saxicola torquata sibilla</i>	no	open			corridor
					corridor and/or tavy
<i>Streptopelia picturata picturata</i>	national	forest		Appendix II	corridor
					tavy
					corridor
<i>Terpsiphone m. mutata</i>	national	forest			corridor and/or tavy
					tavy
<i>Treron australis australis</i>	national	forest			corridor
					tavy
<i>Turnix nigricollis</i>	national	forest			corridor
<i>Tylas edwardi</i>	national	forest			corridor
<i>Tyto alba</i>	no	open			corridor
				Appendix II	corridor
<i>Vanga curvirostris</i>	national	forest			corridor
					corridor and/or tavy
					tavy

**Table 1 Bird Species Observed in the Slurry Pipeline Local Study Area by
Land Use Zone (continued)**

Species	Endemism	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category	Land Use Zone
<i>Xenopirostris polleni</i>	national	forest	near threatened		corridor
<i>Zoonavena g. grandidieri</i>	national	forest			corridor
					corridor and/or tavy
					tavy
<i>Zosterops m. maderaspatana</i>	national	forest/open			corridor
					corridor and/or tavy
					tavy

^(a) Birds observed in the Fanovana and Ambohimiadana Area could not be confirmed in either land use zone as the area includes both zones.

Table 2 Bird Species Observations by Area in the Slurry Pipeline Local Study Area

Species	Area						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Accipiter francesii francesii</i>	o	o	o	o			
<i>Accipiter henstii</i>	o	o	o				
<i>Accipiter madagascariensis</i>	HL		o	o			
<i>Acridotheres tristis</i>	HL	o		o		o	o
<i>Alcedo vintsioides vintsioides</i>	o	o	o	o		o	
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	o	o	o				
<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>	o			o			
<i>Artamella viridis</i>	o		o				
<i>Asio madagascariensis</i>	HL	HL	HL				
<i>Atelornis pittoides</i>	o				o		
<i>Aviceda madagascariensis</i>	o						
<i>Bernieria madagascariensis</i>	o	o	o		o		
<i>Bernieria zosterops</i>	o		o		o		
<i>Brachypteracias leptosomus</i>			o				
<i>Buteo brachypterus</i>	o	o	o	o	o		o
<i>Butorides striatus</i>				o			
<i>Calicalicus madagascariensis</i>	o	o	o		o		o
<i>Canirallus kioloides kioloides</i>			o	o	o	o	
<i>Caprimulgus enarratus</i>		HL					
<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	HL	HL	HL				
<i>Centropus toulou toulou</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Ceyx madagascariensis</i>	o		o				
<i>Cisticola cherina</i>	HL		o		o	o	o
<i>Copsychus albospecularis</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Coracina cinerea</i>	o	o	o			o	
<i>Coracopsis nigra nigra</i>	o	o	o	o	o	o	
<i>Coracopsis vasa vasa</i>	o	o	o	o	o	o	
<i>Corvus albus</i>	HL			o			
<i>Coua c. cristata</i>				o	o		
<i>Coua caerulea</i>	o	o	o	o	o		o
<i>Coua reynaudii</i>	o	o	o		o	o	o
<i>Coua serriana</i>		o	o				
<i>Crossleyia xanthophrys</i>		o	o				
<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	o		o		o		
<i>Cuculus rochii</i>	HL	o			o	o	o
<i>Cyanolanius madagascarinus madagascarinus</i>	o	o	o		o		o
<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	o			o	o		

Table 2 Bird Species Observations by Area in the Slurry Pipeline Local Study Area (continued)

Species	Area						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Dendrocygna viduata</i>				o			
<i>Dicrurus forficatus forficatus</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Dromaeocercus brunneus</i>		o					
<i>Dryolimnas cuvieri cuvieri</i>		o	o		o		
<i>Eurystomus glaucurus glaucurus</i>	o	o	o				
<i>Falco eleonora</i>	o						
<i>Falco newtoni newtoni</i>	HL			o		o	
<i>Foudia madagascariensis</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Foudia omissa</i>	o	o	o		o		
<i>Glareola ocularis</i>							
<i>Hartlaubius auratus</i>	o	o		o			
<i>Hypositta corallirostris</i>	o	o	o				
<i>Hypsipetes madagascariensis madagascariensis</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Leptopterus chabert</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Leptosomus discolor discolor</i>	o	o	o	o	o		
<i>Lonchura nana</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Lophotibis cristata</i>		o	o				
<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	o		o			o	
<i>Merops superciliosus</i>		o		o	o	o	o
<i>Milvus migrans</i>				o			
<i>Monticola sharpei</i>	o				o		
<i>Motacilla flaviventris</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Mystacornis crossleyi</i>		o	o				
<i>Nectarinia n. notata</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Nectarinia souimanga souimanga</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Neodrepanis coruscans</i>	o	o	o				
<i>Neodrepanis hypoxantha</i>					o		
<i>Neomixis striatigula</i>	o	o	o		o	o	
<i>Neomixis tenella</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Neomixis viridis</i>	o	o	o		o		
<i>Nesillas typica typica</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Newtonia amphichroa</i>	o	o	o		o		
<i>Newtonia brunneicauda</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Newtonia fanovanae</i>			o				
<i>Ninox superciliaris</i>	HL	HL	HL				
<i>Numida meleagris</i>	HL			o			

Table 2 Bird Species Observations by Area in the Slurry Pipeline Local Study Area (continued)

Species	Area						
	1	2	3	4	5	6	7
<i>Oena capensis aliena</i>				o			
<i>Otus rutilus rutilus</i>	HL	HL	HL				
<i>Oxylabes madagascariensis</i>	o	o	o				
<i>Phedina borbonica madagascariensis</i>	o			o	o	o	
<i>Philepitta castanea</i>	o	o	o				
<i>Ploceus nelicourvi</i>	o	o	o	o	o		o
<i>Polyboroides radiatus</i>	o	o	o			o	
<i>Pseudobias wardi</i>	o	o	o		o		
<i>Sarothrura insularis</i>	o	o	o		o	o	o
<i>Saxicola torquata sibilla</i>	o				o	o	o
<i>Streptopelia picturata picturata</i>							
<i>Terpsiphone mutata mutata</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Treron australis australis</i>							
<i>Turnix nigricollis</i>	HL						
<i>Tylas eduardi</i>	o	o	o		o		
<i>Tyto alba</i>	HL	HL	HL				
<i>Vanga curvirostris</i>	o	o	o	o	o	o	o
<i>Xenopirostris polleni</i>	o	o					
<i>Zoonavena grandidieri grandidieri</i>	o		o	o	o	o	
<i>Zosterops maderaspatana maderaspatana</i>	o	o	o	o	o	o	o

- 1 Vohimana
- 2 Sahandambo
- 3 Sandrambato
- 4 Région de Sandrakatrana
- 5 Forêt Andriandavibe & Sahandambo
- 6 Région Fanovana Ambohimadana
- 7 Forêt Menalamba Andasibe
- o Présence dans le site
- HL Recensée hors liste Mackinnon

TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT
ON
BIRDS
FROM SEPTEMBER 21 TO OCTOBER 3, 2004
(FRENCH)

Rapport Technique.

Prospection en vue d'une Etude d'Impact Environnemental en matière d'Ornithologie dans les régions de Sandrakatrana, les forêts d'Andriandavibe et Sahandambo, les régions entre Fanovana et Ambohimadana, puis les régions entre Andasibe et Menalamba - du 21 septembre au 3 octobre 2004.

par Rakotonomenjanahary Odon.

Sommaire

1. Objectif
2. Itinéraire et déroulement de la mission
3. Méthodologies
4. Résultats et interprétations
5. Conclusions

Références bibliographiques

Annexes :

- Annexe 1 : Analyse Mackinnon des espèces recensées dans la région de Sandrakatrana
- Annexe 2 : Analyse Mackinnon des espèces recensées dans les forêts d'Andriandavibe Sahandambo
- Annexe 3 : Analyse Mackinnon des espèces recensées dans la région entre Fanovana Ambohimadana
- Annexe 4 : Analyse Mackinnon des espèces recensées dans la région entre Andasibe Menalamba
- Annexe 5 : Listes de Mackinnon dans la région de Sandrakatrana
- Annexe 6 : Listes de Mackinnon recensées dans les forêts d'Andriandavibe Sahandambo
- Annexe 7 : Listes de Mackinnon dans la région entre Fanovana Ambohimadana
- Annexe 8 : Listes de Mackinnon dans la région entre Andasibe Menalamba
- Annexe 9 : Liste des espèces recensées dans les sites de recherche
- Annexe 10 : Calendrier détaillé des activités réalisées

Planche des photos

1 Objectif

L'inventaire ornithologique des régions de Sandrakatrana, de Fanovana à Ambohimiadana, de Fanovana à Andasibe, puis d'Andasibe à Menalamba entre dans le cadre de l'Etude d'Impact Environnemental pour la mise en place d'un Pipeline entre Moramanga et Toamasina par Dynatec & Phelps Dodge.

2 Itinéraire et déroulement de la mission

Mardi 21 septembre 2004 : Réunion, Organisation & achats de consommables

Mercredi 22 septembre 2004 : Préparations diverses, Déplacement Tana-Brickaville

Jeudi 23 septembre 2004 : Déplacement Brickaville-Anivorano Est

Vendredi 24 septembre 2004 : Déplacement Anivorano Est- Sandrakatrana - Inventaire ornithologique à Ambodiaviavy

Samedi 25 septembre 2004 : Inventaire ornithologique à Sandrakatrana et Ambodihazina

Dimanche 26 septembre 2004 : Inventaire ornithologique à Mahalaza – Déplacement Anivorano Est - Moramanga

Lundi 27 septembre 2004 : Déplacement Moramanga Andasibe - Reconnaissance des pistes menant vers les sites à visiter dans la région d'Andasibe

Mardi 28 septembre 2004 : Déplacement Andasibe - Forêt d'Andriandavibe

Mercredi 29 septembre 2004 : Inventaire ornithologique de la forêt d'Andriandavibe – Déplacement vers Fanovana

Jeudi 30 septembre 2004 : Inventaire ornithologique de la forêt de Sahandambo

Vendredi 1^{er} octobre 2004 : Inventaire ornithologique suivant l'axe Fanovana Ambohimiadana

Samedi 2 octobre 2004 : Inventaire ornithologique suivant l'axe Fanovana à Ambodin'i Koma – Déplacement Fanovana Andasibe

Dimanche 3 octobre 2004 : Inventaire ornithologique suivant l'axe Andasibe à Menalamba - Déplacement Andasibe - Tana

3 Méthodologies

3.1 Comptage direct par la liste de Mackinnon

L'inventaire par la liste de Mackinnon est effectué le long des pistes préexistantes en progressant lentement à une vitesse de 1 à 1,5 km/h. Le nom de chaque espèce

nouvellement rencontrée est noté de façon à obtenir une liste de 10 espèces. La procédure est répétée plusieurs fois afin d'obtenir une série de listes. On calcule ensuite pour chaque espèce recensée, le nombre de listes avec contacts, l'index d'abondance puis son rang au sein de la communauté aviaire.

Sur terrain, l'avantage de cette méthode est telle qu'elle permet de se concentrer sur la recherche de nouvelle espèce et que la récolte de données et leurs analyses sont aussi faciles. Les résultats aboutissent directement à l'obtention des indices d'abondance semi-quantitative de chaque espèce, permettant ainsi de situer sa position sociale au sein de la communauté aviaire en place.

Cette méthode a quand même ses limites du fait qu'elle sous-estime carrément le nombre d'individus pour les espèces qui se trouvent en groupe ainsi que les espèces craintives qui se cachent ou qui s'enfuient aux moindres bruits et alertes. En plus, elle nécessite au moins trois jours de travail pour un site donné.

3.2 Matériel

Le matériel de travail est composé de paires de jumelles, d'appareil photographique, de GPS pour marquer les points particuliers intéressants, des guides de Langrand (1995), de Morris & Hawkins (1998) et de Sinclair & Langrand (1998).

4 Résultats et interprétations

Les espèces recensées, les tableaux d'analyse des listes de Mackinnon et les listes de Mackinnon sont tous donnés en annexes.

4.1 Région de Sandrakatrana

4.1.1 Habitats et zones prospectées

Les coordonnées géographiques des pistes de prospection sont :

Pour le secteur d'Ambodiaviavy : S18°40.067' et E48°52.558', S18°39.950' et E48°52.646', S18°39.807' et E48°52.660', S18°39.586' et E48°52.931'.

Pour le secteur de Sandrakatrana : S18°40.070' et E48°52.558', S18°40.108' et E48°52.401', S18°40.480' et E48°52.083', S18°40.972' et E48°51.883', S18°41.021' et E48°52.151', S18°40.905' et E48°52.292', S18°40.415' et E48°52.490'.

Pour le secteur d'Ambodihaina : S18°39.769' et E48°52.448', S18°39.866' et E48°52.072', S18°40.102' et E48°51.886', S18°39.968' et E48°51.718'

Pour le secteur de Mahalaza : S18°39.707' et E48°52.468', S18°39.051' et E48°52.811', S18°39.511' et E48°52.614', S18°39.541' et E48°52.714', S18°39.716' et E48°52.836', S18°40.150' et E48°52.687'.

Ces endroits sont assez peuplés de sorte que la région se présente comme une vaste zone de défrichement (Cf. Photos n° 1, 2, 3, 5, 10, 17 et 18). Les grands arbres se trouvent rarement au niveau des étroites vallées et des ruisseaux (Cf. Photo n°4). Parmi ces arbres, on distingue Sefontsoy (*Rhodoclea racemosa*), Kabokala (*Cabucala* sp.), Volomborona (*Albizzia* sp.), Voapaka (*Uapaca* sp.), Hazombarorana (*Protorhus latifolia*), Tavolo (*Ravensara* sp.), et Lendemy (*Nuxia capitata*).

4.1.2 Faune ornithologique

Durant la prospection, 43 espèces d'oiseaux réparties dans 24 listes sont recensées, parmi lesquelles 23 sont sous-espèces endémiques et 13 espèces endémiques. L'espèce *Accipiter madagascariensis* est Quasi-menacée selon le statut de conservation UICN (Cf. Annexe n°9).

4.2 Région entre Andasibe et Fanovana

4.2.1 Habitats et zones prospectées

Les coordonnées géographiques des pistes de prospection sont :

Pour le secteur d'Andriandavibe : S18°54.441' et E48°29.808', S18°54.310' et E48°29.035', S18°54.293' et E48°29.233', S18°54.464' et E48°29.228', S18°54.812' et E48°29.977', S18°54.865' et E48°29.806', S18°54.918' et E48°28.536', S18°54.464' et E48°28.727'.

Pour le secteur de Sahandambo : S18°54.218' et E48°28.892', S18°53.819' et E48°28.240', S18°53.968' et E48°28.673', S18°54.078' et E48°28.719',

Dans cette région, la végétation naturelle en place se présente comme une forêt naturelle de moyenne altitude pluristratifiée, avec des grands arbres de plus de 20m de haut, une strate moyenne supérieure à 10m et une strate basse de l'ordre de 5m, des sous bois encombrants

avec un tapis herbacé presque inexistant puis des plantes épiphytes assez fournies (Koechlin & al., 1974).

La forêt naturelle d'Andriandavibe est presque détruite par le défrichement et il ne reste qu'un bloc assez massif constituant le Parc privé de Vohimana. Par endroit, on distingue en plus des peuplements d'eucalyptus. La forêt naturelle de Sahandambo est fortement écrémée de manière illicite malgré son apparence (Cf. photo n°30).

4.2.2 Faune ornithologique

Durant la prospection, 49 espèces d'oiseaux réparties dans 19 listes sont recensées, parmi lesquelles 20 sous-espèces endémiques et 25 espèces endémiques. *Neodrepanis hypoxantha* est En danger, tandis que *Atelornis pittoides*, *Pseudobias wardi*, *Pseudocossiphus sharpei* sont Quasi-menacés selon le statut de conservation UICN (Cf. Annexe n°9).

4.3 Région entre Fanovana et Ambohimadana

4.3.1 Habitat et zones prospectées

Les coordonnées géographiques des pistes de prospection sont : S18°55.513' et E48°31.801', S18°54.861' et E48°31.609', S18°54.587' et E48°31.857', S18°53.923' et E48°31.924', S18°53.617' et E48°32.063', S18°52.669' et E48°32.502', S18°52.442' et E48°32.860', S18°55.103' et E48°32.369', S18°53.811' et E48°25.836'.

A part quelques plantations d'eucalyptus et de très rares petits îlots de forêt naturelle dégradée, c'est une zone de défrichement assez poussée où la couverture végétale est réduite à des végétations buissonneuses dominées entre autres par *Lantana camara*, *Pteridium* sp., *Aframomum angustifolium*, *Psiadia altissima* et *Imperata cylindrica* (Cf. photo n°34).

4.3.2 Faune ornithologique

Durant la prospection, 34 espèces d'oiseaux réparties dans 13 listes sont recensées, parmi lesquelles 16 sont sous-espèces endémiques et 14 autres espèces endémiques (Cf. Annexe n°9).

4.4 Région entre Andasibe et Menalamba

4.4.1 Habitat et zones prospectées

Les coordonnées géographiques des pistes de prospection sont : S18°54.712' et E48°25.208', S18°54.424' et E48°24.082', S18°53.916' et E48°23.708', S18°53.441' et E48°23.626', S18°52.649' et E48°22.655'.

La région se présente sous forme d'amalgame de plantations d'eucalyptus, de zone de défrichement puis des lambeaux de forêt naturelle seulement à l'est de l'endroit entre Menalamba et Antanagrika (Cf. photo n°35).

Ces lambeaux de forêt naturelle font parties des forêts naturelles de moyenne altitude pluristratifiées, avec des grands arbres de plus de 20m de haut, une strate moyenne supérieure à 10m et une strate basse de l'ordre de 5m, des sous bois encombrants avec un tapis herbacé presque inexistant puis des plantes épiphytes assez fournies (Koechlin & *al.*, 1974). Elles sont fortement exploitées par la population riveraine.

4.2.2 Faune ornithologique

Durant la prospection, 28 espèces d'oiseaux réparties dans 9 listes sont recensées, parmi lesquelles 10 sont sous-espèces endémiques et 14 autres espèces endémiques (Cf. Annexe n°9).

5 Conclusion

Les informations recueillies en matière d'ornithologie sont loin de la réalité si on se réfère aux publications en matière d'ornithologie sur les forêts de l'est. Les causes de ces lacunes sont les suivantes :

- les pressions humaines sont très intenses aussi bien sur les habitats en place (défrichement, exploitation illicite) que sur la faune (chasse)
- les temps impartis pour la récolte des données qui sont très courts
- le climat qui restait encore assez froid avec des pluies occultes durant la période de récolte de données sur terrain, limitant les activités des oiseaux quoiqu'on a déjà constaté la nidification de certaines espèces (*Caprimulgus madagascariensis* dans les photos n° 19, 20 et 21, *Terpsiphone mutata* dans les photos n°24, 25 et 26).

Il nous semble alors impératif de faire des études plus approfondies sur ces zones tout en respectant le délai minimum nécessaire pour la récolte de données selon le site à étudier, par exemple 7 jours pour les sites forestiers et 4 jours pour les zones dégradées.

5 REFERENCES

- Collar, N.J., Crosby, M.J. & Stattersfield, A.(1998).Birds to Watch Two. Cambridge, UK.
Birdlife International
- Koechlin, J., Guillaumet, J.L. Et Morat, P. (1974). Flore et Végétation des Madagascar. J.
Cramer. In der A.R. Gantner Verlag Kommanditgesellschaft
- Langrand, O.(1995). Guide des Oiseaux de Madagascar
- Moris, P. & Hawkins, A.F.A.(1998). Birds of Madagascar: A Photographic Guide. Yale
University Press, New Haven & London
- Projet ZICOMA (1999). Les Zones d'Importance pour la Conservation des Oiseaux à
Madagascar. Projet ZICOMA, Madagascar.

Annexes 1 : Analyse Mackinnon des espèces recensées dans la région de Sandrakatrana

N°	Nom scientifique	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'Abondance	Rang
1	<i>Accipiter francesii</i>	1	24	0.04	27
2	<i>Accipiter madagascariensis</i>	1	24	0.04	27
3	<i>Acridotheres tristis</i>	14	24	0.58	7
4	<i>Ardea purpurea</i>	1	24	0.04	27
5	<i>Buteo brachypterus</i>	3	24	0.13	20
6	<i>Butorides striatus</i>	1	24	0.04	27
7	<i>Canirallus kioloides</i>	2	24	0.08	24
8	<i>Centropus toulou</i>	16	24	0.67	3
9	<i>Copsychus albospecularis</i>	14	24	0.58	7
10	<i>Coracopsis nigra</i>	5	24	0.21	15
11	<i>Coracopsis vasa</i>	5	24	0.21	15
12	<i>Corvus albus</i>	1	24	0.04	27
13	<i>Corythornis vintsioides</i>	4	24	0.17	18
14	<i>Coua caerulea</i>	6	24	0.25	14
15	<i>Coua cristata</i>	1	24	0.04	27
16	<i>Cypsiurus parvus</i>	1	24	0.04	27
17	<i>Dendrocygna viduata</i>	1	24	0.04	27
18	<i>Dicrurus forficatus</i>	15	24	0.63	5
19	<i>Falco newtoni</i>	3	24	0.13	20
20	<i>Foudia madagascariensis</i>	15	24	0.63	5
21	<i>Hartlaubius auratus</i>	1	24	0.04	27
22	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	19	24	0.79	1
23	<i>Leptopterus chabert</i>	4	24	0.17	18
24	<i>Leptosomus discolor</i>	1	24	0.04	27
25	<i>Lonchura nana</i>	3	24	0.13	20
26	<i>Merops superciliosus</i>	10	24	0.42	10
27	<i>Milvus migrans</i>	2	24	0.08	24
28	<i>Motacilla flaviventris</i>	7	24	0.29	13
29	<i>Nectarinia notata</i>	13	24	0.54	9
30	<i>Nectarinia souimanga</i>	19	24	0.79	1
31	<i>Neomixis tenella</i>	2	24	0.08	24
32	<i>Nesillas typica</i>	1	24	0.04	27
33	<i>Newtonia brunneicauda</i>	1	24	0.04	27
34	<i>Numida meleagris</i>	1	24	0.04	27
35	<i>Oena capensis</i>	1	24	0.04	27
36	<i>Phedina borbonica</i>	1	24	0.04	27
37	<i>Ploceus nelicourvi</i>	5	24	0.21	15
38	<i>Streptopelia picturata</i>	3	24	0.13	20
39	<i>Terpsiphone mutata</i>	9	24	0.38	11
40	<i>Treron australis</i>	1	24	0.04	27
41	<i>Vanga curvirostris</i>	9	24	0.38	11
42	<i>Zoonavena grandidieri</i>	1	24	0.04	27
43	<i>Zosterops maderaspatana</i>	16	24	0.67	3

Annexes 2 : Analyse Mackinnon des espèces recensées dans les Forêts d'Andriandavibe - Sahandambo

N°	Nom scientifique	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'Abondance	Rang
1	<i>Atelornis pittoides</i>	1	19	0.05	34
2	<i>Buteo brachypterus</i>	1	19	0.05	34
3	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	7	19	0.37	10
4	<i>Canirallus kioloides</i>	1	19	0.05	34
5	<i>Centropus toulou</i>	5	19	0.26	15
6	<i>Cisticola cherina</i>	1	19	0.05	34
7	<i>Copsychus albospecularis</i>	6	19	0.32	11
8	<i>Coracopsis nigra</i>	3	19	0.16	19
9	<i>Coracopsis vasa</i>	5	19	0.26	15
10	<i>Coua caerulea</i>	9	19	0.47	4
11	<i>Coua cristata</i>	1	19	0.05	34
12	<i>Coua reynaudii</i>	3	19	0.16	19
13	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	1	19	0.05	34
14	<i>Cuculus rochii</i>	6	19	0.32	11
15	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	1	19	0.05	34
16	<i>Cypsiurus parvus</i>	1	19	0.05	34
17	<i>Dicrurus forficatus</i>	6	19	0.32	11
18	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	1	19	0.05	34
19	<i>Foudia madagascariensis</i>	4	19	0.21	17
20	<i>Foudia omissa</i>	2	19	0.11	24
21	<i>Glareola ocularis</i>	2	19	0.11	24
22	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	13	19	0.68	2
23	<i>Leptopterus chabert</i>	3	19	0.16	19
24	<i>Leptosomus discolor</i>	2	19	0.11	24
25	<i>Lonchura nana</i>	2	19	0.11	24
26	<i>Merops superciliosus</i>	1	19	0.05	34
27	<i>Motacilla flaviventris</i>	2	19	0.11	24
28	<i>Nectarinia notata</i>	6	19	0.32	11
29	<i>Nectarinia souimanga</i>	15	19	0.79	1
30	<i>Neodrepanis coruscans</i>	1	19	0.05	34
31	<i>Neomixis striatigula</i>	8	19	0.42	8
32	<i>Neomixis tenella</i>	10	19	0.53	3
33	<i>Neomixis viridis</i>	3	19	0.16	19
34	<i>Nesillas typica</i>	8	19	0.42	8
35	<i>Newtonia amphichroa</i>	1	19	0.05	34
36	<i>Newtonia brunneicauda</i>	9	19	0.47	4
37	<i>Phedina borbonica</i>	2	19	0.11	24
38	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>	4	19	0.21	17
39	<i>Phyllastrephus zosterops</i>	1	19	0.05	34
40	<i>Ploceus nelicourvi</i>	2	19	0.11	24
41	<i>Pseudobias wardi</i>	2	19	0.11	24
42	<i>Pseudocossiphus sharpei</i>	1	19	0.05	34
43	<i>Sarothrura insularis</i>	2	19	0.11	24
44	<i>Saxicola torquata</i>	2	19	0.11	24
45	<i>Terpsiphone mutata</i>	9	19	0.47	4
46	<i>Tylas edwardi</i>	1	19	0.05	34
47	<i>Vanga curvirostris</i>	3	19	0.16	19
48	<i>Zoonavena grandidieri</i>	1	19	0.05	34
49	<i>Zosterops maderaspatana</i>	9	19	0.47	4

Annexes 3 : Analyse Mackinnon des espèces recensées dans la région entre Fanovana -Ambohimadana

N°	Nom scientifique	Nombre de Contacts	Nombre de listes	Index d'Abondance	Rang
1	<i>Acridothores tristis</i>	5	13	0.38	9
2	<i>Canirallus kioloides</i>	4	13	0.31	14
3	<i>Centropus toulou</i>	7	13	0.54	5
4	<i>Cisticola cherina</i>	3	13	0.23	17
5	<i>Copsychus albospecularis</i>	8	13	0.62	4
6	<i>Coracina cinerea</i>	1	13	0.08	25
7	<i>Coracopsis nigra</i>	1	13	0.08	25
8	<i>Coracopsis vasa</i>	3	13	0.23	17
9	<i>Corythornis vintsioides</i>	2	13	0.15	21
10	<i>Coua reynaudii</i>	1	13	0.08	25
11	<i>Cuculus rochii</i>	3	13	0.23	17
12	<i>Dicrurus forficatus</i>	5	13	0.38	9
13	<i>Falco newtoni</i>	1	13	0.08	25
14	<i>Foudia madagascariensis</i>	9	13	0.69	2
15	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	10	13	0.77	1
16	<i>Leptopterus chabert</i>	1	13	0.08	25
17	<i>Lonchura nana</i>	4	13	0.31	14
18	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	2	13	0.15	21
19	<i>Merops superciliosus</i>	5	13	0.38	9
20	<i>Motacilla flaviventris</i>	5	13	0.38	9
21	<i>Nectarinia notata</i>	2	13	0.15	21
22	<i>Nectarinia souimanga</i>	7	13	0.54	5
23	<i>Neomixis striatigula</i>	1	13	0.08	25
24	<i>Neomixis tenella</i>	5	13	0.38	9
25	<i>Nesillas typica</i>	6	13	0.46	8
26	<i>Newtonia brunneicauda</i>	3	13	0.23	17
27	<i>Phedina borbonica</i>	1	13	0.08	25
28	<i>Polyboroides radiatus</i>	1	13	0.08	25
29	<i>Sarothrura insularis</i>	7	13	0.54	5
30	<i>Saxicola torquata</i>	4	13	0.31	14
31	<i>Terpsiphone mutata</i>	1	13	0.08	25
32	<i>Vanga curvirostris</i>	1	13	0.08	25
33	<i>Zoonavena grandidieri</i>	2	13	0.15	21
34	<i>Zosterops maderaspatana</i>	9	13	0.69	2

Annexes 4 : Analyse Mackinnon des espèces recensées dans la région entre Andasibe et Menalamba

N°	Nom scientifique	Nombre de Contacts	Nombre de listes	Index d'Abondance	Rang
1	<i>Acridoheres tristis</i>	4	9	0.44	8
2	<i>Buteo brachypterus</i>	2	9	0.22	15
3	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	2	9	0.22	15
4	<i>Centropus toulou</i>	1	9	0.11	21
5	<i>Cisticola cherina</i>	3	9	0.33	12
6	<i>Copsychus albospectularis</i>	7	9	0.78	2
7	<i>Coua caerulea</i>	2	9	0.22	15
8	<i>Coua reynaudii</i>	1	9	0.11	21
9	<i>Cuculus rochii</i>	2	9	0.22	15
10	<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	1	9	0.11	21
11	<i>Dicrurus forficatus</i>	4	9	0.44	8
12	<i>Foudia madagascariensis</i>	7	9	0.78	2
13	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	8	9	0.89	1
14	<i>Leptopterus chabert</i>	2	9	0.22	15
15	<i>Lonchura nana</i>	3	9	0.33	12
16	<i>Merops superciliosus</i>	1	9	0.11	21
17	<i>Motacilla flaviventris</i>	1	9	0.11	21
18	<i>Nectarinia notata</i>	3	9	0.33	12
19	<i>Nectarinia souimanga</i>	7	9	0.78	2
20	<i>Neomixis tenella</i>	4	9	0.44	8
21	<i>Nesillas typica</i>	5	9	0.56	6
22	<i>Newtonia brunneicauda</i>	2	9	0.22	15
23	<i>Ploceus nelicourvi</i>	1	9	0.11	21
24	<i>Sarothrura insularis</i>	1	9	0.11	21
25	<i>Saxicola torquata</i>	4	9	0.44	8
26	<i>Terpsiphone mutata</i>	5	9	0.56	6
27	<i>Vanga curvirostris</i>	1	9	0.11	21
28	<i>Zosterops maderaspatana</i>	6	9	0.67	5

Annexe 5 : Listes de Mackinnon dans la région de Sandrakatrana

- 1 *Treron australis*
Motacilla flaviventris
Foudia madagascariensis
Acridotheres tristis
Corythornis vintsioides
Centropus toulou
Nectarinia souimanga
Hypsipetes madagascariensis
Coracopsis nigra
Zosterops maderaspatana
- 2 *Nectarinia souimanga*
Centropus toulou
Neomixis tenella
Hypsipetes madagascariensis
Streptopelia picturata
Acridotheres tristis
Nectarinia notata
Falco newtoni
Dicrurus forficatus
Copsichus albospecularis
- 3 *Coracopsis vasa*
Nectarinia souimanga
Hypsipetes madagascariensis
Terpsiphone mutata
Vanga curvirostris
Nectarinia notata
Copsichus albospecularis
Foudia madagascariensis
Coua caerulea
Zosterops maderaspatana
- 4 *Merops superciliosus*
Leptopterus chabert
Copsichus albospecularis
Centropus toulou
Nectarinia souimanga
Terpsiphone mutata
Acridotheres tristis
Dicrurus forficatus
Foudia madagascariensis
Canirallus kioloides
- 5 *Copsichus albospecularis*
Nectarinia souimanga
Nesillas typica
Zosterops maderaspatana
Hypsipetes madagascariensis
Merops superciliosus
Acridotheres tristis
Centropus toulou
Foudia madagascariensis
Oena capensis
- 6 *Copsichus albospecularis*
Centropus toulou
Nectarinia souimanga
Vanga curvirostris
Foudia madagascariensis
Corvus albus
Hypsipetes madagascariensis
Acridotheres tristis
Dicrurus forficatus
Motacilla flaviventris
- 7 *Copsichus albospecularis*
Nectarinia souimanga
Acridotheres tristis
Centropus toulou
Dicrurus forficatus
Coua caerulea
- 13 *Zosterops maderaspatana*
Vanga curvirostris
Nectarinia souimanga
Coracopsis nigra
Foudia madagascariensis
Dicrurus forficatus
Ploceus nelicourvi
Merops superciliosus
Coracopsis vasa
Ardea purpurea
Nectarinia notata
Nectarinia souimanga
Leptopterus chabert
Buteo brachypterus
Hypsipetes madagascariensis
Centropus toulou
Vanga curvirostris
Merops superciliosus
Accipiter francesii
Foudia madagascariensis
- 15 *Centropus toulou*
Hypsipetes madagascariensis
Nectarinia souimanga
Dicrurus forficatus
Nectarinia notata
Coracopsis nigra
Vanga curvirostris
Coracopsis vasa
Zosterops maderaspatana
Milvus migrans
- 16 *Hypsipetes madagascariensis*
Nectarinia souimanga
Merops superciliosus
Motacilla flaviventris
Phedina borbonica
Dicrurus forficatus
Corythornis vintsioides
Zosterops maderaspatana
Terpsiphone mutata
Acridotheres tristis
- 17 *Nectarinia notata*
Motacilla flaviventris
Dicrurus forficatus
Zosterops maderaspatana
Hypsipetes madagascariensis
Foudia madagascariensis
Copsichus albospecularis
Coua caerulea
Nectarinia souimanga
Streptopelia picturata
- 18 *Centropus toulou*
Leptopterus chabert
Merops superciliosus
Hypsipetes madagascariensis
Nectarinia notata
Streptopelia picturata
Terpsiphone mutata
Zosterops maderaspatana
Centropus toulou
Dicrurus forficatus
- 19 *Cypsiurus parvus*
Merops superciliosus
Falco newtoni
Motacilla flaviventris
Copsichus albospecularis
Zoonavena grandidieri

	<i>Zosterops maderaspatana</i>	<i>Zosterops maderaspatana</i>
	<i>Dendrocygna viduata</i>	<i>Foudia madagascariensis</i>
	<i>Foudia madagascariensis</i>	<i>Acridotheres tristis</i>
	<i>Lonchura nana</i>	<i>Dicrurus forficatus</i>
8	<i>Ploceus nelicourvi</i>	20 <i>Copsichus albospecularis</i>
	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
	<i>Copsichus albospecularis</i>	<i>Newtonia brunneicauda</i>
	<i>Nectarinia souimanga</i>	<i>Zosterops maderaspatana</i>
	<i>Nectarinia notata</i>	<i>Dicrurus forficatus</i>
	<i>Dicrurus forficatus</i>	<i>Centropus toulou</i>
	<i>Terpsiphone mutata</i>	<i>Terpsiphone mutata</i>
	<i>Vanga curvirostris</i>	<i>Foudia madagascariensis</i>
	<i>Centropus toulou</i>	<i>Acridotheres tristis</i>
	<i>Foudia madagascariensis</i>	<i>Corythornis vintsioides</i>
9	<i>Zosterops maderaspatana</i>	21 <i>Merops superciliosus</i>
	<i>Nectarinia notata</i>	<i>Centropus toulou</i>
	<i>Coua caerulea</i>	<i>Lonchura nana</i>
	<i>Acridotheres tristis</i>	<i>Coracopsis vasa</i>
	<i>Nectarinia notata</i>	<i>Nectarinia souimanga</i>
	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	<i>Coua caerulea</i>
	<i>Dicrurus forficatus</i>	<i>Neomixis tenella</i>
	<i>Copsichus albospecularis</i>	<i>Terpsiphone mutata</i>
	<i>Foudia madagascariensis</i>	<i>Zosterops maderaspatana</i>
	<i>Centropus toulou</i>	<i>Ploceus nelicourvi</i>
10	<i>Acridotheres tristis</i>	22 <i>Vanga curvirostris</i>
	<i>Milvus migrans</i>	<i>Nectarinia notata</i>
	<i>Nectarinia souimanga</i>	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
	<i>Vanga curvirostris</i>	<i>Nectarinia souimanga</i>
	<i>Copsichus albospecularis</i>	<i>Foudia madagascariensis</i>
	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	<i>Acridotheres tristis</i>
	<i>Leptopterus chabert</i>	<i>Merops superciliosus</i>
	<i>Terpsiphone mutata</i>	<i>Copsichus albospecularis</i>
	<i>Zosterops maderaspatana</i>	<i>Buteo brachypterus</i>
	<i>Nectarinia notata</i>	<i>Hartlaubius auratus</i>
11	<i>Copsichus albospecularis</i>	23 <i>Coua cristata</i>
	<i>Nectarinia souimanga</i>	<i>Acridotheres tristis</i>
	<i>Coracopsis nigra</i>	<i>Coua caerulea</i>
	<i>Corythornis vintsioides</i>	<i>Butorides striatus</i>
	<i>Accipiter madagascariensis</i>	<i>Coracopsis nigra</i>
	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	<i>Buteo brachypterus</i>
	<i>Motacilla flaviventris</i>	<i>Nectarinia notata</i>
	<i>Dicrurus forficatus</i>	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
	<i>Acridotheres tristis</i>	<i>Nectarinia souimanga</i>
	<i>Zosterops maderaspatana</i>	<i>Zosterops maderaspatana</i>
12	<i>Centropus toulou</i>	24 <i>Terpsiphone mutata</i>
	<i>Ploceus nelicourvi</i>	<i>Nectarinia souimanga</i>
	<i>Coracopsis vasa</i>	<i>Ploceus nelicourvi</i>
	<i>Motacilla flaviventris</i>	<i>Merops superciliosus</i>
	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	<i>Lonchura nana</i>
	<i>Vanga curvirostris</i>	<i>Numida meleagris</i>
	<i>Canirallus kioloides</i>	<i>Dicrurus forficatus</i>
	<i>Centropus toulou</i>	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
	<i>Falco newtoni</i>	<i>Foudia madagascariensis</i>
	<i>Nectarinia notata</i>	<i>Leptosomus discolor</i>

Annexe 6 : Listes de Mackinnon dans la région de Andriandavibe et Sahandambo

- 1 *Saxicola torquata*
Nectarinia souimanga
Cisticola cherina
Centropus toulou
Hypsipetes madagascariensis
Copsychus albospecularis
Neomixis tenella
Cuculus rochii
Nectarinia notata
Calicalicus madagascariensis
- 2 *Coracopsis nigra*
Zosterops maderaspatana
Terpsiphone mutata
Foudia madagascariensis
Neomixis striatigula
Coracopsis vasa
Driolimnas cuvieri
Copsychus albospecularis
Sarothrura insularis
Saxicola torquata
- 3 *Zosterops maderaspatana*
Canirallus kioloides
Coua reynaudii
Vanga curvirostris
Newtonia brunneicauda
Nesillas typica
Hypsipetes madagascariensis
Dicrurus forficatus
Nectarinia notata
Calicalicus madagascariensis
- 4 *Terpsiphone mutata*
Nectarinia souimanga
Cuculus rochii
Coracopsis vasa
Coua caerulea
Coua reynaudii
Neomixis striatigula
Neomixis tenella
Newtonia brunneicauda
Calicalicus madagascariensis
- 5 *Copsychus albospecularis*
Pseudobias wardi
Newtonia brunneicauda
Neomixis tenella
Zosterops maderaspatana
Calicalicus madagascariensis
Neomixis striatigula
Nectarinia souimanga
Ploceus nelicourvi
Dicrurus forficatus
- 6 *Nectarinia notata*
Zosterops maderaspatana
Newtonia brunneicauda
Terpsiphone mutata
Hypsipetes madagascariensis
Phyllastrephus madagascariensis
Phyllastrephus zosterops
Calicalicus madagascariensis
Pseudobias wardi
Ploceus nelicourvi
- 7 *Foudia omissa*
Newtonia brunneicauda
Cuculus rochii
Neomixis tenella
Nectarinia souimanga
Coua cristata
- 11 *Phedina borbonica*
Coua caerulea
Glareola ocularis
Neomixis striatigula
Lonchura nana
Neomixis tenella
Nectarinia souimanga
Foudia madagascariensis
Merops superciliosus
Hypsipetes madagascariensis
- 12 *Motacilla flaviventris*
Cuculus rochii
Zosterops maderaspatana
Nesillas typica
Nectarinia souimanga
Coua caerulea
Foudia madagascariensis
Hypsipetes madagascariensis
Glareola ocularis
Leptopterus chabert
- 13 *Hypsipetes madagascariensis*
Nectarinia souimanga
Coracopsis nigra
Neomixis tenella
Nesillas typica
Coracopsis vasa
Coua caerulea
Newtonia brunneicauda
Calicalicus madagascariensis
Centropus toulou
- 14 *Coua caerulea*
Hypsipetes madagascariensis
Atelornis pittoides
Nectarinia souimanga
Zosterops maderaspatana
Cuculus rochii
Neomixis striatigula
Terpsiphone mutata
Neomixis viridis
Copsychus albospecularis
- 15 *Foudia omissa*
Nectarinia notata
Hypsipetes madagascariensis
Phyllastrephus madagascariensis
Zosterops maderaspatana
Calicalicus madagascariensis
Cryptosylvicola randrianasoloi
Cuculus rochii
Newtonia brunneicauda
Leptosomus discolor
- 16 *Nectarinia souimanga*
Tylas edwardi
Nesillas typica
Coracopsis nigra
Nectarinia notata
Vanga curvirostris
Coua caerulea
Terpsiphone mutata
Neomixis striatigula
Pseudocossiphus sharpei
- 17 *Hypsipetes madagascariensis*
Dicrurus forficatus
Coracopsis vasa
Leptopterus chabert
Newtonia amphichroa
Coua caerulea

	<i>Nectarinia notata</i>		<i>Terpsiphone mutata</i>
	<i>Buteo brachypterus</i>		<i>Nectarinia souimanga</i>
	<i>Coua caerulea</i>		<i>Neomixis tenella</i>
	<i>Leptosomus discolor</i>		<i>Neodrepanis hypoxantha</i>
8	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	18	<i>Neomixis viridis</i>
	<i>Centropus toulou</i>		<i>Nesillas typica</i>
	<i>Sarothrura insularis</i>		<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>
	<i>Foudia madagascariensis</i>		<i>Terpsiphone mutata</i>
	<i>Neomixis tenella</i>		<i>Coua reynaudii</i>
	<i>Neomixis viridis</i>		<i>Neomixis tenella</i>
	<i>Nectarinia souimanga</i>		<i>Coua caerulea</i>
	<i>Neomixis striatigula</i>		<i>Coracopsis vasa</i>
	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>		<i>Nectarinia souimanga</i>
	<i>Copsychus albospecularis</i>		<i>Centropus toulou</i>
9	<i>Newtonia brunneicauda</i>	19	<i>Neomixis tenella</i>
	<i>Copsychus albospecularis</i>		<i>Newtonia brunneicauda</i>
	<i>Nesillas typica</i>		<i>Leptopterus chabert</i>
	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>		<i>Nectarinia souimanga</i>
	<i>Dicrurus forficatus</i>		<i>Dicrurus forficatus</i>
	<i>Zosterops maderaspatana</i>		<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
	<i>Centropus toulou</i>		<i>Nesillas typica</i>
	<i>Terpsiphone mutata</i>		<i>Cyanolanius madagascarinus</i>
	<i>Nectarinia souimanga</i>		<i>Motacilla flaviventris</i>
	<i>Lonchura nana</i>		<i>Vanga curvirostris</i>
10	<i>Cypsiurus parvus</i>		
	<i>Phedina borbonica</i>		
	<i>Neomixis striatigula</i>		
	<i>Nectarinia souimanga</i>		
	<i>Dicrurus forficatus</i>		
	<i>Zosterops maderaspatana</i>		
	<i>Zoonavena grandidieri</i>		
	<i>Terpsiphone mutata</i>		
	<i>Nesillas typica</i>		
	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>		

Annexe 7 : Listes de Mackinnon dans la région de Fanovana - Ambohimadana

- 1 *Zosterops maderaspatana*
Copsychus albospectularis
Nectarinia souimanga
Dicrurus forficatus
Centropus toulou
Foudia madagascariensis
Cuculus rochii
Lonchura nana
Motacilla flaviventris
Merops superciliosus
- 2 *Hypsipetes madagascariensis*
Corythornis vintsioides
Nesillas typica
Dicrurus forficatus
Neomixis tenella
Canirallus kioloides
Newtonia brunneicauda
Nectarinia souimanga
Zosterops maderaspatana
Acridotheres tristis
- 3 *Nesillas typica*
Copsychus albospectularis
Coracopsis vasa
Nectarinia souimanga
Zosterops maderaspatana
Hypsipetes madagascariensis
Zoonavena grandidieri
Sarothrura insularis
Coua reynaudii
Centropus toulou
- 4 *Foudia madagascariensis*
Margaroperdix madagascariensis
Coracopsis nigra
Copsychus albospectularis
Zosterops maderaspatana
Cisticola cherina
Hypsipetes madagascariensis
Phedina borbonica
Motacilla flaviventris
Cuculus rochii
- 5 *Acridotheres tristis*
Nectarinia notata
Canirallus kioloides
Motacilla flaviventris
Foudia madagascariensis
Saxicola torquata
Zosterops maderaspatana
Neomixis striatigula
Merops superciliosus
Leptopterus chabert
- 6 *Centropus toulou*
Nectarinia notata
Sarothrura insularis
Nesillas typica
Copsychus albospectularis
Canirallus kioloides
Hypsipetes madagascariensis
Zoonavena grandidieri
Nectarinia souimanga
Neomixis tenella
- 7 *Newtonia brunneicauda*
Copsychus albospectularis
Nectarinia souimanga
Sarothrura insularis
Hypsipetes madagascariensis
Foudia madagascariensis
Neomixis tenella
Nesillas typica
Merops superciliosus
Cisticola cherina
- 8 *Merops superciliosus*
Acridotheres tristis
Centropus toulou
Canirallus kioloides
Nectarinia souimanga
Lonchura nana
Zosterops maderaspatana
Sarothrura insularis
Falco newtoni
Foudia madagascariensis
- 9 *Saxicola torquata*
Sarothrura insularis
Centropus toulou
Nesillas typica
Hypsipetes madagascariensis
Cisticola cherina
Foudia madagascariensis
Copsychus albospectularis
Margaroperdix madagascariensis
Dicrurus forficatus
- 10 *Nectarinia souimanga*
Saxicola torquata
Zosterops maderaspatana
Hypsipetes madagascariensis
Sarothrura insularis
Foudia madagascariensis
Centropus toulou
Acridotheres tristis
Cuculus rochii
Copsychus albospectularis
- 11 *Coracopsis vasa*
Foudia madagascariensis
Zosterops maderaspatana
Lonchura nana
Terpsiphone mutata
Motacilla flaviventris
Copsychus albospectularis
Corythornis vintsioides
Hypsipetes madagascariensis
Neomixis tenella
- 12 *Sarothrura insularis*
Centropus toulou
Nesillas typica
Foudia madagascariensis
Hypsipetes madagascariensis
Coracopsis vasa
Saxicola torquata
Acridotheres tristis
Merops superciliosus
Dicrurus forficatus
- 13 *Hypsipetes madagascariensis*
Coracina cinerea
Zosterops maderaspatana
Vanga curvirostris
Newtonia brunneicauda
Neomixis tenella
Dicrurus forficatus
Motacilla flaviventris
Lonchura nana
Polyboroides radiatus

Annexe 8 : Listes de Mackinnon dans la région de Menalamba - Andasibe

- | | |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 <i>Hypsipetes madagascariensis</i>
<i>Foudia madagascariensis</i>
<i>Zosterops maderaspatana</i>
<i>Nectarinia souimanga</i>
<i>Nesillas typica</i>
<i>Cuculus rochii</i>
<i>Copsychus albospecularis</i>
<i>Terpsiphone mutata</i>
<i>Buteo brachypterus</i>
<i>Lonchura nana</i> | 6 <i>Centropus toulou</i>
<i>Terpsiphone mutata</i>
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
<i>Nesillas typica</i>
<i>Cuculus rochii</i>
<i>Nectarinia souimanga</i>
<i>Vanga curvirostris</i>
<i>Copsychus albospecularis</i>
<i>Merops superciliosus</i>
<i>Coua caerulea</i> |
| 2 <i>Sarothrura insularis</i>
<i>Lonchura nana</i>
<i>Nectarinia souimanga</i>
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
<i>Saxicola torquata</i>
<i>Foudia madagascariensis</i>
<i>Nectarinia notata</i>
<i>Motacilla flaviventris</i>
<i>Copsychus albospecularis</i>
<i>Zosterops maderaspatana</i> | 7 <i>Nectarinia notata</i>
<i>Newtonia brunneicauda</i>
<i>Neomixis tenella</i>
<i>Zosterops maderaspatana</i>
<i>Cisticola cherina</i>
<i>Dicrurus forficatus</i>
<i>Calicalicus madagascariensis</i>
<i>Foudia madagascariensis</i>
<i>Acridotheres tristis</i>
<i>Copsychus albospecularis</i> |
| 3 <i>Neomixis tenella</i>
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
<i>Foudia madagascariensis</i>
<i>Nectarinia souimanga</i>
<i>Nesillas typica</i>
<i>Zosterops maderaspatana</i>
<i>Nectarinia notata</i>
<i>Copsychus albospecularis</i>
<i>Dicrurus forficatus</i>
<i>Ploceus nelicourvi</i> | 8 <i>Saxicola torquata</i>
<i>Acridotheres tristis</i>
<i>Cisticola cherina</i>
<i>Nesillas typica</i>
<i>Nectarinia souimanga</i>
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
<i>Calicalicus madagascariensis</i>
<i>Coua reynaudii</i>
<i>Leptopterus chabert</i>
<i>Neomixis tenella</i> |
| 4 <i>Hypsipetes madagascariensis</i>
<i>Acridotheres tristis</i>
<i>Foudia madagascariensis</i>
<i>Zosterops maderaspatana</i>
<i>Lonchura nana</i>
<i>Nectarinia souimanga</i>
<i>Saxicola torquata</i>
<i>Copsychus albospecularis</i>
<i>Newtonia brunneicauda</i>
<i>Terpsiphone mutata</i> | 9 <i>Foudia madagascariensis</i>
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>
<i>Dicrurus forficatus</i>
<i>Coua caerulea</i>
<i>Neomixis tenella</i>
<i>Terpsiphone mutata</i>
<i>Nectarinia souimanga</i>
<i>Acridotheres tristis</i>
<i>Foudia madagascariensis</i>
<i>Cisticola cherina</i> |
| 5 <i>Dicrurus forficatus</i>
<i>Terpsiphone mutata</i>
<i>Zosterops maderaspatana</i>
<i>Buteo brachypterus</i>
<i>Leptopterus chabert</i>
<i>Nesillas typica</i>
<i>Copsychus albospecularis</i>
<i>Cyanolanius madagascarinus</i>
<i>Saxicola torquata</i>
<i>Hypsipetes madagascariensis</i> | |

Annexe 9 : Liste des espèces recensées dans les sites de recherches.

N°	Espèce et/ou Sous-espèce	S1	S2	S3	S4	Distribution	Statut UICN
1	<i>Butorides striatus</i>	O					
2	<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>	O				Endémique	
3	<i>Dendrocygna viduata</i>	O					
4	<i>Milvus migrans</i>	O					
5	<i>Polyboroides radiatus</i>			O		Endémique	
6	<i>Accipiter madagascariensis</i>	O				Endémique	Quasi-menacé
7	<i>Accipiter francesii francesii</i>	O				Endémique	
8	<i>Buteo brachypterus</i>	O	O		O	Endémique	
9	<i>Falco newtoni newtoni</i>	O		O		Endémique	
10	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>			O		Endémique	
11	<i>Canirallus k. kioloides</i>	O	O	O		Endémique	
12	<i>Dryolimnas cuvieri cuvieri</i>		O			Endémique	
13	<i>Sarothrura insularis</i>		O	O	O	Endémique	
14	<i>Glareola ocularis</i>		O				
15	<i>Streptopelia picturata picturata</i>	O				Endémique	
16	<i>Oena capensis aliena</i>	O				Endémique	
17	<i>Treron australis australis</i>	O				Endémique	
18	<i>Coracopsis vasa vasa</i>	O	O	O		Endémique	
19	<i>Coracopsis nigra nigra</i>	O	O	O		Endémique	
20	<i>Coua reynaudii</i>		O	O	O	Endémique	
21	<i>Coua caerulea</i>	O	O		O	Endémique	
22	<i>Coua c. cristata</i>	O	O			Endémique	
23	<i>Centropus toulou toulou</i>	O	O	O	O	Endémique	
24	<i>Cuculus rochii</i>		O	O	O		
25	<i>Zoonavena g. grandidieri</i>	O	O	O		Endémique	
26	<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	O	O			Endémique	
27	<i>Corythornis v. vintsioides</i>	O		O		Endémique	
28	<i>Merops superciliosus</i>	O	O	O	O		
29	<i>Atelornis pittoides</i>		O			Endémique	Quasi-menacé
30	<i>Leptosomus d. discolor</i>	O	O			Endémique	
31	<i>Neodrepanis hypoxantha</i>		O			Endémique	En danger
32	<i>Phedina borbonica madagascariensis</i>	O	O	O		Endémique	
33	<i>Motacilla flaviventris</i>	O	O	O	O	Endémique	
34	<i>Coracina cinerea</i>			O		Endémique	
35	<i>Phyllastrephus madagascariensis</i>		O			Endémique	
36	<i>Phyllastrephus zosterops</i>		O			Endémique	
37	<i>Hypsipetes m. madagascariensis</i>	O	O	O	O	Endémique	
38	<i>Copsychus albospectularis</i>	O	O	O	O	Endémique	
39	<i>Saxicola torquata sibilla</i>		O	O	O	Endémique	
40	<i>Pseudocossiphus s. sharpei</i>		O			Endémique	Quasi-menacé
41	<i>Nesillas t. typica</i>	O	O	O	O	Endémique	
42	<i>Cisticola cherina</i>		O	O	O		
43	<i>Newtonia amphichroa</i>		O			Endémique	
44	<i>Newtonia brunneicauda</i>	O	O	O	O	Endémique	
45	<i>Neomixis tenella</i>	O	O	O	O	Endémique	
46	<i>Neomixis viridis</i>		O			Endémique	
47	<i>Neomixis striatigula</i>		O	O		Endémique	
48	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>		O			Endémique	
49	<i>Pseudobias wardi</i>		O			Endémique	Quasi-menacé
50	<i>Terpsiphone m. mutata</i>	O	O	O	O	Endémique	
51	<i>Nectarinia s. souimanga</i>	O	O	O	O	Endémique	
52	<i>Nectarinia n. notata</i>	O	O	O	O	Endémique	
53	<i>Zosterops m. maderaspatana</i>	O	O	O	O	Endémique	
54	<i>Calicalicus madagascariensis</i>		O		O	Endémique	
55	<i>Vanga curvirostris</i>	O	O	O	O	Endémique	
56	<i>Leptopterus chabert</i>	O	O	O	O	Endémique	
57	<i>Cyanolanius m. madagascarinus</i>		O		O	Endémique	
58	<i>Tylas eduardi</i>		O			Endémique	
59	<i>Dicrurus f. forficatus</i>	O	O	O	O	Endémique	
60	<i>Ploceus nelicourvi</i>	O	O		O	Endémique	
61	<i>Foudia madagascariensis</i>	O	O	O	O	Endémique	

N°	Espèce et/ou Sous-espèce	S1	S2	S3	S4	Distribution	Statut UICN
62	<i>Foudia omissa</i>		O			Endémique	
63	<i>Lonchura nana</i>	O	O	O	O	Endémique	
64	<i>Acridotheres tristis</i>	O		O	O		
65	<i>Corvus albus</i>	O					
66	<i>Hartlaubius auratus</i>	O				Endémique	
67	<i>Numida meleagris</i>	O					

S1 : Région de Sandrakatrana

S2 : Forêt Andriandavibe & Sahandambo

S3 : Région Fanovana Ambohimadana

S4 : Forêt Menalamba Andasibe

O : Présence de l'espèce dans le site

Annexe 10 : Calendrier détaillé des activités réalisées

Nb de jour	Date		Activités
1er	Mar	21-sept	Organisation & achats consommables
2è	Mer	22-sept	Préparatifs / déplacement Tana-Brickaville
3è	Jeu	23-sept	déplacement Brickaville-Anivorano
4è	Ven	24-sept	déplacement Anivo-Sandrakatrana / Inventaire
5è	Sam	25-sept	Inventaire
6è	Dim	26-sept	Inventaire / dépl. Sandrakatrana-Moramanga
7è	Lun	27-sept	déplacement Moramanga-andasibe
8è	Mar	28-sept	déplacement Andasibe-Andriandavibe
9è	Mer	29-sept	Inventaire / déplacement vers Fanovana
10è	Jeu	30-sept	Inventaire
11è	Ven	01-oct	Inventaire
12è	Sam	02-oct	Inventaire / Retour à Andasibe
13è	Dim	03-oct	Inventaire / Retour à Tana
14è	Mer	06-oct	Saisi des données
15è	Jeu	07-oct	Saisi & Analyse
16è	Mer	13-oct	Rapport financier / Traitement des photos
17è	Jeu	14-oct	Rapport technique
18è	Ven	15-oct	Rapport technique
Total	18 jours de travail		

PLANCHE DES PHOTOS

TECHNICAL REPORT
ON
BIRDS
FROM JANUARY 24 TO FEBRUARY 24, 2005
(FRENCH)

Rapport Technique
Etude d'Impact Environnemental en matière d'Ornithologie
du 24 janvier au 24 février 2005 aux sites du Parc privé de Vohimana
(Vohimana, Sahandambo et Sandrambato)
par MM. Rakotonomenjanahary Odon et Raveloson Bruno

1 Objectif

L'inventaire ornithologique des sites du Parc privé de Vohimana entre dans le cadre d'une recherche en matière d'Etude d'Impact Environnemental pour implantation de Pipeline passant dans ces zones précitées, afin d'établir une base de données préliminaires permettant de définir et d'élaborer les futurs travaux en matière de suivi écologique.

2 Itinéraire

Le tableau suivant relate le déroulement de la mission

N°	Date				Activités
1	dim	23	janvier	2005	Dépl. Tana-Moramanga
2	lun	24	janvier	2005	Organisation des porteurs et des assistants
3	mar	25	janvier	2005	Dépl. Moramanga-Vohimana
4	mer	26	janvier	2005	Inventaire à Vohimana
5	jeu	27	janvier	2005	Inventaire à Vohimana
6	ven	28	janvier	2005	Inventaire à Vohimana
7	sam	29	janvier	2005	Inventaire à Vohimana
8	dim	30	janvier	2005	Inventaire à Vohimana
9	lun	31	janvier	2005	Inventaire à Vohimana
10	mar	1	février	2005	Inventaire à Vohimana
11	mer	2	février	2005	Inventaire à Vohimana
12	jeu	3	février	2005	Inventaire à Vohimana
13	ven	4	février	2005	Dépl. Vohimana-Sahandambo
14	sam	5	février	2005	Inventaire à Sahandambo
15	dim	6	février	2005	Inventaire à Sahandambo
16	lun	7	février	2005	Inventaire à Sahandambo
17	mar	8	février	2005	Inventaire à Sahandambo
18	mer	9	février	2005	Inventaire à Sahandambo
19	jeu	10	février	2005	Inventaire à Sahandambo
20	ven	11	février	2005	Inventaire à Sahandambo
21	sam	12	février	2005	Inventaire à Sahandambo
22	dim	13	février	2005	Inventaire à Sahandambo
23	lun	14	février	2005	Dépl. Sahandambo-Sandrambato
24	mar	15	février	2005	Inventaire à Sandrambato
25	mer	16	février	2005	Inventaire à Sandrambato
26	jeu	17	février	2005	Inventaire à Sandrambato
27	ven	18	février	2005	Inventaire à Sandrambato
28	sam	19	février	2005	Inventaire à Sandrambato
29	dim	20	février	2005	Inventaire à Sandrambato
30	lun	21	février	2005	Inventaire à Sandrambato
31	mar	22	février	2005	Inventaire à Sandrambato
32	mer	23	février	2005	Inventaire à Sandrambato
33	jeu	24	février	2005	Dépl. Sahandambo-Moramanga
34	ven	25	février	2005	Dépl. Moramanga-Tana

D'une manière générale, on en déduit que la mission s'est déroulée selon la prévision effectuée.

3 Méthodologies et matériel

Dans le but de satisfaire les bases de données nécessaire pour l'élaboration de la stratégie à appliquer lors du futur programme de suivi écologique en parallèle avec les activités de Dynatec Ltd, les méthodes ci-après ont été adoptée et utilisé pendant la récolte de données sur terrain :

3.1 Comptage direct par la liste de Mackinnon

L'inventaire par la liste de Mackinnon est effectué le long des pistes préexistantes en progressant lentement à une vitesse de 1 à 1,5 km/h. Le nom de chaque espèce nouvellement rencontrée est noté de façon à obtenir une liste de 10 espèces. De 5h30mn jusqu'à 10h environ, la procédure est répétée plusieurs fois afin d'obtenir une série de listes. On calcule ensuite pour chaque espèce recensée, le nombre de listes avec contacts, l'index d'abondance puis son rang au sein de la communauté aviaire.

Sur terrain, l'avantage de cette méthode est telle qu'elle permet de se concentrer sur la recherche de nouvelle espèce et que la récolte de données et leurs analyses sont aussi faciles. Les résultats aboutissent directement à l'obtention des indices d'abondance semi-quantitative de chaque espèce, permettant ainsi de situer sa position sociale au sein de la communauté aviaire en place.

Cette méthode a quand même ses limites du fait qu'elle sous-estime carrément le nombre d'individus pour les espèces qui se trouvent en groupe ainsi que les espèces craintives qui se cachent ou qui s'enfuient aux moindres bruits et alertes.

3.2 Recherche active

Cette méthode permet de pallier les lacunes au niveau de la méthode citée ci-dessus car elle permet de recenser les espèces craintives qui se cachent ou qui s'enfuient aux moindres bruits et alertes. Tenant compte des caractères et comportement de ces espèces, on l'effectue pendant la période de reconnaissance, vers la fin de la matinée après la liste mackinnon (de 10h à 11h30mn environ) et durant l'après-midi de 15h 30mn à 18h.

3.3 Recherche de nids

Elle permet d'avoir des informations sur la reproduction des espèces dont on peut citer entre autres la nidification, le caractéristique des nids, le nombre d'oeufs ou le nombre de jeunes. On l'effectue aussi pendant la période de reconnaissance, ou vers la fin de la matinée après la liste mackinnon (de 10h à 11h30mn environ) et durant l'après-midi de 15h 30mn à 18h.

3.4 L'appel par des cris préenregistrés

Cette méthode est basée sur l'émission de chants enregistrés préalablement afin de détecter la présence de l'espèce ciblée dans la zone étudiée, d'étudier ses réactions, d'enregistrer ses réponses en entendant les chants émis, de faciliter en outre les prises de photos voire les captures.

3.5 Le matériel de travail

Le matériel de travail est composé de paires de jumelles, d'appareil photographique, de GPS, de filets de capture pour les petits oiseaux, de sacs en coton, de règle graduée, de balances pesolas 100g et 200g, de pied à coulisse, de carnet de note, de fiches de relevées et des guides de Langrand (1995), de Morris & Hawkins (1998) et de Sinclair & Langrand (1998).

4 Résultats et discussions

Les coordonnées géographiques des points et transects échantillonnés sont données en Annexe 1 ; les espèces recensées sont données en Annexe 2 ; les tableaux d'analyse des listes de Mackinnon sont donnés en Annexe 3. La planche des photos illustre ces résultats et donne aussi certaines informations sur les activités de la population riveraine dans les sites durant la période de récolte de données.

4.1 Forêt de Vohimana

Quatre-vingt seize de Mackinnon incluant 62 espèces ont été recensées dans cette zone de recherche. Avec les 14 autres espèces recensées pendant les recherches actives et les écoutes nocturnes, le site renferme au total 76 espèces. Parmi ces oiseaux, 51 sont des espèces endémiques de Madagascar, 18 sous-espèces endémiques et 7 espèces à distribution régionale (Cf. Annexe 2).

Le statut de conservation UICN indique 7 espèces Quasi-menacées : *Accipiter henstii*, *Accipiter madagascariensis*, *Aviceda madagascariensis*, *Atelornis pittoides*, *Monticola sharpei*, *Xenopirostris polleni* et *Pseudobias wardi* (Collar & al., 1998).

Parmi les 76 espèces recensées dans cette forêt, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Accipiter henstii*, *Accipiter madagascariensis*, *Accipiter francesii*, *Atelornis pittoides*, *Buteo brachypterus*, *Falco newtoni*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 54 dans 96 listes recueillies, donnant un Index d'abondance relative allant de 0,01 à 0,57 ; d'autre part, les 20 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place (Cf Annexe 3).

On peut en conclure que les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée avec un Nombre de contacts inférieur ou égal à 2 traduisant un Index d'abondance relative inférieur ou égal à 0,07 et un rang supérieur au 51^e sauf pour *Pseudobias wardi* (Contact = 7, Iar = 0,07 et Rang = 36^e).

4.2 Forêt de Sahandambo

Quatre-vingt et une listes de Mackinnon incluant 56 espèces ont été recensées dans cette zone de recherche. Avec les 6 autres espèces recensées pendant les recherches actives et les écoutes nocturnes, le site renferme au total 62 espèces. Parmi ces oiseaux, 48 sont des espèces endémiques de Madagascar, 13 sous-espèces endémiques et 1 espèce à distribution régionale (Cf. Annexe 2).

Le statut de conservation UICN indique 6 espèces Quasi-menacées *Lophotibis cristata*, *Accipiter henstii*, *Dromaeocercus brunneus*, *Xenopirostris polleni*, *Crossleyia xanthophris* et *Pseudobias wardi* (Collar & al., 1998).

Parmi les 62 espèces recensées dans cette forêt, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Polyboroides radiatus*, *Accipiter francesii*, *Accipiter henstii*, *Buteo brachypterus*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 48 dans 81 listes recueillies, donnant un Index d'abondance relative allant de 0,01 à 0,59. D'autre part, les 20 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place (Cf. Annexe 3).

On peut aussi conclure que les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée avec des Nombres de contacts inférieur ou égal à 4 traduisant un Index d'abondance relative inférieur ou égal à 0,05 et Rang supérieur au 42^e.

En ce qui concerne les nids, l'équipe n'a dénombré qu'un nid de *Philepitta castanea* avec 3 jeunes (Photos P2110070 /73/74/75).

4.3 Forêt de Sandrambato

Quatrevingt-trois listes de Mackinnon incluant 62 espèces ont été recensées dans la zone de recherche. Avec les 5 autres espèces recensées pendant les recherches actives et les écoutes nocturnes, le site renferme au total 67 espèces. Parmi ces oiseaux, 49 sont des espèces endémiques de Madagascar, 17 sous-espèces endémiques et 1 espèce à distribution régionale (Cf. Annexe 2).

Le statut de conservation UICN indique 1 espèce Vulnérable *Newtonia fanovana* et 5 autres Quasi-menacées *Accipiter henstii*, *Accipiter madagascariensis*, *Lophotibis cristata*, *Crossleyia xanthophris* et *Pseudobias wardi* (Collar et *al.*, 1998).

Parmi les 67 espèces recensées dans cette forêt, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Acipiter hensti*, *Accipiter francesii*, *Buteo brachypterus*, *Coracopsis vasa*, *Coracopsis nigra*, *Tyto alba*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 52 dans 83 listes recueillies, donnant un Index d'abondance relative allant de 0,01 à 0,63. D'autre part, les 20 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place (Cf. Annexe 3).

On peut en conclure que les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée avec des Nombres de contacts inférieur ou égal à 4 traduisant un Index d'abondance relative inférieur ou égal à 0,05 et un rang supérieur au 33^e sauf pour *Pseudobias wardi* (Contact = , Iar = 0,18 et Rang = 25^e).

5 Conclusion

Dans l'ensemble des 3 sites de recherche, 87 espèces ont été recensées durant cette mission, incluant 58 espèces endémiques de Madagascar, 22 sous-espèces endémiques, 1 espèce visiteur et 6 espèces à large distribution. Parmi ces espèces et selon le statut de Conservation UICN, 2 sont Vulnérable et 10 Quasi-menacé. Et on peut en déduire que si le niveau d'endémicité est élevé (92.0% des espèces recensées), le nombre d'espèces jouissant un statut de conservation UICN par contre est relativement faible (13.6% des espèces recensées).

Au niveau des 4 sites forestiers, la forêt de Vohimana est la plus riche avec 76 espèces et sous espèces recensées, suivi de Sandrambato avec 67 espèces et sous espèces recensées, puis de Sahandambo 62 espèces et sous espèces recensées. Bref, on peut dire que la différence est tout de même significative entre les 3 sites en matière de richesse spécifique.

Quatre espèces recensées dans la région au mois de septembre 2004 ne sont pas recensées en février 2005. Ces espèces sont *Butorides striatus*, *Dendrocygna viduata*, *Milvus migrans* et *Coua cristata cristata*. On peut en déduire alors que l'ensemble de la région englobe 92 espèces recensées jusqu'à maintenant. Les variations nous semblent causer entre autres par les faits suivants :

- la saison de reproduction des espèces : durant cette mission, la plupart des espèces ont déjà terminer leur saison de reproduction de sorte que la recherche de nids s'avère peu fructueuse malgré les efforts effectués par les membres de l'équipe
- les pressions par la chasse qui rendent certaines espèces très furtives et difficile à observer.

Tenant compte de ces informations, il nous semble meilleur de faire un inventaire systématique de certaines portions de forêts, de mener des suivis approfondis pour certaines espèces ayant un statut de conservation UICN.

6 REFERENCES

- Collar, N.J., Crosby, M.J. & Stattersfied, A.(1998). Birds to Watch Two. Cambridge, UK. Birdlife International
- Langrand, O.(1995). Guide des Oiseaux de Madagascar
- Meyers, D. (1997). Environmental assessment Phelps Dodge A & A Project, Madagascar. Golder Associates Inc.
- Moris, P. & Hawkins, A.F.A.(1998). Birds of Madagascar: A Photographic Guide. Yale University Press, New Haven & London
- Sinclair, I. & Langrand, O.(1998). Birds of the Indian Ocean Islands. Struik Publishers Ltd

Annexe 1 : Coordonnées géographiques des Transects d'observation

Vohimana					
Transects	Points		Altitude (m)	Longitude	Latitude
T1	AA	1	949	18°54.894'	48°29.462'
T1	AA	2	979	18°54.906'	48°29.363'
T1	AA	3	929	18°55.017'	48°29.273'
T1	AA	4	876	18°55.183'	48°29.228'
T1	AA	5	882	18°55.281'	48°29.045'
T1	AA	6	1003	18°55.383'	48°29.260'
T2	AA	7	920	18°54.797'	48°29.394'
T2	AA	8	998	18°54.694'	48°29.226'
T2	AA	9	1007	18°54.632'	48°29.265'
T2	AA	10	946	18°54.505'	48°29.099'
T3	AA	11	735	18°55.572'	48°31.153'
T3	AA	12	851	18°54.652'	48°28.483'
T4	AA	13	942	18°54.994'	48°29.595'
T4	AA	14	844	18°55.443'	48°30.418'
T4	AA	15	843	18°55.344'	48°30.477'
T4	AA	16	958	18°54.902'	48°29.675'
T5	AA	17	955	18°54.949'	48°29.423'
T5	AA	18	963	18°55.037'	48°29.518'
T5	AA	19	937	18°55.254'	48°29.777'
T5	AA	20	844	18°55.279'	48°29.709'
T5	AA	21	844	18°55.223'	48°29.462'
T6	AA	22	826	18°55.507'	48°30.457'
T6	AA	23	827	18°55.671'	48°30.373'
T6	AA	24	879	18°55.660'	48°30.203'
T6	AA	25	910	18°55.650'	48°30.104'
T6	AA	26	919	18°55.732'	48°29.963'
T6	AA	27	882	18°55.820'	48°30.443'
T7	AA	28	801	18°55.486'	48°30.429'
T7	AA	29	799	18°55.445'	48°30.241'
T7	AA	30	818	18°55.330'	48°29.970'
T7	AA	31	959	18°55.194'	48°29.836'
T8	AA	32	972	18°54.291'	48°29.562'
T8	AA	33	848	18°54.281'	48°29.438'
T8	AA	34	850	18°54.210'	48°29.236'
T8	AA	35	847	18°54.175'	48°29.135'
T8	AA	36	866	18°54.462'	48°28.883'
T8	AA	37	929	18°54.690'	48°28.650'
Campement			Alt. 920m	S18°54.833'	E48°29.506'

Sahandambo					
Transects	Points		Altitude (m)	Longitude	Latitude
T1	AB	1	867	18°54.160'	48°28.751'
T1	AB	2	844	18°54.199'	48°28.634'
T1	AB	3	854	18°54.079'	48°28.550'
T1	AB	4	921	18°54.135'	48°28.242'
T1	AB	5	972	18°54.325'	48°28.367'
T1	AB	6	920	18°54.533'	48°28.265'
T1	AB	7	913	18°54.474'	48°28.156'
T1	AB	8	926	18°54.022'	48°28.205'
T2	AB	9	848	18°53.940'	48°28.694'
T2	AB	10	863	18°53.756'	48°28.884'
T2	AB	11	848	18°53.625'	48°29.035'
T2	AB	12	885	18°53.624'	48°29.423'
T3	AB	13	872	18°54.107'	48°28.749'
T3	AB	14	889	18°53.973'	48°28.881'
T3	AB	15	857	18°53.959'	48°29.018'
T4	AB	16	842	18°54.196'	48°28.894'
T4	AB	17	843	18°54.025'	48°29.003'
T4	AB	18	812	18°54.052'	48°29.404'
T4	AB	19	823	18°53.757'	48°29.628'
T5	AB	20	867	18°53.975'	48°28.678'
T5	AB	21	893	18°53.497'	48°28.340'
T5	AB	22	954	18°53.747'	48°28.153'
T5	AB	23	931	18°54.037'	48°28.265'
T6	AB	24	856	18°54.210'	48°28.875'
T6	AB	25	855	18°54.314'	48°28.614'
T6	AB	26	863	18°54.434'	48°28.378'
T6	AB	27	882	18°54.164'	48°28.766'
Campement			Alt. 871m	S18°53.970'	E48°28.671'

Sandrambato					
Transects	Points		Altitude (m)	Longitude	Latitude
T1	AC	1	824	18°54.061'	48°29.530'
T1	AC	2	881	18°54.169'	48°29.733'
T1	AC	3	915	18°54.189'	48°29.799'
T1	AC	4	897	18°54.263'	48°29.987'
T1	AC	5	912	18°54.414'	48°30.484'
T2	AC	6	882	18°54.016'	48°29.547'
T2	AC	7	894	18°54.016'	48°29.548'
T2	AC	8	923	18°54.128'	48°29.816'
T2	AC	9	878	18°54.029'	48°29.907'
T2	AC	10	897	18°54.074'	48°30.165'
T2	AC	11	892	18°54.145'	48°30.278'
T3	AC	12	922	18°53.795'	48°29.610'
T3	AC	13	927	18°53.766'	48°29.642'
T3	AC	14	1001	18°53.499'	48°29.716'
T3	AC	15	983	18°53.635'	48°29.878'
T3	AC	16	999	18°53.694'	48°29.966'
T3	AC	17	961	18°53.680'	48°30.026'
T3	AC	18	948	18°53.625'	48°30.122'
T3	AC	19	960	18°53.565'	48°30.191'
T4	AC	20	899	18°53.607'	48°29.385'
T4	AC	21	912	18°53.410'	48°29.352'
T4	AC	22	922	18°53.377'	48°29.358'
T4	AC	23	900	18°53.343'	48°29.543'
T4	AC	24	1011	18°53.360'	48°29.680'
T4	AC	25	977	18°53.454'	48°29.843'
T4	AC	26	954	18°53.427'	48°30.002'
T4	AC	27	960	18°53.457'	48°30.112'
T4	AC	28	856	18°53.546'	48°30.003'
T4	AC	29	972	18°53.547'	48°29.855'
Campement			Alt. 813m	S18°54.078'	E48°29.501'

Annexe 2 : Liste des espèces recensées dans les sites de travail

N°	Espèce	1	2	3	Distribution	Statut UICN
1	<i>Accipiter francesii francesii</i>	o	o	o	Endémique	
2	<i>Accipiter henstii</i>	o	o	o	Endémique	Quasi menacé
3	<i>Accipiter madagascariensis</i>	HL		o	Endémique	Quasi menacé
4	<i>Acridotheres tristis</i>	HL	o			
5	<i>Alcedo vintsioides vintsioides</i>	o	o	o	Endémique	
6	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	o	o	o	Endémique	
7	<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>	o			Endémique	
8	<i>Atelornis pittoides</i>	o			Endémique	Quasi menacé
9	<i>Aviceda madagascariensis</i>	o			Endémique	Quasi menacé
10	<i>Asio madagascariensis</i>	HL	HL	HL	Endémique	
11	<i>Brachypteracias leptosomus</i>			o	Endémique	Vulnérable
12	<i>Buteo brachypterus</i>	o	o	o	Endémique	
13	<i>Calicalicus madagascariensis</i>	o	o	o	Endémique	
14	<i>Canirallus kioloides kioloides</i>			o	Endémique	
15	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	HL	HL	HL	Endémique	
16	<i>Caprimulgus emmaratus</i>		HL		Endémique	
17	<i>Centropus toulou toulou</i>	o	o	o	Endémique	
18	<i>Ceyx madagascariensis</i>	o		o	Endémique	
19	<i>Cisticola cherina</i>	HL		o		
20	<i>Copsychus albospectularis</i>	o	o	o	Endémique	
21	<i>Coracina cinerea</i>	o	o	o	Endémique	
22	<i>Coracopsis nigra nigra</i>	o	o	o	Endémique	
23	<i>Coracopsis vasa vasa</i>	o	o	o	Endémique	
24	<i>Corvus albus</i>	HL				
25	<i>Coua caerulea</i>	o	o	o	Endémique	
26	<i>Coua reynaudii</i>	o	o	o	Endémique	
27	<i>Coua serriana</i>		o	o	Endémique	
28	<i>Crossleyia xanthophrys</i>		o	o	Endémique	Quasi menacé
29	<i>Cuculus rochii</i>	HL	o		Endémique	
30	<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	o		o	Endémique	
31	<i>Cyanolanius madagascarinus madagascarinus</i>	o	o	o	Endémique	
32	<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	o			Endémique	
33	<i>Dicrurus forficatus forficatus</i>	o	o	o	Endémique	
34	<i>Dromaeocercus brunneus</i>		o		Endémique	Quasi menacé
35	<i>Dryolimnas cuvieri cuvieri</i>		o	o	Endémique	
36	<i>Eurystomus glaucurus glaucurus</i>	o	o	o	Endémique	
37	<i>Falco eleonora</i>	o			Visiteur	
38	<i>Falco newtoni newtoni</i>	HL			Endémique	
39	<i>Foudia madagascariensis</i>	o	o	o	Endémique	
40	<i>Foudia omissa</i>	o	o	o	Endémique	
41	<i>Glareola occularis</i>	HL			Endémique	
42	<i>Hartlaubius auratus</i>	o	o		Endémique	
43	<i>Hypositta corallirostris</i>	o	o	o	Endémique	
44	<i>Hypsipetes madagascariensis madagascariensis</i>	o	o	o	Endémique	
45	<i>Leptopterus chabert</i>	o	o	o	Endémique	
46	Artamella viridis	o		o	Endémique	
47	<i>Leptosomus discolor discolor</i>	o	o	o	Endémique	
48	<i>Lonchura nana</i>	o	o	o	Endémique	
49	<i>Lophotibis cristata</i>		o	o	Endémique	Quasi menacé
50	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	o		o	Endémique	
51	<i>Merops superciliosus</i>		o			
52	<i>Monticola sharpei</i>	o			Endémique	Quasi menacé
53	<i>Motacilla flaviventris</i>	o	o	o	Endémique	
54	<i>Mystacornis crossleyi</i>		o	o	Endémique	
55	<i>Nectarinia notata</i>	o	o	o	Endémique	

56	<i>Nectarinia souimanga souimanga</i>	o	o	o	Endémique	
57	<i>Neodrepanis coruscans</i>	o	o	o	Endémique	
58	<i>Neomixis striatigula</i>	o	o	o	Endémique	
59	<i>Neomixis tenella</i>	o	o	o	Endémique	
60	<i>Neomixis viridis</i>	o	o	o	Endémique	
61	<i>Nesillas typica typica</i>	o	o	o	Endémique	
62	<i>Newtonia amphichroa</i>	o	o	o	Endémique	
63	<i>Newtonia brunneicauda</i>	o	o	o	Endémique	
64	<i>Newtonia fanovanae</i>			o	Endémique	Vulnérable
65	<i>Ninox superciliaris</i>	HL	HL	HL	Endémique	
66	<i>Numida meleagris</i>	HL				
67	<i>Otus rutilus rutilus</i>	HL	HL	HL	Endémique	
68	<i>Oxylabes madagascariensis</i>	o	o	o	Endémique	
69	<i>Phedina borbonica madagascariensis</i>	o			Endémique	
70	<i>Philepitta castanea</i>	o	o	o	Endémique	
71	<i>Bernieria madagascariensis</i>	o	o	o	Endémique	
72	<i>Bernieria zosterops</i>	o		o	Endémique	
73	<i>Ploceus nelicourvi</i>	o	o	o	Endémique	
74	<i>Polyboroides radiatus</i>	o	o	o	Endémique	
75	<i>Pseudobias wardi</i>	o	o	o	Endémique	Quasi menacé
76	<i>Sarothrura insularis</i>	o	o	o	Endémique	
77	<i>Saxicola torquata sibilla</i>	o			Endémique	
78	<i>Streptopelia picturata</i>	o	o	o	Endémique	
79	<i>Terpsiphone mutata mutata</i>	o	o	o	Endémique	
80	<i>Treron australis</i>	o			Endémique	
81	<i>Turnix nigricollis</i>	HL			Endémique	
82	<i>Tyto alba</i>	HL	HL	HL		
83	<i>Tylas eduardi</i>	o	o	o	Endémique	
84	<i>Vanga curvirostris</i>	o	o	o	Endémique	
85	<i>Xenopirostris polleni</i>	o	o		Endémique	Quasi menacé
86	<i>Zoonavena grandidieri grandidieri</i>	o		o	Endémique	
87	<i>Zosterops maderaspatana maderaspatana</i>	o	o	o	Endémique	

Vohimana

1 Sahandambo

2 Sandrambato

3 Présence dans le site

o Recensée hors liste Mackinnon

HL

Annexe 3a : Tableau d'analyse des listes Mackinnon de Vohimana

Esèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Iar	Rang
<i>Newtonia brunneicauda</i>	54	95	0.57	1
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	53	95	0.56	2
<i>Zosterops maderaspatana</i>	52	95	0.55	3
<i>Nectarinia souimanga</i>	50	95	0.53	4
<i>Coua caerulea</i>	48	95	0.51	5
<i>Calicalicus madagascariensis</i>	47	95	0.49	6
<i>Terpsiphone mutata</i>	45	95	0.47	7
<i>Dicrurus forficatus</i>	39	95	0.41	8
<i>Coracopsis nigra</i>	37	95	0.39	9
<i>Coracina cinerea</i>	29	95	0.31	10
<i>Nesillas typica</i>	29	95	0.31	10
<i>Coracopsis vasa</i>	26	95	0.27	12
<i>Neomixis striatigula</i>	26	95	0.27	12
<i>Nectarinia notata</i>	25	95	0.26	14
<i>Neomixis tenella</i>	25	95	0.26	14
<i>Copsychus albospecularis</i>	21	95	0.22	16
<i>Coua reynaudii</i>	21	95	0.22	16
<i>Ploceus neliocourvi</i>	19	95	0.20	18
<i>Eurystomus glaucurus</i>	18	95	0.19	19
<i>Foudia madagascariensis</i>	18	95	0.19	19
<i>Centropus toulou</i>	16	95	0.17	21
<i>Leptopterus chabert</i>	15	95	0.16	22
<i>Lonchura nana</i>	14	95	0.15	23
<i>Newtonia amphichroa</i>	14	95	0.15	23
<i>Vanga curvirostris</i>	14	95	0.15	23
<i>Neomixis viridis</i>	13	95	0.14	26
<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	12	95	0.13	27
<i>Leptosomus discolor</i>	12	95	0.13	27
<i>Buteo brachypterus</i>	11	95	0.12	29
<i>Bernieria madagascariensis</i>	11	95	0.12	29
<i>Philepitta castanea</i>	10	95	0.11	31
<i>Sarothrura insularis</i>	9	95	0.09	32
<i>Streptopelia picturata</i>	9	95	0.09	32
<i>Oxylabes madagascariensis</i>	8	95	0.08	34
<i>Tylas eduardi</i>	8	95	0.08	34
<i>Falco eleonora</i>	7	95	0.07	36
<i>Hypositta corallirostris</i>	7	95	0.07	36
<i>Pseudobias wardi</i>	7	95	0.07	36
<i>Accipiter francesii</i>	6	95	0.06	39
<i>Neodrepanis coruscans</i>	6	95	0.06	39
<i>Zoonavena grandidieri</i>	6	95	0.06	39
<i>Motacilla flaviventris</i>	5	95	0.05	42
<i>Phedina borbonica</i>	5	95	0.05	42
<i>Xenopirostris polleni</i>	5	95	0.05	42
<i>Alcedo vintsioides</i>	4	95	0.04	45
<i>Cypsiurus parvus</i>	4	95	0.04	45
<i>Foudia omissa</i>	4	95	0.04	45
<i>Saxicola torquata</i>	4	95	0.04	45
<i>Hartlaubius auratus</i>	3	95	0.03	49
<i>Polyboroides radiatus</i>	3	95	0.03	49
<i>Accipiter henstii</i>	2	95	0.02	51
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	2	95	0.02	51
<i>Atelornis pittoides</i>	2	95	0.02	51
<i>Monticola sharpei</i>	2	95	0.02	51
<i>Ardea purpurea</i>	1	95	0.01	55
<i>Aviceda madagascariensis</i>	1	95	0.01	55
<i>Ceyx madagascariensis</i>	1	95	0.01	55
<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	1	95	0.01	55
<i>Leptopterus viridis</i>	1	95	0.01	55
<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	1	95	0.01	55
<i>Bernieria zosterops</i>	1	95	0.01	55
<i>Treron australis</i>	1	95	0.01	55

Annexe 3b : Tableau d'analyse des listes Mackinnon de Sahandambo

Espèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Iar	Rang
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	48	81	0.59	1
<i>Zosterops maderaspatana</i>	47	81	0.58	2
<i>Newtonia brunneicauda</i>	46	81	0.57	3
<i>Terpsiphone mutata</i>	44	81	0.54	4
<i>Nectarinia souimanga</i>	43	81	0.53	5
<i>Calicalicus madagascariensis</i>	42	81	0.52	6
<i>Coua caerulea</i>	32	81	0.40	7
<i>Dicrurus forficatus</i>	30	81	0.37	8
<i>Nesillas typica</i>	28	81	0.35	9
<i>Neomixis tenella</i>	27	81	0.33	10
<i>Coua reynaudii</i>	27	81	0.33	10
<i>Copsychus albospectularis</i>	25	81	0.31	12
<i>Nectarinia notata</i>	24	81	0.30	13
<i>Coracopsis nigra</i>	24	81	0.30	13
<i>Leptosomus discolor</i>	22	81	0.27	15
<i>Coracopsis vasa</i>	22	81	0.27	15
<i>Coracina cinerea</i>	21	81	0.26	17
<i>Foudia madagascariensis</i>	18	81	0.22	18
<i>Bernieria madagascariensis</i>	17	81	0.21	19
<i>Newtonia amphichroa</i>	15	81	0.19	20
<i>Vanga curvirostris</i>	14	81	0.17	21
<i>Oxylabes madagascariensis</i>	12	81	0.15	22
<i>Leptopterus chabert</i>	12	81	0.15	22
<i>Sarothrura insularis</i>	11	81	0.14	24
<i>Ploceus nelicourvi</i>	11	81	0.14	24
<i>Eurystomus glaucurus</i>	11	81	0.14	24
<i>Tylas eduardi</i>	10	81	0.12	27
<i>Buteo brachypterus</i>	10	81	0.12	27
<i>Polyboroides radiatus</i>	9	81	0.11	29
<i>Philepitta castanea</i>	9	81	0.11	29
<i>Centropus toulou</i>	9	81	0.11	29
<i>Streptopelia picturata</i>	7	81	0.09	32
<i>Neomixis viridis</i>	7	81	0.09	32
<i>Neodrepanis coruscans</i>	7	81	0.09	32
<i>Motacilla flaviventris</i>	7	81	0.09	32
<i>Foudia omissa</i>	7	81	0.09	32
<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	7	81	0.09	32
<i>Lonchura nana</i>	5	81	0.06	38
<i>Hypositta corallirostris</i>	5	81	0.06	38
<i>Alcedo vintsioides</i>	5	81	0.06	38
<i>Accipiter francesii</i>	5	81	0.06	38
<i>Xenopirostris polleni</i>	4	81	0.05	42
<i>Accipiter henstii</i>	4	81	0.05	42
<i>Neomixis striatigula</i>	3	81	0.04	44
<i>Merops superciliosus</i>	3	81	0.04	44
<i>Lophotibis cristata</i>	3	81	0.04	44
<i>Hartlaubius auratus</i>	2	81	0.02	47
<i>Pseudobias wardi</i>	1	81	0.01	48
<i>Mystacornis crossleyi</i>	1	81	0.01	48
<i>Dryolimnas cuvieri</i>	1	81	0.01	48
<i>Dromaeocercus brunneus</i>	1	81	0.01	48
<i>Cuculus rochii</i>	1	81	0.01	48
<i>Crossleyia xanthophris</i>	1	81	0.01	48
<i>Coua serriana</i>	1	81	0.01	48
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	1	81	0.01	48
<i>Acridotheres tristis</i>	1	81	0.01	48

Annexe 3c : Tableau d'analyse des listes Mackinnon de Sandrambato

Espece	Nombre de contacts	Nombre de listes	Iar	Rang
<i>Calicalicus madagascariensis</i>	52	83	0.63	1
<i>Nectarinia souimanga</i>	51	83	0.61	2
<i>Newtonia brunneicauda</i>	49	83	0.59	3
<i>Dicrurus forficatus</i>	44	83	0.53	4
<i>Terpsiphone mutata</i>	43	83	0.52	5
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	41	83	0.49	6
<i>Zosterops maderaspatana</i>	35	83	0.42	7
<i>Coua caerulea</i>	34	83	0.41	8
<i>Coracopsis nigra</i>	26	83	0.31	9
<i>Coracopsis vasa</i>	26	83	0.31	9
<i>Leptosomus discolor</i>	26	83	0.31	9
<i>Coracina cinerea</i>	25	83	0.30	12
<i>Coua reynaudii</i>	23	83	0.28	13
<i>Nectarinia notata</i>	21	83	0.25	14
<i>Neomixis tenella</i>	21	83	0.25	14
<i>Vanga curvirostris</i>	21	83	0.25	14
<i>Nesillas typica</i>	20	83	0.24	17
<i>Newtonia amphichroa</i>	20	83	0.24	17
<i>Oxylabes madagascariensis</i>	20	83	0.24	17
<i>Cyanolanius madagascarinus</i>	18	83	0.22	20
<i>Bernieria madagascariensis</i>	18	83	0.22	20
<i>Tylas eduardi</i>	18	83	0.22	20
<i>Copsychus albospecularis</i>	17	83	0.20	23
<i>Ploceus nelicourvi</i>	17	83	0.20	23
<i>Neomixis viridis</i>	15	83	0.18	25
<i>Pseudobias wardi</i>	15	83	0.18	25
<i>Foudia madagascariensis</i>	14	83	0.17	27
<i>Hypositta corallirostris</i>	11	83	0.13	28
<i>Leptopterus chabert</i>	10	83	0.12	29
<i>Buteo brachypterus</i>	8	83	0.10	30
<i>Centropus toulou</i>	6	83	0.07	31
<i>Mystacornis crossleyi</i>	6	83	0.07	31
<i>Accipiter francesii</i>	4	83	0.05	33
<i>Accipiter henstii</i>	4	83	0.05	33
<i>Foudia omissa</i>	4	83	0.05	33
<i>Bernieria zosterops</i>	4	83	0.05	33
<i>Brachypteracias leptosomus</i>	3	83	0.04	37
<i>Neodrepanis coruscans</i>	3	83	0.04	37
<i>Streptopelia picturata</i>	3	83	0.04	37
<i>Accipiter madagascariensis</i>	2	83	0.02	40
<i>Alcedo vintsioides</i>	2	83	0.02	40
<i>Canirallus kioloides</i>	2	83	0.02	40
<i>Coua serriana</i>	2	83	0.02	40
<i>Dryolimnas cuvieri</i>	2	83	0.02	40
<i>Leptopterus viridis</i>	2	83	0.02	40
<i>Lonchura nana</i>	2	83	0.02	40
<i>Newtonia fanovanae</i>	2	83	0.02	40
<i>Philepitta castanea</i>	2	83	0.02	40
<i>Sarothrura insularis</i>	2	83	0.02	40
<i>Zoonavena grandidieri</i>	2	83	0.02	40
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	1	83	0.01	51
<i>Ceyx madagascariensis</i>	1	83	0.01	51
<i>Cisticola cherina</i>	1	83	0.01	51
<i>Crossleyia xanthophrys</i>	1	83	0.01	51
<i>Cryptosylvicola randrianasoloi</i>	1	83	0.01	51
<i>Eurystomus glaucurus</i>	1	83	0.01	51
<i>Ceyx madagascariensis</i>	1	83	0.01	51
<i>Lophotibis cristata</i>	1	83	0.01	51
<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	1	83	0.01	51
<i>Motacilla flaviventris</i>	1	83	0.01	51
<i>Neomixis striatigula</i>	1	83	0.01	51
<i>Polyboroides radiatus</i>	1	83	0.01	51

Planche des Photos (Cf CD Rom)

Référence	Titre
P1260001	<i>Crabe arboricole</i>
P1260003	<i>Philepitta castanea, mâle</i>
P1260005	<i>Philepitta castanea, mâle</i>
P1260006	<i>Lémurien</i>
P1280007	<i>Pseudobias wardi</i>
P1310009	<i>Indri indri</i>
P1310010	<i>Indri indri</i>
P2010012	<i>Lémurien</i>
P2010014	<i>Lémurien</i>
P2010015	<i>Lémurien</i>
P2010016	<i>Lémurien</i>
P2010017	<i>Lémurien</i>
P2010018	<i>Lémurien</i>
P2010019	<i>Lémurien</i>
P2010025	<i>Monticola sharpei, femelle</i>
P2010026	<i>Monticola sharpei, femelle</i>
P2010027	<i>Monticola sharpei, femelle</i>
P2010028	<i>Lémurien</i>
P2010029	<i>Eurystomus glaucurus</i>
P2010030	<i>Lycodrias betsileanis</i>
P2010031	<i>Mantella pulchra</i>
P2010032	<i>Mantella pulchra</i>
P2010033	<i>Phelsuma flavigularis</i>
P2010034	<i>Typhlops sp</i>
P2010035	<i>Typhlops sp</i>
P2010037	<i>Mantella pulchra</i>
P2010038	<i>Boophis miniatus</i>
P2010039	<i>Boophis miniatus</i>
P2010040	<i>Boophis miniatus</i>
P2010041	<i>Boophis sibilans</i>
P2010043	<i>Boophis sibilans</i>
P2010044	<i>Boophis granulosus</i>
P2010045	<i>Boophis granulosus</i>
P2010046	<i>Calumma furcifer</i>
P2010047	<i>Calumma furcifer</i>
P2010048	<i>Calumma furcifer</i>
P2020049	<i>Calumma furcifer</i>
P2020052	<i>Calumma furcifer</i>
P2020053	<i>Hypositta corallirostris</i>
P2030055	<i>Terpsiphone mutata</i>
P2050056	<i>Grenouille</i>
P2050062	<i>Grenouille</i>
P2110064	<i>Lémurien</i>
P2110065	<i>Lémurien</i>
P2110066	<i>Lophotibis cristata</i>
P2110068	<i>Lophotibis cristata</i>
P2110070	<i>Philepitta castanea, oisillons</i>
P2110073	<i>Philepitta castanea, oisillons</i>
P2110074	<i>Philepitta castanea, oisillons</i>
P2110075	<i>Philepitta castanea, oisillons</i>
P2110076	<i>Philepitta castanea, nid vue de profil</i>
P2110077	<i>Philepitta castanea, nid vue de face</i>
P2110084	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110086	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110090	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110092	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110096	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110097	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110099	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110100	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110101	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2110103	<i>Philepitta castanea, femelle</i>
P2120104	<i>Mystacornis crossleyi</i>
P2120106	<i>Mystacornis crossleyi</i>
P2120107	<i>Mystacornis crossleyi</i>
P2130108	<i>Motacilla flaviventris</i>
P2130109	<i>Motacilla flaviventris</i>

Référence	Titre
P2130112	<i>Motacilla flaviventris</i>
P2130113	<i>Indri indri</i>
P2130114	<i>Indri indri</i>
P2130116	<i>Sanzinia madagascariensis</i>
P2130117	<i>Sanzinia madagascariensis</i>
P2140119	<i>Boophis luteus</i>
P2140120	<i>Boophis thephaeomystax</i>
P2140121	<i>Accipiter madagascariensis</i>
P2160122	<i>Newtonia sp</i>
P2160123	<i>Newtonia sp</i>
P2160124	<i>Tylas eduardi</i>
P2160125	<i>Ploceus nelicourvi, femelle</i>
P2160126	<i>Ploceus nelicourvi, femelle</i>
P2160127	<i>Tylas eduardi</i>
P2160128	<i>Tylas eduardi</i>
P2170132	<i>Mystacornis crossleyi</i>
P2170133	<i>Mystacornis crossleyi</i>
P2180134	<i>Pseudobias wardi</i>
P2190138	<i>Leptosomus discolor, mâle</i>
P2190139	<i>Leptosomus discolor, mâle</i>
P2190140	<i>Leptosomus discolor, femelle</i>
P2190142	<i>Leptosomus discolor, femelle</i>
P2190147	<i>Copsychus albospecularis</i>
P2190149	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
P2190150	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
P2190151	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
P2190152	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
P2190153	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
P2190156	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
P2190157	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
P2190158	<i>Brachypteracias leptosomus</i>
P2190160	<i>Lycodrias betsileanis</i>
P2190164	<i>Lycodrias betsileanis</i>
P2190166	<i>Lycodrias betsileanis</i>
P2190167	<i>Liopholidophis sp</i>
P2190168	<i>Liopholidophis sp</i>
P2190169	<i>Liopholidophis sp</i>
P2190170	<i>Boophis sp</i>
P2190171	<i>Boophis sp</i>
P2190172	<i>Boophis sp, vue ventrale</i>
P2190174	<i>Mantidactylus sp</i>
P2190176	<i>Mantidactylus sp</i>
P2190177	<i>Mantidactylus sp, vue ventrale</i>
P2220178	<i>Terpsiphone mutata</i>
P2220179	<i>Coracina cinerea</i>
P2220180	<i>Coracina cinerea</i>
P2220181	<i>Tylas eduardi, juvénile</i>
P2220182	<i>Tylas eduardi, juvénile</i>
P2220183	<i>Tylas eduardi, adulte</i>
P2220184	<i>Mantidactylus tornieri</i>
P2220185	<i>Mantidactylus tornieri</i>
P2220187	<i>Mantidactylus tornieri</i>
P2220188	<i>Platypelis grandis</i>
P2220189	<i>Platypelis grandis</i>
P2220190	<i>Plethodontohyla sp</i>
P2220193	<i>Plethodontohyla sp</i>
P2220198	<i>Platypelis Cf. milloti</i>
P2220199	<i>Platypelis Cf. milloti</i>
P2220200	<i>Platypelis Cf. milloti</i>
P2220201	<i>Boophis sp</i>
P2220202	<i>Boophis sp</i>
P2220203	<i>Boophis sp</i>
P2220205	<i>Boophis sp</i>
P2220206	<i>Mantidactylus sp</i>
P2220207	<i>Mantidactylus sp</i>
P2220208	<i>Mantidactylus sp</i>
P2220211	<i>Mantidactylus sp, vue dorsale</i>
P2230212	<i>Train</i>
P2230213	<i>Boophis albilabris</i>

Référence	Titre
P2230214	<i>Boophis albilabris</i>
P2220215	<i>Boophis albilabris</i>
P2230216	<i>Plethodontohyla alluaudi</i>
P2230218	<i>Plethodontohyla alluaudi</i>
P2230219	<i>Plethodontohyla alluaudi</i>
P2240220	<i>Falco newtoni</i>
P2240221	<i>Falco newtoni</i>

ATTACHMENT 2-3

TOAMASINA LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Bird Species Observed at the Plant and Tailings Facility Sites in the Toamasina Local Study Area

Species	Distribution	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category	Area
<i>Accipiter francesii</i>	national	forest		Appendix II	tailings only
<i>Acridotheres tristis</i>	exotic	open			both
<i>Agapornis cana</i>	national	forest		Appendix II	tailings only
<i>Alcedo vintsioides</i>	national	wetland			both
<i>Alectroenas madagascariensis</i>	national	forest			tailings only
<i>Anas erythrorhyncha</i>	no	wetland			plant only
<i>Ardeola ralloides</i>	no	wetland			tailings only
<i>Arenaria interpres</i>	no	marine			tailings only
<i>Buteo brachypterus</i>	national	forest			tailings only
<i>Butorides striatus</i>	no	wetland			both
<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	national	forest			both
<i>Centropus toulou</i>	national	forest/open			both
<i>Charadrius hiaticula</i>	no	wetland/marine			tailings only
<i>Charadrius leschenaultii</i>	no	wetland/marine			tailings only
<i>Charadrius marginatus</i>	no	wetland/marine			tailings only
<i>Charadrius mongolus</i>	no	marine			tailings only
<i>Cisticola cherina</i>	national	open			both
<i>Copsychus albospectus</i>	national	forest			tailings only
<i>Corvus albus</i>	no	open			both
<i>Coua caerulea</i>	national	forest			tailings only
<i>Coua cristata</i>	national	forest			tailings only
<i>Coua reynaudii</i>	national	forest			tailings only
<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	no	open			both
<i>Dendrocygna viduata</i>	no	wetland			tailings only
<i>Dicrurus forficatus</i>	national	forest			both
<i>Dryolimnas cuvieri</i>	national	forest/open			both
<i>Falco newtoni newtoni</i>	national	open		Appendix II	both
<i>Foudia madagascariensis</i>	national	forest			both
<i>Gallinula chloropus</i>	no	wetland			plant only
<i>Hartlaubius auratus</i>	national	forest			plant only
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	national	forest			both
<i>Leptopterus chabert</i>	national	forest			both
<i>Lonchura nana</i>	national	forest/open			both
<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	national	open			both
<i>Merops apiaster</i>	no	open			tailings only
<i>Merops superciliosus</i>	no	forest/open			both
<i>Mirafr hova</i>	national	open			plant only
<i>Motacilla flaviventris</i>	national	open/wetland			tailings only

Table 1 Bird Species Observed at the Plant and Tailings Facility Sites in the Toamasina Local Study Area (continued)

Species	Distribution	Habitat Association	IUCN Status	CITES Category	Area
<i>Nectarinia notata</i>	national	forest			both
<i>Nectarinia souimanga</i>	national	forest			both
<i>Nesillas typica</i>	national	forest			both
<i>Newtonia brunneicauda</i>	national	forest			tailings only
<i>Numenius phaeopus</i>	no	marine			tailings only
<i>Numida meleagris</i>	no	forest/open			tailings only
<i>Nycticorax nycticorax</i>	no	wetland			plant only
<i>Oena capensis</i>	no	forest/open			plant only
<i>Otus rutilus</i>	national	forest		Appendix II	tailings only
<i>Ploceus nelicourvi</i>	national	forest			tailings only
<i>Rallus madagascariensis</i>	national	wetland	vulnerable		both
<i>Sarothrura insularis</i>	national	forest			both
<i>Saxicola torquata</i>	no	open			both
<i>Scopus umbretta</i>	no	open			plant only
<i>Streptopelia picturata</i>	national	forest			both
<i>Tachybaptus pelzenii</i>	national	wetland	vulnerable		both
<i>Treron australis</i>	national	forest			tailings only
<i>Turnix nigricollis</i>	national	forest			both
<i>Tyto alba</i>	no	open		Appendix II	tailings only
<i>Vanga curvirostris</i>	national	forest			tailings only
<i>Zosterops maderaspatana</i>	national	forest/open			both

TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT
ON
BIRDS
FROM APRIL 3 TO 10, 2004
(FRENCH)

Rapport Technique
Etude d'Impact Environnemental en matière d'Ornithologie
du 3 au 10 avril 2004 à Tanandava Toamasina
par MM. Rakotonomenjanahary Odon, Lily Arison et Raveloson Bruno

1 Objectif

L'inventaire ornithologique de la forêt et marais de Tanandava et de la plage au sud de Toamasina entre dans le cadre d'une recherche en matière d'Etude d'Impact Environnemental en vue de l'implantation d'une usine d'extraction de nickel et de cobalt sur la faune de ces zones précitées.

2 Itinéraire

3 avril 2004 : Départ à Tana vers 9h30, arrivé à Toamasina vers 16h30

4 avril 2004 : Reconnaissance & Visites de courtoisie

5 avril 2004 : Inventaire ornithologique des forêts à partir de l'ancienne carrière à l'ouest de Tanandava (Direction ouest-est)

6 avril 2004 : Inventaire ornithologique des forêts à partir de Soanierana (Direction nord-sud) – Ecoute nocturne entre Carrière et Sahafilo

7 avril 2004 : Inventaire ornithologique des forêts à partir de Sahafilo à l'ouest de Tanandava (Direction ouest-est) – Réunion à Tanandava l'après-midi

8 avril 2004 : Inventaire ornithologique le long de la plage au sud de Toamasina – Reconnaissance des marais aux environs de Tanandava – Ecoute nocturne entre Sahafilo et l'axe de la RN2

9 avril 2004 : Inventaire ornithologique des marais de Tanandava – Mis à propos des données recueillies

10 avril 2004 : Retour à Tana.

3 Le milieu d'étude

En prenant une direction d'ouest à l'est à partir de l'ancienne carrière, la zone de recherche est largement composée d'une forêt secondaire du type Savoka à *Ravenala madagascariensis* avec des marais et marécages dans les bas fonds, suivie d'une bande de forêt artificielle, puis de lagune et plage du bord de la mer.

La destruction systématique de la forêt naturelle par les tavy est telle que la flore est composée surtout de rejets d'espèces forestières avec de nombreuses espèces herbacées et qu'il n'existe presque plus de grands arbres sauf aux environs des zones d'habitation, à part les Ravinala. Les éléments floristique les plus fréquents sont *Aframomum angustifolium*, *Albizia* spp, *Croton* spp, *Desmodium* sp, *Dombeya* spp, *Dracaena reflexa*, *Eugenia* spp, *Harunga madagascariensis*, *Hypparhenia rufa*, *Imperata cylindrica*, *Lantana camara*, *Meulaleuca leucodendron*, *Nuxia capitata*, *Trema orientalis*, *Panicum maximum*, *Psiadia altissima*, *Psidium cattleianum*, *Psidium guayava*, *Pteridium aquilinum*, *Ravenala madagascariensis*, *Rubus mollucanus*, *Sida rhombifolia*, *Smilax kraussiana*, et *Solanum auriculatum* (Koechlin & *al.*, 1974).

La végétation des marais et lagunes est surtout composée de *Cyperus* spp, *Meulaleuca leucodendron*, *Pandanus* spp, *Phragmites communis*, *Typha angustifolia*, *Typhonodorum lindleyanum* et des palmiers.

L'ancienne plantation d'*Eucalyptus robusta* sur les bordures de la Route nationale n°2 se naturalise, s'adapte et se propage de façon naturelle pour envahir progressivement le milieu dans les parties Est de la région étudiée. Il en est de même pour l'embroussaillage de *Grevillea banksii* qui s'adapte encore mieux et qu'on trouve actuellement presque partout dans la région étudiée.

4 Méthodologie

La récolte de données est faite selon le comptage direct par la liste de Mackinnon. L'inventaire est effectué le long des pistes préexistantes en progressant lentement à une vitesse de 1 à 1,5 km/h. Le nom de chaque espèce nouvellement rencontrée est noté de façon à obtenir une liste de 10 espèces. La procédure est répétée plusieurs fois afin d'obtenir une série de listes. On peut en déduire ensuite pour chaque espèce recensée, le nombre de listes avec contacts, l'index d'abondance puis son rang au sein de la communauté aviaire.

Sur terrain, l'avantage de cette méthode est telle qu'elle permet de se concentrer sur la recherche de nouvelle espèce et que la récolte de données et leurs analyses sont aussi faciles. Les résultats aboutissent directement à l'obtention des indices d'abondance semi-

quantitative de chaque espèce, permettant ainsi de situer sa position sociale au sein de la communauté aviaire en place.

Cette méthode a quand même ses limites du fait qu'elle sous-estime carrément le nombre d'individus pour les espèces qui se trouvent en groupe ainsi que les espèces craintives qui se cachent ou s'enfuient aux moindres bruits et alertes.

Pour pallier à ces lacunes, des recherches actives complémentaires et des écoutes nocturnes ont été effectuées en plus de la récolte de données par la liste de Mackinnon.

Le matériel de travail est composé de paires de jumelles, d'appareil photographique, de GPS pour marquer les points particuliers intéressants, des guides de Langrand (1995), de Morris & Hawkins (1998) et de Sinclair & Langrand (1998).

5 Résultats et discussions

Les espèces recensées, les tableaux d'analyse des listes de Mackinnon, les listes de Mackinnon ainsi que la liste des oiseaux d'eau recensés aux niveaux des marais et du bord de la mer sont tous donnés en annexes.

5.1 Forêt de Tanandava

La zone étudiée est délimitée à l'ouest par l'ancienne carrière, au nord par le village de Soanierana, à l'est par la RN2 et au sud par la route reliant l'ancienne carrière à la RN2.

Quarante-six listes de Mackinnon incluant 40 espèces ont été recensées dans cette zone de recherche. Avec les 5 autres espèces recensées hors-listes de Mackinnon, le site renferme au total 45 espèces. Parmi ces oiseaux, 18 sont des espèces endémiques de Madagascar, 18 sous-espèces endémiques et 1 espèce visiteur (*Merops apiaster*) dont la présence à Madagascar est signalée pour la première fois en novembre 1995 à Ifaty au nord de Tuléar (Morris et Hawkins, 1998). Au total, une dizaine d'individus de cette espèce est observée au niveau des eucalyptus bordant la RN2 en compagnie des *Merops superciliosus*.

Le statut de conservation UICN n'indique qu'une espèce vulnérable à savoir *Tachybaptus pelzelinii* (Collar & al., 1998).

Parmi ces 45 espèces, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Buteo brachypterus*, *Falco newtoni*, *Tyto alba*, *Otus rutilus* et *Asio madagascariensis*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 40 sur 46 listes recueillies, donnant un Index d'abondance allant de 0,02 à 0,87.

D'autre part, les espèces typiquement forestières n'occupent que des rangs assez faibles au niveau de l'ensemble (*Vanga curvirostris* 13^e, *Coua reynaudii* et *Ploceus nelicourvi* 24^e, *Coua caerulea* 28^e et *Alectroenas madagascariensis* 37^e), indiquant la dominance des espèces à large répartition en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place.

On constate également la rareté des espèces ayant un statut de conservation UICN dans la région étudiée : *Tachybaptus pelzelinii* (Collar & al., 1998), avec un Nombre de contacts égal à 4, un Index d'abondance égal à 0,09 et dont le Rang est de 20^e).

5.2 Marais de Tanandava

La zone étudiée est composée des marais inclus dans la zone citée dans le paragraphe 51 ainsi que les marais à l'est de la RN2.

Neuf espèces ont été recensées dans la zone de recherche. Parmi ces oiseaux, 2 espèces sont endémiques de Madagascar (*Tachybaptus pelzelinii* et *Rallus madagascariensis*) et 2 autres sous-espèces endémiques (*Ardea purpurea madagascariensis* et *Dryolimnas c. cuvieri*).

Le statut de conservation UICN indique 1 espèce vulnérable à savoir *Tachybaptus pelzelinii* (Collar & al., 1998).

5.3 Plage au sud de Toamasina

La zone étudiée est délimitée au nord par le point S18°10.479' et E049°23.952, et au sud par le point S18°12.010' et E049°22.829.

Sept espèces ont été recensées dans la zone de recherche. Parmi ces oiseaux, 1 sous-espèce est endémique de Madagascar (*Numenius p. phaeopus*) et 3 autres espèces visiteurs (*Arenaria interpres*, *Calidris ferruginea* et *Charadrius hiaticula*).

6 Conclusion

Malgré l'état de dégradation presque avancé des habitats en place à cause des anciennes exploitations minières, des coupes illicites, des tavy et de la transformation progressive des marais en zones de cultures, on peut encore dire que la région a tout de même pu garder ses richesses spécifiques en matière d'oiseaux de basse altitude. En effet, 57 espèces ont été recensées dans l'ensemble des sites de recherche, incluant 19 espèces endémiques de Madagascar, 20 sous-espèces endémiques et 4 visiteurs.

Mais si le niveau d'endémicité est assez élevé (68,4% des espèces recensées), les nombres d'espèces jouissant un statut de conservation UICN par contre sont relativement très bas (1,7% des espèces recensées).

7 Références

- Collar, N.J., Crosby, M.J. & Stattersfied, A. (1998). Birds to Watch Two. Cambridge, UK.
Birdlife International
- Koechlin, J., Guillaumet, J.L. & Morat, P. (1974). Flore et végétation de Madagascar. Eds J.
Cramer
- Langrand, O.(1995). Guide des Oiseaux de Madagascar
- Moris, P. & Hawkins, A.F.A.(1998). Birds of Madagascar: A Photographic Guide. Yale
University Press, New Haven & London
- Sinclair, I. & Langrand, O.(1998).Birds of the Indian Ocean Islands. Struik Publishers Ltd

Annexe 1 : Liste des espèces recensées dans la région étudiée (avril 2004).

N°	Espèce et/ou Sous-espèce	Distribution	Statut UICN
1	<i>Accipiter f. francesii</i>	Endémique	
2	<i>Acridotheres tristis</i>		
3	<i>Agapornis c. cana</i>	Endémique	
4	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	Endémique	
5	<i>Anas erythrorhyncha</i>		
6	<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>	Endémique	
7	<i>Arenaria interpres</i>	Visiteur	
8	<i>Asio madagascariensis</i>	Endémique	
9	<i>Buteo brachypterus</i>	Endémique	
10	<i>Butorides striatus</i>		
11	<i>Calidris ferruginea</i>	Visiteur	
12	<i>Caprimulgus m. madagascariensis</i>	Endémique	
13	<i>Centropus t. toulou</i>	Endémique	
14	<i>Charadrius hiaticula</i>	Visiteur	
15	<i>Charadrius leschenaulti</i>		
16	<i>Charadrius marginatus</i>		
17	<i>Charadrius mongolus</i>		
18	<i>Cisticola cherina</i>		
19	<i>Copsychus albospectularis</i>	Endémique	
20	<i>Corvus albus</i>		
21	<i>Corythornis v. vintsioides</i>	Endémique	
22	<i>Coua caerulea</i>	Endémique	
23	<i>Coua reynaudii</i>	Endémique	
24	<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	Endémique	
25	<i>Dendrocygna viduata</i>		
26	<i>Dicrurus f. forficatus</i>	Endémique	
27	<i>Dryolimnas c. cuvieri</i>	Endémique	
28	<i>Falco n. newtoni</i>	Endémique	
29	<i>Foudia madagascariensis</i>	Endémique	
30	<i>Gallinago macrodactyla</i>		
31	<i>Gallinula chloropus</i>		
32	<i>Hypsipetes m. madagascariensis</i>	Endémique	
33	<i>Leptopterus chabert</i>	Endémique	
34	<i>Lonchura nana</i>	Endémique	
35	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	Endémique	
36	<i>Merops apiaster</i>	Visiteur	
37	<i>Merops superciliosus</i>		
38	<i>Motacilla flaviventris</i>	Endémique	
39	<i>Nectarinia n. notata</i>	Endémique	
40	<i>Nectarinia s. souimanga</i>	Endémique	
41	<i>Nesillas t. typica</i>	Endémique	
42	<i>Newtonia brunneicauda</i>	Endémique	
43	<i>Numenius p. phaeopus</i>	Endémique	
44	<i>Numida meleagris</i>		
45	<i>Otus r. rutilus</i>	Endémique	
46	<i>Ploceus nelicourvi</i>	Endémique	
47	<i>Rallus madagascariensis</i>	Endémique	
48	<i>Sarothrura insularis</i>	Endémique	
49	<i>Saxicola torquata sibilla</i>	Endémique	
50	<i>Streptopelia p. picturata</i>	Endémique	
51	<i>Tachybaptus pelzelni</i>	Endémique	Vulnérable
52	<i>Treron a. australis</i>	Endémique	
53	<i>Turnix nigricollis</i>	Endémique	
54	<i>Tyto alba</i>		
55	<i>Vanga curvirostris</i>	Endémique	
56	<i>Zoonavena g. grandidieri</i>	Endémique	
57	<i>Zosterops m. maderaspatana</i>	Endémique	

Annexe 2 : Liste des espèces recensées dans les marais de Tanandava.

N°	Espèce et/ou Sous-espèce	Effectif	Distribution	Statut UICN
1	<i>Anas erythrorhyncha</i>	30		
2	<i>Ardea purpurea madagascariensis</i>	2	Endémique	
3	<i>Butorides striatus</i>	1		
4	<i>Dendrocygna viduata</i>	14		
5	<i>Dryolimnas c. cuvieri</i>	2	Endémique	
6	<i>Gallinula chloropus</i>	1		
7	<i>Rallus madagascariensis</i>	1	Endémique	
8	<i>Sarothrura insularis</i>	1		
9	<i>Tachybaptus pelzelinii</i>	1	Endémique	Vulnérable

Annexe 3 : Liste des limicoles recensés au niveau de la plage au sud de Toamasina.

N°	Espèce et/ou Sous-espèce	Effectif	Distribution	Statut UICN
1	<i>Arenaria interpres</i>	2	Visiteur	
2	<i>Calidris ferruginea</i>	7	Visiteur	
3	<i>Charadrius hiaticula</i>	1	Visiteur	
4	<i>Charadrius leschenaulti</i>	3		
5	<i>Charadrius marginatus</i>	21		
6	<i>Charadrius mongolus</i>	2		
7	<i>Numenius p. phaeopus</i>	6	Endémique	

Annexe 4 : Analyses des listes Mackinnon obtenues dans les forêts de Tanandava.

N°	Espèce et/ou sous-espèce	Nombre de contacts	Nombre de listes	Index d'abondance	Rang
1	<i>Nectarinia notata</i>	40	46	0.87	1
2	<i>Foudia madagascariensis</i>	39	46	0.85	2
3	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	39	46	0.85	2
4	<i>Nectarinia souimanga</i>	39	46	0.85	2
5	<i>Merops superciliosus</i>	37	46	0.80	5
6	<i>Acridotheres tristis</i>	30	46	0.65	6
7	<i>Nesillas typica</i>	28	46	0.61	7
8	<i>Dicrurus forficatus</i>	27	46	0.59	8
9	<i>Centropus toulou</i>	24	46	0.52	9
10	<i>Sarothrura insularis</i>	20	46	0.43	10
11	<i>Cisticola cherina</i>	16	46	0.35	11
12	<i>Lonchura nana</i>	14	46	0.30	12
13	<i>Copsychus albospectus</i>	10	46	0.22	13
14	<i>Vanga curvirostris</i>	10	46	0.22	13
15	<i>Leptopterus chabert</i>	9	46	0.20	15
16	<i>Agapornis cana</i>	8	46	0.17	16
17	<i>Falco newtoni</i>	7	46	0.15	17
18	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	7	46	0.15	17
19	<i>Zosterops maderaspatana</i>	6	46	0.13	19
20	<i>Buteo brachypterus</i>	4	46	0.09	20
21	<i>Cypsiurus parvus</i>	4	46	0.09	20
22	<i>Tachybaptus pelzelni</i>	4	46	0.09	20
23	<i>Treron australis</i>	4	46	0.09	20
24	<i>Coua reynaudii</i>	3	46	0.07	24
25	<i>Dendrocygna viduata</i>	3	46	0.07	24
26	<i>Newtonia brunneicauda</i>	3	46	0.07	24
27	<i>Ploceus nelicourvi</i>	3	46	0.07	24
28	<i>Accipiter francesii</i>	2	46	0.04	28
29	<i>Corvus albus</i>	2	46	0.04	28
30	<i>Corythornis vintsioides</i>	2	46	0.04	28
31	<i>Coua caerulea</i>	2	46	0.04	28
32	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	2	46	0.04	28
33	<i>Gallinago macrodactyla</i>	2	46	0.04	28
34	<i>Saxicola torquata</i>	2	46	0.04	28
35	<i>Streptopelia picturata</i>	2	46	0.04	28
36	<i>Turnix nigricollis</i>	2	46	0.04	28
37	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	1	46	0.02	37
38	<i>Motacilla flaviventris</i>	1	46	0.02	37
39	<i>Numida meleagris</i>	1	46	0.02	37
40	<i>Zonavena grandidieri</i>	1	46	0.02	37
Hors listes Mackinnon :					
1	<i>Merops apiaster</i>				
2	<i>Asio madagascariensis</i>				
3	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>				
4	<i>Otus rutilus</i>				
5	<i>Tyto alba</i>				

Annexe 5 : Lexique des noms vernaculaires

N°	Nom scientifique	Nom vernaculaire Anglais	Nom vernaculaire malgache
1	<i>Accipiter francesii</i>	France's Sparrowhawk	Fandraokibo
2	<i>Acridotheres tristis</i>	Common Myna	Marotaina
3	<i>Agapornis cana</i>	Gray-headed Lovebird	Sarivaza, Karaoka
4	<i>Alectroenas madagascariensis</i>	Malagasy Blue Pigeon	Finengomanga
5	<i>Anas erythrorhyncha</i>	Red-billed Teal	Sadakely, Menamolotra
6	<i>Ardea purpurea</i>	Purple Heron	Langorofalafa
7	<i>Arenaria interpres</i>	Ruddy Turnstone	
8	<i>Asio madagascariensis</i>	Madagascar Long-eared Owl	Hanka
9	<i>Buteo brachypterus</i>	Madagascar Buzzard	Hindry, Beririnina
10	<i>Butorides striatus</i>	Green-backed Heron	Tambakoratsy
11	<i>Calidris ferruginea</i>	Curlew Sandpiper	
12	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	Madagascar Nightjar	Tataro, Matoriandro
13	<i>Centropus toulou</i>	Madagascar Coucal	Toloho
14	<i>Charadrius hiaticula</i>	Common Ringed Plover	
15	<i>Charadrius leschenaulti</i>	Greater Sand Plover	
16	<i>Charadrius marginatus</i>	White-fronted Plover	Vikiviky, Fandiafasika
17	<i>Charadrius mongolus</i>	Mongolian Plover	
18	<i>Cisticola cherina</i>	Madagascar Cisticola	Tsintsina
19	<i>Copsychus albospectularis</i>	Madagascar Magpie-robin	Todiana, Fitatrala, Fitatra
20	<i>Corvus albus</i>	Pied Crow	Goaika, Gaga
21	<i>Corythornis vintsioides</i>	Malagasy Kingfisher	Vintsy
22	<i>Coua caerulea</i>	Blue Coua	Taitso
23	<i>Coua reynaudii</i>	Red-fronted Coua	Fandikalalana
24	<i>Cypsiurus parvus</i>	African Palm Swift	Fangalamoty, Tsidididina
25	<i>Dendrocygna viduata</i>	White-faced Whistling Duck	Tsiriry, Vivy
26	<i>Dicrurus forficatus</i>	Crested Drongo	Railovy, Drongo
27	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	White-throated Rail	Agoly, Tsikoza
28	<i>Falco newtoni</i>	Madagascar Kestrel	Hitsikitsika
29	<i>Foudia madagascariensis</i>	Red Fody	Fody
30	<i>Gallinago macrodactyla</i>	Madagascar Snipe	Ravarava
31	<i>Gallinula chloropus</i>	Common Moorhen	Akohondrano
32	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	Madagascar Bulbul	Tsikorovana
33	<i>Leptopterus chabert</i>	Chabert's Vanga	Sarigaga, Vorontsasatra
34	<i>Lonchura nana</i>	Madagascar Mannikin	Tsikirity, Tsiporitika
35	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	Madagascar Partridge	Traotrao, Tsipoy
36	<i>Merops apiaster</i>	European Bee-eater	
37	<i>Merops superciliosus</i>	Madagascar Bee-eater	Tsikiriokirioka
38	<i>Motacilla flaviventris</i>	Madagascar Wagtail	Triotrio
39	<i>Nectarinia notata</i>	Long-billed Green Sunbird	Soy, Soimangavola
40	<i>Nectarinia souimanga</i>	Souimanga Sunbird	Soy, Sianga
41	<i>Nesillas typica</i>	Madagascar Brush-Warbler	Poretaka
42	<i>Newtonia brunneicauda</i>	Common Newtonia	Katekateka, Tretretra
43	<i>Numenius phaeopus</i>	Whimbrel	Koikoika
44	<i>Numida meleagris</i>	Helmeted Guineafowl	Akanga
45	<i>Otus rutilus</i>	Malagasy Scops-Owl	Torotoroka
46	<i>Ploceus neliocourvi</i>	Neliocourvi Weaver	Fodisaina
47	<i>Rallus madagascariensis</i>	Madagascar Rail	Kiky, Tsikea
48	<i>Sarothrura insularis</i>	Madagascar Flufftail	Biribiry, Pangalatrovy
49	<i>Saxicola torquata</i>	Stonechat	Fitatra, Fitadroranga
50	<i>Streptopelia picturata</i>	Malagasy TurtleDove	Domohina, Deho
51	<i>Tachybaptus pelzelni</i>	Madagascar Little Grebe	Vivy
52	<i>Treron australis</i>	Malagasy Green Pigeon	Voronadabo, Fonimaitso
53	<i>Turnix nigricollis</i>	Madagascar Buttonquail	Rakibo, Kibobo
54	<i>Tyto alba</i>	Common Barn Owl	Tararaka
55	<i>Vanga curvirostris</i>	Hook-billed Vanga	Tsilovanga
56	<i>Zoonavena grandidieri</i>	Malagasy Spine-tailed Swift	Fangalamoty, Tsidididina
57	<i>Zosterops maderaspatana</i>	Malagasy White-eye	Ramanjerika, Fotsimaso

TECHNICAL REPORT
ON
BIRDS
FROM MARCH 31 TO APRIL 9, 2005
(FRENCH)

Rapport Technique

Etude d'Impact Environnemental en matière d'Ornithologie

du 31 mars au 9 avril 2005 au site Usine de Dynatec à Tanandava Toamasina

par MM. Rakotonomenjanahary Odon et Raveloson Bruno

1 Objectif

L'inventaire ornithologique dudit site entre dans le cadre d'une recherche ornithologique en matière d'Etude d'Impact Environnemental pour l'implantation d'une Usine de Dynatec à Tanandava Toamasina, afin d'établir une base de données préliminaires permettant de définir et d'élaborer les futurs travaux en matière de suivi écologique.

2. Itinéraire

Le tableau suivant relate le déroulement de la mission

N°	Date				Activités
1	jeu	31	Mars	2005	Déplacement Tana - Toamasina
2	ven	1	avril	2005	Visite de courtoisie – Recrutement d'Assistants - Reconnaissance du site
3	sam	2	Avril	2005	Inventaire
4	dim	3	Avril	2005	Inventaire
5	lun	4	Avril	2005	Inventaire
6	mar	5	Avril	2005	Inventaire
7	mer	6	Avril	2005	Inventaire
8	jeu	7	Avril	2005	Inventaire
9	ven	8	Avril	2005	Mise à propre des données - Traitement des Photos
10	sam	9	Avril	2005	Retour à Tana

D'une manière générale, on peut conclure que la mission s'est déroulée selon la prévision effectuée. Et les zones prospectées ont été :

- le site d'implantation de l'usine délimitées à l'est par les points de coordonnées géographiques S18°11.958' - E49°22.317' et S18°12.431' – E49°22.144' à l'Est, et S18°11.549' - E49°20.969' et S18°12.522' – E49°20.684' à l'Ouest.
- le canal des Pangalanes longeant les limites Est du site d'implantation de l'Usine.
- le marais longeant les limites Ouest du site d'implantation de l'Usine.
- le bord de mer entre les points de coordonnées géographiques S18°12.205' et E49°22.736' au nord puis S18°13.094' et E49°22.393' au sud.

3 Méthodologies et matériel

Dans le but de satisfaire les bases de données nécessaire pour l'élaboration de la stratégie à appliquer lors du futur programme de suivi écologique en parallèle avec les activités de Dynatec Ltd, les méthodes ci-après ont été adopté et utilisé pendant la récolte de données sur terrain :

3.1 Comptage direct par la liste de Mackinnon

L'inventaire par la liste de Mackinnon est effectué le long des pistes préexistantes en progressant lentement à une vitesse de 1 à 1,5 km/h. Le nom de chaque espèce nouvellement rencontrée est noté de façon à obtenir une série de listes de 10 espèces. De 6h30mn jusqu'à 11h environ, la procédure est répétée plusieurs fois afin d'obtenir une série de listes. On calcule ensuite pour chaque espèce recensée, le nombre de listes avec contacts, l'index d'abondance puis son rang au sein de la communauté aviaire.

Sur terrain, l'avantage de cette méthode est telle qu'elle permet de se concentrer sur la recherche de nouvelle espèce et que la récolte de données et leurs analyses sont aussi faciles. Les résultats aboutissent directement à l'obtention des indices d'abondance semi-quantitative de chaque espèce, permettant ainsi de situer sa position sociale au sein de la communauté aviaire en place.

Cette méthode a quand même ses limites du fait qu'elle sous-estime carrément le nombre d'individus pour les espèces qui se trouvent en groupe ainsi que les espèces craintives qui se cachent ou qui s'enfuient aux moindres bruits et alertes.

3.2 Recherche active

Cette méthode permet de pallier les lacunes au niveau de la méthode citée ci-dessus car elle permet de recenser les espèces craintives qui se cachent ou qui s'enfuient aux moindres bruits et alertes. Tenant compte des caractères et comportement de ces espèces, on l'effectue pendant la période de reconnaissance et après les listes mackinnon.

3.3 Le matériel de travail

Le matériel de travail est composé de paires de jumelles, d'appareil photographique, de GPS, de carnet de note et des guides de Langrand (1995), de Morris & Hawkins (1998) et de Sinclair & Langrand (1998).

4 Résultats et discussions

Les espèces recensées sont données en Annexe 1 ; les tableaux d'analyse des listes de Mackinnon sont donnés en Annexe 2. La planche des photos à la fin du rapport illustre ces résultats.

4.1 Site Usine et ses environs (canal des Pangalanes à l'Est, Marais à l'Ouest)

Quarante-quatre listes de Mackinnon incluant 34 espèces ont été recensées dans cette zone de recherche. Avec 2 autres espèces recensées hors liste mackinnon, le site renferme au total 36 espèces. Parmi ces oiseaux, 14 sont des espèces endémiques de Madagascar, 11 sous-espèces endémiques et 11 espèces à distribution régionale (Cf. Annexe 1). Le statut de conservation UICN indique 1 espèce Vulnérable : *Tachybaptus pelzelinii* (Collar & *al.*, 1998). Et parmi les 36 espèces recensées dans le site, sont inscrites dans l'Annexe II du CITES *Falco newtoni* et *Tyto alba*.

Le tableau d'analyse des listes de Mackinnon montre en outre que d'une part, les Nombres de contacts varient de 1 à 37 dans 44 listes recueillies, donnant un Index d'abondance relative allant de 0,01 à 0,84 ; d'autre part, les 5 premières places au niveau du Rang sont occupées par des espèces à large répartition, indiquant la dominance de ces espèces en matière de composition et de structure de la communauté aviaire en place (Cf Annexe 3).

On peut en conclure que les espèces ayant un statut de conservation UICN sont rares dans la région étudiée avec un Nombre de contacts inférieur ou égal à 1 traduisant un Index d'abondance relative égal à 0,02 et occupant le dernier rang (32^e).

4.2 Bord de mer

La zone prospectée se situe entre les points de coordonnées géographiques S18°12.205' et E49°22.736' au nord puis S18°13.094' et E49°22.393' au sud.

Sept (7) espèces ont été recensées dans cette zone de recherche : *Charadrius marginatus* (8 individus), *Charadrius leschenaulti* (2 individus), *Numenius phaeopus* (3 individus), *Tringa nebularia* (3 individus), *Actitis hypoleucos* (1 individu), *Arenaria interpres* (3 individus) et *Calidris ferruginea* (8 individus).

Ces espèces appartiennent tous à l'ordre des Charadriiformes et à la famille des Scolopacidae sauf *Charadrius marginatus* et *C. leschenaulti* (famille des Charadriidae).

5 Conclusion

Au niveau du site Usine, 36 espèces ont été recensées durant cette mission, incluant 14 espèces endémiques de Madagascar, 11 sous-espèces endémiques et 11 espèces à large distribution. Parmi ces espèces et selon le statut de Conservation UICN, 1 seule est Vulnérable. Et on peut en déduire que si le niveau d'endémicité est relativement assez élevé (69,4% des espèces recensées), le nombre d'espèces jouissant un statut de conservation UICN par contre est relativement faible (2,8% des espèces recensées).

6 Références

- Collar, N.J., Crosby, M.J. & Stattersfield, A.(1998). Birds to Watch Two. Cambridge, UK. Birdlife International
- Langrand, O.(1995). Guide des Oiseaux de Madagascar
- Meyers, D. (1997). Environmental assessment Phelps Dodge A & A Project, Madagascar. Golder Associates Inc.
- Moris, P. & Hawkins, A.F.A.(1998). Birds of Madagascar: A Photographic Guide. Yale University Press, New Haven & London
- Sinclair, I. & Langrand, O.(1998). Birds of the Indian Ocean Islands. Struik Publishers Ltd

Annexe 1 : Listes des espèces recensées dans le site d'implantation de l'Usine

N°	Espèce / Sous espèce	Distribution	Statut UICN
1	<i>Tachybaptus pelzelinii</i>	Endémique	Vulnérable
2	<i>Butorides striatus</i>		
3	<i>Nycticorax nycticorax</i>		
4	<i>Scopus umbretta bannermani</i>	Endémique	
5	<i>Anas erythrorhyncha</i>		
6	<i>Dendrocygna viduata</i> (*)		
7	<i>Tyto alba</i> (*)		
8	<i>Falco newtoni newtoni</i>	Endémique	
9	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	Endémique	
10	<i>Turnix nigricollis</i>	Endémique	
11	<i>Rallus madagascariensis</i>	Endémique	
12	<i>Dryolimnas cuvieri cuvieri</i>	Endémique	
13	<i>Gallinula chloropus</i>		
14	<i>Sarothrura insularis</i>	Endémique	
15	<i>Streptopelia picturata picturata</i>	Endémique	
16	<i>Oena capensis aliena</i>	Endémique	
17	<i>Centropus toulou toulou</i>	Endémique	
18	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	Endémique	
19	<i>Cypsiurus parvus gracilis</i>	Endémique	
20	<i>Alcedo vintsioides vintsioides</i>	Endémique	
21	<i>Merops superciliosus</i>		
22	<i>Mirafra hova</i>	Endémique	
23	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	Endémique	
24	<i>Saxicola torquata sibilla</i>	Endémique	
25	<i>Nesillas typica</i>	Endémique	
26	<i>Cisticola cherina</i>		
27	<i>Nectarinia souimanga</i>		
28	<i>Nectarinia notata notata</i>	Endémique	
29	<i>Zosterops maderaspatana</i>	Endémique	
30	<i>Leptopterus chabert</i>	Endémique	
31	<i>Dicrurus forficatus forficatus</i>	Endémique	
32	<i>Hartlaubius auratus</i>	Endémique	
33	<i>Acridotheres tristis</i>		
34	<i>Foudia madagascariensis</i>	Endémique	
35	<i>Lonchura nana</i>	Endémique	
36	<i>Corvus albus</i>		

(*) : espèce enregistrée hors liste Mackinnon

Annexe 2 : Tableau d'analyse des listes Mackinnon

N°	Espèce	Nombre de Contacts	Nombre de listes	Iar	Rang
1	<i>Acridotheres tristis</i>	37	44	0.84	1
2	<i>Foudia madagascariensis</i>	36	44	0.82	2
3	<i>Nectarinia souimanga</i>	34	44	0.77	3
4	<i>Cisticola cherina</i>	31	44	0.70	4
5	<i>Mirafra hova</i>	31	44	0.70	4
6	<i>Dicrurus forficatus</i>	28	44	0.64	6
7	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	23	44	0.52	7
8	<i>Merops superciliosus</i>	23	44	0.52	7
9	<i>Corvus albus</i>	22	44	0.50	9
10	<i>Cypsiurus parvus</i>	20	44	0.45	10
11	<i>Nesillas typica</i>	17	44	0.39	11
12	<i>Zosterops maderaspatana</i>	15	44	0.34	12
13	<i>Oena capensis</i>	12	44	0.27	13
14	<i>Turnix nigricollis</i>	12	44	0.27	13
15	<i>Centropus toulou</i>	11	44	0.25	15
16	<i>Nectarinia notata</i>	11	44	0.25	15
17	<i>Butorides striatus</i>	10	44	0.23	17
18	<i>Sarothrura insularis</i>	9	44	0.20	18
19	<i>Margaroperdix madagascariensis</i>	8	44	0.18	19
20	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>	7	44	0.16	20
21	<i>Leptopterus chabert</i>	6	44	0.14	21
22	<i>Alcedo vintsioides</i>	5	44	0.11	22
23	<i>Saxicola torquata</i>	5	44	0.11	22
24	<i>Streptopelia picturata</i>	5	44	0.11	22
25	<i>Anas erythrorhyncha</i>	4	44	0.09	25
26	<i>Nycticorax nycticorax</i>	4	44	0.09	25
27	<i>Rallus madagascariensis</i>	3	44	0.07	27
28	<i>Falco newtoni</i>	2	44	0.05	28
29	<i>Gallinula chloropus</i>	2	44	0.05	28
30	<i>Hartlaubius auratus</i>	2	44	0.05	28
31	<i>Lonchura nana</i>	2	44	0.05	28
32	<i>Dryolimnas cuvieri</i>	1	44	0.02	32
33	<i>Scopus umbretta</i>	1	44	0.02	32
34	<i>Tachybaptus pelzelni</i>	1	44	0.02	32

Planche des Photos (Cf CD Rom)

Référence	Titre
D1000001	<i>Dicrurus forficatus</i>
D1000002	<i>Dicrurus forficatus</i>
D1000003	<i>Furcifer pardalis</i>
D1000004	<i>Furcifer pardalis</i>
D1000005	<i>Furcifer pardalis</i>
D1000006	<i>Furcifer pardalis</i>
D1000007	<i>Merops superciliosus</i>
D1000008	<i>Merops superciliosus</i>
D1000009	<i>Centropus toulou</i>
D1000010	<i>Centropus toulou</i>
D1000011	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>
D1000012	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>
D1000013	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>
D1000014	<i>Caprimulgus madagascariensis</i>
D1000015	<i>Leioheterodon madagascariensis</i>
D1000016	<i>Leioheterodon madagascariensis</i>
D1000017	<i>Leioheterodon madagascariensis</i>
D1000018	<i>Mabuya gravenhorstii</i>
D1000019	<i>Mabuya gravenhorstii</i>
D1000020	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>
D1000021	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>
D1000022	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>
D1000023	<i>Phelsuma lineata</i>
D1000024	<i>Phelsuma lineata</i>
D1000025	<i>Phelsuma lineata</i>
D1000026	<i>Mantydactylis bicalcaratus</i>
D1000027	<i>Turnix nigricollis</i>
D1000028	<i>Alcedo vintsioides</i>
D1000029	<i>Dicrurus forficatus</i>
D1000030	<i>Mirafrha hova</i>
D1000031	<i>Mirafrha hova</i>
D1000032	<i>Mirafrha hova</i>
D1000033	<i>Mirafrha hova</i>
D1000034	<i>Foudia madagascariensis</i>
D1000035	<i>Foudia madagascariensis</i>
D1000036	<i>Falco newtoni</i>
D1000037	<i>Haplobatrachus tigerinus</i>
D1000038	<i>Haplobatrachus tigerinus</i>
D1000039	<i>Heterixalus madagascariensis</i>
D1000040	<i>Heterixalus madagascariensis</i>
D1000042	<i>Acridotheres tristis</i>
D1000043	<i>Passer domesticus</i>
D1000044	<i>Passer domesticus</i>

VOLUME J
APPENDIX 2.1
ATTACHMENT 3
LEMURS

ATTACHMENT 3-1
MINE LOCAL STUDY AREA

TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT

ON

LEMURS

MARCH 5 TO 31, 2004

(FRENCH)

**LEMURIENS DES FORETS D'ANALAMAY, D'AMBATOVY ET DE TOROTOROFOTSY
(MORAMANGA, MADAGASCAR)**

José M. RALISON ¹

¹ : Département de Biologie Animale,

Faculté des Sciences, B.P. 906

Université d'Antananarivo, Madagascar

e-mail : jo_ralison@yahoo.fr/jmralison@caramail.com

Résumé

Dans le cadre de l'étude d'impact environnemental (E.I.E.) d'un projet d'exploitation minière (DYNATEC) dans la région de Moramanga, un inventaire rapide et une étude sur les primates ont été menés le 05 au 31 mars 2004 dans trois différents sites d'exploration, à savoir Analamay, Ambatovy et Torotorofotsy. Ces différents sites se trouvent dans la périphérie du complexe Mantadia – Zahamena. A chaque site d'étude, des transects linéaires et des méthodes de recherches actives ainsi que des enquêtes auprès des gens locaux ont été utilisés pour connaître les espèces de lémuriens présents. Au total, neuf espèces ont été inventoriées dont cinq diurnes (*Indri indri*, *Propithecus diadema diadema*, *Eulemur fulvus fulvus*, *Eulemur rubriventer*, *Hapalemur griseus griseus*) et quatre espèces nocturnes (*Avahi laniger*, *Lepilemur mustelinus*, *Cheirogaleus major* et *Microcebus rufus*). Du point de vue nombre d'espèces, la zone d'étude n'a qu'une faible valeur en diversité en comparant avec les autres zones localisées à l'intérieur du grand complexe Mantadia-Zahamena. Mais certaines espèces possèdent une densité plus élevée par rapport aux autres forêts adjacentes. Néanmoins, la préservation et la conservation de ces dernières s'avèrent indispensables et primordiales en tenant compte les échanges existant entre ces aires protégées.

Abstract

Within the framework of environmental impact study (E.I.E.) for DYNATEC worked in Moramanga region, a rapid assessment of lemur fauna was conducted between March 05 to March 31, 2004 on three different exploration of mining sites, which are Analamay site, Ambatovy site and Torotorofotsy site. They are localized at the perimeter of the complex Mantadia – Zahamena in the north of Moramanga. At each site the presence of lemur species were estimated using line transects, the general observations and the survey in the local village near the sites. A total of nine lemur species were recorded during the survey with it five diurnal species (*Indri indri*, *Propithecus diadema*, *Eulemur fulvus fulvus*, *Eulemur rubriventer*, *Hapalemur griseus griseus*) and four nocturnal species (*Avahi laniger*, *Lepilemur mustelinus*, *Cheirogaleus major* et *Microcebus rufus*). In point of view of species number, the study sites have a weak value in lemur's diversity in compared to the others areas inside the eastern large corridor of Mantadia-Zahamena. But certain of these species have high density contrary to the adjacent forests. Nevertheless, the preservation and conservation of these forests are important according to the exchanges between them.

I. INTRODUCTION

Avec son taux d'endémisme élevé, Madagascar est connue mondialement comme un micro-continent grâce à sa flore et sa faune exceptionnelle. Les activités humaines, depuis son arrivée environ 1500 à 2000 ans, ne cessent de détruire les écosystèmes forestiers dont les surfaces reculent d'année en année. Les lémuriens de Madagascar sont endémiques, sauf ceux qui sont introduits dans les îles Comores, et occupent une large zone forestière incluant les forêts humides de l'est, les forêts sèches de l'ouest et les forêts épineuses du sud¹. Dans les cinq dernières années, un sujet particulier dans la recherche sur les lémuriens à Madagascar se concentre sur le rôle du couloir forestier lequel peut réunir les vestiges des forêts primaires. Un des grands couloirs à grande importance biologique se trouve dans la région de l'est de Madagascar : le complexe Mantadia-Zahamena. Ce couloir forestier de montagne relie les aires protégées du Parc National de Mantadia et la Réserve Naturelle Intégrale de Zahamena. Cette région possède alors un grand intérêt particulier et important (économie, écologie, biologie et génétique) du fait qu'elle relie deux aires situées dans le nord et dans le sud. Nombreuses informations sur la région sont disponibles². D'autres recherches dans le dit complexe mettent en exergue la diversité spécifique des lémuriens de certaines régions : 12 espèces dans la Réserve Naturelle Intégrale de Zahamena au nord³, dix espèces de lémuriens dans la Réserve Spéciale d'Analamazaotra et dans le Parc National de Mantadia (même auteur) au sud. L'étude préliminaire en 1997 menée par Meyers *et al.* a montré la présence de neuf espèces de lémuriens dans la zone d'exploration minière de DYNATEC s'installant dans la périphérie du complexe. Les sites d'exploration de cette société sont celui d'Analamay, d'Ambatovy et de Torotorofotsy. Le principal but de l'inventaire est alors de connaître rapidement la composition spécifique des lémuriens dans les différents sites d'exploration et d'ajouter d'autres informations sur le couloir de Mantadia-Zahamena.

II. METHODOLOGIE

II.1. Sites d'étude

L'inventaire biologique a été mené dans trois sites tels que les forêts d'Analamay, d'Ambatovy et de Torotorofotsy.

1. Site Analamay

Cette forêt se trouve environ 20km au nord de Moramanga. Le campement (CAMP1) est installé au point géographique 18°48.399' S/ 48°20.313' E. Il se trouve à une altitude de 1054m. L'inventaire avait lieu le 06 au 13 mars 2004 dernier et l'altitude de la zone d'inventaire est comprise entre 911m à 1134m. La température moyenne est de 21,46°C (reçue durant l'inventaire) alors que la quantité de pluie est de 20,57mm/jour. Il est à noter que le début de l'inventaire était au moment du cyclone Gafilo.

2. Site Ambatovy

Il se situe également environ de 20km au nord de Moramanga. Le campement (CAMP2) a été installé au point 18°51.121' S/ 48°19.310' E avec une altitude de 1008m. L'inventaire a été déroulé le 15 au 21 mars 2004. L'altitude de la forêt est autour de 894m à 1193m. La température moyenne relevée durant l'étude était de 20,35°C et la moyenne de la précipitation est de 04,64mm/jour.

3. Site Torotorofotsy

Le campement (CAMP3) s'est installé au début du marais de Torotorofotsy, localisé entre la forêt de Sahavarina et celle de Berano. Ses coordonnées géographiques sont de 18°51.939' S/ 48°20.772' E et l'altitude est de 894m. L'altitude de la forêt est comprise entre 864m à 1079m. Durant l'inventaire qui avait lieu le 23 au 30 mars 2004, la température

¹ : Harcourt & Thornback 1990, Mittermeier *et al.* 1994, Tattersall 1982

² : Schmid 2000, Britt *et al.* 1999

³ : Mittermeier *et al.*, 1994

moyenne retenue était de 20,85°C et la quantité moyenne journalière de pluie est de l'ordre de 1,65mm (variée de 0mm à 2,5mm).

Suivant les termes de références exigés, trois principales méthodes ont été utilisées pour la collecte des données durant l'inventaire. Il s'agit :

- d'une méthode d'observation directe le long des transects
- d'une méthode d'observation générale et de recherche active
- d'enquêtes auprès de la population locale et de guides

II.2. Lignes de transect

2.1.1. L'observation directe s'effectue le long des transects qui ont été sélectionnés de façon à couvrir tous les différents types d'habitat. A chaque localité, deux ou trois transects de longueur variée (tab.1) étaient utilisés. Des pistes préexistantes ont été choisies en évitant de faire des nouveaux transects afin de diminuer la perturbation à l'intérieur de la forêt. L'inventaire avait lieu le jour et la nuit. Les pistes ont été parcourues durant les observations diurnes et nocturnes à une vitesse constante de 0,8km/h. Le but de l'observation est de détecter la présence des espèces de lémurien par observation directe. L'observation diurne avait lieu de 07h00 à 11h00 et l'après-midi de 15h00 à 17h30 tandis que celle de nocturne était faite entre 18h30 et 21h00. Les recensements nocturnes nécessitent des lampes frontales de faible intensité pour repérer l'espèce et de forte intensité lumineuse (maglite) pour son identification. Une fois détectée, l'utilisation d'une binoculaire (Nikon Action 8x40) s'avérait nécessaire pour identifier l'espèce. A chaque observation, les données suivantes ont été enregistrées : espèce, temps de contact, distance entre l'observateur et l'animal, angle d'observation par rapport à la piste, hauteur du premier animal vu par rapport au sol, l'activité générale du groupe ou d'un individu observé et ses coordonnées géographiques (altitude/latitude/longitude) en utilisant un GPS Etrex, la hauteur et le diamètre (DBH) de l'arbre. Le nombre d'individus et la composition du groupe ainsi que le sexe avaient été noté. Le nombre de jours d'observation a été fixé de huit jours à Analamay et Torotorofotsy et de sept jours à Ambatovy.

Tableau 1. Caractéristiques des transects, nombre de recensement et positions géographiques

Sites	Nom du transect	Longueur (m)	Nombre recensement		Début du transect (latitude/longitude)	Fin du transect (latitude/longitude)
			Diurne	Noct.		
Analamay	T1	1000	3	4	18°48.223'S/48°20.330'E	18°48.760'S/48°20.145'E
	T2	1300	5	2	18°48.468'S/48°20.145'E	18°48.520'S/48°20.885'E
	T3	1000	6	2	18°48.378'S/48°20.274'E	18°48.934'S/48°20.250'E
Ambatovy	T4	1000	13	6	18°51.305'S/48°19.265'E	18°50.940'S/48°18.810'E
	T5	1900	3	1	18°51.191'S/48°18.729'E	18°50.229'S/48°19.105'E
Torotorofotsy	T6	750	6	4	18°52.243'S/48°20.824'E	18°52.502'S/48°20.972'E
	T7	1000	4	3	18°51.644'S/48°20.337'E	18°51.770'S/48°20.834'E
	T8	600	2	1	18°51.828'S/48°21.768'E	18°52.052'S/48°22.011'E

La richesse spécifique d'un site est estimée par le nombre total d'espèces recensées tandis que la diversité spécifique a été estimée à partir de l'indice de diversité de Shannon en utilisant un logiciel statistique Ecosim (par Kesey - Bear and Acquired Intelligence Inc., 2001).

2.1.2. Calcul de la densité absolue

Nous avons découlé les distances de détection dans 9 classes de fréquence de 0 à 3m. Le minimum de la distance perpendiculaire a été déterminé à partir du nombre d'observation de l'espèce qui présente au moins la moitié du nombre d'observation totale. On a multiplié la longueur totale du transect (L) avec deux fois (de chaque coté d'observation) du minimum de la distance perpendiculaire en donnant une surface (S). Ce nombre d'observation (n) qui représente ce minimum de distance est divisé avec la surface suscitée (S). La densité absolue (individus/km²) est calculée du produit

de ce nombre d'observation dans 1km² (1000000m²) sur la surface citée ci-dessus. Les animaux entendus mais non vus ne sont pas inclus dans le calcul.

Remarque : Vu l'insuffisance d'observation de certaines espèces dans un inventaire rapide, cette densité n'a été appliquée qu'aux *Microcebus rufus* et *Cheirogaleus major* dans chaque site tandis qu'elle est faite sur l'ensemble des sites pour les autres espèces afin d'avoir une idée sur la densité de la zone d'exploration minière.

2.1.3. Calcul de la densité relative

L'indice de la densité relative est moins précis et moins exacte. Il est obtenu par le nombre d'individus d'une espèce observée par unité de distance. Il est utilisé pour comparer les populations dans les différents sites d'étude. En effet, cette densité relative est déterminée comme le nombre d'individus par kilomètre.

II.3. Observations générales

Outre la méthode de transects, des observations générales ont été faites pendant le jour. A chaque site, des signes de présence de lémuriens comme des traces de *Daubentonia madagascariensis* ou des nids de *Microcebus* sp. et des trous de *Cheirogaleus* sp. ainsi que la vocalisation de certaines espèces ont été notées.

II.4. Enquêtes

Des enquêtes auprès de la population riveraine et de guides ont été entreprises dans le but de collecter des informations sur la présence des lémuriens non observés dans les méthodes susmentionnées et d'avoir plus d'information sur les activités de la population locale à l'intérieur de la forêt.

III. RESULTATS et INTERPRETATIONS

III. 1. Richesse spécifique

Au total, cinq espèces diurnes (*Indri indri*, *Propithecus diadema diadema*, *Eulemur rubriventer*, *Eulemur fulvus fulvus*, *Haplemur griseus griseus*), et quatre espèces nocturnes (*Avahi laniger*, *Lepilemur mustelinus*, *Cheirogaleus major*, et *Microcebus rufus*) ont été inventoriées dans l'ensemble des trois sites d'étude. Toutes les données ont été directement observées ou entendues au cours des transects diurnes et nocturnes. Aucun site ne contient les neufs espèces recensées.

Tableau 2. Répartition des espèces de lémuriens recensés dans les forêts d'Analamay, Ambatovy et Torotorofotsy (mars 2004).

Famille	Espèces	Noms locaux	Critères de l'IUCN	Site Analamay 911-1134m	Site Ambatovy 894-1193m	Site Torotorofotsy 864-1079m
Cheirogaleidae	<i>Microcebus rufus</i>	Antsidy	Moins concernée	+	+	+
	<i>Cheirogaleus major</i>	Matavirambo	Moins concernée	+	+	+
Lepilemuridae	<i>Lepilemur mustelinus</i>	Hataka	LR/nt ver 2.3 (1994)	+	+	*
Lemuridae	<i>Haplemur griseus griseus</i>	Kotraika	Moins concernée	+	+	+
	<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	Varitatsika	Vulnérable	+	+	+
	<i>Eulemur rubriventer</i>	Parimaso	VU A2c ver 2.3 (1994)	***	***	+
Indriidae	<i>Avahi laniger</i>	Matoriandro	LR/nt ver 2.3 (1994)	+	+	+
	<i>Propithecus diadema diadema</i>	Simpona	EN A1cd ver 2.3 (1994)	+	+	+
	<i>Indri indri</i>	Babakoto	EN A1c+2c ver 2.3 (1994)	+	+	*
Daubentoniidae	<i>Daubentonia madagascariensis</i>	Ahay, Hay hay	EN A2cd, C2a ver 2.3 (1994)	-	-	-
Nombre total d'espèces				08	08	07

+ présence de l'espèce

– absence de l'espèce

* d'après les gens locaux et les guides ou d'autres participants

*** Meyers *et al.* 1997

La diversité spécifique est élevée dans les sites Analamay et Ambatovy où huit espèces de lémuriens étaient présentes. *Eulemur rubriventer* n'a pas été trouvé. Sept espèces ont été trouvées dans le site Torotorofotsy. *Indri indri* et *Lepilemur mustelinus* n'avaient pas ni observé ni entendu. Aucune trace de *Daubentonia madagascariensis* n'a été constaté. En

utilisant le livre de Garbutt, la population riveraine à Berano et à Torotorofotsy la connaît mais ils n'ont jamais vu. *Propithecus diadema diadema*, *Avahi laniger*, *Eulemur fulvus fulvus*, *Hapalemur griseus griseus*, *Cheirogaleus major*, et *Microcebus rufus* ont été observés et/ou entendues dans les sites d'étude.

III.1.1. Analamay

On y a recensé 8 espèces de lémuriens dont 4 diurnes et 4 nocturnes. Les espèces diurnes sont :

- *Indri indri*
- *Propithecus diadema diadema*
- *Eulemur fulvus fulvus*
- *Hapalemur griseus griseus*

Eulemur fulvus fulvus avait seulement entendu dans ce site.

Les espèces nocturnes sont :

- *Avahi laniger*
- *Lepilemur mustelinus*
- *Cheirogaleus major*
- *Microcebus rufus*

III.1.2. Ambatovy

Huit espèces de lémuriens ont été également recensées dont 4 diurnes et 4 nocturnes. Les espèces diurnes sont :

- *Indri indri*
- *Propithecus diadema diadema*
- *Eulemur fulvus fulvus*
- *Hapalemur griseus griseus*

Les espèces nocturnes sont :

- *Avahi laniger*
- *Lepilemur mustelinus*
- *Cheirogaleus major*
- *Microcebus rufus*

III.1.3. Torotorofotsy

Sept espèces de lémuriens ont été répertoriées dont 4 diurnes et 3 nocturnes. Les espèces diurnes sont :

- *Propithecus diadema diadema*
- *Eulemur fulvus fulvus*
- *Eulemur rubriventer*
- *Hapalemur griseus griseus*

Les espèces nocturnes sont :

- *Avahi laniger*
- *Cheirogaleus major*
- *Microcebus rufus*

III. 2. Diversité spécifique

L'indice de diversité de Shannon est d'autant plus élevée dans le site Ambatovy (1,673) qu'aux sites Analamay (1,648) et Torotorofotsy (1,213). Le nombre d'observation à Torotorofotsy est élevé alors que le nombre d'espèces inventoriées est

peu nombreux. L'augmentation du nombre d'observation et du nombre d'espèces à Ambatovy rend l'indice de diversité à une valeur élevée (67 observations et 08 espèces). Par contre, le nombre d'espèces est élevé à Analamay (08 espèces) mais le nombre d'observation (52 observations) est faible par rapport aux deux autres sites. En effet, l'indice de Shannon devient assez faible. *Microcebus rufus* est plus observé à Torotorofotsy par rapport à Ambatovy et surtout à Analamay. *Cheirogaleus major* est fréquemment trouvé à Analamay puis à Torotorofotsy et moins observé à Ambatovy. *Lepilemur mustelinus* est faiblement représenté dans les deux premiers sites et non observé à Torotorofotsy. Par contre, nombreuses observations avaient lieu sur *Avahi laniger* dans ce dernier site par rapport à Analamay et Ambatovy. *Hapalemur griseus griseus* était plus observé à Analamay, moins détecté à Ambatovy et faiblement trouvé à Torotorofotsy. La présence de *Eulemur rubriventer* est seulement constatée à Torotorofotsy. *Eulemur fulvus fulvus* est beaucoup plus répandu à Torotorofotsy tandis que *Propithecus diadema diadema* est fréquemment observé à Ambatovy. La fréquente vocalisation et observation de *Indri indri* entraînent l'augmentation du nombre d'observation (08 observations) et son effectif (06 individus) dans le site Analamay par rapport aux deux autres. Cette espèce n'a été ni vue ni entendue dans le site Torotorofotsy.

III.2.1. Caractéristiques de lémuriens dans les principaux sites d'étude

Tableau 3. Taille moyenne (avec écart type) des groupes des lémuriens diurnes, mars 2004.

Sites	ANALAMAY	AMBATOVY	TOROTOROFOTSY	Taille moyenne
<i>Indri indri</i>	3,0 n=2	1,0 n=3	ND	1,8±1,09 (1-3) n=5
<i>Propithecus diadema diadema</i>	4,0 n=1	2,25±0,70 (1-4) n=4	4,0 n=2	3,0±1,29 (1-4) n=7
<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	ND	2,75±2,06 (1-5) n=4	4,80±1,09 (4-6) n=5	3,88±1,83 (1-6) n=9
<i>Eulemur rubriventer</i>	ND	ND	2,0±1,41 (1-3) n=2	2,0±1,41 (1-3) n=2
<i>Hapalemur griseus griseus</i>	2,85±1,67 (1-6) n=7	3,83±2,48 (1-6) n=6	4,0 n=1	3,35±1,98 (1-6) n=14

- : absence de l'espèce

() : variation de la taille du groupe

n : nombre de groupes recensés

ND : non observés dans les transects

a. *Indri indri* Gmelin, 1796

Le corps possède une couleur blanche et noire. La taille du groupe varie entre 1 à 3 avec une moyenne de 1,8±1,09 (n=5). Cette espèce était beaucoup plus observée dans le site Analamay que celui d'Ambatovy. Six individus ont été trouvés à Analamay et qui se trouvent loin du campement (environ 1,3km à vol d'oiseau). Elle est facilement observée à Ambatovy (environ 300m du campement). Aucun individu n'a été ni observé ni entendu dans le site Torotorofotsy. Cette espèce est menacée par les bûcherons. Selon la population locale de Berano, les groupes d'Indris sont poussés dans d'autres forêts adjacentes.

b. *Propithecus diadema diadema* Bennett, 1832

Ayant la même couleur que celle décrite par Mittermeier *et al.* (1994) et Garbutt (1999), la taille du groupe varie de 1 à 4 dont la taille moyenne est de 3,0±1,29 (n=7). Un groupe de quatre individus a été facilement observé dans chaque site. Le groupe du site Analamay se trouve à la fin du transect BB tandis que celui du site Ambatovy se localise proche du campement. Le groupe observé à Torotorofotsy demeure dans la forêt de Sahavarina (Village d'Analabe).

c. *Eulemur fulvus fulvus* E. Geoffroy, 1796

La tête se colore en noire, le corps possède une couleur brune avec reflet jaune et la queue est noire. Aucune remarque n'a été faite à propos de la couleur du mâle et de la femelle. La taille moyenne du groupe est de 3,88±1,83 (n=9) variant de 1 à 6 individus par groupe. Cette espèce n'avait qu'entendu lors des observations dans le site Analamay alors que d'autres participants de la mission l'ont trouvé. Cette espèce s'adapte dans tous les différents types du milieu dans le site Torotorofotsy. Un groupe de six individus mangeant de fruits de goyaviers a été trouvé. Un autre groupe de quatre individus a été observé en cueillant les maïs cultivés dans le tavy proche de la forêt.

d. *Eulemur rubriventer* **I. Geoffroy, 1850**

La taille de groupe varie de 1 à 3 individus avec une moyenne de $2,0 \pm 1,41$ ($n=2$). Le pelage est généralement de couleur brune avec une queue noire. Cette espèce n'a pas été recensée ni à Analamay, ni à Ambatovy. Pourtant, la population locale de Berano (village près de notre campement à Ambatovy) confirme son existence à l'intérieur de la forêt. Un individu a été recensé dans un petit fragment de Torotorofotsy. Aucune tache blanche n'est observée au coin interne de l'œil, le ventre possède une couleur blanche. Un groupe de trois individus a été également trouvé dans un ilot près du campement. Ils ont mangé des fruits de goyavier.

e. *Hapalemur griseus griseus* **Link, 1795**

La couleur des deux sexes est presque la même. Cette sous-espèce possède un pelage gris roux. La partie dorsale est grise rousse à reflet doré, le ventre est coloré en gris noirâtre. La queue est presque noire, de même la face. Le museau de couleur noir est court. Cette espèce court rapidement, grimpe aux arbres et fait des grands sauts dans les arbres grâce à leurs longues pattes postérieures. Cette espèce a été observée dans les trois sites. La taille moyenne du groupe est de $3,35 \pm 1,98$ ($n=14$). Un groupe de trois individus avec un bébé s'accrochant au dos de sa mère est observé dans le site Analamay. Un autre groupe de six individus dormait au niveau d'un grand arbre dans le même site. Un groupe de quatre individus était observé dans le marais à *Pandanus* du site Torotorofotsy. Par ailleurs, des traces dentaires de l'espèce sur une partie molle d'une plante lianescente (*Pothos scandens* F. ARACEAE) ont été également y observées.

f. *Avahi laniger* **Gmelin, 1788**

La partie dorsale est grise allant de grise brunâtre. Le ventre, le cou et les cuisses sont blancs. La face est noire avec des taches blanches au-dessus des yeux, la queue est grise rousse avec une partie distale foncée. Cette espèce est souvent observée en un seul individu sur une fourche durant les observations nocturnes alors qu'un groupe de deux individus a été observé lors du transect diurne à Torotorofotsy (T7).

g. *Lepilemur sp. mustelinus* **I. Geoffroy, 1851**

La coloration du pelage incluant la queue et le dos semble la même que celle décrite par Mittermeier *et al.* (1994). Deux individus ont été trouvés dans la forêt d'Analamay. Par contre, un individu seulement a été observé dans la forêt d'Ambatovy. Aucun individu n'était recensé dans la forêt de Torotorofotsy. L'espèce se déplace par des sauts entre les différents arbres avec une position verticale.

h. *Cheirogaleus major* **Geoffroy, 1812**

Cette espèce est commune dans les trois sites. La partie dorsale, la tête et la queue sont brunes grisâtres, et le ventre est blanc. Des anneaux noirs autour des yeux ont été observés. Deux individus ont été trouvés lors du transect nocturne dans le marais à *Pandanus* (T8 de Torotorofotsy). Cette espèce se déplace en quadrupédie sur les branches d'arbres. Un individu mâle qui a été trouvé mort le long du transect T1 dans le site Analamay possède un poids de 516g, une longueur totale de 520mm, une longueur de la queue égale à 280mm, un crâne ayant une longueur de 60mm et une largeur de 45mm (spécimen du D.B.A. n°0001JMR). Il serait probablement tué par un serpent arboricole *Boa manditra*. Quelques individus ont été observés sur des pieds de *Pandanus* sp et d'*Eucalyptus* en mangeant des fruits ou des fleurs.

i. *Microcebus rufus* **Lesson, 1840**

Cette espèce est commune dans tous les différents sites et nombreux individus étaient observés dans des transects nocturnes. La tête est de couleur rousse, la partie dorsale est brune rousse avec une ligne noire. Le ventre possède une couleur blanche jaunâtre, la queue est brune rousse et des oreilles courtes avec des plis. Cette espèce est fréquemment observée dans des touffes d'arbres de faible hauteur et s'y déplace très rapidement. Par ailleurs, ils sont nombreux dans la forêt secondaire à goyavier par rapport à l'intérieur de la forêt à Torotorofotsy. Un nid a été observé dans le site Torotorofotsy.

III.2.2. Abondance spécifique des lémuriens et différents types de pression dans les principaux sites d'étude

Tableau 4. Nombre moyen d'individus par kilomètre des lémuriens recensés dans les trois principaux sites d'étude, mars 2004.

Espèces	ANALAMAY		AMBATOVY		TOROTOROFOTSY	
	Effectifs observés	N.ind/km	Effectifs observés	N. ind/km	Effectifs observés	N.indi/km
<i>Microcebus rufus</i>	21	2,44 (7,9±6,80)	32	4,05 (7,07±6,07)	48	7,27 (7,75±8,09)
<i>Cheirogaleus major</i>	10	1,16 (12,72±9, 95)	04	0,50 (5,0±6,0)	06	0,90 (12,0±6,92)
<i>Lepilemur mustelinus</i>	02	0,23 (13,0)	02	0,25 (24,25±22,27)	•	-
<i>Avahi laniger</i>	03	0,34 (10,5±9, 19)	02	0,25 (10,0±7,07)	07	1,06 (10,9±17,67)
<i>Hapalemur griseus griseus</i>	23	1,48 (14,43±13,34)	23	1,22 (8,91±3,95)	04	0,41 (70,5)
<i>Eulemur rubriventer</i>	•	-	•	-	04	0,41 (13,0±11,31)
<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	*	-	11	0,58 (17,4±19,91)	24	2,47 (10,2±11,18)
<i>Propithecus d. diadema</i>	04	0,25 (20,0)	09	0,48 (13,5±6,26)	08	0,82 (8,0)
<i>Indri indri</i>	06	0,38 (19,0±8,48)	03	0,16 (20,83±8,03)	•	-

* : espèce entendue

• : espèce non observée dans les transects

() : distance de détection (en m) des groupes ou des individus (avec écart type): c'est la moyenne des distances perpendiculaires entre les transects et les individus recensés

En raison de l'insuffisance de détection de quelques espèces, la densité estimée de *Lepilemur mustelinus* et *Eulemur rubriventer* n'a pas été calculée, mais seulement leur densité relative. Vu la faible observation de certaines espèces dans les trois sites, la comparaison des valeurs estimées de la densité est seulement faite pour *Microcebus rufus* et *Cheirogaleus major* pour les trois sites étudiés. Néanmoins, une densité de l'ensemble de la région est calculée pour avoir des valeurs comparatives aux autres régions du complexe Mantadia-Zahamena.

Tableau 5. Estimation de la densité absolue des lémuriens dans les principaux sites d'étude (nombre d'individus/km²), mars 2004.

Espèces	ANALAMAY	AMBATOVY	TOROTOROFOTSY
	Densité (ind./km ²)	Densité (ind./km ²)	Densité (ind./km ²)
<i>Microcebus rufus</i>	127.90	189.87	348.48
<i>Cheirogaleus major</i>	14.42	18.98	25.25
<i>Lepilemur mustelinus</i>	ND		
<i>Avahi laniger</i>	10.95		
<i>Hapalemur griseus griseus</i>	5.92		
<i>Eulemur rubriventer</i>	ND		
<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	4.55		
<i>Propithecus d. diadema</i>	2.27		
<i>Indri indri</i>	1.89		

ND : non observés dans les transects

a. Analamay

Ce site est assez riche en espèces (08). Du point de vue nombre d'individus par kilomètre, certaines espèces présentent une abondance assez élevée ; *Hapalemur griseus griseus* (1,48ind./km), *Indri indri* (0,38ind./km). Les densités de *Microcebus rufus* et de *Cheirogaleus major* sont moins denses (respectivement 127,90ind./km² et 14,42ind./km²). Les autres espèces tels que *Lepilemur mustelinus*, *Avahi laniger*, *Propithecus diadema diadema* sont peu abondantes (avec des valeurs de l'abondance étant respectivement de 0,23ind./km, de 0,34ind./km et de 0,25ind./km). Ce site est moins perturbé du fait que les villages qui se trouvent autour de la forêt sont éloignés. Des pressions humaines sont faiblement observées. La forêt primaire est encore intacte malgré quelques perturbations qui ne pourraient pas affecter la population de lémuriens ; d'où la présence de certaines espèces qui sont sensibles à la perturbation telles que *Indri indri*. L'état de la forêt pourrait refléter à la diminution de la densité de *Microcebus rufus* qui est beaucoup plus abondant dans le milieu ouvert. Il paraît qu'il n'y a pas de chasse des lémuriens car ces animaux sont restés tranquilles pendant notre approche. La région semble être loin des pressions anthropiques.

b. Ambatovy

C'est le site le plus riche en espèce (08) en considérant l'indice de diversité de Shannon (1,673). Sauf *Eulemur rubriventer*, les autres espèces sont y observées mais elles sont peu nombreuses. *Microcebus rufus* et *Cheirogaleus major* sont assez abondantes ; 189,87ind./km² et 18,98ind./km². Pour les deux autres espèces nocturnes, l'abondance de *Lepilemur mustelinus* et *Avahi laniger* est la même (0,25ind./km). Les espèces diurnes sont moins abondantes, avec *Hapalemur griseus griseus* (1,22ind./km), *Eulemur fulvus fulvus* (0,58ind./km), *Propithecus diadema diadema* (0,48ind./km), *Indri indri* (0,16ind./km). Dû à la présence du village de Berano, la pression humaine à l'intérieur de la forêt est assez notable, laquelle est constatée par la fréquence des arbres coupés d'une part et l'existence de nombreuses pistes d'autres part. Les villageois disent que des immigrants du village d'Ampitambe (environ 7km du site) enlèvent les tiges des grandes fougères pour la fabrication des vases. Les tavy se trouvent proche du village.

c. Torotorofotsy

Avec les 7 espèces recensées, c'est le site le plus pauvre durant la mission. *Indri indri* et *Lepilemur mustelinus* n'ont pas été observées. Par contre, certaines espèces présentent une densité élevée. *Microcebus rufus* a une densité de 348,48ind./km². Celle de *Cheirogaleus major* est de 25,25ind./km². D'autres espèces possèdent une abondance nettement grande par rapport à Analamay et Ambatovy. Pour *Avahi laniger*, elle est de 1,06ind./km. Celle de *Eulemur fulvus fulvus* et *Propithecus diadema diadema* est respectivement de 2,47ind./km et de 0,82ind./km. *Eulemur rubriventer* (0,41ind./km) était observé deux fois dans ce site. Néanmoins, d'autres espèces sont peu abondantes telles que *Hapalemur griseus griseus* avec une valeur de 0,41ind./km.

Les types de menaces qui peuvent s'exercer sur la faune lémurienne de la région sont :

- le passage de l'homme dans la forêt. La présence humaine est notablement y constatée. Nombreuses pistes existent à l'intérieur de la forêt et le défrichement est accentué.
- la divagation des zébus à l'intérieur de la forêt
- l'exploitation forestière constatée par la coupe des arbres
- les bruits venant de l'exploitation d'*Eucalyptus* faite par les agents du chemin de fer.

Le marrais de Torotorofotsy est entouré par des villages dont la population riveraine le profite pour la culture du riz. Par ailleurs, nombreux tavy ont été observés lesquels vont servir des parcelles de cultures vivrières tels que le maïs, le manioc, la patate douce ou la canne à sucre. Des coupes illicites des bois précieux sont fréquemment observées. Certains arbres sont abattus pour déloger *Cheirogaleus major* dans son trou. Certains gens pratiquent la chasse aux lémurins quelle que soit leur taille. D'autres font des pièges même à l'intérieur du marrais à *Pandanus* sp. Trois ruches d'abeilles ont été observées à l'intérieur de la forêt de Sahavarina lors des recherches actives. Un autre type de menace se présente sous forme d'enlèvement de feuilles de *Pandanus* lesquelles vont servir de matières premières pour la fabrication des nattes.

Dans l'ensemble des sites, *Avahi laniger* possède une densité de 10,95ind./km². Cette valeur est nettement faible par rapport à la densité calculée par Meyers *et al.* en 1997 (avec une densité de 55-174ind./km²) et aussi faible par rapport aux travaux effectués dans la Réserve Spéciale d'Analamazaotra⁴ dont la densité est estimée de 72-100ind./km². Pour *Hapalemur griseus griseus*, une densité estimative de 5,92ind./km² a été calculée, laquelle est nettement inférieure à celle d'Andasibe⁵ (47-62ind./km²) et aussi au dernier inventaire fait par Meyers (1997) qui a calculée une densité très élevée de 87-107ind./km². *Eulemur fulvus fulvus* possède une densité de 6,83ind./km² qui est incontestablement faible par rapport à celle d'Analamazaotra⁶ avec 40 à 60ind./km². La densité calculée pour *Indri indri* (1,89ind./km²) est

⁴ : Charles-Dominique et Hladik, 1971; Ganzhorn, 1988

⁵ : Pollock 1979

⁶ : Ganzhorn, 1988

beaucoup moins abondante par rapport à celle observée (9-16ind./km²) dans la forêt d'Analamazaotra⁷ et même à la densité calculée à Betampona⁸ avec 4,5-6,7 ind./km². *Propithecus diadema diadema* est peu abondant dans l'ensemble des trois sites dont la densité est estimée à 2,84ind./km². Celle-ci est nettement grande en comparant avec la densité calculée à Betampona⁹ qui est de l'ordre de 0,9 à 1,3ind./km².

IV. DISCUSSIONS

La diversité de lémuriens dans les sites d'étude est faible par rapport aux autres forêts humides de l'est de Madagascar, par exemple, 13 espèces dans la Réserve naturelle Intégrale de Zahamena¹⁰, 12 espèces dans le Parc National de Ranomafana¹¹, 11 espèces dans les zones de Betampona¹². Par contre, ce nombre est d'autant plus élevé, en considérant le rôle du couloir forestier, par rapport au couloir d'Ivorona¹³ (Tsitongambarika I, Tolagnaro) lequel ne possède que 06 espèces de lémuriens.

La densité de *Microcebus rufus* est élevée à Torotorofotsy par rapport aux deux autres sites. Celle-ci est probablement due à trois raisons ; primo, l'installation des transects (T6-T7) est beaucoup plus exposée à l'extérieur de la forêt ; secundo, l'ouverture de la canopée est plus accentuée dans les forêts visitées ; tertio, des arbres fruitiers tels que les goyaviers étaient en saison de fructification au moment de l'inventaire et ils étaient nombreux à Torotorofotsy. Certains auteurs¹⁴ disent que la présence de *Microcebus rufus* dans un site dépend fortement sur la disponibilité des arbres fruitiers. L'espèce est capable de survivre dans des habitats altérés¹⁵ et aussi elle est beaucoup plus abondante dans les formations secondaires que dans les forêts primaires dans certains sites¹⁶.

L'absence de *Eulemur rubriventer* à Analamay et Ambatovy pourrait être due à la manque de reconnaissance des sites d'étude due à la court séjour d'inventaire. Il paraît également que l'hétérogénéité de la longueur des transects pourrait être un facteur de son absence. Il est à noter que le maximum d'espèces (08 espèces) est détecté le huitième jour à Analamay, ce qui signifie que cet effort n'était pas suffisant pour le site Analamay qui pourrait être dû à la présence du cyclone GAFILO. Par contre, l'inventaire en 1997 fait par Meyers *et al.* a mis en exergue sa présence dans les deux sites susmentionnés. Néanmoins, l'abondance relative à Analamay est peu élevée (même auteur).

Une remarque particulière est la faible diversité en espèces à Torotorofotsy par rapport aux deux autres sites, l'absence de *Indri indri* et *Lepilemur mustelinus*. Nombreuses clairières et pistes villageoises ont pénétré à l'intérieur de la forêt. D'ailleurs, des pièges à lémuriens, bien qu'ils soient inactifs au moment de l'inventaire, étaient fréquemment observés. La pression de la chasse est un majeur menace de la population lémurienne de Torotorofotsy.

La limite sud de la distribution géographique de *Indri indri* est la rivière de Mangoro¹⁷. Elle est présente dans les aires protégées avoisinantes (Parc National de Mantadia, Réserve Spéciale d'Analamazaotra) et même dans les deux premiers sites d'étude (Analamay et Ambatovy). L'étude en 1997 par Meyers *et al.* avait montré sa présence à Ambohitrapanga

⁷ : Ganzhorn, 1988

⁸ : Britt *et al.*, 1999

⁹ : Britt *et al.*, 1999

¹⁰ : Mittermeier *et al.*, 1992

¹¹ : Mittermeier *et al.*, 1994

¹² : Britt *et al.*, 1999

¹³ : Ralison, *in prép.*

¹⁴ : Ganzhorn, 1988

¹⁵ : Mittermeier *et al.*, 1994

¹⁶ : Ganzhorn, 1987, 1988

¹⁷ : Petter *et al.*, 1977 ; Rand, 1935

alors que l'espèce était absente durant les observations à Torotorofotsy. Il semble que les perturbations mentionnées auparavant (type de pressions) sont un des facteurs de son absence dans ce site. L'absence de *Indri indri* dans ce site pourrait être due à la fragmentation des forêts visitées et/ou à la perturbation de son habitat dans la forêt continue. Dans d'autres régions à Madagascar, la pression de la chasse aux lémuriens en groupes est largement répandue et affecte souvent la taille de ceux-ci et le comportement de l'animal¹⁸. En outre, l'ouverture de la forêt dans le couloir forestier est un majeur menace et pourrait expliquer la faible densité et l'absence de lémuriens particuliers¹⁹.

La présence de *Hapalemur griseus griseus* dans le marais à *Pandanus* à Torotorofotsy n'est pas évident où ce morceau de forêt à *Pandanus* d'une longueur de 600m contient plusieurs espèces de plantes consommées par *Hapalemur* sp. même s'il n'y a pas de bambou²⁰.

La comparaison des communautés de primates d'autres régions dans le complexe Mantadia-Zahamena (Réserve Naturelle Intégrale de Zahamena, Parc National de Mantadia, Réserve Spéciale d'Analamazaotra et Forêt classée de Betampona²¹) nous montre que la région d'étude est moins riche en espèces.

Tableau 6 : Richesses spécifiques d'autres régions dans le complexe Mantadia-Zahamena.

Espèces	Analamay	Ambatovy	Torotorofotsy	RNI Zahamena	RS Analamazaotra	PN Mantadia	Betampona
<i>Microcebus rufus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Cheirogaleus major</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Phaner furcifer</i>				+			+
<i>Lepilemur mustelinus</i>	+	+		+			+
<i>Lepilemur microdon</i>					+	+	
<i>Hapalemur griseus griseus</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Eulemur rubriventer</i>			+	+	+	+	
<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	+	+	+	?	+	+	
<i>Eulemur fulvus albifrons</i>							+
<i>Varecia variegata variegata</i>				+	+	+	+
<i>Avahi laniger</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Propithecus diadema diadema</i>	+	+	+	+			+
<i>Indri indri</i>	+	+		+	+	+	+
<i>Daubentonia madagascariensis</i>				+	+	+	+
TOTAL	08	08	07	12^a	10^a	10^a	11^b

*: entendue

Fd: trace

#: espèces observées par d'autres participants

^a: Mittermeier *et al.*, 1994

^b: Britt *et al.*, 1999

¹⁸ : Duckworth *et al.*, 1995 ; Schmid et Smolker, 1998

¹⁹ : Schmid, 2000

²⁰ : Ralison, in prép.

V. CONCLUSIONS

Dans l'ensemble, neuf espèces de lémuriens ont été enregistrées durant l'inventaire. Les deux premiers sites possèdent le maximum d'espèces avec 8 espèces chacune. La composition de lémuriens dans les forêts d'Analamay, d'Ambatovy et de Torotorofotsy est assez faible par rapport aux autres aires protégées avoisinantes. Vu la forte dégradation forestière affectée par la présence des villages autour de la forêt et du marais, les lémuriens de grande taille commencent à disparaître, lesquels sont les plus chassés et beaucoup plus menacés par la dégradation de la forêt par rapport aux petits lémuriens qui peuvent survivre dans des formations secondaires. Mais certaines espèces possèdent une densité plus élevée par rapport aux forêts adjacentes. Il est évident que ces sites jouent un rôle d'extension sur la distribution géographique des lémuriens à l'intérieur du couloir de Mantadia-Zahamena alors que les activités anthropiques ne cessent de détruire leur habitat naturel en passant par le défrichement du milieu jusqu'aux feux de brousse non contrôlés.

REMERCIEMENTS

Ces travaux de recherche ont été permis par la Direction des Eaux et Forêt que nous tenons à remercier pour l'autorisation de recherche dans les différents sites d'études. Nous tenons à remercier également Dr. David Meyers qui a bien voulu nous accueillir dans cette mission. Nos principaux remerciements s'adressent également à l'équipe de DYNATEC dirigé par M. Andy Desaulnier pour leurs aides et supports souhaitables durant l'inventaire. Nous tenons à remercier également Tressa Gibbard pour ses aides précieuses. Nos remerciements avec reconnaissances s'adressent aux assistants venant de Moramanga et les guides à Torotorofotsy pour l'ensemble de leurs connaissances de terrain et leur assistance ainsi que les villageois de Berano et Torotorofotsy pour leurs accueils chaleureux durant les enquêtes faites auprès d'eux.

²¹ : Mittermeier *et al.* 1994

Références bibliographiques

1. Britt A., A. Axel, and Young R. (1999): Brief surveys of two classified forest in Toamasina province, eastern Madagascar. *Lemur New Vol.* 4. 1999. Pp. 25 – 27.
2. Charles-Dominique P., and C. M. Hladik (1971): Le *Lepilemur* du Sud de Madagascar: Ecologie, alimentation et vie sociale. *La Terre et la Vie* 25:3 – 66.
3. Duckworth J.W., M.I. Evans, A.F.A. Hawkins, R.J. Safford, and R.J. Wilkinson (1995): The lemurs of Marojejy Strict Nature Reserve, Madagascar: a status overview with note on ecology and threats. *International Journal of Primatology*, **16**: 545 – 559.
4. Ganzhorn J.U. (1988): Food partitioning among Malagasy primates. *Oecologia* (Berlin) 75: 436 – 450.
5. Garbutt N. (1999): Mammals of Madagascar. Pica Press, Sussex. ISBN 1-873403-52-6.
6. Harcourt C. & J. Thornback (1990): Lemurs of Madagascar and the Comoros. – Gland, Switzerland and Cambridge, U.K.
7. Mittermeier R.A., W.R. Konstant, M.E. Nicoll, and O. Langrand (1992): Lemurs of Madagascar: An action plan for their conservation. 1993 – 1999. IUCN/SSC Primates Specialist Group. Gland. Switzerland.
8. Mittermeier R.A., I. Tattersall, W.R. Konstant, D.M. Meyers, & R.B. Mast (1994): Lemurs of Madagascar. – Conservation International, Washington, D.C.
9. Petter J.-J., Albignac R., and Rumpler Y. (1977): *Faune de Madagascar. No. 44. Mammifères Lémuriens (Primates Prosimiens)*. ORSTOM/CNRS, Paris.
10. Pollock, J.I. (1979): Spatial distribution and ranging behavior in lemurs. Pp. 359-409. In: G.A. Doyle and R.D. Martin (eds.), *The Study of Prosimian Behavior*. Academic Press, New York.
11. Ralison J.M. (*in prép.*) : Inventaire rapide des lémuriens dans la forêt classée de Tsitongambarika; forêt de Farafara et couloir forestier d'Ivorona.
12. Ralison J.M. (*in prép.*) : Etude bio-écologique et comportement de *Hapalemur meridionalis* dans les formations littorales de Fort-Dauphin : Forêt de Mandena.
13. Rand A. L. (1935) : On the habits of some Madagascar mammals. *Journal of Mammalogy*, **16**, 89-104.
14. Schmid J. (2000): Conservation planning in the Mantadia – Zahamena Corridor, Madagascar: Rapid Assessment program (RAP). In: Rheinwald G. (ed.). Isolated vertebrate communities in the tropics. *Bonn. Zool. Monogr.* 46. Pp. 285 – 296.
15. Schmid J., and R. Smolker (1998): Lemurs in the Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-Sud, Madagascar. Pp. 227 – 238. In Goodman S.M. (ed.): A floral and faunal inventory of the Réserve Spéciale d'Anjanaharibe-Sud, Madagascar: with reference to elevational variation. *Fieldiana Zoology*, n.s., N°90. 246p.
16. Tattersall I. (1982): The Primates of Madagascar. – Columbia University Press, New York.

VOLUME J

SECTION 2.1

ATTACHMENT 4

SMALL MAMMALS

ATTACHMENT 4-1
MINE LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Small Mammals Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat

Order	Habitat	Species	# Captures
Lipotyphlas	azonal	<i>Microgale cowani</i>	8
		<i>Microgale dobsoni</i>	1
		<i>Microgale fotsifotsy</i>	1
		<i>Microgale gymnorhyncha</i>	2
		<i>Microgale longicaudata</i>	6
		<i>Microgale sp.</i>	1
		<i>Microgale taiva</i>	4
		<i>Microgale talazaci</i>	4
		<i>Microgale thomasi</i>	2
		<i>Setifer setosus</i>	3
		<i>Suncus murinus</i>	3
		<i>Tenrec ecaudatus</i>	1
	transitional	<i>Microgale cowani</i>	1
		<i>Microgale longicaudata</i>	3
		<i>Microgale taiva</i>	4
		<i>Microgale talazaci</i>	4
		<i>Oryzomys hova</i>	1
		<i>Setifer setosus</i>	1
		<i>Suncus murinus</i>	2
		<i>Tenrec ecaudatus</i>	2
	zonal	<i>Hemicentetes semispinosus</i>	3
		<i>Microgale cowani</i>	15
		<i>Microgale drouhardi</i>	1
		<i>Microgale longicaudata</i>	7
		<i>Microgale sp.</i>	3
		<i>Microgale sp. A</i>	1
		<i>Microgale sp. B</i>	2
		<i>Microgale talazaci</i>	18
		<i>Microgale thomasi</i>	1
		<i>Suncus murinus</i>	5
	marsh	<i>Hemicentetes semispinosus</i>	1
		<i>Microgale fotsifotsy</i>	2
		<i>Microgale longicaudata</i>	1
		<i>Suncus murinus</i>	3
Rodentia	azonal	<i>Eliurus tanala</i>	1
		<i>Eliurus webbi</i>	2
		<i>Rattus rattus</i>	13
	zonal	<i>Eliurus minor</i>	1
		<i>Rattus rattus</i>	33

SPECIES ACCUMULATION CURVES

Figure 1 Species Accumulation Curve for Small Mammals in Azonal Habitat

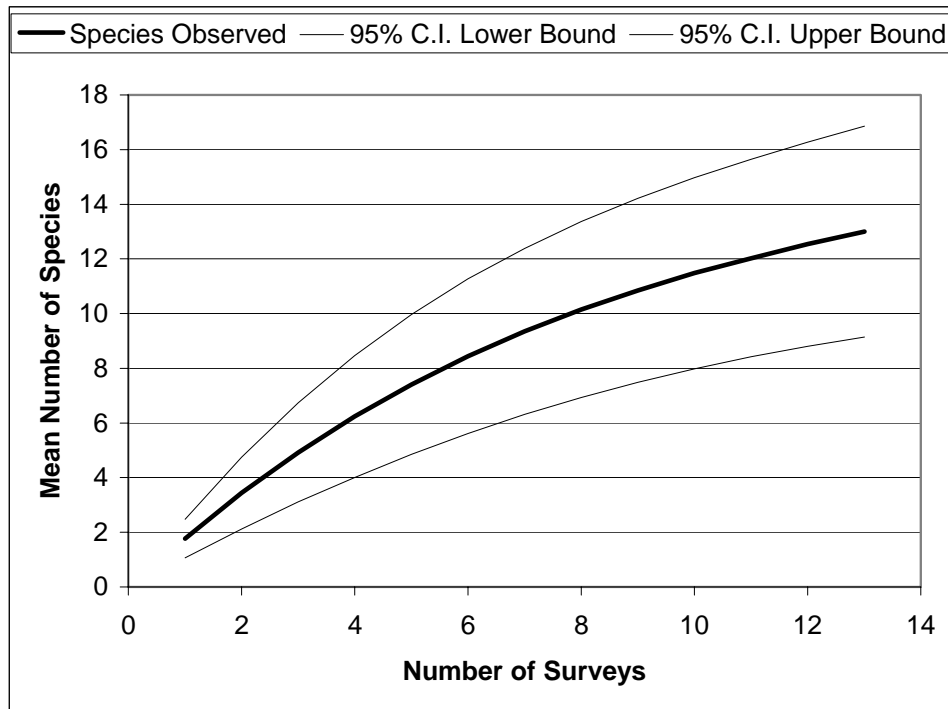


Figure 2 Species Accumulation Curve for Small Mammals in Transitional Habitat

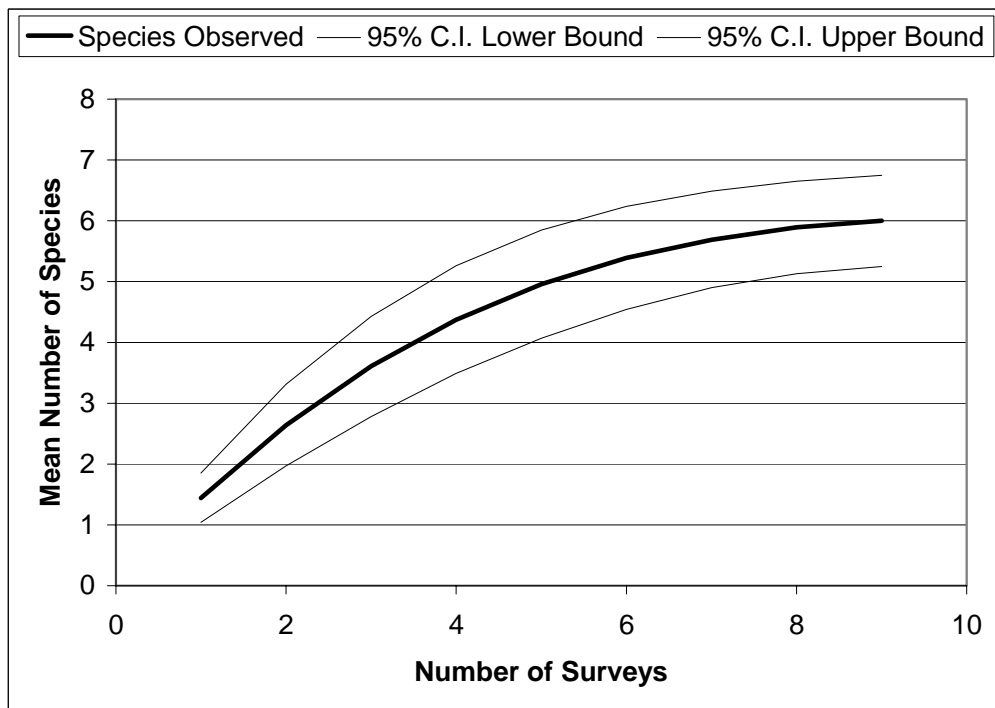
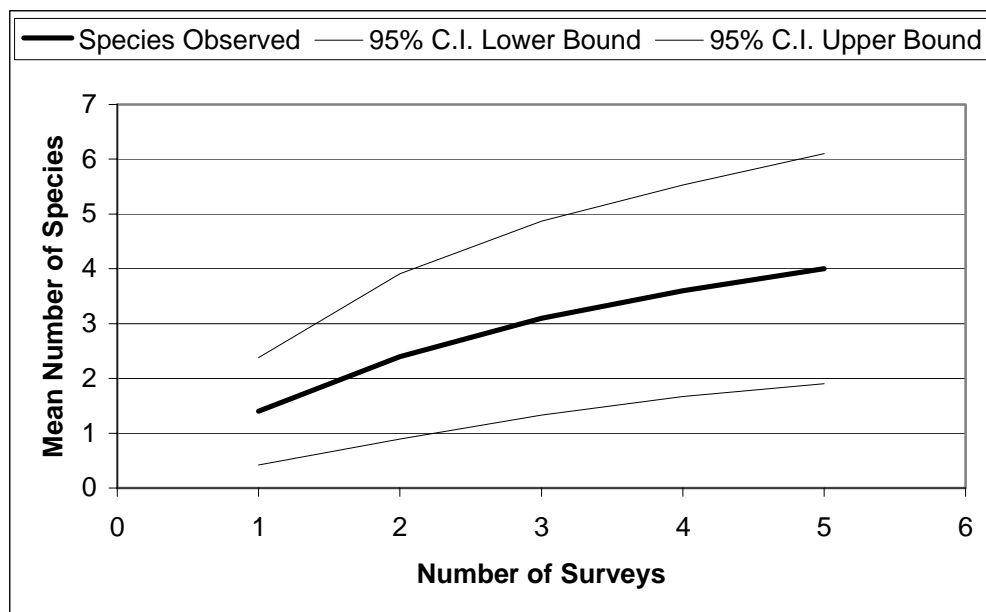


Figure 3 Species Accumulation Curve for Small Mammals in Marsh Habitat



TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT
ON
SMALL MAMMALS
(FRENCH)

**ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTALE
DANS LE CADRE D'UN PROJET
D'EXPLOITATION DE MINIERE DANS LA
REGION DE MORAMANGA**

(ANALAMAY, AMBATOVY, SAHAVARINA)

VOLET MICROMAMMIFERE

P A R

par

RANDRIAMANANTSOA Hary N.

Mission du 06 au 31 Mars 2004

Sommaire

Introduction.....	03
Matériels et méthodes	
a)- description des lignes de pièges “pitfall”	03
b)- description des lignes de pièges “ Sherman et national Tomahawks”.....	04
c)- préparation des spécimens	04
d)-détermination des spécimens de référence.....	04
Résultats	
a)-ligne de trous-pièges (Pitfall)	05
b)-lignes de pièges standards (Shermans et national Tomahawks) :	06
Discussion	
a)-abondance relative.....	07
b)-richesse spécifique.....	08
c)-variation des taux de captures.....	09
Conclusion.....	10
Remerciement.....	11
Références bibliographiques.....	11

Listes des Tableaux

Tableau 1 : Description des lignes de pièges « pitfall »
Tableau 2 : Description des lignes de pièges “ Sherman et National ”
Tableau 3 : Résultats relatifs aux captures des micromammifères dans les lignes de trous-pièges
Tableau 4 : Résultats relatifs aux captures des micromammifères dans les lignes de pièges standards
Tableaux 5 : Informations et données relatives sur l’abondance des micromammifères dans les deux types de pièges
Tableau 06 : Information relative à la richesse spécifique des différents sites d’études
Tableau 07 : Variation des taux de captures dans les lignes de pièges « pitfall »
Tableau 08 :Variation des taux de captures dans les lignes de pièges « Sherman & national Tomahawks »

INTRODUCTION

L'objectif de cette expédition consiste à faire un inventaire faunistique des micromammifères à l'intérieur de trois sites de la forêt de Moramanga dans le cadre d'une étude d'impact environnemental sur une exploitation minière dans cette région. Notre travail consiste à faire le piégeage des petits mammifères afin de connaître les différentes espèces qui pourraient être rencontrées dans cette forêt.

Deux Ordres distinctes composent les Micromammifères de Madagascar. Les Lipotyphla sont constitués par deux familles, les Tenrecidae qui sont en général une famille endémique malgache, et les Soricidae. Le deuxième groupe est formé par l'ensemble des Rongeurs malgaches dont la sous-famille endémique, Nesomyinae et celle des Murinae comprenant les espèces introduites comme *Rattus rattus*

Localité : Nos sites d'études se localisent à environ 25 km au Nord Est de la ville de Moramanga Madagascar, Province de Tamatave, Fivondronana de Moramanga

Sites d'études : forêt d'Analamay (18° 48' 399 Sud, 48° 20' 313 Est),

Forêt d'Ambatovy (18° 51' 121 Sud, 48° 19' 310 Est) et

Forêt de Sahavarina (18° 51' 936 Sud, 48° 20' 776 Est).

MATERIELS ET METHODES

Au cours de cette étude, deux méthodes de captures ont été utilisées pour la capture des petits mammifères dans les forêt de Moramanga. Le piégeage classique comprend les pièges "Sherman et national Tomahawks", et les pièges "pitfall" utilisant des seaux alignés. Les piégeages durent 7 nuits (une nuit-piège est constituée d'une période de 24 heures) et les visites des pièges sont effectuées le petit matin et vers la fin de l'après-midi au cours de laquelle les appâts dans les pièges classiques sont renouvelés pour attirer les animaux.

a)- Description des lignes de pièges "pitfall"

Onze seaux placés à 10m l'un de l'autre ont été installés le long d'un transect de 100m dans la forêt. Une barrière en plastique foncée a été dressée verticalement le long de cette ligne de façon à ce qu'elle traverse l'ouverture de chaque seau. Ceci permet de diriger les animaux vers les trous. L'emplacement de chaque ligne de piège a été choisi en fonction des microhabitats (crête, pente, et vallée de montagne) ou la qualité de la forêt.

Tableau 1 : Description des lignes de pièges « pitfall »

Site	Habitat	Total de nuit-piège
Ambatovy	L01 : Vallée de montagne ; forêt secondaire peu perturbée	77
	L02 : Flanc d'une montagne	77
	L03 : Crête d'une montagne à forêt dégradée	77
Analamay	L04 : Vallée de montagne à bambou liane très épaisse	77
	L05 : Flanc de montagne à proximité de large <i>Philippia</i>	77
	L06 : Crête; forêt secondaire perturbée (ancien piste)	77
Sahavarina	L07 : Vallée ; forêt secondaire peu perturbée	77
	L08 : Flanc ; forêt secondaire dégradée	77
	L09 : Ilot forestier ; à proximité du marais	77

b) – Description des lignes de pièges "Sherman et national Tomahawks"

L'emplacement des pièges classiques a été choisi en fonction du micro-habitat rencontré : sur le sol ; à côté d'une racine d'un arbre muni ou non d'un trou à sa base ; au-dessus du sol ou à côté d'un arbre mort pourrissant ; attaché sur une branche de lianes ou de tiges (Goodman et al., 1999) . La hauteur des pièges varie de 50 à 250 cm. Les appâts sont constitués de beurre de cacahuètes mélangé avec du poisson séché.

Tableau 2 : Description des lignes de pièges “ Sherman et National ”

Site	Habitat	Nombre de piège	Total de nuit-piège
Ambatovy	L10 : Crête d'une montagne à forêt dégradée	30	210
	L11 : Flanc ; forêt de montagne dégradée		
	L12 : Vallée de montagne ; forêt secondaire peu perturbée	30	210
	L13 : A la limite de la forêt et un ancien champs de culture	30 12	210 84
Analamay	L14 : Crête; forêt secondaire perturbée (ancien piste)	26	182
		17	102
	L15 : Vallée vers versant ; forêt perturbée	21	126
	L16 : Vallée de montagne à bambou liane épaisse		
Sahavarina	L17 : A proximité d'une forêt ancienne brûlée	12	72
	L18 : Crête ; forêt peu dégradée.		
	L19 : Vallée; forêt secondaire peu perturbée	30	210
	L20 : Forêt de <i>Pandanus</i> (Torotorofotsy) au milieu du marais	30	210
	L21 : Ilot forestier entouré de plantation de Goyave	21	147
		21	147

c)–préparation des spécimens :

Les individus capturés et qui vont être retenus en qualité de spécimens de référence ont été, après avoir mesurés et pesés, préparés en peau ou fixé dans du Formol dilué à 12%. D'autres sont destinés à la préparation de squelette ou aux études craniodentales et sont conservés dans de l'alcool 90°. Afin de confirmer la détermination, par analyse génétique, certaines spécimens ont fait l'objet de prélèvement de tissus musculaires. Ces derniers sont alors conservés dans une solution d'EDTA. Cette technique concerne plus particulièrement les espèces endémiques.

d)- détermination des spécimens de référence

Certains micromammifères capturés sont plus facile à identifier morphologiquement tandis que d'autres espèces nécessitent l'utilisation des « clef de détermination » établie par des Spécialistes (Carleton, 1994 ; Jenkins, 2003) pour pouvoir les reconnaître. Néanmoins, il nous a fallu faire une étude craniodentale de quelques spécimens dans le but de distinguer certains individus ayant des formes semblables mais aussi dans le but de confirmer l'identité de quelques nouvelles espèces notamment les changements apportés chez les *Microgale* à longue queue (Olson et al., 2004).

RESULTATS

Un total de 68 individus de petits mammifères (35 dans les lignes de pièges Sherman et National et 33 dans les lignes de trous-pièges) a été capturé durant les piégeages dans l'ensemble des 3 sites visités à Moramanga. Ces animaux sont repartis en 15 espèces dont 13 endémiques de Madagascar (10 Lipotyphlas et 3 Rodentia). En se référant au nombre de nuit-piège établi, nous avons trouvé que le taux de captures pour les trous-pièges a été plus importants (4,54%) que celui enregistré dans les pièges vivantes (1,88%)

a)- Ligne de trous-pièges (Pitfall)

Dans tous les sites que nous avons visités, seul les Lipotyphla ont été capturés dans les trous-pièges. Trente trois petits mammifères y ont été trouvés en 726 nuits-pièges avec un total de 12 espèces. A l'exception de *Suncus murinus* qui est dans la famille des Soricidae, toutes les espèces appartiennent à la famille des Tenrecidae dont trois dans la sous-famille des Tenrecinae (*Hemicentetes semispinosus*, *Setifer setosus* et *Tenrec ecaudatus*) et 10 dans la sous-famille des Oryzoricinae soit 7 *Microgale* spp. et un *Oryzoryctes hova*.

Le succès de piégeage était le plus élevé dans le site d'Ambatovy avec 7,35% soit 17 individus de petits mammifères, vient ensuite celui d'Analamay (3,78% avec 10 individus) et de Sahavarina (2,59% avec 6 individus). Le nombre d'espèces capturé au niveau de chaque site varie également de 9 à 4 respectivement pour Ambatovy et Sahavarina. De même, ce premier site a été l'endroit où l'on a trouvé le nombre d'individus plus élevé car il représente plus de la moitié de la capture totale enregistrée dans les trous-pièges.

L'espèce la plus fréquemment capturée dans ce type de piège était *Microgale taiva* (7 individus au total) tandis que *Microgale majori* est l'espèce la plus représentée au niveau de cette forêt.

Tableau 3 : Résultats relatifs aux captures des micromammifères dans les lignes de trous-pièges

SITE		Analamay	Ambatovy	Sahavarina	Total
ESPECE					
Altitude		1054 m	1008 m	883 m	
Date du début		06/03/2004	15/03/2004	23/03/2004	726
Date de la fin		13/03/2004	21/03/2004	29/03/2004	
Total de trous-pièges		264	231	231	
<u>Lipotyphlas</u>					
<i>Hemicentetes semispinosus</i>		0	0	1	1
<i>Microgale cowani</i>		0	2	0	2
<i>M. dobsoni</i>		0	1	0	1
<i>M.fotsifotsy</i>		1	0	2	3
<i>M. majori</i>		4	1	1	6
<i>M. taiva</i>		0	7	0	7
<i>M.talazaci</i>		3	2	0	5
<i>M.thomasi</i>		1	1	0	2
<i>Oryzorictes hova</i>		1	0	0	1
<i>Suncus murinus</i>		0	1	2	3
<i>Setifer setosus</i>		0	1	0	1
<i>Tenrec ecaudatus</i>		0	1	0	1
Total des petits mammifères		10	17	6	33
Taux de capture (%)		3.78	7.35	2.59	4.54
Espèces recensées		5	9	4	12
Espèces endémiques		5	8	4	11

b)- Lignes de pièges standard (Shermans et national Tomahawks) :

Trente cinq individus repartis en 7 espèces, pour un total de 1910 nuits-pièges, ont été capturés dans les différentes lignes de pièges établies. Les Oryzoricetinae endémique de Madagascar y ont été rarement capturées avec seulement un *Microgale talazaci*, tandis que deux espèces dans la sous-famille des Tenrecinae (*Setifer setosus* et *Tenrec ecaudatus*) sont les lipotyphlas qu'on a pu capturer avec ces pièges vivantes. La majorité de la capture a été dominée par la présence des espèces introduites *Rattus rattus* (famille des Muridae, sous-famille des Murinae) et *Suncus murinus* (famille des Soricidae) car elles représentent non seulement plus du trois- quarts (27 individus) de nos résultats de recherches dans ces lignes de pièges mais elles étaient toujours présentes dans tous les sites de captures.

En se référant aux études faites auparavant au niveau de ces sites, en particulier chez les rongeurs, deux autres Nesomyinae ont pu être enregistrées durant cette étude. Il s'agit de *Eliurus tanala* et *Eliurus webbi* qui sont toutes les deux des espèces endémiques de Madagascar trouvées dans le site d'Ambatovy.

En ce qui concerne les taux de capture, nous avons constaté que celui du site Sahavarina a été le plus élevé avec 2,52% s'il n'y a que 1,03% pour Analamay qui représente le taux le plus faible. En outre, c'est le site d'Ambatovy qui nous a permis d'obtenir les quatre espèces endémiques parmi les cinq capturées dans toutes les lignes de pièges standard utilisées à Moramanga.

Tableau 4 : Résultats relatifs aux captures des micromammifères dans les lignes de pièges standards

SITE		Analamay	Ambatovy	Sahavarina	Total
ESPECE					
Altitude		1054 m	1008 m	883 m	
Date du début		09/03/2004	16/03/2004	23/03/2004	1910
Date de la fin		16/03/2004	23/03/2004	30/03/2004	
Total de nuits-pièges		482	714	714	
<u>Lipotyphlas</u>					
<i>Hemicentetes semispinosus</i>		0	0	0	0
<i>Microgale cowani</i>		0	0	0	0
<i>M. dobsoni</i>		0	0	0	0
<i>M.fotsifotsy</i>		0	0	0	0
<i>M. taiva</i>		0	0	0	0
<i>M.talazaci</i>		1	0	0	1
<i>M.thomasi</i>		0	0	0	0
<i>Oryzorictes hova</i>		0	0	0	0
<i>Setifer setosus</i>		0	2	0	2
<i>Suncus murinus</i>		2	2	3	7
<i>Tenrec ecaudatus</i>		1	1	0	2
<u>Rongeurs</u>					
<i>Eliurus tanala</i>		0	1	0	1
<i>Eliurus webbi</i>		0	2	0	2
<i>Rattus rattus</i>		1	4	15	20
Total des petits mammifères		5	12	18	35
Taux de capture (%)		1.03	1.68	2.52	1.83
Espèces recensées		4	6	2	7
Espèces endémiques		2	4	2	5

DISCUSSIONS

Abondance relative

En combinant les résultats de captures avec les pièges standard et les pièges « pitfall », nous avons trouvées 15 espèces de micromammifères au cours de cet inventaire de mars 2004. En général, ce sont les espèces introduites qui constituent les 43, 4% (30 individus sur les 68 piégés) de la capture totale (tableau 05).

L'abondance de ces petits mammifères suivant les trois site de capture est statistiquement significative ($\chi^2 = 60.414$; ddl = 28.000 ; $p=0.000$) au seuil de probabilité 0.05. Cette différence se trouve surtout au niveau du site d'Analamay où les lipotyphla ont été les plus nombreux ($\chi^2 = 35.771$; ddl = 22.000 ; $p = 0.032$) soit les 46.6% des Lipotyphlas capturés, suivis de ceux d'Ambatovy et de Sahavarina (respectivement 15 et 9 individus).

Dans l'ensemble des Rongeurs, la différence sur l'abondance entre les sites n'est pas significative au seuil de probabilité 0.05 ($\chi^2 = 7.886$; ddl = 4.000 ; $p = 0.096$), alors que cette situation change en tenant compte de l'endémicité de chaque espèce capturée. En effet, l'abondance de *Rattus rattus* est significativement élevée dans le site de Sahavarina ($\chi^2 = 16.300$; ddl = 2.000 ; $p = 0.000$), ce qui expliquerait ainsi son état de dégradation et de sa proximité des lieux d'habitation humaine.

Tableaux 5 : Informations et données relatives sur l'abondance des micromammifères dans les deux types de pièges

	Ambatovy	Analamay	Sahavarina	Total
LIPOTYPHLA				
<i>Hemicentetes semispinosus</i>	0	0	1	1
<i>Microgale cowani</i>	0	2	0	2
<i>M. dobsoni</i>	0	1	0	1
<i>M. fotsifotsy</i>	1	0	2	3
<i>M. majori</i>	4	1	1	6
<i>M. taiva</i>	0	7	0	7
<i>M. talazaci</i>	3	3	0	6
<i>M. thomasi</i>	1	1	0	2
<i>Oryzoryctes hova</i>	1	0	0	1
<i>Suncus murinus</i>	2	3	5	10
<i>Setifer setosus</i>	2	1	0	3
<i>Tenrec ecaudatus</i>	1	2	0	3
Total des Lipotyphla	15	21	9	45
Abondance relative (%)	33.3	46.6	20	
RODENTIA				
<i>Eliurus tanala</i>	1	0	0	1
<i>Eliurus webbi</i>	2	0	0	2
<i>Rattus rattus</i>	4	1	15	20
Total des Rodentia	7	1	15	23
Abondance relative (%)	30.43	4.34	65.21	
Total des micromammifères	22	24	24	68

Richesse spécifique

Un total de 11 espèces de Micromammifères a été capturé dans le site d'Ambatovy avec 8 Lipotyphla et 3 rongeurs dont une introduite (tableaux 5). Dans le site d'Analamay, nous avons recensé 9 espèces de Lipotyphla et une espèce introduite de rongeurs, tandis que dans le site de Sahavarina, nous n'avons trouvé que 4 espèces de Lipotyphla et une espèce de Rongeur. Ainsi, nous pouvons constater que le site d'Ambatovy est le plus riche en petits mammifères même si cette richesse spécifique est assez proche de celle d'Analamay. En effet, 11 espèces ont été trouvées à Ambatovy au cours de cet inventaire dont 8 Lipotyphla et 3 Rongeurs (Indice de diversité de Shannon, $H'_{\text{Ambatovy}} = 0,976$) ; la présence de deux espèces *Eliurus* différencie ce site à celui d'Analamay auquel on a pu en trouver 10 dont 9 Lipotyphla et 1 Rongeur ($H'_{\text{Analamay}} = 0,889$). Le site de Sahavarina serait donc la plus pauvre en de micromammifères avec seulement 4 espèces de Lipotyphlas et une espèce de Rongeur ($H'_{\text{Sahavarina}} = 0,474$). Il faut noter que pour chacun des sites étudiés, les deux espèces introduites de Madagascar (*Suncus murinus* et *Rattus rattus*) sont toujours capturées dans nos pièges et le site le plus infecté est celui de Sahavarina où toutes les captures effectuées dans les pièges standards sont constituées de ces deux espèces (tableau 06).

La présence massive d'espèce introduite dans le site de Sahavarina pourrait ainsi expliquer par le fait que la forêt se trouve à proximité des champs de culture ou d'habitation qui entraînerait sa dégradation. Comme ce qui a été indiqué auparavant, lors des études faites dans le site d'Analamay (Rakotondravony, 1999), l'existence de *Rattus rattus* dans le site d'Analamay nous a aussi beaucoup surpris car cette espèce n'a été capturée qu'aux alentours de la forêt brûlée de ce site.

Certaines espèces n'ont été trouvées que dans un site seulement. Ainsi, les deux *Eliurus* ont été capturées à Ambatovy ; tandis que les *Microgale taiva* et *M. cowani* n'ont trouvé qu'à Analamay alors que nous n'avons pas trouvé *Hemicentetes semispinosus* qu'à Sahavarina. Ces espèces pourraient donc être confinées au site auquel elles se trouvent.

Tableau 06 : Information relative à la richesse spécifique des différents sites d'études

	Ambatovy	Analamay	Sahavarina
<i>Hemicentetes semispinosus</i>	-	-	*
<i>Microgale cowani</i>	-	*	-
<i>M. dobsoni</i>	-	*	-
<i>M. fotsifotsy</i>	*	-	*
<i>M. majori</i>	*	*	*
<i>M. taiva</i>	-	*	-
<i>M. talazaci</i>	*	*	-
<i>M. thomasi</i>	*	*	-
<i>Oryzoryctes hova</i>	*	-	-
<i>Suncus murinus</i>	*	*	*
<i>Setifer setosus</i>	*	*	-
<i>Tenrec ecaudatus</i>	*	*	-
<i>Eliurus tanala</i>	*	-	-
<i>Eliurus webbi</i>	*	-	-
<i>Rattus rattus</i>	*	*	*
Total des espèces	11	10	5

Variation des taux de captures

D'après les résultats de captures que nous avons réalisé, les taux de captures au niveau des différents ligne de pièges installés dans ces différents sites sont très faibles, certaines lignes de pièges présentent même de résultats nuls au cours de cet inventaire. Pour les lignes de pièges « pitfall », les taux de capture varient de l'ordre de 0 à 6,82%, c'est dans le site d'Analamay que cette valeur a été la plus élevée. On pourrait attribuer cette augmentation à la présence d'une quantité importante d'eau de pluie survenue durant cette période d'échantillonnage qui favoriserait l'activité d'un certain nombre de micromammifères (Goodman et al. 1996b). Il est à noter que parmi les trois type d'habitat échantillonné dans chaque site, les lignes de crête présentaient toujours les taux de captures les plus faibles.

Tableau 07 : Variation des taux de captures dans les lignes de pièges « pitfall »

Site	Ambatovy			Analamay			Sahavarina		
Type de piège	« Pitfall »								
Longueur totale de la ligne(m)	100	100	100	100	100	100	100	100	100
Ligne	L01	L02	L03	L04	L05	L06	L07	L08	L09
<i>Hemicentetes semispinosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microgale cowani</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	0
<i>M. dobsoni</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>M. fotsifotsy</i>	1	0	0	0	0	0	0	2	0
<i>M. majori</i>	2	2	0	1	0	0	0	1	0
<i>M. taiva</i>	0	0	0	3	4	0	0	0	0
<i>M. talazaci</i>	0	2	1	1	1	0	0	0	0
<i>M. thomasi</i>	1	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Oryzorictes hova</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Suncus murinus</i>	0	0	0	0	0	1	0	1	1
<i>Setifer setosus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0
<i>Tenrec ecaudatus</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0
<i>Eliurus webbi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tanala</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rattus rattus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total des individus capturés	4	4	2	6	6	5	0	4	1
Taux de captures	5,19	5,19	2,60	6,82	6,82	5,68	0,00	5,19	1,30

En ce qui concerne les taux de captures dans les pièges standards, ils varient également de 0 à 4,90% dont le plus élevé se trouve dans le site d'Analamay. En général, ces pièges sont destinées à capturer les rongeurs et quelquefois certains Lipotyphlas mais durant cette il a été constaté que c'est la présence d'espèces introduites *Rattus rattus* et *Suncus murinus* qui fait augmenter les taux de captures observés dans plusieurs lignes de pièges établies.

Tableau 08 : Variation des taux de captures dans les lignes de pièges « Sherman & national Tomahawks »

Site	Ambatovy				Analamay				Sahavarina			
Type de piège	« Sherman & national Tomahawks »											
Longueur totale de la ligne(m)	169	154	146	50,6	137,4	99,1	155	65	174	99,7	91,6	108
Ligne	L10	L11	L12	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21
<i>Hemicentetes semispinosus</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Microgale cowani</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. dobsoni</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. fotsifotsy</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. majori</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. taiva</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>M. talazaci</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>M. thomasi</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oryzorictes hova</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Suncus murinus</i>	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	1	0
<i>Setifer setosus</i>	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Tenrec ecaudatus</i>	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>Eliurus webbi</i>	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>E. tanala</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rattus rattus</i>	0	2	1	1	0	1	0	0	8	1	2	3
Total d'individus capturés	1	4	4	3	0	5	0	0	8	2	3	3
Taux de captures(%)	0,48	1,90	1,90	3,57	0,00	4,90	0,00	0,00	3,81	0,95	2,38	2,38

CONCLUSIONS

Quinze espèces de petits mammifères dont 13 lipotyphlas et 2 Rongeurs qui sont repartis dans les 68 individus capturés dans les deux types de pièges ont été les résultats de la recherche que nous avons effectuée dans les forêts de Moramanga. En plus de ces captures, quatre Lipotyphla ont été capturés à la main dont deux *Tenrec ecaudatus*, un *Microgale majori* et un *Hemicentetes semispinosus*.

Seule *Microgale majori* est l'espèce endémique présente en même temps dans les trois sites d'études, ce qui indiquerait que ces derniers ont leurs compositions différentes sur les faunes de petits mammifères. En plus, l'abondance de chaque espèce échantillonnée est très faible au niveau de chaque site, la plus élevée étant pour *Microgale taiva* avec seulement 7 individus en 726 nuits-trous-pièges. En ce qui concerne l'abondance des micromammifères dans cette région, il a été constaté que ce sont les espèces introduites qui sont les plus nombreuses dans nos lignes de pièges, les espèces natives semblent ainsi très rares.

Nous pourrions attribuer cette faible abondance et richesse spécifique à l'état de la dégradation forestière au niveau de chaque site, la structure végétative ainsi que la structure du sol dans certains endroits de la forêt, constitué de rochers, qui ne constitueraient pas un microhabitat favorable à la survie des petits mammifères.

REMERCIEMENT

Je remercie D. Rakotondravony de m'avoir fourni la documentation nécessaire à cette étude ainsi que S.M. Goodman pour les aides qu'il nous a accordé dans la détermination des spécimens collectés durant cette étude.

Nous tenons également à remercier D. Meyers de m'avoir permis à intégrer parmi le groupe de Chercheurs travaillant dans le cadre de cette Etude d'impact environnementale.

Cette étude a été financée par Golders Associates à qui j'adresse mes profondes reconnaissances.

REFERENCES

Goodman S.M., Carleton M.D., Pidgeon M.,1999. Rodents of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela. Dans "a faunal and floral inventory of the Réserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar : with reference to elevational variation". Fieldiana, zoology new series n°94; p. 217-249.

Goodman, S.M., Jenkins, P.D., and Pidgeon, M.,1999b. Lipotyphla (Tenrecidae and Soricidae) of the Reserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar. In A floral and faunal inventory of the Reserve Naturelle Intégrale d'Andohahela, Madagascar: with reference to elevational variation, S. M. Goodman (ed.) Fieldiana Zoology, new series, 94: 187-216

Olson L.E., Goodman S.M., Yoder A., 2004. Illumination of cryptic species boundaries in long-tailed shrew tenrecs (Mammalia: Tenrecidae; *Microgale*), with new insights into geographic variation and distributional constraints

Rakotondravony D. 1999. Environmental impact study of Small Mammals in the forest North of Moramanga. *Environmental Assessment, Phelps Dodge A & A Project, Madagascar*. P. 1-4.

ANNEXE

PITFALL

Les tableaux suivant résument les résultats de captures des espèces dans les pièges « pitfall » pour chaque nuit-piège.

TN : Trap-night

SC : Species captured

CNS: Cumulative number of species

Tableau I : Site d'Analamay

crête			versant			vallée		
TN	SC	CNS	TN	SC	CNS	TN	SC	CNS
0		0	0		0	0		0
11	<i>M. majori</i>	1	11		0	11		0
22	<i>T. ecaudatus</i> , <i>M. taiva</i> , <i>M. talazaci</i>	4	22	<i>M. talazaci</i> , <i>M. taiva</i>	2	22	<i>M. thomasi</i> , <i>M. dobsoni</i>	2
33		4	33		2	33		2
44		4	44	<i>M. cowani</i>	3	44	<i>M. cowani</i>	3
55		4	55		3	55		3
66	<i>M. taiva</i>	4	66	<i>M. taiva</i>	3	66	<i>Suncus murinus</i>	4
77		4	77	<i>M. taiva</i>	3	77	<i>Setifer setosus</i>	5

Tableau II : Site d'Ambatovy

Crête			versant			Vallée		
TN	SC	CNS	TN	SC	CNS	TN	SC	CNS
0		0	0		0	0		0
11	<i>M. majori</i>	1	11	<i>M. majori</i>	1	11		0
22		1	22	<i>M. majori</i> , <i>M. talazaci</i>	2	22	<i>M. talazaci</i>	1
33	<i>M. fotsifotsy</i>	2	33		2	33		1
44		2	44		2	44		1
55		2	55		2	55		1
66		2	66		2	66		1
77	<i>M. thomasi</i>	3	77	<i>M. talazaci</i>	2	77	<i>Oryzomys hova</i>	2

Tableau III : Site de Torotorofotsy

Crête			versant			vallée		
TN	SC	CNS	TN	SC	CNS	TN	SC	CNS
0		0	0		0	0		0
11	<i>Hemicentetes semispinosus</i>	1	11		0	11	<i>Suncus murinus</i>	1
22		1	22		0	22		1
33		1	33		0	33		1
44		1	44		0	44	<i>M. fotsifotsy</i>	2
55		1	55		0	55	<i>M. fotsifotsy, M. majori</i>	3
66		1	66		0	66		3
77		1	77		0	77		3

Tableau IV: Site d'Analamay, Ambatovy, et de Torotorofotsy (pièges « pitfall »)

Analamay			Ambatovy			Torotorofotsy		
TN	SC	CNS	TN	SC	CNS	TN	SC	CNS
0		0	0		0	0		0
33	<i>M. majori</i>	1	33	<i>M. majori</i>	1	33	<i>H. semispinosus; S. murinus</i>	2
66	<i>T. ecaudatus; M. taiva; M. thomasi; M. talazaci; M. dobsoni</i>	6	66	<i>M. majori; M. talazaci</i>	2	66		2
99		6	99	<i>M. fotsifotsy</i>	3	99		2
132	<i>M. cowani</i>	7	132		3	132	<i>M. fotsifotsy</i>	3
165		7	165		3	165	<i>M. fotsifotsy; M. majori</i>	4
198	<i>S. murinus; M. taiva</i>	8	198		3	198		4
231	<i>S. setosus; M. taiva</i>	9	231	<i>M. talazaci; M. thomasi; O. hova</i>	5	231		4
264		9						

SHERMANS& TOMAHAWKS

Les tableaux suivant résument les résultats de captures des espèces dans les pièges «Shermans &National Tomahawks » pour chaque nuit-piège.

TN : Number of trap-night

SC : Species captured

CNS: Cumulative number of species

Tableau V : Nombre cumulatif des espèces capturées dans les 4 lignes de pièges (L14, L15, L16, L17) établies à Analamay

crête			Versant			Vallée			A		
TN	SC	CNS	TN	SC	CNS	TN	SC	CNS	TN	SC	CNS
0		0	0		0	0		0	0		0
21		0	17		0	26		0	12		0
42		0	34	<i>Suncus murinus</i>	1	52		0	24		0
63		0	51		1	78		0	36		0
84		0	68		1	104		0	48		0
105		0	85	<i>M. talazaci</i> ; <i>Rattus rattus</i>	3	130		0	60		0
126		0	102	<i>Suncus murinus</i> ; <i>T. ecaudatus</i>	4	156		0	72		0
						182		0			

Tableau VI : Nombre cumulatif des espèces capturées dans les 4 lignes de pièges (L10, L11, L12, L13) établies à Ambatovy

crête			Versant			Vallée			A		
TN	SC	CNS	TN	SC	CNS	TN	SC	CNS	TN	SC	CNS
0		0	0		0	0		0	0		0
30		0	30			21		0	12		0
60		0	60			51	<i>Suncus murinus</i> , <i>T. ecaudatus</i>	2	24		0
90		0	90	<i>Rattus rattus</i>	1	81	<i>Suncus murinus</i>	2	36		0
120	<i>Setifer setosus</i>	1	120	<i>Eliurus webbi</i>	2	111		2	48	<i>Eliurus webbi</i>	1
150		1	150	<i>Rattus rattus</i>	2	141	<i>T. ecaudatus</i>	2	60		1
180		1	180		2	171		2	72		1
210		1	210	<i>Eliurus tanala</i>	3	201	<i>Rattus rattus</i>	3	84	<i>Setifer setosus</i>	2
						210		3			

Tableau VII : Nombre cumulatif des espèces capturées dans les 4 lignes de pièges (L18, L19, L20, L21) établies à Torotorofotsy

Crête			Versant			Vallée			A		
TN	SC	CN S	TN	SC	CN S	TN	SC	CN S	TN	SC	CN S
0		0	0		0	0		0	0		0
30	<i>Rattus rattus</i>	1	12		0	30	<i>Suncus murinus</i>	1	30		0
60	<i>Rattus rattus</i>	1	33		0	60		1	51	<i>Suncus murinus, Rattus rattus</i>	2
90		1	54		0	90	<i>Rattus rattus</i>	2	72		2
120	<i>Rattus rattus</i>	1	75	<i>Rattus rattus</i>	1	120		2	93		2
150		1	96	<i>Rattus rattus</i>	1	150		2	119		2
180	<i>Rattus rattus</i>	1	117	<i>Suncus murinus</i>	2	180		2	135	<i>Rattus rattus</i>	2
210		1	138		2	210		2	156		2

Tableau VIII: Site d'Analamay, Ambatovy, et de Torotorofotsy (pièges Shermans & Tomahawks)

Analamay			Ambatovy			Torotorofotsy		
TN	SC	CNS	TN	SC	CN S	TN	SC	CN S
0		0	0		0	0		0
26		0	51		0	30	<i>Rattus rattus</i>	1
52		0	153	<i>S.murinus, T. ecaudatus</i>	2	132	<i>Rattus rattus, S. murinus,</i>	2
128		0	255	<i>S.murinus, Rattus rattus</i>	3	234	<i>Rattus rattus, S. murinus,</i>	2
204	<i>Suncus murinus</i>	1	357	<i>Eliurus webbi</i>	4	336	<i>Rattus rattus</i>	2
280		1	459	<i>T.ecaudatus, setifer setosus, Rattus rattus, Eliurus webbi</i>	5	438	<i>Rattus rattus</i>	2
356		1	561		5	540	<i>Rattus rattus</i>	2
432	<i>M. talazaci, Rattus rattus</i>	3	663	<i>Rattus rattus, Eliurus tanala</i>	6	642	<i>Rattus rattus, S. murinus,</i>	2
482	<i>S.murinus, T. ecaudatus</i>	4	714	<i>Setifer setosus</i>	6	714		2

**SPECIES ACCUMULATION CURVES
BY CAPTURE METHOD**

COURBE CUMULATIVE DES ESPECES CAPTUREES

Les courbes suivantes consistent à cumuler les espèces nouvellement capturées durant les nuits-pièges afin de comparer les richesses spécifiques au niveau de chaque site. Ainsi, l'obtention de plateau de courbe indique que la majorité des espèces présentes dans ce site serait inventoriée.

A]- Dans les pièges « pitfall »

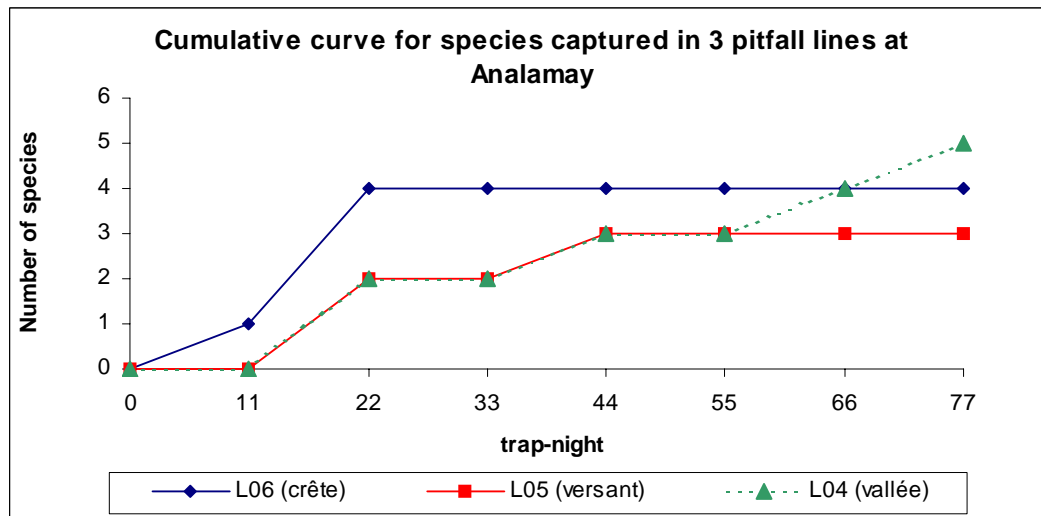


Figure a1 : Courbes cumulatives des espèces capturées dans les trois lignes de trous-pièges à Analamay. Dans la forêt d'Analamay, les trois lignes de trous-pièges installées nous a permis d'obtenir un maximum de 5 espèces dont celle de la vallée a été la plus riche en espèce. C'est dans la ligne de versant que nous avons trouvé le plus faible nombre en espèce (*Microgale cowani*, *M.taiva*, et *M. talazaci*) en trois nuits de piégeage tandis que dans la ligne de crête, aucune nouvelle espèce n'a été trouvée après la deuxième nuit de piégeage ; quatre espèces y a été capturée. Au niveau de la ligne de la vallée de montagne, la courbe n'atteint pas un plateau puisqu'une nouvelle espèce *Setifer setosus* a été capturée à la dernière nuit de piégeage (tableau I).

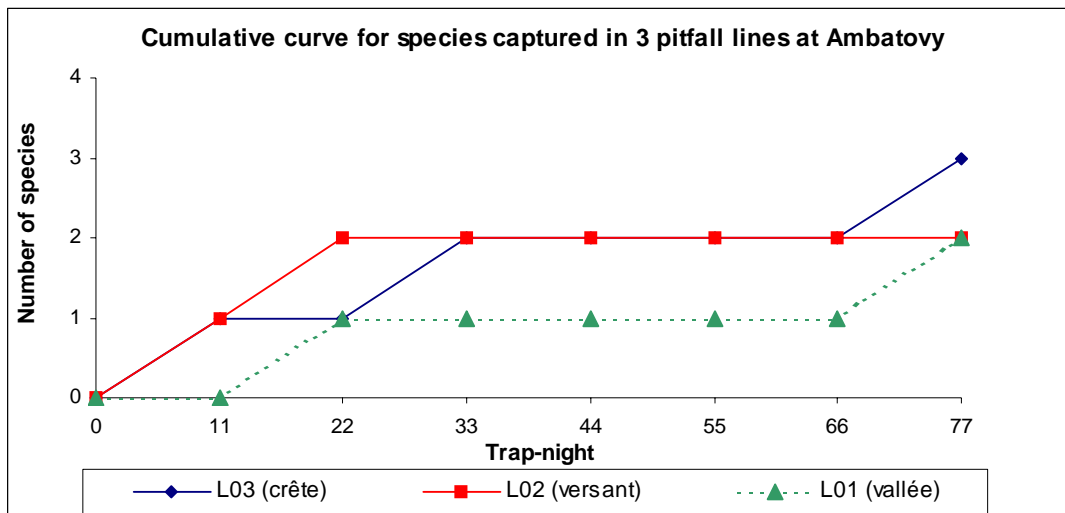


Figure a2 : Courbes cumulatives des espèces capturées dans les trois lignes de trous-pièges à Ambatovy (Tableau II). Au niveau de ce site, le nombre maximal d'espèce capturée a été enregistrée au niveau de la ligne de crête pour les « pitfall » même si ce nombre n'est qu'à trois espèces seulement. Le plateau de courbe n'a pas été atteint pour cette ligne car nous avons pu capturer *Microgale thomasi* à la dernière nuit de piégeage. Il en est de même pour la ligne de la vallée où *Oryzomys hova* ajoute la seule espèce capturer dans cette ligne de « pitfall ». En ce qui concerne la ligne au niveau du versant de la montagne, deux nuits-pièges suffisaient pour capturer les deux espèces présentes dans cet endroit.

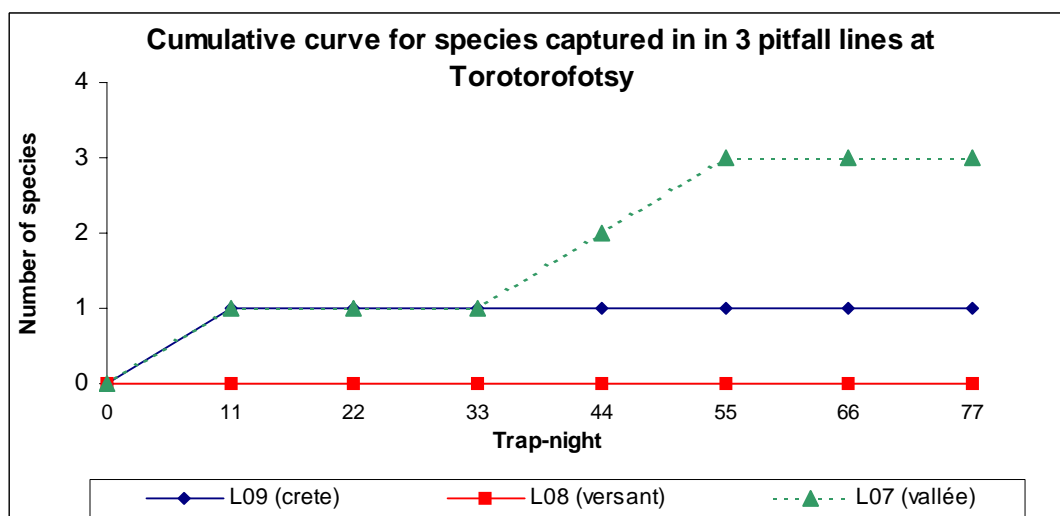


Figure a3 : Courbes cumulatives des espèces capturées dans les trois lignes de trous-pièges à Torotorofotsy (Tableau III). Durant la 77 nuits de trou-piège dans cette forêt, nous avons pu capturer trois espèces de micromammifères dans la ligne de la vallée, une seule espèce dans celle de la crête et aucune espèce au niveau versant. D'après ces courbes cumulatives, les plateaux de la courbe cumulative sont atteintes pour chaque ligne de trous-pièges établies.

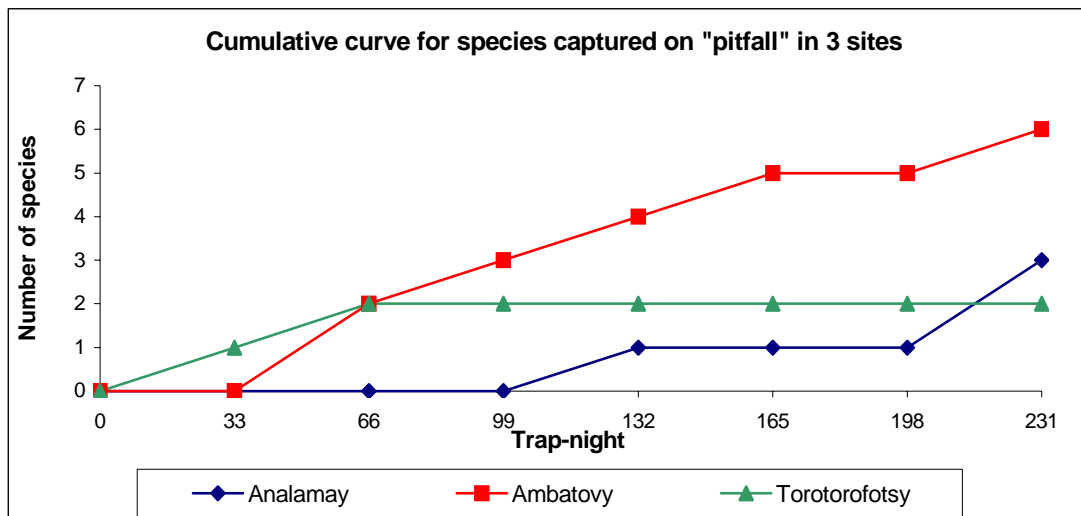


Figure a4 : Courbe cumulative des espèces capturées dans les « pitfall » établies à Moramanga (tableau IV). L'information sur l'accumulation de nouvelles espèces dans chaque site, basée sur les lignes de trous-pièges, peut être résumée comme suit : à Torotorofotsy, aucune nouvelle espèce n'a été capturée après la deuxième nuit de piégeage. Au total, deux espèces y ont été capturée en 231 nuits trous-pièges ; à Analamay, la capture de *Setifer setosus* à la dernière nuit de piégeage augmente la liste des espèces inventoriées dans ce site à 4 espèces en 231 nuits trous-pièges ; tandis que pour le site d'Ambatovy, six espèces ont été trouvées en un total de 231 nuits trous-pièges. En effet, les plateaux de la courbe cumulative n'ont jamais été atteints pour les sites d'Analamay et d'Ambatovy, ce qui indiquerait la présence probable d'autres espèces comme *Microgale drouhardi* ou *M. gymnorhyncha* capturées auparavant dans ces mêmes sites.

B]- Dans chaque ligne de piège standard « Shermans & Tomahawks »

B1)- Les 4 lignes de pièges à Analamay

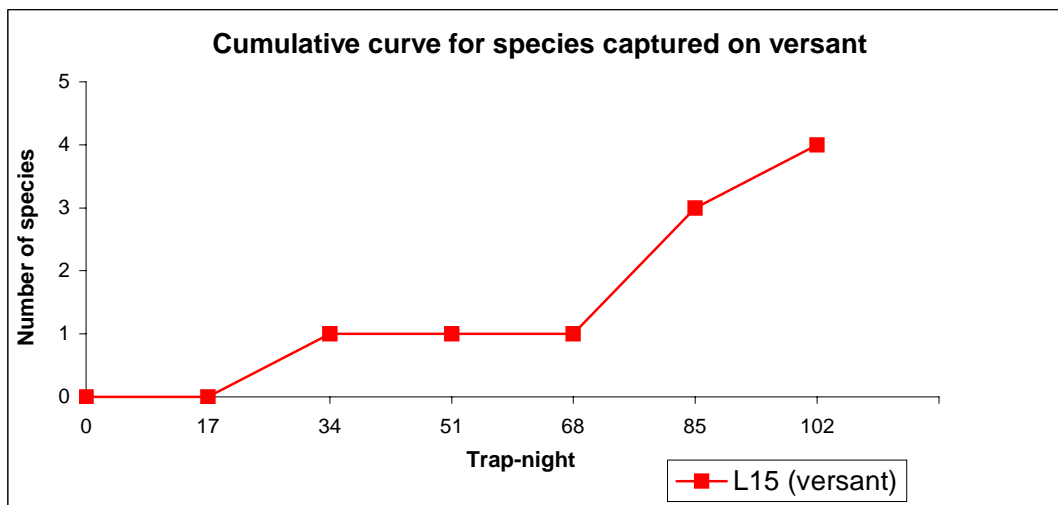


Figure b1 : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (lignes de la vallée : L 15) à Analamay. Quatre lignes de pièges standards ont été établies dans la forêt d'Analamay, seule la ligne de la vallée a pu trouver les quatre espèces de

micromammifères susceptible d'être capturer dans ce site. Un total de 102 nuits-pièges a été atteint durant cette étude et le plateau de la courbe n'a pas été atteinte jusqu'à la dernière nuit de piégeage dû à la capture de *Tenrec ecaudatus* dans ce type de piège (tableau V)

B2)- Les lignes de pièges standards à Ambatovy

Au niveau de ce site, les quatre lignes de pièges installées ont toutes capturées des petits mammifères même si le nombre d'espèces trouvées n'était que assez faible par rapport aux autres lignes.

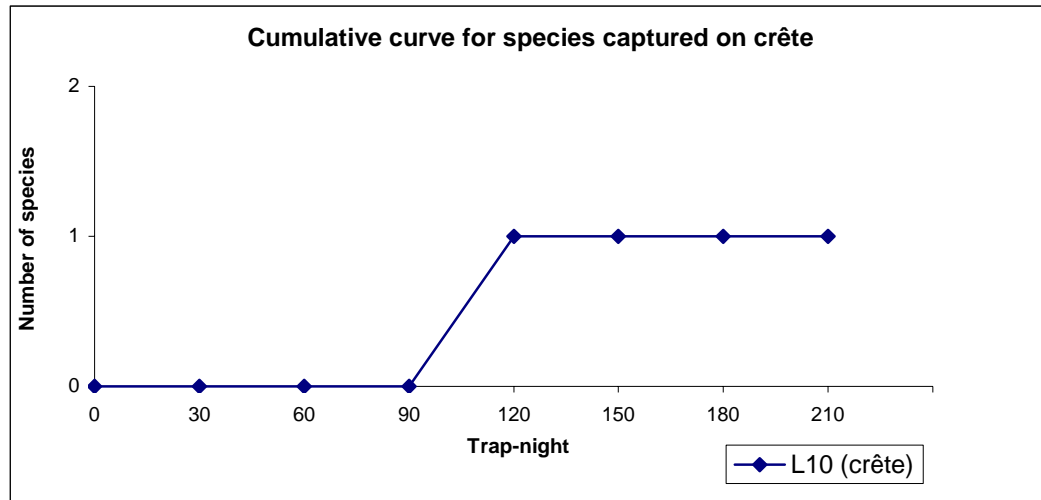


Figure b2 : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (lignes de la crête : L 10) à Ambatovy (Tableau VI). C'est la ligne de piège la plus pauvre en espèce de Micromammifères. En effet, une seule espèce *Setifer setosus* capturée à la quatrième nuit de piégeage a été notre donnée sur cette ligne en 210 nuits-pièges.

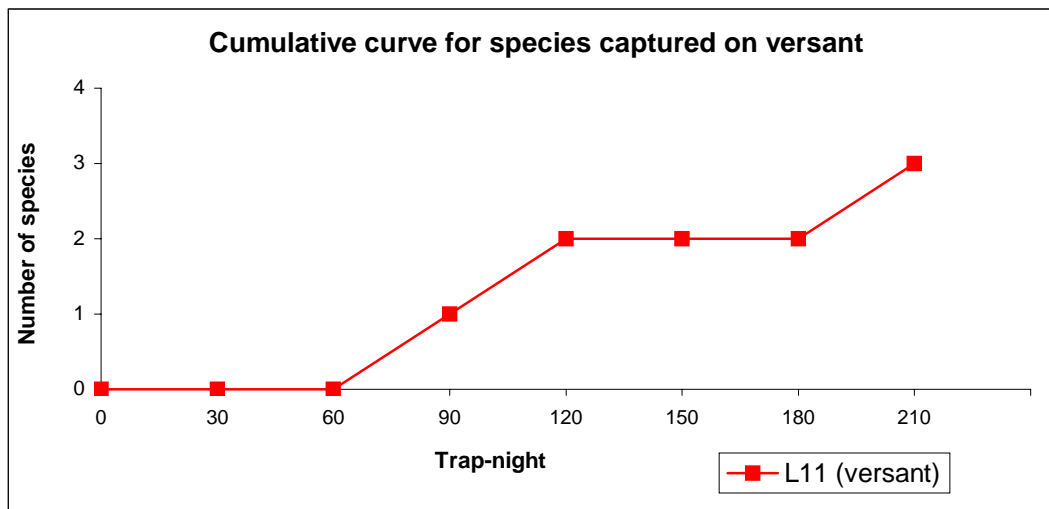


Figure b3 : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (lignes de versant : L11) à Ambatovy (Tableau VI). Pour cette ligne, à la septième nuit de piégeage, une nouvelle espèce *Eliurus tanala* ajoute nos deux espèces durant les 210 nuits-pièges. Le plateau de la courbe cumulative n'est pas ainsi atteint avec cet effort de piégeage établi.

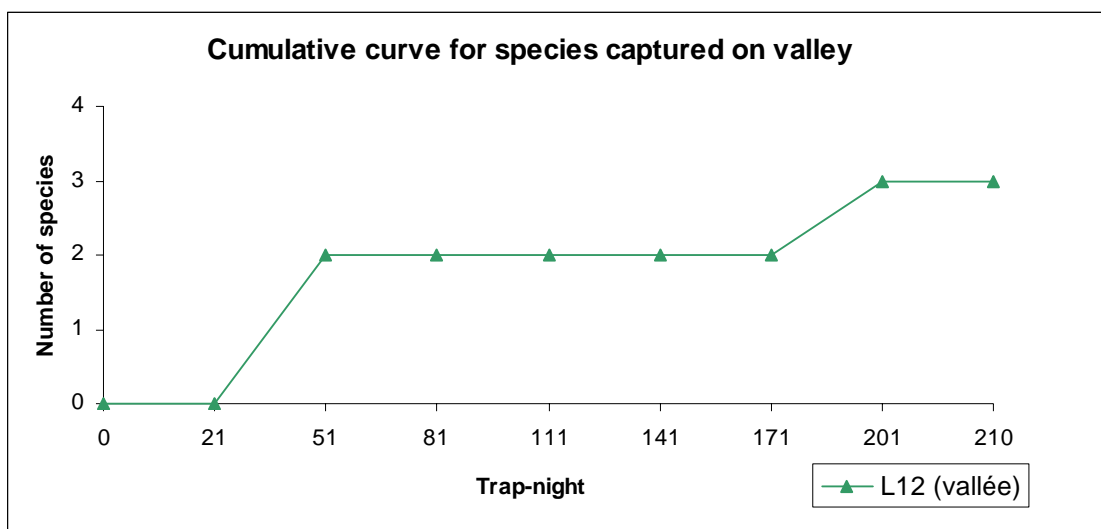


Figure b4 : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (lignes de la vallée: L 12) à Ambatovy (Tableau VI). Un total de 3 espèces de micromammifères a été accumulée en 210 nuits-pièges, la majorité des espèces capturées dans cette ligne est constituée d'espèces introduites. Le plateau de la courbe cumulative est ainsi atteinte à la sixième nuit de piégeage.

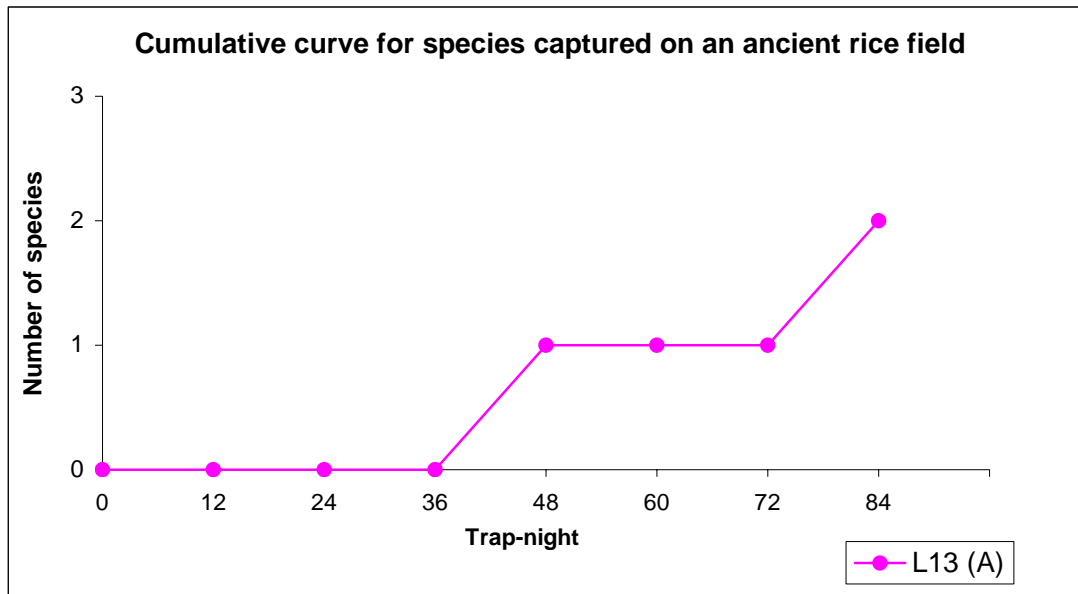


Figure b5 : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (lignes A: L13) à Ambatovy (Tableau VI). Au niveau de cette ligne, deux espèces ont été capturées en 84 nuits-pièges; *Setifer setosus* est notre nouvelle donne à la dernière nuit de piégeage d'où l'absence de plateau sur la courbe cumulative des espèces.

B3)- Les lignes de pièges à Torotorofotsy

Avec ce type de piège, aucune espèce intéressante n'a été trouvée à l'intérieure de ce site. En effet, deux espèces de petits mammifères y ont été capturée et elles sont toutes des espèces introduites : *Rattus rattus* et *Suncus murinus*

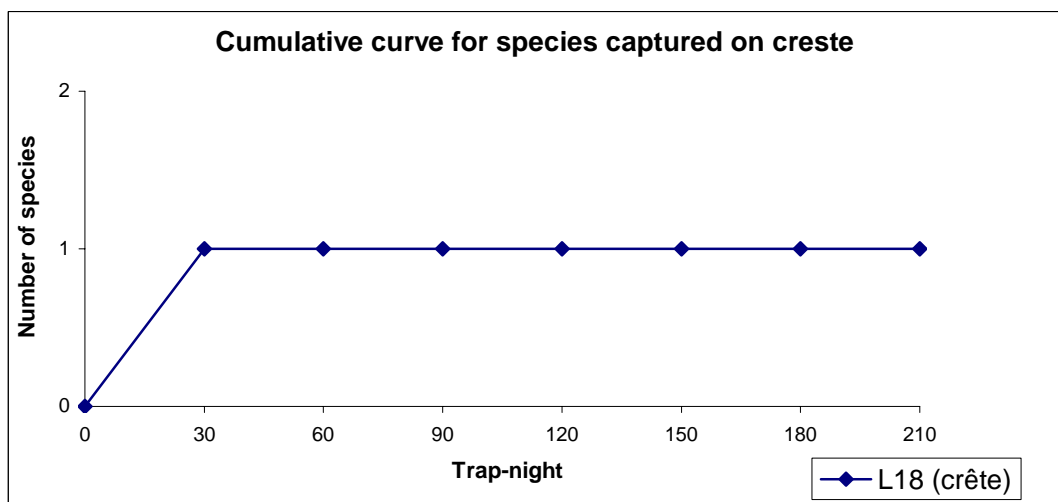


Figure 2f : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (lignes de crête: L18) à Torotorofotsy (Tableau VII). En 210 nuits-pièges, une seule espèce a été trouvé au niveau de cette ligne de piège : *Rattus rattus*

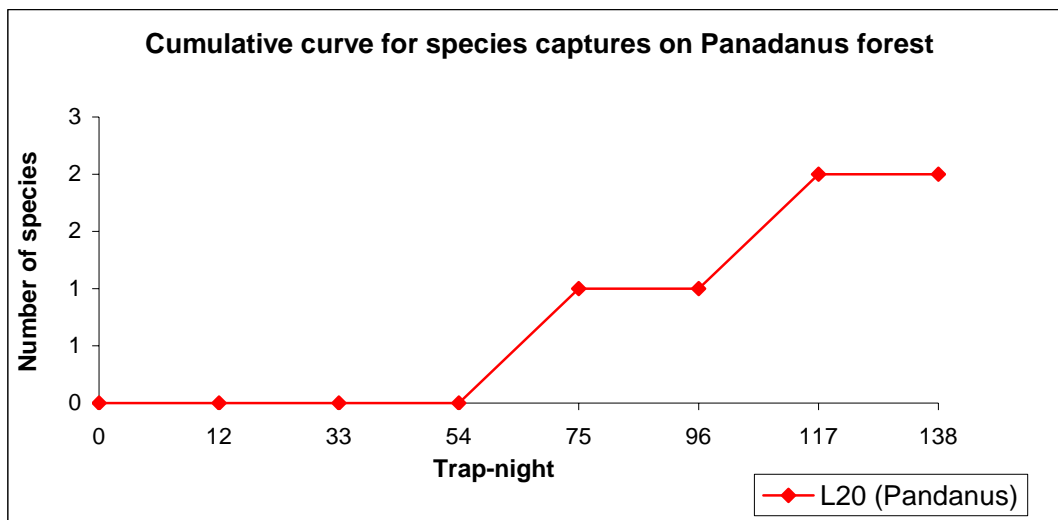


Figure 2g : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (ligne de versant: L 20) à Torotorofotsy (Tableau VII). Un total de 138 nuits-pièges a été atteint dans cette ligne et deux espèces introduites ont été capturées.

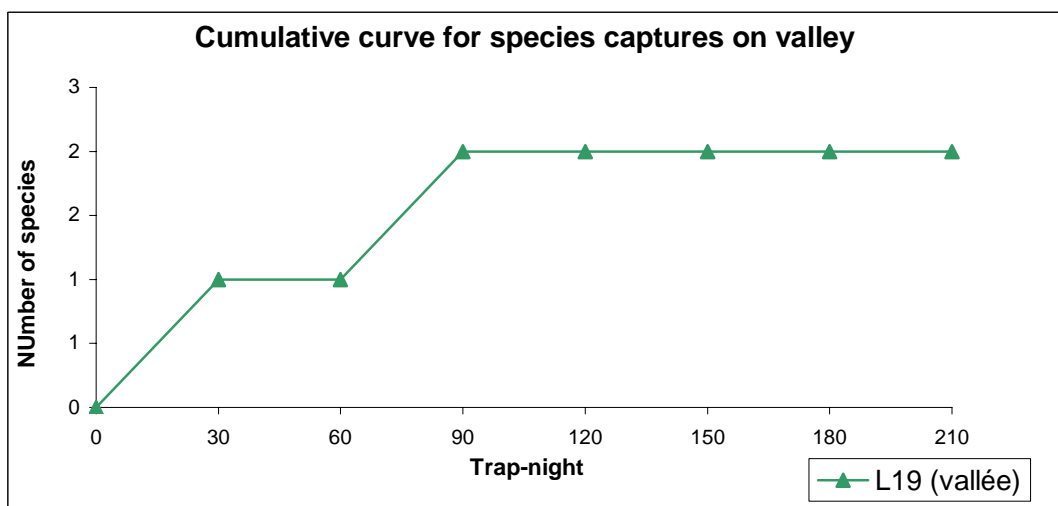


Figure 2h : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (ligne de vallée: L 19) à Torotorofotsy (Tableau VII) ; Comme dans d'autres lignes de pièges standards installés dans ce site, *Rattus rattus* et *Suncus murinus* sont les deux espèces capturées en 210 nuits-pièges. Le plateau de la courbe cumulative est atteinte dès la troisième nuits de piégeage.

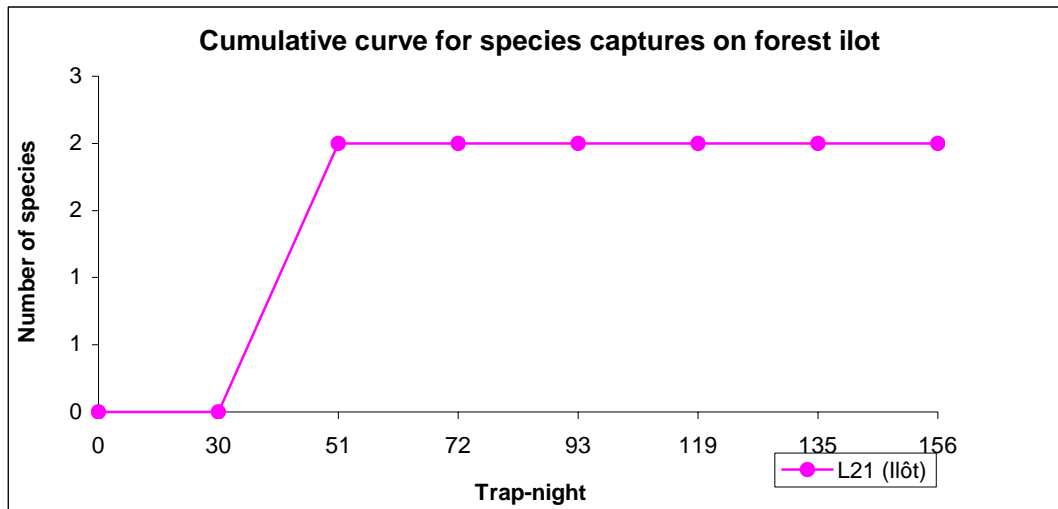


Figure 2i : Courbe cumulative des espèces capturées dans la ligne de pièges standards (lignes A: L 21) à Torotorofotsy (Tableau VII). Pour cette ligne de piège, le plateau de la courbe a été atteint à la deuxième nuit de piégeage avec 2 espèces (*Rattus rattus* et *Suncus murinus*) présentes en 156 nuits-pièges.

Dans l'ensemble des lignes de pièges établis au niveau de chaque site, on peut dire que la seule courbe cumulative qui n'a pas atteint le plateau est celle installée dans le site d'Analamay. En effet, *Tenrec ecaudatus* a été capturé à la septième et dernière nuit de piégeage dans ce site. Quatre espèces y ont été accumulées en 482 nuits-pièges.

En ce qui concerne le site de Torotorofotsy, durant les 714 nuits-pièges, il n'y avait que les espèces introduites qui ont formées le plateau de la courbe et qui est atteinte dès la deuxième nuit de piégeage (figure 1l). Par contre pour le site d'Ambatovy, avec 714 nuits-pièges, nous avons pu capturer un total de 6 espèces de micromammifères dont les deux espèces introduites. Six nuits de piégeage nous a ainsi permis d'obtenir le plateau de la courbe cumulative des espèces dans ce site (Figure 1k).

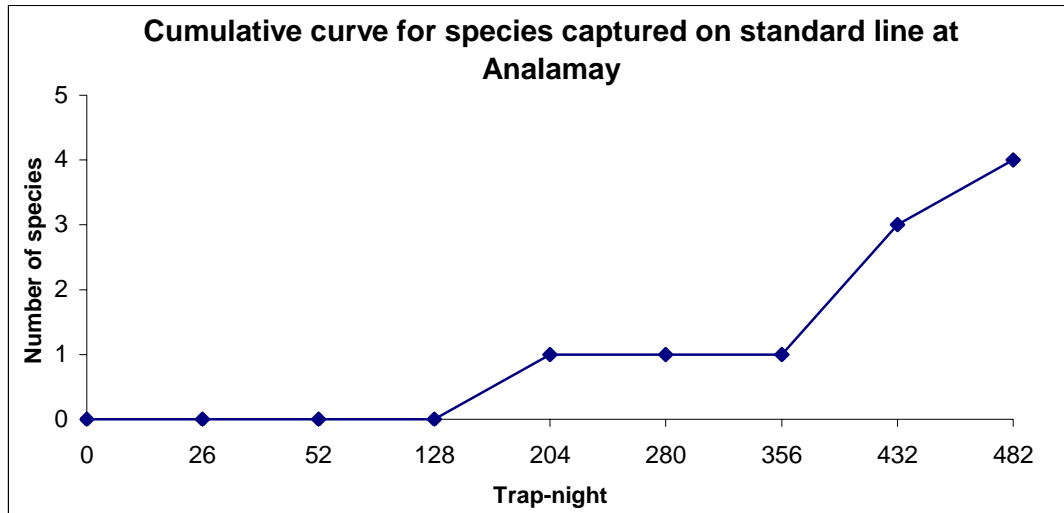


Figure 1j : Courbe cumulative des espèces capturées dans les quatre lignes de pièges (L14, L15, L16, L17) standard établies à Analamay. (Tableau VIII)
(normalement les 3 courbes suivant devraient être dans un même figure mais vue que le nombre de piège utilisé est différent suivant les sites, elles seront départagées)

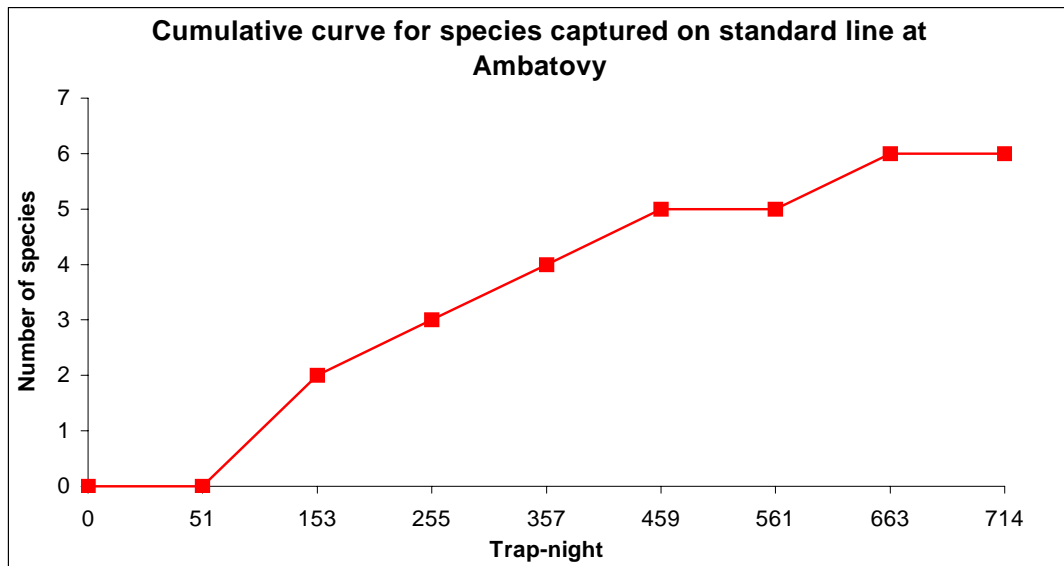


Figure 1k : Courbes cumulatives des espèces capturées dans les quatre lignes de pièges (L10, L11, L12, L13) standard à Ambatovy (Tableau VIII)

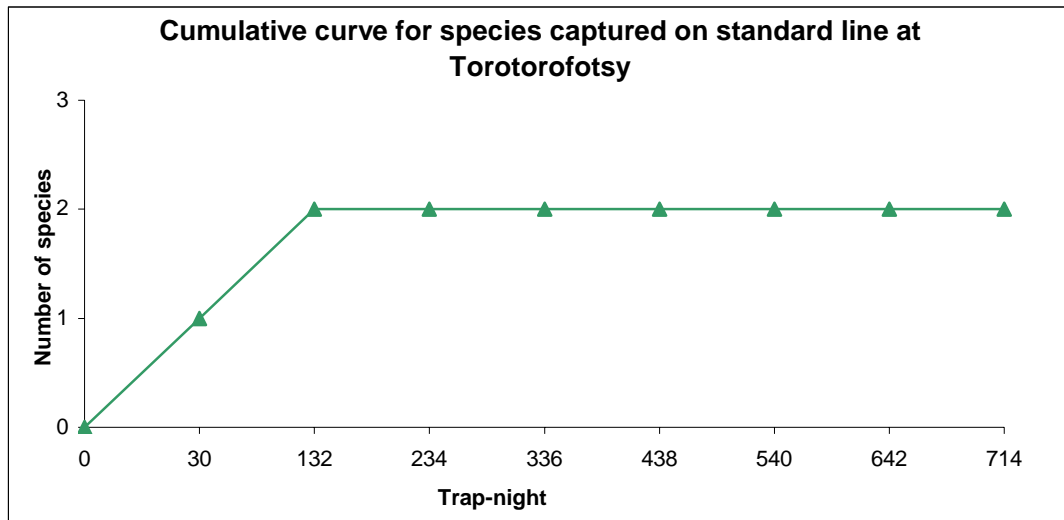


Figure 11 : Courbes cumulatives des espèces capturées dans les quatre lignes de pièges (L18, L19, L20, L21) standard « Shermans & Tomahawks » à Torotorofotsy (Tableau VIII)

VOLUME J
SECTION 2.1
ATTACHMENT 5
BATS

ATTACHMENT 5-1
MINE LOCAL STUDY AREA

TECHNICAL REPORTS

MICROCHIROPTERA SURVEY

MARCH 2004

**Ambatovy & Analamay
Microchiroptera Survey
March 2004**

Richard Jenkins & Felicien Randrianandrianina

Madagascar Bat Project

B.P. 5181

Antananarivo

Madagascar

ramanavy@wanadoo.mg

+261 20 2252379

INTRODUCTION

Madagascar's insectivorous bats (Microchiroptera) have long been a neglected component of the island's famous biodiversity. Although the bat fauna of Madagascar is relatively poor when compared to other large tropical islands, Malagasy bats display a much higher level of endemism (Eger & Mitchell 2003). Table 2 gives the current status of Malagasy bats and indicates the species known to occur in the Central Domain. Investigations into the impact of habitat disturbance on microchiropteran bats are a priority in Madagascar because of the threats to populations from deforestation, pollution and hunting (Hutson *et al.* 2001).

Until very recently, biologists in Madagascar relied on nets and traps to build up a picture of bat distribution and habitat use (e.g. Bayliss & Hayes 2000, Goodman 1999, Pont and Armstrong 1990). However, microchiropterans are notoriously difficult to catch in rainforests because they use a highly sophisticated form of echolocation for orientation and prey capture which helps them to evade traps placed along their normal foraging routes. Bats that forage using echolocation are therefore frequently underrepresented in biological inventories in the tropics and surveys are increasingly incorporating the use of ultrasound 'bat detectors' (e.g. Sedlock 2001; Ochoa *et al.* 2000).

Bat detectors have been used to investigate species composition (e.g. Rydell *et al.* 2002), habitat preference and foraging activity across a range of vegetation types (e.g. Law & Chidel 2002, Rautenbach *et al.* 1996, Russ & Montgomery 2002). Madagascar is unusual amongst African countries because significant progress has already been made in describing microchiropteran echolocation. Using the pioneering work by Russ *et al.* (2001) it is now possible, given the correct equipment, to investigate habitat preference by Malagasy bats without the need to deploy traps, by comparing recordings made in the field with reference recordings from captured individuals of identified species.

Between the 10th and 19th March 2004, a two-man survey team visited the Analamay and Ambatovy study sites with the aim of **providing a species list of bats for the major habitat types**.

METHODS

All fieldwork was conducted from 18:30 to 22:00 to coincide with the period of maximum microchiropteran activity. Observers used Peterson D240x and Peterson D980 time-expansion bat detectors and listened for foraging bats from a series of listening stations (referred to *point counts*). Point counts were typically > 200 m apart and were located in areas considered to be used by foraging or commuting bats (typically trails, forest edges and river banks). Each point count lasted for 5-minutes and bat activity was monitored in frequency division (this is a broadband method, allowing the detection of all bat activity 12-120 kHz). On hearing a bat, we recorded the echolocation using time-expansion (x10) and immediately transferred the recording to a Sony Professional mini-disk. All recordings were later analysed on a computer using BatSoundProfessional software.

We calculated the percentage frequency of occurrence of each taxon (n point counts with species_{*i*} / total point counts x 100) for each of the major habitats. We divide the habitat in the survey area into six categories (1) Azonal forest (2) Zonal forest (3) Ephemeral pools (4) Marsh edge (5) Marsh centre (6) Farmland.

Mist nets and a harp trap were used at a small number of sites where we considered the terrain and forest structure to represent a viable trap site. Nets were open from 18:00 until 22:00.

RESULTS

We conducted a total of 186-point counts and detected bats on 69% of occasions. Molossid bats and *Eptesicus* sp. were the most frequently detected (Table 1) whilst *Myotis goudoti* was only recorded on two occasions.

No bats were trapped in three trap nights in Zonal forest (12 m mist net and a single 1 m x 1m harp trap) or in four nights in Marsh Edge. Habitats (Azonal Forest, Zonal Forest and Marsh Edge) with forest and linear features had the richest bat communities (Table 1).

DISCUSSION

The Ambatovy and Analamay study area is not a site of national importance for bats in Madagascar. The forest and wetland habitats were used by a minimum of eight species but detection rate was rather low. This is most likely to be a reflection of the lack of roost sites available for vespertilionid bats.

Miniopterus

Miniopterus species are known as 'long-fingered' or 'bent-winged' bats and are generally associated with forests, roosting either in caves or occasionally in old trees. Eger and Mitchell (2003) noted the restricted distribution and limited roost sites for *Miniopterus* in Madagascar and postulated that the species is actually more vulnerable than the current IUCN status suggests (Table 2). Recent research using bat detectors and captures in many parts of Madagascar (R. Jenkins *unpubl. data*) confirms that *M. manavi* is a forest bat species that frequently uses degraded forest areas and especially edges or ecotones. This is backed up in the present study where *M. manavi* was detected in areas with forest vegetation (Azonal, Zonal and Marsh Edge) but

was absent from the more open areas such as Farmland and Marsh Centre (Table 1). A similar pattern was evident for *M. majori*, but this species was sometimes detected in Marsh Centre and Farmland (Table 1).

The low overall detection rate for *Miniopterus* in the current study (16%) is probably a reflection of a lack of roost sites in the area. There are no reported caves or large rock fissures in the locality and the *Miniopterus* that we detected were probably from small populations that roost in holes and roots of mature trees.

Table 1. Summary of microchiropteran community composition from six habitats in Ambatovy & Analamay survey areas, March 2004. Values are percentage frequency of occurrence and minimum taxon richness; total number of point counts (*n*) are given in parentheses.

Species/group	Habitats					
	Azonal Forest (n = 44)	Zonal Forest (n = 38)	Ephemeral Pools (n = 26)	Marsh Edge (n = 50)	Marsh Centre (n = 14)	Farmland (n = 14)
Vespertilionidae						
<i>Eptesicus</i> sp.	11	11	12	26	29	21
<i>Pipistrellus</i> sp.	9	3	4	2	14	0
<i>Miniopterus manavi</i>	5	5	0	14	0	0
<i>M. majori</i>	5	16	0	10	7	29
<i>Myotis goudoti</i>	0	5	0	0	0	0
Molossidae spp. (20-38 kHz)	21	16	19	48	64	21
Molossidae or <i>Taphozous mauritanus</i> (< 20 kHz)	2	0	0	2	0	0
Taxon richness (min)	6	6	3	6	4	3

Myotis goudoti

The Malagasy Mouse-eared bat is found in all parts of the island but its forest dependency has recently resulted in call for its conservation status to be re-evaluated (Eger & Mitchell 2003). This species was particularly rare in the current study being found in only 1% of point counts (Table 1). This is probably due to the lack of available roost sites; *M. goudoti* is abundant in other Central Domain forests where suitable cave roosts are available (e.g. Ambohitantely Special Reserve). The species is frequently found roosting together with *M. manavi* and the low detection rate of both species is more likely an indication of limited roosting sites, than low food availability or unsuitable habitat. *Myotis goudoti*'s wing shape is typical of a small, forest bat and would be predicted by morphology alone to forage in cluttered forest vegetation. In the current study it was only recorded in Zonal Forest (Table 1).

Eptesicus* & *Pipistrellus

The taxonomy of these two closely related genera remains incompletely understood in Madagascar (Eger & Mitchell 2003). The results from the

current study indicate that both taxa are habitat generalists as they were detected using most of the available habitats (Table 1).

Taphozous maritimus

Although *T. maritimus* has not been recorded from the Mangoro Region, it is possible that the low echolocations that we detected (< 15 kHz) were from this species. The other candidates are *Otomops madagascariensis* and *Tadarida fulminans*. However, the former species is only known from the limestone and sandstone areas of the south and north-west whilst the latter has only been captured on a small number of occasions south of Fianarantsoa. Low frequency echolocations made an insignificant contribution to our overall data set (1%) and we cannot be sure determine the identity of the recordings with confidence.

Molossidae

As a family, molossids bat can be identified by echolocation recordings of < 33 kHz but the echolocation of Madagascar's 'free-tailed bats' (molossids) is poorly described (Russ *et al.* 2003) and this prohibits accurate identification of field recordings (Jon Russ *pers. comm.*). Molossid bats typically have long-narrow wings that are adapted to fast flight and prey capture in open environments and they roost either roost in buildings, caves or rock crevices. Molossids therefore have no close association with forests. Whilst they may feed above forest canopies or on forest edges, their activity is often highest over rice fields and riparian margins (R. Jenkins *unpubl. data*). Molossids were ubiquitous in the current study with highest occurrence over open wetlands (pools and marsh). Unlike forest bats (e.g. *Myotis* and *Miniopterus*) that forage within a close distance from their roosts, molossids can fly over 10km each night and the bats detected in the current study could have originated in any of the villages surrounding Ambatovy.

Habitat Assessment

In terms of taxon richness the most important habitats, were the forested areas - Marsh Edge, Zonal and Azonal Forests (Table 1). Microchiropteran bats are known to have a close association with linear habitat features for both foraging and commuting (e.g. Russ & Montgomery 2002). This is a feature of their ecology that can make them more tolerant of low-medium levels of habitat disturbance than other small mammals.

Comparison With 1997 Survey

A small number of bat nets were used during the previous small mammal survey of the area by bat detectors were not employed. A single *Pipistrellus* species was caught and meaningful comparisons between the 1997 and 2004 surveys are therefore not possible.

Conclusions and Recommendations

Based on these data, there are no rare or endangered bat species in the proposed mining areas and it is highly unlikely that the study site contains undiscovered bat species. Whilst bats can be sensitive to loud noise, we found no large roosts in the area, so noise pollution is unlikely to be a problem.

The most important habitat was the Marsh Edge habitat in the Torotorofotsy wetland. Although we did not detect the IUCN vulnerable *Myzopoda aurita*, the habitat is potentially suitable and it has been recorded within similar habitat 20km from the A & A study site at Andasibe-Mantady National Park (Russ *et al.* 2001). In view of this, the high taxon richness of the marsh habitat and a general microchiropteran preference for habitat edges, a more detailed investigation of the Marsh Edge habitats is recommended.

Table 2. Summary of the endemic status, threats (after CBSG 2000; A = bush fires B = pollution C = deforestation D = mineral exploitation) and presence in the Central Domain of Malagasy Microchiroptera.

Taxon	Endemic status	IUCN Red List Status	Threats	Central Domain
EMBALLONURIDAE				
<i>Emballonura atrata</i>	Endemic	Vulnerable	A, B, C	Yes
<i>Taphozous mauritianus</i>		Lower Risk		Yes
NYCTERIDAE				
<i>Nycteris</i>	Endemic	Data Deficient		
<i>madagascariensis</i>				
HIPPOSIDERIDAE				
<i>Hipposideros</i>		Lower Risk	A, B	Yes
<i>commersoni</i>				
<i>Triaenops auritus</i>	Endemic	Data Deficient		
<i>T. furculus</i>	Endemic	Vulnerable		
<i>T. rufus</i>	Endemic	Data Deficient		
VESPERTILIONIDAE				
<i>Eptesicus matroka</i>	Endemic	Data Deficient		Yes
<i>E. somalicus</i>		Lower Risk		
<i>M. g. goudoti</i>	Endemic	Lower Risk	A, B, D	Yes
<i>Pipistrellus</i> sp. 1				
<i>Pipistrellus</i> sp. 2				
<i>Pipistrellus</i> sp. 3				
<i>Scotophilus borbonicus</i>	Endemic	Critically Endangered		
<i>S. robustus</i>	Endemic	Lower Risk	A, B, C	Yes
<i>Miniopterus fraterculus</i>		Lower Risk		
<i>M. gleni</i>	Endemic	Lower Risk		Yes
<i>M. majori</i>	Endemic	Data Deficient		Yes
<i>M. manavi</i>	Endemic	Data Deficient	A, B	Yes
MYZOPODIDAE				
<i>Myzopoda aurita</i>	Endemic	Vulnerable	A, B	Yes
MOLOSSIDAE				
<i>Mormopterus jugularis</i>	Endemic	Vulnerable		Yes
<i>Otomops</i>	Endemic	Vulnerable		
<i>madagascariensis</i>				
<i>Tadarida fulminans</i>		Lower Risk		Yes
<i>Chaerephon</i>	Endemic	Data Deficient		
<i>leucogaster</i>				
<i>C. pumila</i>		Lower Risk		Yes
<i>Mops leucostigma</i>	Endemic	Data Deficient	A, B	Yes
<i>M. midas</i>		Lower Risk		

References

Bayliss, J. and Hayes, B. (1999) The status and distribution of bats, primates and butterflies from the Makira Plateau, Madagascar. Unpublished report to Fauna and Flora International, Cambridge, UK. 64 pp.

Eger, J. and Mitchell, L. (2003) Chiroptera, Bats. *In* Natural History of Madagascar. Eds S. M. Goodman and J. Benstead. University of Chicago Press, Chicago.

Goodman, S.M. and Rasolonandrasana, B.P.N. (1999) Inventaire biologique de la réserve spéciale du pic d'Ivohibe et du couloir forestier qui la relie au Parc national d'Andringitra. Recherches Pour le Développement. Série Sciences Biologiques No. 15. 181 pp.

Hutson, A.M., Mickleburgh, S.P. and Racey, P.A. (comp.). (2001) *Microchiropteran bats: global status, survey and conservation action plan*. IUCN/SSC Chiroptera Specialist Group. IUCN, Gland, Switzerland and Cambridge, UK. x + 258 pp.

Law, B.S. and Chidel, M. (2002) Tracks and riparian zones facilitate the use of Australian regrowth forest by insectivorous bats. *Journal of Applied Ecology*, 39, 605-617.

Ochoa, J., O'Farrell, M.J.O. and Miller, B.W. (2000) Contribution of acoustic methods to the study of insectivorous bat diversity in protected areas from northern Venezuela. *Acta Chiropterologica*, 2, 171-183.

Pont, S.M. and Armstrong, J.D. (1990) A study of the bat fauna of the Réserve Naturelle Intégrale de Marojejy in north-east Madagascar. Report of the Aberdeen University expedition to Madagascar 1989. Department of Zoology, University of Aberdeen, Aberdeen, UK. 57 pp.

Russ, J., Bennett, D., Ross, K. and Kofoky, A. (2001) *The Bats of Madagascar: A Field Guide with Description of Echolocation Calls*. Viper Press, UK.

Russ, J.M. and Montgomery, W.I. (2002) Habitat associations of bats in Northern Ireland: implications for conservation. *Biological Conservation*, 108, 49-58.

Rydell, J., Arita, H.T., Santos, M. and Granados, J. (2002) Acoustic identification of insectivorous bats (order Chiroptera) of Yucatan, Mexico. *Journal of Zoology*, 257, 27-36.

Sedlock, J.L. (2001) Inventory of insectivorous bats on Mount Makiling, Philippines using echolocation call signatures and a new tunnel trap. *Acta Chiropterologica*, 3, 163-178.

VOLUME J

SECTION 2.1

ATTACHMENT 6

ANTS

ATTACHMENT 6-1
MINE LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Ant Species Recorded in the Mine Site Local Study Area by Area

Species	Endemism	Area
<i>Amblyopone sp. mad-01</i>	régionale	Ambatovy
		Analamay
<i>Amblyopone sp.2</i>	régionale	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Anochetus sp.1</i>	indeterminée	Analamay
<i>Anochetus sp.3</i>	indeterminée	Torotorofotsy
<i>Aphaenogaster swammerdami</i>	indeterminée	Ambatovy
<i>Camponotus sp. mad-17</i>	indeterminée	Ambatovy
<i>Camponotus sp.4</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Camponotus sp.5</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Cataulacus sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Cataulacus sp.2</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Cerapachys lividus</i>	régionale	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Cerapachys sp. mad-38</i>	régionale	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Cerapachys sp.3</i>	régionale	Ambatovy
		Analamay
<i>Cerapachys sp.5</i>	régionale	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Crematogaster sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
<i>Crematogaster sp.4</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Discothyrea sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
<i>Discothyrea sp.2</i>	indeterminée	Analamay
<i>Discothyrea sp.3</i>	indeterminée	Analamay
<i>Hypoponera sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Hypoponera sp.2</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Hypoponera sp.3</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Hypoponera sp.4</i>	indeterminée	Analamay
<i>Hypoponera sp.5</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Hypoponera sp.6</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Hypoponera sp.7</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy

Table 1 Ant Species Recorded in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Species	Endemism	Area
<i>Leptogenys sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Leptogenys sp.2</i>	indeterminée	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Leptothorax sp.1</i>	indeterminée	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Monomorium sp.1</i>	indeterminée	Torotorofotsy
<i>Monomorium sp.3</i>	indeterminée	Ambatovy
		Ambatovy
<i>Monomorium sp.4</i>	indeterminée	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Monomorium sp.5</i>	indeterminée	Ambatovy
<i>Monomorium sp.6</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
<i>Mystrium mysticum</i>	régionale	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Mystrium rogeri</i>	régionale	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Oligomyrmex sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Pachycondyla sp. 4</i>	indeterminée	Ambatovy
<i>Pachycondyla sp.2</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Pachycondyla sp.3</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Paratrechina longicornis</i>	indeterminée	Analamay
<i>Paratrechina sp. mad-03</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Paratrechina sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Paratrechina sp.2</i>	indeterminée	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Paratrechina sp.5</i>	indeterminée	Ambatovy
<i>Pheidole sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
<i>Pheidole sp.4</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Pheidole sp.5</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Pheidole sp.6</i>	indeterminée	Ambatovy
<i>Pheidole sp.7</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Pheidole sp.8</i>	indeterminée	Analamay
<i>Pilotrochus besmerus</i>	locale	Ambatovy

Table 1 Ant Species Recorded in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Species	Endemism	Area
<i>Plagiolepis alluaudi</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Plagiolepis sp.2</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Prionopelta sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Proceratium sp.1</i>	régionale	Torotorofotsy
<i>Pyramica ambatrix</i>	régionale	Ambatovy
		Analamay
<i>Pyramica erynes</i>	indeterminée	Analamay
<i>Pyramica ludovici</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Pyramica sp.4</i>	indeterminée	Torotorofotsy
<i>Strumigenys sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Strumigenys sp.2</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Strumigenys sp.3</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Strumigenys sp.4</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
<i>Strumigenys sp.5</i>	indeterminée	Torotorofotsy
<i>Terataner sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
<i>Tetramorium sp.1</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Tetramorium sp.2</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Tetramorium sp.3</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Tetramorium sp.4</i>	indeterminée	Ambatovy
		Analamay
		Torotorofotsy
<i>Tetramorium sp.5</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Tetramorium sp.6</i>	indeterminée	Analamay
		Torotorofotsy
<i>Tetraponera sp. mad-01</i>	indeterminée	Torotorofotsy
<i>Tetraponera sp.2</i>	indeterminée	Ambatovy
		Torotorofotsy
<i>Vitsika sp.1</i>	régionale	Torotorofotsy

Highlighted If any *Pheidole* sp. is determined to be *P. oculata*, this species is IUCN listed as Vulnerable.

Table 2 Ant Species Recorded in the Mine Site Local Study Area by Habitat

Habitat		
Azonal	Transitional	Zonal
Species	Species	Species
<i>Amblyopone</i> sp. mad-01	<i>Amblyopone</i> sp. mad-01	<i>Amblyopone</i> sp.2
<i>Amblyopone</i> sp.2	<i>Aphaenogaster swammerdami</i>	<i>Anochetus</i> sp.3
<i>Anochetus</i> sp.1	<i>Camponotus</i> sp. mad-17	<i>Camponotus</i> sp.4
<i>Camponotus</i> sp.4	<i>Camponotus</i> sp.4	<i>Camponotus</i> sp.5
<i>Camponotus</i> sp.5	<i>Camponotus</i> sp.5	<i>Cataulacus</i> sp.1
<i>Cerapachys lividus</i>	<i>Cataulacus</i> sp.1	<i>Cataulacus</i> sp.2
<i>Cerapachys</i> sp. mad-38	<i>Cataulacus</i> sp.2	<i>Cerapachys lividus</i>
<i>Cerapachys</i> sp.3	<i>Cerapachys</i> sp. mad-38	<i>Cerapachys</i> sp. mad-38
<i>Cerapachys</i> sp.5	<i>Cerapachys</i> sp.3	<i>Cerapachys</i> sp.5
<i>Crematogaster</i> sp.1	<i>Crematogaster</i> sp.1	<i>Crematogaster</i> sp.4
<i>Crematogaster</i> sp.4	<i>Crematogaster</i> sp.4	<i>Hypoponera</i> sp.1
<i>Discothyrea</i> sp.2	<i>Discothyrea</i> sp.1	<i>Hypoponera</i> sp.2
<i>Discothyrea</i> sp.3	<i>Hypoponera</i> sp.1	<i>Hypoponera</i> sp.3
<i>Hypoponera</i> sp.1	<i>Hypoponera</i> sp.2	<i>Hypoponera</i> sp.5
<i>Hypoponera</i> sp.2	<i>Hypoponera</i> sp.3	<i>Hypoponera</i> sp.6
<i>Hypoponera</i> sp.3	<i>Hypoponera</i> sp.5	<i>Hypoponera</i> sp.7
<i>Hypoponera</i> sp.4	<i>Hypoponera</i> sp.6	<i>Leptogenys</i> sp.1
<i>Hypoponera</i> sp.5	<i>Hypoponera</i> sp.7	<i>Leptogenys</i> sp.2
<i>Hypoponera</i> sp.6	<i>Leptogenys</i> sp.1	<i>Leptothorax</i> sp.1
<i>Hypoponera</i> sp.7	<i>Monomorium</i> sp.3	<i>Monomorium</i> sp.1
<i>Leptogenys</i> sp.2	<i>Monomorium</i> sp.4	<i>Monomorium</i> sp.4
<i>Leptothorax</i> sp.1	<i>Monomorium</i> sp.5	<i>Mystrium mysticum</i>
<i>Monomorium</i> sp.4	<i>Monomorium</i> sp.6	<i>Mystrium rogeri</i>
<i>Monomorium</i> sp.6	<i>Mystrium mysticum</i>	<i>Oligomyrmex</i> sp.1
<i>Mystrium mysticum</i>	<i>Oligomyrmex</i> sp.1	<i>Pachycondyla</i> sp.2
<i>Mystrium rogeri</i>	<i>Pachycondyla</i> sp. 4	<i>Pachycondyla</i> sp.3
<i>Oligomyrmex</i> sp.1	<i>Pachycondyla</i> sp.2	<i>Paratrechina</i> sp. mad-03
<i>Pachycondyla</i> sp.2	<i>Pachycondyla</i> sp.3	<i>Paratrechina</i> sp.1
<i>Paratrechina longicornis</i>	<i>Paratrechina</i> sp. mad-03	<i>Paratrechina</i> sp.2
<i>Paratrechina</i> sp. mad-03	<i>Paratrechina</i> sp.1	<i>Pheidole</i> sp.4
<i>Paratrechina</i> sp.1	<i>Paratrechina</i> sp.5	<i>Pheidole</i> sp.5
<i>Paratrechina</i> sp.2	<i>Pheidole</i> sp.1	<i>Pheidole</i> sp.7
<i>Pheidole</i> sp.1	<i>Pheidole</i> sp.4	<i>Plagiolepis alluaudi</i>
<i>Pheidole</i> sp.4	<i>Pheidole</i> sp.5	<i>Plagiolepis</i> sp.2
<i>Pheidole</i> sp.5	<i>Pheidole</i> sp.6	<i>Prionopelta</i> sp.1
<i>Pheidole</i> sp.8	<i>Pheidole</i> sp.7	<i>Proceratium</i> sp.1
<i>Plagiolepis alluaudi</i>	<i>Pilotrochus besmerus</i>	<i>Pyramica ludovici</i>
<i>Prionopelta</i> sp.1	<i>Plagiolepis alluaudi</i>	<i>Pyramica</i> sp.4
<i>Pyramica ambatrix</i>	<i>Plagiolepis</i> sp.2	<i>Strumigenys</i> sp.1
<i>Pyramica erynes</i>	<i>Prionopelta</i> sp.1	<i>Strumigenys</i> sp.2
<i>Strumigenys</i> sp.1	<i>Pyramica ambatrix</i>	<i>Strumigenys</i> sp.3
<i>Strumigenys</i> sp.2	<i>Pyramica ludovici</i>	<i>Strumigenys</i> sp.5
<i>Strumigenys</i> sp.3	<i>Strumigenys</i> sp.1	<i>Tetramorium</i> sp.1

**Table 2 Ant Species Recorded in the Mine Site Local Study Area by Habitat
(continued)**

Habitat		
Azonal	Transitional	Zonal
Species	Species	Species
<i>Strumygenys</i> sp.4	<i>Strumygenys</i> sp.2	<i>Tetramorium</i> sp.2
<i>Terataner</i> sp.1	<i>Strumygenys</i> sp.3	<i>Tetramorium</i> sp.3
<i>Tetramorium</i> sp.1	<i>Strumygenys</i> sp.4	<i>Tetramorium</i> sp.4
<i>Tetramorium</i> sp.2	<i>Terataner</i> sp.1	<i>Tetramorium</i> sp.5
<i>Tetramorium</i> sp.3	<i>Tetramorium</i> sp.1	<i>Tetramorium</i> sp.6
<i>Tetramorium</i> sp.4	<i>Tetramorium</i> sp.2	<i>Tetraponera</i> sp. mad-01
<i>Tetramorium</i> sp.6	<i>Tetramorium</i> sp.3	<i>Tetraponera</i> sp.2
	<i>Tetramorium</i> sp.4	<i>Vitsika</i> sp.1
	<i>Tetramorium</i> sp.5	
	<i>Tetraponera</i> sp.2	

TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT
ON
ANTS
FROM 18/03/04 TO 31/03/04
(FRENCH)

ETUDE D'IMPACT ENVIRONNEMENTAL
DANS LA FORET AU NORD DE MORAMANGA
(ANALAMAY, AMBATOVY ET TOROTOROFOTSY)

PARTIE FAUNE/ FOURMIS

PROJET D'EXPLOITATION MINIERE DE COBALT ET DE NICKEL

DYNATEC CORPORATION-
GOLDER ASSOCIATES

RAPPORT FINAL

PAR

Dr. Brian FISHER
Helian RATSIRARSON
Jean Jacques RAFANOMEZANTSOA

California Academy of Sciences,
VV 197 EF Manakambahiny,
Antananarivo (101), Madagascar
E-mail: cas@wanadoo.mg

Introduction

Dans le cadre de l'étude d'impact environnemental du projet d'exploitation minière de la Société Dynatec dans la région de Moramanga, un inventaire détaillé des fourmis (Formicidae) a été mené par les entomologistes de la California Academy of Sciences pendant la période du 18 au 31 mars 2004 dans cette région. Cette étude fait partie intégrante de la recherche du potentiel impact de l'exploitation minière sur la faune en général, menée par une équipe pluridisciplinaire contractée par Golder Associates.

L'objectif de l'étude est de fournir les informations nécessaires sur les fourmis de la région pour l'identification des zones d'importances pour la conservation, la présence des rares, importantes et endémiques espèces ainsi que l'établissement des conditions environnemental avant exploitation.

Sites d'études

Suivant les protocoles de Golder Associates, trois sites ont été inventoriés pendant l'étude. Ces sites sont situés dans la zone d'exploitation de Dynatec et comprennent les forêts d'Analamay, d'Ambatovy et de Torotorofotsy. La mise en place des transect d'échantillonnages dans les trois sites nécessitaient des soins particulier vus que ces sites contiennent des différents types d'habitats. Normalement, il serait préférable d'inventorier tous les types d'habitats existants dans chaque site mais notre temps limité et notre connaissance des types d'habitats plus importants pour les fourmis nous ont conduits d'effectuer les inventaires sur les sites suivants :

- la forêt azonale d'Analamay dont la position géographique est de 18°48.374'S; 48°20.224'E à une altitude de 1068m. Cette forêt est caractérisée par des sous bois denses avec une canopée de taille moyenne et la présence des petits bambous.
- la forêt humide verdoyante de moyenne altitude d'Ambatovy dont la position géographique est de 18°51.051'S; 48°19.286'E à une altitude de 1075m. C'est une forêt sur sol humide qui est partiellement perturbée par des exploitations forestières sélectives.

- la forêt dense humide bordant le marais de Torotorofotsy dont la position géographique est de 18°52.249'S; 48°20.42'E à une altitude de 1,070 m. Sur toutes les parcelles de forêts bordant le marais, ce site est le moins dégradé et présente la moindre signe de pression anthropologique.

Méthodes

Collectes des fourmis

Pour chaque site, l'inventaire des fourmis se faisait par 2 sortes de collectes aléatoires et une méthode de collecte standardisée. La méthode d'inventaire standardisée utilisée pendant l'étude est une méthode développée par Dr Brian Fisher pour les fourmis de litières et cette méthode est reconnue mondialement par le nom de « Mini-Winkler Method ». Les méthodes de collectes aléatoires utilisées sont les « Beating » et les « G.C. » ou collectes générales.

Mini-Winkler

Le « Mini-Winkler Method » nécessite un transect de 25 échantillonnages de litières. Les échantillons de litières sont collectés tous les 5m, le long d'un transect de 125m. Pour maximiser la capture et pour suivre les mêmes procédures de collecte appliquées par CAS dans tout Madagascar, nous avons fait 2 transect de 25 litières par site. Pour chaque transect, les litières se trouvant à l'intérieur d'une placette approximativement de 1m² ont été collectées et filtrées à travers un tamis en grille calibré de 1 cm. Avant de passer au tamis, les litières sont hachées avec une machette pour perturber les nids de fourmis dans les petites tiges et les bois pourris. A peu près, deux litres de litières tamisées ont été prises pour chaque placette de 1m². L'échantillonnage de litière se fait tous les 5 m le long du transect de 125m pour avoir un total de 25 échantillons de litières par transect. Ces échantillons de litières sont ramenés au campement pour extraction. Les arthropodes dans les échantillonnages de litières ont été extraits à l'aide d'une forme modifiée d'extracteur de Winkler (le Mini-Winkler) pendant une période de 48h.

Beating

Pour le « Beating », des arbres ou des arbustes ont été choisis par hasard et frappés par des coups de bâtons. Des arthropodes et des fourmis arboricoles tombent de l'arbre ou de

l'arbuste frappé et sont cueillis par une sorte de parapluie appelée communément parapluie japonais. Ces arthropodes sont ensuite collectés par des aspirateurs et conservés dans des tubes contenant de l'alcool à 90°.

Collecte Générale « G.C. »

La « G.C. » ou collecte générale est définie comme toute méthode de capture autre que le Mini-Winkler et « Beating ». La collecte générale concerne les recherches et les collectes systématiques des fourmis sur différents habitats (bois pourris, tronçons d'arbres, rameaux morts et vivants, les végétations basses ainsi que sous les rochers).

Analyses des données

Les méthodes de collectes aléatoires ne se prêtent pas à des analyses statistiques fiables, mais elles restent des méthodes très efficaces pour valider l'aperçu de la composition d'espèces de fourmis dans chaque site et de confirmer la présence des espèces dans les sites.

Chaque transect de litières a fourni 25 échantillons collectés de façon standard qui justifient des analyses statistiques nécessaires à la comparaison des sites après identification des fourmis capturées. Etant donnée que la présence d'une reine dans une station n'implique nécessairement pas l'implantation d'une colonie, nous les avons exclus et nous n'avons seulement tenus comptes que des fourmis ouvrières dans nos analyses.

Pour vérifier l'efficacité et la validité de la méthode de collecte « Mini-Winkler », nous avons dressé une courbe d'accumulation d'espèces des stations d'échantillonnages dans chaque site à l'aide du logiciel EstimateS.

Les identités et les statuts des espèces de fourmis capturées ont été relevés et déterminés pour enregistrer la présence éventuelle des espèces rares, importantes ou endémiques dans chaque site.

Les compositions et abondances des espèces sont présentées pour l'établissement des conditions avant exploitation. Puisque les fourmis sont sociales, l'abondance de chaque

espèce est calculée comme étant la proportion des stations dans lesquelles l'espèce est présente. Le terme station est défini dans cette étude comme étant la placette d'échantillonnage de litière numérotée sur un transect.

Les trois sites sont comparés à l'aide de l'index de similarité de Jaccard pour avoir une idée des différences et des successions des espèces. Cet index de similarité se calcule de la façon suivante : $C_{AB} = j/(a+b-j)$ où **j** est le nombre des espèces se trouvant dans les deux sites à comparer, **a** le nombre des espèces dans le site A et **b** le nombre des espèces dans le site B.

Les trois sites sont aussi comparés avec le site de Mantadia qui se trouve à peu près à 15 km au nord de ces trois sites et qui jouit d'un statut d'aire protégée.

Résultats et discussions

Les courbes d'accumulations des espèces pour les trois sites ont montré des plateaux de saturation après 25 échantillonnages, montrant l'efficacité de la méthode de collectes « Mini-Winkler » standardisée, utilisée pour l'étude. Pour ces courbes, l'ordre de l'échantillon a été pris au hasard cent fois et les espèces non préalablement collectées sont accumulées sans remplacement en fonction du nombre de station (Figure 1).

La liste des espèces de fourmis collectées dans chaque site par chaque méthode de capture est présentée dans le tableau 1. Avec les deux méthodes combinées, un total de 75 espèces de fourmis a été capturé au sein des trois sites. Les codes utilisés pour les noms des morpho espèces dans ce tableau sont standards pour toutes études menées par CAS à Madagascar et facilitent ainsi les comparaisons des différents sites.

Les trois sites n'ont pas montré de différences significatives en richesse spécifique même si le site de Torotorofotsy présente le plus grand nombre d'espèces capturées par toutes les méthodes avec ses 52 espèces dont 42 ont été capturées par le Mini-Winkler. Ambatovy et Analamay ont respectivement 51 et 50 espèces de fourmis capturées par les deux méthodes combinées (Tableau 1). Les précédents inventaires des fourmis menées sur les forêts denses humides de moyenne altitude à Madagascar ont produits en moyenne 40 espèces par transect de litière (Mini-Winkler) ce qui fait que les richesses spécifiques

des trois sites ne sont pas exceptionnelles. Elles sont justes au dessus de la moyenne mais ce qui fait l'importance de ces sites se trouve sur les compositions de ses espèces et les présences d'espèces rares et endémiques dans chaque site.

Notons la présence de deux espèces d'*Amblyopone* et deux espèces de *Mystrium*, deux genres rares, taxonomiquement classés dans la tribu des « fourmis Dracula » Amblyoponine, à Analamay. Amblyoponine est la plus ancienne tribu dans l'évolution des fourmis et ses membres présentent des caractères morphologiques plus proche des guêpes. La qualification de « fourmis Dracula » vient de leur comportement très bizarre de mordre les larves de leur colonie et d'en sucer les hémolymphes pour se nourrir.

Notons aussi la présence du genre très rare *Proceratium* à Torotorofotsy. Ces fourmis sont des prédateurs d'œuf d'araignées très spécialisées au point que leurs segments gastérols sont courbées et dirigées vers l'avant pour faciliter le transport de leurs proies. Le nouveau genre endémique de Madagascar nommé récemment *Vitsika* est aussi présent à Torotorofotsy. La distribution sur toute l'île de ce genre n'est pas encore bien déterminée mais sa présence à Torotorofotsy suggère que ce genre de fourmis peut être largement distribué dans les forêts denses humides de l'Est de Madagascar.

La plus grande découverte qui constitue le point culminant de cette étude est la découverte des colonies de *Pilotrochus* à Ambatovy. Ce genre endémique de Madagascar n'a jamais été collecté après sa découverte pour la première fois par Pyrieras aux alentours de Moramanga en 1975, malgré les efforts récents d'inventaires de fourmis dans presque toute l'île. Ces collectes de Pyrieras constituent les spécimen types pour la description de ce genre endémique et de l'espèce unique *Pilotrochus besmerus* faite par Brown en 1978. La distribution de *Pilotrochus* à Madagascar est inconnue mais cette découverte à Ambatovy après les efforts d'inventaires dans presque toute l'île peut suggérer que *Pilotrochus* est endémique de cette région. Ambatovy constitue donc l'unique site connu pour l'étude ultérieure de l'écologie et la biologie de ce genre.

Déterminés à l'aide de l'index de similarité de Jaccard, les trois sites ont montré des différences significatives au niveau des compositions d'espèces (Tableau 2). Des grandes successions d'espèces sont notées

entre les trois sites, montrant que chaque site a sa particularité et son importance pour la conservation.

Pour plus d'information, nous avons aussi comparé les trois sites avec le Parc National de Mantadia à l'aide de l'index de similarité de Jaccard (Tableau 3). Le site d'Analamay présente une grande différence avec le Parc National de Mantadia tandis que les forêts d'Ambatovy et de Torotorofotsy ont une petite similarité avec ce parc. Les valeurs de l'index de similarité (<0.60) montre que la protection de Mantadia n'assure pas la protection de la plupart des espèces existantes dans les trois sites.

Les deux méthodes de captures utilisées ont aussi attrapé des autres arthropodes. La liste de ces arthropodes, identifiées pour la plupart jusqu'au niveau ordre et jusqu'au niveau famille pour les araignées et les coléoptères, est annexée à cette étude. Cette liste peut être utilisée comme base de données pour d'éventuelles études ultérieures dans cette région.

Conclusion

Les précédents inventaires des fourmis menées sur les forêts denses humides de moyenne altitude à Madagascar ont montré que la richesse spécifique des trois sites n'est pas exceptionnelle. Néanmoins, les présences des espèces importantes, rares et endémiques dans les trois sites montrent leur importance pour la conservation et nécessite une mesure de minimisation d'impact néfaste de l'exploitation minière projetée dans la région. La destruction de son habitat naturel constitue la première menace de disparition pour les espèces rares et endémiques. Ainsi, Il ne serait pas souhaitable de faire une destruction totale de la forêt dans les trois sites mais d'en garder pour chacune une quantité suffisante comme forêt source et/ou forêt de contrôle pour les futures réhabilitations et rétablissements des forêts après exploitation. La désignation et l'emplacement de ces forêts sources dans les trois sites doivent faire l'objet d'une étude imminente. L'étude de la distribution spatiale de *Pilotrochus* sur les différents habitats présents à Ambatovy nécessite une plus grande investigation et doit être faite le plus tôt possible avant que tout soit détruit.

Remerciements

Nous tenons à remercier Dr David Meyer pour l'organisation et le financement de cette étude. Nous sommes reconnaissant au Ministère de l'Environnement et des Eaux et Forêts pour nous avoir octroyer les autorisations d'exportation de spécimens. L'équipe du laboratoire entomologique de CAS, en particulier Hanitra Rasoazanamavo, Nicole Rasoamanana, Claver Randrianandrasana et Chrislain Ranaivo, a activement aidé aux préparations et aux identifications préliminaires des spécimens. Nous remercions aussi nos deux guides et assistants locaux, Mara et TERENCE pour leur enthousiaste participation à la capture des fourmis et aux mises en places des pièges.

Tableaux et figures

Tableau 1: Liste des fourmis collectées par les méthodes de Winkler (MW) et de la collecte générale (GC) dans chaque site.

	ANALAMAY		TOROTOROFOTSY		AMBATOVY	
	MW	GC	MW	GC	MW	GC
CERAPACHYINAE						
<i>Cerapachys</i> sp. mad-38	X	X	X	X	X	X
<i>Cerapachys</i> sp.3	X				X	
<i>Cerapachys lividus</i>	X		X			
<i>Cerapachys</i> sp.5	X		X	X		
FORMICINAE						
<i>Camponotus</i> sp. mad-17					X	
<i>Camponotus</i> sp.4		X	X	X	X	X
<i>Camponotus</i> sp.5	X	X		X	X	X
<i>Paratrechina</i> sp.1	X		X		X	
<i>Paratrechina</i> sp.2	X		X			
<i>Paratrechina longicornis</i>	X					
<i>Paratrechina</i> sp. mad-03	X	X	X	X	X	
<i>Paratrechina</i> sp.5					X	
<i>Plagiolepis alluaudi</i>	X	X	X	X	X	
<i>Plagiolepis</i> sp.2				X		X
MYRMICINAE						
<i>Aphaenogaster swammerdami</i>						X
<i>Cataulacus</i> sp.1				X		X
<i>Cataulacus</i> sp.2				X		
<i>Crematogaster</i> sp.1		X			X	X
<i>Crematogaster</i> sp.4	X	X	X	X		
<i>Leptothorax</i> sp.1		X		X		
<i>Monomorium</i> sp.1			X			
<i>Monomorium</i> sp.3						X
<i>Monomorium</i> sp.4	X	X		X	X	
<i>Monomorium</i> sp.5						X
<i>Monomorium</i> sp.6	X				X	

<i>Oligomyrmex</i> sp.1	X		X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp.1	X	X			X	
<i>Pheidole</i> sp.4	X		X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp.5	X	X	X	X	X	X
<i>Pheidole</i> sp.6					X	
<i>Pheidole</i> sp.7				X	X	
<i>Pheidole</i> sp.8	X					
<i>Pilotrochus besmerus</i>					X	
<i>Pyramica erynes</i>	X					
<i>Pyramica ambatrix</i>	X				X	
<i>Pyramica ludovici</i>			X		X	
<i>Pyramica</i> sp.4			X			
<i>Strumigenys</i> sp.1	X		X		X	
<i>Strumigenys</i> sp.2	X		X		X	
<i>Strumigenys</i> sp.3	X		X		X	
<i>Strumigenys</i> sp.4	X				X	
<i>Strumigenys</i> sp.5			X	X		
<i>Terataner</i> sp.1		X				X
<i>Tetramorium</i> sp.1	X		X		X	
<i>Tetramorium</i> sp.2	X		X	X	X	
<i>Tetramorium</i> sp.3	X	X	X	X	X	
<i>Tetramorium</i> sp.4	X		X		X	
<i>Tetramorium</i> sp.5			X	X		
<i>Tetramorium</i> sp.6		X	X	X	X	X
<i>Vitsika</i> sp.1				X		

PONERINAE

<i>Amblyopone</i> sp. mad-01		X				X
<i>Amblyopone</i> sp.2	X		X			
<i>Anochetus</i> sp.1	X					
<i>Anochetus</i> sp.3			X	X		
<i>Discothyrea</i> sp.1					X	
<i>Discothyrea</i> sp.2	X					
<i>Discothyrea</i> sp.3	X					
<i>Hypoponera</i> sp.1	X		X		X	
<i>Hypoponera</i> sp.2	X		X		X	
<i>Hypoponera</i> sp.3		X		X		X

<i>Hypoponera</i> sp.4	X					
<i>Hypoponera</i> sp.5	X		X		X	
<i>Hypoponera</i> sp.6		X	X	X	X	X
<i>Hypoponera</i> sp.7	X		X		X	
<i>Leptogenys</i> sp.1			X		X	
<i>Leptogenys</i> sp.2		X	X	X		
<i>Mystrium rogeri</i>	X		X			
<i>Mystrium mysticum</i>		X	X	X		X
<i>Pachycondyla</i> sp.2	X		X		X	X
<i>Pachycondyla</i> sp.3			X		X	X
<i>Pachycondyla</i> sp. 4					X	X
<i>Prionopelta</i> sp.1	X	X	X	X	X	X
<i>Proceratium</i> sp.1			X			
PSEUDOMYRMICINAE						
<i>Tetraponera</i> sp. mad-01			X	X		
<i>Tetraponera</i> sp.2			X	X		X
Total	40	20	42	30	41	23
MW + CG	75	50	52		51	

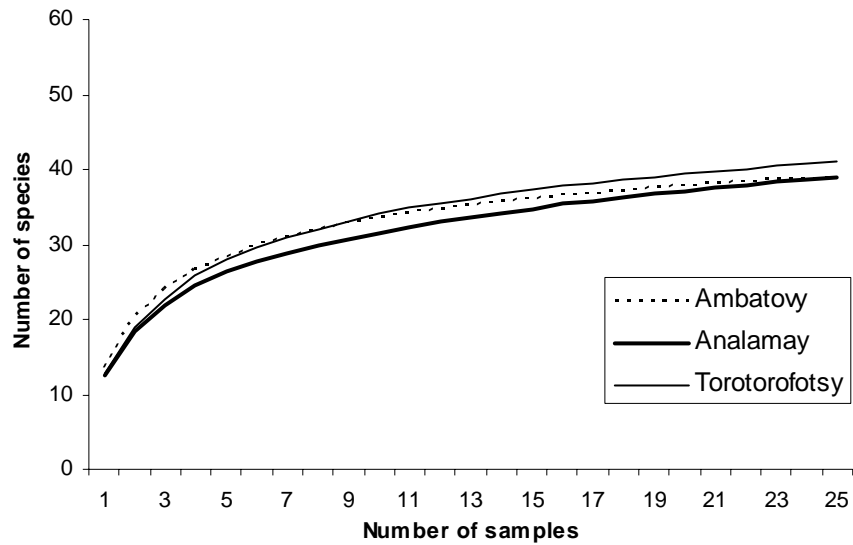
Tableau 2 : Matrice de similarité des trois sites, produite à l'aide de l'index de similarité de Jaccard.

	ANALAMAY	TOROTOROFOTSY	AMBATOVY
ANALAMAY	1	0.47	0.5
TOROTOROFOTSY	0.47	1	0.46

Tableau 3 : Similarité des trois sites avec le Parc National de Mantadia calculé à l'aide de l'index de similarité de Jaccard

	ANALAMAY	TOROTOROFOTSY	AMBATOVY
MANTADIA	0.42	0.54	0.56

Figure 1 : Courbe d'accumulation des espèces dans les trois sites. L'ordre de l'échantillonnage est tiré 100 fois au hasard sans remplacement et les moyennes des nombres d'espèces sont calculées à l'aide du logiciel EstimateS.



Annexes

Annexe I: Liste des Arthropodes recensés à l'aide du MW dans les trois sites

ORDRE	Torotorofotsy	Ambatovy	Analamay
Amphipoda	x	x	x
Annelida	x		
Blattaria	x	x	x
Chilopoda	x		x
Coleoptera	x	x	x
Collembola		x	
Dermaptera	x	x	x
Diplopoda		x	x
Diptera	x	x	x
Hemiptera	x	x	x
Hymenoptera	x	x	x
Isopoda	x	x	x
Isoptera	x	x	x
Mollusque	x		
Mycrocoryphia			x
Neuroptera	x	x	x
Opiliones	x	x	x
Orthoptera	x	x	x
Pseudoscorpions	x	x	x
Psocoptera		x	x
Scorpions	x	x	x
Spider	x	x	x
Thysanoptera	x	x	x
Total :	23	19	20

Annexe 2: Familles des Coléoptères recensées à l'aide du MW dans les trois sites

	Torotorofotsy	Ambatovy	Analamay
Anthicidae	x	x	
Anthribidae	x		
Carabidae	x	x	x
Chrysomelidae	x	x	x
Ciidae	x	x	x
Coccinellidae	x		x
Corylophidae		x	x
Cryptophagidae	x	x	x
Curculionidae	x	x	x
Elateridae	x	x	x
Endomychidae	x	x	x
Erotylidae	x	x	x
Georyssidae		x	
Histeridae		x	
Hydrophilidae	x		
Leiodidae	x	x	x
Limnichidae	x		x
Melandryidae	x		
Nitidulidae	x	x	
Pselaphidae	x	x	x
Ptiliidae	x	x	x
Scarabaeidae	x	x	x
Scotylidae	x	x	x
Scydmaenidae	x	x	x
Staphylinidae	x	x	x
Tenebrionidae	x	x	x
Throscidae	x	x	
Trogossitidae			x
Total :	28	24	22
			20

Annexe 3: Familles des araignées collectées à l'aide du MW
dans les trois sites

	Torotorofotsy	Ambatovy	Analamay
Araneidae	x	x	x
Archaeidae	x	x	
Barychelidae	x	x	x
Clubionidae	x		
Corinnidae	x	x	x
Dictyniidae	x		x
Gallieniellidae	x	x	x
Gnaphosidae		x	
Hahniidae	x		x
Linyphiidae	x	x	x
Lycosidae	x		x
Migidae	x	x	x
Miturgidae	x		
Mysmenidae	x		x
Nemesiidae	x	x	x
Ochyroceratidae			x
Oonopidae	x	x	x
Salticidae	x	x	x
Scytodidae	x	x	x
Segestriidae			x
Selenopidae	x		
Sparrassidae	x	x	
Symphitognathidae			x
Tetrablemmidae	x	x	x
Theriidae	x	x	x
Thomisidae	x	x	x
Trochanteriidae		x	
Zodariidae	x	x	x
Zorocratidae	x		x
Total :	29	18	22

VOLUME J

SECTION 2.1

ATTACHMENT 7

BUTTERFLIES AND MOTHS

ATTACHMENT 7-1
MINE LOCAL STUDY AREA

DATA TABLES

Table 1 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Area

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Area	Abundance
Bombycoidea	Sphingidae	Macroglossinae	<i>Cephenodes sp.</i>		Ambatovy	1
			<i>Macroglossum sp.</i>		Ambatovy	4
			<i>Panogena sp.</i>		Ambatovy	2
			<i>Temnora sp.</i>		Analamay	1
			<i>Xanthopan morgani</i>		Ambatovy	1
Calliduloidea	Callidulidae	Griveaudiinae	<i>Griveaudia viettei</i>		Ambatovy	2
			<i>Griveaudia vieui</i>		Ambatovy	5
Geometroidea	Geometridae	Ennominae	<i>Hylemera sp.</i>		Analamay	1
Hesperioidea	Uraniidae	Uraniinae	<i>Chrysiridia rhipheus</i>		Ambatovy	4
					Analamay	7
					not known	4
			<i>Urapteritra fasciata</i>		Ambatovy	4
					Analamay	3
			<i>Urapteritra mabiliei</i>		Analamay	7
	Hesperiidae	Coeliadinae	<i>Coeliades fervida</i>		Ambatovy	5
					Analamay	11
					Torotorofotsy	1
					not known	5
			<i>Coeliades fidia</i>	yes	Ambatovy	10
					Analamay	3
			<i>Coeliades rama</i>		Ambatovy	1
					not known	1
			<i>Coeliades ramanatek</i>		Analamay	1
			<i>Coeliades ramanatek ramanatek</i>		Ambatovy	3
					Analamay	6
					Torotorofotsy	5
					not known	5
			<i>Coeliades fervida</i>		Ambatovy	1
					Analamay	3
		Hesperiinae	<i>Acleros leucopyga</i>		not known	7
			<i>Arnetta ellipsis</i>		Torotorofotsy	2
			<i>Arnetta hyposticta</i>		Ambatovy	3
					not known	1
			<i>Artitropa hollandi</i>	yes	Analamay	1
			<i>Borbo borbonica</i>		Torotorofotsy	2
			<i>Borbo borbonica borbonica</i>		Torotorofotsy	2
			<i>Borbo gemella</i>		Torotorofotsy	1
					not known	1
			<i>Borbo havei</i>		Torotorofotsy	2
					not known	2
			<i>Borbo ratek</i>		Ambatovy	1
					Torotorofotsy	2
					not known	2
			<i>Fulda coroller</i>		Ambatovy	2
			<i>Fulda imorina</i>	yes	Ambatovy	3
					Torotorofotsy	8
			<i>Fulda rhadama</i>		Ambatovy	3
					Torotorofotsy	3
					not known	4
			<i>Malaza carmides</i>	yes	Ambatovy	2
					Analamay	1
			<i>Malaza empyreus</i>	yes	Ambatovy	1

Table 1 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Area	Abundance
			<i>Parnara naso poutieri</i>		Ambatovy	3
					Analamay	10
					Torotorofotsy	2
					not known	1
			<i>Perrotia howa</i>		not known	1
			<i>Perrotia ismael</i>		Ambatovy	1
					Analamay	1
					Torotorofotsy	1
					not known	2
			<i>Perrotia sp.</i>		Ambatovy	1
			<i>Perrotia varians</i>		Ambatovy	3
					Torotorofotsy	2
					not known	5
		Heteropterinae	<i>Hovala 1</i>	yes	Ambatovy	1
			<i>Hovala 2</i>	yes	Ambatovy	1
			<i>Hovala saclavus</i>		not known	2
			<i>Hovala sp.</i>	yes	Ambatovy	1
		Pyrginae	<i>Eagris sabadius</i>		Ambatovy	1
			<i>Eagris sabadius andracne</i>		Ambatovy	2
			<i>Tagiades insularis insularis</i>		Analamay	1
Noctuoidea	Arctiidae	Arctiinae	<i>arctiid</i>		Ambatovy	1
			<i>Argina cribraria</i>		Torotorofotsy	2
			<i>Asota borbonica</i>		Ambatovy	1
			<i>Nyctemera insularis</i>		Ambatovy	2
			<i>Nyctemera sp.</i>		Ambatovy	5
					Analamay	3
		Syntominiinae	<i>Maculonaclia sp.</i>		Analamay	1
			<i>Stictonaclia sp.</i>		Ambatovy	1
			<i>"Viettesia" sp.</i>		not known	1
	Lymantriidae	Lymantriinae	<i>Euproctis sp.</i>		Ambatovy	1
			<i>Collenettema sp.</i>		Ambatovy	9
					Analamay	5
			<i>Euproctis sp.</i>		Ambatovy	1
		Agaristinae	<i>Rothia sp.</i>		Ambatovy	4
					not known	1
		Catocalinae	<i>Cyligramma disturbans</i>		Ambatovy	2
					Analamay	4
			<i>Cyligramma sp.</i>		Ambatovy	2
					Analamay	4
	Notodontidae	Thaumatopeinae	<i>Anaphe sp.</i>		Torotorofotsy	1
Papilionoidea	Arctiidae	Syntominiinae	<i>Syntominiinae sp.</i>		Ambatovy	5
					Analamay	1
	Lycaenidae	Lycaeninae	<i>Actizera atrigemmata</i>		Torotorofotsy	1
			<i>Anthene princeps smithi</i>		not known	1
			<i>Cacyreus darius</i>		Ambatovy	2
					Analamay	1
					Torotorofotsy	4
					not known	1
			<i>Cupidopsis cissus</i>		Torotorofotsy	13
					not known	2

Table 1 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Area	Abundance
			<i>Eicochrysops hippocrates</i>		Analamay	2
					Torotorofotsy	2
					not known	2
			<i>Eicochrysops sanguigutta</i>		Ambatovy	2
					Analamay	2
			<i>Euchrysops malathana</i>		Torotorofotsy	1
			<i>Hemiolaus ceres</i>		Ambatovy	3
					Analamay	6
					not known	5
			<i>Hemiolaus maryra</i>		Ambatovy	4
					Analamay	3
					not known	2
			<i>Hemiolaus/Deudorix sp.</i>		not known	1
			<i>Iolaus argentarius</i>		Ambatovy	1
					Analamay	2
			<i>Iolaus mermeros</i>		Analamay	1
			<i>Leptomyrina phidias</i>		Analamay	1
			<i>Leptotes pirithous</i>		Ambatovy	1
			<i>Leptotes rabefaner</i>		Ambatovy	2
					Analamay	1
					not known	5
			<i>Zizeeria knysna</i>		Ambatovy	2
					Torotorofotsy	1
					not known	2
	Nymphalidae	Riodininae	<i>Saribia perroti</i>		not known	2
		Biblidinae	<i>Byblia anvataara anvataara</i>		Torotorofotsy	2
			<i>Eurytela narinda</i>		Ambatovy	2
					not known	1
			<i>Neptidopsis fulgurata fulgurata_?</i>		Ambatovy	1
		Charaxinae	<i>Charaxes analara</i>		Torotorofotsy	1
			<i>Charaxes analava</i>		Ambatovy	2
					Analamay	3
			<i>Charaxes andranodorus andranodorus</i>		Torotorofotsy	2
			<i>Charaxes antamboulou</i>		Ambatovy	2
					Analamay	1
					Torotorofotsy	1
			<i>Charaxes cacuthis</i>		Torotorofotsy	1
			<i>Charaxes zoolina betsimisaraka</i>		Ambatovy	3
			<i>Euxanthe madagascariensis</i>		Ambatovy	1
		Danainae	<i>Danaus chrysippus</i>		Torotorofotsy	1
			<i>Danaus chrysippus aegyptius</i>		Ambatovy	2
					Torotorofotsy	3
	Heliconiinae		<i>Acraea eponina</i>		Ambatovy	1
					Torotorofotsy	14
					not known	2
			<i>Acraea igati</i>		not known	1
			<i>Acraea ranavalona</i>		Ambatovy	3
					Analamay	1
					Torotorofotsy	1
					not known	2

Table 1 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Area	Abundance
			<i>Acraea siliiana</i>		not known	7
			<i>Acraea zitja</i>		Ambatovy	3
					Torotorofotsy	9
					not known	5
			<i>Phalanta madagascariensis</i>		Ambatovy	1
					Analamay	1
					not known	1
			<i>Smerina manoro</i>	yes	Ambatovy	1
		Limenitidinae	<i>Cyrestis camillus</i>		not known	1
			<i>Cyrestis camillus elegans</i>		Torotorofotsy	1
					not known	4
			<i>Neptis kiki deli</i>		Ambatovy	1
					Analamay	1
					Torotorofotsy	1
					not known	3
			<i>Neptis saclava saclava</i>		Ambatovy	3
					not known	4
			<i>Pseudacraea imerina imerina</i>		Ambatovy	9
					Analamay	5
					not known	2
			<i>Pseudacraea lucretia apaturoides</i>		Ambatovy	3
					Analamay	2
					Torotorofotsy	6
					not known	2
		Nymphalinae	<i>Hypolimnas dexithea</i>	yes	Ambatovy	1
					Torotorofotsy	1
			<i>Junonia andremiaja</i>		Ambatovy	1
					Torotorofotsy	9
					not known	1
			<i>Junonia eurodoce</i>		Ambatovy	2
					Analamay	3
					Torotorofotsy	3
					not known	4
			<i>Junonia goudotii</i>		Ambatovy	11
					Analamay	3
					Torotorofotsy	6
					not known	6
			<i>Junonia oenone epiclelia</i>		not known	1
			<i>Salamis anacardii duprei</i>		Ambatovy	8
					Analamay	8
					Torotorofotsy	1
					not known	7
			<i>Salamis anteva</i>		Ambatovy	8
					Analamay	2
					Torotorofotsy	2
					not known	3
		Satyrinae	<i>Heteropsis 12</i>		Analamay	6
			<i>Heteropsis 12 or obscura</i>		Analamay	1

Table 1 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Area	Abundance
			<i>Heteropsis 22</i>		Ambatovy	11
					Analamay	8
					Torotorofotsy	3
					not known	9
			<i>Heteropsis 28</i>		Ambatovy	1
					Analamay	1
			<i>Heteropsis 28 or andasibe</i>		Ambatovy	1
			<i>Heteropsis alaokola</i>		Ambatovy	3
					not known	2
			<i>Heteropsis andasibe</i>	yes	Ambatovy	25
					Analamay	1
					Torotorofotsy	9
			<i>Heteropsis andasibe or 28</i>		Ambatovy	1
			<i>Heteropsis ankaratra</i>		Ambatovy	2
					Torotorofotsy	1
			<i>Heteropsis ankoma</i>		Ambatovy	2
					Analamay	2
					not known	1
			<i>Heteropsis ankova</i>		Ambatovy	6
					Analamay	24
					Torotorofotsy	15
					not known	5
			<i>Heteropsis avelona</i>		Ambatovy	5
					Analamay	8
					not known	1
			<i>Heteropsis difficilis</i>		Ambatovy	1
					Analamay	6
					Torotorofotsy	1
			<i>Heteropsis drepana</i>		Ambatovy	7
					Analamay	2
					not known	1
			<i>Heteropsis iboina</i>		Ambatovy	6
					Analamay	5
					not known	7
			<i>Heteropsis narcissus fraterna</i>		Ambatovy	4
					Torotorofotsy	2
					not known	4
			<i>Heteropsis paradoxa</i>	yes	Analamay	1
			<i>Heteropsis parva</i>		Ambatovy	2
					Analamay	1
					not known	1
			<i>Heteropsis passandava</i>		Analamay	4
					not known	1
			<i>Heteropsis pauper</i>		Ambatovy	21
					Analamay	23
					Torotorofotsy	6
					not known	1
			<i>Heteropsis sp.</i>		Analamay	3
					not known	3
			<i>Heteropsis subsimilis</i>		Ambatovy	3
					Analamay	12
					not known	1

Table 1 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Area	Abundance
			<i>Heteropsis turbans</i>		Ambatovy	1
					Torotorofotsy	1
					not known	2
			<i>Heteropsis turbans/28</i>		not known	1
			<i>Heteropsis turbata</i>	yes	Ambatovy	3
					Analamay	1
					Torotorofotsy	31
			<i>Heteropsis vola</i>		Ambatovy	5
					Analamay	12
					Torotorofotsy	1
					not known	2
			<i>Melanitis leda helenia</i>		Torotorofotsy	3
			<i>Strabena andriana</i>	yes	Ambatovy	5
					Torotorofotsy	11
			<i>Strabena batesii</i>		Ambatovy	1
					Analamay	14
			<i>Strabena consobrina</i>	yes	Ambatovy	4
			<i>Strabena consors</i>	yes	Ambatovy	8
			<i>Strabena dyscola</i>	yes	Ambatovy	1
					Analamay	1
					Torotorofotsy	36
					not known	1
			<i>Strabena ibitina</i>		Ambatovy	9
					Analamay	1
					Torotorofotsy	4
					not known	11
			<i>Strabena modesta</i>		Ambatovy	4
					Analamay	45
					not known	2
			<i>Strabena modesta/modestissima</i>	yes	Ambatovy	1
			<i>Strabena modesta/soror</i>		Ambatovy	1
			<i>Strabena nepos</i>		Ambatovy	8
					not known	4
			<i>Strabena niveata</i>	yes	Ambatovy	1
			<i>Strabena perroti</i>	yes	Analamay	2
			<i>Strabena smithii</i>		Analamay	3
			<i>Strabena tamatavae</i>		Ambatovy	5
					Torotorofotsy	2
					not known	4
			<i>Strabena triophthalma</i>		Ambatovy	22
					Analamay	11
					Torotorofotsy	15
					not known	1
			<i>Strabena vinsoni</i>		Ambatovy	14
					Analamay	16
					Torotorofotsy	10
					not known	4
	Papilionidae	Papilioninae	<i>Graphium cymsus</i>		Ambatovy	1
					Analamay	1
			<i>Heteropsis vola</i>		Analamay	1
			<i>Papilio dardanus meriones</i>		not known	2

Table 1 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Area (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Area	Abundance	
			<i>Papilio delalandei</i>		Ambatovy	1	
			Analamay		9		
			Torotorofotsy		2		
			not known		2		
			<i>Papilio demodocus</i>		Torotorofotsy	1	
			<i>Papilio demodocus demodocus</i>		not known	1	
			<i>Papilio epiphorbas epiphorbas</i>		Ambatovy	1	
			<i>Papilio mangoura or oribazus</i>		Analamay	1	
			<i>Papilio oribazus</i>		Ambatovy	6	
			Analamay		11		
			Torotorofotsy		7		
			not known		8		
			<i>Pharmacophagus antenor</i>	yes	Ambatovy	1	
	Pieridae	Coliadinae	<i>Catopsilia thauruma</i>		Ambatovy	1	
			<i>Catopsilia thauruma or florella</i>		Ambatovy	1	
			<i>Eurema brigitta pulchella</i>		Ambatovy	2	
			Torotorofotsy		21		
			<i>Eurema desjardinsii desjardinsii</i>		Ambatovy	1	
			Torotorofotsy		22		
			<i>Eurema floricola floricola</i>		Ambatovy	8	
			Analamay		2		
			Torotorofotsy		9		
			not known		3		
		Pierinae	<i>Appias sabina confusa</i>		Ambatovy	4	
			Analamay		1		
			Torotorofotsy		1		
			not known		4		
			<i>Belenois helcida</i>		not known	2	
			<i>Colotis lucasi</i>		yes	Ambatovy	1
			<i>Leptosia nupta</i>			Ambatovy	1
			not known			2	
			<i>Mylothris phileris</i>		Ambatovy	2	
			Analamay		3		
			Torotorofotsy		4		
			not known		5		
Pyraloidea	Crambidae	Pyraustinae	<i>Pyralidae Pyraustinae sp.</i>		Ambatovy	2	
	Pyralidae	Nymphulinae	<i>Pyralidae sp.</i>		Ambatovy	1	
					Analamay	1	
			<i>Sindris boisduvaliana</i>		Ambatovy	3	
Sesioidea	Cossiidae		<i>cossid sp.</i>		Ambatovy	1	
Uranioidae	Uraniidae	Microniinae	<i>Epipleminae sp.</i>		Ambatovy	1	
Zygaenoidea	Limacodidae		<i>Parasa sp.</i>		Analamay	1	

^(a) See Table 2 for details.

Table 2 Significant Records for Butterfly Species Observed in the Mine Site Local Study Area

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significance
Hesperioidea	Hesperiidae	Coeliadinae	<i>Coeliades fidia</i>	less than 25 records for Madagascar
		Hesperiinae	<i>Artitropa hollandi</i>	less than 10 records for Madagascar; unfortunately the specimen was not caught so comparison with <i>A. alaotrana</i> is not possible
			<i>Fulda imorina</i>	less than 50 records for Madagascar; marshland specialist
			<i>Malaza carmides</i>	less than 50 records for Madagascar; specialist of shorter canopy and scrub forest within Eastern biome
			<i>Malaza empyreus</i>	less than 15 records for Madagascar; widespread but very rarely observed species within Eastern biome
		Heteropterinae	<i>Hovala 1</i>	there are less than 25 records of this probably widespread but rarely recorded species within the eastern rainforest biome
			<i>Hovala 2</i>	there are less than 10 known specimens of this undescribed <i>Hovala</i> , which appears localised to the Analamazaotra region and is perhaps the most significant species in the region
			<i>Hovala sp.</i>	photo needed for identification.
Papilionoidea	Nymphalidae	Heliconiinae	<i>Smerina manoro</i>	less than 25 records for Madagascar; widespread and apparently rare canopy species
		Nymphalinae	<i>Hypolimnas dexithea</i>	widespread but rather rarely recorded species within the eastern rainforest biome
		Satyrinae	<i>Heteropsis andasibe</i>	apparently rather narrowly endemic to the region between Analamazaotra and Zahamena
			<i>Heteropsis paradoxa</i>	lowest confirmed elevation for this species which normally occurs above 1200 m. and is in a microhabitat outside its normal biome; range area about 50,000 km ² (Lees, D.C. 2002. Modelling climate envelopes for rare Madagascan butterflies final report with atlas. 53 pp., 4 tables, 10 figs. Report to Conservation International, Washington); there are less than 50 records for Madagascar of which this is about the fourth recorded female of the species
			<i>Heteropsis turbata</i>	marshland specialist
			<i>Strabena andriana</i>	true marshland specialist endemic to central and SE Madagascar
			<i>Strabena consobrina</i>	less than 15 records for Madagascar; central-eastern region
			<i>Strabena consors</i>	less than 50 records for Madagascar; widespread but elevationally localised species associated with <i>Cathariostachys bamboo "volohosy"</i>
			<i>Strabena dyscola</i>	damp seep and marshland specialist
			<i>Strabena modesta/modestissima</i>	less than 15 records for Madagascar for <i>Strabena modestissima</i> ; identity to confirm
			<i>Strabena niveata</i>	less than 25 records for Madagascar; rarely record eastern region species
			<i>Strabena perroti</i>	less than 25 records for Madagascar; rarely record eastern region species
	Papilionidae	Papilioninae	<i>Pharmacophagus antenor</i>	western species of butterfly outside its biome; first record for eastern biome; confirmation of a breeding population near the ephemeral lakes would be very important, which would imply occurrence of <i>Aristolochia</i> in this habitat, but the species could be a vagrant (see also <i>Colotis lucasi</i>)
	Pieridae	Pierinae	<i>Colotis lucasi</i>	western species of butterfly outside its biome; second record for eastern biome

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
Bombycoidea	Sphingidae	Macroglossinae	<i>Cephenodes sp.</i>		zonal	1
			<i>Macroglossum sp.</i>		azonal	2
					transitional	1
					zonal	1
			<i>Panogena sp.</i>		azonal	2
			<i>Temnora sp.</i>		azonal	1
Calliduloidea	Callidulidae	Griveaudiinae	<i>Xanthopan morgani</i>		azonal	1
			<i>Griveaudia viettei</i>		transitional	2
			<i>Griveaudia vieui</i>		azonal	2
					zonal	3
			<i>Hylemera sp.</i>		azonal	1
			<i>Chrysiridia rhipheus</i>		azonal	8
Geometroidea	Geometridae	Ennominae	<i>Urapteritra fasciata</i>		zonal	7
					azonal	1
					transitional	4
			<i>Urapteritra mabiliei</i>		zonal	1
					not known	1
					azonal	5
			<i>Coeliades fervida</i>		zonal	2
					azonal	17
			<i>Coeliades fidia</i>	yes	transitional	1
			<i>Coeliades rama</i>		zonal	4
Hesperioidea	Hesperiidae	Coeliadinae	<i>Coeliades ramanatek</i>		azonal	11
			<i>Coeliades ramanatek ramanatek</i>		zonal	2
			<i>Coeliades ramanatek</i>		azonal	1
			<i>Coeliades ramanatek</i>		transitional	1
			<i>Coeliades ramanatek</i>		zonal	1
			<i>Coeliades ramanatek</i>		azonal	9
			<i>Coeliades ramanatek</i>		transitional	1
			<i>Coeliades ramanatek</i>		zonal	9
			<i>Coeliades fervida</i>		azonal	1
			<i>Acleros leucopyga</i>		transitional	1
			<i>Arnetta ellipsis</i>		zonal	2
			<i>Arnetta hyposticta</i>		azonal	2
			<i>Arnetta hyposticta</i>		transitional	3
			<i>Artitropa hollandi</i>	yes	azonal	1
			<i>Borbo borbonica</i>		zonal	2
			<i>Borbo borbonica borbonica</i>		zonal	2

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
			<i>Borbo gemella</i>		zonal	2
			<i>Borbo havei</i>		zonal	4
			<i>Borbo radek</i>		transitional	3
					zonal	2
			<i>Fulda coroller</i>		azonal	2
			<i>Fulda imorina</i>	yes	azonal	1
					zonal	10
			<i>Fulda rhadama</i>		azonal	3
					zonal	7
			<i>Malaza carmides</i>	yes	azonal	1
					transitional	1
					zonal	1
			<i>Malaza empyreus</i>	yes	azonal	1
			<i>Parnara naso poutieri</i>		azonal	13
					transitional	1
					zonal	2
			<i>Perrotia howa</i>		transitional	1
			<i>Perrotia ismael</i>		azonal	2
					transitional	2
					zonal	1
			<i>Perrotia sp.</i>		azonal	1
			<i>Perrotia varians</i>		azonal	5
					transitional	1
					zonal	4
		Heteropterinae	<i>Hovala 1</i>	yes	azonal	1
			<i>Hovala 2</i>	yes	zonal	1
			<i>Hovala saclavus</i>		azonal	1
					transitional	1
			<i>Hovala sp.</i>	yes	azonal	1
		Pyrginae	<i>Eagris sabadius</i>		azonal	1
			<i>Eagris sabadius andracne</i>		azonal	2
			<i>Tagiades insularis insularis</i>		transitional	1
Noctuoidea	Arctiidae	Arctiinae	<i>arctiid</i>		zonal	1
			<i>Argina cribraria</i>		transitional	1
					zonal	1
			<i>Asota borbonica</i>		transitional	1
			<i>Nyctemera insularis</i>		azonal	2
			<i>Nyctemera sp.</i>		azonal	4
					transitional	1

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
		Syntominiinae			zonal	3
			<i>Maculonaclia sp.</i>		azonal	1
			<i>Stictonaclia sp.</i>		azonal	1
		-	" <i>Viettesia</i> " sp.		zonal	1
	Lymantriidae	Lymantriinae	<i>Euproctis sp.</i>		zonal	1
			<i>Collenettea sp.</i>		azonal	9
					transitional	2
					zonal	3
			<i>Euproctis sp.</i>		transitional	1
		Agaristinae	<i>Rothia sp.</i>		azonal	3
					zonal	2
		Catocalinae	<i>Cyligramma disturbans</i>		azonal	5
					transitional	1
			<i>Cyligramma sp.</i>		azonal	6
	Notodontidae	Thaumatopeinae	<i>Anaphe sp.</i>		transitional	1
Papilionoidea	Arctiidae	Syntominiinae	<i>Syntominiinae sp.</i>		azonal	3
					transitional	1
					zonal	2
	Lycaenidae	Lycaeninae	<i>Actizera atrigemmata</i>		zonal	1
			<i>Anthene princeps smithi</i>		zonal	1
			<i>Cacyreus darius</i>		azonal	1
					transitional	3
					zonal	4
			<i>Cupidopsis cissus</i>		zonal	15
			<i>Eicochrysops hippocrates</i>		azonal	2
					zonal	4
			<i>Eicochrysops sanguigutta</i>		azonal	4
			<i>Euchrysops malathana</i>		zonal	1
			<i>Hemiolaus ceres</i>		azonal	5
					transitional	8
					zonal	1
			<i>Hemiolaus maryra</i>		azonal	6
					transitional	1
					zonal	2
			<i>Hemiolaus/Deudorix sp.</i>		zonal	1
			<i>Iolaus argentarius</i>		azonal	3
			<i>Iolaus mermeros</i>		azonal	1
			<i>Leptomyrina phidias</i>		azonal	1

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
			<i>Leptotes pirithous</i>		azonal	1
			<i>Leptotes rabefaner</i>		azonal	3
					zonal	5
			<i>Zizeeria knysna</i>		transitional	2
					zonal	3
		Riodininae	<i>Saribia perroti</i>		azonal	2
	Nymphalidae	Biblidinae	<i>Byblia anvata</i> <i>anvata</i>		zonal	2
			<i>Eurytela narinda</i>		azonal	1
					transitional	1
					zonal	1
			<i>Neptidopsis fulgurata fulgurata_?</i>		azonal	1
		Charaxinae	<i>Charaxes analara</i>		zonal	1
			<i>Charaxes analava</i>		azonal	1
					transitional	4
			<i>Charaxes andranodorus andranodorus</i>		zonal	2
			<i>Charaxes antamboulou</i>		azonal	3
					zonal	1
			<i>Charaxes cacuthis</i>		zonal	1
			<i>Charaxes zoolina betsimisaraka</i>		azonal	3
			<i>Euxanthe madagascariensis</i>		azonal	1
		Danainae	<i>Danaus chrysippus</i>		zonal	1
			<i>Danaus chrysippus aegyptius</i>		azonal	2
					zonal	3
		Heliconiinae	<i>Acraea eponina</i>		transitional	1
					zonal	16
			<i>Acraea igati</i>		zonal	1
			<i>Acraea ranavalona</i>		azonal	2
					transitional	2
					zonal	3
			<i>Acraea siliana</i>		zonal	7
			<i>Acraea zitja</i>		azonal	2
					transitional	1
					zonal	14
			<i>Phalanta madagascariensis</i>		azonal	2

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
					zonal	1
			<i>Smerina manoro</i>	yes	azonal	1
		Limenitidinae	<i>Cyrestis camillus</i>		zonal	1
			<i>Cyrestis camillus elegans</i>		zonal	5
			<i>Neptis kiki deli</i>		azonal	1
					transitional	1
					zonal	4
			<i>Neptis saclava saclava</i>		azonal	3
					zonal	4
			<i>Pseudacraea imerina imerina</i>		azonal	11
					transitional	3
					zonal	2
			<i>Pseudacraea lucretia apaturoides</i>		azonal	4
					transitional	2
					zonal	7
		Nymphalinae	<i>Hypolimnas dexithea</i>	yes	zonal	2
			<i>Junonia andremiaja</i>		azonal	1
					transitional	1
					zonal	9
			<i>Junonia eurodoce</i>		azonal	5
					transitional	1
					zonal	6
			<i>Junonia goudotii</i>		azonal	8
					transitional	9
					zonal	9
			<i>Junonia oenone epiclelia</i>		zonal	1
			<i>Salamis anacardii duprei</i>		azonal	16
					transitional	2
					zonal	6
			<i>Salamis anteva</i>		azonal	8
					transitional	3
					zonal	4
		Satyrinae	<i>Heteropsis 12</i>		azonal	6
			<i>Heteropsis 12 or obscura</i>		azonal	1
			<i>Heteropsis 22</i>		azonal	17
					transitional	3

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
					zonal	11
			<i>Heteropsis 28</i>		azonal	1
					transitional	1
			<i>Heteropsis 28 or andasibe</i>		azonal	1
			<i>Heteropsis alaokola</i>		azonal	4
					transitional	1
			<i>Heteropsis andasibe</i>	yes	azonal	6
					transitional	2
					zonal	27
			<i>Heteropsis andasibe or 28</i>		azonal	1
			<i>Heteropsis ankaratra</i>		azonal	2
					zonal	1
			<i>Heteropsis ankoma</i>		azonal	3
					transitional	2
			<i>Heteropsis ankova</i>		azonal	21
					transitional	8
					zonal	21
			<i>Heteropsis avelona</i>		azonal	13
					zonal	1
			<i>Heteropsis difficilis</i>		azonal	2
					transitional	5
					zonal	1
			<i>Heteropsis drepana</i>		azonal	10
			<i>Heteropsis iboina</i>		azonal	10
					transitional	6
					zonal	2
			<i>Heteropsis narcissus fraterna</i>		azonal	3
					zonal	7
			<i>Heteropsis paradoxa</i>	yes	azonal	1
			<i>Heteropsis parva</i>		azonal	3
					zonal	1
			<i>Heteropsis passandava</i>		azonal	2
					transitional	3
			<i>Heteropsis pauper</i>		azonal	33
					transitional	12
					zonal	6
			<i>Heteropsis sp.</i>		azonal	2
					transitional	2

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
					zonal	2
			<i>Heteropsis subsimilis</i>		azonal	11
					transitional	4
					zonal	1
			<i>Heteropsis turbans</i>		azonal	2
					transitional	1
					zonal	1
			<i>Heteropsis turbans/28</i>		transitional	1
			<i>Heteropsis turbata</i>	yes	azonal	1
					transitional	3
					zonal	31
			<i>Heteropsis vola</i>		azonal	7
					transitional	9
					zonal	3
					not known	1
			<i>Melanitis leda helena</i>		zonal	3
			<i>Strabena andriana</i>	yes	azonal	3
					transitional	1
					zonal	12
			<i>Strabena batesii</i>		azonal	14
					transitional	1
			<i>Strabena consobrina</i>	yes	azonal	2
					zonal	2
			<i>Strabena consors</i>	yes	azonal	6
					transitional	1
					zonal	1
			<i>Strabena dyscola</i>	yes	azonal	1
					transitional	2
					zonal	35
					not known	1
			<i>Strabena ibitina</i>		azonal	6
					transitional	5
					zonal	14
			<i>Strabena modesta</i>		azonal	46
					transitional	4
					zonal	1
			<i>Strabena modesta/modestissima</i>	yes	azonal	1
			<i>Strabena modesta/soror</i>		azonal	1
			<i>Strabena nepos</i>		azonal	7

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
					transitional	3
					zonal	2
			<i>Strabena niveata</i>	yes	transitional	1
			<i>Strabena perroti</i>	yes	azonal	2
			<i>Strabena smithii</i>		azonal	3
			<i>Strabena tamatavae</i>		azonal	3
					transitional	2
					zonal	6
			<i>Strabena triophthalma</i>		azonal	21
					transitional	13
					zonal	14
					not known	1
			<i>Strabena vinsoni</i>		azonal	27
					transitional	4
					zonal	13
	Papilionidae	Papilioninae	<i>Graphium cyrnus</i>		azonal	2
			<i>Heteropsis vola</i>		azonal	1
			<i>Papilio dardanus meriones</i>		zonal	2
			<i>Papilio delalandei</i>		azonal	7
					transitional	4
					zonal	3
			<i>Papilio demodocus</i>		zonal	1
			<i>Papilio demodocus demodocus</i>		zonal	1
			<i>Papilio epiphorbas epiphorbas</i>		azonal	1
			<i>Papilio mangoura or oribazus</i>		transitional	1
			<i>Papilio oribazus</i>		azonal	15
					transitional	2
					zonal	15
			<i>Pharmacophagus antenor</i>	yes	transitional	1
	Pieridae	Coliadinae	<i>Catopsilia thauruma</i>		azonal	1
			<i>Catopsilia thauruma or florella</i>		azonal	1
			<i>Eurema brigitta pulchella</i>		azonal	1
					transitional	4
					zonal	18
			<i>Eurema desjardinsii desjardinsii</i>		transitional	3

Table 3 Butterflies and Moths Observed in the Mine Site Local Study Area by Habitat (continued)

Superfamily	Family	Subfamily	Species	Significant Record ^(a)	Habitat	Abundance
					zonal	20
			<i>Eurema floricola floricola</i>		azonal	5
					transitional	7
					zonal	10
		Pierinae	<i>Appias sabina confusa</i>		azonal	4
					transitional	2
					zonal	4
			<i>Belenois helcida</i>		zonal	2
			<i>Colotis lucasi</i>	yes	transitional	1
			<i>Leptosia nupta</i>		azonal	2
					transitional	1
			<i>Mylothris phileris</i>		azonal	3
					transitional	2
					zonal	9
Pyraloidea	Crambidae	Pyraustinae	<i>Pyralidae Pyraustinae sp.</i>		azonal	2
	Pyralidae	Nymphulinae	<i>Pyralidae sp.</i>		azonal	1
					zonal	1
		-	<i>Sindris boisduvaliana</i>		azonal	3
Sesioidea	Cossidae		<i>cossid sp.</i>		azonal	1
Uranoidea	Uraniidae	Microniinae	<i>Epipleminae sp.</i>		transitional	1
Zygaenoidea	Limacodidae		<i>Parasa sp.</i>		azonal	1

^(a) See Table 2 for details.

SPECIES ACCUMULATION CURVES

Figure 1 Species Accumulation Curve for Butterflies and Moths in Azonal Habitat

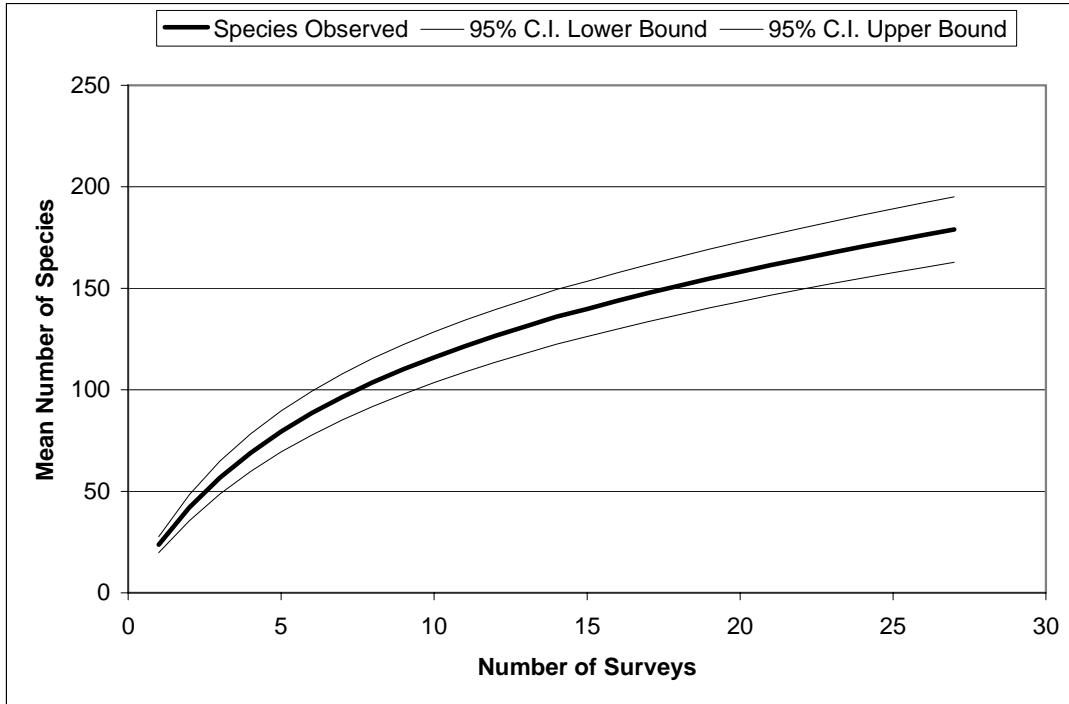


Figure 2 Species Accumulation Curve for Butterflies and Moths in Zonal Habitat

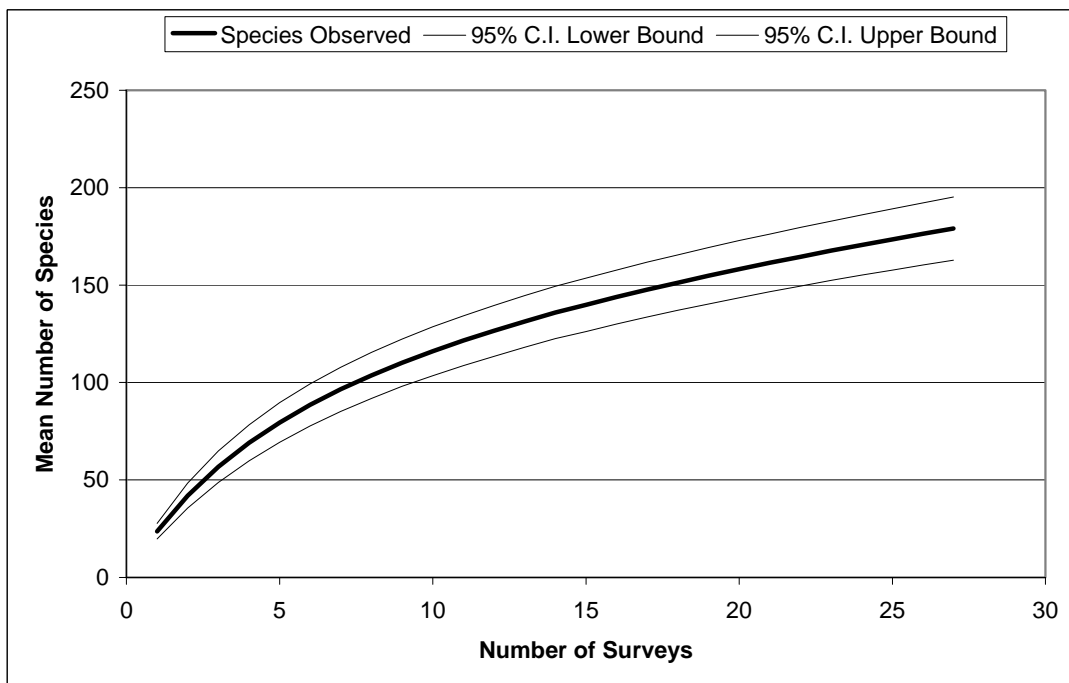


Figure 3 Species Accumulation Curve for Butterflies and Moths in Transitional Habitat

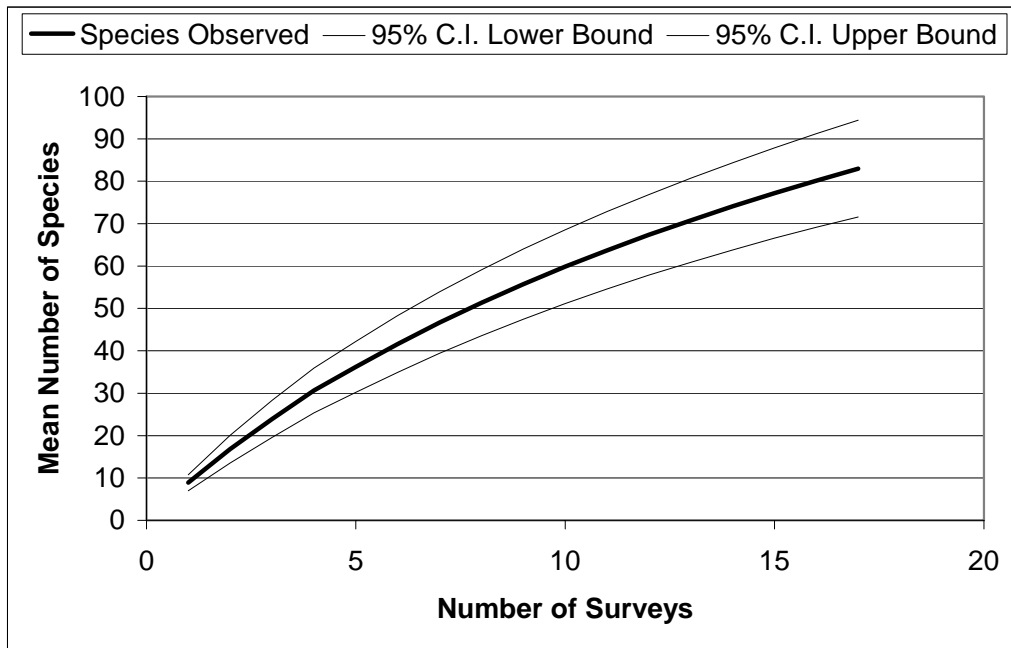


Figure 4 Species Accumulation Curve for Butterflies and Moths in Marsh Habitat

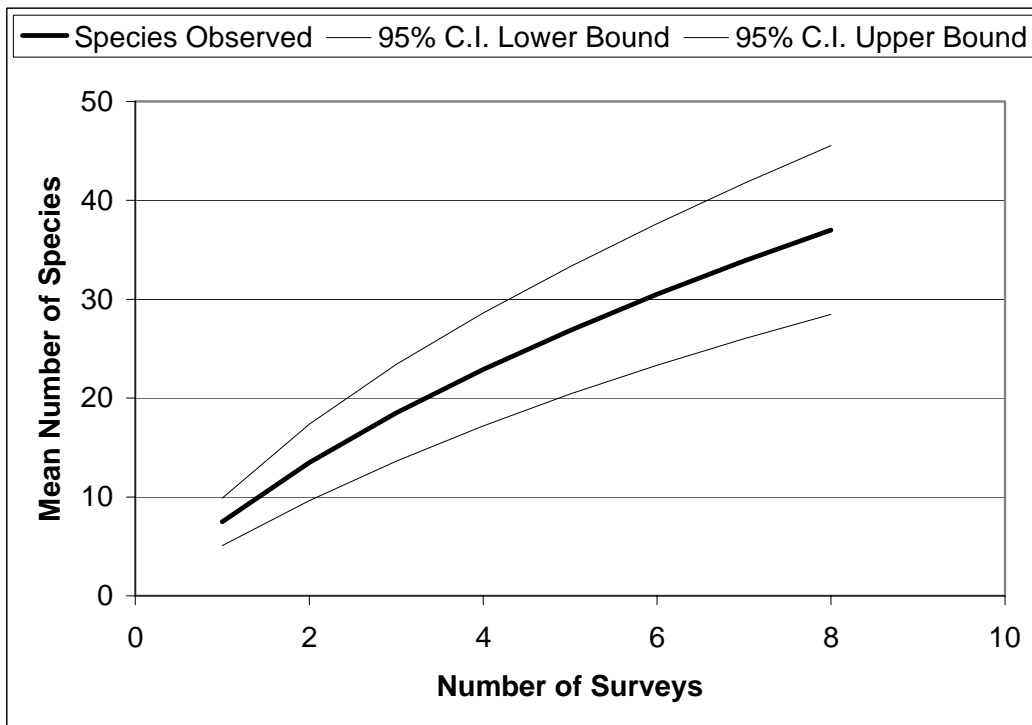
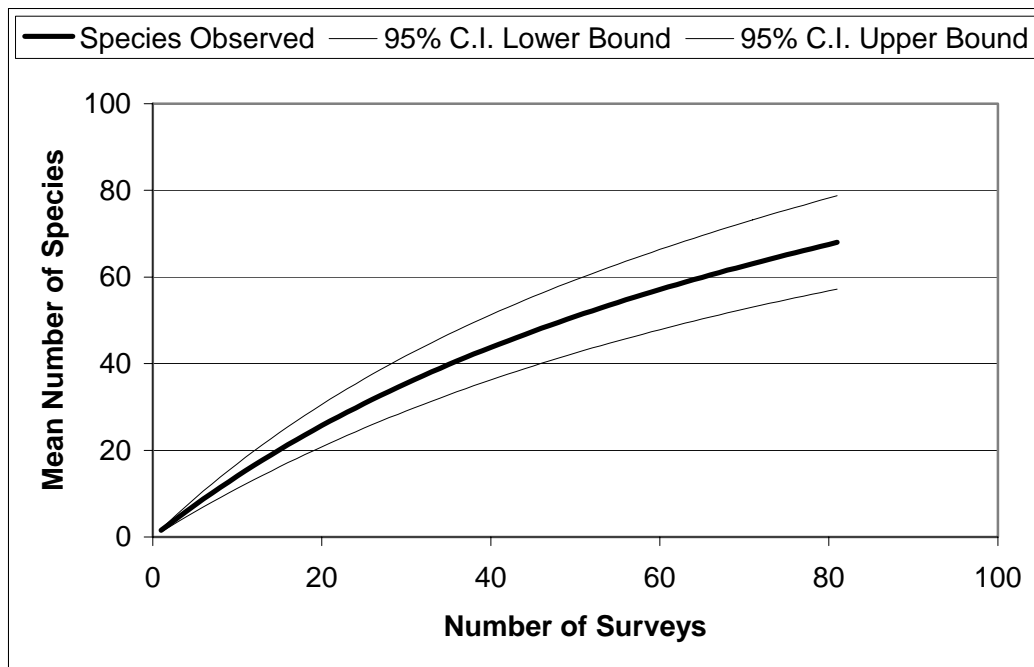


Figure 5 Species Accumulation Curve for Butterflies and Moths in the “Other” Category Habitat



TECHNICAL REPORTS

TECHNICAL REPORT
ON
BUTTERFLIES AND MOTHS
(FRENCH)

RAPPORT D'AVANCEMENT SUR L'INVENTAIRE DE LEPIDOPTERES ET CICINDELES DANS LES FORETS D'ANALAMAY, AMBATOVY ET TOROTOROFOTSY

Par **RAKOTOMALALA Valérie Faliniaina**, Département de Biologie Animale- Université d'Antananarivo,

INTRODUCTION

Le présent rapport relate les travaux de laboratoire faisant suite aux travaux sur terrain consistant à la collecte et inventaire des les Lépidoptères et Cicindèles dans la forêt d'Analamay, Ambatovy et Torotorofotsy. Les travaux sur ont été déjà rapportés dans un rapport préliminaire.

Rappelons que cette étude s'implique dans le cadre d'une étude d'impact environnemental en vue d'une exploitation de nickel et du cobalt dans la région de Moramanga effectué par Dynatec, une filiale commune de Phelps Dodge, plusieurs travaux d'inventaire bio-écologique sur les mammifères (micro mammifères et lémuriens), les reptiles et amphibiens, les poissons, les oiseaux, insectes ont été menés par une équipe multidisciplinaire.

Cette étude a été confiée aux Golders Associates, un cabinet indépendant, de viser à ce que le point focal de l'étude d'impact environnemental reste l'Homme, créature en charge de la nature qu'il doit maîtriser pour un bénéfice durable.

Un gisement de nickel très compétitif sur le marché mondial devrait être exploité à Madagascar d'ici 2007. Le nickel de Madagascar sera un des moins chers à extraire au monde car le gisement est épais, uniforme et proche de la surface dans la région d'Ambatovy, près de la ville de Moramanga.

La situation de ce gisement dans une zone de forêt humide, avec un écosystème supposé fragile a poussé une équipe de faune et flore de faire un inventaire rapide concernant la biodiversité de cette région afin de pouvoir faire valoir cette diversité biologique vis à vis des espèces y existants.

La recherche effectuée se focalise ainsi sur les résultats bio-écologiques émises par les fruits des inventaires rapides passés dans ces sites d'étude.

Le choix des sites se réfère au types d'habitats propres aux Lépidoptères (existences des plantes hôtes et clairières) et répondant aussi à une variation altitudinale (vallée, versant et crête).

La période d'étude a été située pendant la période de saison de pluie pendant laquelle se déroule leur activité de maturation et de ponte. La saison est ainsi très favorable pour l'activité des papillons et de tous les animaux.

Quatre (04) types pièges standardisés pour les insectes ont été appliqués sur terrain afin de pouvoir au maximum inventorier toutes les espèces supposées existées dans chaque localité. Ces pièges concernent les pièges Malaise, les pièges à fruit, le « black light », et les filets fauchoirs.

En plus de cette méthode appliquée sur terrain, une étude dans un laboratoire est nécessaire pour la détermination des spécimens non identifiés sur place.

MILIEUX D'ETUDE

Situation géographique :

Les milieux d'étude sont situés dans la région de Moramanga, province de Tamatave :

-la forêt d'Analamay à 19,1 km de Moramanga, dont la position géographique est de 18°48.374' S ; 48°20.224' E à une altitude de 1068m.

-la forêt d'Ambatovy à 14,3 km de Moramanga, dont la position géographique est de 18°51.051' S ; 48°19.286' E à une altitude de 1075m.

-les marais de Torotorofotsy à 14,9km de Moramanga dont la position géographique est de 18°52.249' S ; 48°20.42' E à une altitude de 1070m.

Ils sont constitués de forêt dense humide à dégradation partielle et, dont la composition latéritique du sol caractérise cette région.

Notons que les données sur la composition floristique de chaque site sont confiées à l'équipe de botanistes.

Données météorologiques pendant la période d'étude

La période de notre collecte coïncidait à la saison de pluie. Le tableau suivant montre les relevés de température minimales et maximales ainsi que les relevés pluviométriques durant l'inventaire.

DONNEES METEOROLOGIQUES PRISES A MORAMANGA				
DATE	SITE	T° min (°C)	T° max (°C)	PRECIPITATION (mm)
5 mars 2004				
6 mars 2004	Installation des pièges			
7 mars 2004	Analamay	18	22	89
8 mars 2004	Analamay	Cyclone GAFILO		
9 mars 2004	Analamay	18	22	55
10 mars 2004	Analamay	18	24	0
11 mars 2004	Analamay	19	26,5	0
12 mars 2004	Analamay	19	25	0
13 mars 2004	Analamay	19	26	0
14 mars 2004	Analamay	19	25	0
15 mars 2004	Installation des pièges			
16 mars 2004	Ambatovy	22	16	0
17 mars 2004	Ambatovy	15	21	Trace
18 mars 2004	Ambatovy	17	26	Trace
19 mars 2004	Ambatovy	17	26	Trace
20 mars 2004	Ambatovy	15	24	0
21 mars 2004	Ambatovy	16	23	1,5
22 mars 2004	Ambatovy	19	28	31
23 mars 2004	Installation des pièges			
24 mars 2004	Sahavarina			
25 mars 2004	Sahavarina	15	27	1,6
26 mars 2004	Sahavarina	15	28	0,7
27 mars 2004	Sahavarina	16	27	0,5
28 mars 2004	Sahavarina	18	26	6
29 mars 2004	Sahavarina	13	27	0
30 mars 2004	Sahavarina	17	24	0,3
31 mars 2004	Sahavarina	18	21	2,5

Remarques :

- * 09 Mars 2004 : donnée cumulée pour 02 jours du cyclone GAFILO
- * Ces données sont des valeurs prises après chaque nuit-piège (la veille de chaque jour d'étude)
- * Le site Sahavarina correspond au site Torotorofotsy

METHODOLOGIE

Les méthodes de détermination utilisées sont spécifiques aux types de méthodes de collecte utilisées sur terrain. Rappelons que quatre types de pièges ont été utilisés :

- **Détermination de spécimens obtenus par piège Malaise :**

Le piège Malaise est utilisé particulièrement pour la capture des insectes volants (voir rapport préliminaire). Le principe est basé sur l'interception des insectes en vol. Le piège conçu en voile moustiquaire de maille 1mm² a été installé perpendiculairement à la direction du vent. Au sommet latéral des voiles s'ouvre un trou communiquant avec une bouteille contenant de l'alcool 90°. Cette bouteille sert à la récupération des spécimens. Pour chaque site d'étude, 09 Malaises ont été installés dans des endroits représentatifs des divers biotopes où la composition floristique est plus riche et plus diversifiée surtout en plante hôte.

Les pièges ont été repartis suivant l'altitude : près de la rivière, au niveau versant, crête, lacs, marais et frange de pandanus.

La durée de piégeage a été fixée à 7 jours. La récolte se fait ainsi au 8^{ème} jour.

Ce type de piège a collecté plusieurs ordres d'insectes et non seulement les Lépidoptères et les Coléoptères (Cicindèles). De ce fait, nous avons adopté le « sorting » des spécimens collectés en ordre. Ces travaux sont effectués dans le laboratoire de California Academy of Sciences (CAS Tanà).

- Détermination des spécimens obtenus par piège à fruit et filet fauchoir:

-Le piège à fruit est destiné à la capture des lépidoptères mais aussi très efficace pour les autres ordres tels les diptères.

Ce piège a besoin d'un appât composé de banane purée fermentée avec du sucre et, mise dans une petite assiette posée sur le bas du piège. L'odeur fermentée attirera les papillons suceurs et ils seront piégés dans la voile.

La collecte se fait journalièrement dans la matinée et conservée dans des papillotes pour la détermination au laboratoire spécialisé.

02 pièges à fruit sont placés dans un même habitat où se trouve un piège Malaise : un a été placé à 10m du sol et l'autre à environ 1m ou un peu plus.

18 pièges à fruit ont été installés.

-Le filet de capture est employé pour chasser les espèces les plus actives, notamment les papillons diurnes. Tout au long d'un transect où les pièges ont été placés, les captures se font à partir des individus en vol ou au repos sur une plante par un coup de filet à demi rotation.

Les individus capturés étaient pincés au niveau du thorax entre le pouce et l'index, placés ensuite dans des papillotes avec les notes biologiques et écologiques de chaque individu.

Ces pièges ont été supposés spécifiques à la collecte des Lépidoptères. Pourtant, au cours de nos collectes, on a pu observer la présence de Diptères. Nos travaux ont consisté en des comparaisons morphologiques des spécimens nouvellement collectés avec ceux déjà disponibles dans la collection de PBZT, de la musée du Département de la Biologie animale de la Faculté des Sciences de l'Université de Madagascar à Ankatso, de la collection de Mr. André Pyerreiras et de la collection de WCS. Ces comparaisons ont été renforcées par l'identification utilisant les clés de détermination du CIRAD.

- Détermination des spécimens obtenus par capture par la lumière ou « black light » :

Ce piège est spécialement destiné pour les papillons nocturnes ou hétérocères et les micro lépidoptères. Le dispositif est constitué d'un drap blanc de 4m de chaque côté, tiré par ses 4 coins à l'aide des cordes. La bordure inférieure doit être parallèle juste au niveau du sol, tandis que sur la bordure supérieure se tient une lampe UV. Un groupe électrogène alimente la lampe.

La durée a été fixée de 2 à 3 heures de suite et variée suivant l'avancement de la nuit. Ceci concerne des espèces cibles.

Les individus ont été collectés dans une boîte à cyanure et ensuite conservés dans une boîte avec de la silica gel.

La détermination des spécimens obtenus avec ce piège reste au niveau de la famille jusqu'à présent

RESULTATS

Cette liste constitue les espèces capturées et identifiées sur terrain.

Elle concerne essentiellement les espèces diurnes des lépidoptères.

06 familles composées de 57 espèces ont été identifiées pour le moment. Les autres seront identifiées au laboratoire spécialisé qui renchérra et complètera cette liste exhaustive de lépidoptères.

SYSTEMATIQUE

F. HesperIIDae

Coeliedes ramanatek

C. feroida

C. fidia

C. rana

Perrotia ismael

Artihopa ? hollandi

Fulda rhadama

F. carolles

Borbo gemella

Panara naso pontierie

F. Papilionoidea

*** s/f Papilionidae**

Graphium cyrrius
Papilio delalandei
P. oribazus
P. epiphorbus
P. mangoura ?
P. demodecus demodecus
P. dardarus mariones

F. Pieridae

Mylothris pluleris
Appias sabina confusa
Eurema floricola floricola
E . brigita pulchella

F. Nymphalidae :

***s/f Nymphalinae :**

Junonia goudotii
J. eurodace
J. andremiaja
Salamis anacardei duprei
S. anteva
Hypolimnas dexittea

***s /f Heliconiinae :**

Acreea ranavalona
Phalanta madagascariensis

***s/f Limenitidinae :**

Pseudoacreea imerina imerina
P. eucretia apaturoides

***s/f Satyrinae :**

Heteropsis drepana
H. pauper
H. ankova
H. difficilis
H. paradoxa
H. subsimilis
H. passandava
H. 22
H. 12
H. narcissus fraterna
H. iboina
H. avelona
H. undulans ?
H. vola
H. cf 28 ?
Strabena smittii
S. triophthalma
S. vinsoni
S. modesta
S. cf perroti ?
S. batesii

F. Nymphalidae

*s/f Charaxinae

Charaxes anlava

C. antamboula

Eusenitta madagascariensis

F. Uraniidae

Urapteritra mabiliei

Chrysidia madagascariensis

(?) : espèces qui nécessitent une vérification au laboratoire.

Tableau 1 : Liste des espèces recensées à **Analamay** :

FAMILLE	SOUS-FAMILLE	ESPECE
NYMPHALIDAE	HELICONIINAE	<i>Acraea</i>
		<i>ranavalona</i>
HESPERIIDAE	COELIADINAE	<i>Coeliades</i>
		<i>fervida</i>
HESPERIIDAE	COELIADINAE	<i>Coeliades</i>
		<i>ramanatek</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Eicochrysops</i>
		<i>hippocrates</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Eicochrysops</i>
		<i>sanguigutta</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Hemiolaus</i>
		<i>ceres</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Hemiolaus</i>
		<i>maryra</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>12</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>22</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>28</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>12 or</i>
		<i>obscura</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>andasibe</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>ankoma</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>ankova</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>avelona</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>difficilis</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>paradoxa</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>passandava</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>pauper</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>subsimilis</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>turbans/28</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>turbata</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis</i>
		<i>vola</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Iolaus</i>
		<i>argentarius</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Iolaus</i>
		<i>mermeros</i>

FAMILLE	SOUS-FAMILLE	ESPECE
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Leptomyrina phidias</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Leptotes rabefaner</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Malaza carmides</i>
PAPILIONIDAE	PAPILIONINAE	<i>Papilio oribazus</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Parnara naso</i>
NYMPHALIDAE	HELICONIINAE	<i>Phalanta madagascariensis</i>
NYMPHALIDAE	LIMENITINAE	<i>Pseudacraea imerina</i>
NYMPHALIDAE	LIMENITINAE	<i>Pseudacraea lucretia</i>
NYMPHALIDAE	NYMPHALINAE	<i>Salamis anacardii</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena batesii</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena ibitina</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena modesta_cf.</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena perroti_cf.</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena smithii</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena triophthalma</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena vinsoni</i>
URANIIDAE	URANIINAE	<i>Urapteritra fasciata</i>
URANIIDAE	URANIINAE	<i>Urapteritra mabillei</i>
URANIIDAE	URANIINAE	<i>Chrysiridia rhipheus</i>
AGARISTIDAE		<i>Nyctemera sp.</i>

Tableau 2 : Liste des espèces recensées à Ambatovy :

FAMILLE	SOUS-FAMILLE	ESPECE
HESPERIIDAE	COELIADINAE	<i>Coeliades fervida</i>
HESPERIIDAE	COELIADINAE	<i>Coeliades fidia</i>
HESPERIIDAE	COELIADINAE	<i>Coeliades rama</i>
HESPERIIDAE	COELIADINAE	<i>Coeliades ramanatek</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Acleros leucopyga</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Arnetta hyposticta</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Borbo gemella_?</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Borbo ratek</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Fulda coroller</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Fulda imorina</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Fulda rhadama</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Malaza carmides</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Malaza empyreus</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Parnara naso</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Perrotia howa</i>

FAMILLE	SOUS-FAMILLE	ESPECE
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Perrotia ismael_?</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Perrotia varians_?</i>
HESPERIIDAE	HETEROPTERINAE	<i>Hovala 2</i>
HESPERIIDAE	HETEROPTERINAE	<i>Hovala saclavus_?</i>
HESPERIIDAE	PYRGINAE	<i>Eagris sabadius</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Cacyreus darius</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Cupidopsis cissus</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Eicochrysops hippocrates</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Eicochrysops sanguigutta</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Hemiolaus ceres</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Hemiolaus maryra</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Iolaus argentarius</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Leptotes pirithous</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Leptotes rabefaner</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Zizeeria knysna</i>
NYMPHALIDAE	BIBLIDINAE	<i>Eurytela narinda</i>
NYMPHALIDAE	HELICONIINAE	<i>Acraea ranalavona</i>
NYMPHALIDAE	HELICONIINAE	<i>Acraea siliana</i>
NYMPHALIDAE	HELICONIINAE	<i>Acraea zitja</i>
NYMPHALIDAE	HELICONIINAE	<i>Smerina manoro</i>
NYMPHALIDAE	LIMENITINAE	<i>Cyrestis camillus</i>
NYMPHALIDAE	LIMENITINAE	<i>Neptis kikideli</i>
NYMPHALIDAE	LIMENITINAE	<i>Neptis saclava</i>
NYMPHALIDAE	LIMENITINAE	<i>Pseudacraea lucretia</i>
NYMPHALIDAE	NYMPHALINAE	<i>Junonia eurodoce</i>
NYMPHALIDAE	NYMPHALINAE	<i>Junonia goudotii</i>
NYMPHALIDAE	NYMPHALINAE	<i>Salamis anacardii</i>
NYMPHALIDAE	NYMPHALINAE	<i>Salamis anteva</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis 22</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis alaokola_?</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis andasibe</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis ankoma</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis ankova</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis avelona</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis drepana</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis iboina</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis narcissus</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis parva</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis pauper</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis sp.</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis subsimilis</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis turbans</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis turbata</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Heteropsis vola</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena andriana</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena consobrina</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena consors</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena dyscola</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena ibitina</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena modesta_cf.</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena nepos</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena niveata_?</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena tamatavae</i>

FAMILLE	SOUS-FAMILLE	ESPECE
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena triophthalma</i>
NYMPHALIDAE	SATYRINAE	<i>Strabena vinsoni</i>
PAPILIONIDAE	PAPILIONINAE	<i>Papilio dardanus</i>
PAPILIONIDAE	PAPILIONINAE	<i>Papilio epiphorbas</i>
PAPILIONIDAE	PAPILIONINAE	<i>Papilio oribazus</i>
PIERIDAE	COLIADINAE	<i>Eurema brigitta</i>
PIERIDAE	COLIADINAE	<i>Eurema floricola</i>
PIERIDAE	PIERINAE	<i>Appias sabina</i>
PIERIDAE	PIERINAE	<i>Belenois helcida</i>
URANIIDAE	URANIIDAE	<i>Urapteritra fasciata</i>
URANIIDAE	URANIIDAE	<i>Urapteritra mabiliei</i>
URANIIDAE		<i>Chrysidia rhipheus</i>
COSSIDAE		<i>Cossidae indet.</i>
GEOMETRIDAE	EPIPLEMINAE	<i>Epipleminae indet.</i>
NOCTUOIDEA		<i>Euproctis sp</i>
GEOMETRIDAE	ENNOMINAE	<i>Ennominae indet</i>
GELECHOIODEA		<i>Griveaudia vieui</i>
NOCTUIDAE		<i>Macroglossum sp</i>
NOCTUOIDEA		<i>Nyctemera sp</i>
NOCTUOIDEA		<i>Panogena sp</i>
SPHINGIDAE		<i>Sindris boisduvaliana</i>
GEOMETRIDAE	SYNTOMINAE	<i>Syntominae indét</i>
SPHINGIDAE		<i>Xanthopan morgani</i>
AGARISTIDAE		<i>Collenettema sp</i>
AGARISTIDAE		<i>Rothia sp</i>

Pendant les 7 jours d'échantillonnage, 77 espèces des Rhopalocères et 16 espèces diurnes d'Hétérocères été rencontrées dans le site d'Ambatovy. Au total, 93 espèces de papillons diurnes ont été recensées dont 51 sont des espèces forestières, 22 savanicoles et 20 à la fois forestières et savanicoles. Le maximum d'échantillonnage qui correspond à 51 espèces recensées se trouve au troisième jour. La communauté de papillons Rhopalocères est marquée par la richesse très exceptionnelles des espèces d'Hesperidae qui comptent à 20 espèces. Comme à Ibity, une espèce rare *Coeliades fidia* était présente à Ambatovy. A part le *Coeliades fidia*, *Perrotia ismael_?*, *Borbo gemella _?*, *Perrotia varians_?*, *Hovala 2*, *Hovala saclavus_?* sont des espèces d'Hesperiidae les plus intéressantes dans le site. Le plateau de courbe cumulative (nombre maximum d'espèces probables pour le site) n'est pas encore atteint car le nombre d'espèces nouvellement recensées pour le site augmente toujours jusqu'à la fin de notre recherche.

Tableau 3: Liste des espèces de papillons diurnes recensées à Torotorofotsy

FAMILLE	SOUS-FAMILLE	ESPECE
NYMPHALIDAE	HELICONIINAE	<i>Acraea eponina</i>
AGARISTIDAE		<i>Anaphe sp</i>
HESPERIIDAE	COELIADINAE	<i>Arnetta ellipsis</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Borbo gemella_?</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Borbo havei</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Cupidopsis cissus</i>
LYCAENIDAE	LYCAENINAE	<i>Cupidopsis jobates_?</i>
PIERIDAE	COLIADINAE	<i>Eurema desjardinsii</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Fulda imorina</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Fulda rhadama</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis 22</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis ankova</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis turbata</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Heteropsis vola</i>
NYMPHALIDAE	NYMPHALINAE	<i>Junonia andremiaja</i>
NYMPHALIDAE	NYMPHALINAE	<i>Junonia eurodoce</i>
PIERIDAE	PIERINAE	<i>Leptosia nupta</i>
PIERIDAE	PIERINAE	<i>Mylothris phileris</i>
AGARISTIDAE	AGARISTINAE	<i>Nyctemera sp</i>
HESPERIIDAE	HESPERIINAE	<i>Parnara naso</i>
LYCAENIDAE	RIODININAE	<i>Saribia perroti</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena argyrina</i>
NYMPHALIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena dyscola</i>
LYCAENIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena tamatavae</i>
LYCAENIDAE	SATIRINAE	<i>Strabena triophthalma</i>

25 espèces de papillons diurnes ont été recensées dans un jour seulement dans le marécage de Sahavarina-Torotorofotsy. Les espèces *Strabena discolor*, *S. argyrina* (Satirinae), *Fulda rhadama*, *F. imorina* (Hesperiidae) et *Eurema desjardinsii* (Pieridae) sont très abondantes dans le site.

DISCUSSION

Nous avons observé que la sous-famille des *Satirinae* prédomine dans les trois sites inventoriés quelque soit le type d'habitat. Les papillons se rencontrent surtout dans les clairières et les marais.

Bien que les forêts soient très fréquentées par l'homme, ce fait n'a pas beaucoup d'influence sur la population de ces Lépidoptères. Au contraire, beaucoup de papillons ont été remarqués dans les champs de goyaviers, dans les rizières, dans les parcs à bœufs et dans les villages.

Le site de Torotofotsy héberge le plus de papillons par rapport aux autres sites. La forêt d'Analamay possède plusieurs types de plantes hôtes de papilionidae comparé aux autres sites.

La présence d'une espèce intéressante *Coeliades fidia* a été observée malgré la dégradation de la forêt.

Après le passage du cyclone Gafilo, la pullulation des papillons a augmenté.

PERSPECTIVES

Les travaux de laboratoire dans les prochains jours consistent en des triages en ordre des spécimens obtenus par les pièges Malaise. Notons que l'intérêt de ce triage est pour les analyses d'ADN des Lépidoptères capturés.

Le rapport final est prévu dans un mois.

REMERCIEMENTS

Nous voulons remercier avec nos humbles sincérités :

Le Département de Biologie Animale, Université d'Antananarivo qui nous a aide pour l'obtention du permis de recherche et les aides matériels,

Golder Associates de nous avoir confié cette mission d'étude d'impact environnemental,

Wildlife Conservation Society (WCS), pour leurs aides matériels,

David Lees de m'avoir aider sur la détermination sur terrain, et m'avoir confié la suite de la recherche dans les autres sites,

Les personnels du Dynatec à Ambatovy pour la reconnaissance des lieux,

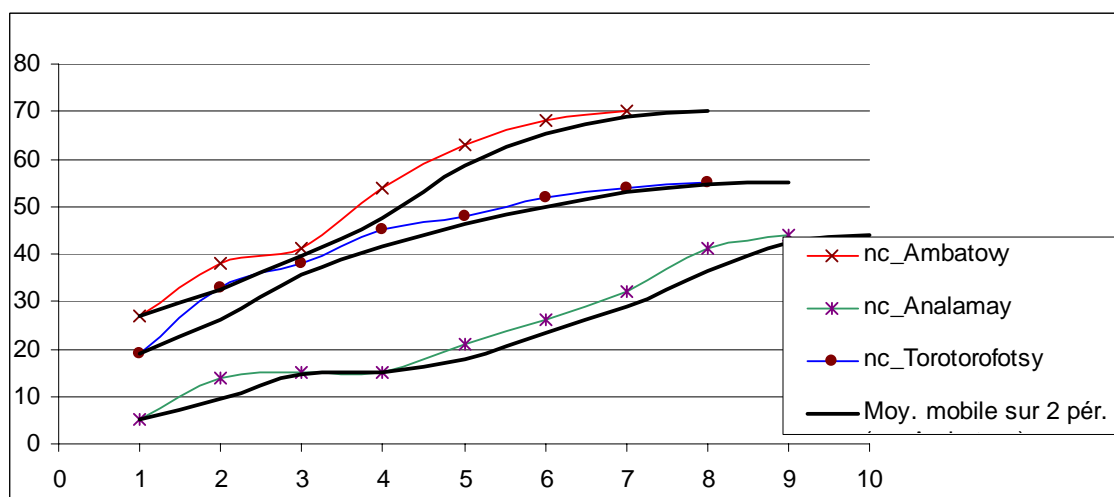
Les guides locaux pour leur assistance sur terrain.

Le Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza

Mr André Pyerrieras, pour la mise à disposition de sa collection pour la détermination des spécimens.

27mai 2004

SPECIES ACCUMULATION CURVES
FOR BUTTERFLIES
(FRENCH)



Courbes cumulatives des espèces pour les trois sites : Analamay, Ambatovy et Torotorofotsy.

Ces figures mettent en exergue la courbe des espèces recensées à Analamay (courbe en vert), celle d'Ambatovy (courbe en rouge) et celle de Torotorofotsy (courbe en bleu).

En comparant ces trois courbes, d'une façon générale, leurs allures sont presque toutes les mêmes sauf pour le cas d'Analamay. On remarque une intercalation au niveau de jour de capture (entre le 3ème et le 4ème jour) pendant laquelle on n'a pas pu collecter aucun individu d'où aucune espèce recensée. Cela est dû par le passage du cyclone Gafilo dans la région pendant la période d'étude.

Les conditions climatiques tiennent compte beaucoup dans l'apparition et l'activité des papillons. Ces conditions météorologiques influencent beaucoup l'activité de ces insectes.

Ainsi, la biologie de ces insectes prend part dans leur activité et leur distribution.

Pourtant, si on ne considère pas ce décalage, l'allure de la courbe ressemble à peu près de celles des deux autres sites. Dans ce cas, on peut avancer que Ambatovy présente une richesse spécifique élevée que Torotorofotsy, et Analamay en dernière position.

Si on veut savoir la richesse spécifique exacte de chaque site, celle-ci sera déterminée par le nombre total d'espèces recensées par site. La comparaison des sites en fonction du nombre d'espèces de Lépidoptères Rhopalocères trouvés permettra de connaître les sites les plus riches et les moins riches en espèces.

Pour la diversité spécifique de chaque site, la formule de l'indice de diversité de Shannon-Wiener H' (Krebs, 1989 [13], le même que l'indice de diversité de Shannon-

Weaver cité dans K Plus l'indice de similarité est proche de 1, plus un grand nombre d'espèces se retrouve en même temps dans les deux sites.

Les pourcentages de similarité obtenus par les calculs précédents, ramenés à leurs valeurs complémentaires, indiquent les distances de dissimilarité entre les sites. Ces distances peuvent être représentées sur un dendrogramme de similarité. Ces diverses opérations sont effectuées à l'aide du logiciel SYSTAT version 7.0 © 1997 sous Windows 1998. Le dendrogramme permet de visualiser les sites similaires et les sites éloignés.

rebs, 1985 [12]) précisera une exactitude.

$$H = - \sum (n_i/N) \log(n_i/N)$$

Où n_i = effectif de l'espèce, N = effectif total des individus recensés.

Pour le calcul, nous avons utilisé le logarithme décimal.

L'indice de diversité sert à évaluer le degré d'hétérogénéité d'une communauté. Il permet d'apprécier la structure des espèces au sein de chaque communauté. L'indice de diversité de Shannon-Wiener considère à la fois la présence/absence des espèces du milieu et l'abondance relative de chaque espèce, ainsi que la répartition des espèces au sein des communautés. Lorsque deux sites présentent le même nombre d'espèces, l'indice est plus faible dans celui où quelques espèces dominent par rapport à celui où toutes les espèces ont des densités similaires (Krebs, 1989) [13].

La richesse et la diversité spécifiques fournissent les caractéristiques de la diversité biologique de chaque site. L'étude de la similarité des sites, à son tour, renseignera sur les ressemblances et différences entre les compositions spécifiques des sites. Et permettra de dégager les sites ayant des peuplements similaires.

L'indice de similarité de deux sites sera calculé par l'indice de similarité de Jaccard. Cet indice de Jaccard considère la présence et absence de chaque espèce dans chaque peuplement. Il s'agit de dénombrer les espèces présentes dans chacun des sites considérés, ainsi que les espèces qui leur sont communes. L'indice de similarité de Jaccard (Muller-Dombois et Ellenberg, 1974 in Bower J.E., Zar J.H., Von Ende C.N., 1990) [6] de chaque paire de sites est calculé s Plus l'indice de similarité est proche de 1, plus un grand nombre d'espèces se retrouve en même temps dans les deux sites.

Les pourcentages de similarité obtenus par les calculs précédents, ramenés à leurs valeurs complémentaires, indiquent les distances de dissimilarité entre les sites. Ces distances peuvent être représentées sur un dendrogramme de similarité. Le dendrogramme permet de visualiser les sites similaires et les sites éloignés.

Pour ces types d'analyse, on doit se référer sur le comptage des individus et aussi poser une hypothèse que pour tous les sites étudiés, il faut considérer que la probabilité de

l'efficacité de piégeage ainsi que la rencontre des espèces soient supposée égale. Et dans ce cas, on ne tient pas compte des conditions météorologiques de chaque site.

Ces analyses seront ultérieurement rapportées.

NB : *Ici, on tient compte surtout les Rhopalocères vu que la détermination des spécimens des Hétérocères demande une certitude avec un entomologiste très spécialisé car cette étude est encore très restreinte à nos jours. D'où les images scanners ne pourraient pas définir exactement une espèce quelconque.

**Les insectes ne sont encore dans une situation de l'UICN sauf que pour certaines espèces qui sont menacées par le commerce international comme le cas de *Chrysidia madagascariensis* une espèce endémique de Madagascar et en même temps rare de la famille de l'URANIDAE. Il y a aussi la destruction de son habitat due aux activités de la population locale par la pratique du Tavy et la chasse intensive qui peut conduire à l'extinction de cette espèce et probablement à d'autres espèces.

Il y a aussi l'espèce *Strabena modestissima* une espèce vulnérable qui est présente dans le site d'Ambatovy.

***Les insectes ne sont pas traités dans les rapports de CAMP.

Les sources sont issus surtout du « check-list pour les Invertébrés » présente par le livre de Steven M. Goodman et Jonathan P. Benstead « The Natural History of Madagascar », du rapport « RAP » dans le corridor de Zahamena-Mantadia présenté par la Conservation Internationale avec le Département de la Biologie Animale et le Département de la Biologie Végétale, les rapports scientifiques de D.C.Lees et J. Minet, des rapports de terrains présentés par l'Association Mitsinjo et des rapports non publiés de certains chercheurs. Ces listes seront présentées dans le rapport final.

VOLUME J: BIOLOGICAL APPENDICES

APPENDIX 2.2

FAUNA EA APPENDIX

Submitted to:

Dynatec Corporation

VOLUME J

APPENDIX 2.2

ATTACHMENT 1

MINE LOCAL STUDY AREA

Table 1 Key Fauna Observations in the Mine Site Local Study Area

Taxon	Species	Endemism	IUCN status	CITES Category	Rarity
amphibians	<i>Boophis nov. sp.</i>	local			new species
	<i>Mantella aurantiaca</i>	regional	critically endangered	Appendix II	
	<i>Mantella baroni</i>	national		Appendix II	
	<i>Mantella crocea</i>	regional	endangered	Appendix II	
	<i>Mantidactylus plicifer</i>	national	near threatened		
	<i>Plethodontohyla cf coronata</i>	national	vulnerable		
	<i>Plethodontohyla nov. sp.</i>	regional			new species
	<i>Scaphiophryne marmorata</i>	national	vulnerable		
reptiles	<i>Brookesia superciliaris</i>	national		Appendix II	
	<i>Brookesia therezieni</i>	national		Appendix II	
	<i>Brookesia thieli</i>	national		Appendix II	
	<i>Calumma brevicornis</i>	national		Appendix II	
	<i>Calumma cf nasuta</i>	national		Appendix II	
	<i>Calumma gastrotaenia</i>	national		Appendix II	
	<i>Calumma malthe</i>	national		Appendix II	
	<i>Calumma nasuta</i>	national		Appendix II	
	<i>Furcifer lateralis</i>	national		Appendix II	
	<i>Furcifer willsii</i>	national		Appendix II	
	<i>Liophidium nov. sp. 1</i>	local			new species
	<i>Liophidium nov. sp. 2</i>	national			new species
	<i>Micropisthodon ochraceus</i>	national			noted rare by specialist
	<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	national		Appendix II	
	<i>Phelsuma lineata lineata?</i>	regional		Appendix II	
	<i>Phelsuma pronki</i>	regional		Appendix II	high risk of extinction
	<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>	regional		Appendix II	
	<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>	national		Appendix II	
	<i>Sanzia madagascariensis</i>	national	vulnerable	Appendix I	
	<i>Uroplatus phantasticus</i>	national		Appendix II	
	<i>Uroplatus sikorae</i>	national		Appendix II	
birds	<i>Accipiter francesii francesii</i>	national		Appendix II	
	<i>Accipiter henstii</i>	national	near threatened	Appendix II	
	<i>Accipiter madagascariensis</i>	national	near threatened	Appendix II	
	<i>Agapornis cana cana</i>	national		Appendix II	
	<i>Anas melleri</i>	national	endangered		
	<i>Ardea humbloti</i>	national	endangered		
	<i>Asio madagascariensis</i>	national		Appendix II	
	<i>Aviceda madagascariensis</i>	national		Appendix II	
	<i>Bernieria cinereiceps</i>	national	near threatened		
	<i>Brachypteracias squamigera</i>	national	vulnerable		
	<i>Circus m. macroscyles</i>	national	vulnerable		
	<i>Coracopsis nigra nigra</i>	national		Appendix II	

Table 1 Key Fauna Observations in the Mine Site Local Study Area (continued)

Taxon	Species	Endemism	IUCN status	CITES Category	Rarity
birds (continued)	<i>Coracopsis vasa vasa</i>	national		Appendix II	
	<i>Crossleyia xanthophrys</i>	national	near threatened		
	<i>Falco eleonora</i>	no		Appendix II	
	<i>Falco newtoni newtoni</i>	national		Appendix II	
	<i>Gallinago macrodactyla</i>	national	near threatened		
	<i>Lophotibis cristata</i>	national	near threatened		
	<i>Milvus migrans</i>	no		Appendix II	
	<i>Neomixis flavoviridis</i>	national	near threatened		
	<i>Ninox supercilialis</i>	national		Appendix II	
	<i>Otus rutilus rutilus</i>	national		Appendix II	
	<i>Polyboroides radiatus</i>	national		Appendix II	
	<i>Rallus madagascariensis</i>	national	vulnerable		
	<i>Sarothrura watersi</i>	national	endangered		
	<i>Tyto alba</i>	no		Appendix II	
	<i>Tyto soumagnei</i>	national	endangered	Appendix I	
	<i>Xenopirostris pollenii</i>	national	near threatened		
lemurs	<i>Avahi laniger</i>	national	near threatened	Appendix I	
	<i>Cheirogaleus major</i>	national		Appendix I	
	<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	regional	near threatened	Appendix I	
	<i>Eulemur rubriventer</i>	national	vulnerable	Appendix I	
	<i>Haplemur griseus griseus</i>	national	near threatened	Appendix I	
	<i>Indri indri</i>	national	endangered	Appendix I	
	<i>Lepilemur sp.^(a)</i>	national	near threatened	Appendix I	
	<i>Microcebus cf. rufus</i>	national		Appendix I	
	<i>Propithecus diadema diadema</i>	regional	critically endangered	Appendix I	
small mammals	<i>Eliurus webbi</i>	national	near threatened		
	<i>Microgale sp. B</i>	unknown			potential new species
	<i>Microgale thomasi</i>	national	vulnerable		
bats	<i>Myotis goudoti</i>	national	near threatened		
ants	<i>Amblyopone sp. mad-01</i>	regional			rare genera
	<i>Amblyopone sp.2</i>	regional			rare genera
	<i>Cerapachys lividus</i>	regional			
	<i>Cerapachys sp. mad-38</i>	regional			
	<i>Cerapachys sp.3</i>	regional			
	<i>Cerapachys sp.5</i>	regional			
	<i>Mystridium mysticum</i>	regional			rare genera
	<i>Mystridium rogeri</i>	regional			rare genera
	<i>Pilotrochus besmerus</i>	local			
	<i>Proceratium sp.1</i>	regional			very rare
	<i>Pyramica ambatrix</i>	regional			
	<i>Vitsika sp.1</i>	regional			

Table 1 Key Fauna Observations in the Mine Site Local Study Area (continued)

Taxon	Species	Endemism	IUCN status	CITES Category	Rarity
butterflies	<i>Artitropa hollandi</i>	national			rare
	<i>Coeliades fidia</i>	national			rare
	<i>Colotis lucasi</i>	national			outside biome
	<i>Fulda imorina</i>	national			rare
	<i>Heteropsis andasibe</i>	regional			
	<i>Heteropsis paradoxa</i>	national			rare and outside biome
	<i>Heteropsis turbata</i>	national			marsh specialist
	<i>Hovala 1</i>	national			probably widespread rarely observed particularly in biome
	<i>Hovala 2</i>	regional			rare
	<i>Hypolimnias dexithea</i>	national			widespread but rare in biome
	<i>Malaza carmides</i>	national			rare
	<i>Malaza empyreus</i>	national			probably widespread rarely observed particularly in biome
	<i>Pharmacophagus antenor</i>	national			first record in biome
	<i>Smerina manoro</i>	national			rare
	<i>Strabena andriana</i>	national			marsh specialist
	<i>Strabena consobrina</i>	regional			rare
	<i>Strabena consors</i>	national			widespread but rare
	<i>Strabena dyscola</i>	regional			
	<i>Strabena modesta/modestissima</i>	national			rare
	<i>Strabena niveata</i>	national			rare
	<i>Strabena perroti</i>	national			rare

^(a) At least two species of *Lepilemur* occur in the eastern rainforests. The taxonomy of this genus is currently under revision and as such we prefer to list this species as *Lepilemur sp.* with the understanding that it is likely either *Lepilemur mustelinus* or *Lepilemur microdon*.

Table 2 Species Observed in a Single Habitat in the Mine Local Study Area

Habitat Type	Species Group	Species	Endemism	IUCN ^(a)	CITES ^(b)
azonal	amphibian	<i>Boophis nov. sp.</i>	local		
		<i>Boophis tephraeomystax</i>	national		
		<i>Mantidactylus aerumnalis</i>	national		
		<i>Mantidactylus cf grandisonae</i>	national		
		<i>Mantidactylus redimitus</i>	national		
		<i>Platypelis barbouri</i>	national		
		<i>Plethodontohyla bipunctata</i>	national		
		<i>Plethodontohyla nov. sp.</i>	regional		
	reptile	<i>Amphiglossus astrolabi</i>	national		
		<i>Amphiglossus mouroundavae</i>	national		
		<i>Leioheterodon madagascariensis</i>	national		
		<i>Leioheterodon modestus</i>	national		
		<i>Liophidium torquatum</i>	national		
		<i>Phelsuma pronki</i>	regional		Appendix II
		<i>Pseudoxyrhopus heterurus</i>	national		
		<i>Pseudoxyrhopus quinquilineatus</i>	national		
		<i>Stenophis arctifasciatus</i>	national		
	small mammal	<i>Eliurus tanala</i>	national		
		<i>Eliurus webbi</i>	national	near threatened	
		<i>Microgale dobsoni</i>	national		
	ant	<i>Anochetus sp.1</i>	undetermined		
		<i>Discothyrea sp.2</i>	undetermined		
		<i>Discothyrea sp.3</i>	undetermined		
		<i>Hypoponera sp.4</i>	undetermined		
		<i>Paratrechina longicornis</i>	undetermined		
		<i>Pheidole sp.8</i>	undetermined		
		<i>Pyramica erynes</i>	undetermined		
	butterfly	<i>Artitropa hollandi</i>	national		
		<i>Coeliades ramanatek</i>	regional		
		<i>Coeliades fervida</i>	national		
		<i>Eagris sabadius</i>	national		
		<i>Eagris sabadius andracne</i>	national		
		<i>Fulda coroller</i>	national		
		<i>Hovala 1</i>	national		
		<i>Hovala sp.</i>	national		
		<i>Malaza empyreus</i>	national		
		<i>Perrotia sp.</i>	not endemic		
		<i>Catopsilia thauruma</i>	national		

**Table 2 Species Observed in a Single Habitat in the Mine Local Study Area
(continued)**

Habitat Type	Species Group	Species	Endemism	IUCN ^(a)	CITES ^(b)
		<i>Catopsilia thauruma or florella</i>	not endemic		
		<i>Charaxes zoolina betsimisaraka</i>	national		
		<i>Eicochrysops sanguigutta</i>	national		
		<i>Euxanthe madagascariensis</i>	national		
		<i>Graphium cyrnus</i>	national		
		<i>Heteropsis 12</i>	national		
		<i>Heteropsis 12 or obscura</i>	national		
		<i>Heteropsis 28 or andasibe</i>	national		
		<i>Heteropsis andasibe or 28</i>	national		
		<i>Heteropsis drepana</i>	national		
		<i>Heteropsis paradoxa</i>	national		
		<i>Iolus argentarius</i>	national		
		<i>Iolus mermeros</i>	national		
		<i>Leptomyrina phidias</i>	not endemic		
		<i>Leptotes pirithous</i>	not endemic		
		<i>Neptidopsis fulgurata fulgurata?</i>	national		
		<i>Papilio epiphorbas epiphorbas</i>	national		
		<i>Saribia perroti</i>	national		
		<i>Smerina manoro</i>	national		
		<i>Strabena modesta/modestissima</i>	national		
		<i>Strabena modesta/soror</i>	national		
		<i>Strabena perroti</i>	national		
		<i>Strabena smithii</i>	national		
	moth	<i>Panogena sp.</i>	not endemic		
		<i>Temnora sp.</i>	not endemic		
		<i>Xanthopan morgani</i>	not endemic		
		<i>Hylemera sp.</i>	not endemic		
		<i>Cyligramma sp.</i>	national		
		<i>Pyralidae Pyraustinae sp.</i>	not endemic		
		<i>Sindris boisduvaliana</i>	not endemic		
		<i>Cossid sp.</i>	not endemic		
		<i>Parasa sp.</i>	not endemic		
transitional	amphibian	<i>Boophis luteus</i>	national		
		<i>Mantidactylus grandisonae</i>	national		
		<i>Mantidactylus sp. 1</i>	national		
		<i>Plethodontohyla cf alluaudi</i>	national		
	reptile	<i>Amphiglossus cf melanopleura</i>	national		

**Table 2 Species Observed in a Single Habitat in the Mine Local Study Area
(continued)**

Habitat Type	Species Group	Species	Endemism	IUCN ^(a)	CITES ^(b)
		<i>Geodipsas laphystia</i>	national		
		<i>Liopholidophis infrasignatus</i>	national		
		<i>Micropisthodon ochraceus</i>	national		
	lemur	<i>Lepilemur sp.</i>	national	near threatened	Appendix I
	small mammal	<i>Microgale gymnorhyncha</i>	national		
		<i>Oryzorictes hova</i>	national		
	ant	<i>Aphaenogaster swammerdami</i>	undetermined		
		<i>Camponotus sp. mad-17</i>	undetermined		
		<i>Discothyrea sp.1</i>	undetermined		
		<i>Monomorium sp.3</i>	undetermined		
		<i>Monomorium sp.5</i>	undetermined		
		<i>Pachycondyla sp.4</i>	undetermined		
		<i>Paratrechina sp.5</i>	undetermined		
		<i>Pheidole sp.6</i>	undetermined		
		<i>Pilotrochus besmerus</i>	local		
	butterfly	<i>Perrotia howa</i>	national		
		<i>Tagiades insularis insularis</i>	regional		
		<i>Colotis lucasi</i>	national		
		<i>Heteropsis turbans/28</i>	national		
		<i>Papilio mangoura or oribazus</i>	national		
		<i>Pharmacophagus antenor</i>	national		
		<i>Strabena niveata</i>	national		
	moth	<i>Griveaudia vietteii</i>	not endemic		
		<i>Anaphe sp.</i>	not endemic		
		<i>Euproctis sp.</i>	not endemic		
zonal	amphibian	<i>Mantidactylus depressiceps</i>	national		
	reptile	<i>Paroedura gracilis</i>	national		
		<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>	national		
		<i>Zonosaurus ornatus</i>	national		
	small mammal	<i>Eliurus minor</i>	national		
		<i>Microgale drouhardi</i>	national		
		<i>Microgale sp. A</i>	national		
		<i>Microgale sp. B</i>	national		
	bat	<i>Myotis goudoti</i>	national	near threatened	
	ant	<i>Anochetus sp.3</i>	undetermined		
		<i>Monomorium sp.1</i>	undetermined		
		<i>Proceratium sp.1</i>	regional		
		<i>Pyramica sp.4</i>	undetermined		

**Table 2 Species Observed in a Single Habitat in the Mine Local Study Area
(continued)**

Habitat Type	Species Group	Species	Endemism	IUCN ^(a)	CITES ^(b)
		<i>Strumigenys sp.5</i>	undetermined		
		<i>Tetraponera sp. mad-01</i>	undetermined		
		<i>Vitsika sp.1</i>	regional		
	butterfly	<i>Borbo borbonica borbonica</i>	not endemic		
		<i>Hovala 2</i>	national		
		<i>Actizera atrigemmata</i>	national		
		<i>Byblia anvata anvatara</i>	national		
		<i>Charaxes cacuthis</i>	national		
		<i>Cyrestis camillus</i>	national		
		<i>Danaus chrysippus</i>	not endemic		
		<i>Hemiolaus/Deudorix sp.</i>	national		
		<i>Junonia oenone epiclelia</i>	national		
		<i>Melanitis leda helenia</i>	not endemic		
		<i>Papilio demodocus</i>	not endemic		
marsh	amphibian	<i>Mantidactylus plicifer</i>	national	near threatened	
	reptile	<i>Amphiglossus cf ornaticeps</i>	national		
		<i>Androngo crenni</i>	national		
		<i>Calumma cf nasuta</i>	national		Appendix II
		<i>Liophidium cf rhodogaster</i>	national		
		<i>Liophidium torquatum?</i>	national		
	lemur	<i>Eulemur rubriventer</i>	national	vulnerable	Appendix I
	butterfly	<i>Charaxes analara</i>	national		
		<i>Euchrysops malathana</i>	not endemic		
other	butterfly	<i>Acraea igati</i>	national		
		<i>Anthene princeps smithi</i>	national		
		<i>Belenois helcida</i>	national		
		<i>Borbo gemella</i>	not endemic		
		<i>Papilio dardanus meriones</i>	national		
		<i>Papilio demodocus demodocus</i>	not endemic		
	moth	<i>Cephenodes sp.</i>	not endemic		
		<i>Euproctis sp.</i>	not endemic		
not known*	amphibian	<i>Anodonthyla boulengeri</i>	national		
		<i>Boophis sp. 3</i>	national		
		<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	national		
		<i>Mantidactylus malagasius</i>	national		
		<i>Mantidactylus ulcerosus</i>	national		
		<i>Paradoxophyla palmata</i>	national		
		<i>Platypelis grandis</i>	national		

**Table 2 Species Observed in a Single Habitat in the Mine Local Study Area
(continued)**

Habitat Type	Species Group	Species	Endemism	IUCN ^(a)	CITES ^(b)
		<i>Plethodontohyla inguinalis</i>	national		
	reptile	<i>Amphiglossus macrocercus</i>	national		
		<i>Calumma brevicornis</i>	national		Appendix II
		<i>Calumma malthe</i>	national		Appendix II
		<i>Furcifer wilsii</i>	national		Appendix II
		<i>Liophidium nov. sp. 2</i>	national		
		<i>Liopholidophis doliocercus</i>	national		
		<i>Liopholidophis pinguis</i>	national		
		<i>Mimophis mahfalensis</i>	national		
		<i>Pelusios subniger</i>	not endemic		

* These species were recorded only once, qualifying them as unique, but habitat information is not known for these records.

(a) IUCN = International Union for the Conservation of Nature.

(b) CITES = Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna.

VOLUME J

APPENDIX 2.2

ATTACHMENT 2

SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA

Table 3 Key Fauna Observations in the Slurry Pipeline Local Study Area

Taxon	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category
amphibians	<i>Boophis rufiocularis</i>	national	near threatened	
	<i>Mantella baroni</i>	national		Appendix II
	<i>Mantella pulchra</i>	national	vulnerable	Appendix II
reptiles	<i>Brookesia minima</i>	national		Appendix II
	<i>Brookesia therezieni</i>	national		Appendix II
	<i>Brookesia thieli</i>	national		Appendix II
	<i>Calumma furcifer</i>	national		Appendix II
	<i>Calumma gallus</i>	national		Appendix II
	<i>Calumma nasuta</i>	national		Appendix II
	<i>Phelsuma flavigularis</i>	national		Appendix II
	<i>Phelsuma lineate bifasciata</i>	national		Appendix II
	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	national		Appendix II
	<i>Sanzinia madagascariensis</i>	national	vulnerable	Appendix I
	<i>Uroplatus fimbriatus</i>	national		Appendix II
	<i>Uroplatus phantasticus</i>	national		Appendix II
birds	<i>Accipiter francesii francesii</i>	national		Appendix II
	<i>Accipiter henstii</i>	national	near threatened	Appendix II
	<i>Accipiter madagascariensis</i>	national	near threatened	Appendix II
	<i>Asio madagascariensis</i>	national		Appendix II
	<i>Aviceda madagascariensis</i>	national		Appendix ii
	<i>Brachypteracias leptosomus</i>	national	vulnerable	
	<i>Coracopsis nigra nigra</i>	national		Appendix II
	<i>Coracopsis vasa vasa</i>	national		Appendix II
	<i>Crosseyia xanthophrys</i>	national	near threatened	
	<i>Falco eleonora</i>	national		Appendix II
	<i>Falco newtoni newtoni</i>	national		Appendix II
	<i>Lophotibis cristata</i>	national	near threatened	
	<i>Milvus migrans</i>	national		Appendix II
	<i>Neodrepanis hypoxantha</i>	national	vulnerable	
	<i>Newtonia fanovanae</i>	national	vulnerable	
	<i>Ninox superciliaris</i>	national		Appendix II
	<i>Otus rutilus rutilus</i>	national		Appendix II
	<i>Polyboroides radiatus</i>	national		Appendix II
	<i>Tyto alba</i>	national		Appendix II
	<i>Xenopirostris polleni</i>	national	near threatened	

VOLUME J

APPENDIX 2.2

ATTACHMENT 3

TOAMASINA LOCAL STUDY AREA

Table 4 Key Fauna Observations in the Toamasina Local Study Area

Taxon	Species	Endemism	IUCN Status	CITES Category
amphibians	<i>Hoplobatrachus tigerinus</i>	not endemic		Appendix II
reptiles	<i>Calumma nasuta</i>	national		Appendix II
	<i>Furcifer paradalis</i>	national		Appendix II
	<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>	national		Appendix II
	<i>Phelsuma lineata lineata</i>	national		Appendix II
	<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>	national		Appendix II
birds	<i>Accipiter francesii</i>	national		Appendix II
	<i>Agapornis cana</i>	national		Appendix II
	<i>Falco newtoni</i>	national		Appendix II
	<i>Otus rutilus</i>	national		Appendix II
	<i>Rallus madagascariensis</i>	national	vulnerable	
	<i>Tachybaptus pelzenii</i>	national	vulnerable	
	<i>Tyto alba</i>	not endemic		Appendix II

Table 5 Species Observed in a Single Habitat in the Toamasina Local Study Area

Habitat Type	Species Group	Species	IUCN ^(a)	CITES ^(b)
amphibians	eucalyptus forest	<i>Boophis tephraeomystax</i>		
	marsh	<i>Boophis lichenoides</i>		
	primary forest	<i>Aglyptodactylus madagascariensis</i>		
		<i>Anodonthyla boulengeri</i>		
		<i>Boophis albilabris</i>		
		<i>Boophis cf majori</i>		
		<i>Boophis luteus</i>		
		<i>Boophis marojezensis</i>		
		<i>Boophis rappiodes</i>		
		<i>Boophis sibilans</i>	data deficient	
		<i>Mantella baroni</i>		Appendix II
		<i>Mantidactylus aerumnalis</i>		
		<i>Mantidactylus aglavei</i>		
		<i>Mantidactylus albofrenatus</i>	data deficient	
		<i>Mantidactylus albolineatus</i>	data deficient	
		<i>Mantidactylus argenteus</i>		
		<i>Mantidactylus asper</i>		
		<i>Mantidactylus bicalcaratus</i>		
		<i>Mantidactylus cf femoralis</i>		
		<i>Mantidactylus femoralis</i>		
		<i>Mantidactylus luteus</i>		
		<i>Mantidactylus melanopleura</i>		
		<i>Mantidactylus redimitus</i>		
		<i>Mantidactylus tornieri</i>		
		<i>Mantidactylus zipperi</i>		
		<i>Platypelis grandis</i>		
		<i>Plethodontohyla alluaudi</i>		
		<i>Plethodontohyla mihanika</i>		
		<i>Plethodontohyla notosticta</i>		
	not known*	<i>Heterixalus madagascariensis</i>		
reptiles	eucalyptus forest	<i>Liophidium rhodogaster</i>		
		<i>Liopholidophis infrasignatus</i>		
	primary forest	<i>Amphiglossus macrocercus</i>		
		<i>Amphiglossus melanurus</i>		
		<i>Amphiglossus mouroundavae</i>		
		<i>Amphiglossus sp</i>		
		<i>Brookesia minima</i>		
		<i>Brookesia therezieni</i>		

Table 5 Species Observed in a Single Habitat in the Toamasina Local Study Area (continued)

Habitat Type	Species Group	Species	IUCN ^(a)	CITES ^(b)
		<i>Brookesia thieli</i>		
		<i>Calumma furcifer</i>		
		<i>Calumma gallus</i>		
		<i>Geodipsas laphystia</i>		
		<i>Liopholidophis dolocercus</i>		
		<i>Lygodactylus guibei</i>		
		<i>Lygodactylus miops</i>		
		<i>Paroedura gracilis</i>		
		<i>Phelsuma flavigularis</i>		
		<i>Stenophis betsileanus</i>		
		<i>Typhlops cf betsimisaraka</i>		
		<i>Uroplatus fimbriatus</i>		
		<i>Uroplatus phantasticus</i>		
		<i>Uroplatus sikorae</i>		
	not known*	<i>Liopholidophis lateralis</i>		
		<i>Madagascarophus colubrinus</i>		
		<i>Phelsuma quadriocellata parva</i>		Appendix II

* These species were recorded only once, qualifying them as unique, but habitat information is not known for these records.

(a) IUCN = International Union for the Conservation of Nature.

(b) CITES = Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna.

VOLUME J
APPENDIX 3.1

FISH AND AQUATIC RESOURCES BASELINE

Submitted to:
Dynatec Corporation

TABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 BACKGROUND.....	1
1.2 EXISTING DATA	2
1.2.1 LITERATURE REVIEW	2
1.2.2 FEASIBILITY STUDIES	2
2 OBJECTIVES.....	4
3 METHODS	5
3.1 APPROACH.....	5
3.1.1 Overall Approach	5
3.1.2 Field Surveys	5
3.1.3 Aerial Survey.....	6
3.2 LIMITATIONS	8
3.2.1 Field Surveys	8
3.2.2 Aerial Survey.....	9
3.3 STUDY AREAS	9
3.3.1 Mine	9
3.3.2 Tailings Facility.....	16
3.3.3 Slurry Pipeline	19
4 RESULTS.....	26
4.1 MINE	26
4.2 TAILINGS FACILITY.....	26
4.3 SLURRY PIPELINE	27
4.3.1 Aerial Survey.....	27
4.3.2 Field Surveys	27
4.3.3 Key Conservation Issues	27
5 REFERENCES.....	29

LIST OF TABLES

Table 3.1-1	Coordinates and Description of Sites Sampled in the Mine Area.....	11
Table 3.1-2	Coordinates and Description of Sampling Sites in the Toamasina Area.....	16
Table 3.1-3	Coordinates and Description of Pipeline Sampling Sites	23

LIST OF FIGURES

Figure 3.1-1	Fish and Aquatic Ecosystem Sample Locations in the Mine Area	10
Figure 3.1-2	Fish and Aquatic Ecosystem Sample Locations in the Tailings Area.....	17
Figure 3.1-3A	Study Area, Land Types, Crossing Locations and Habitat Disturbance Along the Pipeline Route (West).....	20
Figure 3.1-3B	Study Area, Land Types, Crossing Locations and Habitat Disturbance Along the Pipeline Route (East).....	21
Figure 3.1-4	Fish and Aquatic Ecosystem Sample Locations on the Slurry Pipeline	22

LIST OF ATTACHMENTS

Attachment 1	Aquatic Ecological Baseline Survey Mine, Tailings and Slurry Pipeline Site Assessment
Attachment 2	Aerial Survey of the Proposed Slurry Pipeline Route Watercourse Crossings
Attachment 3	A Floral and Faunal Survey of the Ephemeral Pools, Streams and Wetlands in the Ambatovy Region, Eastern Madagascar

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND

The long period of isolation of Madagascar from mainland Africa coupled with the large size of the island, a widely varying topography, and dramatic differences in rainfall pattern on different parts of the island, has resulted in a substantial diversity of freshwater habitats. Associated with this diversity of freshwater habitats is a diverse and unique freshwater biota, much of which is endemic. Madagascar is considered globally significant for freshwater biodiversity (Benstead et al. 2003; Groombridge and Jenkins 1998), with new inventories and studies significantly advancing the information on freshwater aquatic fauna.

Of a total of 135 native fish species recorded from freshwater habitats, 84 species are endemic to the island (Sparks & Stiassny 2005). Other significant features of the Madagascar freshwater fish fauna are:

- Madagascar is home to two endemic freshwater fish families, the Bedotiidae or Malagasy Rainbowfishes, with two genera (Bedotia and Rheocles), and a poorly known catfish family, Anchariidae, composed of a single genus (Ancharius);
- A large number of undescribed species remain, the great majority of which are members of the Bedotiidae and Cichlidae;
- Of the known and described species there is an extreme paucity of information on life history, reproductive biology, relationships between native species, and patterns of distribution (Sparks & Stiassny 2005); and
- Deforestation, along with subsequent accelerated erosion and introduction of invasive species, has affected much of the island's freshwater habitat, making the freshwater fishes Madagascar's most threatened vertebrate taxa (Benstead et al. 2003).

Scientific study of Madagascar's aquatic insects is still in its infancy (Paulin & Viette 2003; Benstead et al. 2003). Research on Malagasy mayflies (Ephemeroptera) only began in 1990 with the Biodiversity and Biotypology of Malagasy Freshwaters (BBMF) program, jointly run by the Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer in France and the Centre National de Recherches sur l'Environnement in Madagascar (Benstead et al. 2003).

By 2002 the number of mayfly species known in Madagascar was 100 species and 41 genera -- of which all species except one, and about half of the genera, are endemic to the island (Benstead et al. 2003). The number of species of the family Baetidae exceeds 50. The number of described Trichoptera (Caddisflies) species was more than 500 in 2000, with a level of endemism between 98% and 100% (Benstead et al. 2003).

Two clear patterns have emerged from recent studies of Madagascar's caddisflies (*Trichoptera*). First, the restriction of certain groups to the eastern rainforest streams, i.e., several families, subfamilies and genera occur only in streams draining humid forests (Benstead et al. 2003). Second, a relationship exists between specialization to forest streams and microendemism. Most of the species found outside of the rainforest are widespread across the island while most of the species found within the eastern rainforests show a strong tendency towards microendemism (Benstead et al. 2003).

1.2 EXISTING DATA

1.2.1 LITERATURE REVIEW

Before field studies began, available literature on the ichthyofauna and aquatic ecosystems of Madagascar was reviewed. This included published and unpublished sources, previous baseline studies for environmental impact assessments in similar areas, scientific articles and websites.

Primary data sources included, but were not limited to, the following:

- Phelps Dodge prefeasibility (1997 and 1998) file data;
- Preliminary aquatic baseline reports (Myers 1997, Sparks et al. 1998);
- The Natural History of Madagascar (Goodman and Benstead ed., 2003);
- Conserving Madagascar's Freshwater Biodiversity (Bioscience 2003); and
- Madagascar's Freshwater Fishes: An Imperiled Treasure (Freshwater Ecoregions of Africa and Madagascar 2005).

1.2.2 FEASIBILITY STUDIES

Preliminary faunal baseline studies for the Ambatovy aquatic environmental assessment were commissioned by Phelps Dodge in 1997 (Meyers 1997) and 1998 (Sparks et al. 1998). During the 1997 reconnaissance, two locations in the

vicinity of the Ambatovy and Analamay ore bodies and five additional locations in the project region were visited in the wet season. cursory fish sampling was done in several streams and marshes to identify presence and absence. In the 1998 aquatic study, a reconnaissance-level survey of 10 sites within the proposed mine area was done during the wet season. This survey examined fish and aquatic invertebrate communities in streams draining the ore bodies, ephemeral pools on the ore bodies and Torotorofotsy Wetlands.

Data from the 1997 survey has been incorporated into Attachments 1 and 2 as required, while the 1998 data is more complete and is presented as a separate attachment (Attachment 3) to this appendix.

2 OBJECTIVES

Fish and aquatic fauna surveys were undertaken in the Ambatovy Project (the project) Local Study Areas (LSAs) in 2004 and 2005 (Attachment 1) to update the preliminary aquatic baseline information and to identify existing pre-development conditions and sensitive aquatic resources which may be impacted.

The primary objectives of the baseline aquatic fauna field surveys were to:

- map and describe the aquatic resources within each study area;
- inventory each main water body or reach during the wet and dry seasons in order to determine species richness, diversity and relative abundances of fish;
- inventory aquatic resources in addition to fish, including macroinvertebrates and periphyton;
- inventory offsite areas of similar aquatic community types that may have similar biota;
- determine the presence of endemic or listed species by study area and community type;
- determine seasonal changes in distribution or abundance;
- determine key habitats; and
- describe the local use of fish for commercial, traditional and medicinal purposes.

In addition, an aerial reconnaissance of the entire slurry pipeline route was completed in advance of ground-level studies on the pipeline, to collect environmental overview information and enable logistical planning for the detailed aquatic biological surveys. The primary objectives of the aquatics component of the aerial survey were:

- to gather geomorphic and ecological information for surface water bodies at watercourse crossings;
- to assess the level of existing degradation at each site;
- to assess the sensitivity of the site to construction activities; and
- to identify sites where detailed field work should be conducted (i.e., streams that may potentially contain endemic or locally important fish populations, and hence may be susceptible to impacts during pipeline crossing construction and maintenance) as well as to verify the qualitative classification of the sensitivity of the streams.

3 METHODS

3.1 APPROACH

3.1.1 Overall Approach

The overall approach to developing an aquatic ecosystem baseline for the project area was to implement seasonal field sampling programs in each of the wet and dry seasons within each of the project areas (mine site, tailings / plant site and slurry pipeline route). Wet season surveys included sampling at mine sites in April 2004 and January 2005, surveys of the tailings area sites and a limited number of pipeline sites. The dry season survey was conducted in September – October 2004 and comprised a survey of the mine sites, sites in the tailings area and the proposed slurry pipeline route. The pipeline surveys consisted of an initial aerial reconnaissance of all watercourse crossings in August 2004, followed by ground sampling of selected representative watercourses.

Field methodologies appropriate for qualitative and quantitative assessment of fish and invertebrate communities and aquatic habitats within the project area, and sufficient to allow comparison with current accepted scientific techniques, were used.

Specific aquatic ecosystem component data included:

- in-situ water quality;
- general habitat characterization and integrity;
- aquatic macro-invertebrates; and
- fish communities.

The general approaches to field and aerial surveys are described below. More detailed methods for field surveys are described in Attachment 1, and detailed methods for the aerial survey are described in Attachment 2.

3.1.2 Field Surveys

The 2004 – 2005 field surveys focused on watercourses and water bodies within the mine area, the tailings facility area and the slurry pipeline corridor. Access to most sample areas was by four-wheel drive (4WD) vehicle. Sites within the mine area and tailings area were accessed by the 4WD vehicle via tracks and/or foot paths. Sites along the slurry pipeline were generally more difficult to access

entailing extended foot treks, hiring of local boat transport and use of the abandoned railway (Andasibe / Torotorofotsy areas) or MadaRail. Because of the large amount of equipment, local porters were hired to assist with movement of the gear. Field teams generally consisted of a biologist, two technicians (students from the University of Antananarivo) and a vehicle driver. In addition, teams for the pipeline survey included an additional vehicle / driver, a surface water hydrology technician and a social program individual. Crews were accommodated in field camps, or if close to road access, commercial rooms.

Aquatic sample sites were selected on a catchment basis, i.e., representative sites were selected in each of the multiple catchments draining the Ambatovy and Analamay ore bodies and within catchments associated with the tailings and plant site locations. Where possible, survey sites were chosen in close correlation with Hydrometric and Water Quality stations. Therefore, aquatic fauna data was obtained for streams in which the discharge rate and water quality parameters are largely known and regularly measured during the period of study.

A combination of sampling methods were used to take advantage of differences in selectivity and efficiency to achieve a more precise representation of the fish community. Different sampling techniques were also suited to the various habitat types encountered in water bodies.

3.1.3 Aerial Survey

The slurry pipeline survey consisted of an initial aerial reconnaissance of all watercourse crossings, followed by field (ground) sampling.

The aerial survey was based on the following approach:

- The pipeline was subdivided into 17 land type units based on morphology, land-use, (i.e., degree of naturalness) to facilitate understanding of the overall route and assist with the planning of more detailed surveys (Figure 1; see also Volume K, Appendix 3.1).
- Prior to the aerial survey, data sheets were prepared to facilitate recording of relevant geomorphic and ecological information.
- Aerial photographs and satellite imagery were also perused before the flight to identify possible key conservation issues that could be present at specific locations.
- During the aerial survey digital photographic images as well as video-graphic material were recorded along the entire route.

- Several crossings were selected for extended aerial inspection to ensure more detailed aquatic observations, including possible landing sites. These were termed macrosites.
- The aerial survey was conducted along the proposed pipeline route and GPS track logs were generated in synchronization with the timer on the video camera to facilitate locating crossings on a map during data capturing. Communications over the headsets between team members were recorded as a voice-over on the video footage. Watercourse sites were called out as the helicopter crossed them.
- On completion of the survey the video footage was transcribed from analogue to Moving Picture Experts Group (MPEG) to enable computer compatibility.
- Geomorphic and ecological data was recorded using the MPEG footage along with the global positioning system (GPS) track logs while the data sheets were filled out according to standard Golder procedures, Technical Procedure–Aerial Reconnaissance Water Crossing Survey.
- The geomorphic information was then used to make a preliminary assessment of the sensitivity of the habitat at the crossing sites to possible impacts.
- Based on the sensitivity ratings, sites were identified where detailed ground surveys could be conducted.
- Survey findings were collated into a report characterizing the importance and sensitivity at each site (based on aerial observation and professional judgment) in order to facilitate the assessment of the significance of impacts that may result from construction activities and enable possible mitigations.

3.2 LIMITATIONS

3.2.1 Field Surveys

Collection and analysis of aquatic data was limited by the following:

- The lack of knowledge of the taxonomic composition and status of Madagascar's ichthyofauna and aquatic macroinvertebrates and also of the most basic biology of the majority of species (Sparks & Stiassny 2003). The number of described species of both ichthyofauna and invertebrates has increased significantly over the last few years, and it is estimated that many more undescribed species remain. Therefore it is essential that all specimens of fish and aquatic macroinvertebrate collected in the various project areas be identified to species level. A limited capability exists at the University of Antananarivo, especially with regards to the macroinvertebrates and periphyton. Arrangements are being made for voucher samples to be submitted to independent experts at the American Museum of Natural History and other selected institutions for confirmation of identifications.
- The lack of basic infrastructure such as roads, over large parts of Madagascar, made access to the sampling sites extremely difficult. This was especially true of the pipeline sites situated east of Mantadia National Park, where the only available access was by railcar (MadaRail) and subsequent extended foot treks from the railway.
- Naturally low conductivity waters such as is typically found in unimpacted freshwaters in Madagascar can limit the effectiveness of electrofishing, which is generally one of the most versatile sampling methods for qualitative and quantitative assessment of freshwater fish communities. However, this limitation was partially overcome with the use of appropriate equipment.
- Due to the time required to access sites, sampling was limited primarily to areas directly associated with the various project areas therefore the distribution of species outside the project areas could not be determined by field sampling and was determined on the basis of limited available background literature.

3.2.2 Aerial Survey

Limitations to the objectives of the aerial survey and the ability to identify potentially important streams were:

- The lack of spatial understanding of the distribution patterns and habitat requirements of endemic species throughout the aquatic systems along the pipeline route. Many of the watercourse crossings constituted sites sampled for the first time in scientific history.
- Maneuverability of the helicopter available for the survey was low and did not allow tight turns, thus reducing visibility and recording ability for some of the sites.
- Because of steep side slopes and generally high presence of wetlands it was not possible to land at many of the proposed landing sites. Two landings were possible along the route, excluding start and end points.
- In some of the areas, dense cover (rainforest or scrubland) prevented visibility of channel features (flow depth types, cover etc.) and at most sites substrate types were also not visible. It is therefore possible that some watercourse crossings were missed.

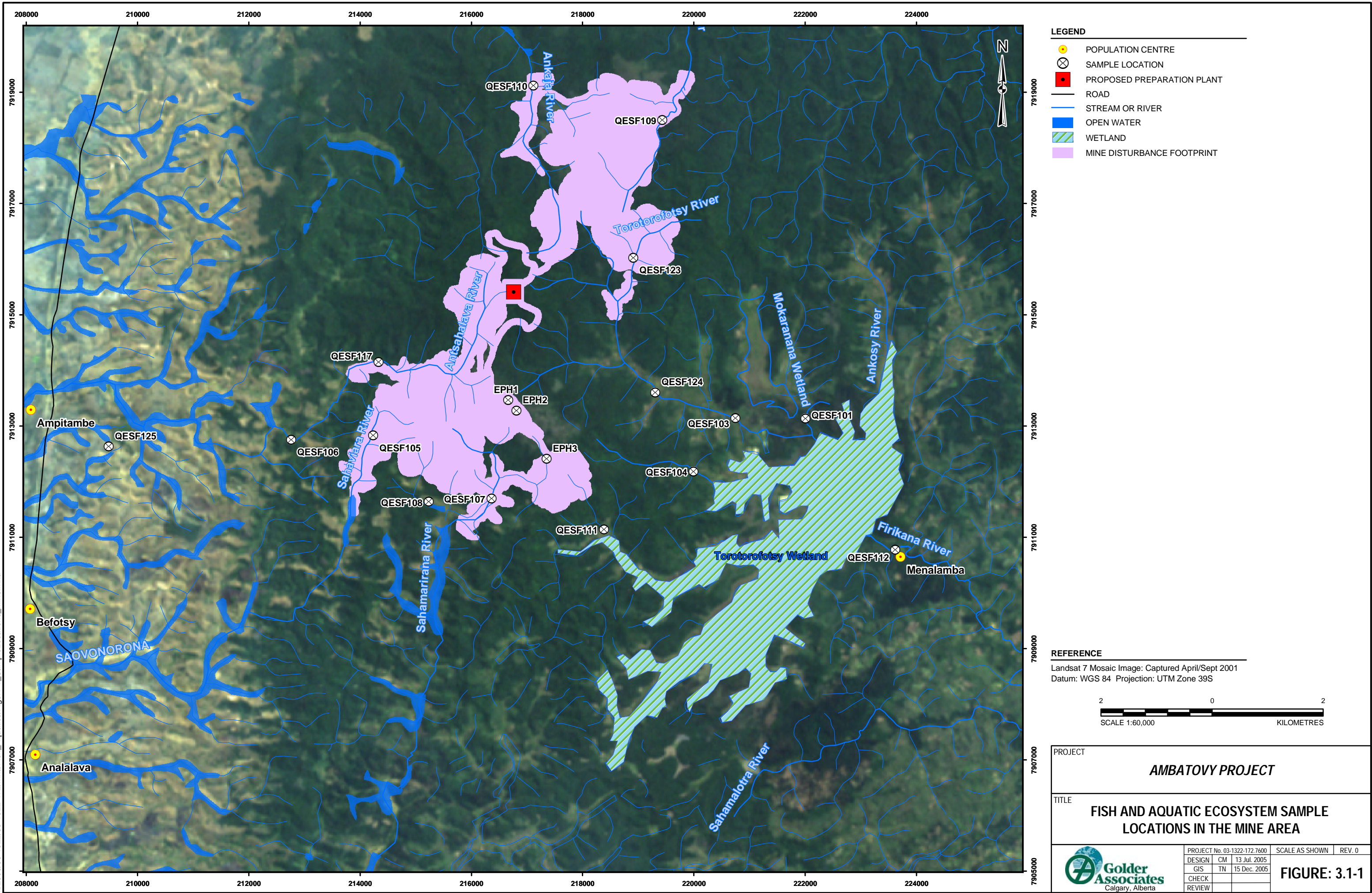
3.3 STUDY AREAS

3.3.1 Mine

The aquatic resources study area at the mine site is illustrated in Figure 7.2-1 (Volume A, Section 7). The mine area is located along the surface water divide between the Mangoro and Vohitra rivers. The mine area contains the headwaters of six major watersheds, including the Sahaviara, Antsahalava, and Ankaja that drain west towards the Mangoro River, and the Sahamarirana, Torotorofotsy, and Sakalava that drain east towards the Vohitra River (Figure 3.1-1). The Mangoro River flows in a southerly direction along the western border of the Ambatovy project area and eventually flows east, discharging into the Indian Ocean.

The mine area experiences the two seasons characteristic of tropical latitudes with the wet season extending from November to March and the dry season occurring during the remainder of the year. Climate data are provided in Volume I, Appendix 4.1.

I:/2003/03-1322/03-1322-172/Imxd/Fish_Aquatics/Fig3.1-1_SampleLocations_Mine.mxd



A dominant surface water feature in the vicinity of the mine area is the Torotorofotsy-Mokaranana Wetlands system which was recently declared a Ramsar site, approximately 9,300 ha in area. Generally very shallow with dense aquatic vegetation covering most of the surface area, the wetlands typically show mild acidity (pH 5.7 to 6.0). It is home to unique and endemic fauna and flora, including the endemic fish species *Rheocles alaotrensis* (Family Bedotiidae) which is classified as Vulnerable by the International Union for the Conservation of Nature and Natural Resources (IUCN Red List ver 3.1, 2001). Much of the eastern margin of the mine region drains into the Torotorofotsy-Mokaranana Wetlands, (Volume I, Appendix 8.1).

A total of 16 stream and three ephemeral pond sites were selected for detailed field assessment in 2004 -2005. The coordinates and site description of mine sites is provided in Table 3.1-1. Coordinates of the sampling sites were determined using a Garmin global positioning system (GPS) map 60C GPS (positional format hddd°mm'ss.s").

Table 3.1-1 Coordinates and Description of Sites Sampled in the Mine Area

Site	Site Description	Latitude	Longitude
QESF101	tributary of Torotorofotsy River, outflow of Mokaranana Wetlands	S 18°51'18.4"	E 048°21'42.2"
QESF103	Torotorofotsy River upstream (west) from the Torotorofotsy Wetlands	S 18°51'17.6"	E 048°20'59.3"
QESF104	western tributary of the Torotorofotsy Wetlands	S 18°51'48.1"	E 048°20'33.0"
QESF105	upstream section of Sahaviara River	S 18°51'24.5"	E 048°17'16.8"
QESF106	Antsahalava River, drains Ambatovy ore body area	S 18°51'26.4"	E 048°16'26.4"
QESF107	eastern upstream fork of Sahamarirana River, site is located adjacent to degraded wetlands	S 18°52'02.1"	E 048°18'28.7"
QESF108	western upstream fork of Sahamarirana River, site is located adjacent to a small degraded wetlands	S 18°52'03.8"	E 048°17'50.3"
QESF109	Sakalava stream draining Analamay ore body	S 18°48'22.6"	E 048°20'17.0"
QESF110	Ankaja River, draining Analamay ore body	S 18°48'01.6"	E 048°18'58.2"
QESF111	western tributary of the Torotorofotsy Wetlands draining Ambatovy ore body, due west from QESF111	S 18°52'21.3"	E 048°19'37.4"
QESF112	Firikana River, just below the outflow from the Torotorofotsy Wetlands at the railway bridge near to Menalamba	S 18°52'35.7"	E 048°22'36.0"
QESF115	site in the Mangoro River downstream of the road between Antananarivo and Moramanga	S 18°52'46.4"	E 048°06'47.3"
QESF117	Antsahalava River, approx. 3 km upstream from QESF106, drains Ambatovy ore body area	S 18°50'41.7"	E 048°17'20.6"
QESF123	upper Torotorofotsy River catchment draining Analamay ore body	S 18°49'43.1"	E 048°19'57.9"
QESF124	tributary of Torotorofotsy River draining Ambatovy ore body, near the village Berano	S 18°51'01.9"	E 048°20'10.4"
QESF125	downstream section of Sahaviara River	S 18°50'52.0"	E 048°13'55.1"
EPH1	ephemeral pool on the Ambatovy plateau	S 18°51'05.2"	E 048°18'39.9"
EPH2	ephemeral pool on the Ambatovy plateau	S 18°51'11.2"	E 048°18'45.1"
EPH3	ephemeral pool on the Ambatovy plateau	S 18°51'23.7"	E 048°19'01.9"

The sampling sites were selected on a catchment basis, i.e., representative sites were selected in each of the multiple catchments draining the Ambatovy and Analamay ore bodies (Table 3.1-1).

Depending on accessibility, one or two sites were selected within each basin for detailed aquatic inventory. Site selection criteria were based on:

- representativeness: the most dominant habitat types present within a reach were represented at the site;
- diversity: preference was given to sites with higher habitat diversity; and
- proximity to existing discharge and water quality measuring stations in order to integrate physical and chemical surface water data with the biological data.

A majority of survey sites were chosen in close correlation with existing Hydrometric and Water Quality stations. Based on these criteria two of the sites (EPH1 and QESF125) initially sampled during the 1998 feasibility survey (Volume J, Appendix 3.1, Attachment 3) were re-sampled in the 2004 to 2005 survey.

Surveys were conducted at a total of three ephemeral pools on the Ambatovy plateau (Table 3.1-1). The ephemeral pools are situated in sunken bowls in the ferricrete crust, surrounded by sclerophyl thickets and forests. These pools appear to be confined to Ambatovy and Analamay plateaus and are unusual due to their unique setting on the azonal ferricrete. Based on a preliminary survey of a potential off-site conservation area at Ankera, similar ferricrete bowls exist in that area, but they have not been found elsewhere in Madagascar.

A summary description of each study site is provided below.

3.3.1.1 Site QESF101

Site QESF101 is situated in the outflow of the Mokaranana Wetlands, a tributary of the Torotorofotsy River upstream of the Torotorofotsy Wetlands. Although the site is situated near the Mantadia National Park, the surrounding indigenous forest has been completely removed and replaced by secondary eucalyptus forest. This secondary eucalyptus forest is extensively logged by the local inhabitants. The site is bisected by an old abandoned railway line and a bridge.

3.3.1.2 Site QESF103

Site QESF103 is located in the Torotorofotsy River upstream of the tributary flowing from the Mokaranana Wetlands. Similar to site QESF101, the surrounding indigenous vegetation has been almost entirely removed and replaced by an assortment of exotic species, primarily *Lantana camara* (Lantana) and eucalyptus that is actively logged by the local inhabitants.

3.3.1.3 Site QESF104

Site QESF104 is located in a western tributary of the Torotorofotsy Wetlands. Although the upper slopes above this site remain forested most of this site has been largely deforested with only small sections of indigenous riparian vegetation remaining. Bank slopes at the site are moderate to steep and there is a cattle crossing point in the middle of the site.

3.3.1.4 Site QESF105

Site QESF105 is located in a small stream in the upper catchment of the Sahaviara River. Although there is some evidence of selective logging the site is situated in primary forest and consists primarily of small riffles and shallow pools.

3.3.1.5 Site QESF106

Site QESF106 is located in the Antsahalava River which drains from the Ambatovy ore body. This site is situated on the primary forest margin and the riparian vegetation can be divided into two distinct zones. The upper section is located in primary forest and the lower section is located in a dense *Lantana camara* (Lantana) thicket. Habitat at this site was comprised of a mixture of fast-flowing riffles and deep pools.

3.3.1.6 Site QESF107

Site QESF107 is located in an eastern tributary of the Sahamarirana catchment between a large impacted wetland on the left and primary forest on the right. Although the forest is relatively intact the wetlands have been transformed entirely to a rice paddy. The site consists primarily of a narrow, incised channel which is completely overgrown with exotic vegetation. This channel is used to inundate the adjacent rice paddy.

3.3.1.7 Site QESF108

Site QESF108 is located in a western tributary of the Sahamarirana catchment between a small impacted wetland, partially transformed to a rice paddy, and primary forest. The site consists of a narrow, deep channel at the lower end of the wetlands/rice paddy.

3.3.1.8 Site QESF109

Site QESF109 is located in the Sakalava stream which drains in a northwards direction from the Analamay ore body. The site is situated in primary forest and consists of a series of small riffles and shallow pools.

3.3.1.9 Site QESF110

Site QESF110 is located in the Ankaja River, which drains in a north-westerly direction from the Analamay ore body. The site is situated in unimpacted primary forest and consists of a series of shallow riffles and shallow to moderately deep pools.

3.3.1.10 Site QESF111

Site QESF111 is located in a western tributary of the Torotorofotsy Wetlands that drains from the Ambatovy ore body. Although the surrounding forest has been largely removed and replaced with secondary eucalyptus forest and invasive alien plants such as *Lantana camara* (Lantana), small parcels of indigenous vegetation remain around the site. The local inhabitants have constructed a small wooden weir across the stream to dam the water for irrigation of rice paddies.

3.3.1.11 Site QESF112

Site QESF112 is located in the Firikana River, the outflow of the Torotorofotsy Wetlands, near the village of Menalamba. This site is situated downstream of the mine site's eastern drainage. The site is situated in secondary eucalyptus forest which is actively logged by the local inhabitants. The old railway line from Andasibe to Torotorofotsy crosses the Firikana River at this site.

3.3.1.12 Site QESF115

This site is situated in the Mangoro River, along the highway from Antananarivo to Moramanga. Fisheries surveys were conducted downstream of the highway bridge. The Mangoro River is about 100 m wide at this point, with a strong

current and series of rapids. Therefore a partial section of rapid and riffle habitats on the left bank of the river was sampled.

The Mangoro River is the source of a proposed freshwater make-up pipeline for the mine (Volume B, Section 2).

3.3.1.13 Site QESF117

Site QESF17 is situated in the Antsahalava River upstream of site QESF106. The river drains westwards from the Ambatovy ore body and is situated in primary forest. Some evidence of past human disturbances such as selective logging could be seen around the site, and there are some exotic plants, such as *Lantana camara* (Lantana) growing in the riparian zone.

3.3.1.14 Site QESF123

Site QESF123 is located in primary forest in the upper catchment of the Torotorofotsy River draining from the Analamay ore body. The site consist primarily of shallow, fast-flowing riffles and shallow to moderately deep pools.

3.3.1.15 Site QESF124

Site QESF124 is situated in a tributary of the Torotorofotsy River that drains from the Ambatovy ore body and joins the Torotorofotsy near the village of Berano. Although the upper slopes above the site are forested, the indigenous forest around the site has been completely removed and replaced by cultivated fields and an assortment of invasive exotics such as *Lantana camara* (Lantana). Downstream of the site a wooden weir has been constructed by local people to raise the water level for the inundation of crops. The reduction in flow rate due to the weir, and the erosion of the surrounding catchment due to deforestation has resulted in noticeable streambed sedimentation.

3.3.1.16 Site QESF125

Site QESF125 is situated downstream in the Sahaviara River along the road from Moramanga to Ambatondrazaka, near site 98-10 sampled during the 1998 prefeasibility survey. The site is situated between a road bridge and a railway bridge. The indigenous vegetation has been removed entirely and replaced by eucalyptus and other exotic vegetation. The river channel has been extensively modified for rice cultivation.

3.3.1.17 Ephemeral Pool 1 (EPH1)

This site is located in the azonal forest on the Ambatovy plateau. Initially sampled during prefeasibility surveys in 1998 (site 98-1), the site was selected for re-sampling during the present study.

3.3.1.18 Ephemeral Pool 2 (EPH2)

This site is located in the azonal forest on the Ambatovy plateau.

3.3.1.19 Ephemeral Pool 3 (EPH3)

This site is located in the azonal forest on the Ambatovy plateau.

3.3.2 Tailings Facility

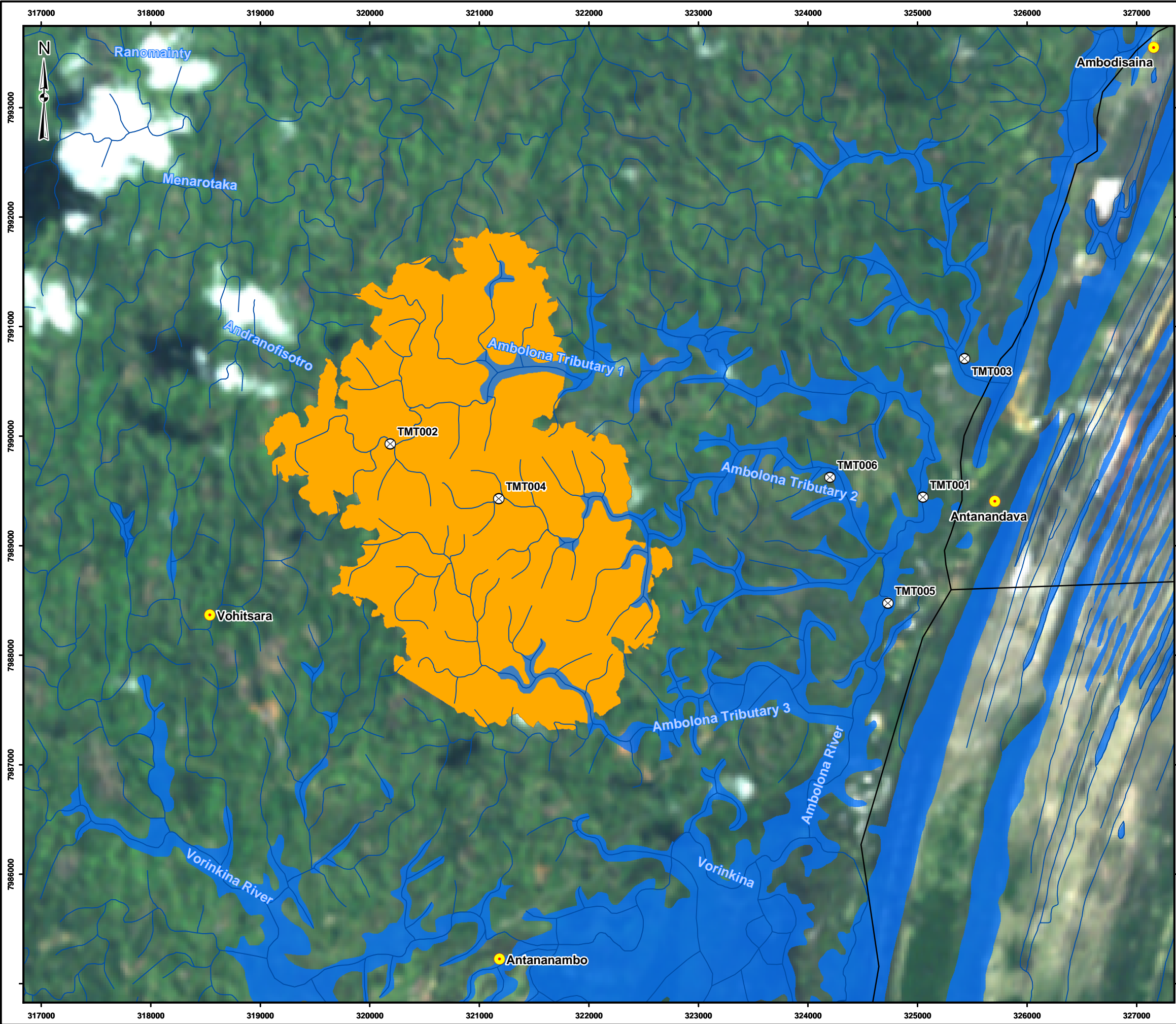
The aquatics resources study area near Toamasina, covers tailings, plant and port sites (Volume A, Section 7, Figure 7.2-3). Climate data are provided in Volume I, Appendix 4.1). Sampling sites were positioned within and downstream of the proposed tailings area (Figure 3.1-2).

Six sample sites were selected; coordinates and site description of Toamasina sites is provided in Table 3.1-2. Coordinates of the sampling sites were determined using a Garmin GPSmap 60C GPS (positional format hddd°mm'ss.s").

Table 3.1-2 Coordinates and Description of Sampling Sites in the Toamasina Area

Site	Site Description	Latitude	Longitude
TMT001	Sangalaoatra, near to the village of Antanandava at the first bridge crossing	S 18°10'37.3	E 049°20'45.1
TMT002	Sahangama, furthestmost site up in the catchment	S 18°10'19.9	E 049°18'00.0
TMT003	Panalana, approximately 1.3 km north of site TMT001	S 18°09'56.3	E 049°20'58.7
TMT004	river site approximately 2 km upstream of Tanambao	S 18°10'36.5	E 049°18'33.4
TMT005	Marovato approximately 1km south of Antanandava	S 18°11'08.4	E 049°20'34.0
TMT006	wetlands site approximately 1km upstream of site TMT001	S 18°10'31.0	E 049°20'16.4

i:/2003/03-1322/03-1322-172/mxd/Fish_Aquatics/Fig3.1-2_SampleLocations_Tailings.mxd



LEGEND

- POPULATION CENTRE
- SAMPLE LOCATION
- ROAD
- STREAM OR RIVER
- WET SEASON WETLAND AND FLOODED AREA
- TAILINGS FACILITY

REFERENCE

Landsat 7 Mosaic image: Captured April/Sept 2001
Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

1 0 1
SCALE 1:35,000 KILOMETRES

PROJECT			
AMBATOVY PROJECT			
TITLE			
FISH AND AQUATICS ECOSYSTEM SAMPLE LOCATIONS IN THE TAILINGS AREA			
PROJECT No. 03-1322-172.7600		SCALE AS SHOWN REV. 0	
DESIGN	CM	12 Jul. 2005	FIGURE: 3.1-2
GIS	TN	15 Dec. 2005	
CHECK			
REVIEW			

Golder Associates
Calgary, Alberta

3.3.2.1 Site TMT001

This site is situated near the village of Antanandava at the first bridge crossing on the road into the tailings area and consists of two large, deep pools on either side of the bridge.

3.3.2.2 Site TMT002

This was the most upstream site sampled within the tailings area and is located in the northernmost valley proposed for the tailings impoundment. The upper half of the site consists of a long riffle and the lower half primarily of pools.

3.3.2.3 Site TMT003

Site TMT003 is located about 1 km north of site TMT001 near the village of Panalana. The river at this site is dammed behind a barrage that is used to control water levels for the irrigation of rice paddies further upstream. Sampling was done both upstream and downstream of the barrage.

3.3.2.4 Site TMT004

Site TMT004 is situated in the upper reaches of the tailings area. The site consists primarily of shallow, slow-flowing pools with limited shallow riffles in the upper reaches. The surrounding hillside vegetation has been extensively cleared for agricultural purposes despite the relatively steep slopes. Rice and cassava are cultivated even on the steepest slopes and in the riparian zone to the edge of the water.

3.3.2.5 Site TMT005

Site TMT005 is located near the village of Marovato, about 1 km south of site TMT001. The site consists primarily of a large, deep channel with inundated wetlands-type vegetation along the margins. Some of these inundated areas have been cleared and transformed into rice paddies.

3.3.2.6 Site TMT006

Site TMT006 is located upstream of Antanandava in a large wetlands area south of the main access road and downstream of the proposed tailings area. The site consisted primarily of an intact wetland.

3.3.3 Slurry Pipeline

The slurry pipeline will run from the mine site to the coastal plant site over a distance of about 195 kilometres. The route selected for the pipeline is as direct as practicable but avoids crossing Mantadia National Park and mature forests. The study area for the pipeline is illustrated in Figure 7.2-2, Section 7, Volume A.

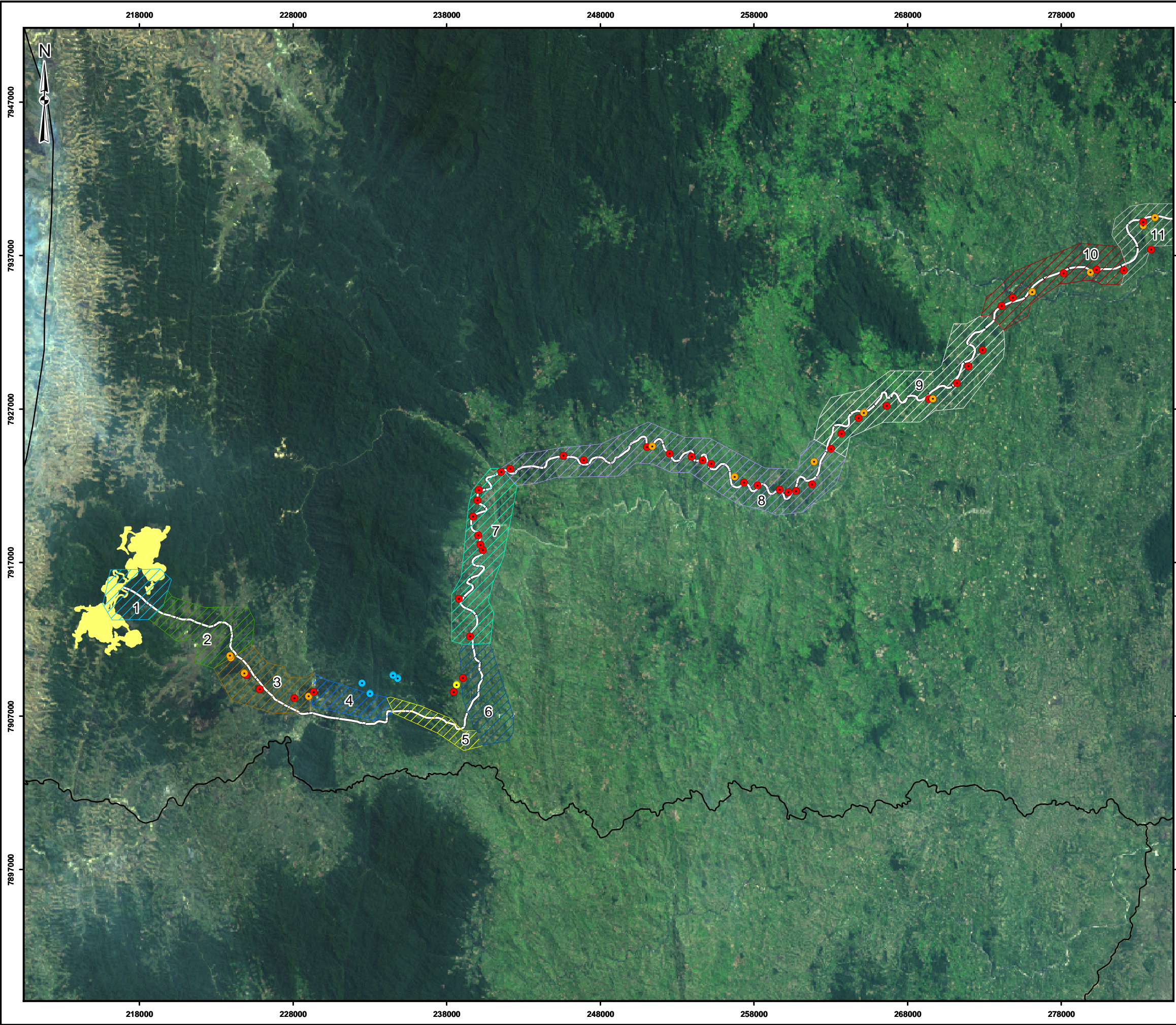
The undulating topography along the pipeline route combined with the high rainfall along Madagascar's east coast result in a large number of potential stream and river crossings. The locations of stream crossings along the slurry pipeline route, designated based on the level of habitat disturbance, are shown in Figures 3.1-3A and 3.1-3B. Major zones of vegetation and land use occurring along the route are also shown in this figure.

The aerial survey was based on the preliminary pipeline alignment and watercourse crossings identified from topographical maps. Routing changes have occurred since the survey, primarily in the initial (km post 000 to km post 040) portion of the pipeline corridor and km post updates have been made based on data from IKONOS Imagery.

Following the aerial survey in August 2004, sites were ranked for sampling based on, the sensitivity of habitat at the crossings to potential impact, their, accessibility and location along the proposed pipeline route (Volume J, Appendix 3.1, Attachment 2). The target list included 24 streams, representing a range of stream classes from second to about fifth order. Although the ground survey objective was to sample as many of the ranked sites as possible along the pipeline route, logistical difficulties accessing the pipeline route, precluded the sampling of all ranked sites. In this regard a gap still remains for one area - the Tavy with sporadic forest patches and complex topography; as well as the Tavy with forest patches sections.

Sampling was completed at 15 sites along the proposed pipeline route (Figure 3.1-4); coordinates of the sampling sites were determined using a Garmin GPS map 60C GPS (positional format hddd°mm'ss.s"). The coordinates and site description of the survey sites is provided in Table 3.1-3. During the initial stages of planning, several potential route section alternatives were investigated (Volume C, Section 1) and some sampling sites were situated along these alternative routes.

I:/2003/03-1322/03-1322-172/lrxd/Fish_Aquatics/Fig3.1-3A_Ecountits_Xings.mxd



LEGEND

HABITAT INTEGRITY AT WATERCOURSE CROSSING

- SEVERLY DISTURBED
- MODERATLY DISTURBED
- SLIGHTLY DISTURBED
- PRISTINE

ECOLOGICAL UNITS

- 11 AGRO-FORESTRY SYSTEMS ON HILLS
- 3 EUCALYPTUS WOODLOT
- 5 FOREST CORRIDOR (NORTH=FOREST/SOUTH=TAVY)
- 7 MANTADIA NP EDGE (STEEP SLOPES, TAVY)
- 1 NEAR PRIMARY FOREST
- 4 OLD MINING AREAS/TAVY WITH FOREST PATCHES
- 10 RIVER PLAIN WITH AGRO-FORESTRY SYSTEMS
- 9 TAVY WITH FOREST PATCHES
- 8 TAVY WITH SPORADIC FOREST PATCHES
- 6 VALLEY WITH TAVY
- 2 WETLANDS (MOKARANA-TOROTOROFOTSY)

MAJOR ROAD

PIPELINE ROUTE

MINE SITE

REFERENCE

Landsat 7 Mosaic Image: Captured April/Sept 2001
Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

5000000000


SCALE 1:250,000KILOMETRES

PROJECT

AMBATOVY PROJECT

TITLE

**STUDY AREA, LAND USE TYPES, CROSSING
LOCATIONS AND HABITAT DISTURBANCE
ALONG THE PIPELINE ROUTE**

Golder Associates
Calgary, Alberta

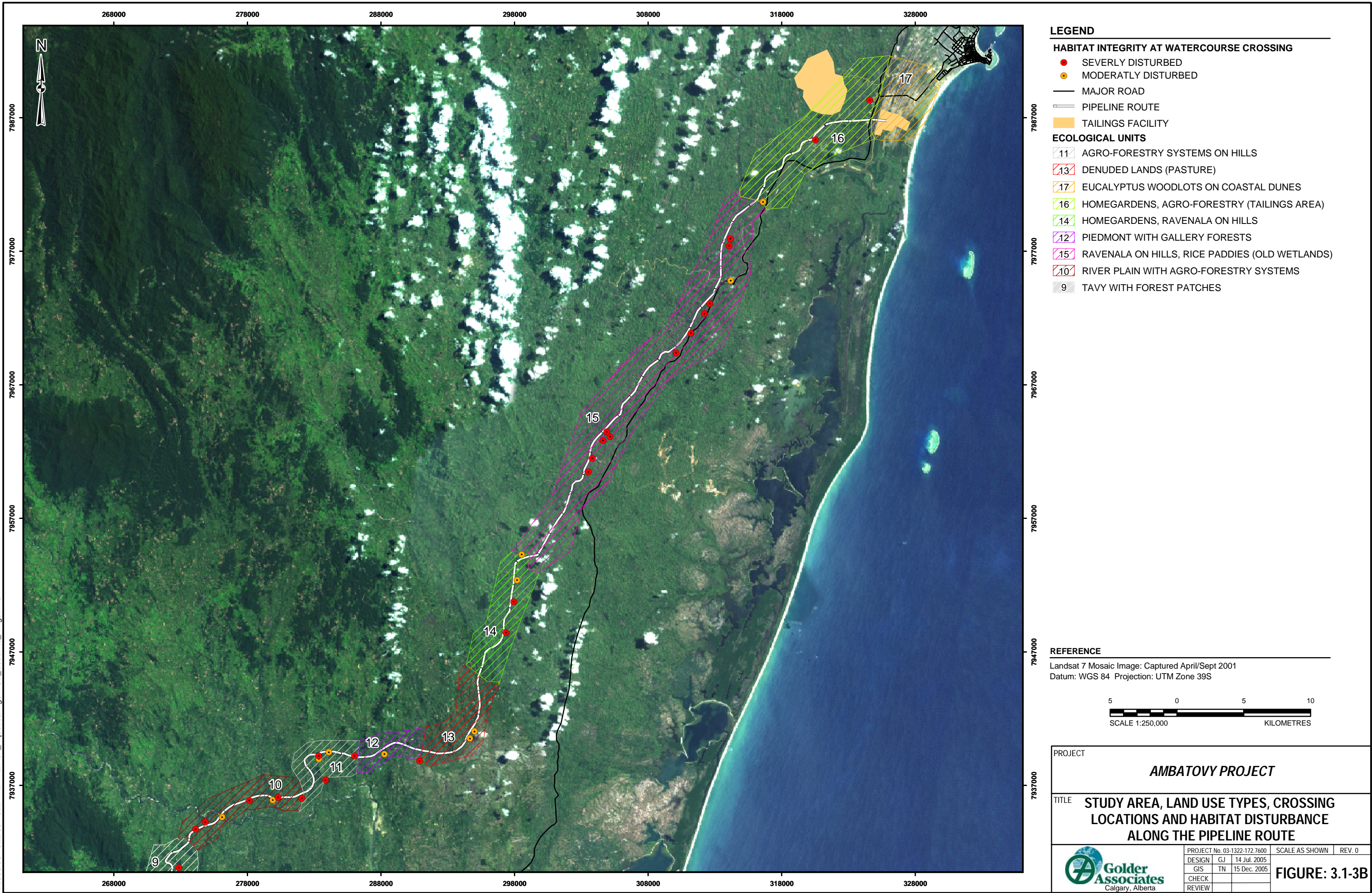
PROJECT No.	03-1322-172.7600	
DESIGN	GJ	14 Jul. 2005
GIS	TN	15 Dec. 2005
CHECK		
REVIEW		

SCALE AS SHOWN

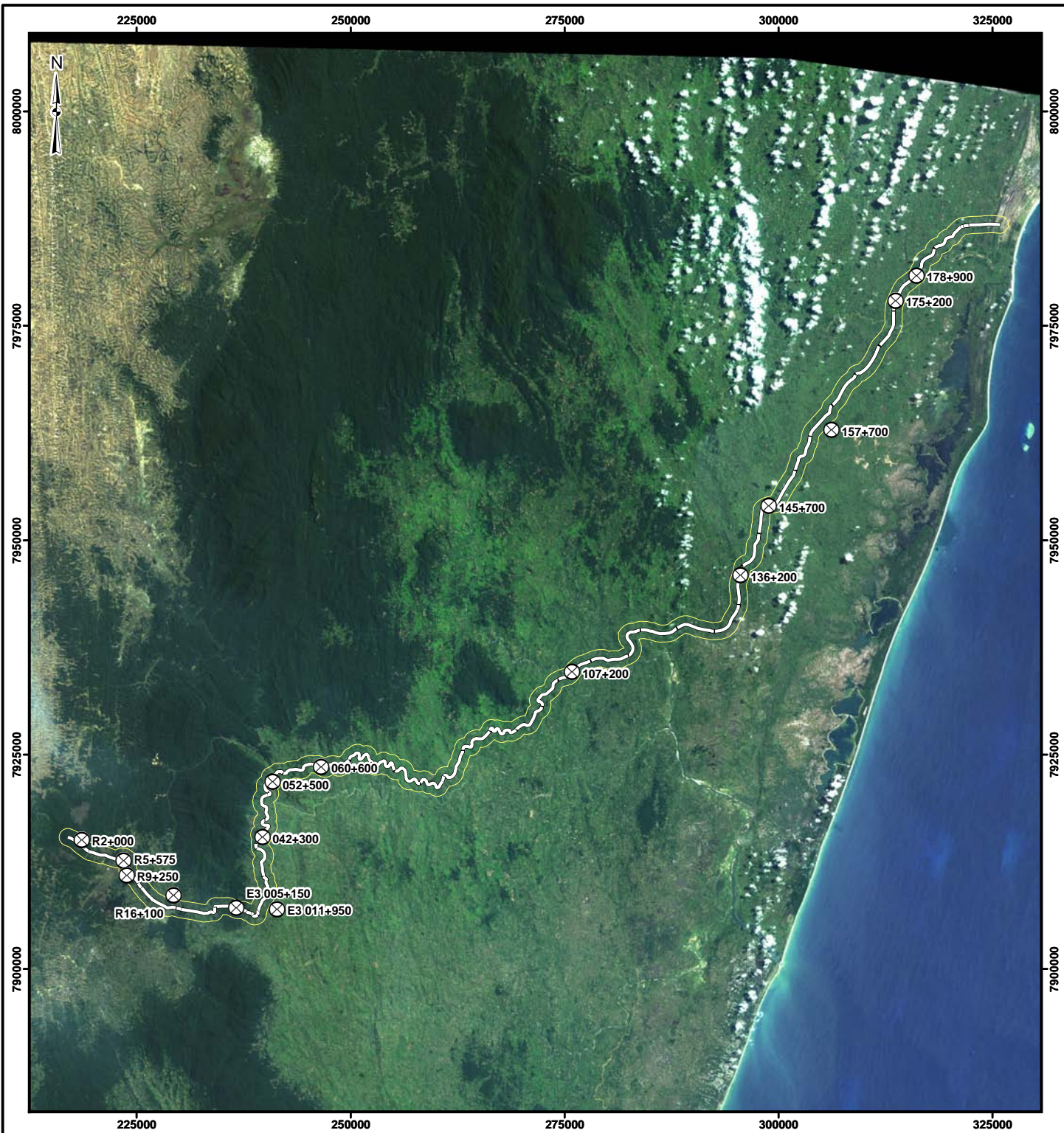
REV. 0

FIGURE: 3.1-3A

I:/2003/03-1322/03-1322-172/mxd/Fish_Aquatics/Fig3.1-3B_Ecounits_Xings.mxd



i:/2003/03-1322/03-1322-172/mxd/Fish_Aquatics/Fig3.1-4_SampleLocations_Pipeline.mxd



LEGEND

- ⊗ SITE LOCATION
- PROPOSED SLURRY PIPELINE ROUTE
- PIPELINE STUDY AREA

REFERENCE

Landsat 7 Mosaic Image; Captured April/Sept. 2001
Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S

15 0 15
SCALE 1:650,000 KILOMETRES

PROJECT

AMBATOVY PROJECT

TITLE

**FISH AND AQUATIC ECOSYSTEM SAMPLE
LOCATIONS ON THE SLURRY PIPELINE**



PROJECT No. 03-1322-172.7600			SCALE AS SHOWN	REV. 0
DESIGN	CM	13 Jul. 2005	FIGURE: 3.1-4	
GIS	TN	15 Dec. 2005		
CHECK				
REVIEW				

A summary description of each of the pipeline survey sites is provided below; site identifications are based on the pipeline distance kilometre descriptions.

Table 3.1-3 Coordinates and Description of Pipeline Sampling Sites

Site Number	Site Description	Latitude	Longitude
R2+000	upper reaches of Torotorofotsy River draining Analamay ore body	S 18°50.13.1"	E 048°19.46.4"
R5+575	channel on North-Eastern edge of Torotorofotsy Wetlands	S 18°51.33.2"	E 048°22.33.0"
R9+250	Firikana River just below the outflow of Torotorofotsy Wetlands, at the railway bridge near Menalamba; this site corresponds to the QESF112 (see Table 1)	S 18°52.29.6"	E 048°22.43.8"
R16+100	tributary of the Sahatandra River that drains southwards from the Mantadia National Park; this site is situated near a rural village near the Graphite Mine	S 18°53.48.0"	E 048°25.49.2"
042+300	upper reaches of Volove River, near eastern border of the Mantadia National Park	S 18°50.12.9"	E 048°31.47.1"
052+500	tributary of Vohitra River near eastern border of the Mantadia National Park	S 18°46.44.4"	E 048°32.30.7"
060+600	tributary of Sahananarazana River near Maromitety Village	S 18°45.48.5"	E 048°35.45.0"
107+200	Rianila River tributary of Vohitra	S 18°40.03.1"	E 048°52.30.3"
136+200	Sahavana River	S 18°34.04.4"	E 049°03.45.3"
145+700	Morongolo River	S 18°29.41.7"	E 049°05.41.3"
157+700	tributary adjacent to access road to Reserve Speciale Mangenivola	S 18°24.55.9"	E 049°09.54.8"
175+200	tributary of Fanandrana River	S 18°16.47.1"	E 049°14.14.3"
178+900	Ivondro River	S 18°15.14.0"	E 049°15.38.5"
E3 005+150*	tributary of Sahatandra River	S 18°54.40.2"	E 048°29.58.4"
E3 011+950*	Sahatandra River	S 18°54.46.1"	E 048°32.41.6"

^(a) The prefix E3 denotes sites that were sampled along an alternative pipeline route.

3.3.3.1 Site R2+000

This site is situated in the Torotorofotsy River upstream of Berano, and between the two ore bodies. The site was situated in primary rainforest and consisted of a series of pool – riffle sequences.

3.3.3.2 Site R5+500

This site is situated on the north-eastern border of the Torotorofotsy Wetlands in secondary eucalyptus forest.

3.3.3.3 Site R9+250

This site corresponds to site QESF112 (mine site) and is located on the Firikana River, the outflow of the Torotorofotsy Wetlands, at the railway bridge near Menalamba. The site is situated in secondary eucalyptus forest which is actively logged by the local inhabitants.

3.3.3.4 Site R16+100

Site R16+100 is situated in a tributary of the Sahatandra River that drains southwards from the Mantadia National Park. The sampling site is located by a village near the Graphite Mine.

3.3.3.5 Site 042+300

This site is situated in the upper reaches of the Volove River valley near the eastern border of the Mantadia National Park and consisted primarily of very steep, fast-flowing rapids. The Volove River is a tributary of the Sahatandra River. Due to the difficulty experienced in reaching this site and the limited time that was available, a detailed habitat assessment was not done at this site.

3.3.3.6 Site 051+800

This site was situated in a tributary of Vohitra River near the eastern border of the Mantadia National Park. The sampling site is located about 500 m upstream from the confluence with the Vohitra River. Due to difficulty in accessing this site via railway and the limited time available, a detailed habitat assessment was not done at this site. The site was located in a deforested area with fragments of primary forest nearby. The clear water of this stream, which contrasts sharply with the highly turbid water of the Vohitra River nearby, indicates that the catchment of this stream remains largely forested.

3.3.3.7 Site 060+600

This site is situated in a tributary of the Sahanandrazana River near Maromitety Village and the eastern border of the Mantadia National Park.

3.3.3.8 Site 107+200

This site is situated in the Rianila River, a tributary of the Vohitra River. The upper portion of the site consisted of a pool and the lower portion of a run, riffles and rapids.

3.3.3.9 Site 136+200

This site is located in the main stem of the Sahavana River. Due to the difficulty in reaching the site and the limited time available for the pipeline survey, a detailed habitat assessment was not done at this site. The upper portion of the site consisted of a pool and the lower portion of a mixture of rapids and runs.

3.3.3.10 Site 145+700

This site is located in the Morongolo River near the community of Ambodihazaomba. The upper portion of the site consisted of bedrock outcrops with rapids, and the lower portion consisted of a large pool with sand bars.

3.3.3.11 Site 157+700

This site is situated next to the access road to the Reserve Speciale Mangenivola and consisted primarily of glides, runs and riffles, with pools in the upper sections.

3.3.3.12 Site 175+200

This sampling site is situated in an unnamed tributary of the Fanandrana River and consisted almost entirely of a run, interspersed with small sections of riffles, glides and pools.

3.3.3.13 Site 178+900

Site 178+900 is situated in the main stem of the Ivondro River and consisted almost entirely of a run, with a small backwater component.

3.3.3.14 Site E3 011+950 (Alternative Pipeline Route)

This site is situated in the Sahatandra River and consisted largely of a pool, with runs both above and below the pool.

3.3.3.15 Site E3 005+150 (Alternative Pipeline Route)

This site is situated in a tributary of the Sahatandra River that drains southwards from the forested areas north of the Sahatandra and the railway line. It is situated in secondary eucalyptus forest and the riparian zone is choked with wild ginger.

4 RESULTS

Detailed Fish and Aquatic Resources baseline data for the project is presented in Attachments 1 to 3. Attachment 1 contains the current 2004-2005 site-specific baseline data for the mine, tailings and slurry pipeline study areas. Attachment 2 contains the aerial reconnaissance of the proposed slurry pipeline route, and Attachment 3 contains preliminary site assessment data from 1998. A summary of the results for each LSA is presented below.

4.1 MINE

Habitat integrity at 6 of 16 streams/ponds rated during low flow conditions and 6 of 15 streams /ponds rated during high flow conditions in the mine LSA was rated as unmodified or pristine (Class A.). However, some deforestation has occurred under baseline conditions in many of the watersheds studied. Water quality analyses at the mine LSA sites indicated pH values in the normal to slightly acidic range and low total dissolved solids (TDS) levels.

Results of aquatic macroinvertebrate sampling in the mine LSA identified a total of 77 taxa, with clear differences between invertebrate communities in ephemeral pools, streams within the azonal forest, and other streams in the LSA.

A total of 12 described, and at least one unidentified species of fish were collected in the LSA during the high and low flow field surveys. No fish were found in any of the ephemeral ponds. Differences in species composition were noted between streams in relatively undisturbed watersheds (predominantly indigenous species), moderately impacted watersheds (a mixture of introduced and indigenous species), and heavily impacted watersheds (dominated by introduced species).

4.2 TAILINGS FACILITY

Habitat integrity levels for these streams within the tailings LSA were low (between ratings of Class D and Class F, or largely to heavily modified), due to the removal of native vegetation cover from the area and presence of exotic flora and fauna. However, despite the apparent overall modifications to aquatic habitat, natural basic ecosystem functions remained at some sites to support populations of endemic species. Water quality analyses at the tailings facility LSA indicated weakly acidic pH levels, moderate to high water temperatures and low TDS levels.

A total of 55 macroinvertebrate taxa were recorded in the tailings area and a difference was detected in the species assemblage in low and high flow seasons.

A total of five endemic/native fish species, four non-endemic/native fish species and eight exotic fish species were found in the tailings facility LSA. Higher species numbers were generally found during high flows.

4.3 SLURRY PIPELINE

4.3.1 Aerial Survey

The main results from the aerial survey of the slurry pipeline route are:

- No specific issues were identified that warranted a *No go* option at any crossing sites.
- The bulk of the observed potential crossing sites are of an extensively modified nature.
- Potential impacts at sensitive watercourse crossing sites (moderate and high sensitivity to construction) should be mitigated to prevent negatively affecting the riparian and instream zones.
- Several areas of specific conservation importance (generally more intact areas) remain.

4.3.2 Field Surveys

Habitat integrity ratings for the streams sampled were highly variable, with 6 of 15 rated as A or B (high integrity) and 5 of 15 rated D or E (low integrity). Water quality analyses for streams along the slurry pipeline LSA indicated pH values in the neutral range, and low levels of TDS. Water temperatures varied widely, based mainly on seasonal changes.

A total of 58 macroinvertebrate taxa were recorded at sites sampled during the pipeline survey. A total of 27 fish species were recorded in the LSA. Of this number, eight fish species are endemic, 11 are native (indigenous but not endemic) and eight are exotic/introduced.

4.3.3 Key Conservation Issues

The generally degraded nature of the slurry pipeline LSA area does not warrant a lower concern with regard to the aquatic system associated with the proposed

pipeline; instead it amplifies the conservation importance of the remaining areas that still sustain some integrity. The endemic species recorded from the study area represent remnants of a highly sensitive system which is currently under serious threat from habitat degradation, over use and exotic (non-native) fish.

Some sites with a severely disturbed rating still maintain a moderate and even high sensitivity to construction depending on the suitability at the site for endemic species inhabitation. These sites should be protected, given the lack of knowledge for these areas and the possibility of remnants of endemic species still maintaining a foothold there. It is of critical importance that all sites be surveyed before construction, to verify the assigned ratings and establish whether endemic species that may require specific attention actually inhabit the site. Those results would then be used to fine-tune mitigation on a crossing by crossing basis as needed.

The *Land Use* classification of the pipeline route identified seventeen different units (Figure 3.1-3A and B). Two areas within these units maintain specific conservation importance given the degraded nature of the overall area and the less disturbed nature of these areas. The lack of understanding regarding the conservation status of the other aquatic systems within the eastern highlands and lowlands ecoregions further hampers the evaluation of the conservation importance of these areas. These areas include the Tavy with forest patches (area 4), the Forest corridor (area 5) as well as areas 11, 12, 13 and 14 (Agro forest systems, Piedmont with Gallery Forest Denuded lands and home gardens Ravinalia on Hills). These areas should be given specific focus as part of the impact evaluation and the overall mitigation strategy.

5 REFERENCES

- Benstead, J.P., De Rham, P.H., Gattoliat, J.L., Gibon, F.M., Loiselle, P.V., Sartori, M., Sparks, J.S. and Stiassny, L.J. 2003. Conserving Madagascar's Freshwater Biodiversity. *Bioscience*, 53, 11, 1101-1111.
- Goodman, S.M. & J. Benstead (editors). 2003. *The Natural History of Madagascar*. University of Chicago Press, Chicago 60637. 1709 pp.
- Groombridge B. and Jenkins M., *Freshwater Biodiversity: A Preliminary Global Assessment*. 1998. World Conservation Monitoring Centre (UNEP-WCMC) - World Conservation Press, Cambridge, UK.
- Meyers, D.M. 1997. *Faunal Baseline Study*. Unpublished technical report, 31 pp.
- Paulian, R & P. Viette. 2003. An Introduction to Terrestrial and Freshwater Invertebrates. In: *The Natural History of Madagascar*, GOODMAN, S.M., & BENSTEAD, J.P., eds. University of Chicago Press.
- Sartori, M., Sparks, J.S. and M.L.J. Stiassny 2003. Conserving Madagascar's Freshwater Biodiversity. *Bioscience*, 53 (11) p1101-1111.
- Sparks, J.S., K.J. Riseng and P.N. Reinthal. 1998. A Floral and Faunal Survey of the Ephemeral Pools, Streams and Wetlands in the Ambatovy Region, Eastern Madagascar. Prep. For Golder Inc. 26pp.
- Sparks, J.S. & M.L.J. Stiassny. 2003. Introduction to the Freshwater Fishes. In: Goodman, J.M. and J.P. Bersted, eds. *The Natural History of Madagascar*. Chicago: University of Chicago Press, pg. 849-863.
- Sparks, J.S., & Stiassny, M.L.J., 2005. Madagascar's Freshwater Fishes: An Imperiled Treasure. Essay 3.6 *In: Freshwater Ecoregions of Africa and Madagascar*. THIEME, et al., 2005

VOLUME J

APPENDIX 3.1

ATTACHMENT 1

AQUATIC ECOLOGICAL BASELINE SURVEY

MINE, TAILINGS AND SLURRY PIPELINE SITE ASSESSMENT

**AQUATIC ECOLOGICAL BASELINE SURVEY
MINE, TAILINGS AND SLURRY PIPELINE SITE
ASSESSMENT**

Submitted to:

Golder Associates

Submitted by:

ECOSUN cc

TABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 INTRODUCTION.....	1
2 METHODS	2
2.1 IN-SITU WATER QUALITY	2
2.2 HABITAT ASSESSMENT	2
2.2.1 Habitat Characterization	3
2.2.2 Intermediate Habitat Integrity Assessment (IHIA).....	4
2.3 AQUATIC MACROINVERTEBRATES	8
2.4 ICHTHYOFAUNA (FISH).....	9
2.5 PERIPHYTON	11
2.6 STATISTICAL ANALYSES.....	11
2.6.1 Community Analyses	11
2.6.2 Displaying Community Patterns Through Cluster Analysis and Ordination.....	13
3 RESULTS AND DISCUSSION.....	15
3.1 MINE SITE	15
3.1.1 In-situ Water Quality	15
3.1.2 Habitat Assessment	16
3.1.3 Aquatic Macroinvertebrates (Mine Site).....	38
3.1.4 Ichthyofauna (Mine Site)	49
3.2 TAILINGS AREA.....	57
3.2.1 In-situ Water Quality	57
3.2.2 Habitat Assessment	58
3.2.3 Aquatic Macroinvertebrates (Tailings Area).....	64
3.2.4 Ichthyofauna (Tailings Area)	71
3.2.5 Relationships between Ichthyofauna Samples	75
3.3 SLURRY PIPELINE	79
3.3.1 In-situ Water Quality	79
3.3.2 Habitat Assessment	80
3.3.3 Aquatic Macroinvertebrates (Pipeline Survey).....	95
4 ANALYSIS OF METAL CONCENTRATIONS IN FISH TISSUES.....	110
4.1 BIOACCUMULATION.....	110
4.2 RESULTS	110
5 REFERENCES.....	112

LIST OF TABLES

Table 1	Criteria Used to Assess Habitat Integrity (Kleynhans 1996)	5
Table 2	Summary of Scoring for Impact Criteria (Kleynhans 1996)	6
Table 3	Criteria and Weights Used to Assess Intermediate Habitat Integrity (from Kleynhans 1996)	6
Table 4	Classification of Site Impact Classes (Kleynhans 1996)	7

Table 5	Stress Values Used to Determine the Accuracy of Two-Dimensional NMDS ⁽¹⁾ Algorithm (Adapted from Clarke & Warwick 1994)	14
Table 6	Water Quality Parameters Measured In-Situ in the Mine Area During High and Low Flow Surveys.....	15
Table 7	Final Habitat Integrity Scores and Integrity Classes for the Mine Site	16
Table 8	Invertebrate Group Analysis of Similarity (ANOSIM) Groups from Mine Area Sites During High Flow.....	46
Table 9	Analysis of Similarity (ANOSIM) Invertebrate Groups from Mine Area Sites During Low Flow	47
Table 10	Individual Family Contributions to Group I Similarities (High Flow); Average Similarity = 45.86%.....	47
Table 11	Individual Family Contributions to Group II Similarities (High Flow); Average Similarity = 30.59%.....	48
Table 12	Individual Family Contributions to Group III Similarities (High Flow); Average Similarity = 39.07%.....	48
Table 13	Individual Family Contributions to Group IV Similarities (High Flow); Average Similarity = 55.60%.....	49
Table 14	Analysis of Similarity (ANOSIM) between Ichthyofauna Groups Identified in the Mine Area During the High Flow and Low Flow Surveys	54
Table 15	Individual Species Contribution to the Group I Similarities. Average Similarity = 68.96%	56
Table 16	Individual Species Contribution to the Group II Similarities. Average Similarity = 62.32%	56
Table 17	Individual Species Contribution to the Group III Similarities. Average Similarity = 64.30%	57
Table 18	Water Quality Parameters Measured In-Situ in the Tailings Area During High and Low Flow	57
Table 19	Final Habitat Integrity Scores for the Tailings Area Sites	58
Table 20	Analysis of Similarity (ANOSIM) between Macroinvertebrate Groups from the Tailings Area during High and Low Flow	69
Table 21	Macro-Invertebrate Importance Ratings Presented as a Percentage of the Total Contribution In Group I. Only those Species Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution Are Presented. Average Similarity = 34.93%.....	70
Table 22	Macro-Invertebrate Importance Ratings Presented as a Percentage of the Total Contribution In Group II. Only Those Families Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 28.89%.....	71
Table 23	Analysis of Similarity (ANOSIM) Between Groups Identified in Ichthyofauna Data for the Tailings Area During the Low Flow Survey	76
Table 24	Fish Species Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution In Group I. Only Those Species Responsible for up To 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 63.20%.....	77
Table 25	Fish Species Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution In Group II. Only Those Species Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 65.75%.....	78
Table 26	Fish Species Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution in Group III. Only Those Species Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 63.33%.....	79
Table 27	Water Quality Parameters Measured In-Situ during the Pipeline Survey.....	80
Table 28	Final Habitat Integrity Scores and Classes for the Pipeline Sites	81

Table 29	Analysis of Similarity (ANOSIM) Conducted Between Three Groups Identified in the Macroinvertebrate Data Pipeline Survey.....	82
Table 30	Macroinvertebrate Taxa Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution in Group I. Only Those Families Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 36.15%	100
Table 31	Macroinvertebrate Taxa Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution in Group II. Only Those Families Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 40.04%	101
Table 32	Macroinvertebrate Taxa Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution in Group III. Only Those Families Responsible for up To 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 43.20%	101
Table 33	Analysis of Similarity (ANOSIM) Between Three Groups Identified in the Fish Data Collected During Pipeline Survey.....	107
Table 34	Individual Fish Species Contribution to Group I Similarities. Average Similarity = 25.91%	108
Table 35	Individual Fish Species Contribution to Similarities Group II. Average Similarity = 17.63%	108
Table 36	Individual Fish Species Contribution to Group III Average Similarity = 12.80%.....	109
Table 37	Average Metal Concentrations (mg/kg) From Composite Fish and Invertebrate Samples.....	111

LIST OF FIGURES

Figure 1	Description of the spatial scale at which the individual hydraulic units (HU) within each site were defined for instream habitat surveys, and random sampling points within each hydraulic unit for measurement of instream habitat features as <i>per</i> Kennard <i>et al.</i> 1998	4
Figure 2	Habitat Characteristics of Site QESF101 During High and Low Flow Surveys.....	18
Figure 3	Habitat Characteristics of Site QESF103 During High and Low Flow Surveys.....	19
Figure 4	Habitat Characteristics of Site QESF104 During High and Low Flow Surveys.....	20
Figure 5	Habitat Characteristics of Site QESF105 During High and Low Flow Surveys.....	21
Figure 6	Habitat Characteristics of Site QESF106 During High and Low Flow Surveys.....	22
Figure 7	Habitat Characteristics of Site QESF107 During High and Low Flow Surveys.....	23
Figure 8	Habitat Characteristics of Site QESF108 During High and Low flow Surveys.....	24
Figure 9	Habitat Characteristics of Site QESF109 During High and Low Flow Surveys.....	26
Figure 10	Habitat Characteristics of Site QESF110 During High and Low Flow Surveys.....	27

Figure 11	Habitat Characteristics of Site QESF111 During High and Low Flow Surveys	28
Figure 12	Habitat Characteristics of Site QESF112 During High and Low Flow Surveys	30
Figure 13	Habitat Characteristics of Site QESF115 During the Low Flow Survey	31
Figure 14	Habitat Characteristics of Site QESF117 During High and Low Flow Surveys	32
Figure 15	Habitat Characteristics of Site QESF123 During Low Flow Survey	33
Figure 16	Habitat Characteristics of Site QESF124 During High and Low flow Surveys	34
Figure 17	Habitat Characteristics of Site QESF125 During High Flow Survey	35
Figure 18	Habitat Characteristics of Ephemeral Pool 2 During High Flow Survey	37
Figure 19	Habitat Characteristics of Ephemeral Pool 3 During High Flow Survey	38
Figure 20	Total Number of Macroinvertebrate Taxa Recorded in the Mine Area during High and Low Flow	40
Figure 21	Total Number of Macroinvertebrates Collected in the Mine Area during the High and Low Flow	40
Figure 22	Macroinvertebrate Richness, Based on Margalef's Measure of Richness, Measured in the Mine Area during High and Low Flow	41
Figure 23	Macroinvertebrate Evenness Measured In the Mine Area during High and Low Flow	41
Figure 24	Macroinvertebrate Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index, Measured in the Mine Area during the High and Low Flow	42
Figure 25	Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis of Macroinvertebrate Data Collected in the Mine Area during High Flow	43
Figure 26	Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Macroinvertebrate Data Collected in the Mine Area during High Flow	43
Figure 27	Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis of Macroinvertebrate Data, Low Flow Mine Area	44
Figure 28	Two-Dimensional Result of the Nmds Ordination of Macroinvertebrate Data Collected at the Mine Area During Low Flow	45
Figure 29	Total Number of Fish Species Collected In the Mine Area during High and Low Flow	50
Figure 30	Total Number of Fish Collected In the Mine Area during High and Low Flow	51
Figure 31	Fish Species Richness, Based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured in the Mine Area during High and Low Flow	51
Figure 32	Fish Species Evenness, Based on Pielou's Evenness Index (1986), Measured in the Mine Area during High and Low Flow	52
Figure 33	Fish Species Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index (1963) Measured in the Mine Area during High and Low Flow	52
Figure 34	Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis for the Mine Area Fish Data High (a) and Low Flow (b)	53
Figure 35	Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Fish Data Collected in the Mine Area During High (a) and Low Flow (b)	54
Figure 35	Habitat Characteristics of Site TMT001 During the Low Flow Survey	59
Figure 36	Habitat Characteristics of Site TMT002 During High and Low Flow Surveys	60
Figure 37	Habitat Characteristics of Site TMT003 During High and Low Flow Surveys	61
Figure 38	Habitat Characteristics of Site TMT004 During High and Low Flow Surveys	62
Figure 39	Habitat Characteristics of Site TMT005 During High and Low Flow Surveys	63

Figure 40	Total Number of Macroinvertebrate Taxa Collected in the Tailings Area During High and Low Flow.....	65
Figure 42	Total Number of Macroinvertebrates Collected in the Tailings Area During the High and Low Flow	66
Figure 43	Macroinvertebrate Family Richness, based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured in the Tailings Area during High and Low Flow	66
Figure 44	Macroinvertebrate Evenness Values Measured in the Tailings Area during the High and Low Flow	67
Figure 45	Macroinvertebrate Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index, Measured in the Tailings Area During High and Low Flow	67
Figure 46	Bray-Curtis ranked Cluster Analysis of Macroinvertebrate Samples Collected in the Tailings Area During High (a) and Low Flow (b).....	68
Figure 47	Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Macroinvertebrate Data Collected in the Tailings Area During High (a) and Low Flow (b)	69
Figure 48	Total Number of Fish Species Recorded in the Tailings Area during High and Low Flow.....	72
Figure 49	Total Number of Fish Collected in the Tailings Area during High and Low Flow	73
Figure 50	Fish Species Richness, Based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured in the Tailings Area During High and Low Flow.....	73
Figure 51	Fish Species Evenness Based on Pielou's Evenness Index (1986) Measured in the Tailings Area During High and Low Flow	74
Figure 52	Fish Species Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index (1963), Measured in the Tailings Area During High and Low Flow	74
Figure 53	Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis of Ichthyofauna Data Collected in the Tailings Area During High (a) and Low Flow (b).....	75
Figure 54	Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Ichthyofauna Data Collected in the Tailings Area During High (a) and Low Flow (b).....	76
Figure 55	Habitat Characteristics of Site R2+000 During Low Flow Survey	82
Figure 56	Habitat Characteristics of Site R5+575 During Low Flow.....	83
Figure 57	Habitat Characteristics of Site R9+250 During High and Low Flow	84
Figure 58	Habitat Characteristics of Site R16+100 During Low Flow.....	85
Figure 59	Habitat Characteristics of Site 060+600 During High Flow	87
Figure 60	Habitat Characteristics of Site 107+200 During Low Flow	88
Figure 61	Habitat Characteristics of Site 145+700 During Low Flow	89
Figure 62	Habitat Characteristics of Site 157+700 During Low Flow	90
Figure 63	Habitat Characteristics of Site 175+200 During Low Flow	91
Figure 64	Habitat Characteristics of Site 178+900 During Low Flow	92
Figure 65	Habitat Characteristics of Site E3 011 + 950 During Low Flow.....	93
Figure 66	Habitat Characteristics of Site E3 005+950 During Low Flow.....	94
Figure 67	Total Number of Macroinvertebrate Taxa Collected During Pipeline Survey.....	95
Figure 68	Total Number of Macroinvertebrates Collected During Pipeline Survey	96
Figure 69	Macroinvertebrate Family Richness, Based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured During Pipeline Survey.....	96
Figure 70	Macroinvertebrate Evenness Based on Pielou's Evenness Index (1986) Measured During Pipeline Survey	97
Figure 71	Macroinvertebrate Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index (1963), Measured During Pipeline Survey.....	97
Figure 72	Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis of Macroinvertebrate Data Collected During Pipeline Survey	98
Figure 73	Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Macroinvertebrate Data Collected During Pipeline Sites.....	99

Figure 74	Total Number of Fish Species Recorded at Pipeline Sites.....	103
Figure 75	Total Number of Fish Collected At Pipeline Sites.....	103
Figure 76	Fish Species Richness, Based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured During Pipeline Survey.....	104
Figure 77	Fish Species Evenness Measured During Pipeline Survey	104
Figure 78	Fish Species Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index, Measured During Pipeline Survey	105
Figure 79	Bray Curtis Ranked Cluster Analysis of Fish Data Collected During Pipeline Survey	106
Figure 80	Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Fish Data Collected During Pipeline Survey	106

LIST OF SUB - ATTACHMENTS

Sub – Attachment 1	Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in Mine Area During High and Low Flow
Sub - Attachment 2	Fish and Macroinvertebrate Dissimilarity Tables for the Mine Area
Sub - Attachment 3	Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in Tailings Area During High and Low Flow
Sub - Attachment 4	Fish Species Collected in the Tailings Area During High and Low Flow
Sub - Attachment 5	Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected During Pipeline Survey
Sub - Attachment 6	Fish Species Collected During Pipeline Survey
Sub - Attachment 7	Photographic Plates

1 INTRODUCTION

A comprehensive Environmental Assessment (EA) is being prepared for the Ambatovy Project (the project) covering all aspects of the regional environment. Golder Associates Ltd. of Canada was commissioned to complete the EA and contracted ECOSUN cc. to complete the Aquatic Ecological Baseline component of the EA.

Field surveys of aquatic fauna were conducted in 2004 and 2005 to describe and inventory the aquatic communities, habitats and resource use within the project area. The results of these surveys are presented in following sections.

2 METHODS

To obtain an adequate description of the aquatic communities, ecological indicators were selected to represent habitat, stressor and response components of the aquatic environment. These include:

- Stressor Indicators
 - In-situ water quality
- Habitat Indicators
 - Habitat Characterization
 - Habitat Integrity Assessment (HIA)
- Response Indicators
 - Aquatic Macroinvertebrates
 - Ichthyofauna (Fish)
 - Periphyton

2.1 IN-SITU WATER QUALITY

During the field survey, temperature, dissolved oxygen (DO) concentration, pH and total dissolved solids (TDS) were measured at each site. Temperature was measured with an alcohol thermometer, DO with an Oxyguard oxygen meter (range 0 to 50 mg/L; accuracy $\pm 1\%$ measured value), pH and TDS with pocket pHScan (range -1.0 to 15.0; accuracy ± 0.1) and TDScan (range 0.1 to 19.9 ms/cm; accuracy $\pm 1\%$ full scale), respectively. At pipeline sites R5+500, R16+100, 145+700, 157+700 and 175+200 electrical conductivity was measured with a waterproof EUTECH ECScan Low (range 0 to 1,990 $\mu\text{S}/\text{cm}$; accuracy $\pm 1\%$ full scale), and the results were converted to mg/L or ppm.

2.2 HABITAT ASSESSMENT

Habitat, as structured by instream and surrounding topographical features, is a major determinant of aquatic community potential (USEPA, 1998). Both the quality and quantity of available habitat affect the structure and composition of resident biological communities (USEPA, 1998). Hence, habitat evaluations were conducted simultaneously with biological evaluations. Two approaches were used in habitat assessment. First, a detailed habitat characterization based on instream characteristics, such as channel width, depth, flow rate, dominant substrate types and cover, was conducted to quantify habitat type at each site.

Second, the Intermediate Habitat Integrity Assessment (IHIA) model (Kemper 1999) was used to describe and quantify possible deviations from an unimpacted state.

2.2.1 Habitat Characterization

At each of the sampling sites, quantification of the instream habitat was undertaken. In an attempt to encompass the full range of environmental and biological variation present within each site, several habitat types (hereafter termed hydraulic units) were usually sampled (Figure 1). Hydraulic units were subjectively delineated according to the classification system of Frissel et al. (1986) and included riffles, runs, pools, glides and backwaters in which physical conditions, i.e., water depth and velocity, were relatively homogenous. Selection of individual hydraulic units was influenced by their likelihood to contain certain fish species or to be critical habitats for particular life history stages.

The length and number of hydraulic units surveyed depended on the characteristics of the particular site. A protocol developed by the Centre for Catchment and In-stream Research, Griffith University (CCISR), Brisbane, Australia (Kennard et al. 1998) was used to record stream habitat characteristics at each site. Stream width, mean water velocity and total water depth were measured at each of a series 20 to 40 points located randomly throughout the site along five random longitudinal transects (Figure 1). During the mine and tailings area surveys, water velocity was measured (at 0.6 m of depth from the surface) by means of a Cateye Mity2 flow meter; during the pipeline survey a Swoffer (Model 2100 manufactured by Swoffer Instruments INC) Velocity Meter was used.

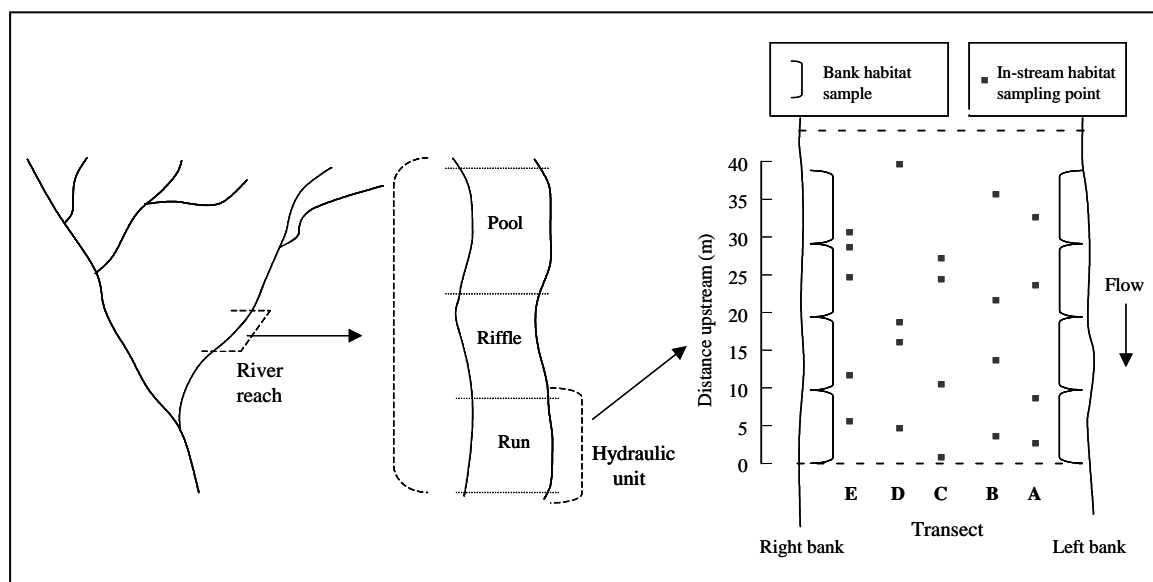
Substrate composition was visually estimated for one square metre around each survey point and allocated to each of seven substrate classes as a proportional representation (% composition). The seven substrate classes followed the Wentworth classification corresponding to: mud (< 0.063 mm), sand (0.063 to 2 mm), fine gravel (2 to 16 mm), coarse gravel (16 to 64 mm), small cobbles (64 to 128 mm), large cobbles/bedrock (128 mm) and bedrock.

The abundance of submerged microhabitat structures including aquatic macrophytes, filamentous algae, leaf litter, small and large woody debris (SWD, LWD), undercut banks, root masses, emergent and submerged vegetation, and overhanging vegetation structures (hereafter referred to as microhabitat structure) was estimated as a proportion of the area (1 m²) around each survey point. Large woody debris (LWD) is defined as material > 20 cm maximum stem diameter and small woody debris (SWD) is material < 20 cm maximum stem diameter. The abundance of submerged microhabitat structures was also estimated

separately within one metre of the edge along both stream banks, as these microhabitat components are often concentrated along the stream margins.

Substrate (i.e., boulders), water depth and turbulence were not directly measured as cover elements, but their presence was noted. Stream gradient was measured using a line, line-level and measuring tape.

Figure 1 Description of the spatial scale at which the individual hydraulic units (HU) within each site were defined for instream habitat surveys, and random sampling points within each hydraulic unit for measurement of instream habitat features as *per* Kennard *et al.* 1998



2.2.2 Intermediate Habitat Integrity Assessment (IHIA)

The Intermediate Habitat Integrity Assessment (IHIA) protocol, as described by Kemper (1999), a simplified procedure, based on the Habitat Integrity approach developed by Kleynhans (1996) with some modifications, was used during this study. The IHIA is conducted as a first-level exercise. The procedure used was as follows:

- The Habitat Integrity of each site was scored according to 12 different criteria (Table 1) which represent the most important, and easily quantifiable, anthropogenically induced impacts on the system. The instream and riparian zones were analyzed separately, and the final assessment was made separately for each, in accordance with Kleynhans' (1999) approach. Data for the riparian zone is however primarily interpreted in terms of the potential impact on the instream component.

Table 1 Criteria Used to Assess Habitat Integrity (Kleynhans 1996)

Criterion	Relevance
water abstraction	direct impact on habitat type, abundance and size; also impacted in flow, bed, and channel and water quality characteristics; riparian vegetation may be influenced by a decrease in the supply of water
flow modification	consequence of abstraction or regulation by impoundments; changes in the temporal and spatial characteristics of flow can have an impact on habitat attributes such as an increase in the duration of low flow season, resulting in low availability of certain habitat types or water at the start of the breeding season, flowering or growing season
bed modification	regarded as the result of increased input of sediment from the catchment or a decrease in the ability of the river to transport; indirect indications of sedimentation are stream bank and catchment erosion; purposeful alteration of the streambed, e.g., the removal of rapids for navigation is also included
channel modification	may be the result of a change in flow, which may alter channel characteristics causing a change in marginal instream and riparian habitat; purposeful channel modification to improve drainage is also included
water quality modification	originates from point and diffuse point sources; measured directly or agricultural activities, human settlements and industrial activities may indicate the likelihood of modification; aggravated by a decrease in the volume of water during low or no flow conditions
inundation	destruction of riffle, rapid and riparian zone habitat; obstruction to the movement of aquatic fauna and influences water quality and the movements of sediments
exotic macrophytes	alteration of habitat, by obstruction of flows, may influence water quality; dependant upon the species involved and scale of infestation
exotic aquatic fauna	the disturbance of the stream bottom during feeding may influence the water quality and increase turbidity; dependant upon the species involved and their abundance
solid waste disposal	a direct anthropogenic impact that may alter habitat structurally; also a general indication of the misuse and mismanagement of the river
indigenous vegetation removal	impairment of the buffer the vegetation forms to the movement of sediment and other catchment runoff products into the river; refers to physical removal for farming, firewood and overgrazing
exotic vegetation encroachment	excludes natural vegetation due to vigorous growth, causing bank instability and decreasing the buffering function of the riparian zone; allochthonous organic matter input will also be changed; riparian zone habitat diversity will be reduced
bank erosion	decrease in the bank stability will cause sedimentation and possible collapse of the riverbank resulting in a loss or modification of both instream and riparian habitats; increased erosion can be the result of natural vegetation removal, overgrazing or exotic vegetation removal

- The assessment of the severity of modifications is based on six descriptive scoring categories (Table 2) with ratings ranging from 0 (no impact), 1 to 5 (small impact), 6 to 10 (moderate impact), 11 to 15 (large impact), 16 to 20 (serious impact) and 21 to 25 (critical impact), in accordance with the level of the impact created by the criterion.
- Analysis of the data was carried out by weighting each of the criteria (Table 3).
- Based on the relative weights of the criteria, the impact of each criterion was estimated as follows:
 - Rating for the criterion/maximum value (25) x weight (percent)

Table 2 Summary of Scoring for Impact Criteria (Kleynhans 1996)

Criteria Score		
Description	Score	Impact Category
no discernible impact, or the factor is located in such a way that it has no discernable impact on habitat quality diversity, size and variability	0	none
the modification is limited to few localities and the impact on habitat quality, diversity, variability and size is very small	1-5	small
the modification is present at a small number of localities and the impact on habitat quality, diversity, variability and size is also limited	6-10	moderate
the modification is generally present with a clear detrimental impact on habitat quality, diversity, large areas are however not influenced	11-15	large
the modification is frequently present and the habitat quality, diversity; variability of almost the whole section is affected; only small areas are not affected	16-20	serious
the modification is present overall with a high intensity, the habitat quality, diversity, variability in almost the whole of the defined section are detrimentally influenced	21-25	critical

Table 3 Criteria and Weights Used to Assess Intermediate Habitat Integrity (from Kleynhans 1996)

Instream Criteria	Weight	Riparian Zone Criteria	Weight
water abstraction	14	indigenous vegetation removal	13
flow modification	13	exotic vegetation encroachment	12
bed modification	13	bank erosion	14
channel modification	13	channel modification	12
water quality	14	water abstraction	13
inundation	10	inundation	11
exotic macrophytes	9	flow modification	12
exotic fauna	8	water quality	13
solid waste disposal	6		
total	100	total	100

- The instream and riparian zone Habitat Integrity for each site was then calculated by adding the weighted scores of the appropriate criteria separately for each of the two zones and subtracting the resulting values from 100 to obtain provisional Habitat Integrity scores (expressed as percentages) for instream and riparian habitats.
- In cases where riparian zone criteria and the water abstraction, flow, bed and channel modification, water quality and inundation criteria of the instream component exceeded ratings of large, serious or critical, an

additional negative weighting of 33, 67 or 100%, respectively, was applied. The aim of this is to accommodate the possible cumulative negative effects of such impacts (Kemper 1999). The negative weights were added for the instream and riparian facets separately and the total additional negative weight subtracted from the provisional intermediate integrity to arrive at a final intermediate habitat integrity estimate (Kemper 1999).

- The eventual total scores for the instream and riparian zone components were then used to place the habitat integrity of both in a specific intermediate habitat impact (integrity) class/category (Table 4).
- By calculating the mean of the instream and riparian Habitat Integrity scores, a Final Habitat Integrity score was obtained for each site.

Impacts were weighted using a weight matrix and evaluated as a deviation from a potential unimpacted condition to enable a qualitative assessment of the integrity of the site. Sites were classed from no discernible impact (0) to critical impact (25) (Table 2; Kleynhans 1996).

Table 4 Classification of Site Impact Classes (Kleynhans 1996)

Score (% of Total)	Class	Description
90-100	A	unmodified, natural
80-90	B	largely natural with few modifications; a small change in natural habitats and biota may have taken place but the basic ecosystem functions are essentially unchanged
60-79	C	moderately modified; a loss and change of natural habitat and biota has occurred, but the basic ecosystem functions are still predominantly unchanged
40-59	D	largely modified; a large loss of natural habitat, biota and basic ecosystem function has occurred
20-39	E	extensively modified; the loss of natural habitat, biota and basic ecosystem functions is extensive
0-19	F	modifications have reached a critical level and the lotic system has been modified completely with an almost complete loss of natural habitat and biota; in the worst instances, basic ecosystem functions have been destroyed and the changes are irreversible

The weighted score for each criterion was calculated by means of the following equation (Kleynhans 1999):

$$WS = (SR) \times (25)/CW$$

Where:

WS = Weighted Score

SR = Severity Rating = Impact Score given in the field

25 = Maximum possible severity rating

CW = Criteria Weight Percentage

The score was then categorized into impact classes according to Table 4.

2.3 AQUATIC MACROINVERTEBRATES

Sampling of the aquatic macroinvertebrates followed both a quantitative and a qualitative approach. The quantitative data was collected for community analysis in the baseline study; qualitative data was collected as a standard for use in future rapid bioassessments or monitoring and the data was not included in the baseline study reported here.

The quantitative approach followed the Field Sampling Procedures for Multihabitat (USEPA 1998). The protocol comprised three samples representative of the dominant hydraulic units present at the sample site. Each of the quantitative samples comprised three 0.5 m² sample areas. The collecting method relies on churning up the substrate with the feet and sweeping a finely meshed net, with a mesh size of 1,000 micron mounted on a 300 mm square frame, over the churned up area several times. In stony, bottom-flowing water biotopes (rapids, riffles, runs, etc.) the net was rested on the bottom and the area immediately upstream disturbed by kicking the stones over and against each other to dislodge benthic invertebrates. The net was also swept under the edge of marginal and aquatic vegetation. All macroinvertebrates collected were removed and preserved in 90% ethanol for laboratory identification. For data analysis, the results from each of the three quantitative macroinvertebrate samples were pooled and the combined results interpreted accordingly.

The qualitative samples were collected using the protocol of the qualitative kick sampling method called SASS5 (South African Scoring System version 5) (Dickens and Graham 2002). The SASS5 index was designed to give an indication of the quality of the aquatic environment through recording the presence of various macroinvertebrate taxa at each site. For the qualitative sample, representative examples of all the macroinvertebrate taxa collected were preserved in 90% ethanol for laboratory identification.

All collected macroinvertebrate samples were deposited with the Biology Department of the University of Antananarivo and the preliminary identification was done by students of the Biology Department. Due to the paucity of information on Madagascar's aquatic macroinvertebrates, most of the specimens were only identified to family or genus level.

2.4 ICHTHYOFAUNA (FISH)

Fish communities were sampled using electrofishing, seine netting, gill netting, cast nets and baited hooks. Nearly all methods designed to collect fish are selective for some component of the fish community and vary in their sampling efficiency (USGS, 2004). Therefore, using a combination of methods takes advantage of differences in selectivity and efficiency to achieve a more precise representation of the fish community. Different sampling techniques are also suited to different habitat types. Voucher specimens of all collected species were collected and preserved in 10% neutrally buffered formalin for laboratory identification.

- Single-pass electrofishing was the primary method of fish collection. A BELRA Electric Fish Catcher was used for the mine area, tailings area and certain pipeline sites (R2+000, R9+250, 042+300, 051+800, 062+100). This electrofisher was used in conjunction with a shore-mounted, high-output, 2.2 kW gas-powered Honda generator, a trailing cathode and a large diameter (30 cm) anode. Amperage output varied during sampling from 0.2 to 0.8 Amperes, at a pulse rate of 50 Hz DC. For the remainder of the pipeline sites a Smith-Root Model 1.5-KVA Electrofisher was used in conjunction with a shore-mounted high-output 2.2 kW gas-powered Honda generator, a 1 m² mesh ground screen cathode and large-diameter (30 cm) anode.
- Before electrofishing each site was block-netted with a 9 mm stretched-mesh seine net to prevent the movement of fish into or out of the sample area. The hydraulic unit was then electrofished using a single pass with the operator moving in a zig-zag fashion through the site until the entire site had been electrofished once. Collected fish were kept alive in buckets until identification and measurements were completed; samples not retained as voucher specimens were released back into the watercourse at the point of capture.
- Although electrofishing is viewed as the most effective single method for sampling fish communities in wadeable streams or rivers, it can be size selective with large fish being more susceptible to capture than smaller fish (USGS, 2004). Furthermore, electrofishing effectiveness is limited by water conductivity. Low-conductivity water, as is typically present in Madagascar's streams and rivers, is highly resistant to the flow of electrical current; under such conditions the electrical field is

limited to the area immediately around the electrode. Despite the naturally low electrical conductivity of the water at most of the sites, the electrofishing device was the main sampling device used, this was possible by maximizing the efficiency of the unit by increasing the size of the electrofisher anode and using a transformer to increase the voltage output of the unit.

- Seine nets are active fishing gear used to trap fish by enclosing or encircling them. It has a lead-weighted bottom line and a float line at the top. As the seine is pulled through the water, fish are herded towards the centre of the net and into a bag. Unlike electrofishing, seining is an effective method for collecting small-size fish, however seining effectiveness is limited in areas with submerged snags (USGS, 2004). A 10 x 2 m 9 mm stretched-mesh anchovy twine seine net was used at sites TMT001, TMT003, TMT005, TMT006, QESF125, E3 011+950, 107+200, 136+200, 145+700. Fish collected by means of seine netting were combined with the fish collected during electrofishing and the results interpreted together.
- Gill netting is the capture of fish by entanglement in a fabric mesh that is not actively moved by man or machine (USGS, 2004). The net is usually set in the early morning and left in the water for the day or otherwise it may be set in the late afternoon and left in the water overnight. This method is ideally suited for deeper water bodies where electrofishing becomes impractical. The 100 m long gill net consists of a fleet of 10 panels ranging in size from 22 mm to 150 mm stretched mesh sizes. Gill netting can be used for different species and size classes. Gill netting was used at sites QESF125, TMT001, TMT003, TMT005, TMT006, E3 011+950, 107+200, 136+200, 145+700. Fish collected by means of gillnetting were combined with those collected during electrofishing and seine netting.
- Cast nets (throw nets) are traditional nets, somewhat like a small seine, thrown from shore or a boat and encircle the fish in the water column below it. These nets were used primarily to collect food fish for the tissue contaminant analysis.
- Baited hooks / line were also employed to collect food fish for the tissue analysis.

Preliminary identification of fish collected was carried out by Tsilavina Ravelomana at the Biology Department of the University of Antananarivo.

2.5 PERIPHYTON

Periphyton refers to microbiota (mixture of algae, fungi and bacteria) that live attached to solid surfaces in aquatic systems (Lock et al. 1984). Because they usually constitute a large portion of periphyton, algae are typically the organisms studied (Lock et al. 1984). Samples for algal community composition were collected during the low flow survey.

Five replicate samples, each made up of three to five randomly selected stones, were collected from near shore areas at each site. Periphyton was scraped from a 4 cm² area (delimited by a ring) on the upper surface of each stone. Samples were obtained from the upper surfaces in order to minimize biases that result from spatial differences in water velocity and invertebrate grazing, which are usually more pronounced along edges and bottom surfaces than the upper surface. The 4 cm² area was scrubbed for ~30 seconds with a toothbrush and the slurry removed with a small pipette. Samples were preserved in alcohol buffered with iodine. Samples were deposited with the Biology Department, University of Antananarivo. These samples were collected as a standard for use in future bioassessments or monitoring and data has not been reported in this baseline.

2.6 STATISTICAL ANALYSES

The PRIMER statistical package (Version 5) was used to analyze data (Plymouth Marine Laboratories 1994).

2.6.1 Community Analyses

Multivariate procedures were used for data analysis because most of the data collected were community based and therefore classical univariate assumptions would not have been valid. Non-parametric multivariate analysis of community data, based on among-sample similarity matrices, draws inferences only from sample ranks. These methods consequently lack model assumptions and therefore have a general validity of application. In contrast to univariate analyses (ANOVA, regression), multivariate procedures consider each taxon to be a variable and the presence/absence of each taxon to be an attribute of a site or time. Subtle changes in community composition across sites, which are generally masked when the characteristics of a site are combined into a single index value, are more likely to be detected by multivariate techniques than univariate techniques. Spatial and temporal trends in community composition can therefore be displayed by using multivariate methods of data analysis (Clarke & Warwick 1994).

Due to the qualitative collection methods used to collect the fish, the data was single root transformed before analysis. The quantitative macroinvertebrate sample data was single root transformed, due to the semi-quantitative methods employed by the Field Sampling Procedures for Multihabitat (USEPA, 1998). The Bray-Curtis coefficient, which is regarded as one of the most reliable similarity coefficients, particularly in ecological work (Clarke & Warwick 1994) was applied to the community data. A major advantage of this coefficient above most other similarity coefficients is the fact that joint absences have no effect on it (Cyrus et al. 2000).

As recommended by Ludwig & Reynolds (1988), univariate diversity indices (UDI) were used to analyze community-based data between sampling sites. The indices used were Margalef's measure of Richness (Margalef 1961), which looks at the number of species recorded, Shannon-Wiener's Index of Diversity (Shannon and Weaver 1963), which looks at abundance and gives the probability that two individuals drawn from the same population belong to the same species; if the probability is high the diversity of the community sample is low (Ludwig & Reynolds 1988). Pielou's Evenness Index (Pielou 1986) indicates the evenness at which individuals are distributed over the species in a sample (Cyrus et al. 2000). The indices (UDI) used were:

- Richness Index;

Margalef's (1961) Index: $DMg = (S-1)/\ln N$

Where S= number of species recorded, and N = total number of individuals summed over all S species

- Diversity Index

Shannon-Wiener's Index – based on theory of Shannon and Weaver (1963)

$$S^* \\ H' = -\sum_{i=1} p_i \ln p_i$$

Where p_i = proportion of individuals found in the i th species (N_i/N). Shannon-Wiener's diversity index incorporates both the species richness and evenness components and is the most widely used diversity measure (Clarke & Warwick 1994).

- Evenness Index

Pielou's (1986) Index: $J' = H'/\ln(S) = \ln(N1)/\ln(N0)$

Where H' is Shannon-Wiener's diversity index and S =number of species. $N1$ and $N2$, correspond to Hill's family of diversity numbers. The use of $N1$ and $N2$ are more interpretable than other diversity indices and are in units of species numbers (Ludwig & Reynolds 1988). This index shows the evenness at which individuals are distributed over the species in a sample (Kastoro et al. 1989).

2.6.2 Displaying Community Patterns Through Cluster Analysis and Ordination

Hierarchical clustering and non-metric multidimensional scaling, both starting from a triangular matrix of similarity/dissimilarity coefficients computed between each pair of samples (CLUSTER and NMDS, PRIMER V.5) were conducted on the community data to investigate temporal and spatial patterns in community structure.

Cluster analysis represents community data as a dendrogram, with the x-axis representing the full set of samples and the y-axis defining the level at which two samples or groups are fused. According to Clarke & Warwick (1994) hierarchical clustering with group average linking has proved a useful technique in a number of studies and it was therefore applied to the current data set.

Clarke & Warwick (1994) advocate non-metric multi-dimensional scaling (NMDS) as one of the best ordination techniques available for community data chiefly because of its superior ability to preserve complex among sample relationships accurately in a low-dimension space as well as its conceptual clarity. Non-metric MDS makes few assumptions about the nature and quality of the data and relies only on the ranks of similarities between samples. This renders it the most widely applicable and effective method available.

The purpose of an NMDS is to construct a map or configuration of the samples, usually in two dimensions, in which the rank order of the distances between samples attempt to match the rank order of the corresponding similarities/dissimilarities taken from the triangular data matrix. It is important, when interpreting an NMDS, to assess how well it succeeds in providing a reliable representation of among sample relationships and modify interpretation accordingly. The simplest indicator of this success is the stress which can be defined as a measure of the difficulty involved in compressing the sample relationships into two dimensions. The stress value reflects the extent to which

the similarity rankings and the corresponding distance rankings in the ordination plot agree/disagree (Table 5). If the stress is low (< 0.1) one can be confident that the two-dimensional plot is an accurate representation of the overall sample pattern. The resulting NMDS configuration then provides a clear representation of sample relationship, which can be visually interpreted to determine, for any two samples, the difference in species composition (Clarke & Warwick 1994).

Table 5 Stress Values Used to Determine the Accuracy of Two-Dimensional NMDS⁽¹⁾ Algorithm (Adapted from Clarke & Warwick 1994)

Stress	Type of Representation
< 0.05	gives an excellent representation with no misinterpretation
< 0.10	good ordination with no real prospect of misleading interpretation
< 0.20	potentially useful two-dimensional picture (reliance should not be placed on values at the upper end of the range)
> 0.30	points are close to the arbitrarily placed in a two-dimensional ordination

⁽¹⁾ Non-metric multidimensional scaling.

According to Clarke and Warwick (1994) a pre-requisite for interpreting community differences between sites should be a demonstration that there are statistically significant differences to interpret. Analysis of Similarity (ANOSIM), a simple non-parametric permutation procedure, was used to create a summary statistic from the similarity matrix containing the community data.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 MINE SITE

3.1.1 In-situ Water Quality

The pH values in the sample area were in the normal to slightly acidic range, especially at sites QESF101 (pH 5.3) and EPH3 (pH 5.8) (Table 6). The mine area is located within a forest zone which is of low quality due to the poor nutritional characteristics of laterite soils (Volume I, Appendix 3.1). Low-pH waters occur naturally in cases where low-nutrient soils encourage the growth of vegetation types that produce large amounts of secondary plant compounds, particularly polyphenolics, that decompose to form humic and other weak organic acids (Dallas & Day 2004). Background pH values, in addition to daily and seasonal variability need to be established if deviation from natural pH values for a particular water body at a particular time is to be assessed (DWAF, 1996).

Table 6 Water Quality Parameters Measured In-Situ in the Mine Area During High and Low Flow Surveys

Site	pH		TDS (ppm)		Temp (°C)	
	High flow	Low flow	High flow	Low flow	High flow	Low flow
QESF101	5.7	5.3	**	**	22	19.5
QESF103	6.4	6.6	**	**	18	17.5
QESF104	-	6.7	-	**	-	19
QESF105	7.1	7	65	65	19.5	18
QESF106	7	7	65	65	16.5	17.5
QESF107	6.6	6.9	**	**	18	19
QESF108	6.2	6.5	65	65	21	19
QESF109	6.9	7.1	40	**	18	18
QESF110	7.3	7	65	65	22	18
QESF111	7.1	7.2	**	**	20	18
QESF112	6	6.2	**	**	28.5	27
QESF115	-	-	-	-	-	-
QESF117	7	7.3	65	65	24	18.5
QESF123	-	7.1	-	**	-	17.5
QESF124	7	7.1	**	**	25	18.5
QESF125	-	6.9	-	**	-	22.5
EPH1	5.7	-	**	-	22	-
EPH2	6.3	-	**	-	21	-
EPH3	5.8	-	**	-	23	-

** Below instrument detection limits.

- = No sampling conducted.

The TDS concentrations recorded from sites in the sample area were low during both surveys (< 65 ppm; Table 6).

Water temperatures in the sample area were moderate and ranged from 16.5°C, measured at site QESF106 during the high flow season, to 28.5°C measured at site QESF112 during the high flow season (Table 6).

3.1.2 Habitat Assessment

Results of the instream habitat survey and the IHIA are presented by site. An overall summary of IHIA and associated impact classes are provided in Table 7.

Table 7 Final Habitat Integrity Scores and Integrity Classes for the Mine Site

Site	Final Habitat Integrity Scores		Final Habitat Integrity Classes ⁽¹⁾	
	Low Flow	High Flow	Low Flow	High Flow
QESF101	45.56	46.56	D	D
QESF103	43.35	45.00	D	D
QESF104	90.94	-	A	-
QESF105	96.82	96.50	A	A
QESF106	82.15	85.14	B	B
QESF107	0.00	0.00	F	F
QESF108	30.41	51.04	E	D
QESF109	100.00	97.50	A	A
QESF110	100.00	98.80	A	A
QESF111	0.00	4.78	F	F
QESF112	60.58	65.00	C	C
QESF115	43.05	-	D	-
QESF117	92.06	97.50	A	A
QESF123	99.22	-	A	-
QESF124	25.00	24.15	E	E
QESF125	0.00	0.00	F	F
EPH2	-	100.00	-	A
EPH3	-	100.00	-	A

⁽¹⁾ See Table 4 for description of ranking criteria.

- = No sampling conducted.

3.1.2.1 Site QESF101

Substrate at this site was composed primarily of mud and silt covered by a thick layer of soft organic material (Figure 2). Instream cover consisted primarily of leaf litter, with a mix of large woody debris (LWD), small woody debris (SWD), and emergent vegetation (Figure 2). Site QESF103 was characterized by deep (> 0.5 m), slow-flowing (mostly 0.01 to 0.1 m/s) habitats (Figure 2). Note that units used in all habitat characteristics figures are provided in the text, not in the figures.

The IHIA results indicated that site QESF101 was largely modified (IHIA Class D), with a large loss of natural habitat, biota, and ecosystem function (Table 7). The presence of exotic fauna, primarily *Xiphophorus maculatus* (Platy) and *Ctenopoma ansorgii* (Ornate Ctenopoma), bed modification due to logging, large amounts of eucalyptus debris in the stream, removal of indigenous vegetation, and exotic vegetation encroachment were the primary impacts affecting this site.

3.1.2.2 Site QESF103

The substrate was dominated by mud with small amounts of silt and gravel during both seasons (Figure 3). During the low flow season SWD and leaf litter dominated instream cover. In contrast, instream cover was more variable during high flow with LWD and leaf litter as the most common types (Figure 3). During the low flow season site QESF103 was characterized by shallow (mostly 0.21 to 0.3 m), slow-flowing habitats (mostly 0.01 to 0.1 m/s). Mean depth (0.41 to 0.5 m) and velocities (mostly 0.11 to 0.2 m/s) increased slightly during the high flow season (Figure 3)

Similar to site QESF101, IHIA results indicate that site QESF103 was largely modified (IHIA Class D), with a large loss of natural habitat, biota, and ecosystem function (Table 7). The presence of exotic fauna (primarily *Xiphophorus maculatus* and *Ctenopoma ansorgii*), the removal of indigenous vegetation, and the encroachment of exotic vegetation were the most important impacts affecting this site.

Figure 2 Habitat Characteristics of Site QESF101 During High and Low Flow Surveys

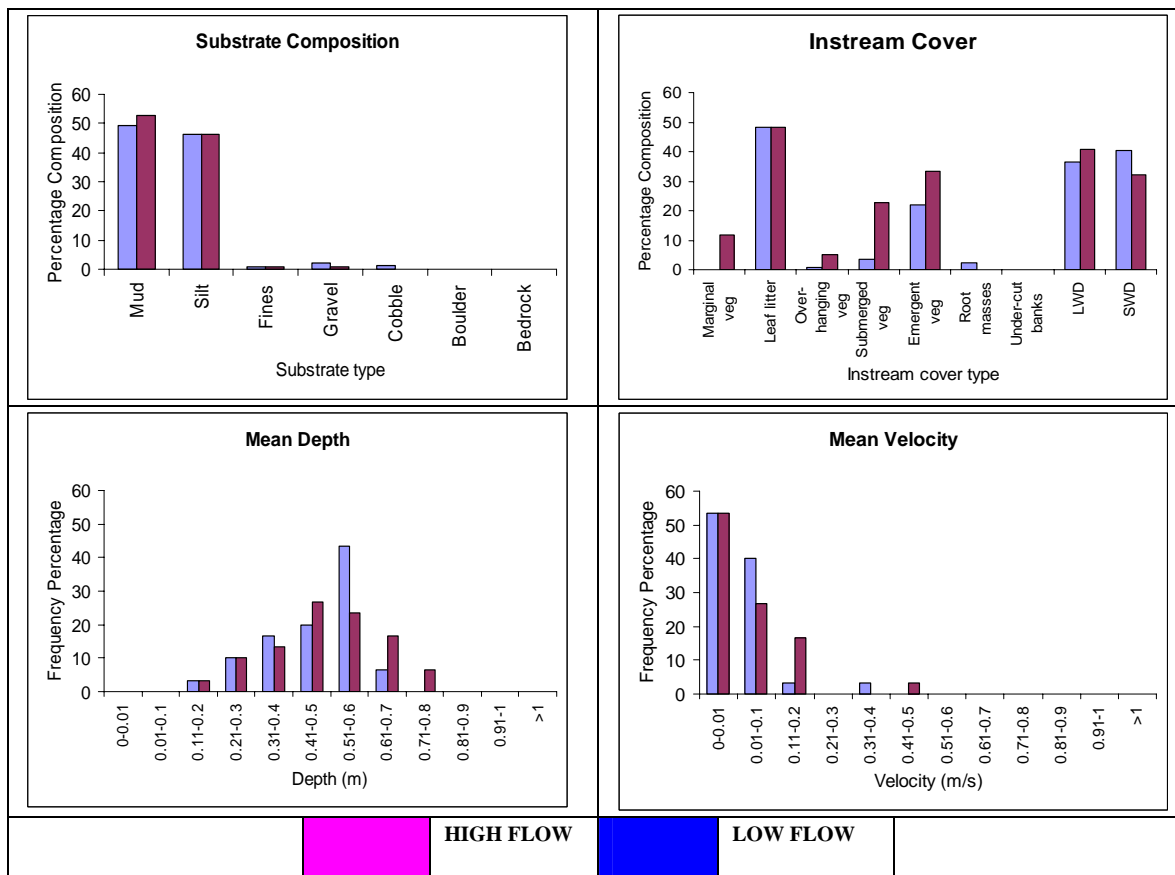
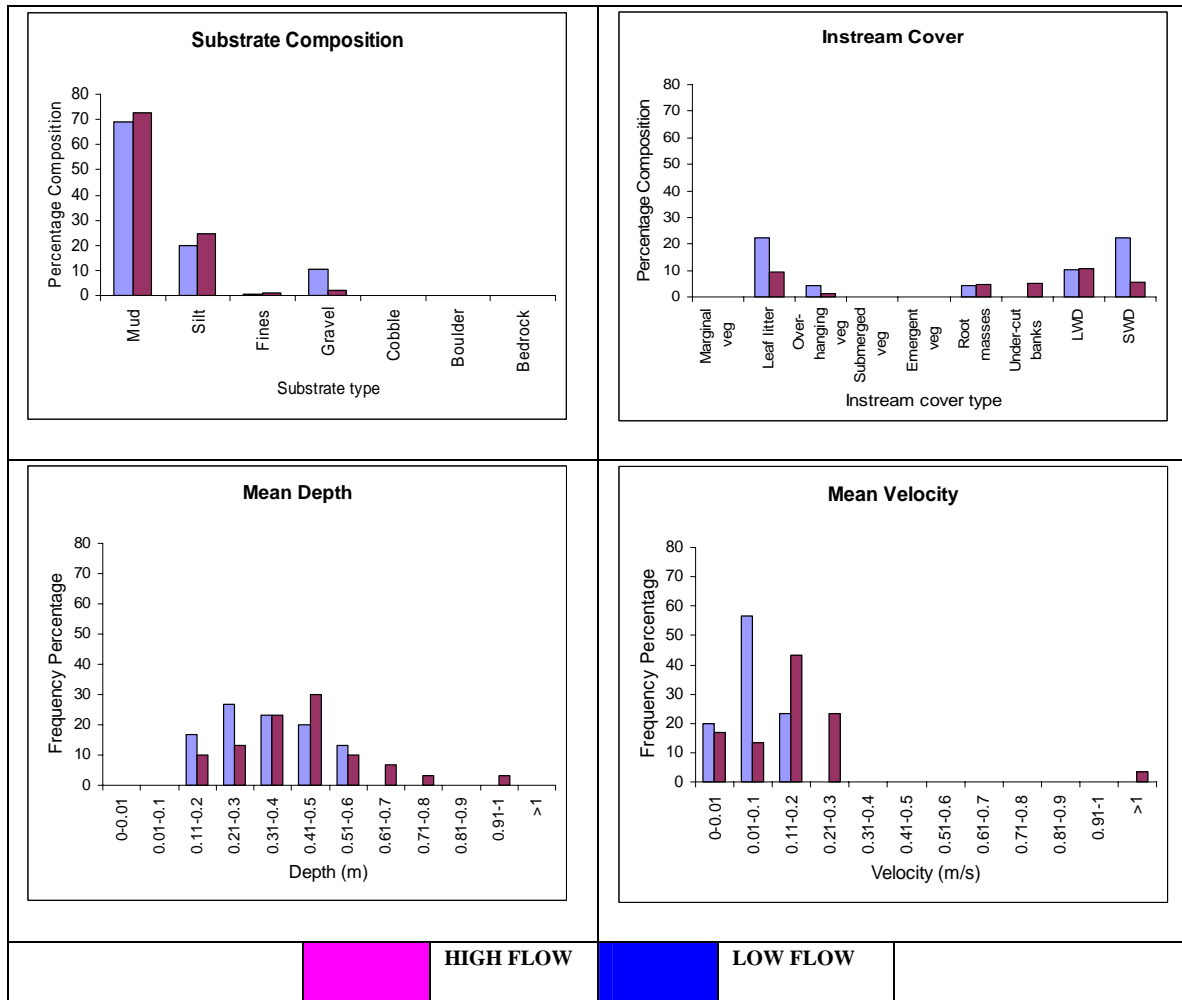


Figure 3 Habitat Characteristics of Site QESF103 During High and Low Flow Surveys



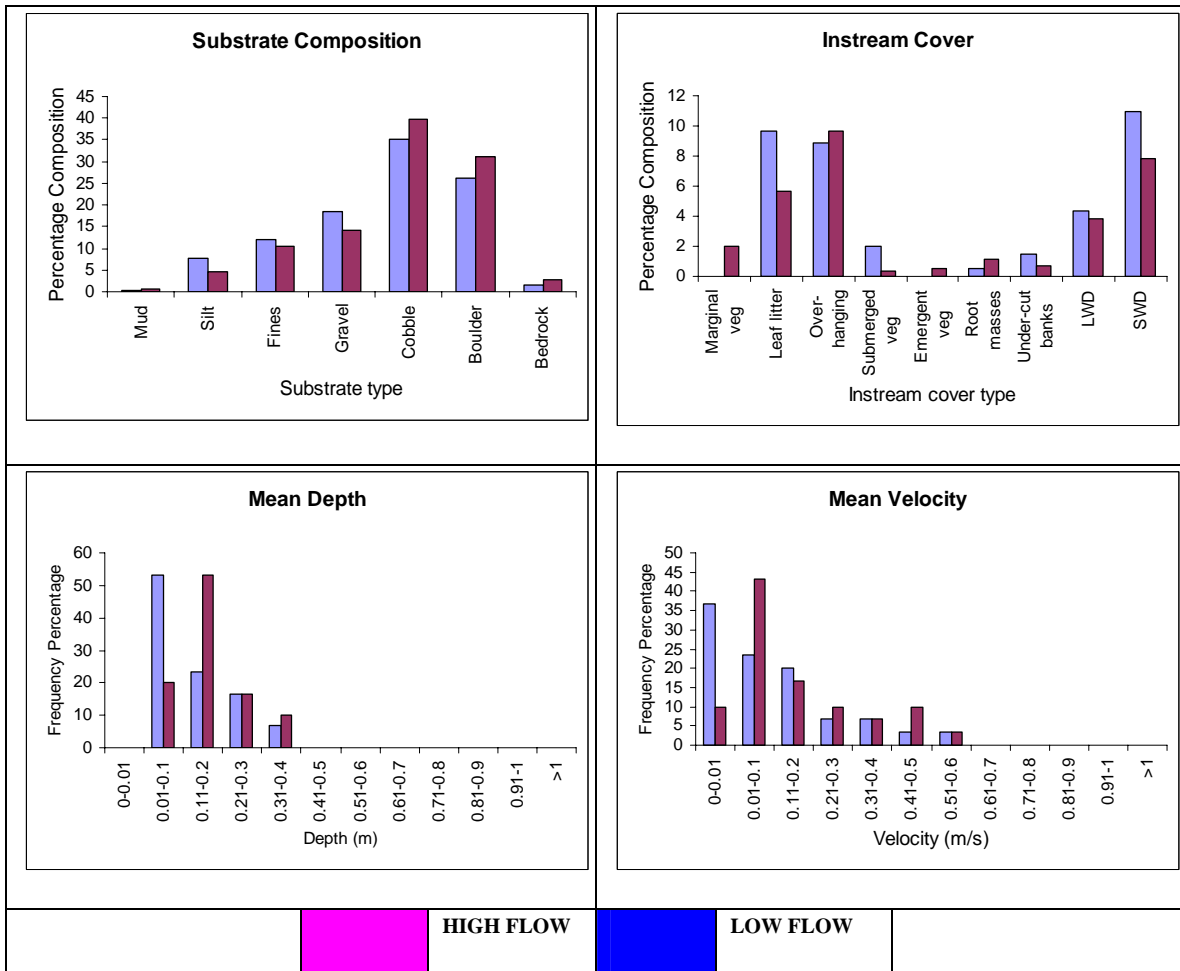
3.1.2.3 Site QESF104

This site was characterized by shallow (mostly 0.01 to 0.1 m), slow-flowing (mostly 0 to 0.01 m/s riffle and pool habitats during both high and low flow seasons (Figure 4). The substrate was composed primarily of cobble and boulders, with smaller proportions of gravel, fines and silt. Small woody debris, and to a lesser extent, LWD, leaf litter, and overhanging vegetation were the most abundant cover types (Figure 4).

The IHIA results indicated that site QESF104 was unmodified or natural (IHIA Class A), despite some deforestation of the surrounding catchment and the

presence of invasive exotic plants such as *Lantana camara* (Lantana) in the riparian zone (Table 7).

Figure 4 Habitat Characteristics of Site QESF104 During High and Low Flow Surveys

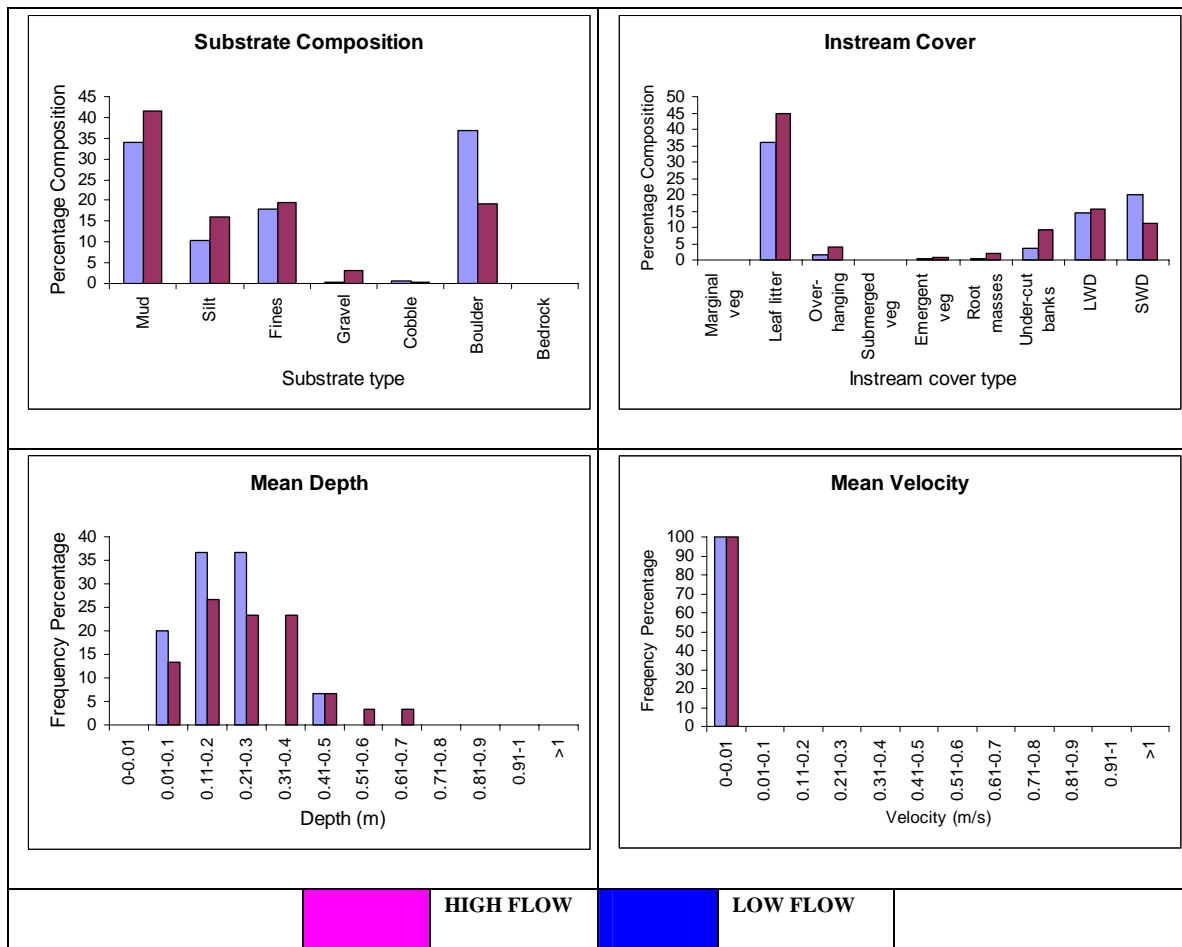


3.1.2.4 Site QESF105

Mud, boulders, and to a lesser extent, fines and silt, were the dominant substrate types at this site (Figure 5). Instream cover was predominantly leaf litter mixed with smaller amounts of LWD and SWD (Figure 5). Flow velocities were low (< 0.01m/s) during both high and low seasons (Figure 5). Although the site remained mostly shallow (0.11 to 0.2 m) during both seasons, some deeper areas (0.61 to 0.7 m) were recorded during the high flow survey (Figure 5).

Based on IHIA scores, site QESF105 was classified as unmodified or natural (IHIA Class A; Table 7), although some invasive exotic plants (*Lantana camara*, Lantana) were present in the riparian zone. Although some evidence of past logging was noted at this site, the impact on the stream appears to be minimal as the riparian zone and forest canopy remain intact.

Figure 5 Habitat Characteristics of Site QESF105 During High and Low Flow Surveys



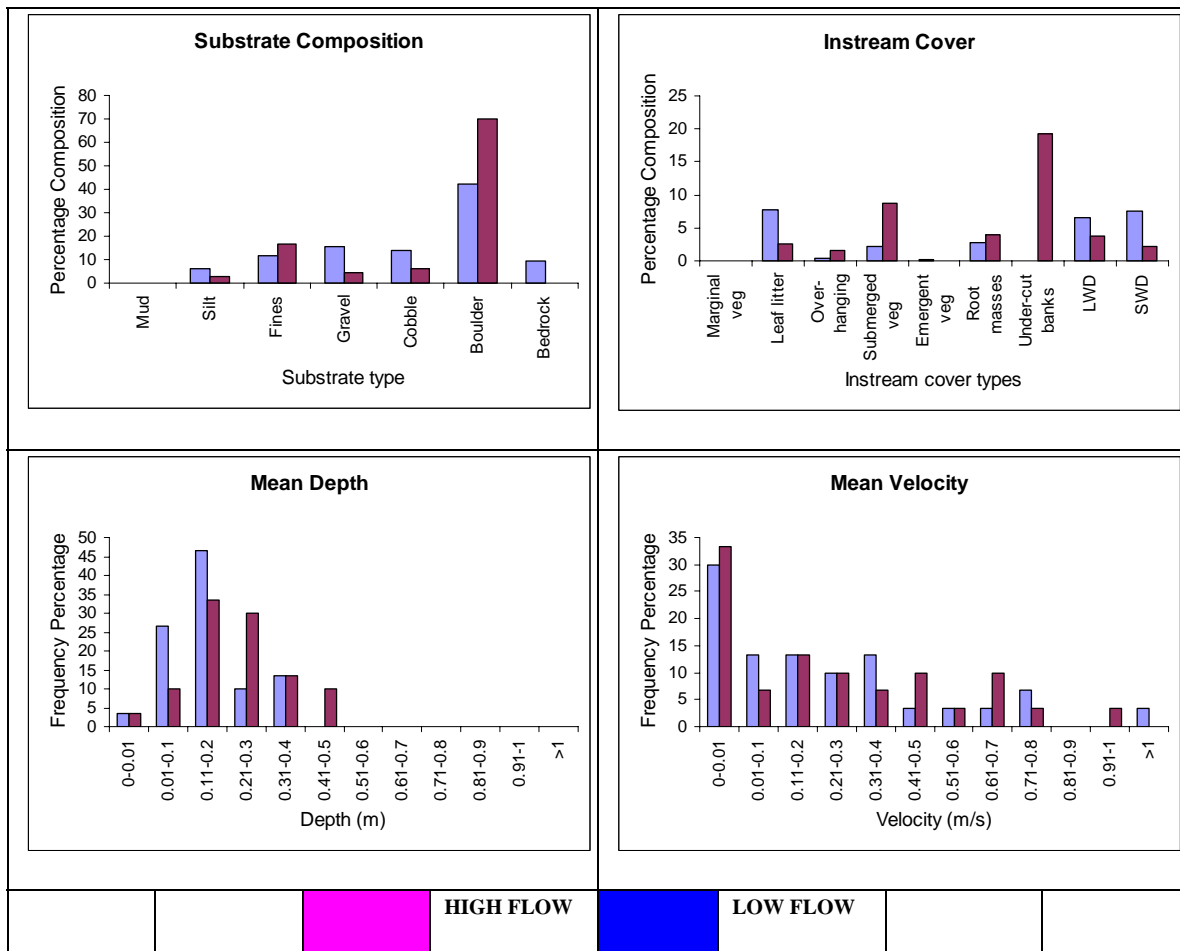
3.1.2.5 Site QESF106

The substrate was composed primarily of boulders, with smaller proportions of cobble, gravel, and fines (Figure 6). Undercut banks and submerged vegetation were the most abundant instream cover elements during the high flow, while leaf litter, SWD and LWD were more abundant during low flow. This site was mostly shallow (0.11 to 0.2 m) during low flow but slightly deeper areas were recorded during the high flow season (0.41 to 0.5 m). It was characterized by a

mixture of different flow conditions, ranging from slow-flowing (0 to 0.01 m/s) pool areas to fast-flowing (0.91 to 1.0 m/s) riffles areas (Figure 6).

Habitat integrity at Site QESF106 was classified as largely natural with few modifications (IHIA Class B; Table 7); small changes in natural habitats and biota may have occurred but the basic ecosystem functions are essentially unchanged. Deforestation of the lower part of the site and the encroachment of *Lantana camara* (Lantana) along the forest margin are the most important impacts affecting this site.

Figure 6 Habitat Characteristics of Site QESF106 During High and Low Flow Surveys

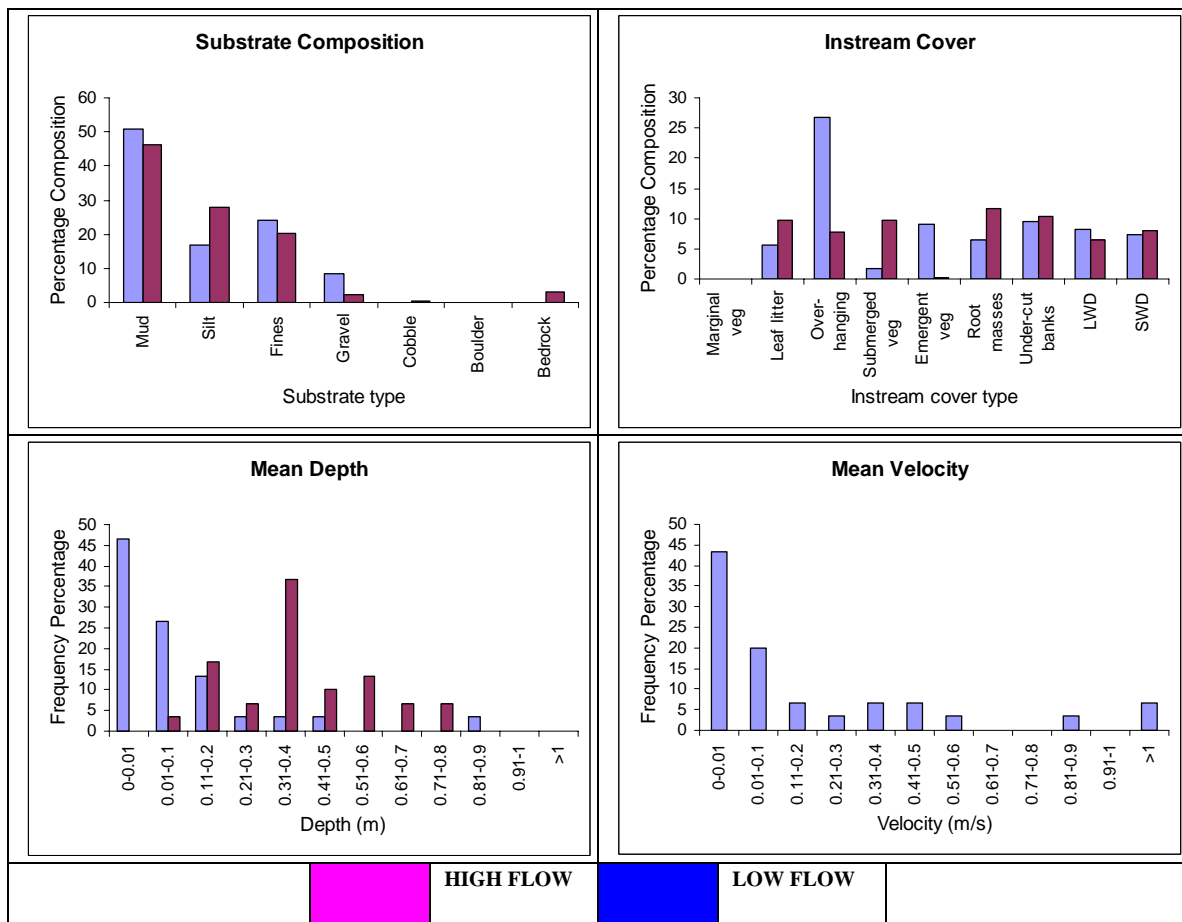


3.1.2.6 Site QESF107

The substrate was composed primarily of mud, silt and fines (Figure 7). Cover was variable and almost uniformly distributed among all categories, except during low flow when overhanging vegetation dominated; emergent vegetation was absent during the high flow survey. During the low flow, site QESF107 was characterized by shallow (mostly 0 to 0.01 m) slow-flowing (mostly 0 to 0.01 m/s) habitats; depth increased slightly (mostly 0.31 to 0.4 m) during high flow (Figure 7).

Habitat integrity was classified as critically modified at this site (IHIA Class F, Table 7). Bed and channel modifications and flow modification due to the conversion of the adjacent wetlands into a rice paddy has resulted in channel incision. Despite the relatively intact forest on the right bank, the degradation of the wetlands and disturbance of the forest margin have resulted in the invasive growth of exotic plants along the stream channel.

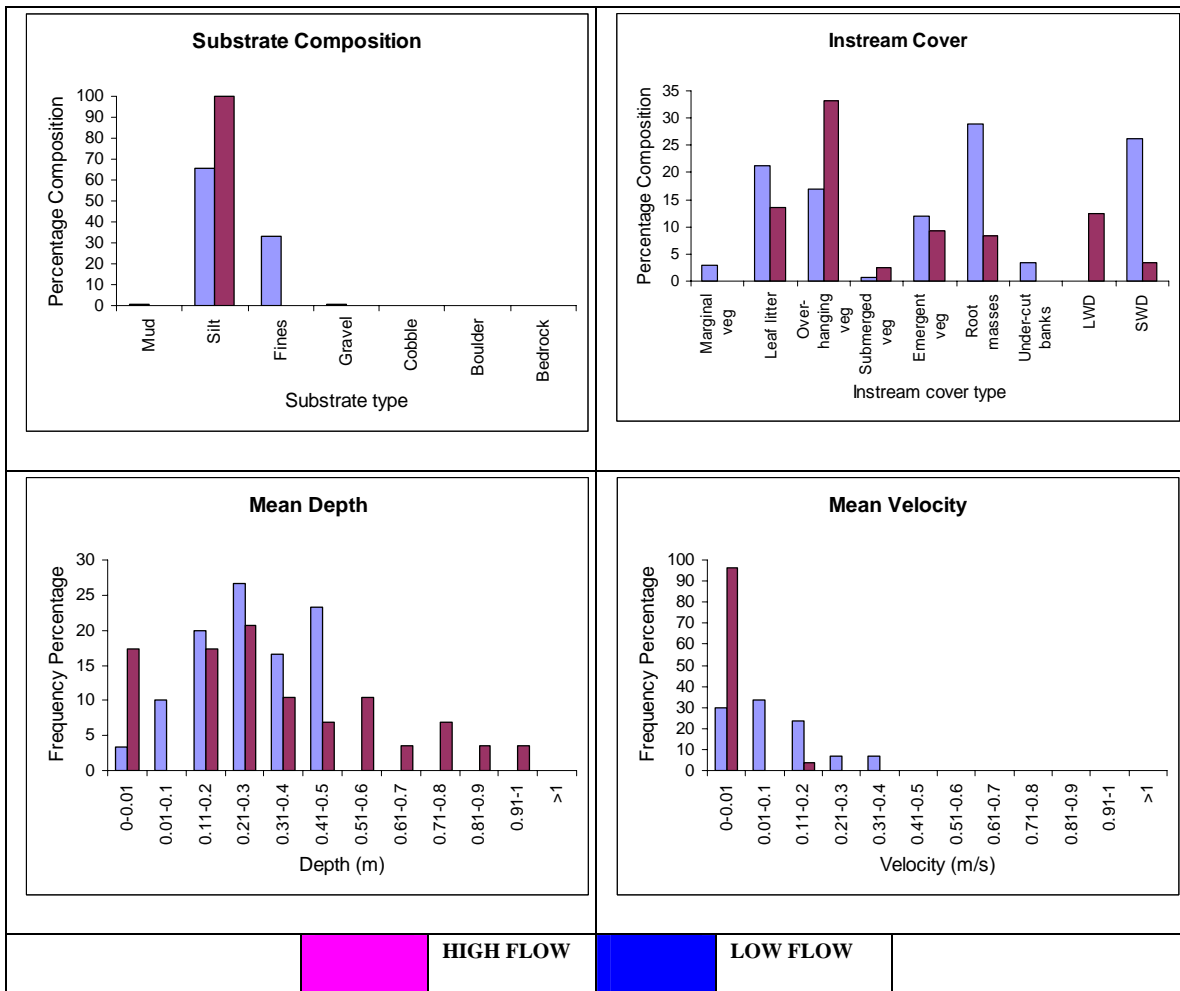
Figure 7 Habitat Characteristics of Site QESF107 During High and Low Flow Surveys



3.1.2.7 Site QESF108

During high flow, the substrate was composed almost entirely of a thick, soft layer of silt and organic matter; silt and fines dominated at low flow (Figure 8). Root masses, SWD and leaf litter were the most abundant instream cover elements during the low flow, whereas overhanging vegetation, leaf litter and LWD provided the majority of the instream cover during the high flow season (Figure 8). During both high and low flows, site QESF108 consisted primarily of slow-flowing (mostly 0 to 0.01 m/s), shallow (0.21 to 0.3 m) habitats (Figure 8).

Figure 8 Habitat Characteristics of Site QESF108 During High and Low flow Surveys



Habitat integrity at site QESF108 was classified as largely modified (IHIA Class D) during high flow and extensively modified (IHIA Class E) during low flow (Table 7). An extensive loss of natural biota and ecosystem function is

associated with these degrees of impact (Table 4). The site is situated on the margin of a wetland, with forest on the opposite bank. During the high flow survey approximately 80% of the wetlands had been converted to a rice paddy which had resulted in bed, channel and flow modifications. During the low flow survey damage to the wetlands and riparian vegetation had increased further, decreasing the habitat integrity of the site.

3.1.2.8 Site QESF109

During low flow the substrate was composed primarily of boulders, with smaller and almost equal proportions of fines, silt, gravel, cobble and bedrock (Figure 9). A noticeable increase in fines and substrate was evident during high flow. Undercut banks, SWD, LWD and overhung vegetation (high flow only) provided the majority of the instream cover at this site (Figure 9). Site QESF109 was characterized by slow-flowing (mostly 0 to 0.01 m/s), shallow (mostly 0.11 to 0.2 m) habitats (Figure 9).

Based on IHIA scores, site QESF109 was classified as unmodified or natural (IHIA Class A; Table 7). The site is located in primary forest and despite evidence of selective logging the riparian zone and canopy remain intact.

3.1.2.9 Site QESF110

The substrate was composed predominantly of gravel, cobbles and fines (Figure 10). Instream cover was provided primarily by LWD, SWD, leaf litter and overhanging vegetation. Flow rates were generally low during both seasons (< 0.3 m/s) but some faster flows (> 0.61 m/s) were measured in the riffles (Figure 10). Similarly, depths were generally shallow (< 0.2 m) but some deep pools were recorded during both low (0.51 to 0.6 m) and high (0.71 to 0.8 m) flow season (Figure 10).

Habitat integrity at site QESF110 was classified as unmodified or natural (IHIA Class A; Table 7). The site is located in primary forest and despite evidence of selective logging, the riparian zone and canopy remain intact.

Figure 9 Habitat Characteristics of Site QESF109 During High and Low Flow Surveys

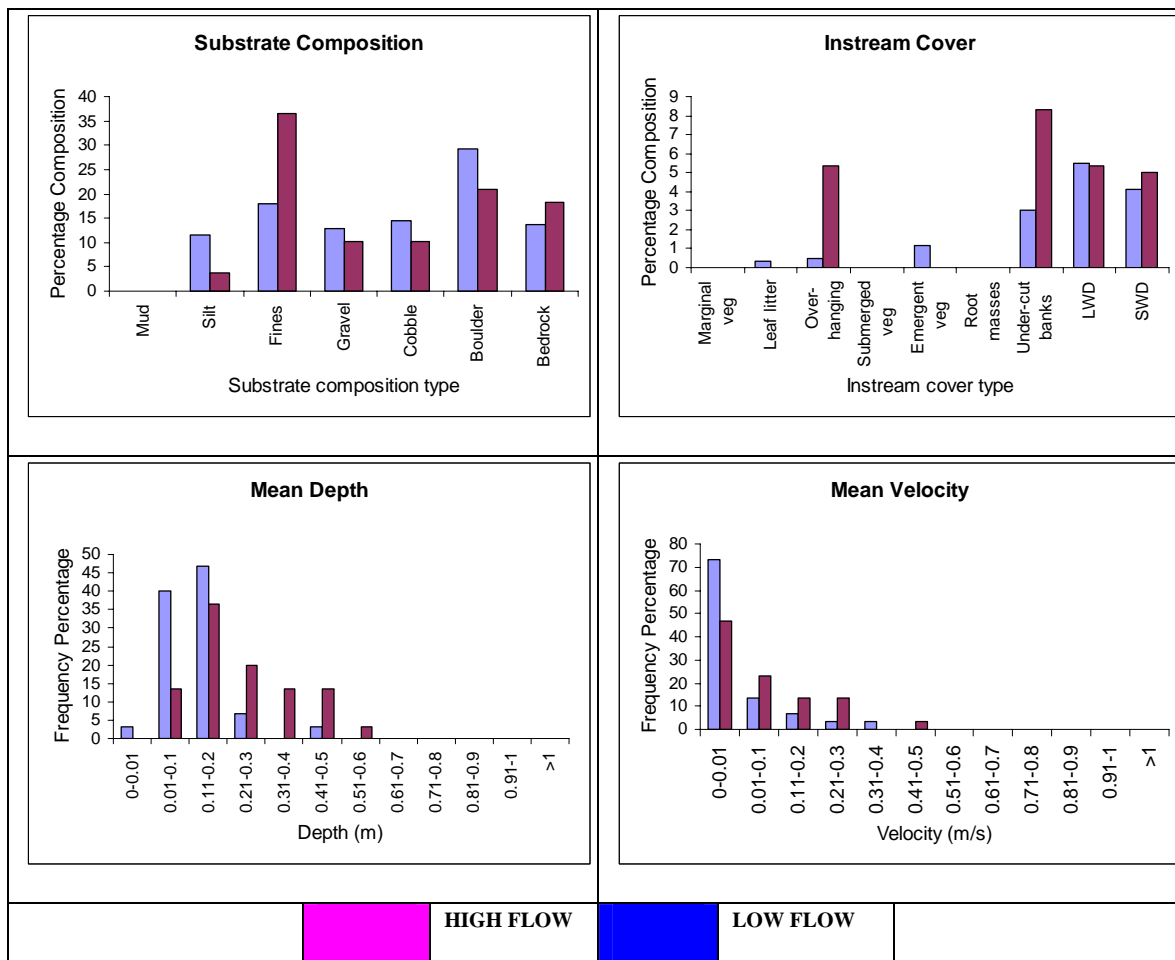
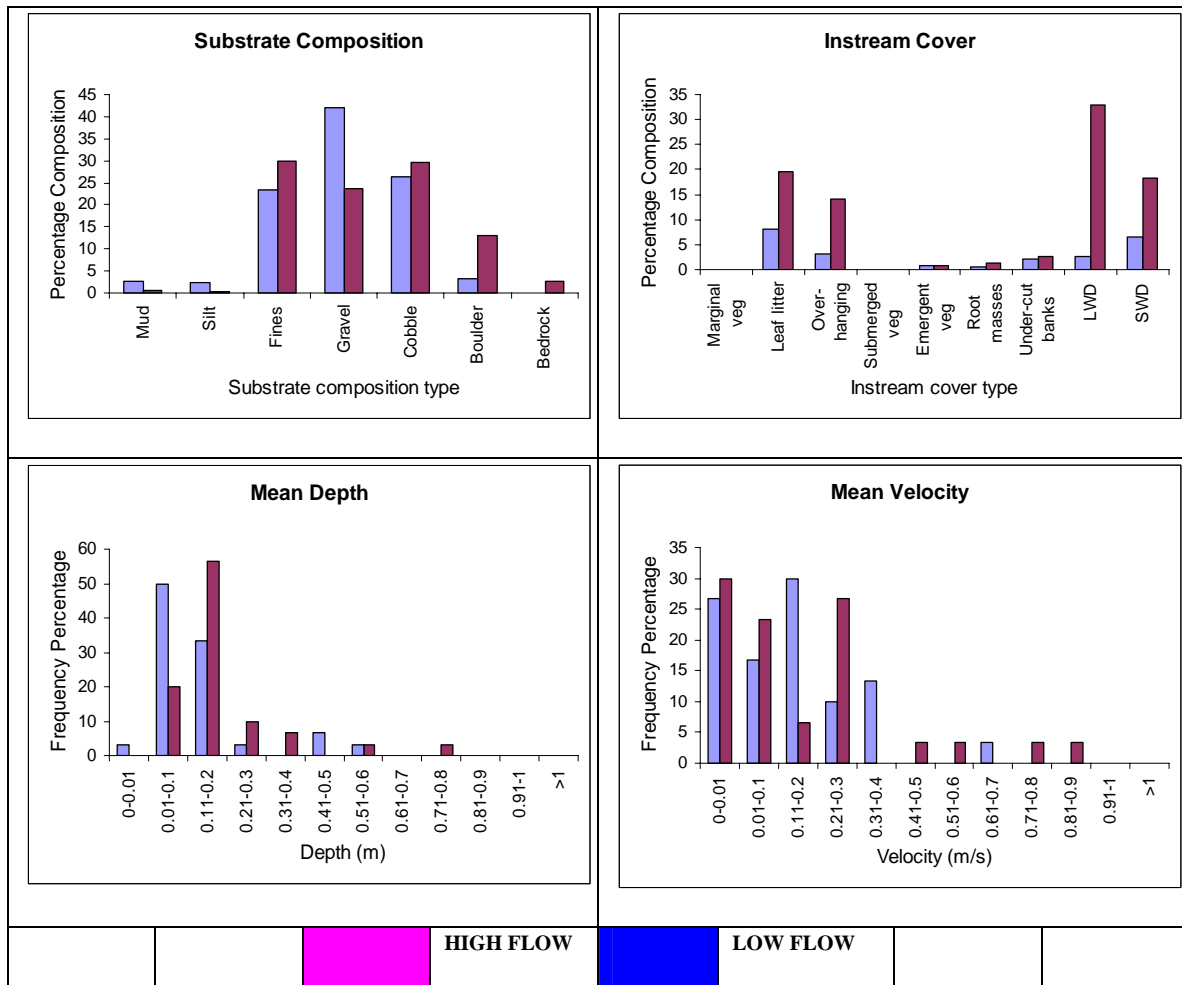


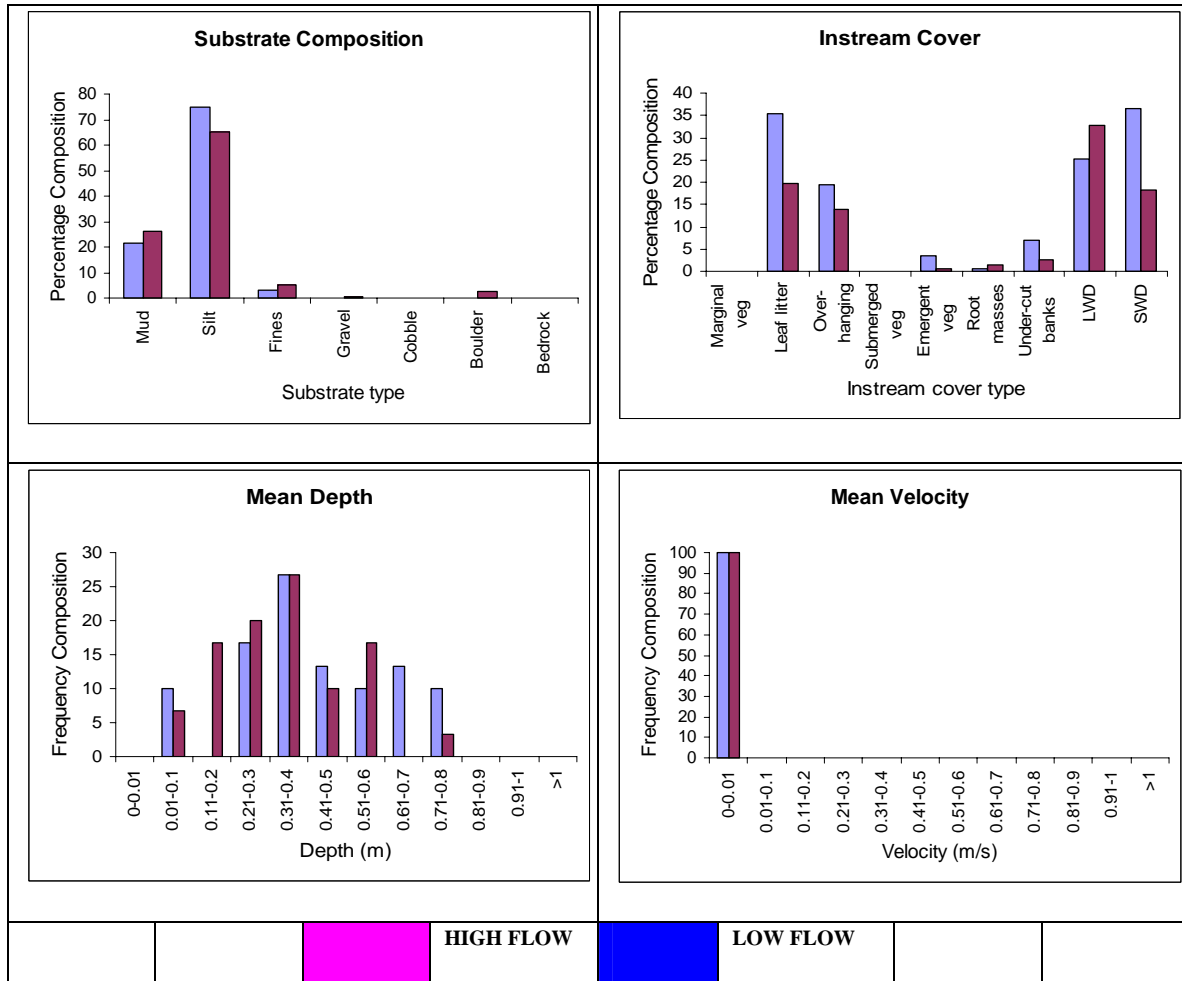
Figure 10 Habitat Characteristics of Site QESF110 During High and Low Flow Surveys



3.1.2.10 Site QESF111

The substrate at this site consisted almost entirely of silt and mud during both high and low flow surveys (Figure 11). Instream cover was provided primarily by leaf litter, LWD, SWD and overhanging vegetation. The site was predominantly shallow (mostly 0.31 to 0.4 m) but some deeper areas (> 0.5 m) were recorded during both surveys. Flow rates were low (0 to 0.01 m/s) during both high flow and low flow surveys (Figure 11).

Figure 11 Habitat Characteristics of Site QESF111 During High and Low Flow Surveys



Habitat integrity at site QESF111 was classified as critically modified (IHIA Class F; Table 7). The impacts affecting this site can be attributed primarily to two factors: 1) the creation of a small wooden weir across the stream that resulted in inundation and flow modification and 2) deforestation in the catchment that resulted in erosion and consequent increase in turbidity and sedimentation. The fish assemblage upstream of the weir was dominated by indigenous species, primarily *Rheocles alaotrensis* (Madagascar Rainbowfish) while downstream of the weir the fish assemblage was dominated by exotic species primarily *Xiphophorus maculatus* (Platy).

3.1.2.11 Site QESF112

The substrate was composed primarily of fines, with smaller proportions of mud and silt, while leaf litter, LWD and SWD dominated instream cover (Figure 12). Flow rates were slow (mostly 0.11 to 0.2 m/s) during both seasons, but some areas of faster flow were recorded during the high flow (0.61 to 0.7 m/s). The site was shallow during the low flow survey (mostly 0.21 to 0.3 m) and moderately shallow (0.31 to 0.4 m) during the high flow survey, but some deeper areas were present (> 1.5 m), especially near of the railway bridge (Figure 12).

Habitat integrity at site QESF112 was classified as moderately modified (IHIA Class C; Table 7) indicating that a loss and change of natural habitat and biota has occurred but the basic ecosystem functions are still predominantly unchanged. Removal of the surrounding indigenous vegetation, encroachment of exotic vegetation (primarily eucalyptus), the presence of exotic fauna primarily *Xiphophorus maculatus* (Platy), and bed modification due to the railway bridge crossing are the primary impacts to this site.

3.1.2.12 Site QESF115

This site was surveyed during low flow only and due to the large size of the river only the wadable river margin was sampled. The survey site was located on a set of rapids. Substrate was dominated by bedrock (42.6%), boulders (25.4%), and cobble (21.6%) (Figure 13). Instream cover was provided by undercut banks, overhanging vegetation and SWD; in addition to boulders and turbulence. The surveyed channel margin was mostly shallow (0.11 to 0.2 m) but some moderately deep areas (0.51 to 0.6 m) were also recorded. Flow rates along the margin were mostly slow (< 0.1 m/s) (Figure 13), in contrast to high currents (> 1 m/s) in the mid-river and rapids.

Habitat integrity at this site was classified as largely modified (IHIA Class D, Table 7). A large-scale loss of natural habitat and biota is associated with this degree of impact. Deforestation of the catchment, erosion, increased turbidity, and the presence of exotic fauna especially *Channa maculata* (Blotched Snakehead) were the primary impacts affecting this site.

Figure 12 Habitat Characteristics of Site QESF112 During High and Low Flow Surveys

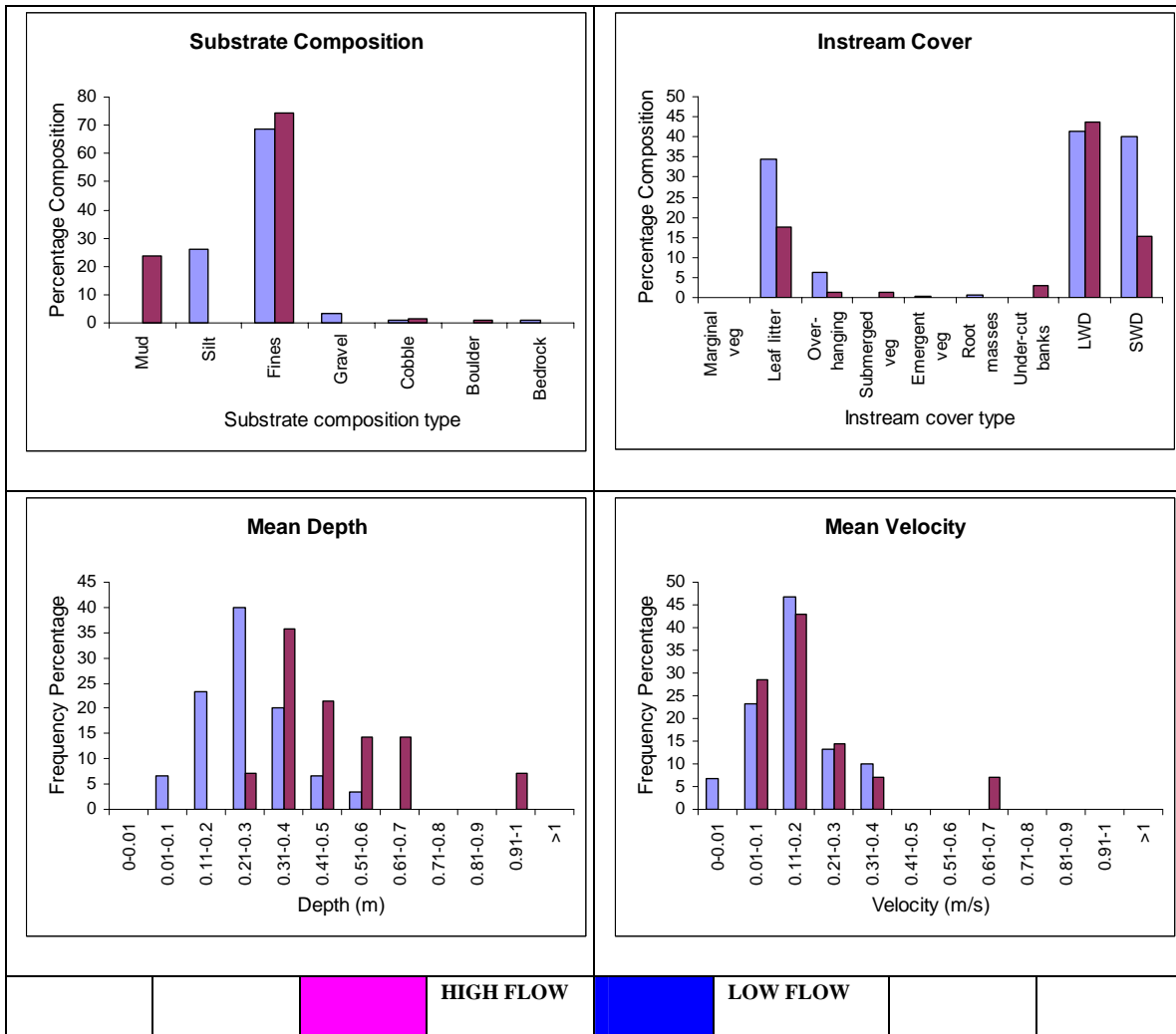
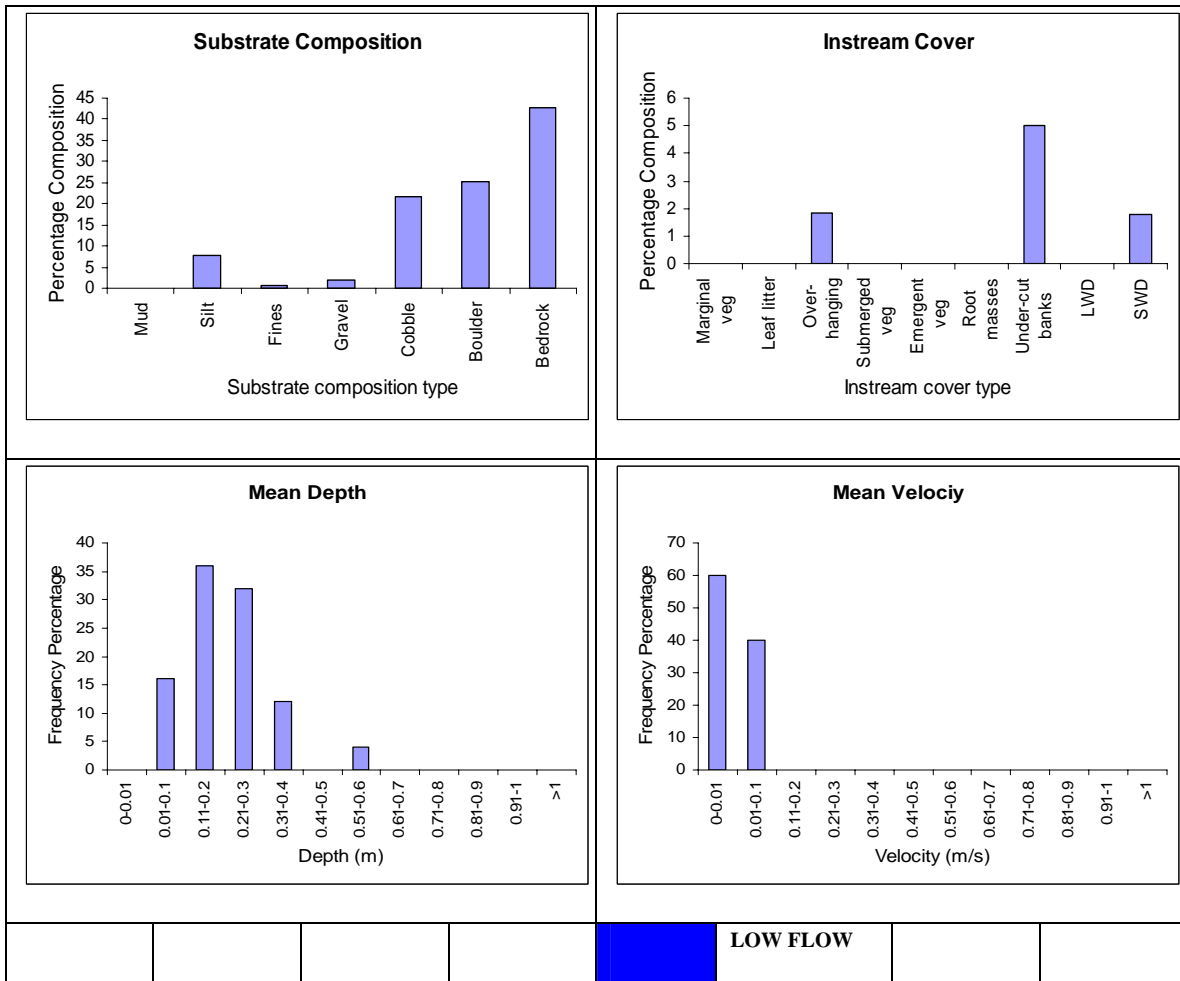


Figure 13 Habitat Characteristics of Site QESF115 During the Low Flow Survey



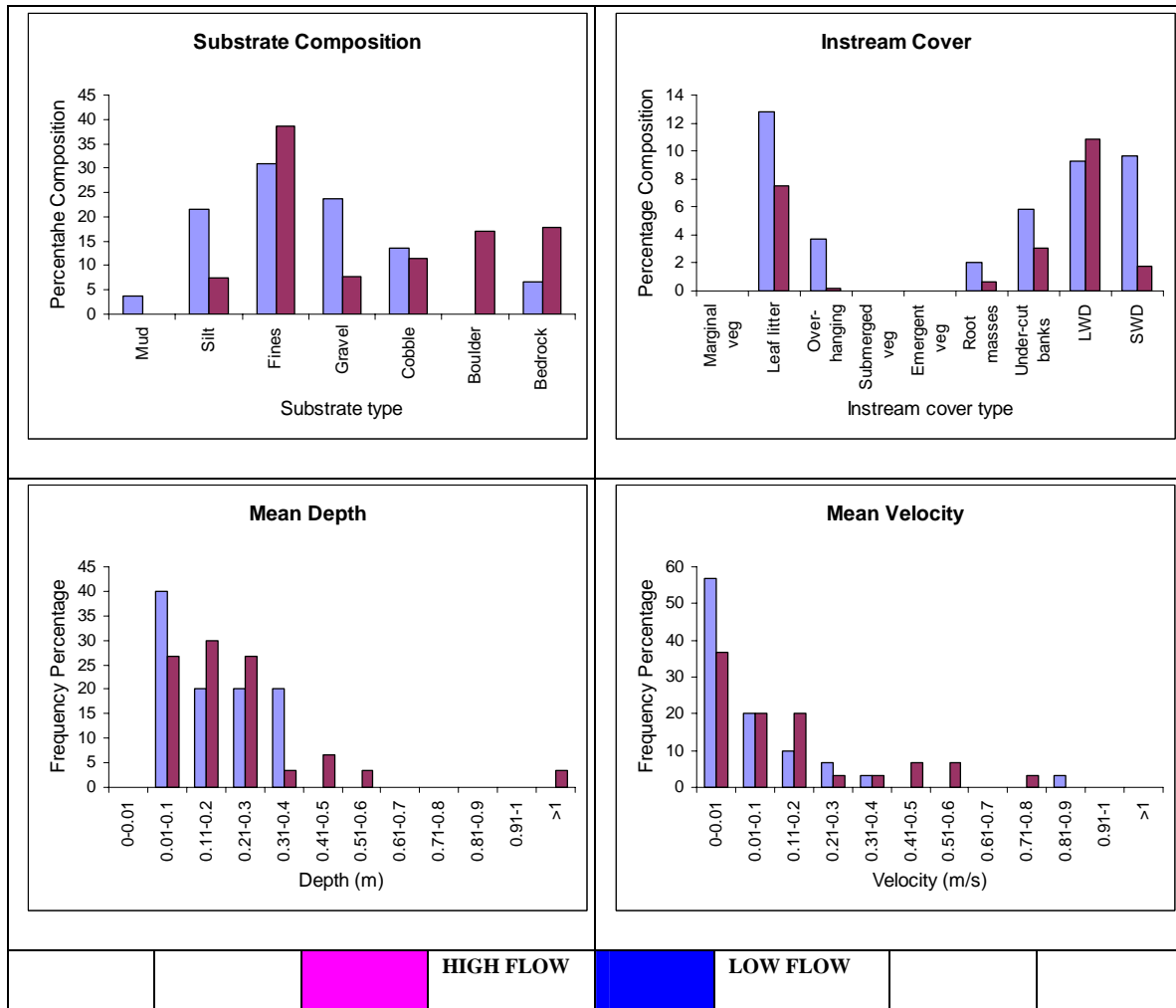
3.1.2.13 Site QESF117

The substrate composition was diverse but dominated by fines (> 34.0%) during both surveys; boulders and bedrock contributed 38.4% of the remainder during the high flow, while gravel and silt contributed 45.2% of the remainder during low flow (Figure 14). Leaf litter, LWD and SWD provided the majority of the instream cover. The site was characterized by mostly slow flow rates (< 0.2 m/s) but some faster flows (> 0.5 m/s) were measured within the riffles during both high and low flow seasons. The site was mostly shallow (< 0.2 m) but some deep areas (> 1.0 m) were recorded during high flow (Figure 14).

Based on IHIA scores, site QESF117 was classified as unmodified or natural (IHIA Class A; Table 7). Some evidence of selective logging was noted at this

site but the riparian zone and forest canopy remain largely intact. Some invasive exotic plants (*Lantana camara*, Lantana) were present in the riparian zone.

Figure 14 Habitat Characteristics of Site QESF117 During High and Low Flow Surveys

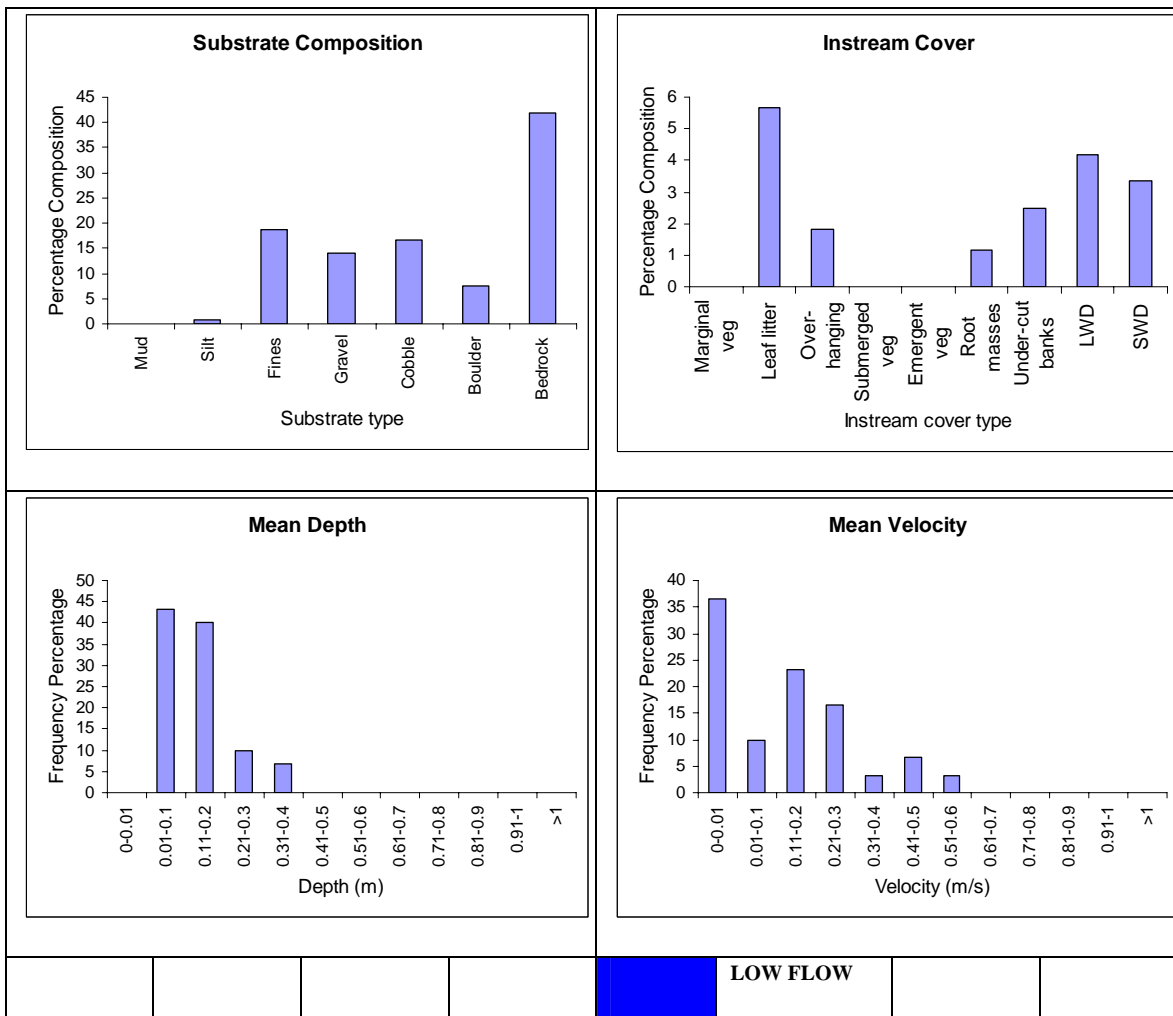


3.1.2.14 Site QESF123

This site was surveyed during low flow only. It consisted primarily of riffles with a few small, shallow pools characterized by slow-flowing (< 0.3 m/s), and shallow depth (< 0.4 m) habitats (Figure 15). The substrate was composed predominantly of bedrock with some fines and gravel in the pools. Leaf litter, SWD, LWD and undercut banks were the most abundant cover types (Figure 15).

Habitat integrity at site QESF123 was classified as unmodified or natural (IHIA Class A; Table 7). Some evidence of selective logging was noted at this site, but the riparian zone and forest canopy remain largely intact and therefore the impact on this site has been minimal. Some invasive exotic plants (*Lantana camara*, *Lantana*) were present in the riparian zone.

Figure 15 Habitat Characteristics of Site QESF123 During Low Flow Survey



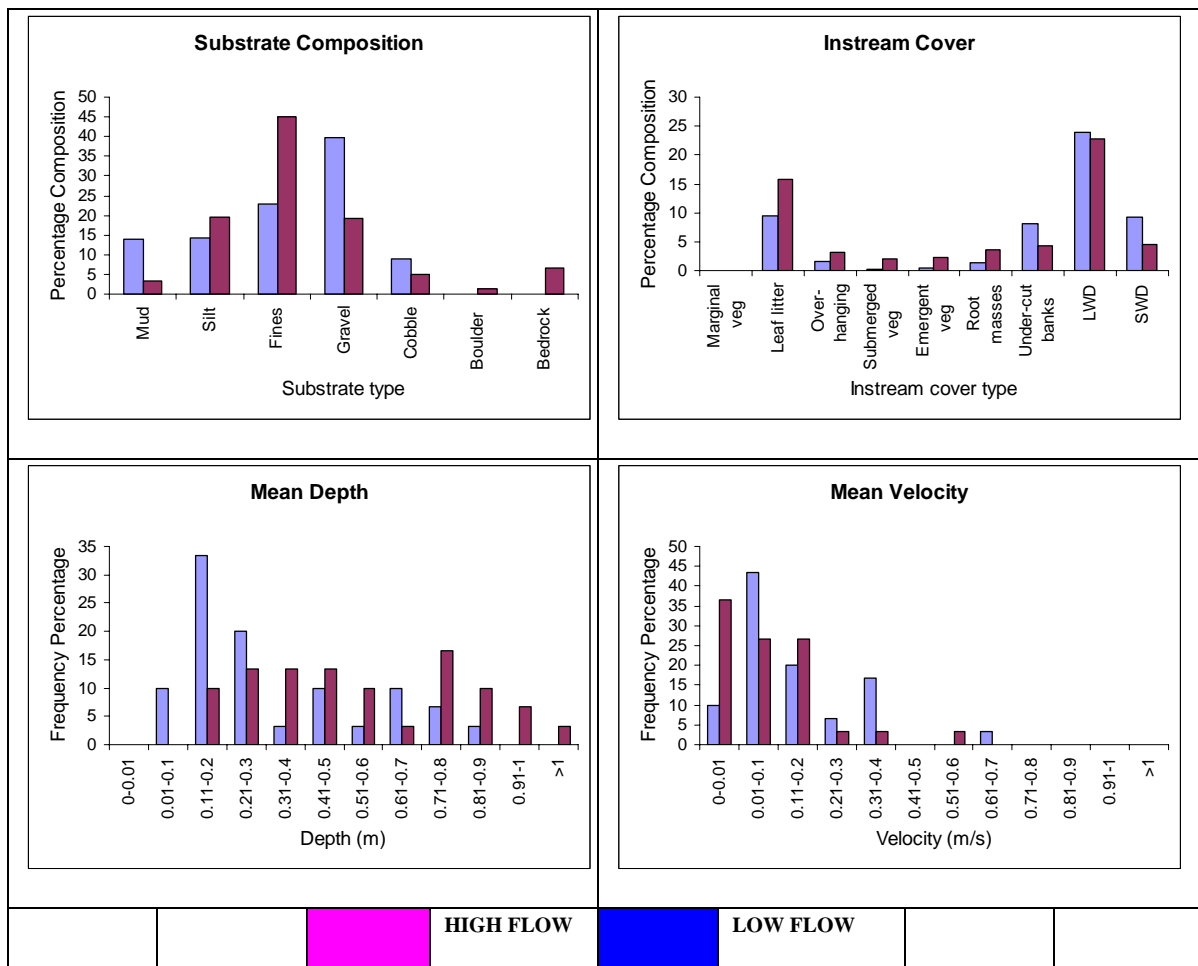
3.1.2.15 Site QESF124

Substrate at this site was diverse but dominated by fines (45.2%) during high flow, and gravel (39.7%) during low flow (Figure 16). Instream cover consisted primarily of LWD and leaf litter during both surveys; SWD and undercut banks were common during the low flow survey. This site was characterized by mostly slow flow rates (< 0.2 m/s) but some relatively fast flows (> 0.5 m/s) were

recorded during both surveys. Depths were variable at this site but mostly deep (0.71 to 0.8 m) during high flow and mostly shallow (0.11 to 0.2 m) during low flow (Figure 15).

Habitat integrity at site QESF124 was classified as extensively modified (IHIA Class E; Table 7). Flow and bed modifications and indigenous vegetation removal were the primary impacts affecting this site. An extensive loss of natural biota and ecosystem function is usually associated with this degree of impact.

Figure 16 Habitat Characteristics of Site QESF124 During High and Low flow Surveys



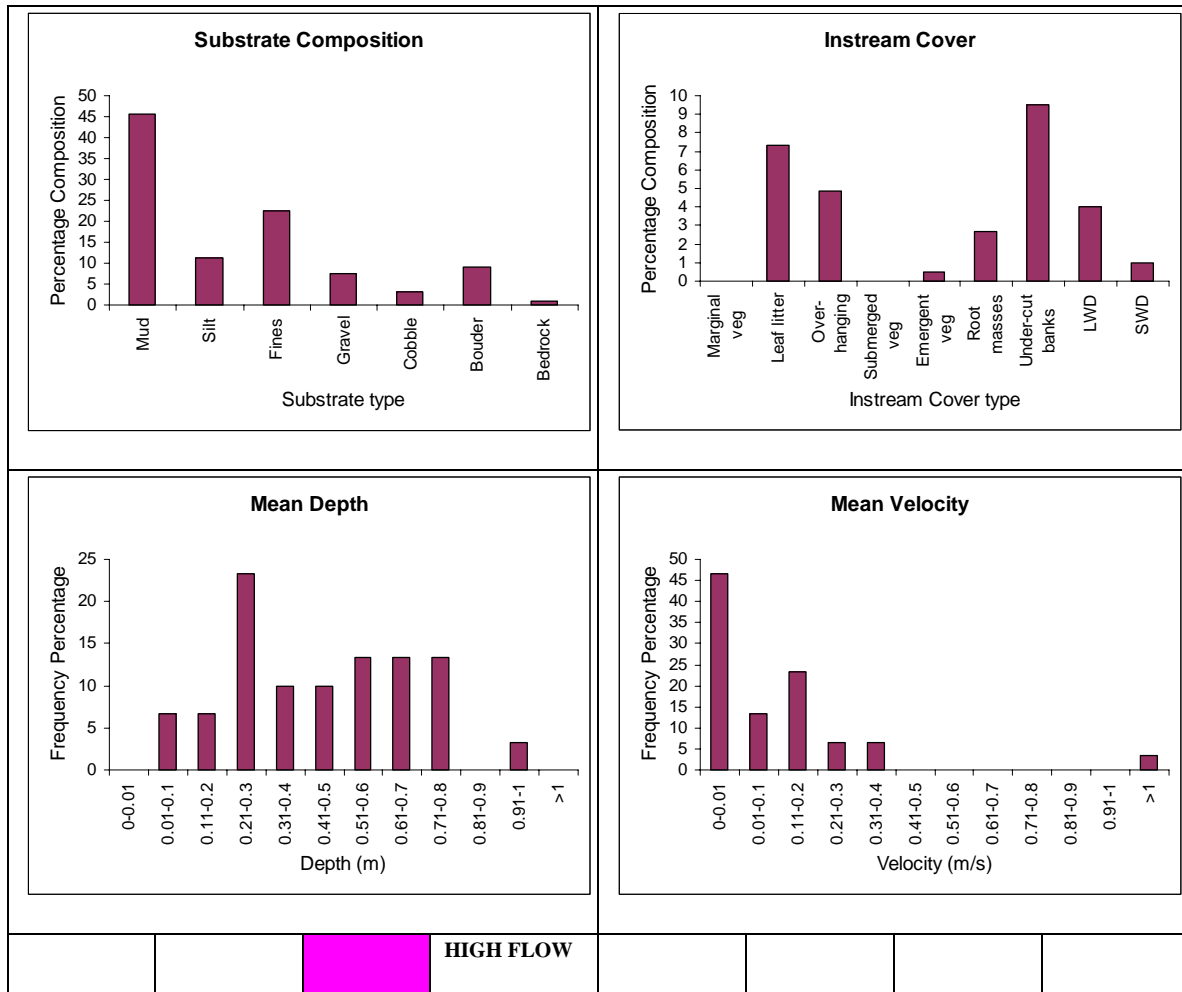
3.1.2.16 Site QESF125

Habitat characterization at this site was done during the high flow survey only. Substrate was dominated by mud (45.5%) and fines (22.5%) (Figure 17).

Instream cover was limited but consisted primarily of undercut banks, leaf litter and overhanging vegetation. Depths were variable but mostly shallow (0.21 to 0.3 m). This site was characterized by mostly slow flow rates (< 0.2 m/s) but some faster flows (> 1.0 m/s) were recorded (Figure 17).

Habitat integrity at site QESF125 was classified as critically modified (IHIA Class F, Table 7). Extensive modifications to the bed, channel and flow regime, the presence of exotic fauna especially *Channa maculata* (Blotched Snakehead), deforestation and impact to water quality contribute to the impacted state of this site. A critical loss of natural biota and ecosystem function is usually associated with this degree of impact.

Figure 17 Habitat Characteristics of Site QESF125 During High Flow Survey



3.1.2.17 Ephemeral Pool 1 (EPH1)

A reconnaissance of this site was done during the wet season only; a detailed habitat survey was not done at this time. Macroinvertebrate and fish sampling was conducted; detailed information was also collected from this pool during the 1998 preliminary surveys (Volume J, Appendix 3.1, Attachment 3).

3.1.2.18 Ephemeral Pool 2 (EPH2)

This site was sampled during the wet season only and consisted of a shallow pool (0.11 to 0.3 m) (Figure 18). The substrate was composed almost exclusively of mud (93.3%) and instream cover was dominated by emergent vegetation, leaf litter and root masses (Figure 18).

Habitat integrity at this site was classified as natural (IHIA Class A, Table 7). No evidence of human impact could be seen. As the IHIA index was developed for the assessment of streams and rivers, the results obtained when applied to standing wetlands should be interpreted with caution.

3.1.2.19 Ephemeral Pool 3 (EPH3)

This site was sampled during the wet season only. The substrate was composed almost exclusively of mud (99.7%) (Figure 19). Instream cover was dominated by emergent vegetation, submerged vegetation and leaf litter. The site was mostly shallow (0.11 to 0.3 m) but some slightly deeper areas (0.41 to 0.5 m) were also recorded (Figure 19).

Habitat integrity at this site was classified as natural (IHIA Class A, Table 7). Limited evidence of human impact could be seen. As noted above the IHIA index was developed for the assessment of streams and rivers, therefore the results obtained when applied to standing wetlands should be interpreted with caution.

Figure 18 Habitat Characteristics of Ephemeral Pool 2 During High Flow Survey

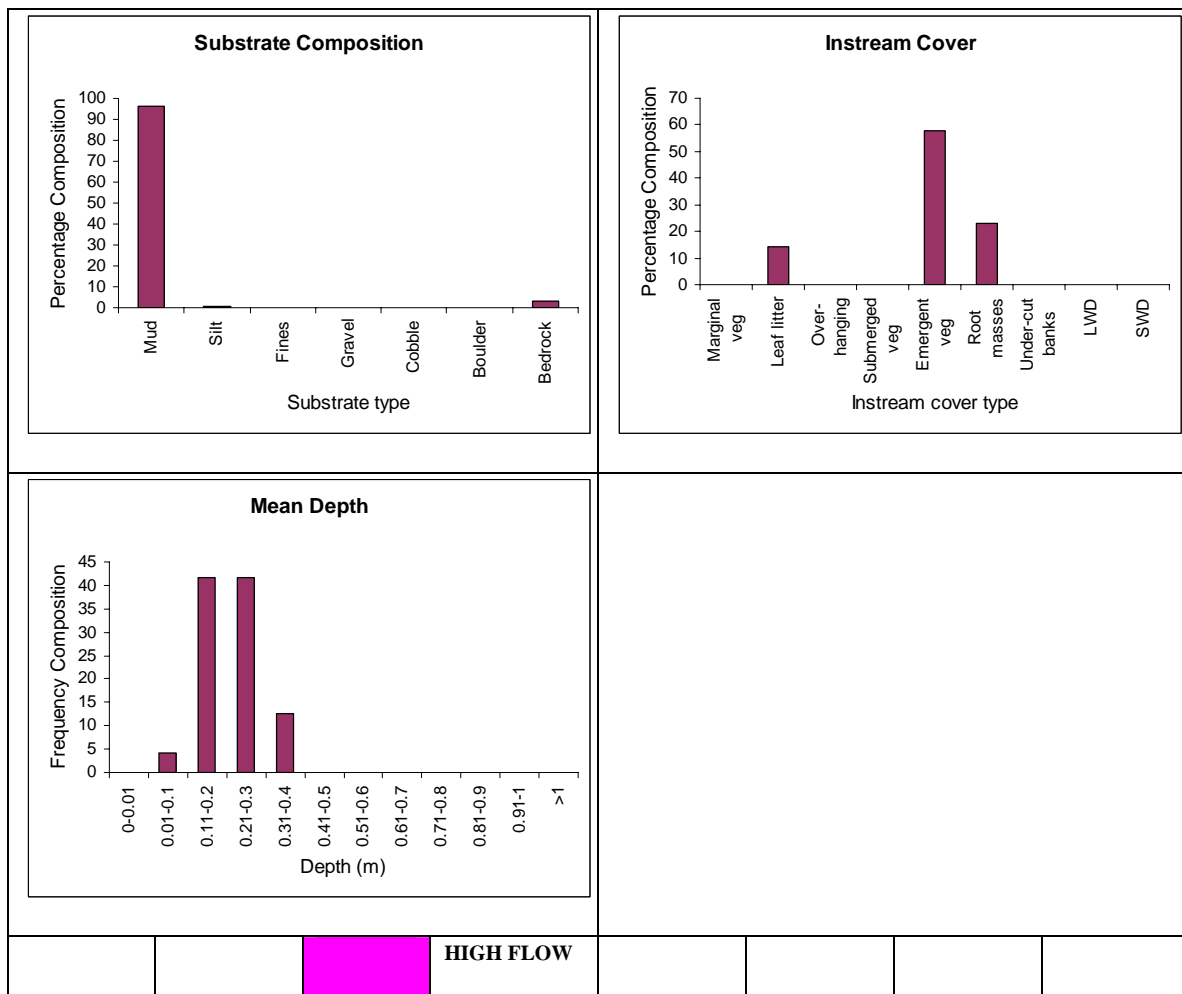
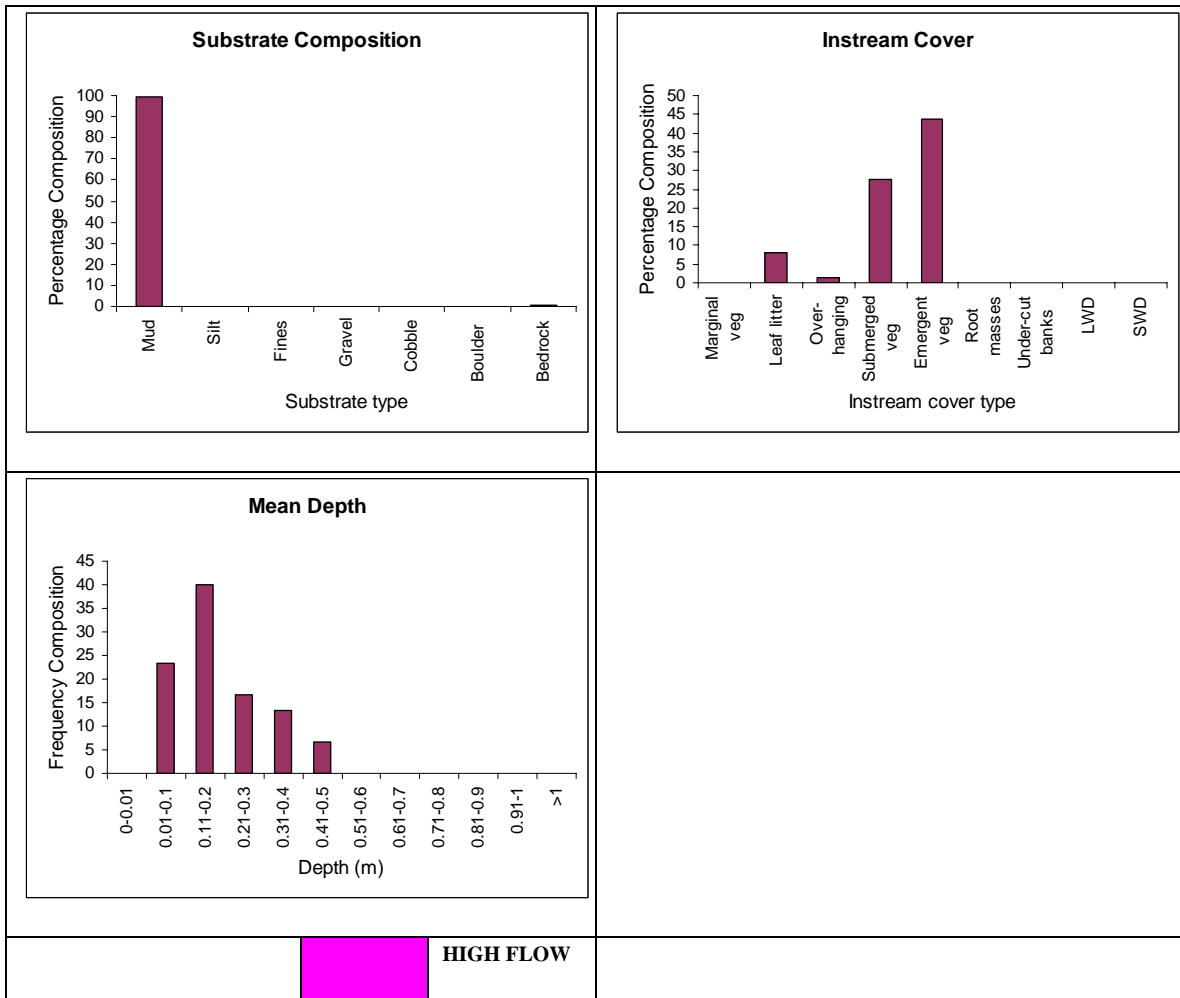


Figure 19 Habitat Characteristics of Ephemeral Pool 3 During High Flow Survey



3.1.3 Aquatic Macroinvertebrates (Mine Site)

3.1.3.1 Current Species Composition

A total of 77 macroinvertebrate taxa were recorded in the mine area during the high flow and low flow surveys. The taxonomic composition of the macroinvertebrate sample is provided in Volume J, Appendix 3.1, Attachment 1, Sub - Attachment 1.

The highest number of taxa was collected at site QESF110 during the low flow survey (Figure 20). Other sites with high number of taxa were QESF123, QESF111 and QESF117 all during the low flow survey (Figure 20). The lowest number of macroinvertebrate taxa was recorded at site QESF112 during the low flow survey. Another site with a low number of macroinvertebrate taxa was QESF125 during both surveys (Figure 20).

The greatest number of organisms was recorded at site QESF106 during the low flow survey (Figure 21). Other sites with large numbers of organisms were QESF117, QESF110, QESF124 and QESF123, all during the low flow survey. The lowest number of organisms was collected at QESF112 during the low flow survey. Other sites, where a low number of organisms were collected, were QESF125 during both surveys, QESF108 during the low flow survey and QESF101 during the low flow survey (Figure 21).

The highest species richness, based on Margalef's Measure of Richness (1961), was recorded at site QESF110 during the low flow survey and the lowest species richness was recorded at site QESF112 during the high flow survey (Figure 22). Other sites with low species richness were QESF125 during the low flow survey and EPH 1 during the high flow survey (Figure 22).

Pielou's Evenness Index (1986) values did not show a large degree of variation between sites with the exception of site QESF105 where evenness was markedly lower than at the other sites (Figure 23). Similar to evenness, the Shannon-Weiner's diversity scores varied little among sites, except for site QESF105 which had very low values (Figure 24).

Figure 20 Total Number of Macroinvertebrate Taxa Recorded in the Mine Area during High and Low Flow

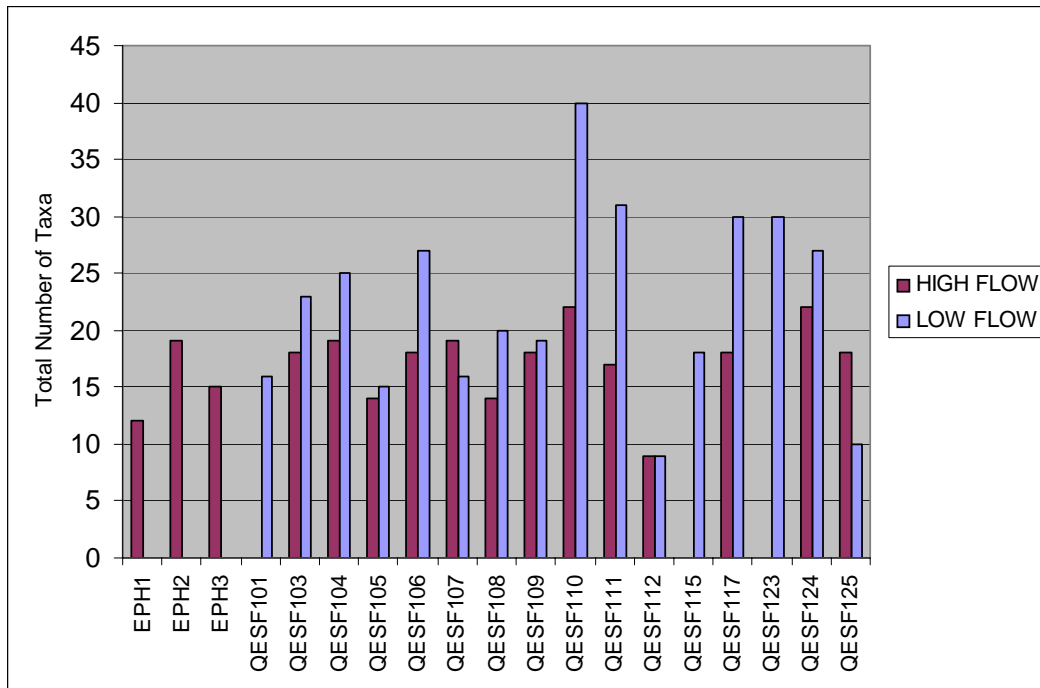


Figure 21 Total Number of Macroinvertebrates Collected in the Mine Area during the High and Low Flow

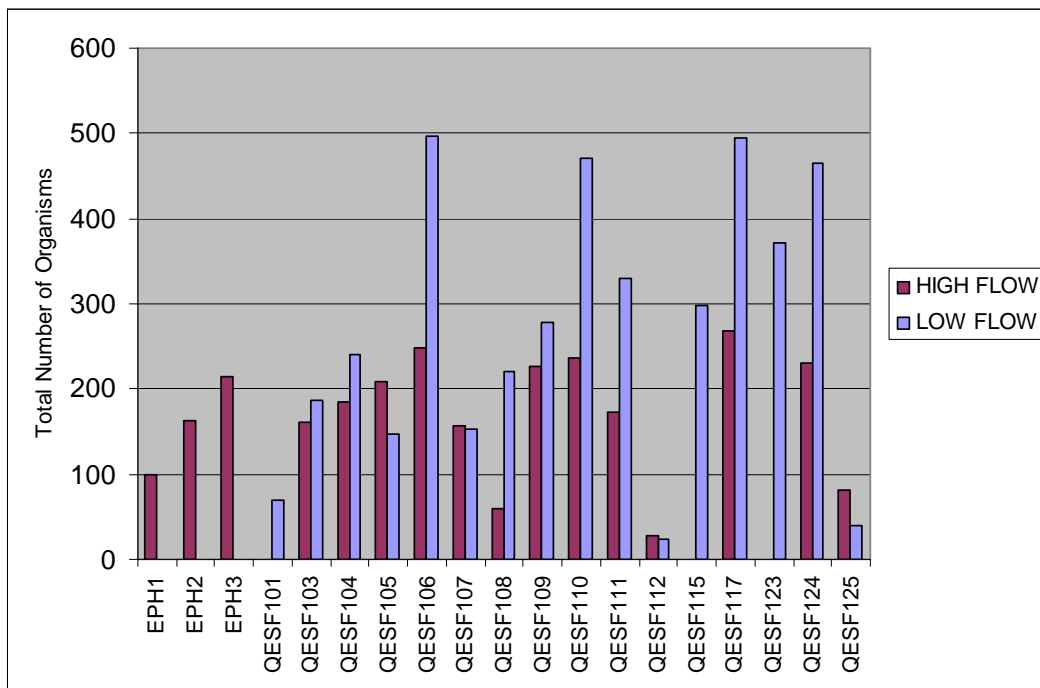


Figure 22 Macroinvertebrate Richness, Based on Margalef's Measure of Richness, Measured in the Mine Area during High and Low Flow

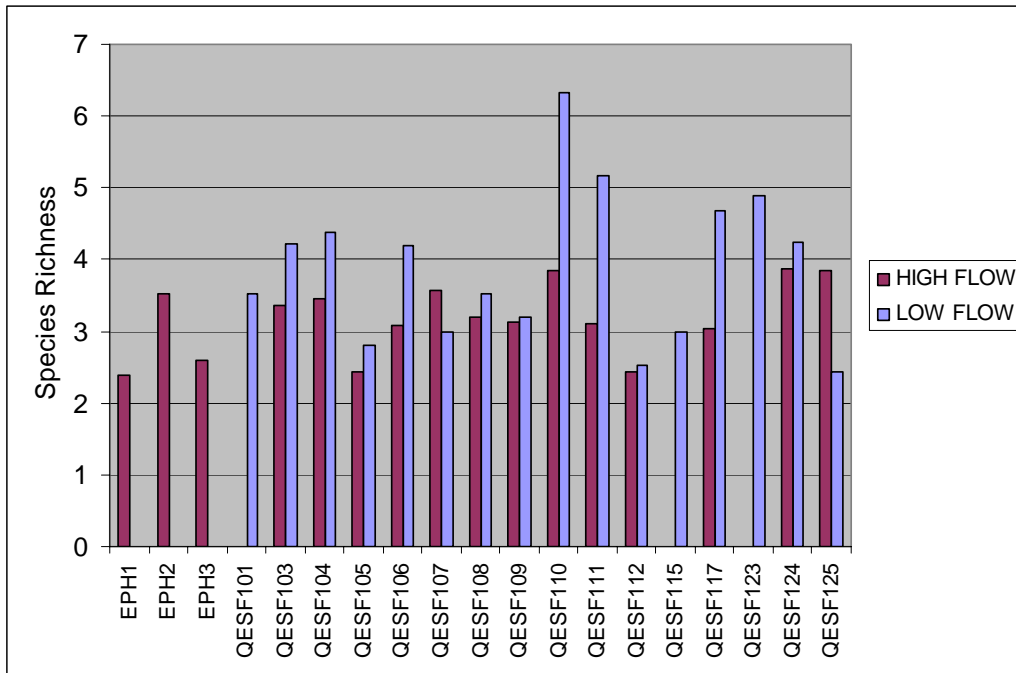


Figure 23 Macroinvertebrate Evenness Measured In the Mine Area during High and Low Flow

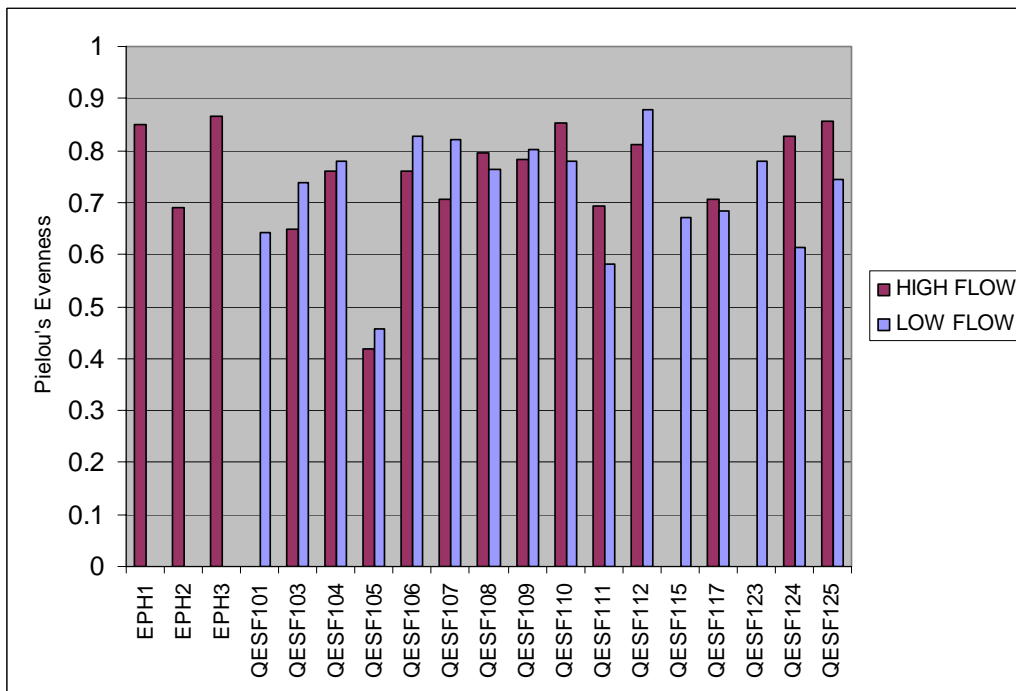
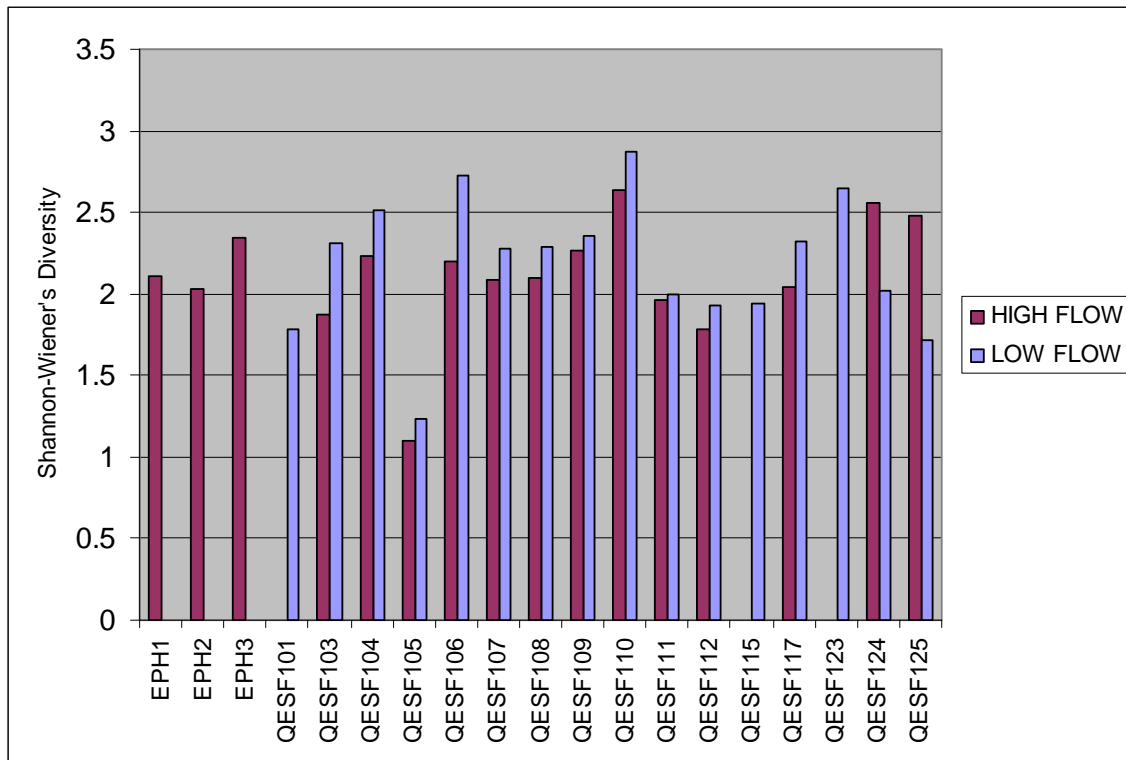


Figure 24 Macroinvertebrate Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index, Measured in the Mine Area during the High and Low Flow



3.1.3.2 Relationships Between Macroinvertebrate Samples

Cluster analysis of high flow data revealed four main groups, with one site (QESF125) not showing relatedness to any other sites (Figure 25). These groups were also reflected in the NMDS ordination plot (Figure 26).

Cluster analysis of low flow data showed relatedness between four groups, the main grouping consisted of nine sites (Group I) and three additional groups showed relatedness between two sites (Group II, Group III, Group IV). Only one site (QESF115) did not show relatedness to any other sites (Figure 27). These groups were also reflected in the NMDS ordination plot (Figure 28).

Figure 25 Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis of Macroinvertebrate Data Collected in the Mine Area during High Flow

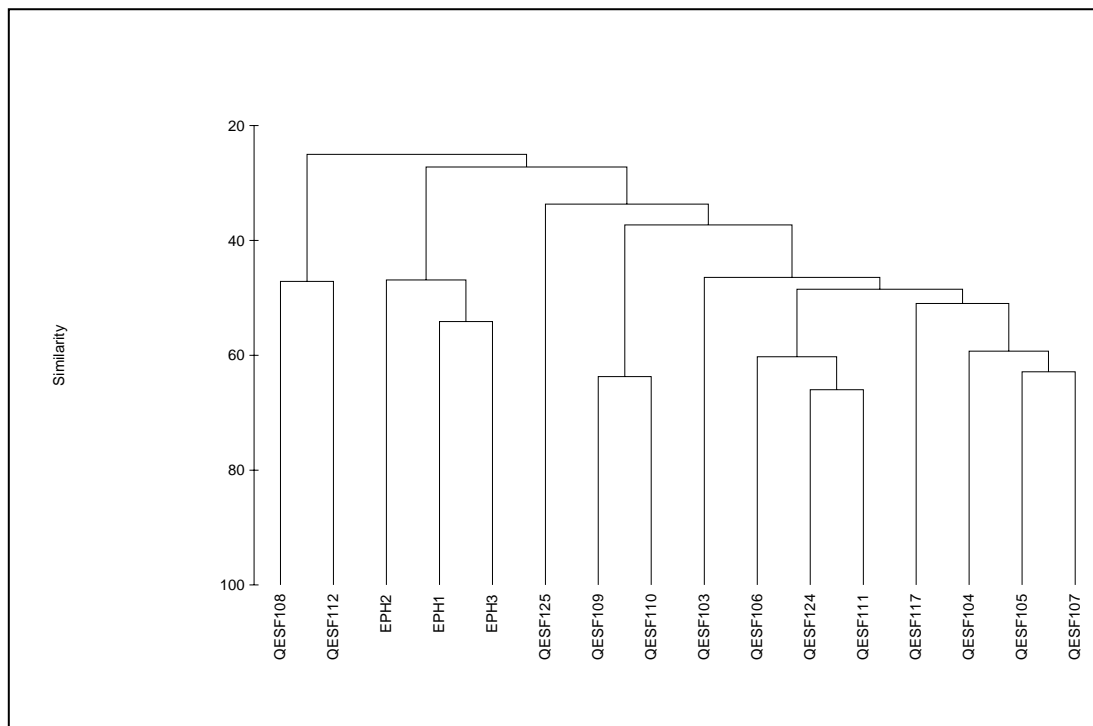


Figure 26 Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Macroinvertebrate Data Collected in the Mine Area during High Flow

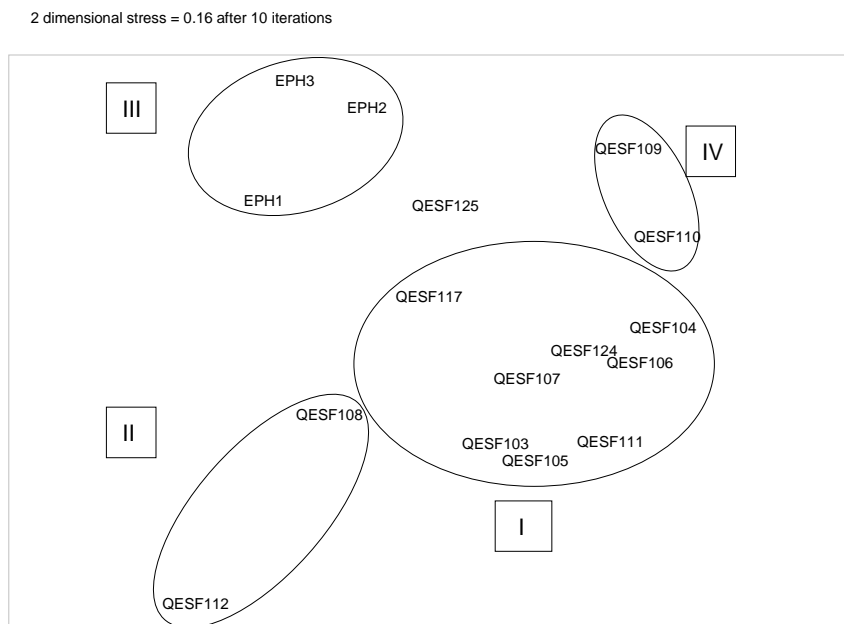


Figure 27 **Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis of Macroinvertebrate Data, Low Flow Mine Area**

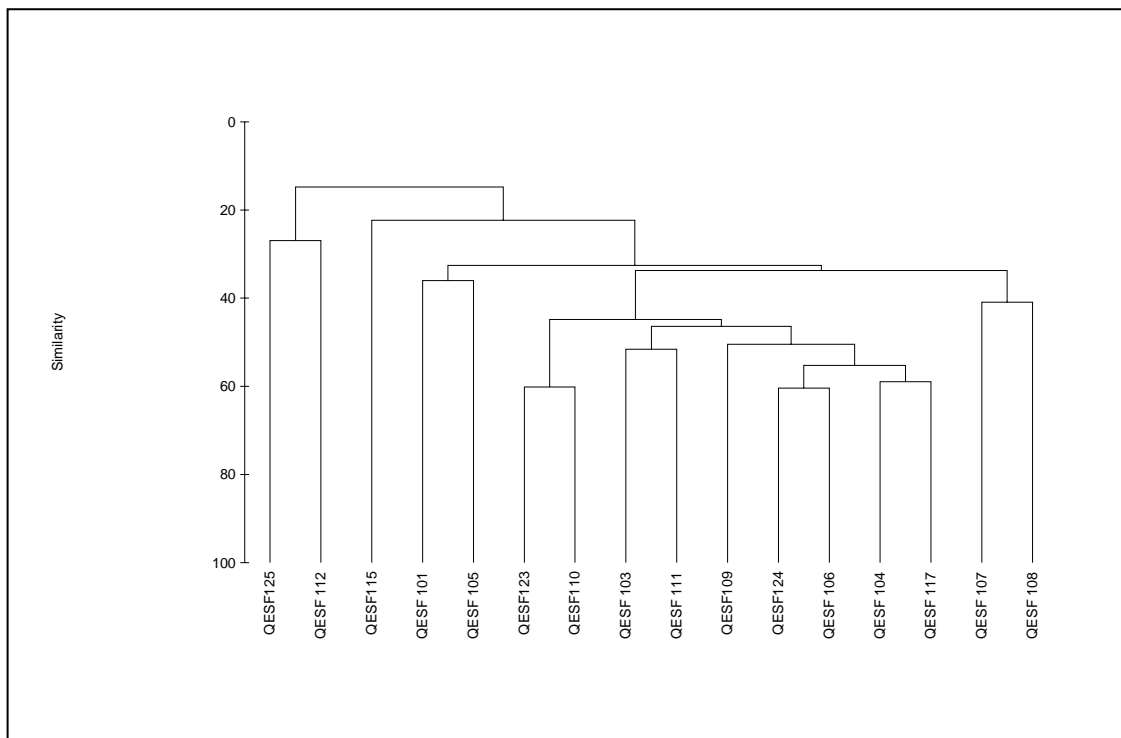
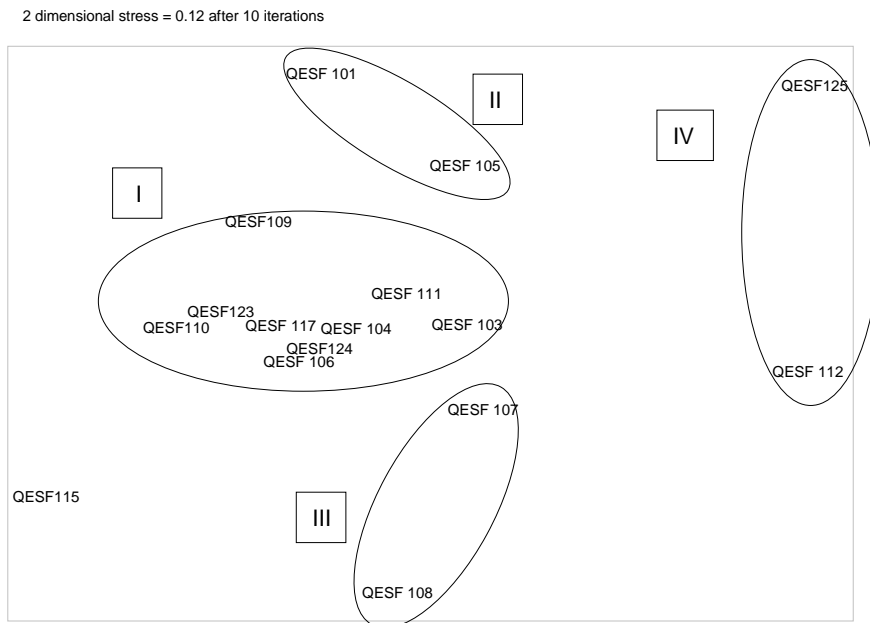


Figure 28 Two-Dimensional Result of the Nmds Ordination of Macroinvertebrate Data Collected at the Mine Area During Low Flow



3.1.3.3 Spatial Differences in Sample Associations

To provide some statistical validity for the groups identified in Figure 25, a permutation procedure was applied to the original similarity matrix. The analysis of similarity compares every sampling site over the sampling period to yield a test statistic and level of significance (Clarke & Green 1988). To interpret this, R is taken as the degree of similarity between sites and ranges between 1 and -1. Its deviation from zero is the significance level and a negative R statistic suggests that the similarity across the different groups is higher than those within the groups (Cyrus et al. 2000).

R = 1 only if all replicates within sites are more similar to each other than any replicates from different sites.

R = approximately zero if the similarities between sites will be the same on average.

The important result of the pair-wise tests between groups is usually not so much the significance level (which can often be low because of few replicates in each group), but the pair-wise R values, since that gives an absolute measure of how separated the groups are, on a scale of 0 (indistinguishable) to 1 (all similarities

within groups are less than any similarity between groups) (Clarke & Gorley 2001). The pair-wise R values can be interpreted according to the following criteria (Clarke & Gorley 2001):

$R > 0.75$ groups are well separated.

$R > 0.5$ groups overlap but are clearly different.

$R < 0.25$ groups are barely separable.

All the groups identified in the high flow data were well separated ($R > 0.7$) (Table 8). Group I and II consist of sites in the zonal forest areas, although some of these sites are deforested. Group III consists of the ephemeral pools situated in the azonal forest on the Ambatovy plateau. Group IV consisted of two pristine forest sites draining from the Analamay ore body.

These results suggest that the vegetative structure and species composition of the azonal forest community are quite distinct from other vegetation communities within the project area. Similarly, the aquatic macroinvertebrate data suggest that macroinvertebrate communities in the ephemeral pools on the Ambatovy plateau are quite distinct from other aquatic macroinvertebrate communities within the project area in terms of community structure and species composition. Factors such as isolation, the ephemeral nature of the pools, and the absence of fish from the ephemeral pools may contribute to the differences between the groups.

Table 8 Invertebrate Group Analysis of Similarity (ANOSIM) Groups from Mine Area Sites During High Flow

Groups	R Statistic	Significance Level %	Actual Permutations	Number >= Observed
I vs II	0.957	2.2	45	1
I vs III	0.901	0.6	165	1
I vs IV	0.728	2.2	45	1
II vs III	1	10	10	1
II vs IV	1	33.3	3	1
III vs IV	1	10	10	1

Groups identified in the macroinvertebrate data from the low flow survey were all well separated ($R > 0.75$) (Table 9).

Table 9 Analysis of Similarity (ANOSIM) Invertebrate Groups from Mine Area Sites During Low Flow

Groups	R Statistic	Significance level %	Actual Permutations	Number >= Observed
I vs. II	0.877	1.8	55	1
I vs. III	0.784	1.8	55	1
I vs. IV	0.997	1.8	55	1
II vs. III	0.75	33.33	33	1
II vs. IV	1	33.33	33	1
III vs. IV	1	33.33	33	1

3.1.3.4 Spatial Differences in Family Associations

Average similarities between (inter-site) and within (intra-site) groups were compared to examine the contribution (importance) of each family to the two groups identified in the cluster analyses.

Groups I and III showed a high degree of dissimilarity (84.74%). This may be due to the differences between the aquatic habitats in the zonal forest areas (lotic habitats) and those on the azonal areas on the Ambatovy plateau (lentic habitats).

Using this same method it is possible to examine the contribution each family made to the similarity within a site. The more abundant the family within a site, the more it contributes to the intra-site similarity and is said to typify a site (Clarke and Warwick 1994).

In Group I Atyidae (Class Crustacea) was the most abundant taxon and 9 taxa contributed to 90.38% of the similarity within the group (Table 10).

Table 10 Individual Family Contributions to Group I Similarities (High Flow); Average Similarity = 45.86%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
Atyidae	72.63	22.66	49.40	49.40
Bithyniidae	16.63	5.59	12.20	61.60
Elmidae	28.00	4.39	9.58	71.18
Aeshnidae	11.00	3.01	6.56	77.74
Lepidostomatidae	5.75	1.42	3.10	80.85
Leptoceridae	7.25	1.31	2.86	83.71
Naucoridae	4.38	1.13	2.46	86.17
Hydropsychidae	6.50	1.00	2.19	88.35
Leptophlebiae	7.63	0.93	2.03	90.38

In Group II Hydropsychidae (Order Trichoptera) was the most abundant taxa and six taxa contributed to 93.21% of the similarity within the group (Table 11).

Table 11 Individual Family Contributions to Group II Similarities (High Flow); Average Similarity = 30.59%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
Hydropsychidae	4.00	9.41	30.77	30.77
Lymnaeidae	13.00	9.41	30.77	61.54
Planorbidae	1.00	2.35	7.69	69.23
Libellulidae	2.00	2.35	7.69	76.92
Naucoridae	1.50	2.35	7.69	84.62
Aeshnidae	4.50	2.35	7.69	92.31

In Group III, which consists of the ephemeral pools, Coenagrionidae (Order Odonata) was the most abundant taxon. A total of seven taxa contributed to 92.6% of the similarity within the group (Table 12).

Table 12 Individual Family Contributions to Group III Similarities (High Flow); Average Similarity = 39.07%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
Coenagrionidae	37.7	10.8	27.6	27.6
Notonectidae	16.3	5.6	14.4	42.0
Corixidae	15.3	5.6	14.2	56.2
Naucoridae	9.0	4.2	10.8	67.0
Aeshnidae	11.3	4.1	10.4	77.4
Calopterygidae	14.3	3.2	8.2	85.6
Culicidae	14.7	2.8	7.1	92.6

In Group IV, which consist of two pristine forest sites draining from the Analamay ore body, Polymitarcidae (Order Ephemeroptera) was the most abundant taxa and eight taxa contributed to 90.70% of the similarity within the group (Table 13).

Table 13 Individual Family Contributions to Group IV Similarities (High Flow); Average Similarity = 55.60%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
Polymitarcidae	47.00	16.38	29.46	29.46
Hydropsychidae	30.00	9.91	17.83	47.29
Psychomyiidae	26.00	5.17	9.30	56.59
Grapsidae	24.50	4.31	7.75	64.34
Aeshnidae	14.50	4.31	7.75	72.09
Caenidae	13.00	4.31	7.75	79.84
Elmidae	8.00	2.59	4.65	90.70
Dytiscidae	9.00	2.59	4.65	90.70

3.1.4 Ichthyofauna (Mine Site)

3.1.4.1 Current Species Composition

A total of 12 described, and at least one unidentified species, were collected in the mine area during the high flow and low flow surveys. The taxonomic composition of the mine area fish samples are provided in Volume J, Appendix 3.1, Attachment 1, Sub - Attachment 2; this list should be regarded as preliminary because of taxonomic uncertainties for some species and until independent confirmation can be completed.

The highest number of species was recorded at site QESF108 during the high flow survey (Figure 29). Of the six fish species recorded at site QESF108, three are exotic, namely *Xiphophorus maculatus* (Platy), *Ctenopoma ansorgii* (Ornate Ctenopoma), and *Gambusia holbrooki* (Eastern Mosquitofish). Of the remaining three species, two are endemic to Madagascar; namely, *Ratsirakia legendrei* and *Rheocles alaotrensis* (Malagasy Rainbowfish), and one is indigenous but not endemic; namely, *Anguilla mossambica* (African longfin eel). The lowest number (a single species each) were recorded at sites QESF123 during the low flow survey (*Anguilla mossambica*), QESF109 during both surveys (*Ratsirakia legendrei*), and QESF117 during the high flow survey (*Ratsirakia legendrei*) (Figure 29). No fish were collected in any of the ephemeral pools.

The greatest abundance of fish was encountered at site QESF111 during the high flow survey and the lowest abundance was recorded at site QESF123 during the low flow survey (Figure 30).

The highest species richness based on Margalef's Measure of Richness (1961), was recorded at site QESF125 during the low flow survey and the lowest species richness was recorded at sites QESF123, QESF109 and QESF117 (Figure 31).

Evenness, based on Pielou's Evenness Index (1986), showed a relatively high degree of variation across the sites (Figure 32). The highest evenness scores were recorded at sites QESF103, QESF101, QESF107 and QESF108 (Figure 32). Evenness scores were low at sites QESF109, QESF110, QESF117 and QESF123; at these sites the samples were dominated by individual species (Figure 32). The highest levels of diversity, based on Shannon-Wiener's Diversity Index (1963), were recorded at sites QESF108, QESF103, and QESF125, while diversity scores of 0 were recorded at sites QESF123, QESF109 and QESF117 (Figure 33).

Figure 29 Total Number of Fish Species Collected In the Mine Area during High and Low Flow

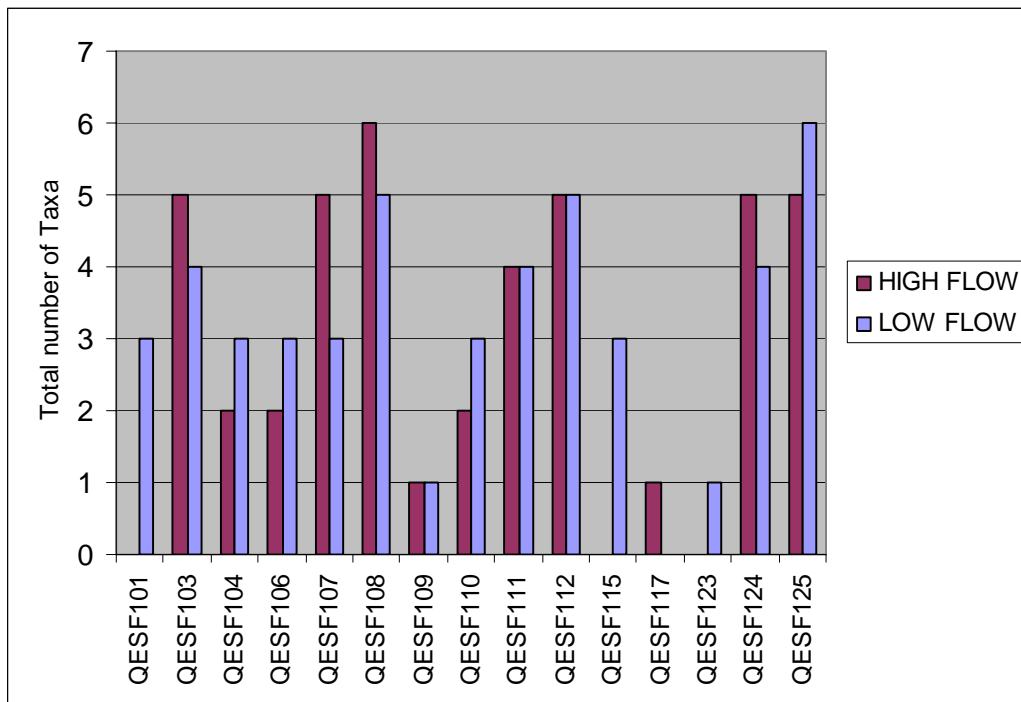


Figure 30 Total Number of Fish Collected In the Mine Area during High and Low Flow

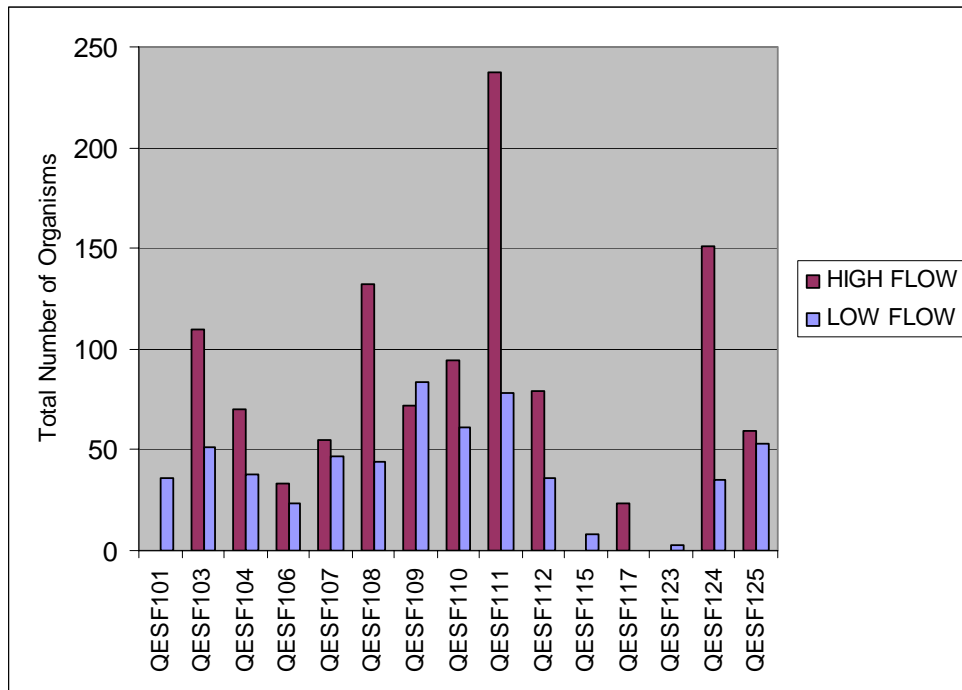


Figure 31 Fish Species Richness, Based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured in the Mine Area during High and Low Flow

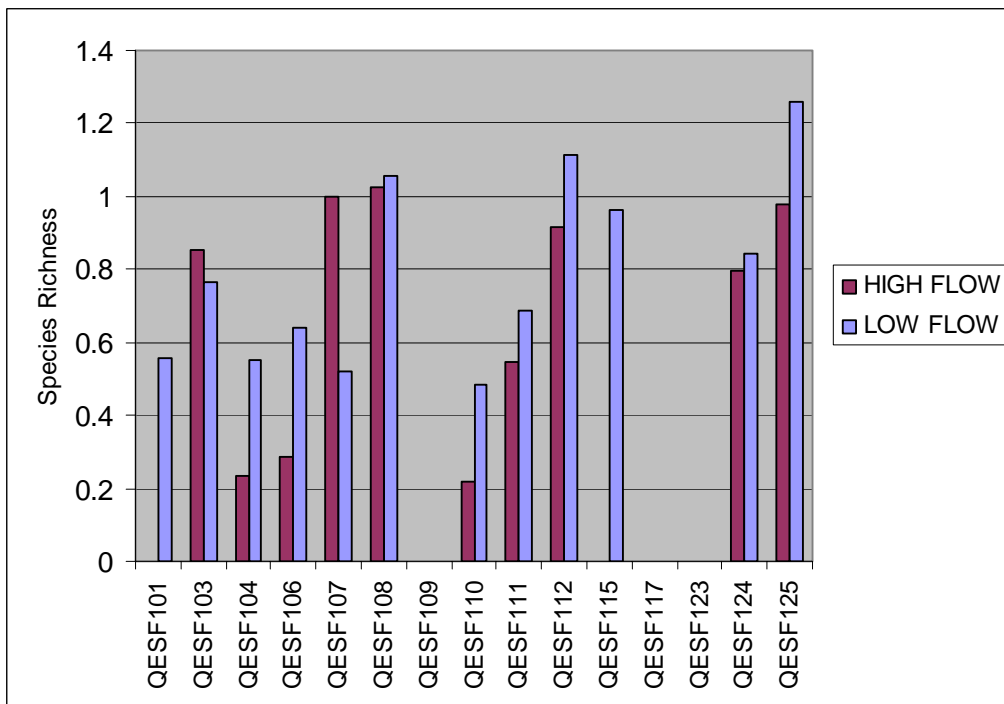


Figure 32 Fish Species Evenness, Based on Pielou's Evenness Index (1986), Measured in the Mine Area during High and Low Flow

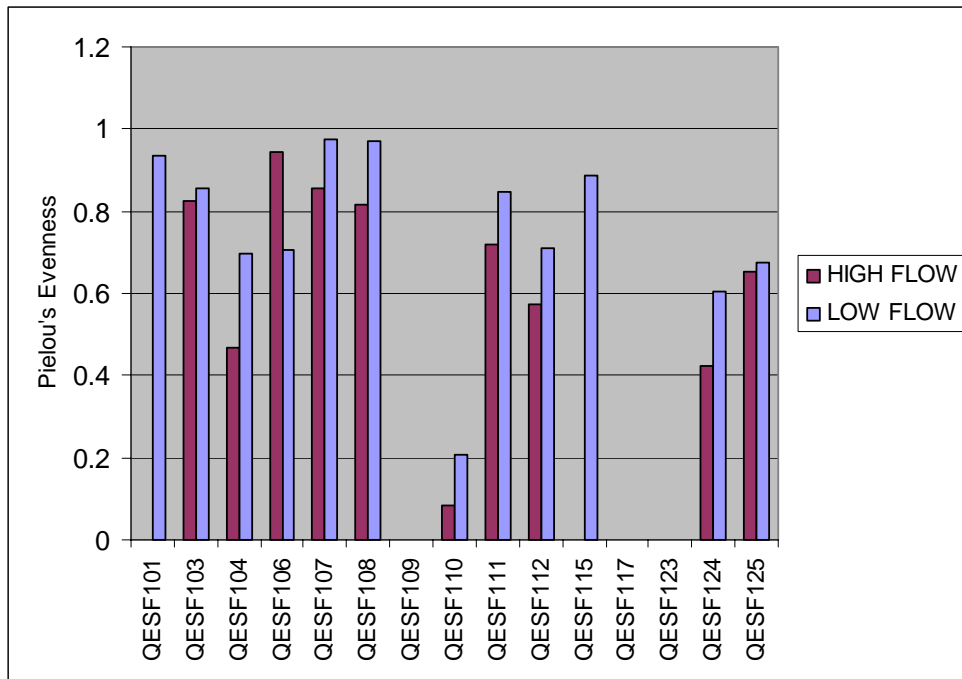
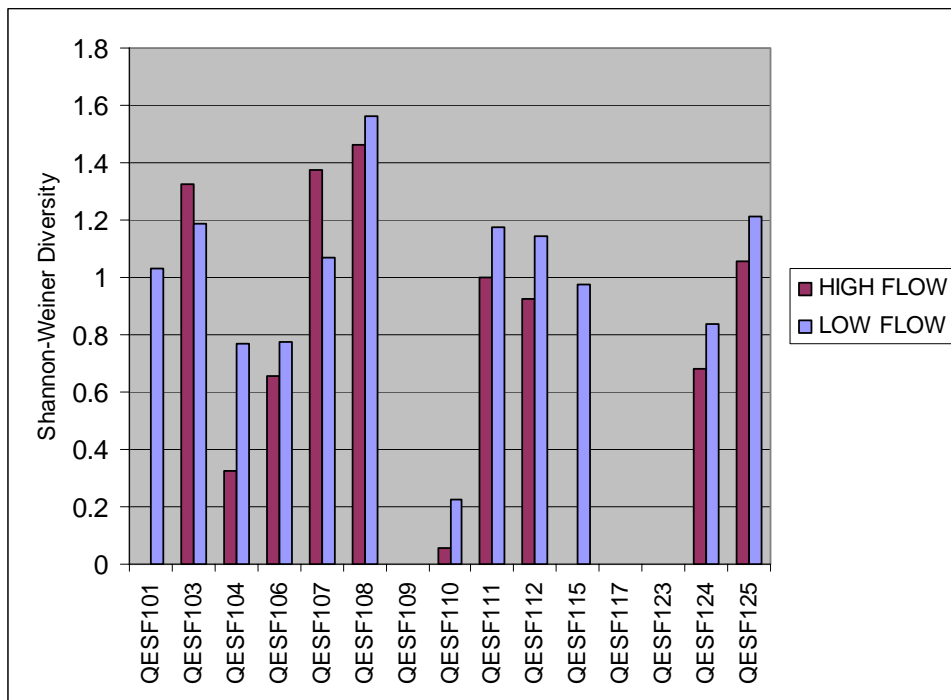


Figure 33 Fish Species Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index (1963) Measured in the Mine Area during High and Low Flow



3.1.4.2 Relationships Between Ichthyofauna Samples

Cluster analysis of ichthyofauna data for the mine area revealed relatedness between three groups, with two sites not showing relatedness to any other sites (QESF123 and QESF115; Figure 34). This relatedness between the three groups was also reflected in the NMDS ordination plot (Figure 35).

3.1.4.3 Spatial Differences in Sample Associations

The ANOSIM procedure described in Section 4.6.2 was used to test the statistical validity of the three groups identified in the ichthyofauna cluster analysis.

Results of the ANOSIM indicate that significant differences exist between the groups identified in Figure 34 ($R > 0.7$) (Table 14).

Figure 34 Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis for the Mine Area Fish Data High (a) and Low Flow (b)

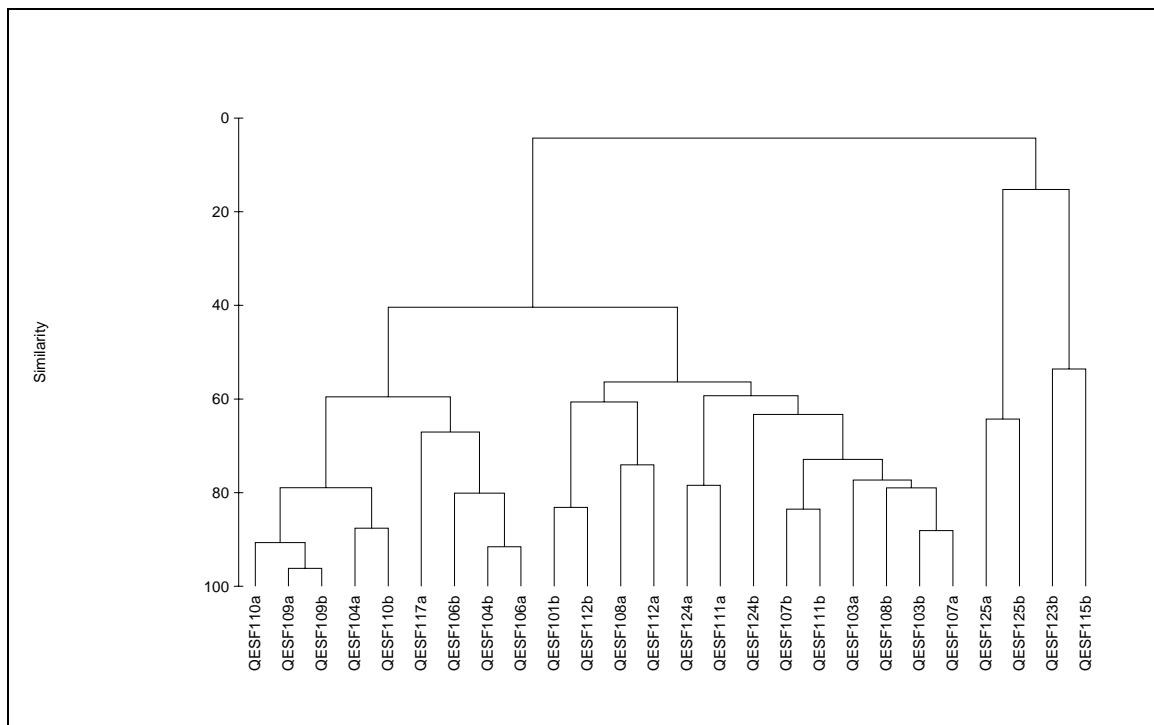


Figure 35 Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Fish Data Collected in the Mine Area During High (a) and Low Flow (b)

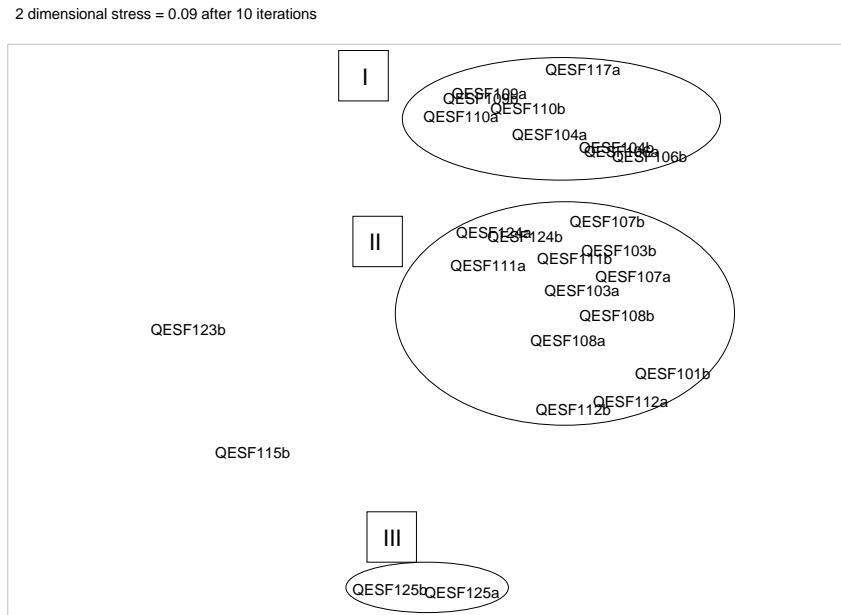


Table 14 Analysis of Similarity (ANOSIM) between Ichthyofauna Groups Identified in the Mine Area During the High Flow and Low Flow Surveys

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
I vs. II	0.709	0.1	497,420	999	0
I vs. III	1	1.8	55	55	1
II vs. III	1	1	105	105	1

The sample sites in Group I are all unmodified (IHIA Class A) or largely natural forests with few modifications (IHIA Class B) (Table 7). In contrast, sites in Groups II and III all show moderate to critical levels of habitat impact, primarily deforestation (IHIA Class C – F) (Table 7). This change in species composition from predominantly indigenous species (Group I) under unimpacted conditions, to a mixture of indigenous and exotic species (Group II) under moderate to critical levels of impact, and the disappearance of indigenous species (Group III) under critically impacted conditions may be due to the inability of many indigenous organisms to track the shifts in food resources (i.e., terrestrial detritus versus in-situ algal production) caused by deforestation. In addition, habitat

destruction and competition from, and predation by, introduced species are considered to be major factors contributing to the current poor state of Madagascar's freshwater fish fauna (Benstead et al. 2003).

3.1.4.4 Spatial Differences in Species Associations

The procedure described in Section 2.6 was used to compare average similarities and dissimilarities between (inter-site) and within (intra-site) the groups identified in the ichthyofauna cluster analyses.

The dissimilarity between Group I and Group II was moderate (59.59%). In contrast, the average dissimilarity between Group I and Group III was very high (99.52%).

Group I consisted of two endemic species; *Ratsirakia legendrei* and *Rheocles alaotrensis*. Group I represents the most pristine forest sites where the species assemblages is composed entirely of endemic species. In Group I, *Ratsirakia legendrei* was the most abundant species and two species contributed to 100% of the similarity within the group (Table 15). *Ratsirakia legendrei* occurs in the highlands of Madagascar at altitudes of between 750 to 1,400 masl. The distribution of this species ranges from the Tsaratanana mountain in the north to the Mangoro River in the south, although additional populations may be present in the Betsileo region further south (Ravelomanana 2004).

The status of *Rarsirakia legendrei* is listed as DD (data deficient) by the IUCN Red List; however the status needs to be reviewed as it is possible that species radiation may have occurred and several separate species or sub-species may be present (pers. comm. P. Loiselle, Associate Curator of Freshwater Fish, New York Aquarium, N.Y. USA). At least two specimens of an unidentified *Ratsirakia* sp. were collected in the mine area. The first specimen of this unidentified species was collected at site QESF109 during the high flow survey, and the second at site QESF104 during the low flow survey.

The second endemic species that was collected in the mine area was *Rheocles alaotrensis* (Malagasy Rainbowfish). This species is typically associated with forested streams between 700 and 1,200 masl (Ravelomanana 2004). It occurs from the Lake Alaotra Basin and the headwaters of the Maningoro River in the north, to the headwaters of the Mangoro and Rianila rivers (Andasibe Region) in the south (Ravelomanana 2004). The western limit of this species' distribution is unknown; some researchers have collected it in the Ikopa and Betsiboka Rivers west of Antananarivo (Ravelomanana 2004). Although this species was originally regarded as one of the most widespread *Rheocles* species, its range has certainly contracted and fragmented significantly over the past century, and the

population in the Alaotra Region may be extinct (Ravelomanana 2004). Furthermore the status of this species needs to be reviewed as it is possible that species radiation has occurred and several separate species or sub-species may be present (pers. comm., P. Loiselle). Presently it is listed as VU (vulnerable) by the IUCN Red List.

Table 15 Individual Species Contribution to the Group I Similarities. Average Similarity = 68.96%

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Ratsirakia legendrei</i>	50.22	62.07	90.00	90.00
<i>Rheocles alaotrensis</i>	4.67	6.9	10.00	100.00

In Group II, *Xiphophorus maculatus* (Platy) was the most abundant species. Group II is composed of sites where the habitat integrity has deteriorated primarily due to deforestation, and exotic species dominate the assemblage, yet traces of the original endemic fauna persist.

Four species contributed to 98.24% of the similarity within the group (Table 16). Of these four species *Xiphophorus maculatus* (Platy) and *Ctenopoma ansorgii* (Ornate Ctenopoma) are exotic and *Ratsirakia legendrei* and *Rheocles alaotrensis* are endemic.

Table 16 Individual Species Contribution to the Group II Similarities. Average Similarity = 62.32%

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Xiphophorus maculatus</i>	24.92	20.36	32.67	32.67
<i>Ratsirakia legendrei</i>	31.15	16.07	25.79	58.46
<i>Rheocles alaotrensis</i>	11.92	13.20	21.18	79.64
<i>Ctenopoma ansorgii</i>	13.85	11.59	18.60	98.24

Tilapia zillii was the most abundant species in Group III. Group III represents complete deviation from the original state, due to persistent and large scale habitat destruction, the original endemic fauna has been entirely replaced by exotic fauna, no traces of the original endemic fauna could be found at these sites. Four species, all exotic, contributed to 100% of the similarity within Group III (Table 17).

**Table 17 Individual Species Contribution to the Group III Similarities.
Average Similarity = 64.30%**

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Tilapia zillii</i>	30.50	34.77	54.07	54.07
<i>Gambusia holbrooki</i>	15.00	13.38	20.81	74.88
<i>Carassius auratus</i>	2.00	9.46	14.72	89.59
<i>Channa maculata</i>	3.00	6.69	10.41	100.00

3.1.4.5 Temporal Differences in Species Associations

Groupings exhibited by the cluster analysis and NMDS ordination (Figures 34, 35) suggest that there are no significant temporal differences in species association between high flow and low flow.

3.2 TAILINGS AREA

3.2.1 In-situ Water Quality

The pH values in the tailings area were weakly acidic with a range from 5.1 to 6.4 (Table 18). The low pH may be attributed to the low-nutrient soils that are found in the tailings area. Low pH waters occur naturally in cases where low-nutrient soils encourage the growth of vegetation types that produce large amounts of secondary plant compounds, particularly polyphenolics, that decompose to form humic and other weak organic acids (Dallas & Day 2004).

Water temperatures in the tailings area were moderate to high during both seasons, and ranged from 24.8°C (TMT002) to 30.8°C (TMT006) during the high flow season, and from 25.0°C (TMT004) to 28.8°C (TMT001) during the low flow season (Table 18).

Table 18 Water Quality Parameters Measured In-Situ in the Tailings Area During High and Low Flow

Site	pH		TDS (ppm)		Temp (°C)	
	High flow	Low flow	High flow	Low flow	High flow	Low flow
TMT001	5.1	5.6	**	**	29.8	28.8
TMT002	6.1	6.5	**	**	24.8	26
TMT003	6	5.1	**	**	29.5	28.5
TMT004	6.4	5.8	**	**	30	25
TMT005	5.5	5.1	**	**	30	27.2
TMT006	5.9	5.3	**	**	30.8	28.5

** Below instrument detection limits.

3.2.2 Habitat Assessment

Results of the instream habitat survey and the IHIA are presented by site. An overall summary of IHIA and associated impact classes are provided in Table 19.

Table 19 Final Habitat Integrity Scores for the Tailings Area Sites

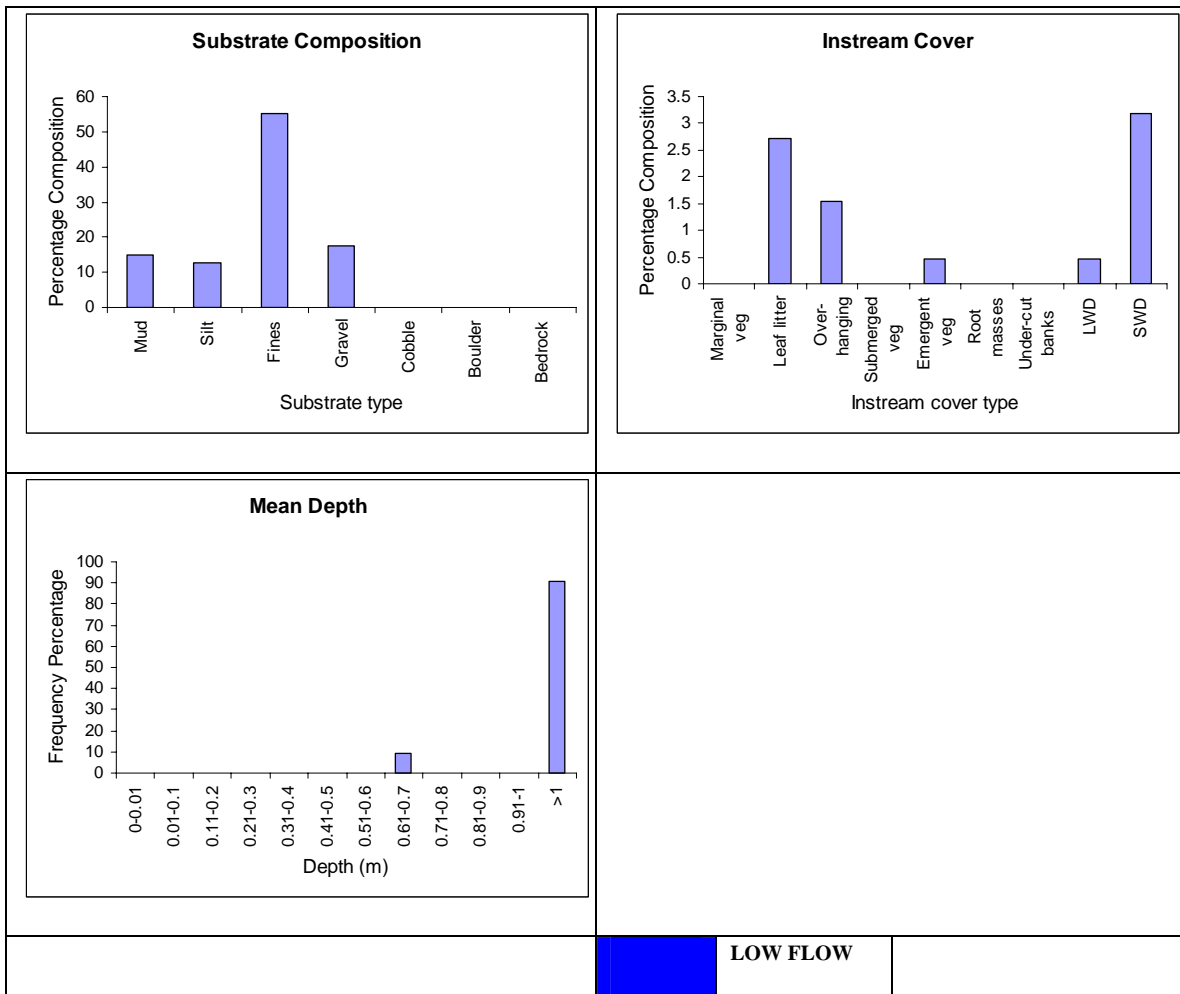
Site	Final Habitat Integrity Scores		Final Habitat Integrity Classes	
	Low Flow	High Flow	Low Flow	High Flow
TMT001	27.42	TMT001	E	E
TMT002	34.72	TMT002	E	E
TMT003	0.00	TMT003	F	F
TMT004	46.13	TMT004	D	E
TMT005	53.57	TMT005	D	D
TMT006	52.57	TMT006	D	E

3.2.2.1 Site TMT001

Habitat characterization was done during low flow only (Figure 35). The substrate at this site was composed of fines (55%), gravel (17.5%), mud (15%) and silt (12.5%). Instream cover was limited but consisted primarily of SWD, leaf litter and overhanging vegetation. The site exhibited deep pool habitat, with depths > 1 m. As the site consisted of a pool, no flow rates were recorded.

Habitat integrity at site TMT001 was characterized as extensively modified (IHIA Class E, Table 19). Channel modification, impacts to water quality due to the proximity of the village, indigenous vegetation removal and the presence of exotic fauna, especially *Channa maculata* (Blotched Snakehead), were the primary impacts affecting aquatic habitat integrity at this site.

Figure 35 Habitat Characteristics of Site TMT001 During the Low Flow Survey

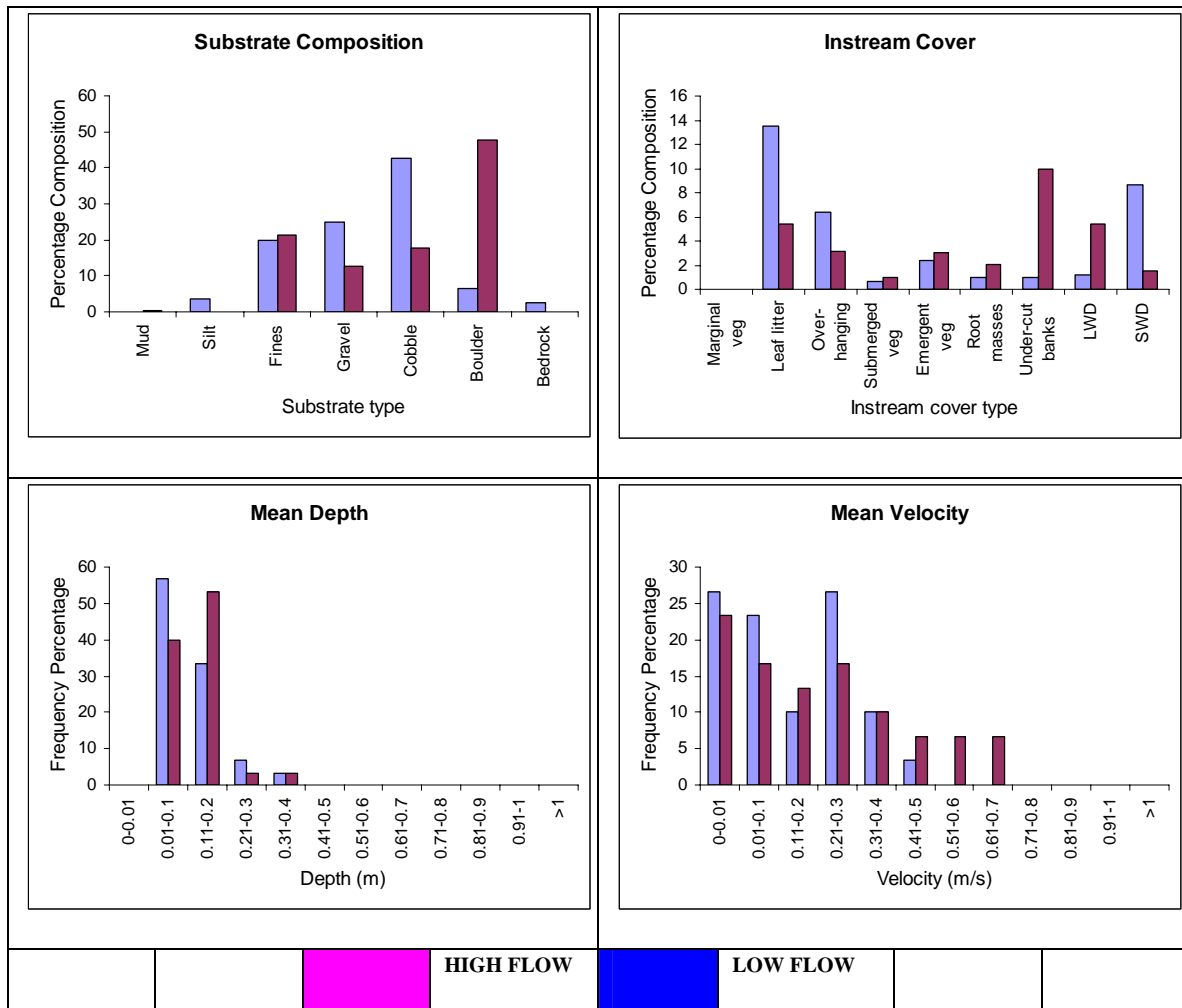


3.2.2.2 Site TMT002

The substrate at this site was dominated by boulder and cobble (Figure 36). Important instream cover was provided mostly by leaf litter, SWD and overhung vegetation during low flow, while undercut bank, LWD and leaf litter were the most abundant cover types during high flow. Flow rates were mostly slow (mostly 0.21 to 0.31 m/s), but some faster flows were recorded (0.61 to 0.7 m/s) during high flow. The site was mostly shallow (< 0.2 m) during both surveys (Figure 36).

Habitat integrity at site TMT002 was classified as extensively modified (IHIA Class E, Table 19). Indigenous vegetation removal and encroachment of invasive alien plants were the primary impacts affecting this site.

Figure 36 Habitat Characteristics of Site TMT002 During High and Low Flow Surveys



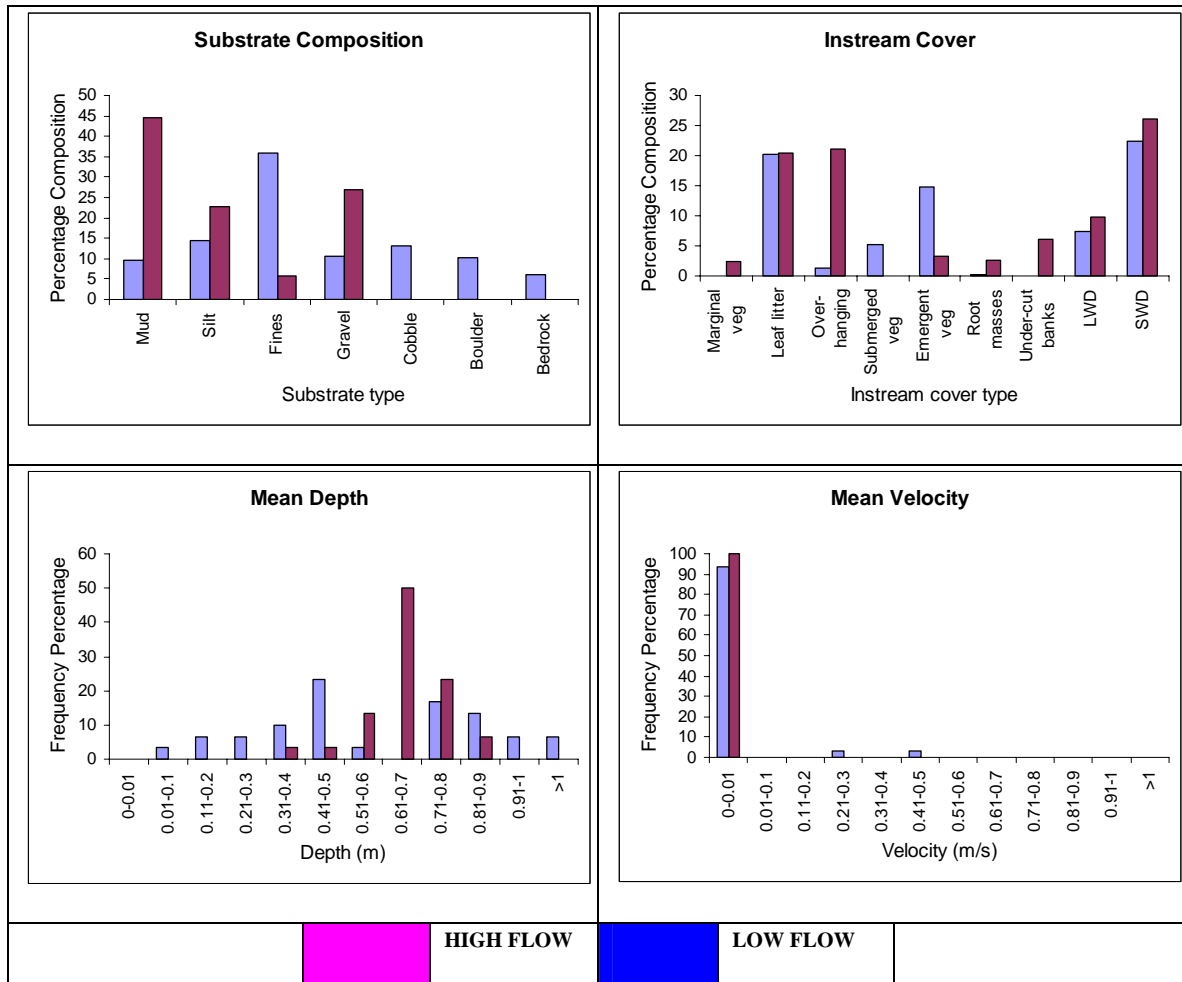
3.2.2.3 Site TMT003

The observed substrate at this site was dominated by smaller particles sizes with mud and gravel during high flow, and fines and silt during low flow (Figure 37). Leaf litter and SWD were important instream cover types in both season, including overhanging vegetation during high flow and emergent vegetation during low flow. Depth varied considerably at this site but was mostly moderately deep (0.41 to 0.5 m) during low flow and deep (0.61 to 0.7 m) during high flow. Flow rates were mostly slow (0 to 0.01 m/s) during both surveys (Figure 37).

Habitat integrity at site TMT003 was classified as critically modified (IHIA Class F, Table, 19). Extensive modifications to the bed, channel and flow

regime, the presence of exotic fauna especially *Channa maculata* (Blotched Snakehead), and indigenous vegetation removal were the primary impacts affecting habitat integrity at this site. A critical loss of natural biota and ecosystem function is usually associated with this degree of impact.

Figure 37 Habitat Characteristics of Site TMT003 During High and Low Flow Surveys

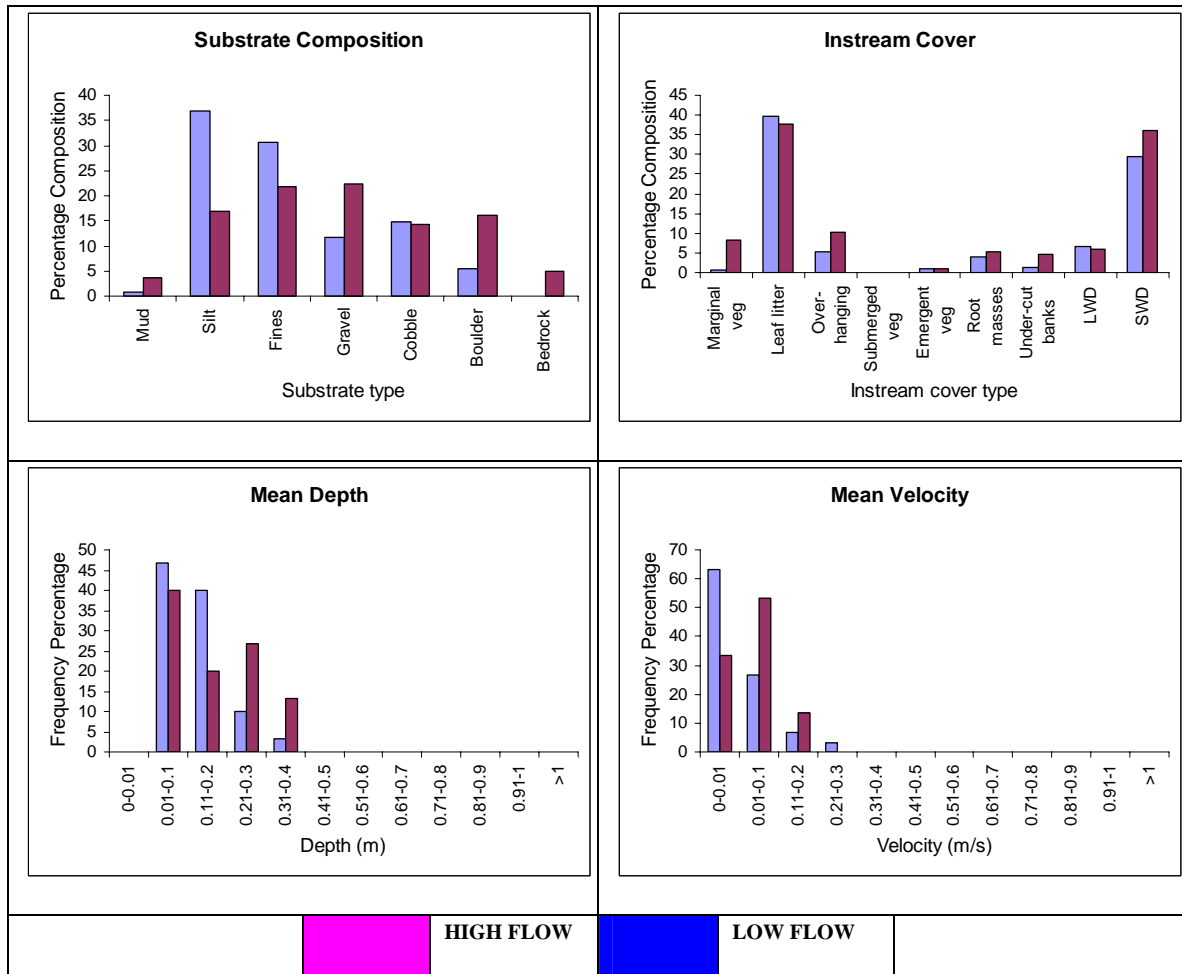


3.2.2.4 Site TMT004

The substrate at this site was diverse but consisted primarily of silt, fines and cobble (Figure 38). The site was characterized by mostly shallow (< 0.2 m), slow-flowing (mostly < 0.1 m/s) habitats and instream cover consisted largely of leaf litter and SWD during both surveys.

Habitat integrity at site TMT004 was classified as largely impaired (IHIA Class D) during low flow and extensively impaired (IHIA Class E) during high flow (Table 19). Indigenous vegetation removal and exotic vegetation encroachment were the primary impacts affecting site TMT004.

Figure 38 Habitat Characteristics of Site TMT004 During High and Low Flow Surveys

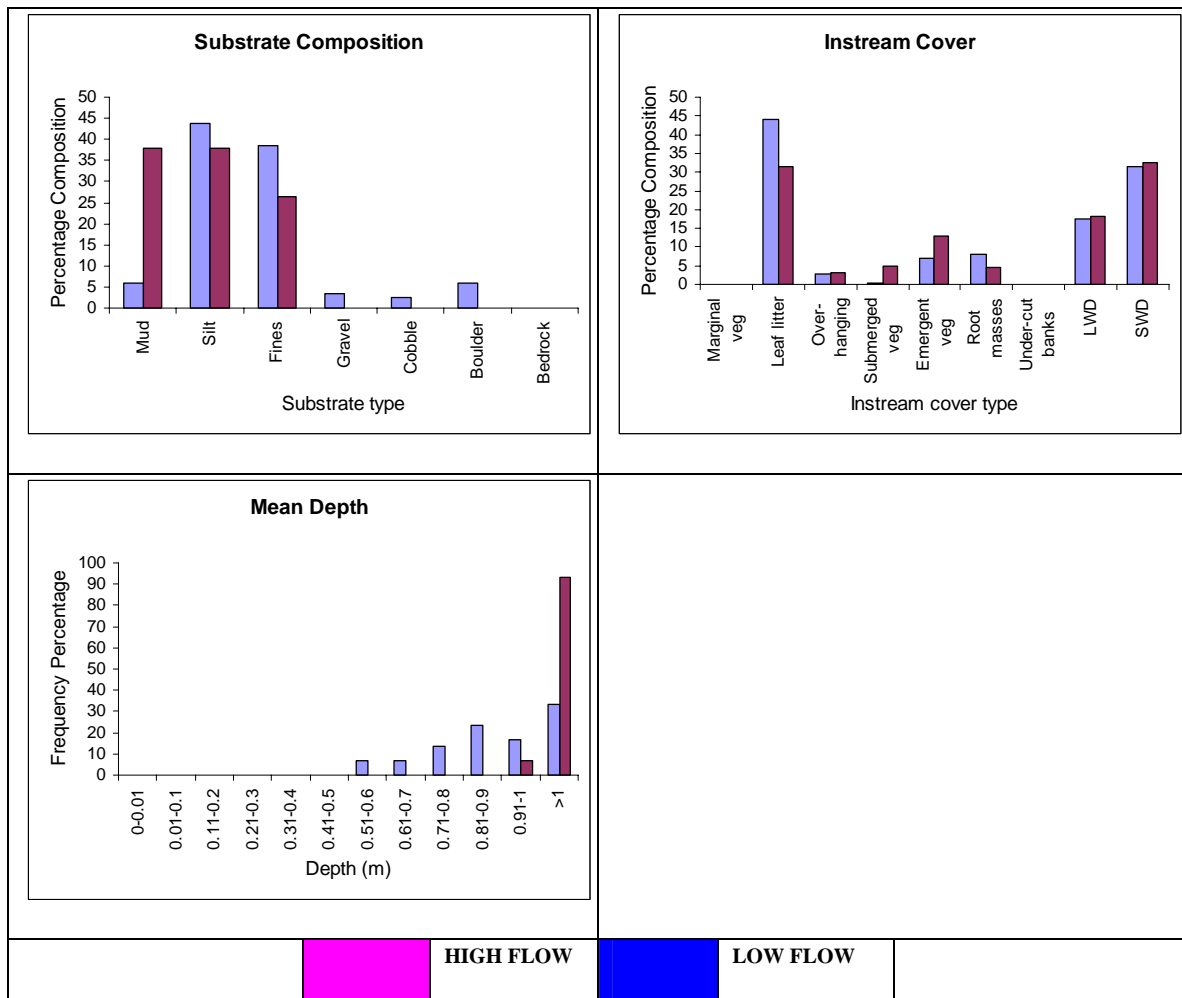


3.2.2.5 Site TMT005

Silt, fines and mud (high flow only) were the dominant substrate types (Figure 39). The site was characterized by deep (mostly > 1 m) slow-flowing (mostly 0 to 0.01 m/s) habitats and instream cover consisted primarily of leaf litter, SWD and LWD.

Habitat integrity at site TMT005 was classified as largely modified (IHIA Class D, Table 19). A large loss of natural habitat, biota and basic ecosystem function is associated with this degree of impact. The presence of exotic fauna, especially *Channa maculata* (Blotched Snakehead), indigenous vegetation removal, and exotic vegetation encroachment were the primary impacts affecting habitat integrity at this site.

Figure 39 Habitat Characteristics of Site TMT005 During High and Low Flow Surveys



3.2.2.6 Site TMT006

This site consisted primarily of a large intact wetlands. Habitat characterization was not done at this site.

Habitat integrity at site TMT006 was classified as largely modified (IHIA Class D) during low flow and extensively modified (IHIA Class E) during high flow (Table 19). The presence of exotic fauna especially *Channa maculata* (Blotched Snakehead), indigenous vegetation removal, and exotic vegetation encroachment were the primary impacts affecting habitat integrity at this site.

3.2.3 Aquatic Macroinvertebrates (Tailings Area)

3.2.3.1 Current Species Composition

A total of 55 macroinvertebrate taxa were recorded in the tailings area, 35 during the low flow survey and 44 during the high flow survey. The taxonomic composition of the macroinvertebrate samples collected in the tailings area is provided in Volume J, Appendix 3.1, Attachment 1, Sub - Attachment 3. As indicated for the fish fauna; identifications are preliminary and subject to completion of independent confirmations.

Figure 40 presents the total number of macroinvertebrate taxa collected in the tailings area. The highest number of invertebrate taxa was collected at site TMT006 during the high flow survey. The lowest number of macroinvertebrate taxa was recorded at site TMT005 during the low flow survey. At sites TMT001 and TMT003 the number of macroinvertebrate taxa collected increased during the low flow survey. At sites TMT005 and TMT006 the number of macroinvertebrate taxa collected decreased during the low flow survey, and at site TMT004 the number of macroinvertebrate taxa collected was similar during both surveys.

The pattern in abundance of total number of individual organisms collected at each site was similar to that of the total number of taxa with the highest numbers of organisms occurring at sites TMT006 and TMT002 during the high flow survey and the lowest number at site TMT005 during the low flow survey (Figure 41).

Based on Margalef's Measure of Richness (1961), the highest species richness was recorded at site TMT006 during the high flow survey and the lowest at site TMT005 during the low flow survey (Figure 42).

Pielou's Evenness values were high for all the sites for both surveys indicating that individuals were evenly distributed over the species in the sample (Figure 43).

Based on Shannon-Wiener's Diversity Index (1963), macroinvertebrate diversity was higher during the low flow than high flow surveys at sites TMT001 and TMT003, and vice-versa for sites TMT004, TMT005, and TMT006 (Figure 45).

Figure 40 Total Number of Macroinvertebrate Taxa Collected in the Tailings Area During High and Low Flow

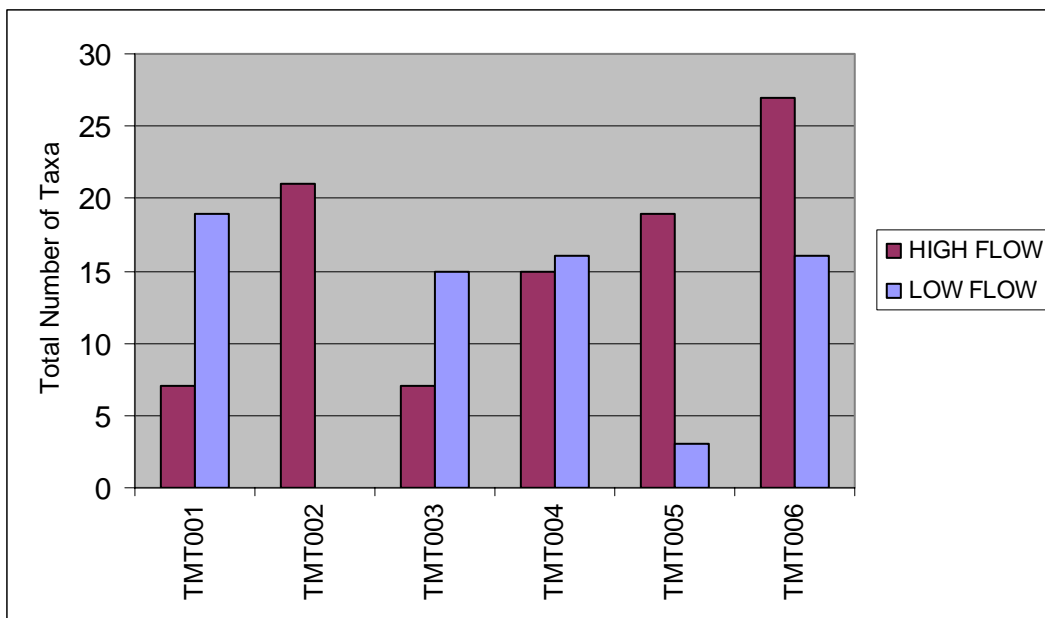


Figure 42 Total Number of Macroinvertebrates Collected in the Tailings Area During the High and Low Flow

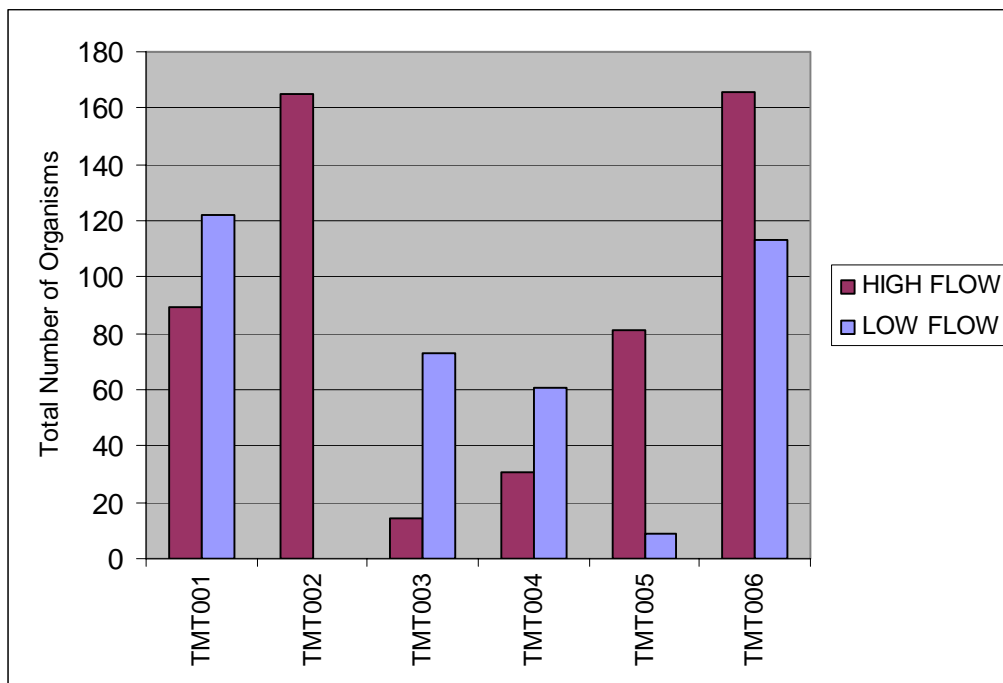


Figure 43 Macroinvertebrate Family Richness, based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured in the Tailings Area during High and Low Flow

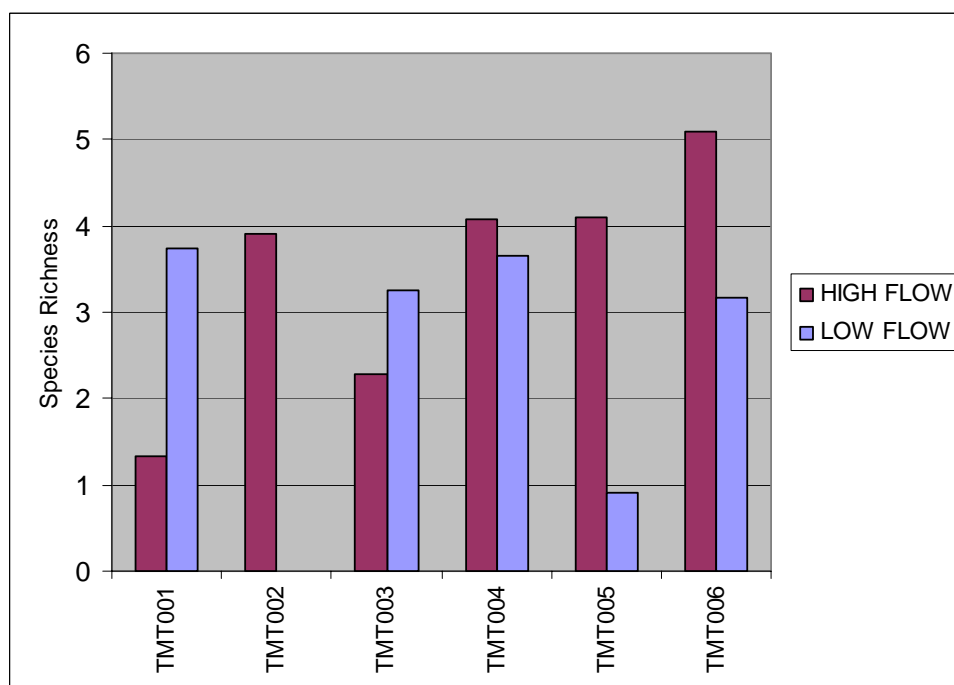


Figure 44 Macroinvertebrate Evenness Values Measured in the Tailings Area during the High and Low Flow

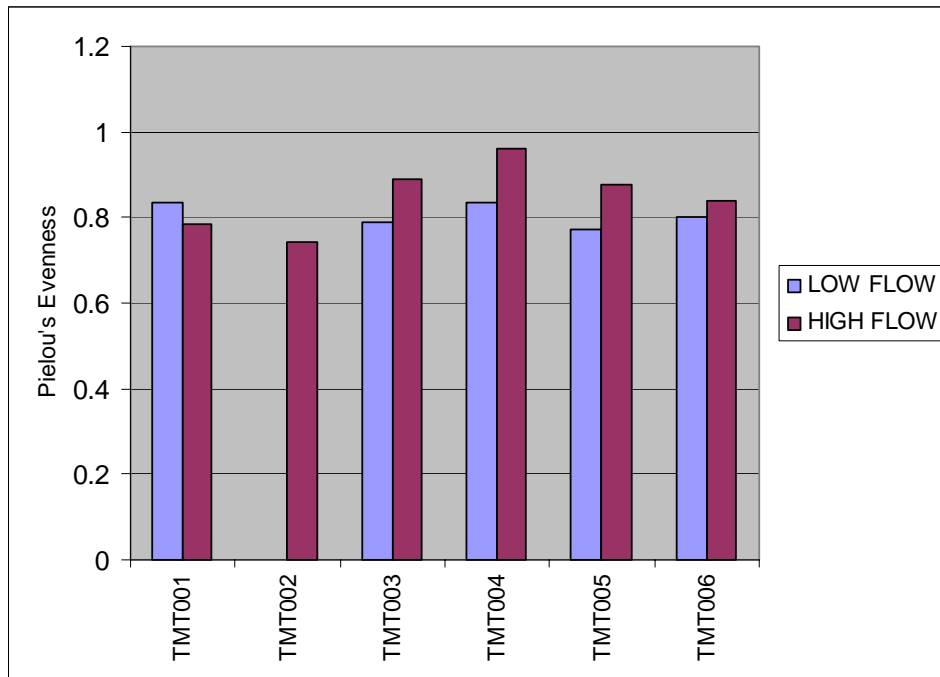
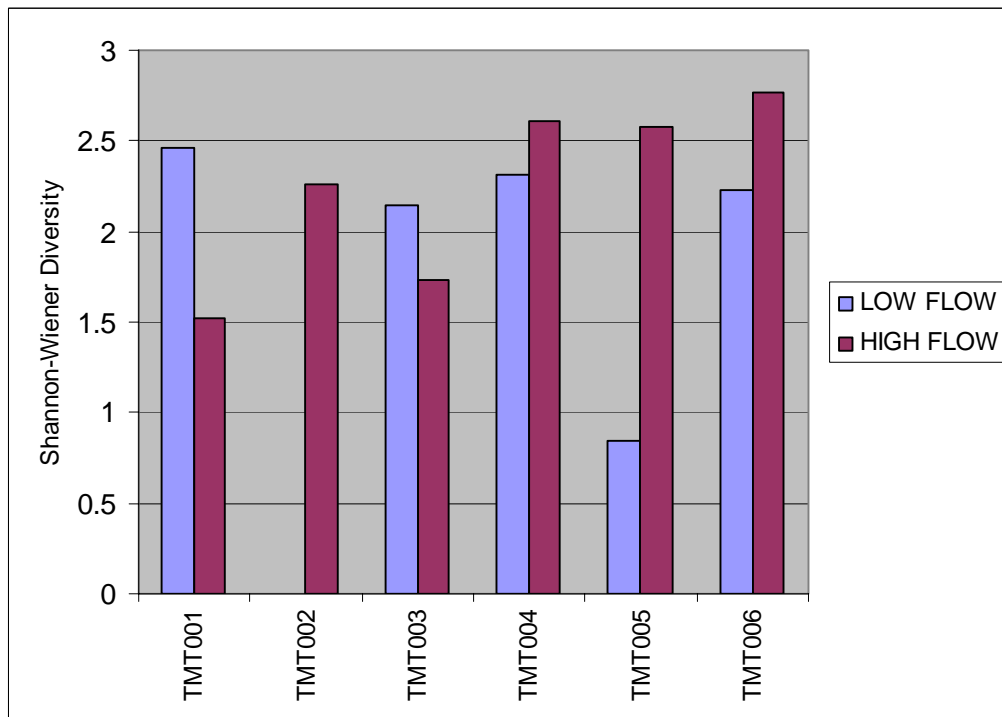


Figure 45 Macroinvertebrate Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index, Measured in the Tailings Area During High and Low Flow



3.2.3.2 Relationships Between Macroinvertebrate Samples

Cluster analysis of macroinvertebrate data revealed relatedness between two groups with two sites (TMT005b, TMT003a) not showing relatedness to any other sites (Figure 46). The relatedness between the two groups was also reflected in the NMDS ordination plot (Figure 47).

3.2.3.3 Spatial Differences in Sample Associations

The ANOSIM procedure described in Section 4.6.2 was used to test the statistical validity of the two groups identified in the cluster analysis (Table 20). The results of the ANOSIM indicate that the groups are well separated ($R > 0.7$).

Figure 46 Bray-Curtis ranked Cluster Analysis of Macroinvertebrate Samples Collected in the Tailings Area During High (a) and Low Flow (b)

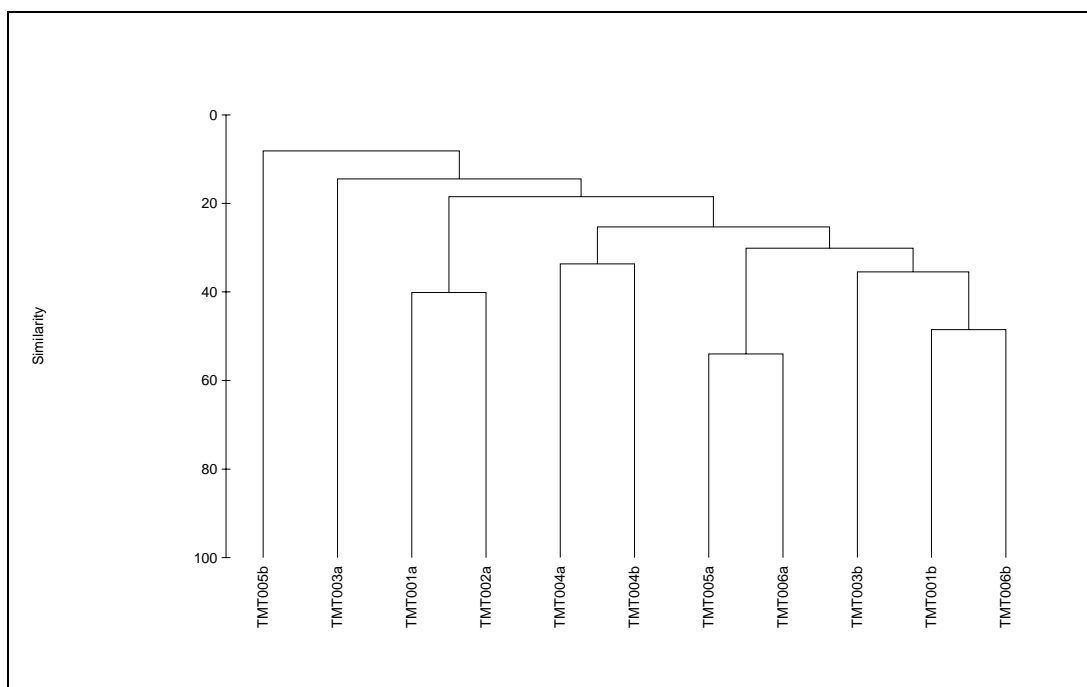


Figure 47 Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Macroinvertebrate Data Collected in the Tailings Area During High (a) and Low Flow (b)

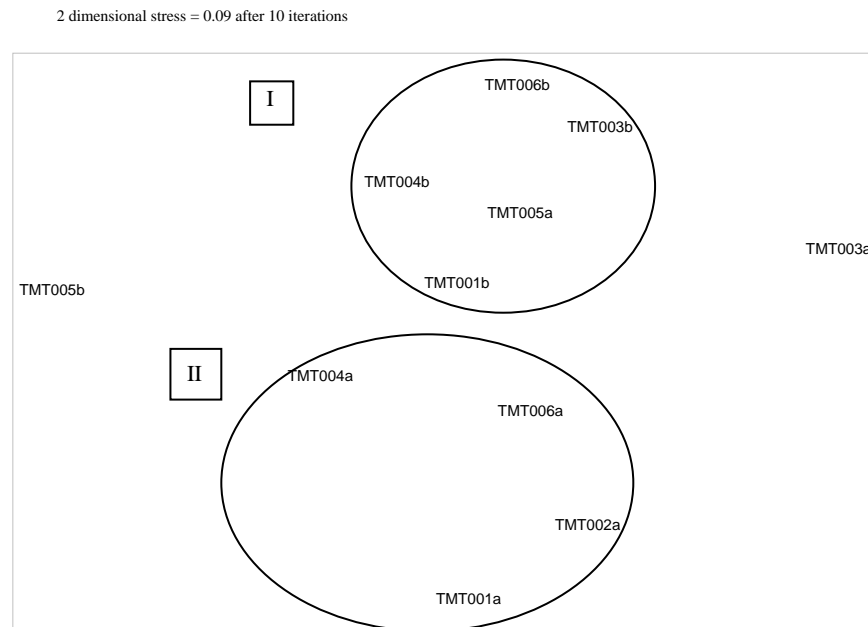


Table 20 Analysis of Similarity (ANOSIM) between Macroinvertebrate Groups from the Tailings Area during High and Low Flow

Groups	R Statistic	Significance Level %	Actual Permutations	Number >= Observed
I vs. II	0.713	0.8%	126	1

With the exception of TMT005, Group I is comprised of sites surveyed during the low flow survey (Figure 46). Group II is comprised entirely of sites surveyed during the high flow survey (Figure 46). This suggests a seasonal change in macroinvertebrate diversity and abundance in the tailings area.

3.2.3.4 Spatial Differences in Family Associations

The procedure described in Section 4.6.2 was used to compare average similarities and dissimilarities between (inter-site) and within (intra-site) the groups identified in the cluster analyses.

Groups I and II showed a high degree of dissimilarity (79.13%). This may be due to several different environmental forcing factors such as seasonal changes in temperature, water levels or shifts in the availability of food that result in different family assemblages during the high and low flow seasons.

Using this same method it is possible to examine the contribution each family made to the similarity within a site. The more abundant the family within a site, the more it contributes to the intra-site similarity and is said to typify a site (Clarke and Warwick 1994).

In Group I, Chironomidae (Midges) was the most abundant taxa (Table 21). Fifteen taxa contributed to 91.5% of the similarity within the group.

Table 21 Macro-Invertebrate Importance Ratings Presented as a Percentage of the Total Contribution In Group I. Only those Species Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution Are Presented. Average Similarity = 34.93%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Chironomidae</i>	15.0	6.8	19.5	19.5
<i>Platycnemudidae</i>	7.0	4.3	12.2	31.6
<i>Coenagrionidae</i>	11.4	3.9	11.0	42.7
<i>Atyidae</i>	4.2	2.4	6.9	49.6
<i>Thiaridae</i>	7.6	2.4	6.8	56.4
<i>Gerridae</i>	1.2	1.7	4.9	61.2
<i>Aphelocheiridae</i>	3.0	1.5	4.2	65.4
<i>Veliidae</i>	2.4	1.4	3.9	69.3
<i>Corduliidae</i>	2.0	1.3	3.7	73.0
<i>Ecnomidae</i>	2.8	1.2	3.4	76.4
<i>Elmidae</i>	1.4	1.2	3.4	79.8
<i>Bythinellidae</i>	1.2	1.1	3.2	83.0
<i>Nepidae</i>	1.8	1.1	3.1	86.1
<i>Naucoridae</i>	1.6	1.0	2.8	88.9
<i>Planorbidae</i>	5.8	0.9	2.6	91.5

In Group II Atyidae (Class: Crustacea) was the most abundant taxa (Table 22). The Malagasy Atyidae fauna is remarkable in terms of its high species diversity and rate of endemism, 26 species are recognized, divided between four genera (*Caridina*, *Atyoida*, *Typhlopatsa* and *Parisia*) (Raharivololoniaina, 2004). Eleven taxa contributed to 90.29% of the similarity within the group.

Table 22 Macro-Invertebrate Importance Ratings Presented as a Percentage of the Total Contribution In Group II. Only Those Families Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 28.89%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Atyidae</i>	23.50	6.20	21.46	21.46
<i>Aeshnidae</i>	8.25	5.77	19.97	41.43
<i>Calopterygidae</i>	4.50	3.57	12.37	53.80
<i>Hydropsychidae</i>	2.00	3.19	11.04	64.84
<i>Hydrobiidae</i>	10.75	1.65	5.71	70.55
<i>Leptoceridae</i>	9.00	1.25	4.34	74.89
<i>Libellulidae</i>	12.25	1.17	4.06	78.95
<i>Naucoridae</i>	3.00	1.01	3.51	82.46
<i>Thiaridae</i>	2.00	0.84	2.90	85.36
<i>Mesoveliidae</i>	2.00	0.84	2.90	88.26
<i>Gerridae</i>	3.25	0.59	2.03	90.29

3.2.4 Ichthyofauna (Tailings Area)

3.2.4.1 Current Species Composition

A total of 17 fish species were recorded in the tailings area. Of this, five species are endemic to Madagascar, four are indigenous but not endemic (native), and eight species are introduced /exotic. The taxonomic composition of the fish sample collected in the tailings area is provided in Volume J, Appendix 3.1, Attachment 1, Sub - Attachment 4 and is subject to independent confirmation.

Figure 48 identifies the total number of fish species collected in the tailings area. The highest number of species was collected at sites TMT002 and TMT006 during the high flow survey. With the exception of sites TMT004, where the number of species was greater during the low flow, and TMT001 where the number remained the same, the number of species recorded at all other sites decreased during the low flow survey.

The highest abundance of fish was recorded at site TMT003 during the low flow survey (Figure 49); the lowest abundance was recorded at site TMT005 during the high flow survey.

Based on Margalef's Measure of Richness (1961), the highest species richness was recorded at site TMT002 during the high flow survey, the lowest species richness was recorded at site TMT003 during the low flow survey (Figure 50). Species richness was higher during the high flow, with the exceptions of TMT001 and TMT004 (Figure 50).

Pielou's Evenness Scores were relatively even across all the sites sampled indicating that individuals were evenly distributed over the species in the sample (Figure 51).

Based on Shannon Weiner's Index of Diversity (1963), which combines the species richness and evenness components, the highest diversity was recorded at site TMT001 (Figure 52).

Figure 48 Total Number of Fish Species Recorded in the Tailings Area during High and Low Flow

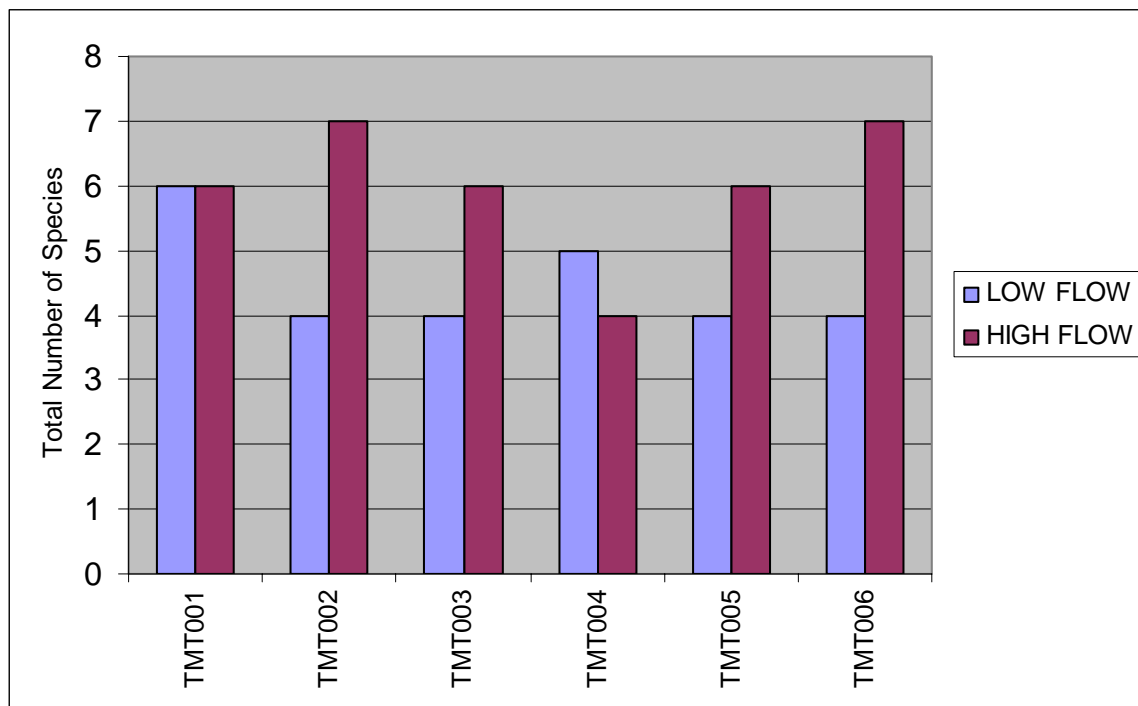


Figure 49 Total Number of Fish Collected in the Tailings Area during High and Low Flow

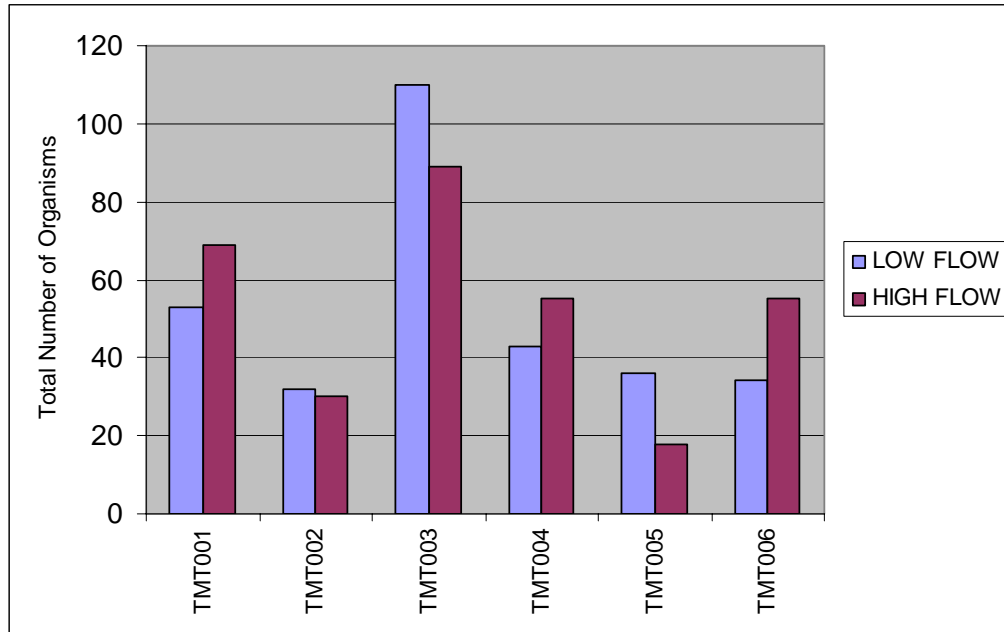


Figure 50 Fish Species Richness, Based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured in the Tailings Area During High and Low Flow

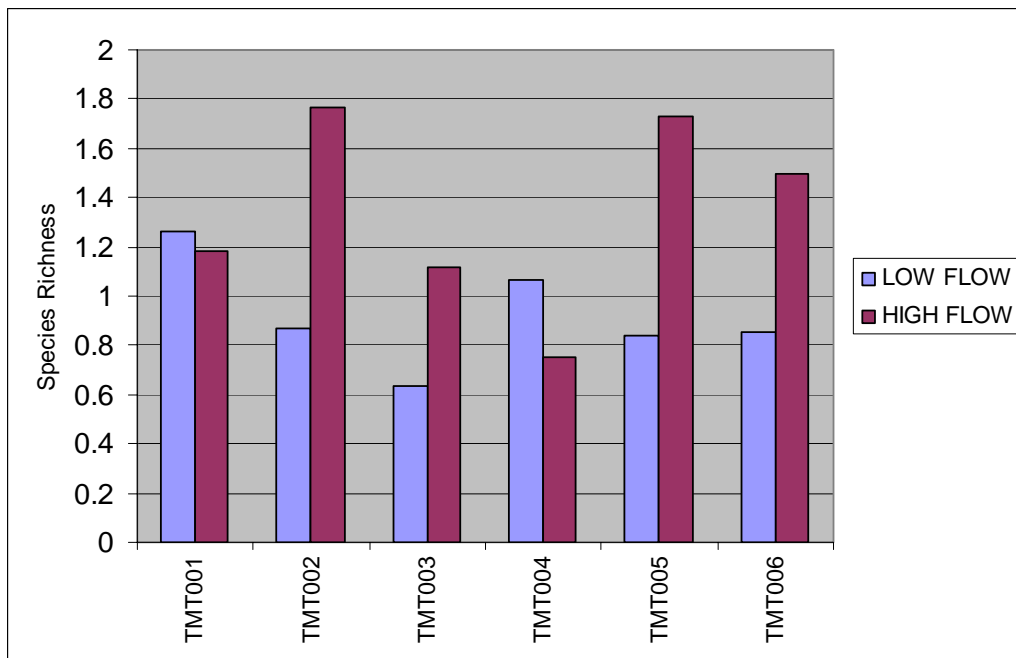


Figure 51 Fish Species Evenness Based on Pielou's Evenness Index (1986) Measured in the Tailings Area During High and Low Flow

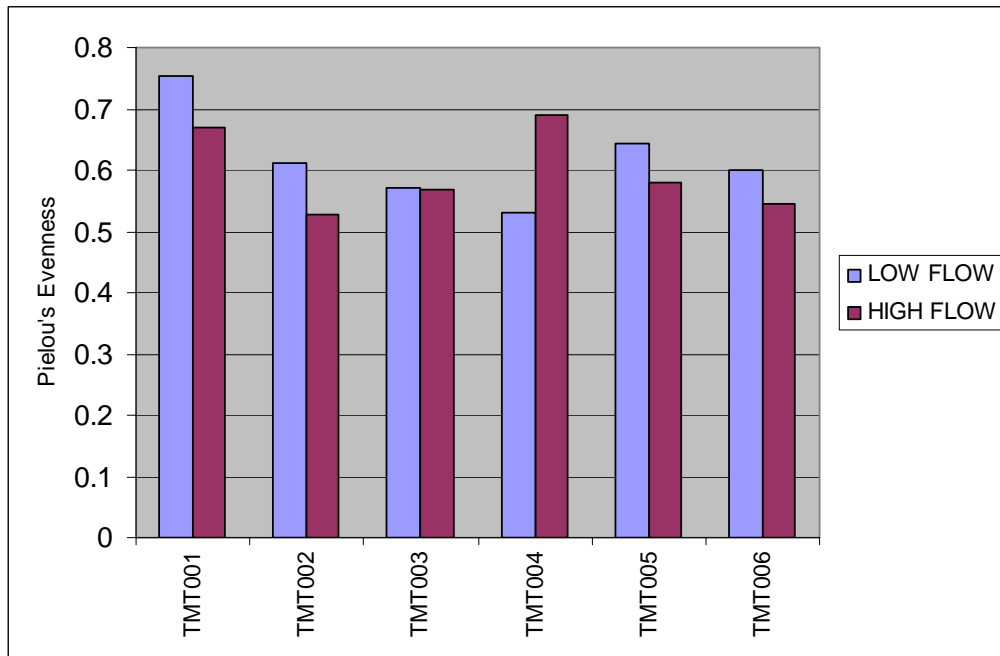
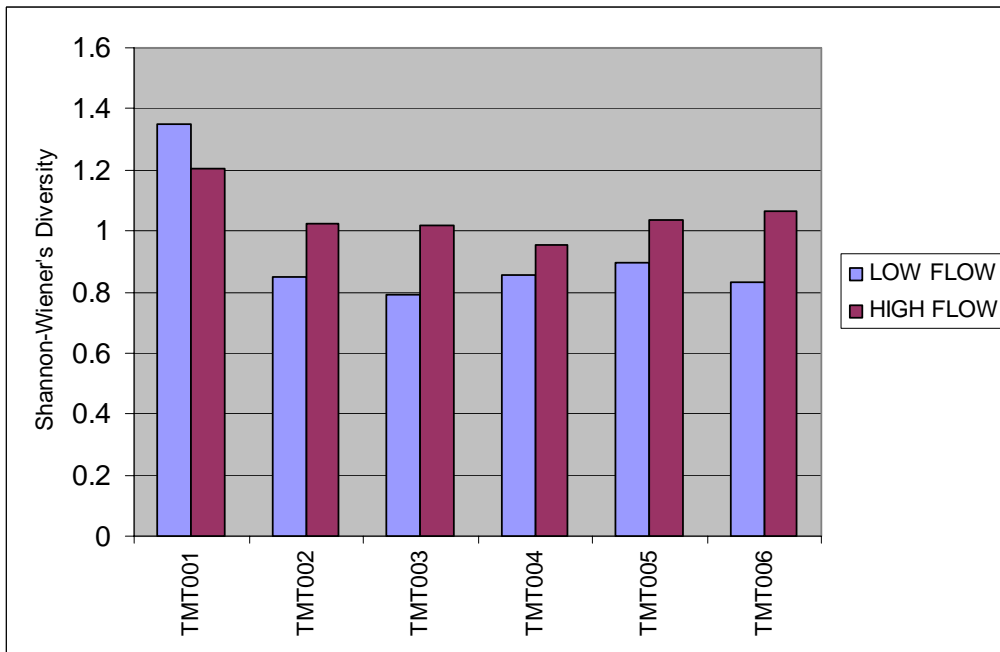


Figure 52 Fish Species Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index (1963), Measured in the Tailings Area During High and Low Flow



3.2.5 Relationships between Ichthyofauna Samples

Cluster analysis of low flow data revealed relatedness between three groups, with two sites not showing relatedness to any other sites (Figure 53). The relatedness between the three groups of sites was also reflected in the NMDS ordination plot (Figure 54).

Figure 53 Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis of Ichthyofauna Data Collected in the Tailings Area During High (a) and Low Flow (b)

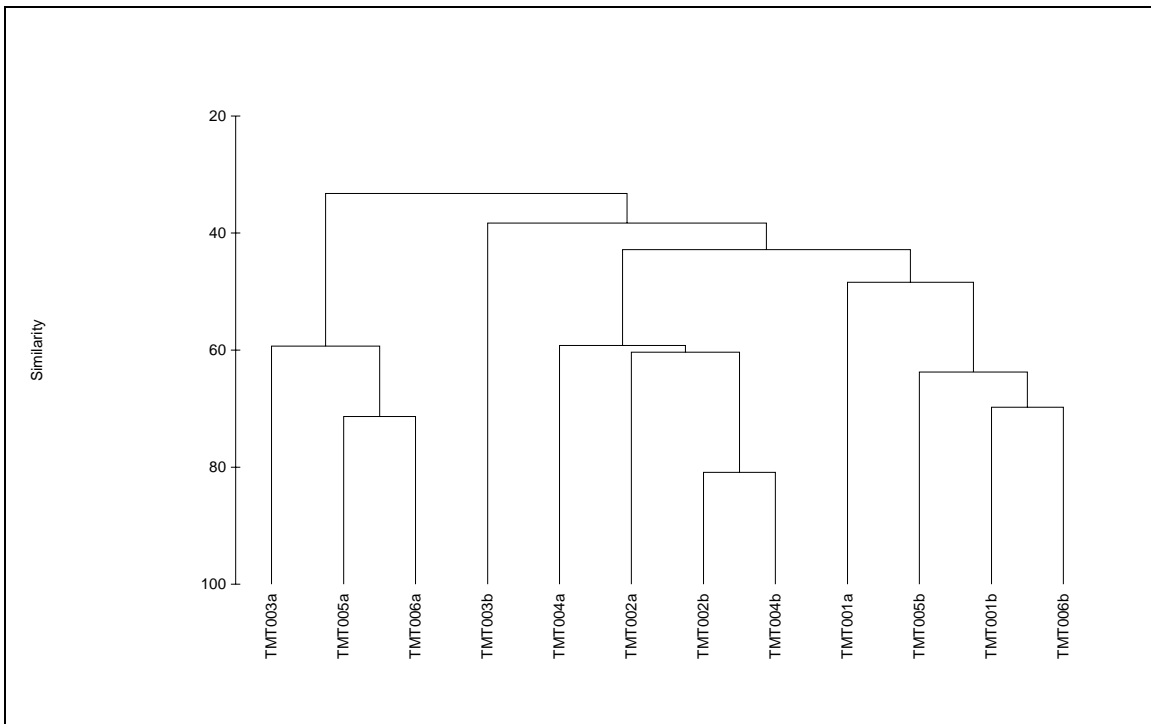
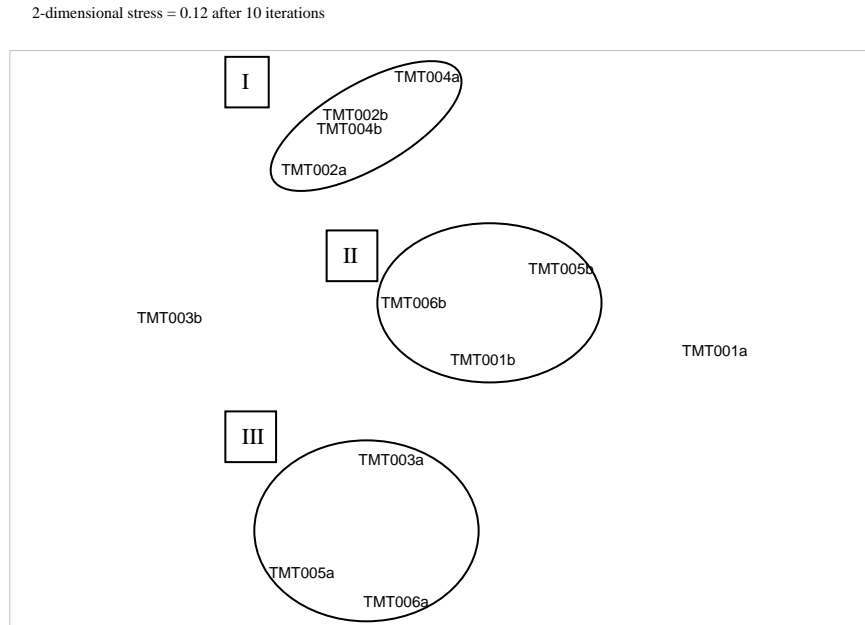


Figure 54 Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Ichthyofauna Data Collected in the Tailings Area During High (a) and Low Flow (b)



3.2.5.1 Spatial Differences in Sample Associations

The ANOSIM procedure described in Section 4.6.2 was used to test the statistical validity of the three groups identified in the cluster analysis (Table 23).

Results of the ANOSIM indicate that significant differences exist between the groups identified in Figure 34 ($R > 0.7$).

Table 23 Analysis of Similarity (ANOSIM) Between Groups Identified in Ichthyofauna Data for the Tailings Area During the Low Flow Survey

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number \geq Observed
I vs. II	0.907	2.9	35	35	1
I vs. III	1	2.9	35	35	1
II vs. III	0.926	10	10	10	1

3.2.5.2 Spatial Differences in Species Associations

Average similarities and dissimilarities between (inter-site) and within (intra-site) groups were compared to examine the contribution (importance) of each species to the two groups identified in the cluster analyses.

Dissimilarity between Groups I and II was moderate (51.87%). Dissimilarity between Groups I and III was moderate to high (71.45%). Dissimilarity between Groups II and III was moderate (56.95%).

Using this same method it is possible to examine the contribution each species made to the similarity within a site. The more abundant the species within a site, the more it contributes to the intra-site similarity and typifies a site (Clarke and Warwick 1994).

In Group I *Bedotia madagascariensis* (IUCN Red List status: NT [Near Threatened]), was the most abundant species. This endemic species occurs in rivers and streams at moderate to low altitudes (> 700 masl). It ranges from the Ivoloia River north of Toamasina to the Mangoro River in the south. A small population also occurs in the headwaters of the Betsiboka and Ikopa rivers (Ravelomanana, 2004). The range of this species is fragmented and has contracted in the face of habitat destruction due to deforestation and pressure from exotic competitors and predators such as *Channa maculata* (Blotched Snakehead) and *Xiphophorus maculatus* (Platy) (Ravelomanana, 2004). Three species contributed to 95.68% of the similarity within the group (Table 24).

Table 24 Fish Species Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution In Group I. Only Those Species Responsible for up To 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 63.20%

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Bedotia madagascariensis</i>	22.25	38.04	60.19	60.19
<i>Xiphophorus maculatus</i>	13.25	17.82	28.20	88.39
<i>Glossogobius giurus</i>	0.75	4.60	7.28	95.68

In Group II *Bedotia madagascariensis* was again the most abundant species. Four species, two introduced and two endemic contributed to 96.07% of the similarity within the group (Table 25). *Channa maculata* is an invasive species that was introduced into Madagascar relatively recently (1978; Ravelomanana, 2004). It is a voracious predator that has rapidly dispersed across Madagascar and is

believed to have been responsible for the disappearance of at least one endemic Malagasy fish species from the wild (*Paratilapia polleni*) (Ravelomanana, 2004). The other endemic fish species recorded in Group II was *Hypseleotris tohizanae*. This species occurs in coastal regions at altitudes below 100 masl, it is also present of the islands of Nosy Be and St. Marie (Ravelomanana, 2004). *H.tohizane* is regarded as a tolerant species that can adapt to a wide variety of conditions, such as acidic (pH > 4) and alkaline waters (Ravelomanana, 2004). It is regarded as one of the least threatened endemic Madagascan fish species (Ravelomanana 2004).

Table 25 Fish Species Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution In Group II. Only Those Species Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 65.75%

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Bedotia madagascariensis</i>	26.33	42.02	63.91	63.91
<i>Channa maculata</i>	3.00	11.60	17.64	81.55
<i>Tilapia zillii</i>	4.33	0.17	7.86	89.41
<i>Hypseleotris tohizanae</i>	3.33	4.38	6.66	96.07

In Group III *Tilapia zillii* was the most abundant species. This exotic species is one of several African Cichlids introduced into Madagascar during the 1950s for aquaculture purposes. The introduced Cichlids are faster growing than the indigenous Madagascan Cichlids and are therefore favoured for aquaculture purposes. They have dispersed widely across Madagascar and few rivers or impoundments are not inhabited by at least a few introduced Cichlid species (Ravelomanana 2004). Introduced Cichlids place pressure on endemic Madagascan species by predation and competition. Five fish species, one endemic, one native and three exotic contributed to 95.64% of the similarity within the group (Table 26).

Table 26 Fish Species Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution in Group III. Only Those Species Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 63.33%

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Tilapia zillii</i>	37.67	31.05	49.02	49.02
<i>Glossogobius giurus</i>	2.00	7.99	12.61	61.64
<i>Bedotia madagascariensis</i>	5.33	7.18	11.33	72.97
<i>Channa maculata</i>	1.33	7.18	1.33	84.30
<i>Oreochromis macrochir</i>	3.33	7.18	11.33	95.64

3.3 SLURRY PIPELINE

3.3.1 In-situ Water Quality

Water quality parameters measured at pipeline survey sites are presented in Table 27.

The pH values recorded along the pipeline route were in the neutral range with the lowest pH (6.2) recorded at site R9+250 and the highest pH (7.8) recorded at site 145+700.

The TDS concentrations along the pipeline route were low (< 65 ppm). This may be attributed to the ancient geology and the high rainfall of the sample area, over time the majority of mineral salts may have been leached from the rocks.

Water temperatures along the pipeline route during the sample periods were seasonal and ranged from 17.5°C at site R2+000, to 29.5°C at site 178+900.

Dissolved oxygen (DO) concentrations were > 6 mg/L at all sites sampled along the pipeline route.

Table 27 Water Quality Parameters Measured In-Situ during the Pipeline Survey

Site	pH		TDS (ppm)		Temp (°C)		Diss O ₂ (mg/L)	
	High Flow	Low Flow	High Flow	Low Flow	High Flow	Low Flow	High Flow	Low Flow
R2+000	-	7.4	-	65	-	17.5	-	-
R5+575	-	6.68	-	0.06	-	23.5	-	6.9
R9+250	-	6.2	-	**	-	27	-	-
R16+100	-	6.98	-	0.04	-	-	-	7.8
042+300	-	-	-	-	-	-	-	-
052+500	7.1	-	**	-	26	-	7.3	-
060+600	7.2	-	**	-	23.5	-	6.5	-
107+200	-	7.6	-	26	-	-	-	8
136+200	-	-	-	-	-	-	-	-
145+700	-	7.83	-	0.06	-	26	-	7.9
157+700	-	7.25	-	0.06	-	25	-	7.5
175+200	-	7.1	-	0.08	-	27	-	6.4
178+900	-	7.4	-	33	-	29.5	-	7.5
E3 005+150*	-	6.9	-	-	-	-	-	8.3
E3 011+950*	-	-	-	23	-	-	-	6.8

* The prefix E3 denotes sites along an alternative pipeline route.

** Below instrument detection limits.

- No sampling conducted.

3.3.2 Habitat Assessment

Results of the instream habitat survey and the IHIA are presented by site. An overall summary of IHIA and associated impact classes is provided in Table 28.

Table 28 Final Habitat Integrity Scores and Classes for the Pipeline Sites

Site	Final Habitat Integrity Scores	Final Habitat Integrity Classes
R2+000	99.22	A
R5+575	26.60	E
R9+250	60.58	C
R16+100	55.40	D
042+300	99.22	A
052+500	88.97	B
060+600	91.62	A
107+200	90.75	A
136+200	68.42	C
145+700	50.44	D
157+700	80.60	B
175+200	31.86	E
178+900	38.80	E
E3 011+950	71.75	C
E3 005+150	54.15	D

3.3.2.1 Pipeline Site R2+000

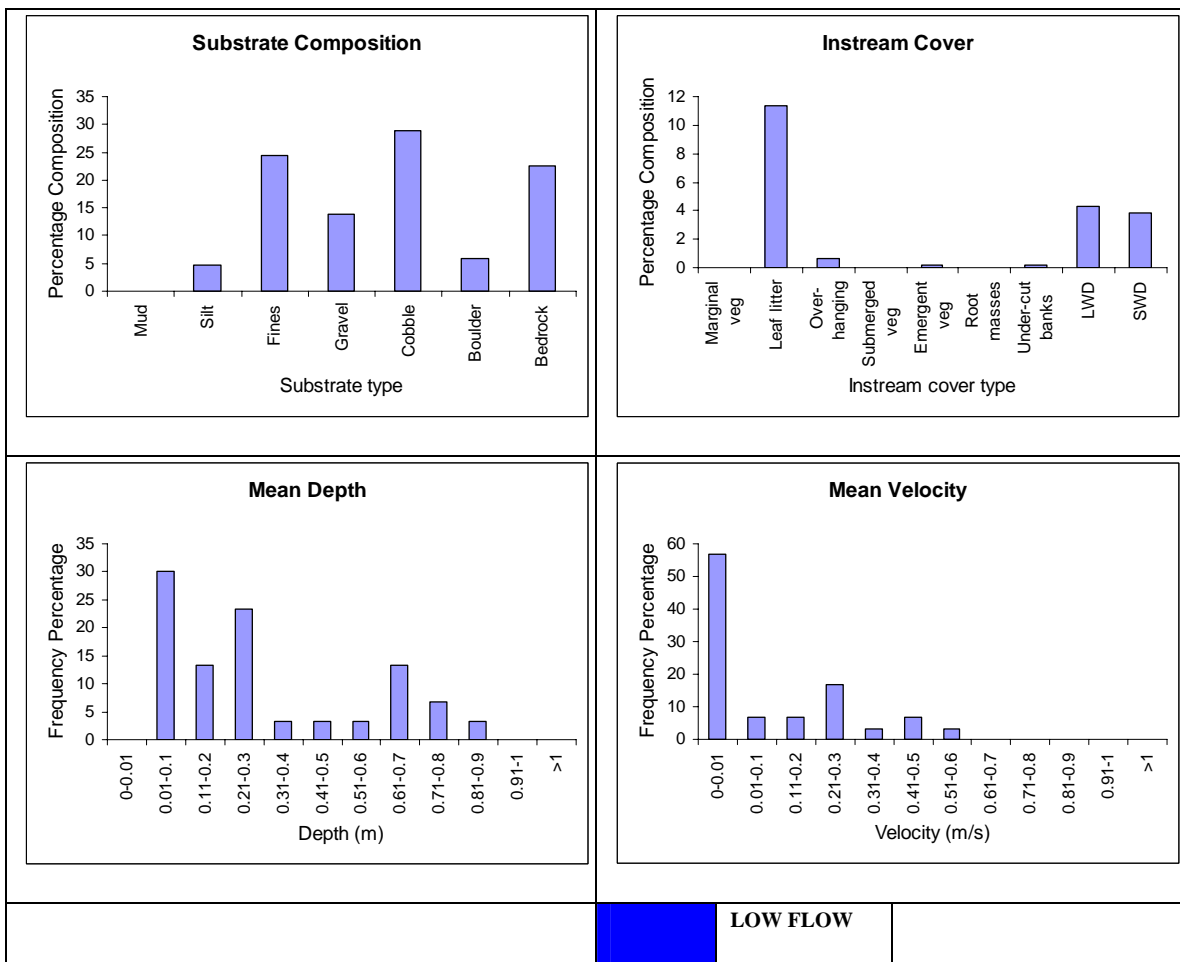
Habitat characteristics at this site are indicated in Figure 55. The substrate at this location was diverse but was dominated by cobbles (28.8%), fines (24.3%) and bedrock (22.5%). Instream vegetative cover consisted primarily of leaf litter, with a mix of LWD and SWD. The site was characterized by slow-flowing (mainly 0 to 0.01 m/s) habitats but some faster flows were measured within the riffle areas (0.51 to 0.6 m/s). Water depths were mostly shallow (0.01 to 0.1 m) but some deeper areas were recorded in the pools (0.81 to 0.9 m).

Habitat integrity at site R2+000 was classified as unimpacted or natural (IHIA Class A, Table 29). Although some deforestation has occurred, the canopy cover at this site remained intact.

Table 29 Analysis of Similarity (ANOSIM) Conducted Between Three Groups Identified in the Macroinvertebrate Data Pipeline Survey

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number >= Observed
I, II	0.896	2.9	35	35	1
I, III	0.813	0.8	126	126	1
III, II	0.506	1.6	126	126	2

Figure 55 Habitat Characteristics of Site R2+000 During Low Flow Survey



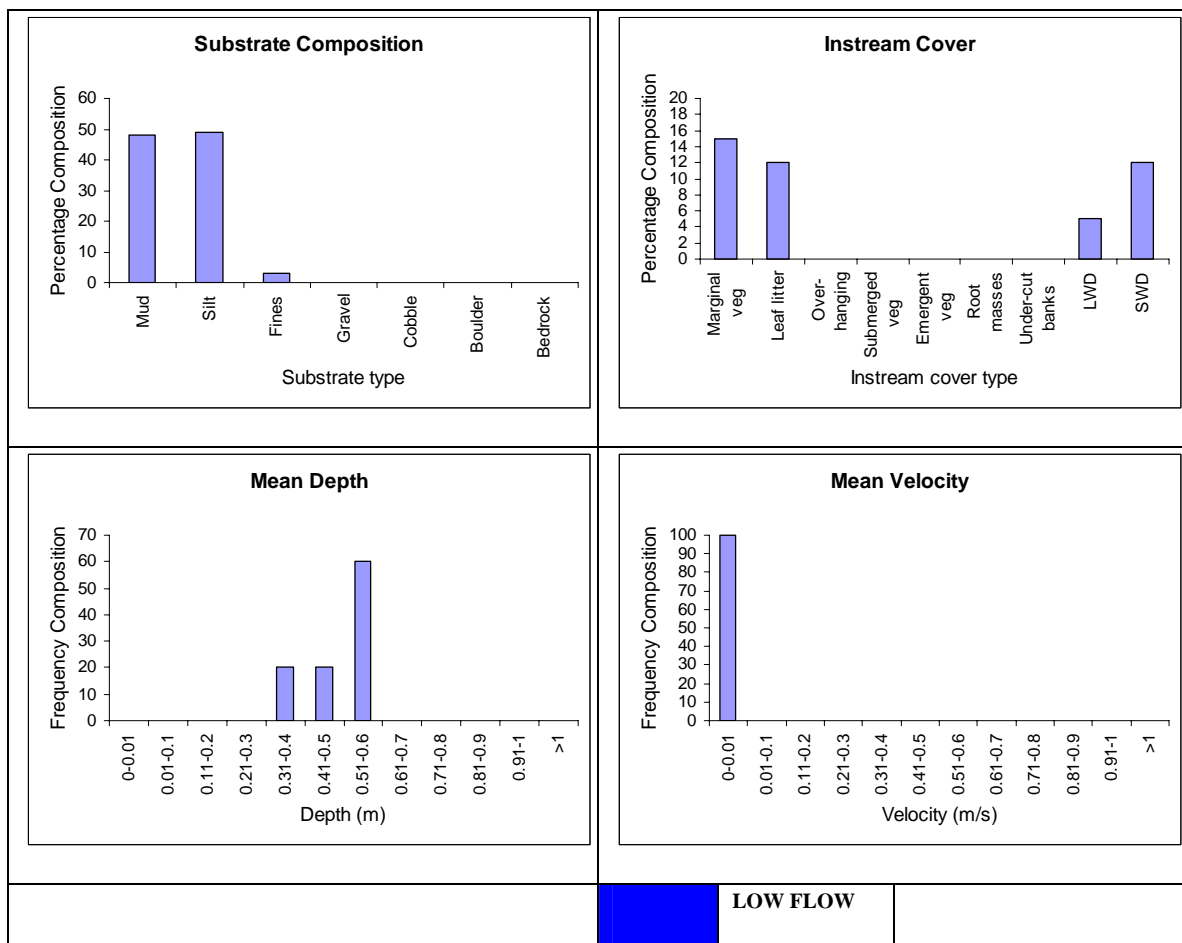
3.3.2.2 Pipeline Site R5+575

The substrate at this site (Figure 56) was composed almost entirely of mud (48%) and silt (49%). Instream cover was provided by leaf litter, marginal vegetation, SWD and LWD. Flow rates were slow (0.11 to 0.2 m/s) to moderate slowly

(0.41 to 0.5 m/s). The site was characterized by moderately deep (0.51 to 0.6 m) habitats.

Habitat integrity at site R5+575 was classified as extensively impacted (IHIA Class E, Table 29). An extensive loss of natural biota, habitat, and ecosystem function is associated with this degree of impact. Indigenous vegetation removal, exotic vegetation encroachment, and the presence of exotic fauna were the primary impacts affecting the habitat integrity at this site.

Figure 56 Habitat Characteristics of Site R5+575 During Low Flow



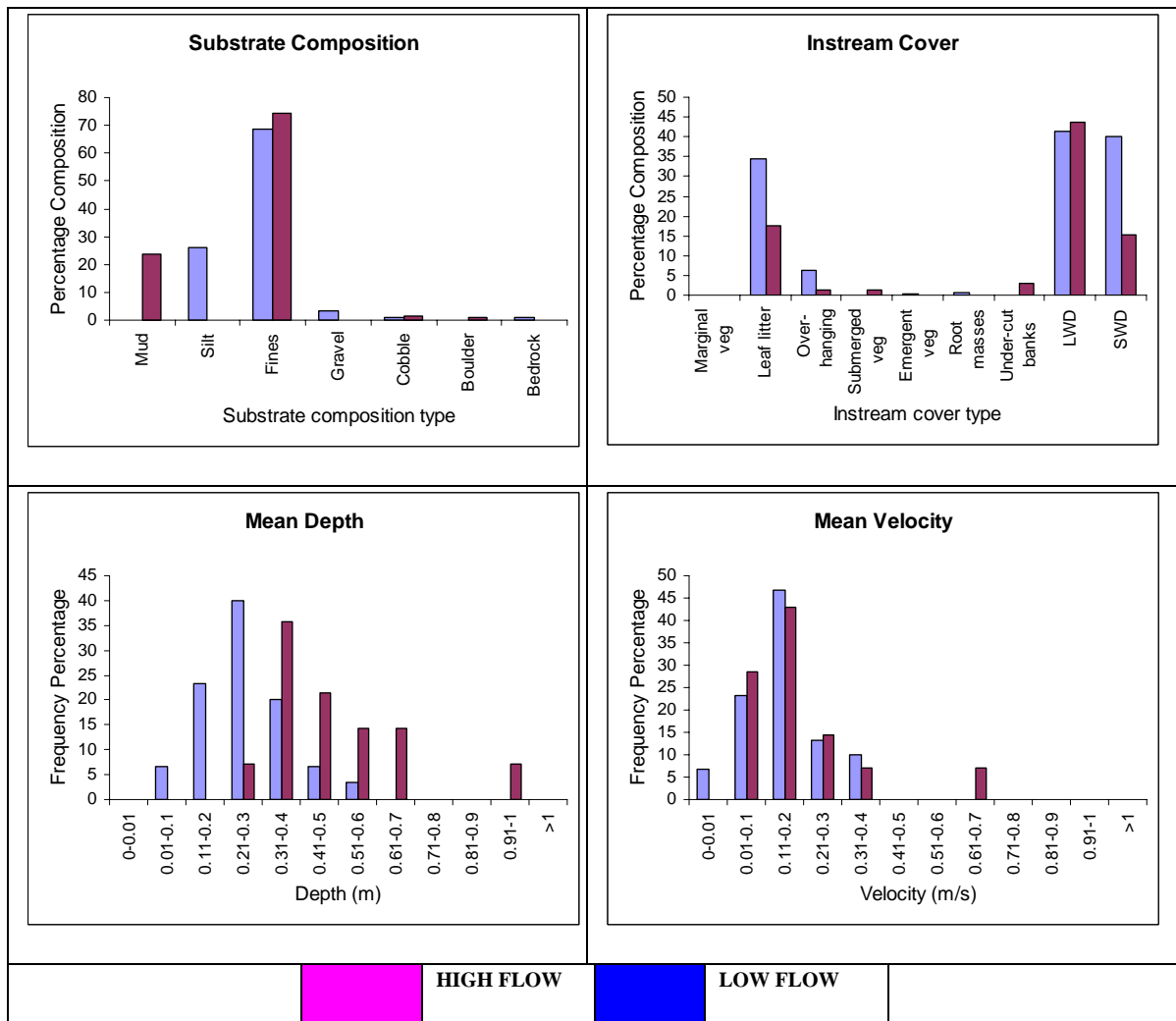
3.3.2.3 Pipeline Site R9+250

The substrate at this site (Figure 57) was composed almost entirely of fines (71.4%), mud (11.8%) and silt (13.4%). Instream vegetative cover was dominated by LWD, with a mix of SWD and leaf litter. Flow rates were slow

(mostly 0.11 to 0.2 m/s) but some faster flows were recorded during the high flow (0.61 to 0.7 m/s). The site was mostly shallow during low flow (0.21 to 0.3 m) and moderately shallow (0.31 to 0.4 m) during high flow, but some deeper areas were recorded (> 1.5 m) below the railway bridge.

Habitat integrity at site R9+250 was classified as moderately impacted (IHIA Class C, Table 29). A moderate loss of natural habitat and biota is associated with this degree of impact although basic ecosystem functions are still intact. Removal of indigenous vegetation, encroachment of exotic vegetation (primarily eucalyptus), the presence of exotic fauna, especially *Xiphophorus maculatus* (Platy), and bed modification due to the railway bridge were the primary impacts affecting habitat integrity at this site.

Figure 57 Habitat Characteristics of Site R9+250 During High and Low Flow

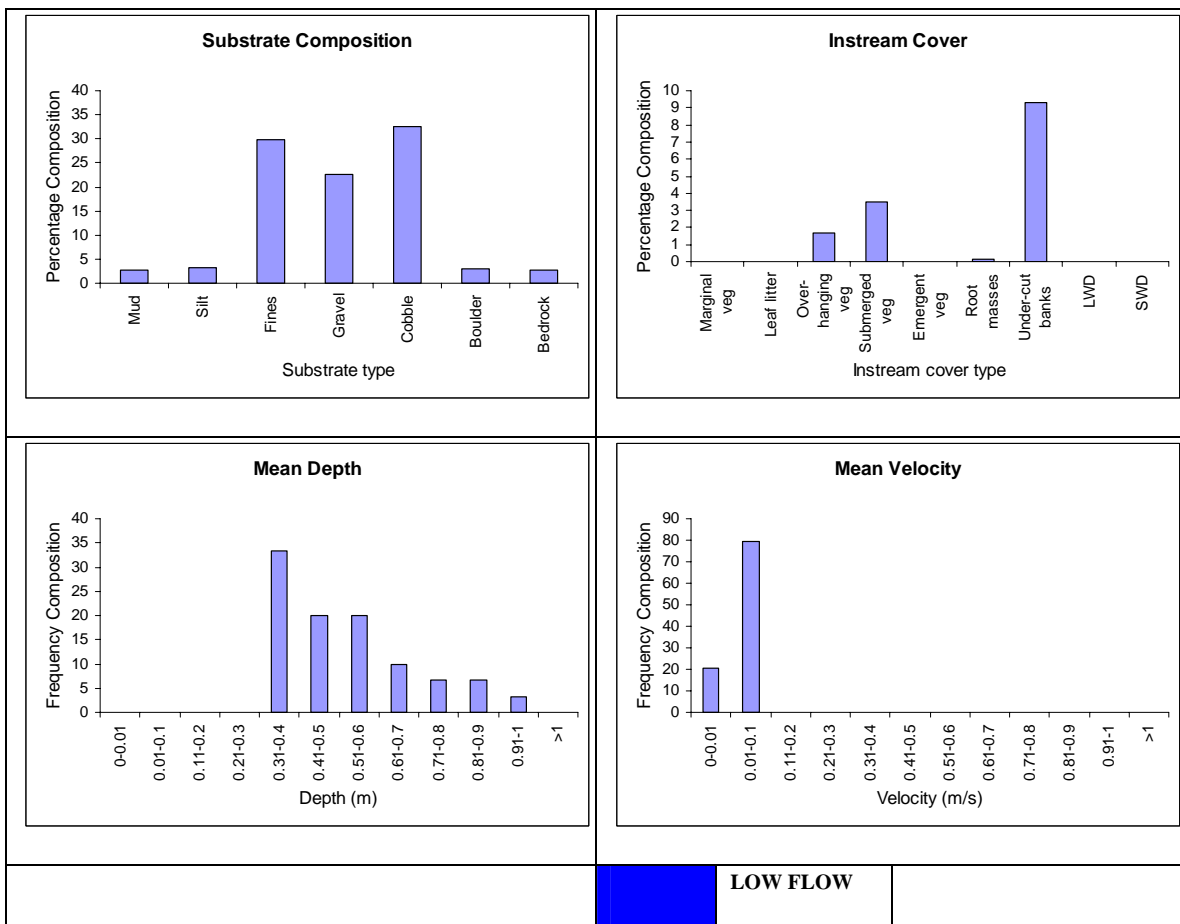


3.3.2.4 Pipeline Site R16+100

The substrate at this site was composed primarily of cobbles (32.7%), fines (28.9%) and gravel (22.7%) (Figure 58). Instream cover consisted almost entirely of undercut banks, with smaller proportions of submerged vegetation and overhanging vegetation also present. The site was characterized by slow-flowing (mostly 0.01 to 0.1 m/s), moderately deep habitats (mostly 0.31 to 0.4 m).

Habitat integrity at site R16+100 was classified as largely modified (IHIA Class D, Table 29). A large loss of natural habitat, biota, and basic ecosystem function is associated with this degree of impact. Indigenous vegetation removal, bed modification due to sedimentation, exotic vegetation encroachment, water quality impairment due to runoff from the village, and the presence of exotic fauna, primarily *Xiphophorus maculatus* (Platy) were the primary impacts affecting this site.

Figure 58 Habitat Characteristics of Site R16+100 During Low Flow



3.3.2.5 Pipeline Site 042+300

No detailed habitat characterization was done at this site. Results are based on a visual assessment. The substrate at this site was composed primarily of bedrock, with small areas of gravel and fines around the perimeter of the pool. Instream cover consisted entirely of undercut banks. Habitats consisted of a mixture of rapids and pools, with pool depths estimated > 1.5 m.

Habitat integrity at site 042+300 was classified as unimpacted or natural (IHIA Class A, Table 29). Despite the complete deforestation of the Volove River valley further downstream, no anthropogenic impacts were evident at this site.

3.3.2.6 Pipeline Site 051+800

No detailed habitat characterization was done at this site. Results are based on a visual assessment. The substrate at this site was composed primarily of gravel. The site was characterized by shallow habitats, with slow glides and riffle areas. The water was clear in contrast to the Vohitra River a short distance downstream. Marginal vegetation and undercut banks were the dominant cover elements.

Habitat integrity at site 051+800 was classified as largely natural (IHIA Class B, Table 29). Indigenous vegetation removal, exotic vegetation encroachment, and the presence of exotic fauna were the primary impacts affecting this site.

3.3.2.7 Pipeline Site 060+600

Habitat characteristics are indicated in Figure 59. The substrate at this site was composed primarily of cobbles (54.7%) and gravel (18.9%) with the remainder consisting of a mix of fines, boulders and bedrock. Instream cover consisted primarily of submerged vegetation. The site was characterized by moderately shallow (0.31 to 0.4 m), slow-flowing habitats (mostly 0.01 to 0.1 m/s).

Habitat integrity at site 060+600 was classified as unimpacted or natural (IHIA Class A, Table 29). Although some deforestation has occurred in the surrounding area, the riparian zone at this site appeared to be relatively intact. Sediment deposition was evident in the pools and slow-flowing areas but the impact on the instream habitat component of this site appears to have been limited.

3.3.2.8 Pipeline Site 107+200

The substrate at this site (Figure 60) was diverse with cobbles (40.8%) being the most abundant. Overhanging vegetation, emergent vegetation and leaf litter were

the abundant instream cover elements. Flow rates were slow (mostly 0 to 0.01 m/s) and the site was mostly shallow (< 0.2 m) although some deeper areas were recorded (> 1 m) within the pools.

Habitat integrity at site 107+200 was classified as unimpacted or natural (IHIA Class A, Table 29). The presence of exotic fauna, limited deforestation and the encroachment of exotic vegetation were the primary impacts affecting this site.

Figure 59 Habitat Characteristics of Site 060+600 During High Flow

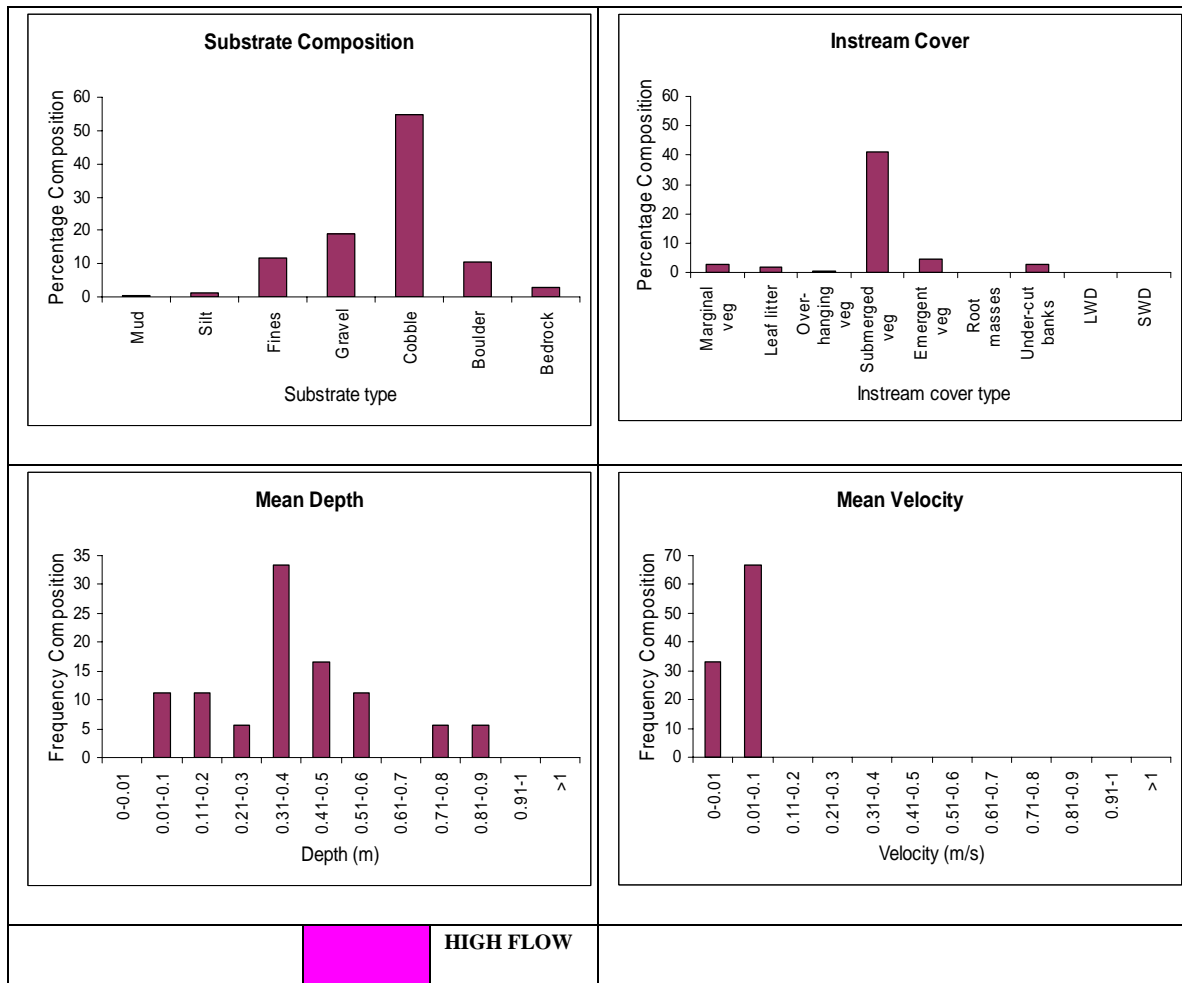
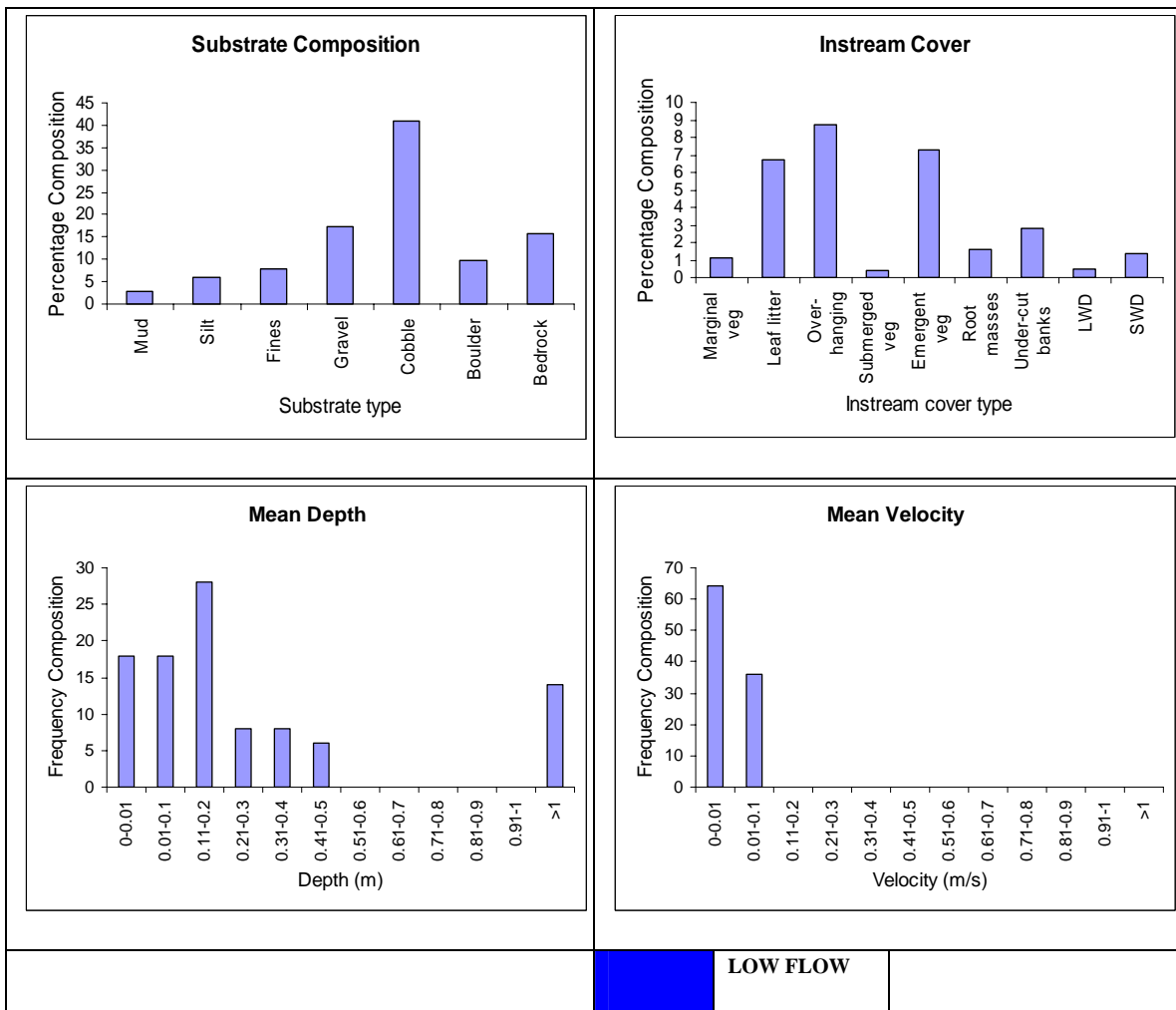


Figure 60 Habitat Characteristics of Site 107+200 During Low Flow



3.3.2.9 Pipeline Site 136+200

Due to limited time availability and the difficulty experienced accessing this site a detailed habitat characterization was not done.

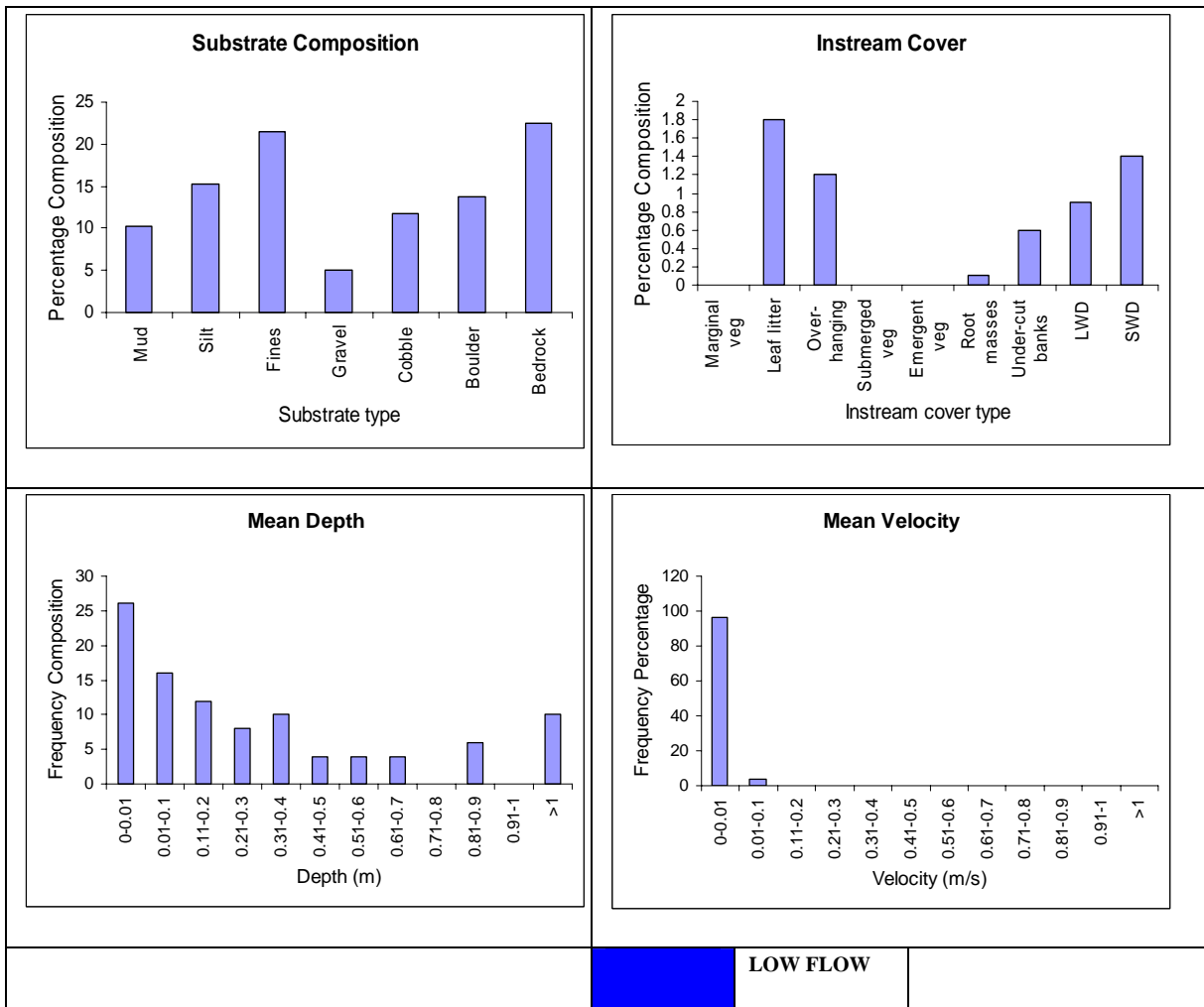
Habitat integrity at site 136+200 was classified as moderately impacted (IHIA Class C, Table, 29). A large loss of natural habitat and biota is associated with this degree of impact. Indigenous vegetation removal, exotic vegetation encroachment, and the presence of exotic fauna, especially *Channa maculata* (Blotched Snakehead), were the primary impacts affecting habitat integrity at this site.

3.3.2.10 Pipeline Site 145+700

The substrate at this site (Figure 61) was diverse but bedrock (22.5%) and fines (21.5%) were the most abundant substrate types. Leaf litter, SWD and overhanging vegetation were the most abundant instream cover elements. Water depths at the site were mostly shallow (< 0.2 m) but some depths > 1 m were also recorded. Flow rates were mostly slow (0 to 0.01 m/s).

Habitat integrity at site 145+700 was classified as largely modified (IHIA Class D, Table 29). A large loss of natural habitat, biota, and basic ecosystem function is associated with this degree of impact. Indigenous vegetation removal was the primary impact affecting habitat integrity at this site.

Figure 61 Habitat Characteristics of Site 145+700 During Low Flow

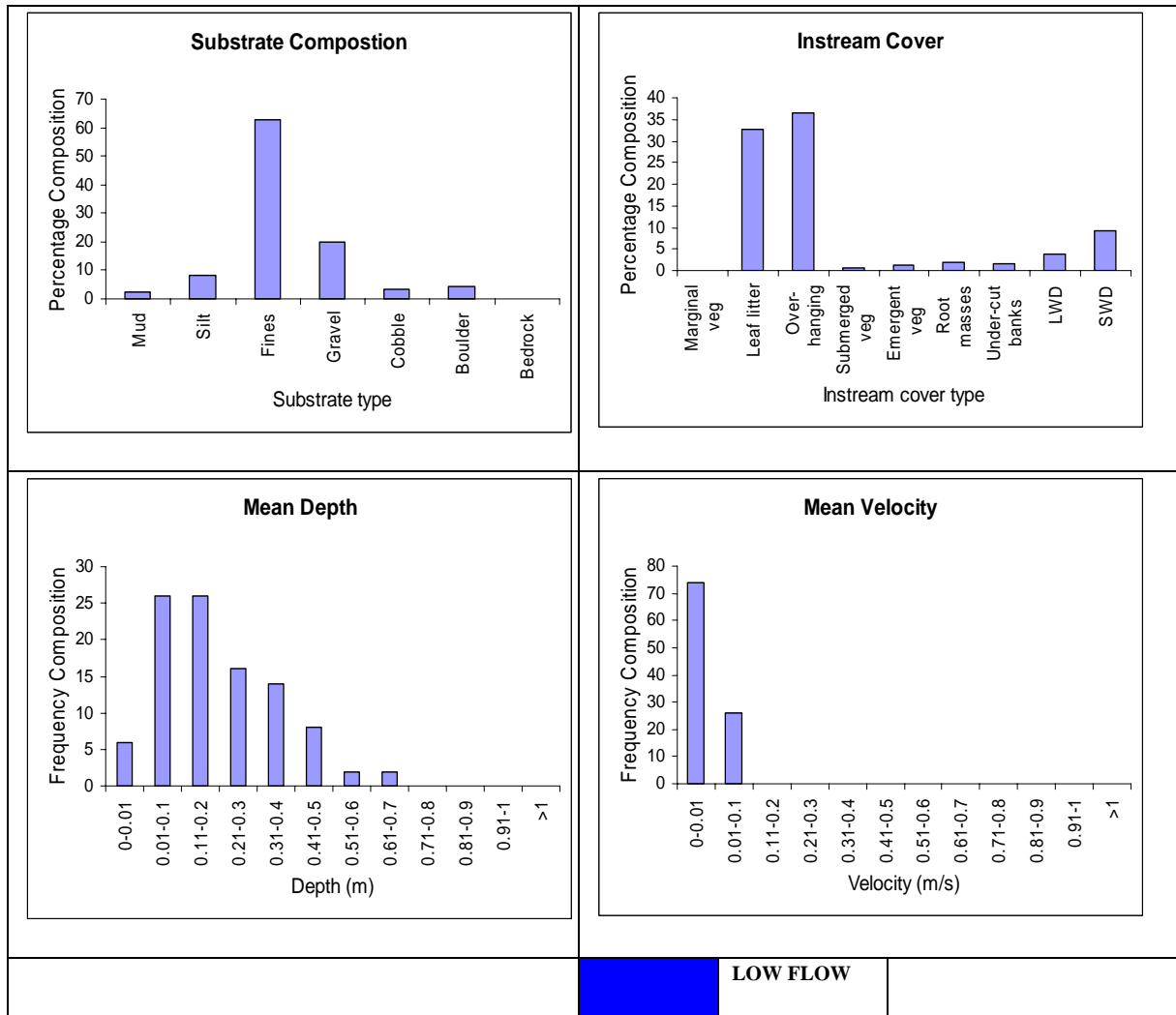


3.3.2.11 Pipeline Site 157+700

The substrate at this site (Figure 62) consisted primarily of fines (62.9%) and gravel (19.9%). Overhanging vegetation canopy and leaf litter were the most abundant cover elements. Flow rates were mostly slow (0 to 0.01 m/s), with primarily shallow depths (< 0.3 m) present within the site.

Habitat integrity at site 157+700 was classified as largely natural (IHIA Class B, Table 29). Exotic vegetation encroachment and the presence of exotic fauna primarily *Xiphophorus maculatus* (Platy) were the primary impacts affecting this site.

Figure 62 Habitat Characteristics of Site 157+700 During Low Flow

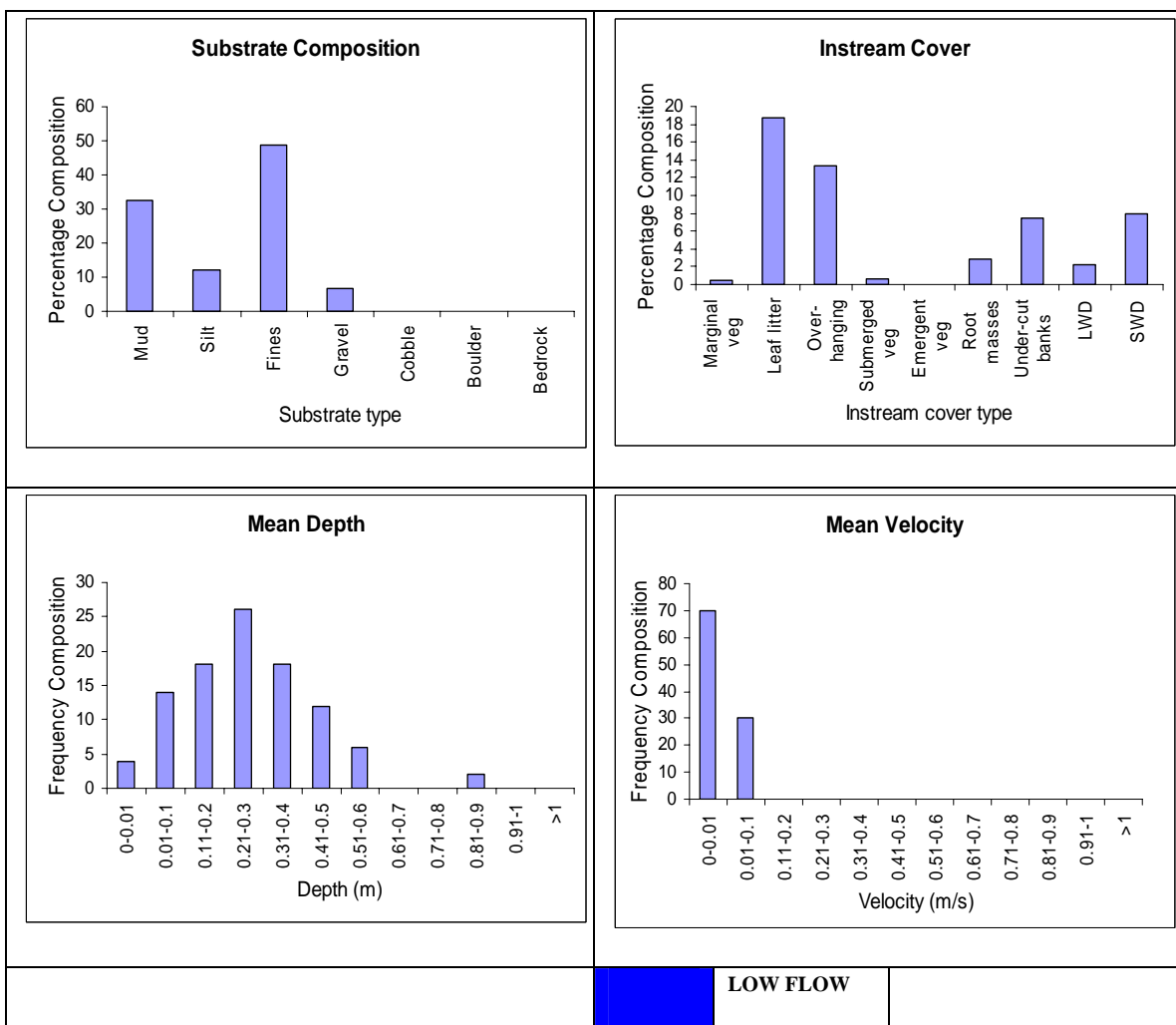


3.3.2.12 Pipeline Site 175+200

Habitat characteristics at this site are described in Figure 63. The substrate within the area was composed primarily of fines (48.9%) and mud (32.5%). Leaf litter and overhanging vegetation were the most abundant instream cover elements. The site was mostly shallow (0.21 to 0.3 m) to moderately deep. Flow rates were slow (mostly 0 to 0.01 m/s).

Habitat integrity at site 175+200 was classified as extensively modified (IHIA Class E, Table 29). An extensive loss of natural habitat, biota, and basic ecosystem function is associated with this degree of impact. Channel modification, bed modification, indigenous vegetation removal, and exotic vegetation encroachment were the primary impacts affecting this site.

Figure 63 Habitat Characteristics of Site 175+200 During Low Flow

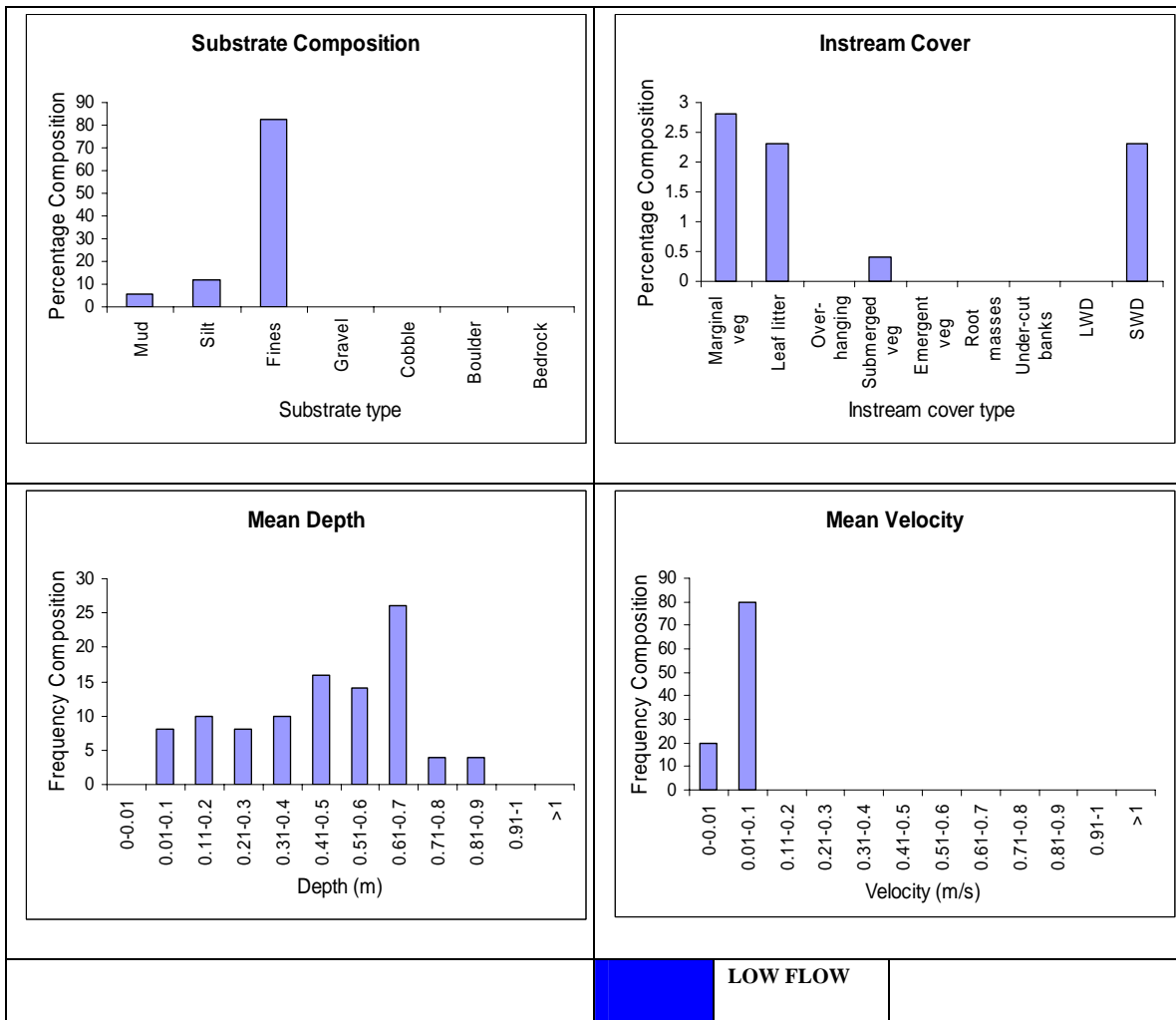


3.3.2.13 Pipeline Site 178+900

Habitat characteristics are indicated in Figure 64. The substrate at this large river site was composed almost entirely of fines (82.3%). Marginal vegetation, leaf litter and SWD were the most abundant instream cover elements. The site was characterized primarily by slow-flowing (mostly 0.01 to 0.1 m/s), deep habitats (mostly 0.61 to 0.7 m).

Habitat integrity at site 178+900 was classified as extensively modified (IHIA Class E, Table, 29). Channel modification, indigenous vegetation removal, exotic vegetation encroachment and the presence of exotic fauna were the primary impacts affecting this site.

Figure 64 Habitat Characteristics of Site 178+900 During Low Flow

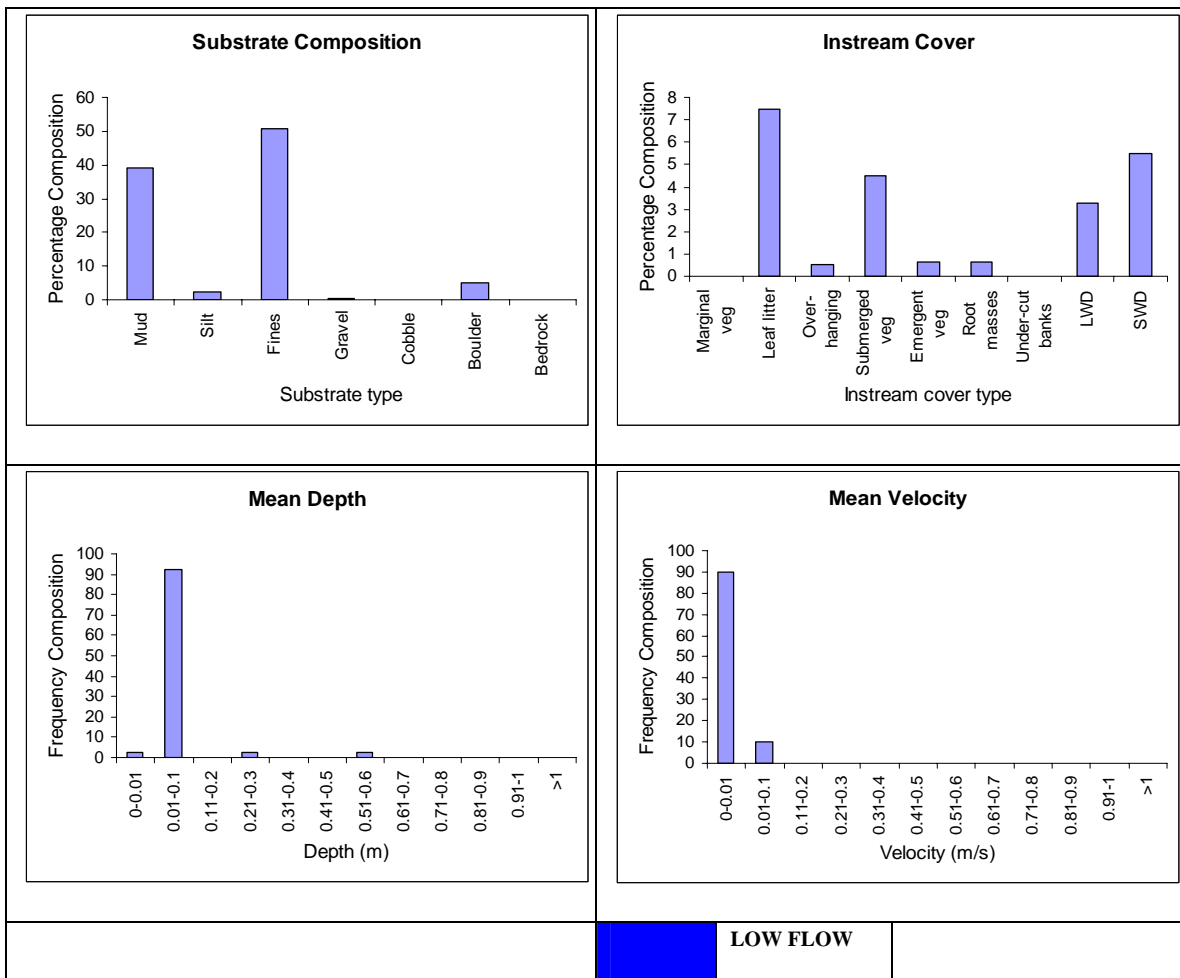


3.3.2.14 Pipeline Site E3 011+950 (Alternative Pipeline Route)

The substrate at this site (Figure 65) was dominated by cobbles (45.6%). Undercut banks were the most abundant instream cover element. The site was characterized by slow flowing (mostly 0 to 0.01 m/s) mostly deep habitats (0.91 to 1.0 m), although some shallower areas were also recorded.

Habitat integrity at site E3 011+950 was classified as moderately impacted (IHIA Class C, Table 29). The presence of exotic fauna, indigenous vegetation removal and exotic vegetation encroachment were the primary impacts affecting this site.

Figure 65 Habitat Characteristics of Site E3 011 + 950 During Low Flow

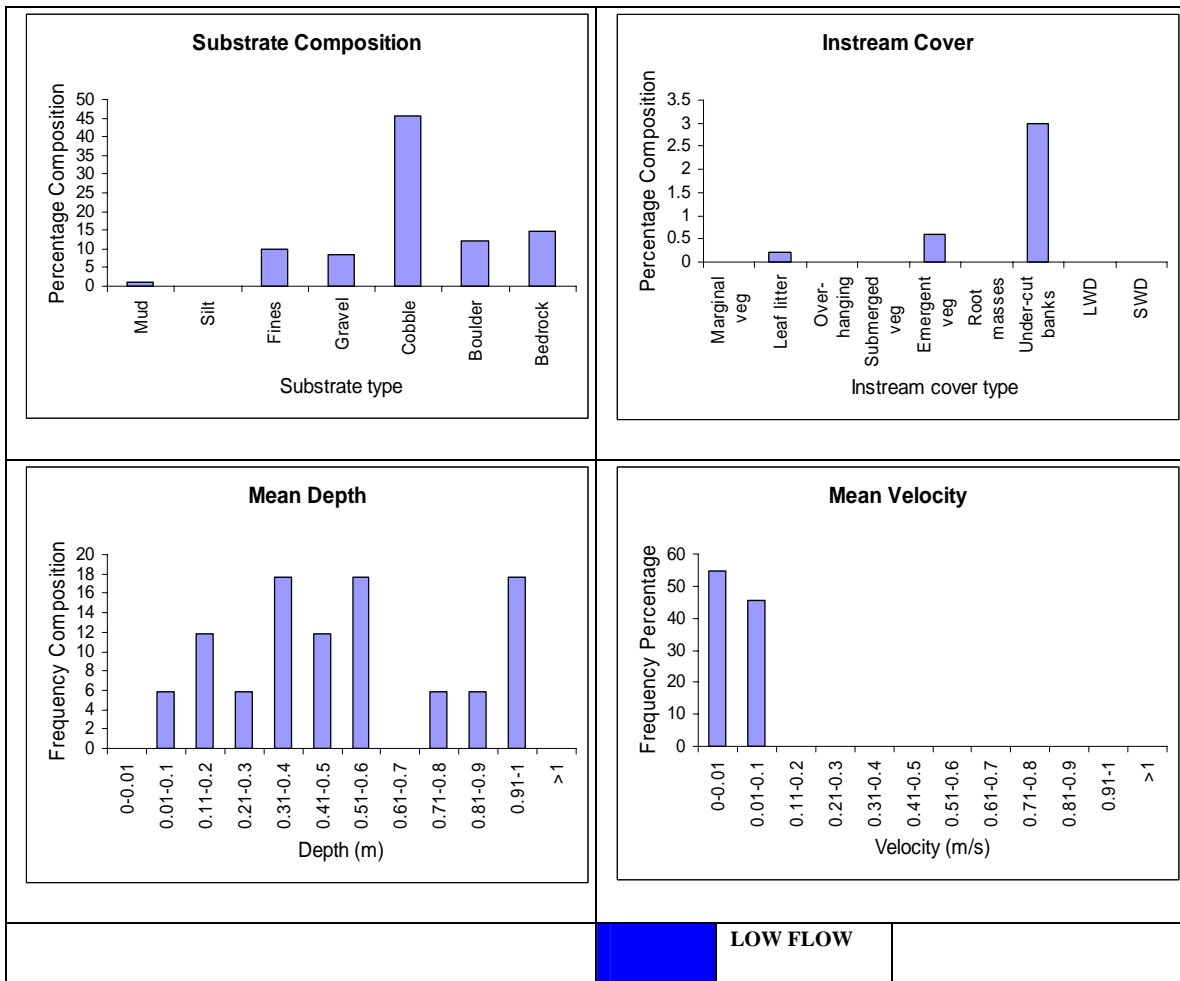


3.3.2.15 Pipeline Site E3 005+150 (Alternative Pipeline Route)

The substrate at this site was composed primarily of fines (50.9%) and mud (39%) (Figure 66). Leaf litter and SWD were the most abundant instream cover elements. This site was characterized by slow-flowing (mostly 0 to 0.01 m/s) shallow habitats (mainly 0.01 to 0.1 m)

Habitat integrity at site E3 005+150 was classified as largely modified (IHIA Class D, Table 29). A large loss of natural habitat, biota, and basic ecosystem function is associated with this degree of impact. Deforestation, encroachment of exotic vegetation and the presence of exotic fauna, especially *Channa maculata* (Blotched Snakehead), were the primary impacts affecting this site.

Figure 66 Habitat Characteristics of Site E3 005+950 During Low Flow



3.3.3 Aquatic Macroinvertebrates (Pipeline Survey)

3.3.3.1 Current Species Composition

A total of 58 macroinvertebrate taxa were recorded at sites sampled during the pipeline survey. The taxonomic composition of the macroinvertebrate samples collected during the pipeline survey is presented in Volume J, Appendix 3.1, Attachment 1, Sub - Attachment 5.

The highest number of aquatic macroinvertebrate taxa was recorded at site R2+000 and the lowest at site 178+900 (Figure 67).

The highest macroinvertebrate abundance was recorded at site R2+000 and the lowest at site R5+575 (Figure 68). Based on Margalef's Measure of Richness (1961), the highest species richness was recorded at site 145+700 and the lowest at site 178+900 (Figure 69). Evenness values did not show a large degree of variation between sites with the exception of site 136+200 where the evenness was markedly lower than at the other sites (Figure 70). Based on Shannon-Wiener's Diversity Index, the highest diversity was recorded at site 145+700, and the lowest at site 136+200 (Figure 71).

Figure 67 Total Number of Macroinvertebrate Taxa Collected During Pipeline Survey

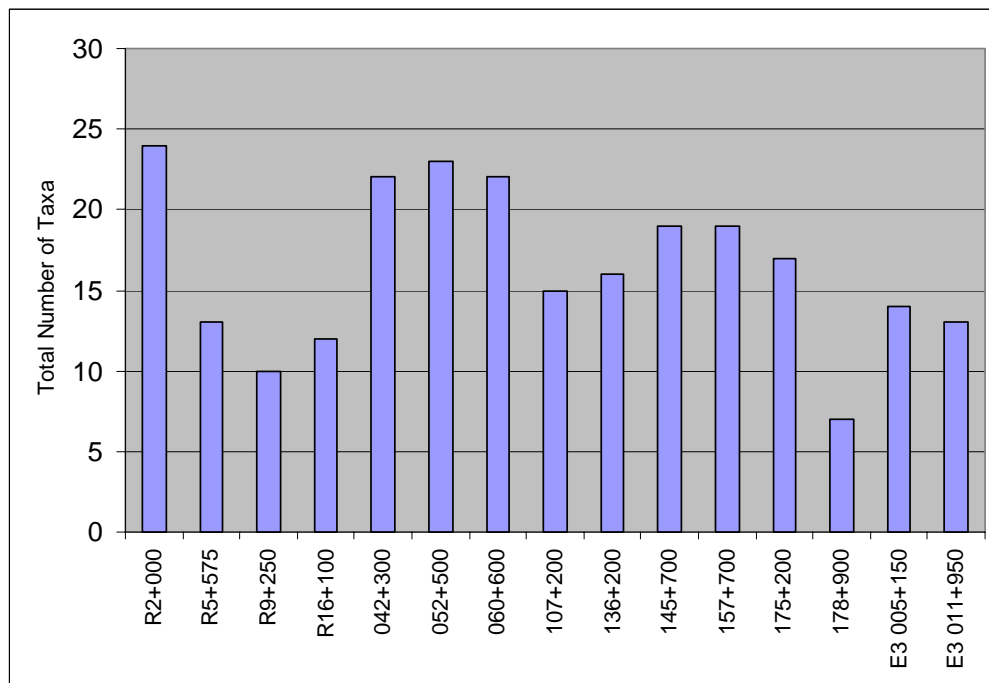


Figure 68 Total Number of Macroinvertebrates Collected During Pipeline Survey

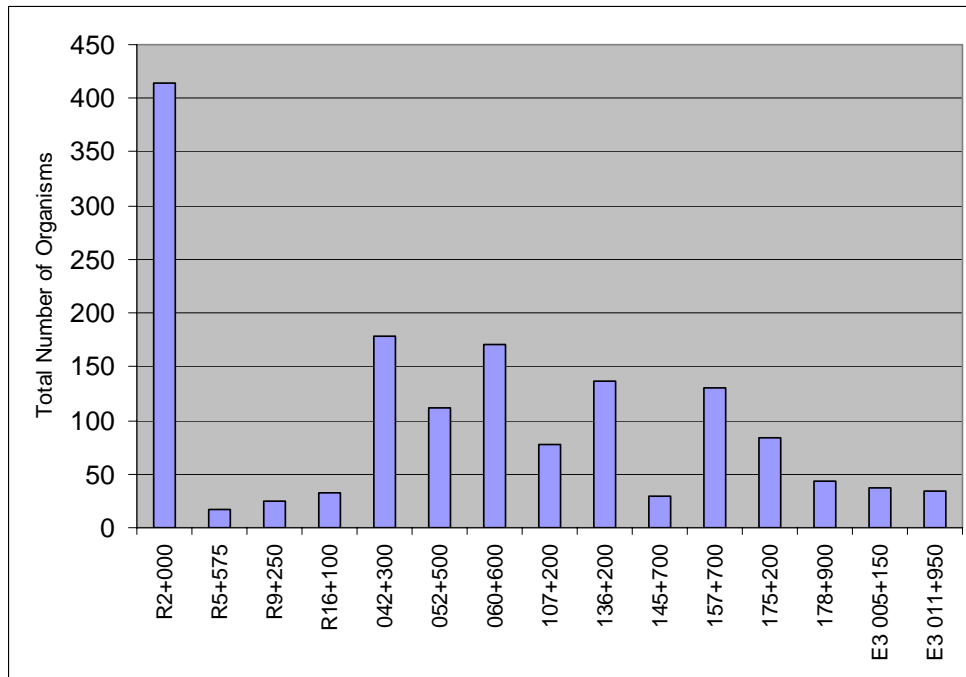


Figure 69 Macroinvertebrate Family Richness, Based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured During Pipeline Survey

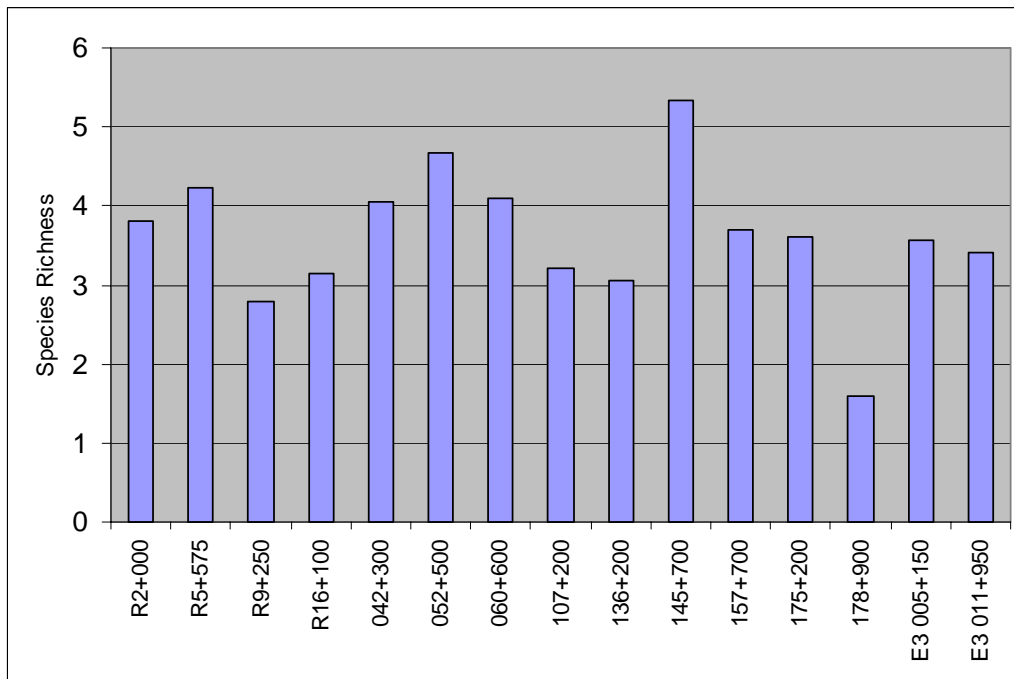


Figure 70 Macroinvertebrate Evenness Based on Pielou's Evenness Index (1986) Measured During Pipeline Survey

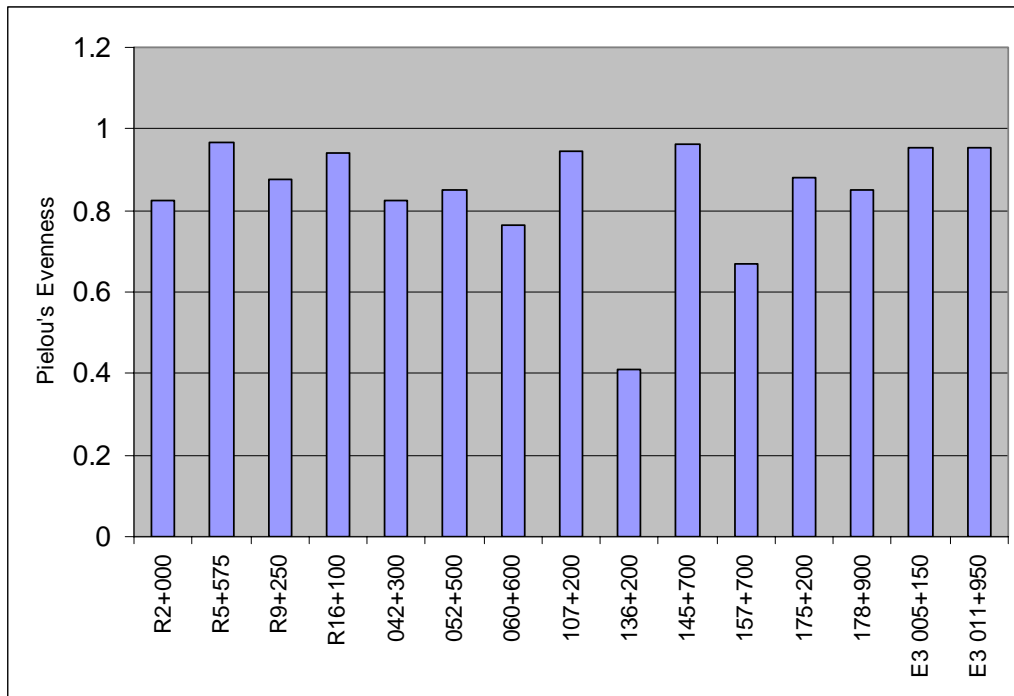
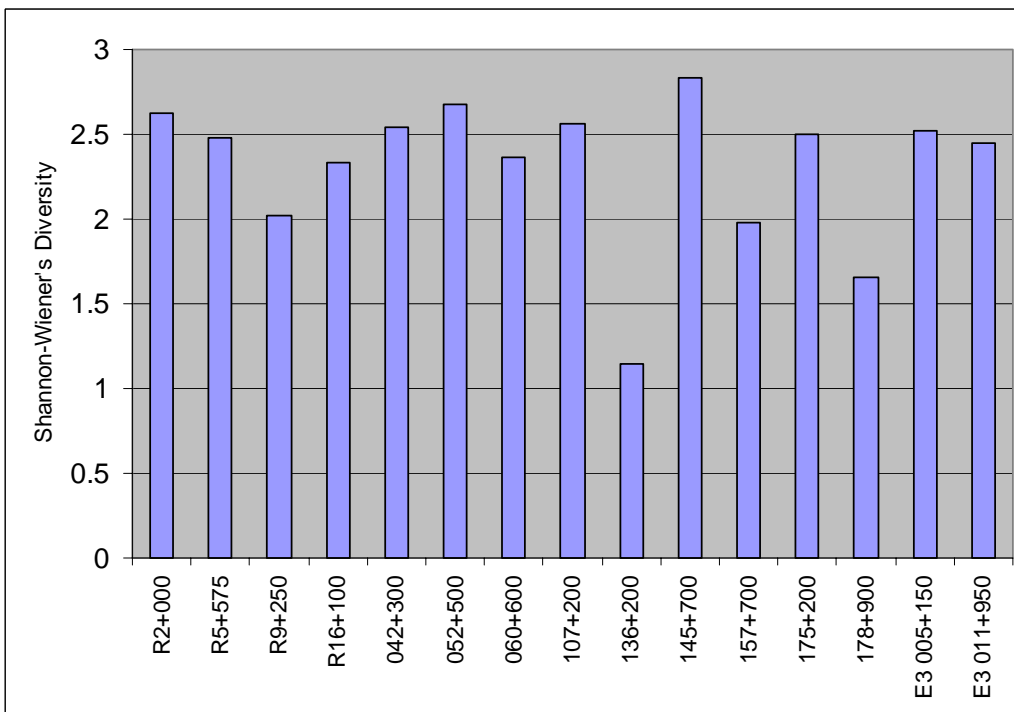


Figure 71 Macroinvertebrate Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index (1963), Measured During Pipeline Survey



3.3.3.2 Relationships Between Macroinvertebrate Samples

Cluster analysis of pipeline macroinvertebrate data revealed relatedness between three groups, with two sites not showing relatedness to any other sites (Figure 72). The relatedness between the three groups was also reflected in the NMDS ordination plot (Figure 73).

Group I consists of sites with high numbers of macroinvertebrate taxa and moderate to high abundance (Figure 73). Group III consists of sites with a moderate number of macroinvertebrate taxa and Group II consists of sites with a moderate to low number of macroinvertebrate taxa and moderate to low abundance.

Figure 72 Bray-Curtis Ranked Cluster Analysis of Macroinvertebrate Data Collected During Pipeline Survey

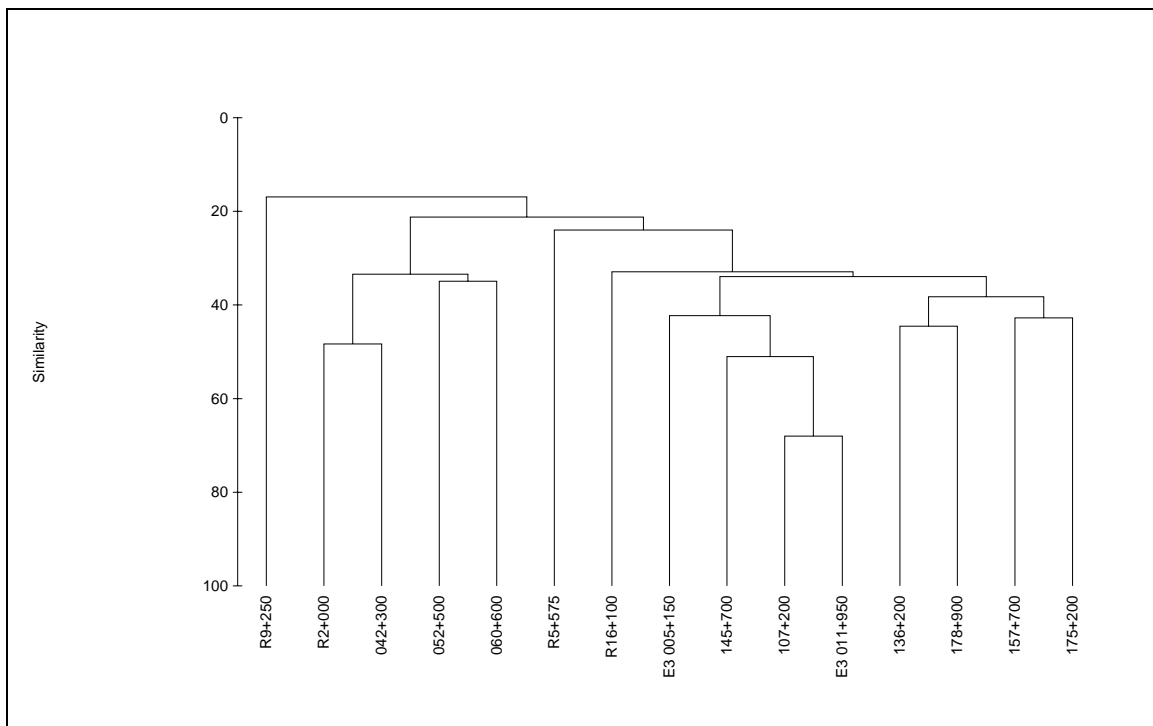
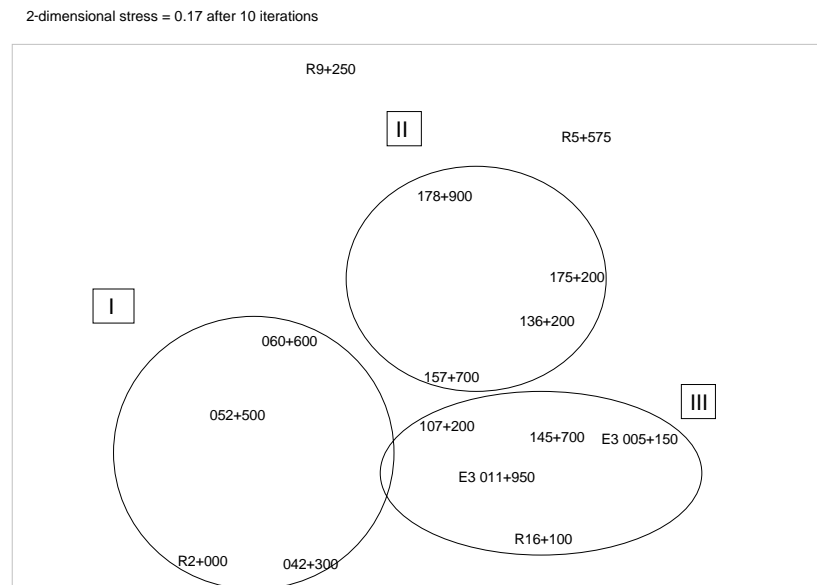


Figure 73 Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Macroinvertebrate Data Collected During Pipeline Sites



3.3.3.3 Spatial Differences in Sample Associations

The ANOSIM procedure described in Section 4.6.2 was used to test the statistical validity of the three groups identified in the cluster analysis (Table 29).

Results of the ANOSIM indicate that significant differences exist between Groups I and II and between Groups I and III ($R > 0.7$). Groups II and III are clearly different but do overlap ($R \geq 0.5$).

3.3.3.4 Spatial Differences in Family Associations

The procedure described in Section 4.6.2 was used to compare average similarities and dissimilarities between (inter-site) and within (intra-site) the groups identified in the cluster analyses.

Dissimilarity between Groups I and II was high (79.35%). Dissimilarity between Groups I and III was high (82.14%) and dissimilarity between Groups II and III was moderate (63.39%).

Using this same method the similarity was examined. The more abundant the family within a group, the more it contributes to the intra-group similarity and typifies a group (Clarke and Warwick 1994).

In Group I Caenidae (Order Ephemeroptera) was the most abundant macroinvertebrate taxa (Table 30). The family Caenidae (Order Ephemeroptera) is represented in Madagascar by two described genera, *Caenis* and *Madecocereus* (Raharivololoniaina 2004). The specimens that were collected during the pipeline survey all belonged to the genus *Caenis* which is cosmopolitan and occurs in all regions of Madagascar (its larvae are usually found in rivers and large streams) (Raharivololoniaina 2004). Seventeen macroinvertebrate taxa contributed to 91.49% of the similarity within this group.

In Group II, Thiariidae (Class: Gastropoda) was the most abundant taxa and 10 taxa contributed to 90.58% of the similarity within the group (Table 31).

In Group III Gomphidae (Order: Odonata) was the most abundant taxa (Table 32). Madagascar's Odonata (Dragonfly) fauna is remarkable for its high number of endemic species and genera (Raharivololoniaina 2004). Although there are no endemic Odonata families in Madagascar, 75% of the species and 25% of genera are endemic (Raharivololoniaina 2004). The three Madagascan Gomphidae genera (*Onychogomphus*, *Isomma* and *Paragomphus*) are all clearly of African origin, but all the species are endemic (Raharivololoniaina 2004). Leptoceridae (Order: Trichoptera) was the second most abundant taxa in Group III (Table 32).

Table 30 Macroinvertebrate Taxa Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution in Group I. Only Those Families Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 36.15%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Caenidae</i>	16.75	5.09	14.08	14.08
<i>Atyidae</i>	19.00	4.47	12.36	26.43
<i>Beraeidae</i>	8.75	3.78	10.45	36.88
<i>Naucoridae</i>	4.25	2.78	7.68	44.56
<i>Heptagenidae</i>	4.50	2.63	7.27	51.83
<i>Elmidae</i>	16.75	2.29	6.32	58.15
<i>Ecnomidae</i>	28.50	2.13	5.90	64.05
<i>Leptoceridae</i>	4.00	1.27	3.52	67.57
<i>Lepidostomatidae</i>	7.50	1.26	3.49	71.06
<i>Dytiscidae</i>	5.25	1.20	3.33	74.39
<i>Veliidae</i>	7.25	1.14	3.14	77.54
<i>Gomphidae</i>	2.25	0.93	2.57	80.11
<i>Notonectidae</i>	1.75	0.93	2.56	82.67
<i>Polycentropodidae</i>	13.00	0.90	2.48	85.15
<i>Libellulidae</i>	4.75	0.83	2.31	87.46
<i>Gerridae</i>	16.75	0.79	2.18	89.64
<i>Hydropsychidae</i>	2.25	0.67	1.85	91.49

Table 31 Macroinvertebrate Taxa Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution in Group II. Only Those Families Responsible for up to 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 40.04%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Thiaridae</i>	13.75	10.22	25.52	25.52
<i>Atyidae</i>	17.75	6.18	15.44	40.97
<i>Chironomidae</i>	29.75	4.19	10.46	51.43
<i>Gomphidae</i>	2.00	3.59	8.97	60.40
<i>Lestidae</i>	5.75	2.89	7.21	67.61
<i>Leptoceridae</i>	2.25	2.74	6.85	74.46
<i>Dytiscidae</i>	1.75	2.42	6.04	80.50
<i>Belostomatidae</i>	1.25	1.64	4.09	84.60
<i>Baetidae</i>	1.50	1.62	4.04	88.63
<i>Libellulidae</i>	1.50	0.78	1.95	90.58

Table 32 Macroinvertebrate Taxa Importance Ratings, Presented as a Percentage of the Total Contribution in Group III. Only Those Families Responsible for up To 90% of the Cumulative Contribution are Presented. Average Similarity = 43.20%

Family	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Gomphidae</i>	3.20	7.02	16.26	16.26
<i>Leptoceridae</i>	3.60	5.60	12.96	29.22
<i>Elmidae</i>	2.40	4.04	9.36	38.58
<i>Atyidae</i>	2.60	3.97	9.19	47.77
<i>Belostomatidae</i>	3.40	3.67	8.50	56.27
<i>Libellulidae</i>	3.00	3.61	8.35	64.63
<i>Protopistomatidae</i>	2.00	3.09	7.14	71.77
<i>Hydropsychidae</i>	3.00	3.07	7.10	78.87
<i>Baetidae</i>	2.20	2.94	6.80	85.67
<i>Heptagenidae</i>	1.20	1.69	3.92	89.58
<i>Corixidae</i>	1.20	1.42	3.29	92.87

3.3.3.5 Ichthyofauna (Pipeline Survey)

Current Species Composition

A total of 27 fish species were recorded at pipeline survey sites. Of this, eight species are endemic, 11 are native (indigenous but not endemic) and eight are exotic/introduced. The taxonomic composition of the fish species collected

during the pipeline survey is provided in Volume J, Appendix 3.1, Attachment 1, Sub - Attachment 6.

The total number of fish species collected at pipeline sites is indicated in Figure 74. The highest number was recorded at site 107+200. Of the 12 species recorded at site 107+200, five are endemic, four are native and three are introduced. Another site exhibiting a high number of species was 145+700. The lowest number of species were recorded at sites R2+000 and 042+300, where the endemic species *Ratsirakia legendrei* was the only fish collected.

The greatest abundance of fish was recorded at site 107+200 (Figure 75). Other sites where large numbers of fish were collected were R2+000, R9+250 and 060+600. The lowest abundance was recorded at site 042+300, where only two specimens of *Ratsirakia legendrei* were collected. Other sites with low abundance were R5+500, R16+100, 051+800 and E3 005+150.

The greatest species richness, based on Margalef's Measure of Richness (1961), was recorded at sites 107+200, 136+200 and 145+700 and the lowest at sites 003+000 and 042+300 (Figure 76).

Pielou's Evenness Scores were high at sites E3 005+150, R2+000, R9+250 and 107+200 (Figure 77). Evenness scores were low at site R16+100 where the assemblage was dominated by *Xiphophorus maculatus* (Platy).

Shannon-Wiener's diversity scores were high at sites 107+200, 136+200 and 145+700 and low at sites E3 005+150 and R5 060+600 (Figure 78).

Figure 74 Total Number of Fish Species Recorded at Pipeline Sites

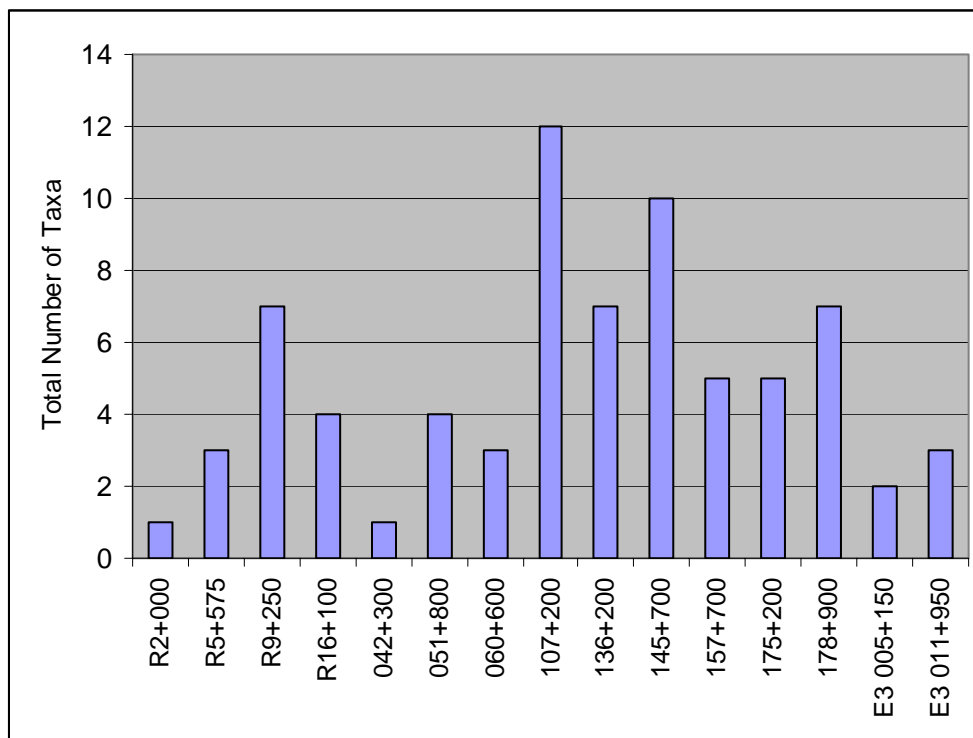


Figure 75 Total Number of Fish Collected At Pipeline Sites

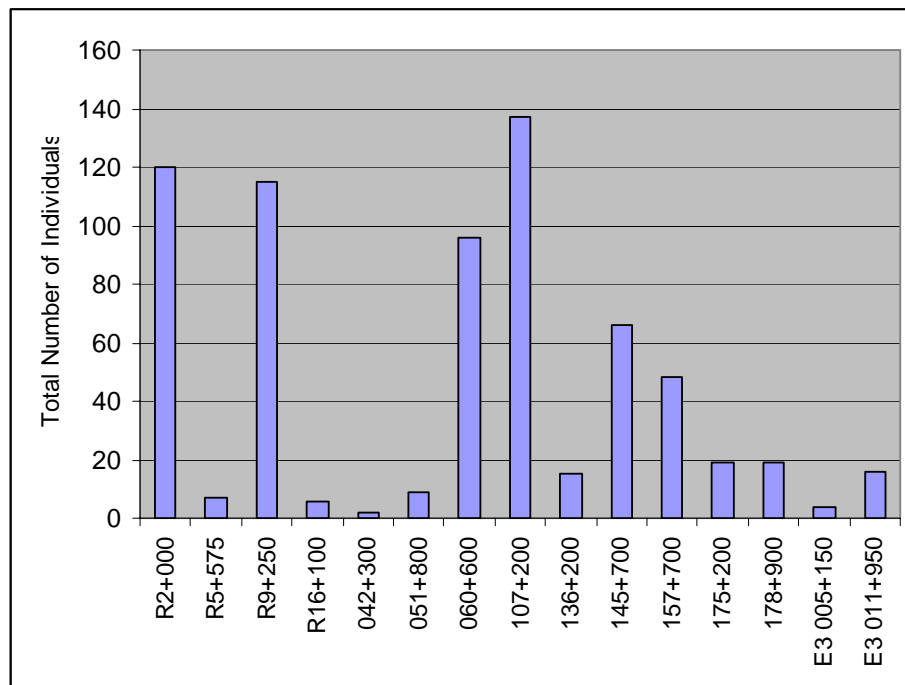


Figure 76 Fish Species Richness, Based on Margalef's Measure of Richness (1961), Measured During Pipeline Survey

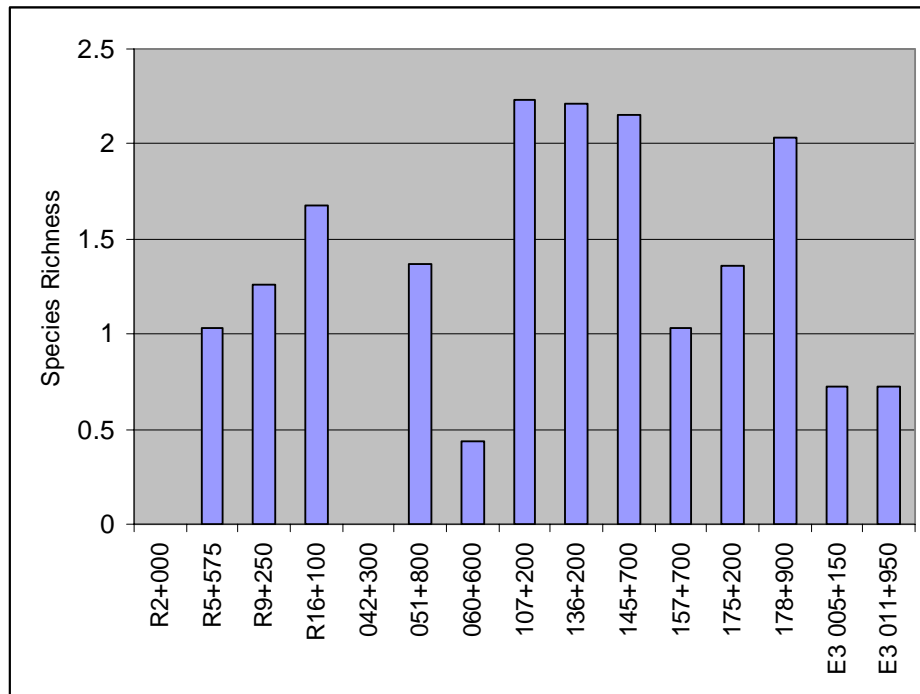


Figure 77 Fish Species Evenness Measured During Pipeline Survey

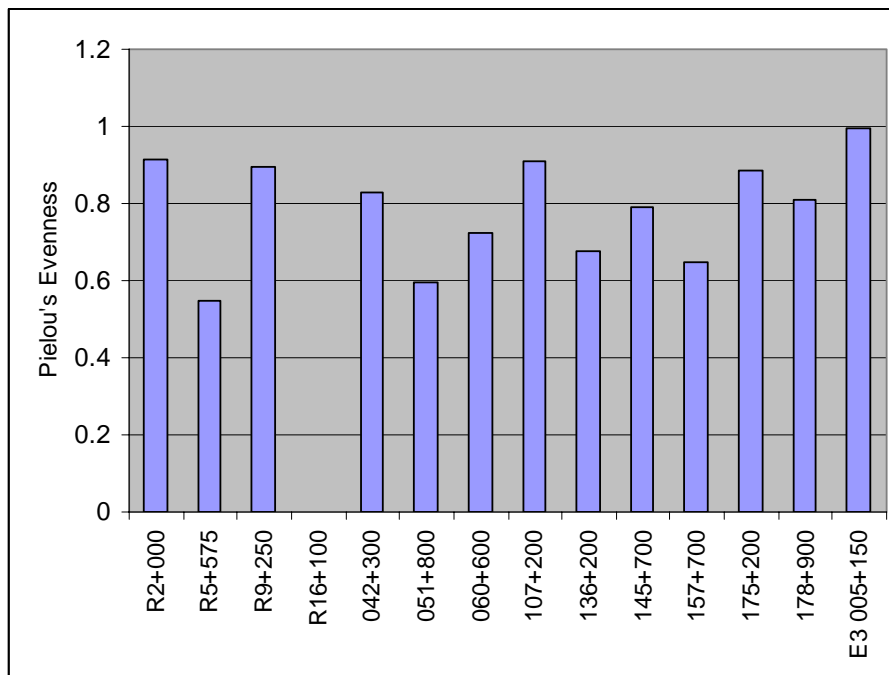
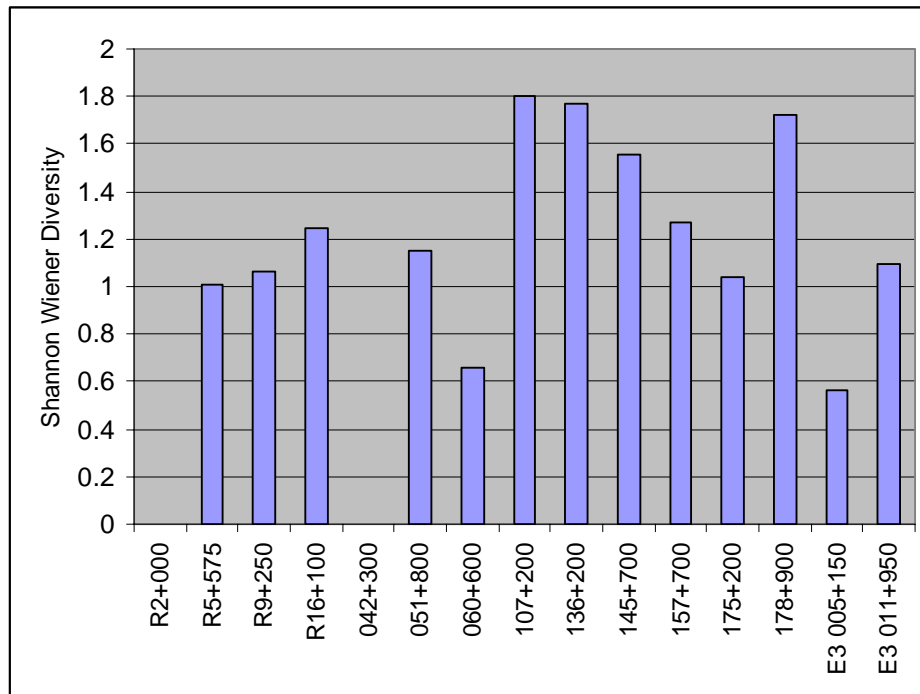


Figure 78 Fish Species Diversity, Based on Shannon-Wiener's Diversity Index, Measured During Pipeline Survey



3.3.3.6 Relationships Between Ichthyofauna Samples

Cluster analysis of ichthyofauna data collected during the pipeline survey revealed relatedness between three groups (Figure 79). The relatedness between the groups was also reflected in the NMDS ordination plot (Figure 80).

Figure 79 Bray Curtis Ranked Cluster Analysis of Fish Data Collected During Pipeline Survey

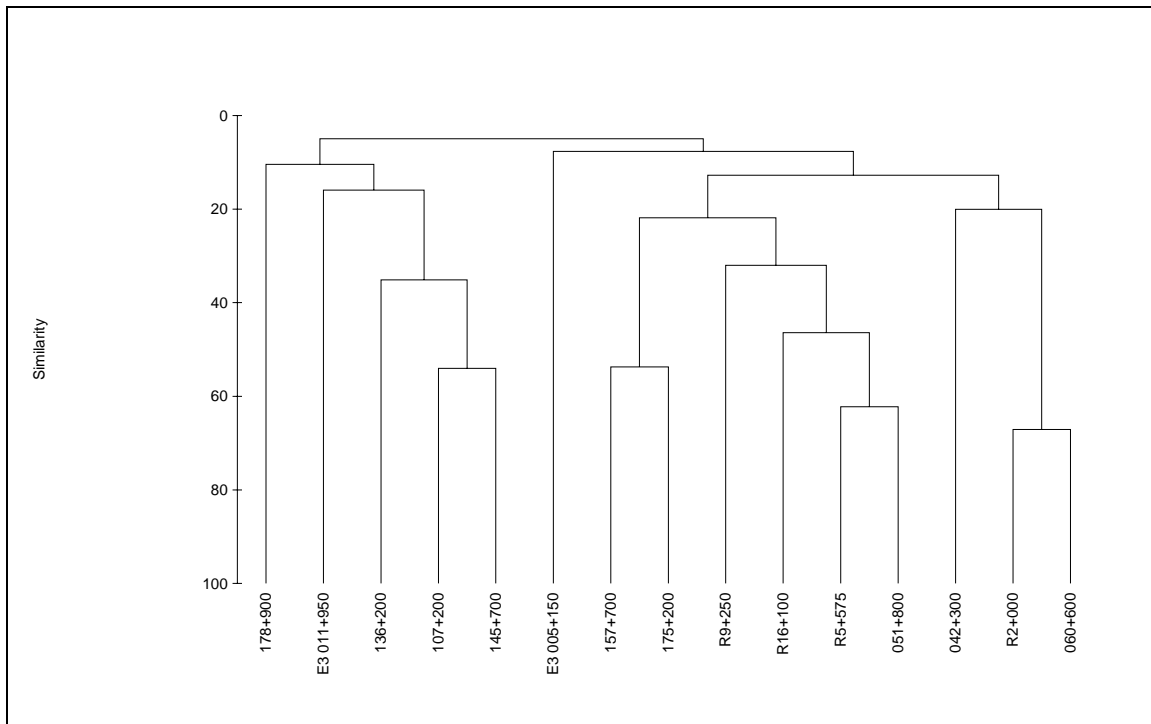
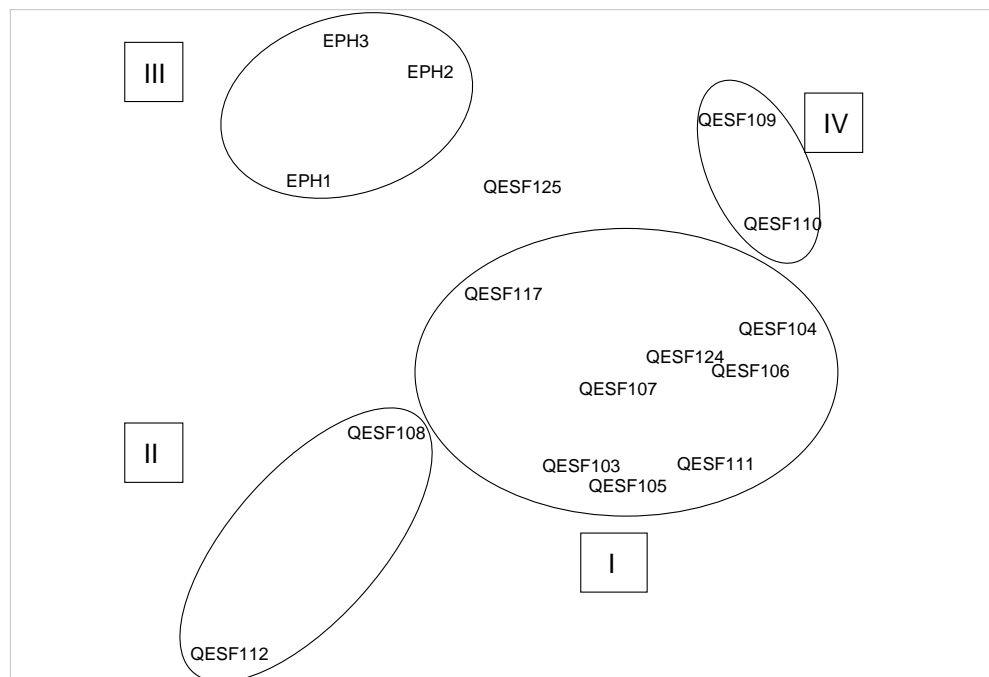


Figure 80 Two-Dimensional Result of the NMDS Ordination of Fish Data Collected During Pipeline Survey



3.3.3.7 Spatial Differences in Sample Associations

The ANOSIM procedure described in Section 4.6.2 was used to test the statistical validity of the three groups identified in the cluster analysis.

Results of the ANOSIM (Table 33) indicate that significant differences exist between Groups I and III and Groups II and III ($R > 0.7$). Groups I and II are clearly different but do overlap ($R \geq 0.5$)

Table 33 Analysis of Similarity (ANOSIM) Between Three Groups Identified in the Fish Data Collected During Pipeline Survey

Groups	R Statistic	Significance Level %	Possible Permutations	Actual Permutations	Number \geq Observed
I, II	0.525	2.4	84	84	2
I, III	0.826	1.8	56	56	1
II, III	0.704	0.2	462	462	1

3.3.3.8 Spatial Differences in Species Associations

The procedure described in Section 4.6.2 was used to compare average similarities and dissimilarities between (inter-site) and within (intra-site) the groups identified in the cluster analyses.

The groups showed high degrees of dissimilarity, 95.52% between Groups I and II, 99.89% between Groups I and III and 98.06% between Groups II and III. These differences between sites may be due to several environmental factors that are variable along the pipeline route.

Using this same method the contribution of each species to the similarity within a group was examined.

In Group I, *Ratsirakia legendrei* was the most abundant species and contributed 100% to the similarity within the group (Table 34). *Ratsirakia legendrei* is an endemic species that occurs in the highlands of Madagascar at altitudes of between 750 to 1,400 masl. The status of this species needs to be reviewed as it is possible that species radiation may have occurred and several separate species or sub-species may be present (pers. comm., P. Loiselle)

Table 34 Individual Fish Species Contribution to Group I Similarities. Average Similarity = 25.91%

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Ratsirakia legendrei</i>	66.0	25.9	100.0	100.0

In Group II *Xiphophorus maculatus* (Platy) was the most abundant species. Three species, two introduced and one endemic, contributed up to 97.4% of the similarity within the group (Table 35). *Xiphophorus maculatus* (Platy) is an introduced species that may have been introduced into Madagascar for the aquarium trade or as a mosquito control agent (Ravelomanana 2004). It is believed to be responsible, at least in part, for the decline of indigenous and endemic Malagasy fish species due to competition for food resources and predation on fry.

Table 35 Individual Fish Species Contribution to Similarities Group II. Average Similarity = 17.63%

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Xiphophorus maculatus</i>	16.7	9.8	55.5	55.5
<i>Ctenopoma ansorgii</i>	5.7	4.9	27.8	83.2
<i>Rheocles alaotrensis</i>	1.7	2.5	14.1	97.4

In Group III *Sauvagella madagascariensis* was the most abundant taxa and seven species contributed 91.6% of the similarity within the group (Table 36). *Sauvagella madagascariensis* is an endemic Malagasy species that is found in freshwater habitats throughout eastern coastal basins. Specimens have been collected from sea level to about 450 m, mostly in smaller rivers and streams, usually in forested areas (Ravelomanana 2004). Another endemic species, *Paretroplus polyactis* contributed 8.2% to the similarity within Group III. This species is associated with coastal lakes and slow-flowing lower and middle reaches of rivers along Madagascar's east coast (Ravelomanana 2004). It is listed as VU (Vulnerable) in the IVCN Red List (ver 3.1), although it remains abundant enough to support a commercial fishery (Loiselle & de Rham 2003). Two species of this genera are likely extinct; all remaining species have undergone significant range contractions and declines in numbers due to habitat degradation, overfishing and exotic predators.

Table 36 Individual Fish Species Contribution to Group III
Average Similarity = 12.80%

Species	Average Abundance	Average Similarity	Contribution %	Cumulative %
<i>Sauvagella madagascariensis</i>	16.2	3.7	29.3	29.3
<i>Chonophorus aeneofuscus</i>	4.6	3.5	27.5	56.7
<i>Glossogobius giurus</i>	2.8	1.7	13.2	70.0
<i>Paretroplus poliactis</i>	1.6	1.1	8.2	78.2
<i>Ophiocara macrolepidota</i>	3.4	0.7	5.1	83.8
<i>Oreochromis macrochir</i>	8.2	0.6	4.5	87.8
<i>Anguilla marmorata</i>	1.0	0.5	3.7	91.6

4 ANALYSIS OF METAL CONCENTRATIONS IN FISH TISSUES

4.1 BIOACCUMULATION

Due to the importance of fish as a food source of local people, fish were collected from five sites within the Tailings and Minesite drainages known to be accessible and frequented by fishermen and analyzed for metal concentrations. Fish were collected by means of cast nets and baited hooks; invertebrates were collected by dip net. Immediately after capture, samples were frozen and subsequently transported to Inspectorate M&L (Pty) Ltd. where they were analyzed using an ICP-OES. Analysis included a standard metals scan, including arsenic, selenium, titanium, aluminium, nickel, manganese, iron, vanadium, zinc, antimony, lead, cobalt, copper, chromium, tin, zirconium, bismuth, thallium, beryllium, cadmium, strontium, boron, phosphorous, molybdenum, barium, sodium, potassium, magnesium, calcium, silver and mercury.

4.2 RESULTS

Results of metal concentration analyses of fish captured at sites TMT001, TMT003, TMT005 and QESF101 and macroinvertebrates from sites TMT001 and TMT004 are summarized in Table 37. Interpretation of sample results is addressed in Volume K, Appendix 4.1.

During the present survey, the concentrations of selenium, antimony, lead, bismuth, beryllium and boron in the tissues collected at all sites were below the analytical detection limit.

Table 37 Average Metal Concentrations (mg/kg) From Composite Fish and Invertebrate Samples

Metal	Fish					Invertebrates	
	TMT001	TMT003		TMT 005	QESF 101 ^(a)	TMT 001	TMT 004
	<i>Tilapia rendalli</i>	<i>Tilapia zilli</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Tilapia rendalli</i>		Prawn ^(b)	Gastropod ^(b)
arsenic, As	3.10	BD	BD	BD	BD	BD	BD
titanium, Ti	4.22	10.00	57.00	3.60	7.00	1.30	19.80
aluminium, Al	67.00	191.00	1,057.00	49.00	76.00	10.00	279.00
nickel, Ni	1.81	BD	BD	BD	2.30	2.90	3.20
manganese, Mn	7.82	4.20	9.40	11.80	11.30	60.00	52.00
iron, Fe	897.75	72.00	850.00	BD	333.00	189.00	724.00
vanadium, V	0.40	0.27	1.80	< 0.2	0.54	< 0.2	1.10
zinc, Zn	22.74	17.10	16.50	15.50	28.00	41.00	26.00
cobalt, Co	0.30	0.27	0.60	0.28	0.27	0.33	0.85
copper, Cu	1.20	2.10	1.70	1.00	5.60	22.00	13.80
chromium, Cr	2.67	BD	0.44	BD	16.40	21.00	13.80
tin, Sn	0.44	BD	BD	BD	BD	BD	BD
zirconium, Zr	0.61	BD	0.51	BD	0.62	0.24	0.61
cadmium, Cd	BD	BD	BD	BD	BD	0.33	1.90
strontium, Sr	39.80	24.00	33.00	24.00	14.80	76.00	44.00
phosphorus, P	5,895.20	1,243.00	1,604.00	1,606.00	7,630.00	2 319	400.00
molybdenum ,Mo	2.49	BD	BD	BD	1.50	0.10	BD
barium, Ba	6.68	2.90	9.40	4.90	9.70	46.00	8.50
sodium, Na	1,437.60	386.00	763.00	876.00	870.00	1 047	694.00
potassium, K	2,663.80	1,354.00	1,904.00	2,009.00	1,985.00	1 804	1,177.00
magnesium, Mg	376.20	174.00	225.00	204.00	390.00	593.00	2,897.00
calcium, Ca	12,273.60	6,492.00	9,153.00	9,702.00	14,165.00	17,010.00	15,539.00
silver, Ag	BD	BD	BD	BD	BD	BD	0.48
mercury, Hg	0.02	BD	0.15	0.09	0.13	0.04	0.11
number of composite samples ^(c)	5	1	1	1	2	1	1
weight ^(d) of composite sample ^(g)	188.8	100	100	202.5	90	60	100
moisture loss at 105°C (%)	2.00	0.96	1.14	1.29	1.58	0.92	1.50

BD = Below detectable limits.

^(a) Sample consists of two species, *Xiphophorus maculatus* and *Macropodus opercularis*.

^(b) Not identified to species level.

^(c) Each composite sample consists of several individuals.

^(d) Weight of sample submitted to lab. Actual weight analyzed may differ.

5 REFERENCES

- Clarke, K.R., & Gorley, R.N., 2001. Primer v5: User Manual/Tutorial. Primer-E: Plymouth
- Benstead, J.P., De Rham, P.H., Gattoliat, J.L., Gibon, F.M., Loiselle, P.V., Sartori, M., Sparks, J.S. and Stiassny, L.J. 2003. Conserving Madagascar's Freshwater Biodiversity. *Bioscience*, 53, 11, 1101-1111.
- Clarke, K.R., & Green, R.H., 1988. Statistical Design and Analysis for a 'biological effects' study. *Marine Ecology Progress Series* 46: 213-226.
- Clarke K.R., & Warwick, R.M., 1994. Change in Marine Communities: An approach to Statistical analysis and interpretation. Unpublished Manual for PRIMER statistical programme. Natural Environment Research Council, United Kingdom.
- Cyrus, D.P., Wepener, V., Mackay, C.F., Cilliers, P.M., Weerts, S.P., & Viljoen, A 2000. The effects of Intrabasin Transfer on the Hydrochemistry, Benthic Invertebrates and Ichthyofauna on the Mhlathuze Estuary and Lake Nsezi. Water Research Commission Report No. 722(1)99. 253pp.
- Dallas, H.F., & DAY, J.A., 2004. The Effect of Water Quality Variables on Aquatic Ecosystems: A Review. WRC Report No. TT 224/04.
- Davies B, & Day J. 1998. Vanishing Water. UCT Press. Department of Water Affairs and Forestry (DWAF). 1996. South African Water Quality Guidelines, Volume 7. Aquatic Ecosystems
- Dickens, C.W.S. and Graham, P. M. 2002. The South African Scoring System (SASS) Version 5 Rapid Bioassessment Method for Rivers. *African Journal of Aquatic Science* 2002, 27: 1-10.
- Frissel, C.A., LISS, W.J., Warren, C.E. and Hurley, M.D. 1986. A hierarchical framework for stream habitat classification: viewing streams in a watershed context. *Environmental Management*, 10, 199-214.
- Kemper N. 1999. Intermediate Habitat Integrity assessment for use in rapid and intermediate assessments. RDM Manual version 1.0.

- Kennard, J.M., Arthington, A.H. and Thompson, C. 1998. Flow requirements of freshwater fish. *Environmental Flow Requirements of the Brisbane River Downstream from Wivenhoe Dam* (Eds A.H. Arthington & J.M. Zalucki), Chapter 9, pp. 341-407. Final Report to the South-East Queensland Water Board. Centre for Catchment and In-Stream Research, Griffith University, Brisbane.
- Kleynhans, C.J. 1996. A qualitative procedure for the assessment of the habitat integrity status of the Luvuvhu River (Limpopo System, South Africa). *J. Aquat. Ecosystem Health* 5 41-54
- Kleynhans, C.J. 1999. Comprehensive Habitat Integrity Assessment. In: *Water Resources Protection. Policy Implementation. Resource Directed Measures for Protection of Water Resources. River Ecosystems. Version 1.* Department of Water Affairs and Forestry.
- Lock, M.A., R.R. Wallace, J.W. Costerton, R.M. Ventullo, and S.E. Charlton. 1984. River epilithon: towards a structural-functional model. *Oikos* 42:10-22.
- Loiselle, P.V. & P. de RHAM. 2003. Paretroplus, Damba. (Chapter 9 Fishes) In: *The Natural History of Madagascar*, GOODMAN, S.M., & BENSTEAD, J.P., eds. University of Chicago Press.
- Ludwig, J.A., & Reynolds, J.F., 1988. *Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing*. John Wiley and Sons Inc., Toronto.
- Margalef, R. 1961. Information Theory in Ecology. *General Systems* 3: 36-71.
- Myers, D. 1997. Faunal baseline study, Ambatovy, Madagascar. Technical Report prep. for Golder Associates Inc. and ICTE 21p + 6 Appendices.
- Paulian, R & P. Viette. 2003. An Introduction to Terrestrial and Freshwater Invertebrates. In: *The Natural History of Madagascar*, GOODMAN, S.M., & BENSTEAD, J.P., eds. University of Chicago Press.
- Pielou, E.C., 1986. The measurements of diversity in different types of biological collection. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144.
- Primer (1994) *Plymouth Routines in Marine Ecological Research Version 5*. Plymouth Marine Laboratory. United Kingdom. 52pp.

Raharivololoniaina, L., 2004. Invertebrate Commentary, Unpublished Report. University of Antananarivo.

Ravelomanana, T., 2004. Fish Comments, Unpublished Report. University of Antananarivo.

Shannon, C.E., & Weaver, W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. University Illinois Press, Urbane.

Sparks, J.S., K.J. Riseng and P.N. Reinthal. 1998. A floral and faunal survey of the ephemeral pools, streams, and wetlands in the Ambatovy Region, Eastern Madagascar. Prep. for Golder Associates Inc. 21p + Appendix.

SNC Lavalin. 2004. Dynatec Ambatovy Nickel Project Feasibility Study . Draft November 2004. Prep. for Dynatec Corporation.

Sparks, J.S., & Stiassny, M.L.J., 2003. Introduction to the Freshwater Fishes. Chapter 9 Fishes. In: The Natural History of Madagascar, GOODMAN, S.M., & BENSTEAD, J.P., eds. University of Chicago Press.

Sparks, J.S., & Stiassny, M.L.J., 2005. Madagascar's Freshwater Fishes: An Imperiled Treasure. In: Freshwater Ecoregions of Africa and Madagascar. THIEME, et al., 2005

U.S. Environmental Protection Agency (USEPA). 1998. Rapid Bioassessment Protocols for use in Streams and Rivers. U.S. Environmental Protection Agency, Office of Water, Washington, D.C.

United States Geological Survey (USGS). 2004. Methods for Sampling Fish Communities as part of the National Water-Quality Assessment Program. <http://water.usgs.gov/nawqa/protocols/OFR-93-104/fishp1.html>

www.fishbase.org

SUB – ATTACHMENT 1

**AQUATIC MACROINVERTEBRATE TAXA COLLECTED IN MINE AREA DURING
HIGH AND LOW FLOW**

Table 1A. Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in the Mine Area during High Flow

ORDER	FAMILY	QESF103	QESF104	QESF105	QESF106	QESF107	QESF108	QESF109	QESF110	QESF111
<i>Achetes</i>	<i>Hirudidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Basommatophora</i>	<i>Physidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	1	1	0	0	2	4	2	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Dysticidae</i>	0	0	0	11	1	7	6	12	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	12	4	0	78	1	0	8	8	67
<i>Coleoptera</i>	<i>Helophoridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydraenidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Astacidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Decapoda</i>	<i>Atyidae</i>	84	63	157	26	64	0	0	4	35
<i>Decapoda</i>	<i>Grapsidae</i>	0	4	0	2	0	0	39	10	1
<i>Decapoda</i>	<i>Palaemonidae</i>	0	8	1	8	0	0	0	6	0
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	0	2	0	1	14	0	0	2	0
<i>Diptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	0	2	2	1	1	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	0	5	1	0	0	1	10	16	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Ephemerellidae</i>	0	0	0	0	0	0	3	18	1
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Heptagenidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiae</i>	0	19	0	0	0	0	1	27	16
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Polymitarcidae</i>	0	18	2	4	2	0	56	38	2
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bithyniidae</i>	7	12	13	30	22	3	0	0	13
<i>Gasteropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	4	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Lymnaeidae</i>	0	0	0	0	4	22	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Planorbidae</i>	5	0	0	3	0	1	0	0	3
<i>Hemiptera</i>	<i>Corixidae</i>	2	0	4	0	1	0	0	3	6
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	0	2	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	0	1	4	9	4	2	7	4	3

Table 1A. Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in the Mine Area during High Flow (continued)

ORDER	FAMILY	QESF103	QESF104	QESF105	QESF106	QESF107	QESF108	QESF109	QESF110	QESF111
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	0	0	2	0	0	1	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	5	6	6	38	6	8	10	19	7
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	0	0	0	2	0	0	0	2	0
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	11	1	0	0	1	0	2	1	0
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	2	1	2	0	3	0	0	1	1
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	3	0	0	0	0	1	0	10	2
<i>Plecoptera</i>	<i>Notonemouridae</i>	0	0	0	1	0	1	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	0	26	10	0	6	4	23	37	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Lepidostomatidae</i>	0	8	0	7	8	0	1	0	13
<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	8	0	3	21	15	2	2	4	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	0	0	0	4	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	11	0	0	3	0	0	11	1	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Psychomyiidae</i>	0	2	1	0	0	0	40	12	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Sericostomatidae</i>	1	0	0	0	1	2	5	0	0
	<i>Mermithoidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0

Table 1A. Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in the Mine Area during High Flow (continued)

ORDER	FAMILY	QESF112	QESF117	QESF124	QESF125	EPH1	EPH2	EPH3
<i>Achetes</i>	<i>Hirudidae</i>	0	10	1	0	0	5	25
<i>Basommatophora</i>	<i>Physidae</i>	0	0	0	4	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	1	0	0	0	2	7	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Dysticidae</i>	0	15	11	7	12	1	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	0	3	59	0	0	1	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Helophoridae</i>	0	0	0	1	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydraenidae</i>	0	0	0	0	0	1	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	1	0	1	0
<i>Decapoda</i>	<i>Astacidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Atyidae</i>	0	124	28	1	0	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Grapsidae</i>	0	0	3	1	0	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Palaemonidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	0	0	0	1	0	1	0
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	0	7	0	0	13	0	31
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	0	0	2	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	0	0	0	0	0	0	3
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	0	0	0	6	0	0	1
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	0	0	1	9	0	0	1
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Ephemerellidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Heptagenidae</i>	0	0	15	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiidae</i>	0	0	26	0	0	1	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Polymitarcidae</i>	0	2	8	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bithyniidae</i>	0	28	8	19	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	11	8	0	8	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Lymnaeidae</i>	4	3	4	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Planorbidae</i>	1	0	10	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Corixidae</i>	0	7	0	0	12	7	27
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	0	1	0	1	0	0	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	1	9	5	4	6	13	8
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	0	15	0	0	6	27	16

Table 1A. Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in the Mine Area during High Flow (continued)

ORDER	FAMILY	QESF112	QESF117	QESF124	QESF125	EPH1	EPH2	EPH3
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	1	6	14	5	7	6	21
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	0	3	0	0	28	0	15
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	0	21	5	8	11	70	32
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	0	0	3	0	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	0	0	0	4	0	2	11
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	3	0	1	0	0	2	0
<i>Plecoptera</i>	<i>Notonemouridae</i>	0	1	0	0	0	4	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	4	6	3	1	1	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Lepidostomatidae</i>	0	0	10	0	0	4	22
<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	0	0	11	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Philopotamidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	0	0	0	0	0	9	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Psychomyiidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Sericostomatidae</i>	0	0	2	1	0	1	0
	<i>Mermithoidae</i>	1	0	0	0	1	0	0

Table 1B Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in the Mine Area during Low Flow (continued)

ORDER	FAMILY	QESF101	QESF103	QESF104	QESF105	QESF106	QESF107	QESF108	QESF109	QESF110
<i>Gasteropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Gasteropoda</i>	<i>Lymnaeidae</i>	0	0	0	0	0	12	59	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Planorbidae</i>	4	1	0	0	27	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Sphaeriidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Thiaridae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Aphelocheiridae</i>	0	3	0	4	1	0	0	0	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Corixidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	0	0	6	0	16	3	30	0	2
<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	0	0	0	0	0	0	4	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	0	0	0	0	2	6	1	2	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Nepidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	0	0	0	1	0	0	0	1	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	1	3	3	2	1	0	5	0	1
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyrilidae</i>	3	0	0	0	0	0	1	0	0
<i>Megaloptera</i>	<i>Sialidae</i>	0	3	0	6	0	2	7	7	6
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	0	3	0	1	0	0	0	0	11
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	0	5	0	0	0	0	7	0	8
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	1	0	17	0	2	4	25	0	1
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	0	11	0	0	2	0	0	0	1
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	0	0	0	0	12	0	0	0	16
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	0	1	0	1	40	0	0	5	2
<i>Odonata</i>	<i>Platycnemudidae</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Oligochaeta</i>	<i>Lumbriculidae</i>	0	0	1	0	4	0	0	0	0
<i>Plecoptera</i>	<i>Notonemouridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	7
<i>Trichoptera</i>	<i>Beraeidae</i>	0	5	1	0	33	0	0	32	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Ecnomidae</i>	0	1	7	0	30	2	0	30	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Glossosomatidae</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydroptilidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	36
<i>Trichoptera</i>	<i>Lepidostomatidae</i>	1	11	15	0	9	11	15	0	2
<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	2	8	8	2	21	0	6	2	9

Table 1B Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in the Mine Area during Low Flow (continued)

ORDER	FAMILY	QESF111	QESF112	QESF115	QESF117	QESF123	QESF124	QESF125
<i>Achetes</i>	<i>Hirudidae</i>	1	0	0	3	0	2	0
<i>Basommatophora</i>	<i>Physidae</i>	0	0	0	0	0	0	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Dryopidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Dysticidae</i>	2	1	0	5	2	1	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	6	4	4	30	78	245	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	1	0	0	0	0	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Atyidae</i>	29	0	0	203	75	41	0
<i>Decapoda</i>	<i>Grapsidae</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Palaemonidae</i>	1	0	0	0	3	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Parastacidae</i>	0	0	0	0	0	4	0
<i>Decapoda</i>	<i>Potamonautidae</i>	2	0	1	1	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Athericidae</i>	1	0	0	7	1	11	0
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	179	7	0	3	0	11	0
<i>Diptera</i>	<i>Culicidae</i>	0	0	0	0	1	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Dixidae</i>	2	0	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	3	0	3	0	6	3	1
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	3	0	0	1	4	1	1
<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	0	1	0	3	0	1	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	0	0	0	0	9	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	16	0	2	49	16	17	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Ephemerellidae</i>	0	0	4	0	15	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Heptagenidae</i>	12	0	2	2	25	22	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiae</i>	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuridae</i>	0	0	55	24	40	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Polymitarcidae</i>	9	0	0	28	8	11	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Prosopistomatidae</i>	0	0	39	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bithyniidae</i>	17	2	0	4	0	0	14
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bythinellidae</i>	0	1	0	0	0	0	12
<i>Gasteropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	0	0	0	0	0	0	0

Table 1B Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in the Mine Area during Low Flow (continued)

ORDER	FAMILY	QESF111	QESF112	QESF115	QESF117	QESF123	QESF124	QESF125
Gasteropoda	<i>Lymnaeidae</i>	0	0	0	0	0	3	0
Gasteropoda	<i>Planorbidae</i>	0	0	0	0	0	4	1
Gasteropoda	<i>Sphaeriidae</i>	0	0	8	0	0	0	2
Gasteropoda	<i>Thiaridae</i>	0	5	0	0	0	0	0
Hemiptera	<i>Aphelocheiridae</i>	1	0	8	0	0	0	0
Hemiptera	<i>Corixidae</i>	1	0	0	0	4	0	0
Hemiptera	<i>Gerridae</i>	1	0	0	8	1	5	0
Hemiptera	<i>Mesoveliidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	<i>Naucoridae</i>	0	0	1	4	19	0	0
Hemiptera	<i>Nepidae</i>	0	0	0	0	0	1	0
Hemiptera	<i>Notonectidae</i>	2	0	0	3	9	0	6
Hemiptera	<i>Veliidae</i>	7	0	0	8	3	0	0
Lepidoptera	<i>Pyalidae</i>	0	0	3	0	0	0	0
Megaloptera	<i>Sialidae</i>	6	1	0	0	4	0	0
Odonata	<i>Aeshnidae</i>	1	0	0	1	4	0	0
Odonata	<i>Coenagrionidae</i>	0	0	0	0	1	0	0
Odonata	<i>Corduliidae</i>	0	0	4	3	0	2	0
Odonata	<i>Gomphidae</i>	4	0	0	9	2	11	0
Odonata	<i>Lestidae</i>	0	0	0	5	4	0	0
Odonata	<i>Libellulidae</i>	1	0	52	1	7	7	0
Odonata	<i>Platycnemudidae</i>	0	0	0	0	0	0	0
Oligochaeta	<i>Lumbriculidae</i>	0	0	0	0	0	2	1
Plecoptera	<i>Notonemouridae</i>	0	0	0	0	0	0	0
Trichoptera	<i>Beraeidae</i>	5	0	0	6	0	8	0
Trichoptera	<i>Ecnomidae</i>	1	2	3	32	2	21	0
Trichoptera	<i>Glossosomatidae</i>	0	0	1	0	0	0	0
Trichoptera	<i>Hydroptilidae</i>	0	0	0	0	0	11	0
Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	0	0	104	2	13	0	0
Trichoptera	<i>Lepidostomatidae</i>	5	0	0	2	0	12	0
Trichoptera	<i>Leptoceridae</i>	1	0	4	26	4	3	0
Trichoptera	<i>Philopotamidae</i>	0	0	0	3	0	0	0

Table 1B Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected in the Mine Area during Low Flow (continued)

ORDER	FAMILY	QESF111	QESF112	QESF115	QESF117	QESF123	QESF124	QESF125
<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	8	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Psychomyiidae</i>	0	0	0	18	0	4	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Sericostomatidae</i>	0	0	0	0	11	0	0

SUB - ATTACHMENT 2

**FISH AND MACROINVERTEBRATE
DISSIMILARITY TABLES FOR THE MINE AREA**

Table 2A Dissimilarity Of Macroinvertebrate Family Assemblages Between Groups I and III Identified in the High Flow Data Collected in the Mine Site Area, Based on Family Contributions. Average Dissimilarity = 84.74%

Family	Contribution %	Cumulative %	Group I Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
<i>Atyidae</i>	24.17	24.17	72.63	0.00	20.48
<i>Coenagrionidae</i>	10.81	34.98	4.88	37.67	9.16
<i>Elmidae</i>	8.99	43.96	28.00	0.00	7.62
<i>Bithyniidae</i>	5.42	49.38	16.63	0.00	4.59
<i>Calopterygidae</i>	5.06	54.44	0.63	14.33	4.29
<i>Notonectidae</i>	4.87	59.31	2.13	16.33	4.13
<i>Culicidae</i>	4.57	63.88	0.88	14.67	3.87
<i>Corixidae</i>	4.08	67.96	2.50	15.33	3.46
<i>Hirudidae</i>	2.93	70.89	1.38	10.00	2.49
<i>Lepidostomatidae</i>	2.83	73.72	5.75	8.67	2.40
<i>Leptophlebiae</i>	2.58	76.31	7.63	0.33	2.19
<i>Aeshnidae</i>	2.51	78.82	11.00	11.33	2.13
<i>Leptoceridae</i>	2.41	81.23	7.25	0.00	2.04
<i>Hydropsychidae</i>	2.14	83.37	6.50	0.33	1.81
<i>Dytiscidae</i>	1.99	85.36	4.75	4.33	1.69
<i>Naucoridae</i>	1.80	87.16	4.38	9.00	1.52
<i>Polymitarcidae</i>	1.58	88.74	4.75	0.00	1.34
<i>Polycentropodidae</i>	1.26	90.00	1.75	3.00	1.07
<i>Lestidae</i>	1.24	91.24	0.25	4.33	1.05

Table 2B Dissimilarity Of Fish Species Assemblages Between Groups I and II Identified in the Mine Site Data, Based on Species Contributions. Average Dissimilarity = 59.59%

Species	Contribution %	Cumulative %	Group I Average Abundance	Group II Average Abundance	Average Dissimilarity
<i>Xiphophorus maculatus</i>	29.65	29.65	0.00	24.92	17.67
<i>Ratsirakia legendrei</i>	25.20	54.85	50.22	31.15	15.02
<i>Ctenopoma ansorgii</i>	20.81	75.66	0.00	13.85	12.40
<i>Rheocles alaotrensis</i>	14.55	90.21	4.67	11.92	8.67

**Table 2C Dissimilarity of Fish Species Assemblages Between Groups I and III
Identified in the Mine Site Data, Based on Species Contributions.
Average Dissimilarity = 99.52%**

Species	Contribution %	Cumulative %	Group I Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
<i>Ratsirakia legendrei</i>	28.43	28.43	50.22	0.00	28.30
<i>Tilapia zillii</i>	23.49	51.93	0.00	30.50	23.38
<i>Gambusia holbrooki</i>	15.29	67.22	0.00	15.00	15.21
<i>Channa maculata</i>	6.85	74.06	0.00	3.00	6.81
<i>Rheocles alaotrensis</i>	6.50	80.56	4.67	0.00	6.46
<i>Carassius auratus</i>	6.03	86.59	0.00	2.00	6.00
<i>Chonophorus aeneofuscus</i>	4.68	91.27	0.11	2.50	4.66

**Table 2D Dissimilarity of Fish Species Assemblages Between Groups II and III
Identified in the Mine Site Data, Based on Species Contributions.
Average Dissimilarity = 81.17%**

Species	Contribution %	Cumulative %	Group II Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
<i>Tilapia zillii</i>	19.49	19.49	0.08	30.50	17.74
<i>Xiphophorus maculatus</i>	15.43	34.92	24.92	0.00	14.05
<i>Ratsirakia legendrei</i>	15.38	50.29	31.15	0.00	14.00
<i>Gambusia holbrooki</i>	11.09	61.38	1.54	15.00	10.09
<i>Rheocles alaotrensis</i>	10.68	72.05	11.92	0.00	9.72
<i>Ctenopoma ansorgii</i>	8.86	80.91	13.85	1.50	8.07
<i>Channa maculata</i>	5.78	86.69	0.00	3.00	5.26
<i>Carassius auratus</i>	5.08	91.78	0.00	2.00	4.63

Table 2E Dissimilarity Of Macroinvertebrate Family Assemblages Between Groups I and II Identified in the Tailings Area, Based on Family Contributions. Average Dissimilarity = 79.13%

Family	Contribution %	Cumulative %	Group I Average Abundance	Group II Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups I and II (79.13%)					
<i>Chironomidae</i>	5.4	5.4	15.0	0.8	4.3
<i>Atyidae</i>	5.3	10.7	4.2	23.5	4.2
<i>Coenagrionidae</i>	4.7	15.4	11.4	0.5	3.7
<i>Aeshnidae</i>	4.7	20.1	0.2	8.3	3.7
<i>Hydrobiidae</i>	4.5	24.5	0.2	10.8	0.6
<i>Platycnemididae</i>	4.2	28.7	7.0	0.0	3.3
<i>Thiaridae</i>	3.5	32.3	7.6	2.0	2.8
<i>Calopterygidae</i>	3.5	35.8	0.0	4.5	2.8
<i>Libellulidae</i>	3.5	39.3	0.0	12.3	2.7
<i>Leptoceridae</i>	3.3	42.5	0.4	9.0	2.6
<i>Planorbidae</i>	2.9	45.4	5.8	1.0	2.3
<i>Caenidae</i>	2.4	47.7	1.6	4.5	1.9
<i>Aphelocheiridae</i>	2.3	50.1	3.0	0.0	1.9
<i>Ecnomidae</i>	2.3	52.4	2.8	0.0	1.8
<i>Naucoridae</i>	2.3	54.7	1.6	3.0	1.8
<i>Veliidae</i>	2.2	56.9	2.4	1.3	1.7
<i>Elmidae</i>	2.2	59.1	1.4	2.3	1.7
<i>Hydropsychidae</i>	2.1	61.2	0.4	2.0	1.7
<i>Gerridae</i>	2.1	63.2	1.2	3.3	1.6
<i>Dytiscidae</i>	2.0	65.3	0.4	3.8	1.6
<i>Polycentropodidae</i>	1.9	67.2	2.2	1.3	1.5
<i>Corduliidae</i>	1.9	69.0	2.0	0.5	1.5
<i>Mesoveliidae</i>	1.8	70.9	0.6	2.0	1.5
<i>Nepidae</i>	1.7	72.6	1.8	1.3	1.4
<i>Bythinellidae</i>	1.7	74.2	1.2	0.0	1.3
<i>Notonectidae</i>	1.5	75.7	2.0	0.0	1.2
<i>Simuliidae</i>	1.5	77.3	1.6	0.3	1.2
<i>Hirudidae</i>	1.5	78.7	1.4	0.5	1.2
<i>Tipulidae</i>	1.5	80.2	1.2	0.5	1.2
<i>Psychomyiidae</i>	1.4	81.6	1.6	0.8	1.1
<i>Baetidae</i>	1.3	82.9	0.4	2.0	1.0
<i>Leptophlebiae</i>	1.3	84.1	0.0	3.5	1.0
<i>Ceratopogonidae</i>	1.2	85.4	1.2	0.3	1.0
<i>Bithyniidae</i>	1.2	86.6	0.8	0.5	0.9
<i>Sialidae</i>	1.2	87.7	0.8	0.5	0.9
<i>Hydrophilidae</i>	1.0	88.7	0.0	0.8	0.8
<i>Athericidae</i>	1.0	89.7	1.2	0.0	0.8
<i>Polymitarcidae</i>	1.0	90.7	1.4	0.0	0.8

Table 2F Dissimilarity of Fish Species Assemblages Between Groups I and II Identified in the Tailings Area, Based on Species Contributions.
Average Dissimilarity = 51.87%

Species	Contribution %	Cumulative %	Group I Average Abundance	Group II Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups I and II (51.87%)					
<i>Xiphophorus maculatus</i>	13.25	0.00	13.25	0.00	13.72
<i>Channa maculata</i>	0.00	3.00	0.00	3.00	7.40
<i>Tilapia zillii</i>	1.50	4.33	1.50	4.33	6.00
<i>Hypseleotris tohizanae</i>	0.00	3.33	0.00	3.33	5.88
<i>Sauvagella madagascariensis</i>	0.00	2.00	0.00	2.00	3.01
<i>Oreochromis niloticus</i>	0.00	1.00	0.00	1.00	2.64
<i>Bedotia madagascariensis</i>	2.25	26.33	2.25	26.33	2.59
<i>Glossogobius giurus</i>	0.75	1.00	0.75	1.00	2.33
<i>Ophiocara macrolepidota</i>	0.50	0.00	0.50	0.00	2.08
<i>Anguilla marmorata</i>	0.75	0.00	0.75	0.00	1.86

Table 2G Dissimilarity of Fish Species Assemblages Between Groups I and III Identified in the Tailings Area, Based on Species Contributions.
Average Dissimilarity = 71.45%

Species	Contribution %	Cumulative %	Group I Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups I and III (71.45%)					
<i>Tilapia zillii</i>	27.12	27.12	1.50	37.67	19.37
<i>Xiphophorus maculatus</i>	17.95	45.07	13.25	0.00	12.83
<i>Bedotia madagascariensis</i>	16.54	61.61	22.25	5.33	11.82
<i>Oreochromis macrochir</i>	7.10	68.71	0.25	3.33	5.07
<i>Channa maculata</i>	6.36	75.07	0.00	1.33	4.54
<i>Ambassis fontoynti</i>	5.81	80.88	0.00	1.67	4.15
<i>Oreochromis niloticus</i>	4.25	85.13	0.00	2.00	3.04
<i>Glossogobius giurus</i>	3.18	88.32	0.75	2.00	2.27
<i>Ophiocara macrolepidota</i>	2.72	91.04	0.50	0.00	1.95

**Table 2H Dissimilarity of Fish Species Assemblages Between Groups II and III
Identified in the Tailings Area, Based on Species Contributions.
Average Dissimilarity = 56.95%**

Species	Contribution %	Cumulative %	Group II Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups II and III (56.95%)					
<i>Tilapia zillii</i>	27.72	27.72	4.33	37.67	15.79
<i>Bedotia madagascariensis</i>	23.24	50.96	26.33	5.33	13.24
<i>Oreochromis macrochir</i>	10.44	61.40	0.00	3.33	5.95
<i>Hypseleotris tohizanae</i>	9.49	70.89	3.33	0.00	5.40
<i>Ambassis fontoynonti</i>	7.14	78.02	0.00	1.67	4.06
<i>Oreochromis niloticus</i>	6.86	84.88	1.00	2.00	3.91
<i>Sauvagella madagascariensis</i>	5.99	90.87	2.00	0.67	3.41

Table 21 Dissimilarity of Macroinvertebrate Family Assemblages Between Groups I and II Identified During the Pipeline Survey, Based on Family Contributions. Average Dissimilarity = 79.35%

Family	Contribution Percentage	Cumulative Percentage	Group I Average Abundance	Group II Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups I and II (79.35%)					
<i>Chironomidae</i>	5.48	5.48	0.25	29.75	4.35
<i>Caenidae</i>	5.12	10.60	16.75	0.25	4.06
<i>Ecnomidae</i>	5.01	15.61	28.50	0.00	3.97
<i>Elmidae</i>	4.87	20.48	16.75	0.00	3.87
<i>Thiaridae</i>	4.27	24.76	1.75	13.75	3.39
<i>Beraeidae</i>	3.95	28.71	8.75	0.00	3.13
<i>Gerridae</i>	3.77	32.48	16.75	1.00	3.00
<i>Atyidae</i>	3.52	36.00	19.00	17.75	2.80
<i>Lestidae</i>	2.95	38.95	5.25	5.75	2.34
<i>Veliidae</i>	2.91	41.87	7.25	0.00	2.31
<i>Polycentropodidae</i>	2.84	44.70	13.00	0.00	2.26
<i>Lepidostomatidae</i>	2.74	47.45	7.50	0.00	2.18
<i>Naucoridae</i>	2.49	49.94	4.25	0.50	1.98
<i>Aeshnidae</i>	2.33	52.27	4.50	0.00	1.85
<i>Libellulidae</i>	2.30	54.58	4.75	1.50	1.83
<i>Heptagenidae</i>	2.20	56.78	4.50	0.75	1.75
<i>Carabidae</i>	2.06	58.85	4.75	0.50	1.64
<i>Oligoneuridae</i>	1.96	60.81	6.50	0.00	1.56
<i>Protopistomatidae</i>	1.90	62.71	5.00	0.00	1.51
<i>Leptoceridae</i>	1.69	64.40	4.00	2.25	1.34
<i>Dytiscidae</i>	1.61	66.01	5.25	1.75	1.28
<i>Hydropsychidae</i>	1.61	67.62	2.25	1.00	1.28
<i>Dixidae</i>	1.60	69.22	0.00	3.50	1.27
<i>Notonectidae</i>	1.50	70.73	1.75	0.00	1.19
<i>Leptophlebiae</i>	1.44	72.16	0.00	2.50	1.14
<i>Empididae</i>	1.43	73.59	6.75	0.00	1.13
<i>Pyalidae</i>	1.35	74.94	1.50	0.00	1.07
<i>Polymitarcidae</i>	1.33	76.27	2.25	0.00	1.06
<i>Belostomatidae</i>	1.32	77.59	0.00	1.25	1.05
<i>Baetidae</i>	1.25	78.84	0.25	1.50	0.99
<i>Hydrophilidae</i>	1.24	80.09	1.25	0.50	0.99
<i>Gomphidae</i>	1.23	81.31	2.25	2.00	0.98
<i>Glossosomatidae</i>	1.21	82.52	2.00	0.00	0.96
<i>Mesoveliidae</i>	1.19	83.71	0.00	3.00	0.95
<i>Sialidae</i>	1.06	84.78	3.75	0.00	0.84
<i>Reduviidae</i>	1.05	85.83	0.00	1.25	0.83
<i>Aphelocheiridae</i>	1.04	86.87	1.50	0.00	0.83
<i>Coenagrionidae</i>	1.04	87.90	1.25	0.00	0.82
<i>Hydrometridae</i>	0.95	88.85	0.00	1.00	0.76
<i>Palaemonidae</i>	0.87	89.73	0.00	1.00	0.69
<i>Nepidae</i>	0.87	90.59	0.25	0.75	0.69

Table 2J Dissimilarity of Macroinvertebrate Family Assemblages Between Groups I and III Identified During the Pipeline Survey, Based on Family Contributions. Average Dissimilarity = 82.14%

Family	Contribution Percentage	Cumulative Percentage	Group I Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups I and III (82.14%)					
<i>Caenidae</i>	5.64	5.64	16.75	0.40	4.32
<i>Ecnomidae</i>	5.55	11.20	28.50	0.00	4.25
<i>Beraeidae</i>	4.40	15.60	8.75	0.00	3.37
<i>Gerridae</i>	4.12	19.72	16.75	0.00	3.15
<i>Elmidae</i>	4.04	23.77	16.75	2.40	3.09
<i>Atyidae</i>	3.96	27.73	19.00	2.60	3.03
<i>Naucoridae</i>	3.31	31.03	4.25	0.00	2.53
<i>Veliidae</i>	3.26	34.30	7.25	0.00	2.50
<i>Polycentropodidae</i>	3.14	37.40	13.00	0.00	2.40
<i>Lepidostomatidae</i>	3.04	40.48	7.50	0.00	2.33
<i>Aeshnidae</i>	2.63	43.11	4.50	0.00	2.01
<i>Libellulidae</i>	2.55	45.66	4.75	3.00	1.95
<i>Dytiscidae</i>	2.55	48.21	5.25	0.00	1.95
<i>Belostomatidae</i>	2.50	50.71	0.00	3.40	1.91
<i>Prosoptomatidae</i>	2.34	53.05	5.00	2.00	1.79
<i>Carabidae</i>	2.30	55.35	4.75	0.40	1.76
<i>Oligoneuridae</i>	2.21	57.56	6.50	0.20	1.69
<i>Heptagenidae</i>	2.16	59.72	4.50	1.20	1.65
<i>Hydropsychidae</i>	2.02	61.74	2.25	3.00	1.55
<i>Lestidae</i>	1.97	63.71	5.25	1.40	1.50
<i>Leptoceridae</i>	1.86	65.57	4.00	3.60	1.42
<i>Baetidae</i>	1.73	67.29	0.25	2.20	1.32
<i>Thiaridae</i>	1.63	68.92	1.75	1.80	1.25
<i>Pylalidae</i>	1.61	70.53	1.50	0.80	1.23
<i>Polymitarcidae</i>	1.59	72.12	2.25	0.40	1.22
<i>Empididae</i>	1.57	73.69	6.75	0.00	1.20
<i>Gomphidae</i>	1.54	75.22	2.25	3.20	1.18
<i>Notonectidae</i>	1.36	76.59	1.75	0.40	1.04
<i>Glossosomatidae</i>	1.36	77.95	2.00	0.00	1.04
<i>Hydrophilidae</i>	1.32	79.27	1.25	0.20	1.01
<i>Corixidae</i>	1.24	80.51	0.25	1.20	0.95
<i>Sialidae</i>	1.17	81.68	3.75	0.00	0.89
<i>Aphelocheiridae</i>	1.15	82.84	1.50	0.00	0.88
<i>Coenagrionidae</i>	1.15	83.99	1.25	0.00	0.88
<i>Leptophlebiae</i>	1.14	85.13	0.00	1.40	0.87
<i>Mesoveliidae</i>	1.14	86.27	0.00	0.80	0.87
<i>Tipulidae</i>	1.08	87.35	1.00	0.60	0.83
<i>Chironomidae</i>	0.97	88.32	0.25	0.80	0.74
<i>Simuliidae</i>	0.93	89.25	1.25	0.00	0.71
<i>Enchytraeidae</i>	0.88	90.14	1.00	0.00	0.68

Table 2K Dissimilarity of Macroinvertebrate Family Assemblages Between Groups II and III Identified During the Pipeline Survey, Based on Family Contributions. Average Dissimilarity = 66.39%

Family	Contribution Percentage	Cumulative Percentage	Group II Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups II and III (66.39%)					
<i>Chironomidae</i>	10.88	10.88	0.80	29.75	7.22
<i>Thiaridae</i>	9.12	19.99	1.80	13.75	6.05
<i>Atyidae</i>	5.37	25.36	2.60	17.75	3.57
<i>Lestidae</i>	4.87	30.24	1.40	5.75	3.24
<i>Elmidae</i>	4.00	34.24	2.40	0.00	2.66
<i>Dytiscidae</i>	3.44	37.68	0.00	1.75	2.29
<i>Prosopestomatidae</i>	3.44	41.12	2.00	0.00	2.28
<i>Mesoveliidae</i>	3.38	44.50	0.80	3.00	2.25
<i>Dixidae</i>	3.24	47.74	0.40	3.50	2.15
<i>Leptophlebiae</i>	3.20	50.94	1.40	2.50	2.12
<i>Hydropsychidae</i>	3.19	54.13	3.00	1.00	2.12
<i>Libellulidae</i>	3.19	57.32	3.00	1.50	2.12
<i>Belostomatidae</i>	3.17	60.49	3.40	1.25	2.11
<i>Baetidae</i>	2.55	63.04	2.20	1.50	1.69
<i>Hydrometridae</i>	2.37	65.42	1.00	1.00	1.58
<i>Leptoceridae</i>	2.36	67.78	3.60	2.25	1.57
<i>Corixidae</i>	2.35	70.12	1.20	0.00	1.56
<i>Palaemonidae</i>	2.29	72.41	0.80	1.00	1.52
<i>Heptagenidae</i>	2.13	74.54	1.20	0.75	1.41
<i>Reduviidae</i>	2.04	76.58	0.20	1.25	1.35
<i>Nepidae</i>	1.66	78.23	0.20	0.75	1.10
<i>Gomphidae</i>	1.64	79.88	3.20	2.00	1.09
<i>Tricorythidae</i>	1.64	81.51	0.60	0.75	1.09
<i>Scarabaeidae</i>	1.59	83.11	0.00	1.50	1.06
<i>Tipulidae</i>	1.47	84.58	0.60	0.25	0.98
<i>Potamonautidae</i>	1.44	86.02	0.60	0.25	0.96
<i>Gyrinidae</i>	1.42	87.44	0.60	0.00	0.94
<i>Carabidae</i>	1.42	88.86	0.40	0.50	0.94
<i>Caenidae</i>	1.25	90.10	0.40	0.25	0.83

Table 2L Dissimilarity of Fish Species Assemblages Between Groups I and II Identified During the Pipeline Survey Based on Species Contributions. Average Dissimilarity = 95.52%

Species	Contribution %	Cumulative %	Group I Average Abundance	Group II Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups I and II (95.52%)					
<i>Ratsirakia legendrei</i>	57.8	57.8	66.0	0.5	55.2
<i>Xiphophorus maculatus</i>	18.2	76.0	3.0	16.7	17.4
<i>Ctenopoma ansorgii</i>	8.1	84.1	0.0	5.7	7.7
<i>Rheocles alaotrensis</i>	6.5	90.6	3.7	1.7	6.2

Table 2M Dissimilarity of Fish Species Assemblages Between Groups I and III Identified During the Pipeline Survey Based on Species Contributions. Average Dissimilarity = 99.89%

Species	Contribution %	Cumulative %	Group I Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups I and III (99.89%)					
<i>Ratsirakia legendrei</i>	46.6	46.6	66.0	0.0	46.6
<i>Sauvagella madagascariensis</i>	11.1	57.7	0.0	16.2	11.1
<i>Chonophorus aeneofuscus</i>	5.6	63.3	0.0	4.6	5.6
<i>Oreochromis macrochir</i>	4.8	68.0	0.0	8.2	4.8
<i>Glossogobius giurus</i>	4.2	72.2	0.0	2.8	4.2
<i>Ophiocara macrolepidota</i>	3.7	76.0	0.0	3.4	3.7
<i>Rheocles alaotrensis</i>	2.7	78.7	3.7	0.0	2.7
<i>Oreochromis niloticus</i>	2.7	81.4	0.0	1.6	2.7
<i>Anguilla bicolor</i>	2.4	83.8	0.0	1.0	2.4
<i>Xiphophorus maculatus</i>	2.3	86.2	3.0	0.4	2.3
<i>Tilapia zillii</i>	2.0	88.1	0.0	3.8	2.0
<i>Stenogobius polyzona</i>	1.9	90.0	0.0	0.8	1.9

Table 2N Dissimilarity of Fish Species Assemblages Between Groups II and III Identified During the Pipeline Survey, Based on Species Contributions. Average Dissimilarity = 98.06%

Species	Contribution %	Cumulative %	Group II Average Abundance	Group III Average Abundance	Average Dissimilarity
Groups I and III (98.06%)					
<i>Xiphophorus maculatus</i>	16.5	16.5	16.7	0.4	16.2
<i>Sauvagella madagascariensis</i>	14.5	31.0	0.0	16.2	14.3
<i>Chonophorus aeneofuscus</i>	7.9	38.9	0.0	4.6	7.7
<i>Oreochromis macrochir</i>	6.1	45.0	0.2	8.2	6.0
<i>Ctenopoma ansorgii</i>	6.1	51.1	5.7	0.0	6.0
<i>Glossogobius giurus</i>	6.1	57.2	0.2	2.8	6.0
<i>Bedotia madagascariensis</i>	5.9	63.1	3.0	0.8	5.8
<i>Ophiocara macrolepidota</i>	5.2	68.3	0.0	3.4	5.1
<i>Anguilla bicolor</i>	4.0	72.3	0.5	1.0	3.9
<i>Oreochromis niloticus</i>	3.9	76.2	0.0	1.6	3.9
<i>Stenogobius polyzona</i>	2.8	79.1	0.0	0.8	2.8
<i>Microphis leiaspis</i>	2.8	81.9	0.0	0.8	2.8
<i>Rheocles alaotrensis</i>	2.8	84.7	1.7	0.0	2.8
<i>Paretroplus poliactis</i>	2.6	87.3	0.0	1.6	2.5
<i>Tilapia zillii</i>	2.5	89.8	0.2	3.8	2.5
<i>Anguilla marmorata</i>	1.6	91.4	0.0	1.0	1.6

SUB - ATTACHMENT 3

**AQUATIC MACROINVERTEBRATE TAXA COLLECTED IN TAILINGS AREA
DURING HIGH AND LOW FLOW**

Table 3A Aquatic Macroinvertebrates Collected in the Tailings Area during High Flow

ORDER	FAMILY	TMT001	TMT002	TMT003	TMT004	TMT005	TMT006
<i>Achetes</i>	<i>Hirudidae</i>	0	1	0	0	0	1
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	0	12	0	0	2	3
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	0	9	1	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Helophoridae</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	0	0	0	3	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Scarabidae</i>	0	0	0	1	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Atyidae</i>	29	60	0	2	3	3
<i>Decapoda</i>	<i>Grapsidae</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Potamonautidae</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	0	0	1	1	3	2
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	0	3	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	0	1	1	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	0	0	0	0	2	8
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	0	0	1	0	6	18
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Ephemerellidae</i>	0	2	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Heptageniidae</i>	0	0	0	0	1	2
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiae</i>	0	0	0	0	0	14
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bithyniidae</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	31	12	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Planorbidae</i>	0	1	0	0	13	3
<i>Gasteropoda</i>	<i>Thiaridae</i>	0	0	0	4	6	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Aphelocheiridae</i>	0	0	3	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Corixidae</i>	0	1	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	2	0	0	0	3	11
<i>Hemiptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	0	0	0	0	1	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Hydrometridae</i>	0	0	0	0	2	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	0	5	0	3	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	6	0	0	0	4	6

Table 3A Aquatic Macroinvertebrates Collected in the Tailings area During High Flow (continued)

ORDER	FAMILY	TMT001	TMT002	TMT003	TMT004	TMT005	TMT006
<i>Hemiptera</i>	<i>Nepidae</i>	0	0	0	1	0	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	0	0	0	0	2	5
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyrilidae</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Megaloptera</i>	<i>Sialidae</i>	0	1	0	1	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	14	3	0	3	1	13
<i>Odonata</i>	<i>Calopterygidae</i>	6	10	0	1	0	1
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	0	0	0	0	17	2
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	0	0	0	2	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	0	3	0	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	0	14	2	0	0	35
<i>Odonata</i>	<i>Platycnemudidae</i>	0	0	0	0	3	0
<i>Oligoneuriidae</i>	<i>Ephemeridae</i>	0	0	0	0	0	2
<i>Trichoptera</i>	<i>Ecnomidae</i>	0	0	0	0	3	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	1	1	0	3	0	3
<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	0	20	5	0	1	16
<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	0	4	0	0	0	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Psychomyiidae</i>	0	0	0	0	8	3

Table 3B Aquatic Macroinvertebrates Collected in the Tailings Area during Low Flow

ORDER	FAMILY	TMT001	TMT003	TMT004	TMT005	TMT006
<i>Achetes</i>	<i>Hirudidae</i>	5	0	2	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	1	3	3	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Atyidae</i>	14	3	1	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Palaemonidae</i>	0	0	1	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Athericidae</i>	0	6	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Ceratopogonidae</i>	0	6	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	32	28	3	0	9
<i>Diptera</i>	<i>Dixidae</i>	0	0	2	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	0	0	7	0	1
<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	0	0	6	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	0	2	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuridae</i>	0	0	0	1	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Polymitarcidae</i>	0	0	0	0	7
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bythinellidae</i>	0	2	3	0	1
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bithyniidae</i>	4	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	1	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Planorbidae</i>	16	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Thiaridae</i>	12	0	20	6	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Aphelocheiridae</i>	6	2	0	0	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	1	0	1	0	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	0	1	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	2	1	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	3	0	0	0	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Nepidae</i>	4	1	0	0	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	3	0	0	0	7
<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	0	0	3	0	7
<i>Megaloptera</i>	<i>Sialidae</i>	3	0	0	2	1
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	8	2	0	0	30
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	3	0	5	0	2
<i>Odonata</i>	<i>Platycnemudidae</i>	3	4	1	0	24

Table 3B Aquatic Macroinvertebrates Collected in the Tailings Area during Low Flow

ORDER	FAMILY	TMT001	TMT003	TMT004	TMT005	TMT006
<i>Trichoptera</i>	<i>Beraeidae</i>	0	2	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Ecnomidae</i>	0	10	1	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	0	0	2	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	0	0	0	0	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	1	0	0	0	10

SUB - ATTACHMENT 4

**FISH SPECIES COLLECTED IN THE TAILINGS AREA DURING HIGH AND LOW
FLOW**

Table 4A Fish Species Collected in the Tailings Area during High Flow

Family	Species	Status	TMT001	TMT002	TMT003	TMT004	TMT005	TMT006
Ambassidae	<i>Ambassis fontoynonti</i>	endemic	0	0	0	0	1	4
Anguillidae	<i>Anguilla bicolor</i>	native	0	1	0	0	0	0
Anguillidae	<i>Anguilla marmorata</i>	native	0	3	0	0	0	0
Anguillidae	<i>Anguilla mossambica</i>	native	0	0	0	0	0	0
Bedotiidae	<i>Bedotia madagascariensis</i>	endemic	15	22	14	16	1	1
Anabantidae	<i>Ctenopoma ansorgii</i>	exotic	0	0	0	0	0	0
Gobiidae	<i>Glossogobius giurus</i>	native	0	1	3	0	1	2
Eleotridae	<i>Hypsleotris tohizanae</i>	endemic	4	0	0	0	0	0
Ophicephalidae	<i>Channa maculata</i>	exotic	2	0	1	0	1	2
Eleotridae	<i>Ophiocara macrolepidota</i>	endemic	0	1	0	1	0	0
Cichlidae	<i>Oreochromis macrochir</i>	exotic	0	0	8	0	1	1
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	exotic	0	0	0	0	0	6
Osphronemidae	<i>Osphronemus goramy</i>	exotic	2	0	0	0	0	0
Clupeidae	<i>Sauvagella madagascariensis</i>	endemic	41	0	2	0	0	0
Cichlidae	<i>Tilapia rendalli</i>	exotic	5	0	0	0	0	0
Cichlidae	<i>Tilapia zillii</i>	exotic	0	1	61	5	13	39
Poeciliidae	<i>Xiphophorus maculatus</i>	exotic	0	1	0	33	0	0

Table 4B Fish Species Collected in the Tailings Area during Low Flow

Family	Species	Status	TMT001	TMT002	TMT003	TMT004	TMT005	TMT006
Ambassidae	<i>Ambassis fontoyonoti</i>	endemic	0	0	1	0	0	0
Anguillidae	<i>Anguilla bicolor</i>	native	0	0	0	0	0	0
Anguillidae	<i>Anguilla marmorata</i>	native	0	0	0	0	0	0
Anguillidae	<i>Anguilla mossambica</i>	native	0	0	0	1	0	0
Bedotiidae	<i>Bedotia madagascariensis</i>	endemic	28	21	41	30	26	25
Anabantidae	<i>Ctenopoma ansorgii</i>	exotic	0	1	0	0	0	0
Gobiidae	<i>Glossogobius giurus</i>	native	2	1	2	1	0	1
Eleotridae	<i>Hypsleotris tohizanae</i>	endemic	7	0	0	0	3	0
Ophicephalidae	<i>Channa maculata</i>	exotic	1	0	0	0	4	4
Eleotridae	<i>Ophiocara macrolepidota</i>	endemic	0	0	0	0	0	0
Cichlidae	<i>Oreochromis macrochir</i>	exotic	0	0	66	1	0	0
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	exotic	0	0	0	0	3	0
Osphronemidae	<i>Osphronemus goramy</i>	exotic	0	0	0	0	0	0
Clupeidae	<i>Sauvagella madagascariensis</i>	endemic	6	0	0	0	0	0
Cichlidae	<i>Tilapia rendalli</i>	exotic	0	0	0	0	0	0
Cichlidae	<i>Tilapia zillii</i>	exotic	9	0	0	0	0	4
Poeciliidae	<i>Xiphophorus maculatus</i>	exotic	0	9	0	10	0	0

SUB - ATTACHMENT 5

AQUATIC MACROINVERTEBRATE TAXA COLLECTED DURING PIPELINE SURVEY

Table 5A Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected at Pipeline Sites

ORDER	FAMILY	R2+000	R5+500	R9+250	R16+100	042+300	051+800	060+600	107+200	136+200	145+700
Odonata	Aeshnidae	0	0	0	0	0	15	3	0	0	0
Coleoptera	Carabidae	0	0	0	2	0	19	0	0	0	0
Coleoptera	Dytiscidae	17	2	1	0	0	2	2	0	0	0
Coleoptera	Elmidae	0	0	4	3	4	8	55	3	0	0
Coleoptera	Helophoridae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Coleoptera	Hydrophilidae	0	3	0	0	0	1	4	0	0	1
Coleoptera	Scarabaeidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Decapoda	Atyidae	38	1	0	0	8	3	27	4	3	3
Decapoda	Palaemonidae	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0
Decapoda	Potamonautidae	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0
Diptera	Athericidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Chironomidae	0	1	7	4	0	1	0	0	104	0
Diptera	Dixidae	0	0	0	2	0	0	0	0	1	0
Diptera	Empididae	27	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Diptera	Simuliidae	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0
Diptera	Tipulidae	4	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Ephemeroptera	Baetidae	0	1	0	1	0	1	0	5	1	1
Ephemeroptera	Caenidae	34	0	0	0	13	15	5	0	1	0
Ephemeroptera	Ephemeridae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Ephemeroptera	Heptagenidae	5	0	0	0	4	8	1	2	2	2
Ephemeroptera	Leptophlebiae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1
Ephemeroptera	Oligoneuridae	23	0	0	0	3	0	0	0	0	1
Ephemeroptera	Polymitarcidae	1	0	0	0	8	0	0	0	0	2
Ephemeroptera	Prosopistomatidae	15	0	0	2	5	0	0	5	0	1
Ephemeroptera	Teloganodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
Ephemeroptera	Tricorythidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Gasteropoda	Bithyniidae	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0
Gasteropoda	Bythinellidae	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Gasteropoda	Hydrobiidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Gasteropoda	Lymnaeidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0

Table 5A Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected at Pipeline Sites (continued)

ORDER	FAMILY	R2+000	R5+500	R9+250	R16+100	042+300	051+800	060+600	107+200	136+200	145+700
Gasteropoda	Planorbidae	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Gasteropoda	Thiaridae	0	2	5	0	0	0	7	9	6	0
Hemiptera	Aphelocheiridae	5	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Hemiptera	Belostomatidae	0	0	0	0	0	0	0	8	2	1
Hemiptera	Corixidae	0	0	0	1	0	1	0	3	0	0
Hemiptera	Gerridae	11	0	0	0	56	0	0	0	0	0
Hemiptera	Gyrinidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Hemiptera	Helodidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	Hydrometridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	Mesoveliidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Hemiptera	Naucoridae	2	0	0	0	3	3	9	0	0	0
Hemiptera	Nepidae	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1
Hemiptera	Notonectidae	4	0	0	0	2	1	0	0	0	1
Hemiptera	Pleidae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Hemiptera	Reduviidae	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1
Hemiptera	Veliidae	0	0	0	0	16	0	13	0	0	0
Lepidoptera	Pyalidae	0	0	0	0	0	5	1	4	0	0
Megaloptera	Sialidae	15	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Odonata	Coenagrionidae	2	0	0	0	3	0	0	0	0	0
Odonata	Corduliidae	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
Odonata	Gomphidae	1	0	0	4	2	0	6	3	2	3
Odonata	Lestidae	21	0	0	7	0	0	0	0	3	0
Odonata	Libellulidae	0	0	0	0	7	0	12	8	0	2
Oligochaeta	Enchytraeidae	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
Plecoptera	Notonemouridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Trichoptera	Beraeidae	19	0	0	0	5	7	4	0	0	0
Trichoptera	Ecnomidae	94	0	2	0	16	4	0	0	0	0
Trichoptera	Glossosomatidae	0	0	0	0	0	8	0	0	0	0
Trichoptera	Hydropsychidae	0	0	0	2	5	4	0	10	1	2
Trichoptera	Lepidostomatidae	21	0	0	0	8	1	0	0	0	0
Trichoptera	Leptoceridae	4	0	0	2	2	0	10	9	4	1

Table 5A Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected at Pipeline Sites (continued)

ORDER	FAMILY	R2+000	R5+500	R9+250	R16+100	042+300	051+800	060+600	107+200	136+200	145+700
<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	49	0	0	0	2	0	1	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Psychomyiidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Sericostomatidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	<i>Cordulegasteridae</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
	<i>Mermithoidae</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0

Table 5A Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected at Pipeline Sites (continued)

ORDER	FAMILY	157+700	175+200	178+900	E3 005+150	E3 011+950
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Carabidae</i>	0	2	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Dytiscidae</i>	2	2	3	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Elmidae</i>	0	0	0	2	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Helophoridae</i>	0	0	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Hydrophilidae</i>	0	2	0	0	0
<i>Coleoptera</i>	<i>Scarabaeidae</i>	0	6	0	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Atyidae</i>	60	3	5	2	4
<i>Decapoda</i>	<i>Palaemonidae</i>	0	0	4	0	0
<i>Decapoda</i>	<i>Potamonautidae</i>	1	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Athericidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Chironomidae</i>	0	2	13	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Dixidae</i>	0	13	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Empididae</i>	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Simuliidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Diptera</i>	<i>Tipulidae</i>	1	0	0	2	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	2	3	0	0	4
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Caenidae</i>	0	0	0	2	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Ephemeridae</i>	0	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Heptagenidae</i>	1	0	0	0	2
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Leptophlebiae</i>	8	0	0	6	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Oligoneuridae</i>	0	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Polymitarcidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Prosopistomatidae</i>	0	0	0	0	2
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Teloganodidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Tricorythidae</i>	3	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bithyniidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Bythinellidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Hydrobiidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Lymnaeidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Gasteropoda</i>	<i>Planorbidae</i>	0	0	0	0	0

Table 5A Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected at Pipeline Sites (continued)

ORDER	FAMILY	157+700	175+200	178+900	E3 005+150	E3 011+950
<i>Gasteropoda</i>	<i>Thiaridae</i>	23	12	14	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Aphelocheiridae</i>	0	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Belostomatidae</i>	1	2	0	4	4
<i>Hemiptera</i>	<i>Corixidae</i>	0	0	0	0	2
<i>Hemiptera</i>	<i>Gerridae</i>	4	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Gyrinidae</i>	0	0	0	2	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Helodidae</i>	0	0	0	2	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Hydrometridae</i>	2	2	0	5	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Mesoveliidae</i>	0	12	0	2	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Naucoridae</i>	2	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Nepidae</i>	0	2	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Notonectidae</i>	0	0	0	0	1
<i>Hemiptera</i>	<i>Pleidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Reduviidae</i>	0	4	0	0	0
<i>Hemiptera</i>	<i>Veliidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyalidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Megaloptera</i>	<i>Sialidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Coenagrionidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Corduliidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Gomphidae</i>	4	1	1	4	2
<i>Odonata</i>	<i>Lestidae</i>	7	13	0	0	0
<i>Odonata</i>	<i>Libellulidae</i>	3	3	0	2	3
<i>Oligochaeta</i>	<i>Enchytraeidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Plecoptera</i>	<i>Notonemouridae</i>	0	0	0	1	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Beraeidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Ecnomidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Glossosomatidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Hydropsychidae</i>	3	0	0	0	1
<i>Trichoptera</i>	<i>Lepidostomatidae</i>	0	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Leptoceridae</i>	2	0	3	2	4
<i>Trichoptera</i>	<i>Polycentropodidae</i>	0	0	0	0	0

Table 5A Aquatic Macroinvertebrate Taxa Collected at Pipeline Sites (continued)

ORDER	FAMILY	157+700	175+200	178+900	E3 005+150	E3 011+950
<i>Trichoptera</i>	<i>Psychomyiidae</i>	1	0	0	0	0
<i>Trichoptera</i>	<i>Sericostomatidae</i>	0	0	0	0	0
	<i>Cordulegasteridae</i>	0	0	0	0	0
	<i>Mermithoidae</i>	0	0	0	0	0

SUB - ATTACHMENT 6

FISH SPECIES COLLECTED DURING PIPELINE SURVEY

Table 6A Fish Species Collected During the Pipeline Survey

Family	Species	Status	R2+000	R5+500	R9+250	R16+100	042+300	051+800	060+600	107+200	136+200
Ambassidae	<i>Ambassis fontoynti</i>	endemic	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Anguillidae	<i>Anguilla bicolor</i>	native	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Anguillidae	<i>Anguilla marmorata</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Anguillidae	<i>Anguilla mossambica</i>	native	0	0	1	0	0	1	0	0	0
Bedotiidae	<i>Bedotia madagascariensis</i>	endemic	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Ophichthidae	<i>Caecula pterygera</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Gobiidae	<i>Chonophorus aeneofuscus</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	13	2
Anabantidae	<i>Ctenopoma ansorgii</i>	introduced	0	1	29	1	0	0	0	0	0
Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	introduced	0	0	4	0	0	0	0	0	0
Gobiidae	<i>Glossogobius giurus</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Kuhliidae	<i>Kuhlia sauvagii</i>	endemic	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Kuhliidae	<i>Kuhlia splendens</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Syngnathidae	<i>Microphis leiaspis</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Channidae	<i>Channa maculata</i>	introduced	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eleotridae	<i>Ophiocara macrolepidota</i>	endemic	0	0	0	0	0	0	0	12	5
Cichlidae	<i>Oreochromis macrochir</i>	introduced	0	0	0	1	0	0	0	38	1
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	introduced	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Cichlidae	<i>Paretroplus poliactis</i>	endemic	0	0	0	0	0	0	0	3	2
Eleotridae	<i>Ratsirakia legendrei</i>	endemic	120	0	2	0	2	1	76	0	0
Bedotiidae	<i>Rheocles alaotrensis</i>	endemic	0	2	6	0	0	2	11	0	0
Clupeidae	<i>Sauvagella madagascariensis</i>	endemic	0	0	0	0	0	0	0	43	0
Gobiidae	<i>Stenogobius polyzona</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Terapontidae	<i>Terapon jarbua</i>	native	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Cichlidae	<i>Tilapia zillii</i>	introduced	0	0	1	0	0	0	0	19	0
Poeciliidae	<i>Xiphophorus maculatus</i>	introduced	0	1	72	3	0	5	9	2	0

Table 6A Fish Species Collected During the Pipeline Survey

Family	Species	Status	145+700	157+700	175+200	E3 005+150	E3 011+950
Ambassidae	<i>Ambassis fontoynonti</i>	endemic	5	0	0	0	0
Anguillidae	<i>Anguilla bicolor</i>	native	0	2	0	0	5
Anguillidae	<i>Anguilla marmorata</i>	native	3	0	0	0	0
Anguillidae	<i>Anguilla mossambica</i>	native	0	0	0	0	0
Bedotiidae	<i>Bedotia madagascariensis</i>	endemic	1	18	0	0	0
Ophichthidae	<i>Caecula pterygera</i>	native	0	0	1	0	0
Gobiidae	<i>Chonophorus aeneofuscus</i>	native	2	0	0	0	6
Anabantidae	<i>Ctenopoma ansorgii</i>	introduced	0	0	0	3	0
Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i>	introduced	0	0	0	0	0
Gobiidae	<i>Glossogobius giurus</i>	native	7	1	6	0	0
Kuhliidae	<i>Kuhlia sauvagii</i>	endemic	2	0	1	0	0
Kuhliidae	<i>Kuhlia splendens</i>	native	0	7	0	0	0
Syngnathidae	<i>Microphis leiaspis</i>	native	0	0	4	0	0
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	native	3	0	0	0	0
Channidae	<i>Channa maculata</i>	introduced	0	0	0	1	0
Eleotridae	<i>Ophiocara macrolepidota</i>	endemic	0	0	0	0	0
Cichlidae	<i>Oreochromis macrochir</i>	introduced	2	0	0	0	0
Cichlidae	<i>Oreochromis niloticus</i>	introduced	0	0	0	0	5
Cichlidae	<i>Paretroplus poliactis</i>	endemic	3	0	0	0	0
Eleotridae	<i>Ratsirakia legendrei</i>	endemic	0	0	0	0	0
Bedotiidae	<i>Rheocles alaotrensis</i>	endemic	0	0	0	0	0
Clupeidae	<i>Sauvagella madagascariensis</i>	endemic	38	0	0	0	0
Gobiidae	<i>Stenogobius polyzona</i>	native	0	0	4	0	0
Terapontidae	<i>Terapon jarbua</i>	native	0	0	0	0	0
Cichlidae	<i>Tilapia zillii</i>	introduced	0	0	0	0	0
Poeciliidae	<i>Xiphophorus maculatus</i>	introduced	0	19	0	0	0

SUB - ATTACHMENT 7
PHOTOGRAPHIC PLATES

Appendix 7

Photographic plates depicting habitat characteristics of sampling sites

Plate not available for site EPH1

Mine Site

Plate not available for site EPH1

Mine site QESF101 – outflow of Mokaranana wetland to Torotorofotsy.



A



B

Mine site QESF103 – Torotorofotsy River upstream of wetland.



A. *Rheocla alata* (Malagasy rainbowfish),
endemic species



B. Typical habitat at site

Mine site QESF104 – western tributary (unnamed watershed) to Torotorofotsy wetland.



A. *Ratsirakia legendrei* endemic species

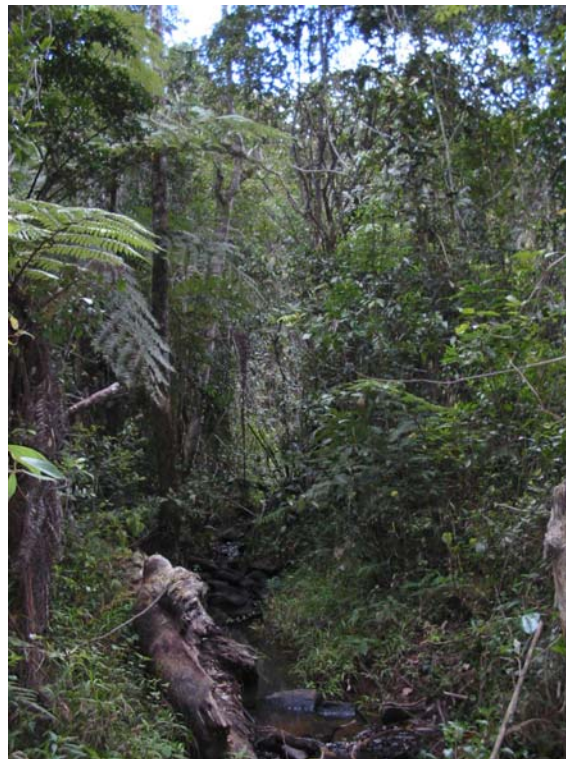


B. Typical habitat at site

Mine site QESF105 – upstream 2nd order reach of the Sahaviara River.

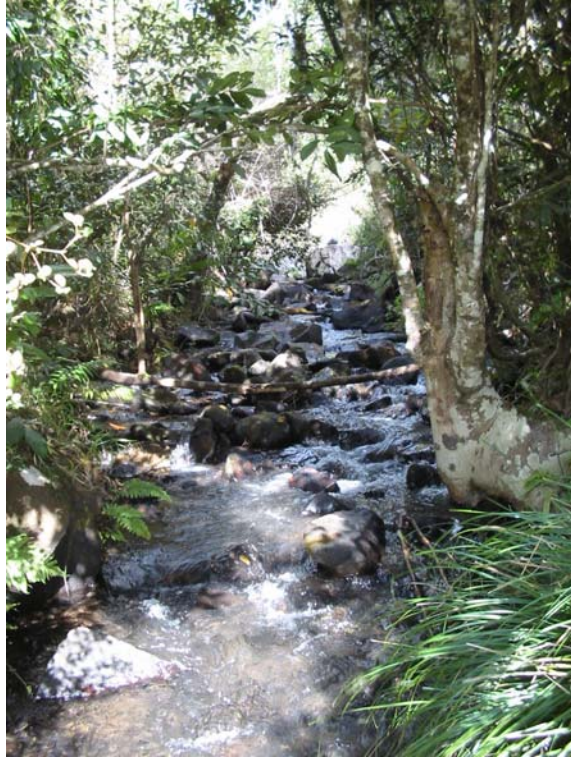


A



B

Mine site QESF106 – Antsahalava River, 3rd order reach.



A



B

Mine site QESF107 – eastern upstream reach of Sahamarirana River, locally disturbed area.



A



B

Mine site QESF108 – western upstream reach of Sahamarirana River, small wetland outside mine disturbance area.

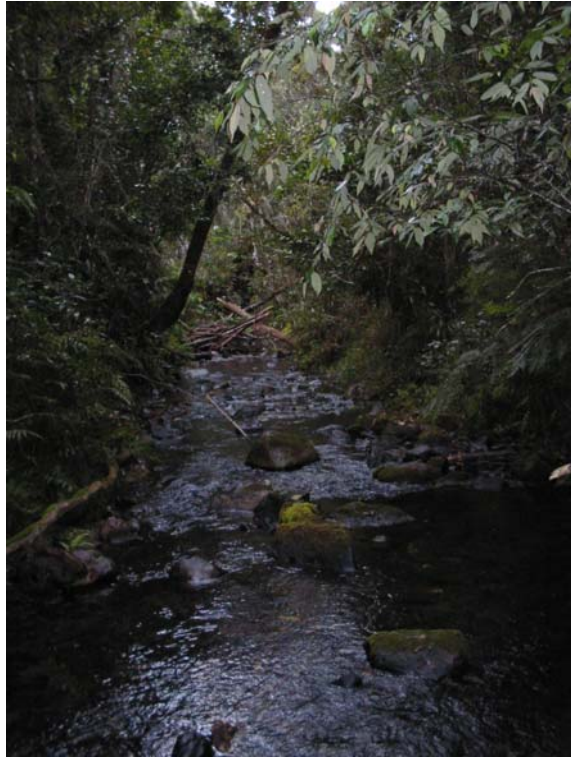


A

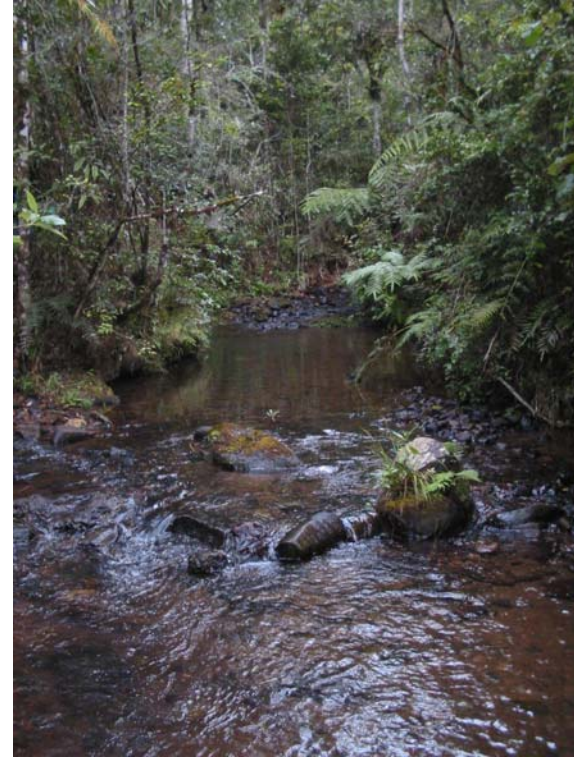


B

Mine site QESF109 – upper reach of Sakalava River; natural undisturbed habitat.



A



B

Mine site QESF110 – Ankaja River, draining Analamay orebody.



A



B

Mine site QESF111 – unnamed tributary to Torotofotsy wetland, draining Ambatovy orebody. Local disturbance and check-dam construction.

**A****B**

Mine site QESF112 – Firkana River, outflow from Torotorofotsy wetland.



A



B

Mine site QESF115 - Mangoro River.

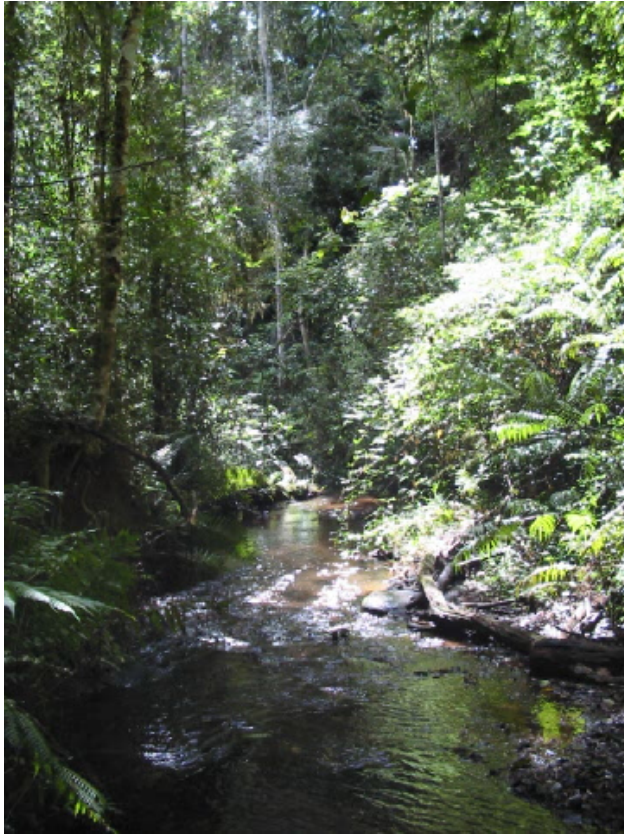


**A. Aquatic resource sampling location at rapids
below highway bridge**



**B. upstream river channel in vicinity of proposed
freshwater intake**

Mine site QESF117 – upper Antsahalava River draining Ambatovy orebody.

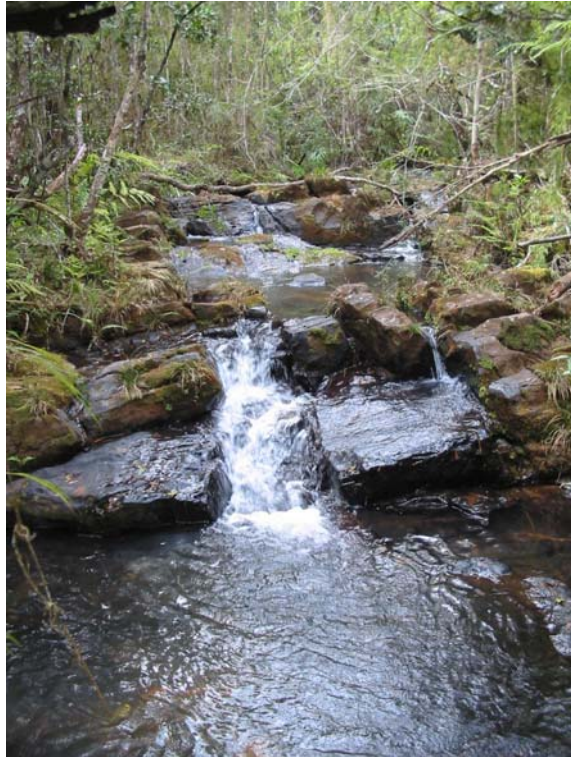


A



B

Mine site QESF123 – upper Torotorofotsy River draining Analamay orebody.



A



B

Mine site QESF124 – tributary of Torotorofotsy River draining Ambatovy orebody near village of Berano, extensively modified river habitat.



A.



B - Downstream weir ; weir constructed for flooding of fields

Mine site QESF125 – Sahaviara River, lower reach near Moramanga highway, extensive deforestation and cultivation.



A



B

Mine site EPH2 – ephemeral pool (water only during wet season) on Ambatovy plateau, approx 2600m² in area.

**A****B**

Mine site EPH3 – ephemeral pond on Ambatovy plateau, approx. 1950m² in area.



A



B

Tailings Site

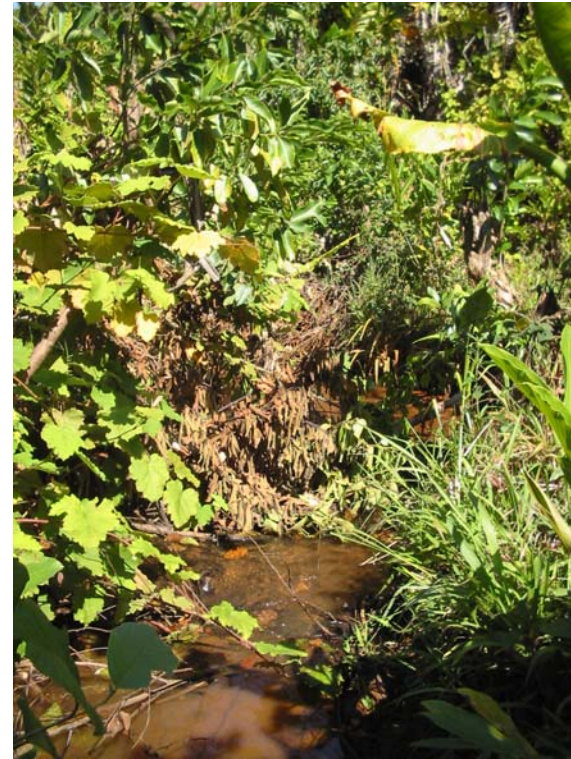
Tailings site TMT001- Sagnalator, large pools at first bridge crossing near village of Antanandava, downstream of tailings impoundment in middle Ambolona watershed.

**A****B**

Tailings site TMT002 – western upstream tributary, northern valley in upper Ambolona watershed, within proposed tailings impoundment.



A



B

Tailings site TMT003 – tributary north of upper Ambolona watershed, near village of Panalana; barrage used for irrigation of rice fields.

**A****B**

Tailings site TMT004 – upper tributary site within tailings impoundment, middle Ambolona watershed.



A



B

Tailings site TMT005 – lower Ambolona watershed downstream of tailings impoundment.



A



B

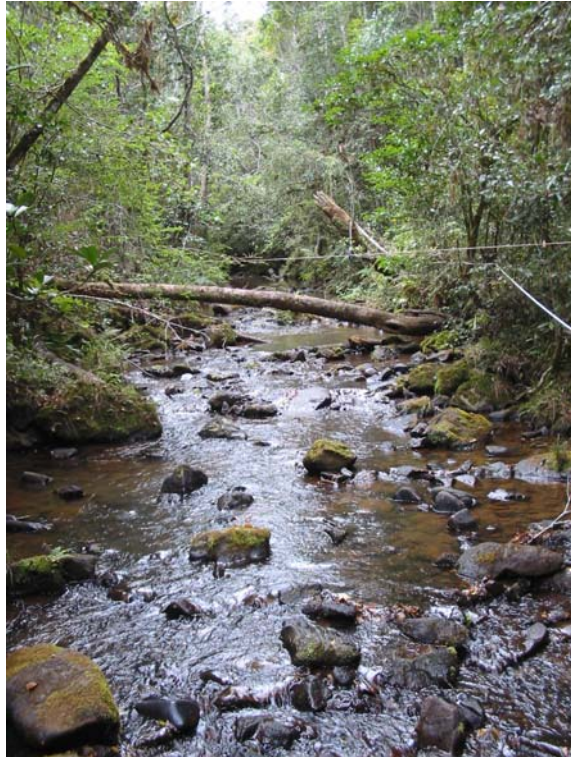
Tailings site TMT006 – middle Ambolona watershed, downstream of tailings impoundment, in large wetland upstream of Antanandava.

**A****B**

Pipeline Site

Plate not available for sites R9+250 and R16+100

Pipeline site R2+000 – upper reach of Torotorofotsy River.



Upstream



Downstream

Pipeline site R5+575 – north eastern edge of Torotorofotsy wetland, degraded habitat.



Upstream



Mid-channel, cattle crossing

Pipeline site 042+300 – upper reaches of Volove River.



Upstream



Downstream

Pipeline site 052+500 – tributary of Vohitra River, near eastern border of Mantadia national Park.



Upstream



Downstream

Pipeline site 060+600 – tributary of Sahananarazana River.



Upstream



Downstream

Pipeline site 107+200 – Rianila River, tributary to Vohitra.



Upstream



Downstream

Pipeline site 136+200 – Sahavana River.



Upstream



Downstream

Pipeline site 145+700 – Moronglo River.



Mid-site



Upstream

Pipeline site 157+700 – unnamed tributary, adjacent to access road to Reserve Speciale Mangenivola.



Upstream



Downstream

Pipeline site 175+200 – tributary of Fanandrana River.



Upstream (middle of sample section)



Downstream end, burnt area for crops

Pipeline site 178+900 – Ivondro River



Left downstream bank towards highway bridge



Right downstream bank



Local shrimp fishery and gillnet fishery

Pipeline site E005+150 – tributary of Sahatandra River



Upstream



Downstream

Pipeline site E011+950 – Sahatandra River.



Upstream



Downstream

VOLUME J

APPENDIX 3.1

ATTACHMENT 2

**AERIAL SURVEY OF THE PROPOSED SLURRY PIPELINE ROUTE
WATERCOURSE CROSSINGS**

The following report was prepared by:

Ecosun cc

P.O. Box 2131
Florida Hills
1716
South Africa

Tel: (11) 672-0666
International Tel: +27 11 672-0666
Fax: (011) 672-0008
email: info@ecosun.co.za

The report was authored by Dr. J.R. Rall and has been reviewed by C. McLeod, P. Biol., Golder Associates Ltd.

TABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 INTRODUCTION.....	1
1.1 BACKGROUND	1
1.2 ASSUMPTIONS.....	1
2 METHODS	2
2.1 FIELD NOTES	2
2.1.1 General Site Information	2
2.1.2 Channel Characteristics.....	4
2.1.3 Cover.....	5
2.1.4 Banks	6
2.1.5 Fishery and Barriers.....	7
2.1.6 Sensitivity to Construction.....	7
2.1.7 Other Comments.....	8
3 RESULTS AND DISCUSSION.....	9
3.1 REVIEW OF EXISTING INFORMATION	9
3.2 AERIAL SURVEY	9
3.2.1 Geomorphic and Ecological Results.....	9
3.2.2 Level of Degradation.....	10
3.2.3 Sensitivity to Construction.....	10
3.2.4 Sites Recommended for Detailed Surveys	11
3.2.5 Accuracy of Qualitative Aerial Survey.....	11
4 REFERENCES.....	18

LIST OF TABLES

Table 1	Stream Type	3
Table 2	Substrate Classification	5
Table 3	Endemics Suitable Sites	12
Table 4	Level of Degradation.....	13
Table 5	Sensitivity to Construction	14
Table 6	Recommended Ground Survey Sites	16
Table 7	Accuracy	17

LIST OF SUB - ATTACHMENTS

Sub - Attachment 1 Field Survey Form
Sub - Attachment 2 Comprehensive Results Table
Sub – Attachment 3 Photographs

1 INTRODUCTION

1.1 BACKGROUND

The following document focuses on the aquatic ecosystem component of watercourse crossings on the proposed route for a slurry pipeline which would link the proposed nickel mine site at Ambatovy with the processing plant and tailings facility at Toamasina. This pipeline will be approximately 195 km long and will cross an estimated 100 watercourses along its route. Associated with the pipeline corridor will be a service road which will also require watercourse crossings.

1.2 ASSUMPTIONS

Considering the limitations of aerial survey work as described in the main body of Volume J, Appendix 3.1, the following assumptions were used during the evaluation and classification of watercourses along the route:

- due to the lack of information on species assemblage and distribution within drainages observed only from the air, the presence or absence of endemic species at a site was assumed to be directly related to the level of visible deforestation at a site (as has been documented in field studies in Sub - Attachment 1), except at sites where instream habitat still remained largely intact and thus supported a higher likelihood of sustaining endemic populations; and
- habitat suitability to endemic species was also assumed to be of greater significance than the level of disturbance and the allocated site sensitivities were therefore biased towards the suitability for endemics.

2 METHODS

The aerial survey was undertaken from August 24 to 26, 2004, during the dry season. It included a fly-over, with an Allouette III helicopter, of the proposed pipeline route during which time photo- and video-graphic material were collected with the objective to assess the sensitivity of pipeline crossings over surface water bodies. The fly-over was done at speeds that generally varied between 100 and 140 km/h at elevations between 150 to 1,300 masl. The flight team consisted of the team leader and navigator (Dr. Derek Melton), Pilot (Mr. Federic Vaohita), vegetation and stills photography (Dr. Pierre Berner), land use and general notes (Mr. Gregory Jones) as well as fish and aquatic resources and videography (Dr. Johann Rall). Discussion between the specialists was recorded as voice-over on the video.

Ecological sensitivity at each site was derived from the visual observed disturbance level (right-of-way as well as regional), perceived habitat suitability for endemic fish, level of aquatic and riparian habitat disturbance as well as potential habitat sensitivity to construction. Field notes were completed for all visible crossings, including first order or dry channels. Field notes were recorded afterwards in the office, after transcription of the video-graphic footage to MPEG.

2.1 FIELD NOTES

Dedicated field survey forms (Appendix 1) were used to record the following data and notes:

2.1.1 General Site Information

Water Crossing ID and Map Location

The ID is an identifier for the watercourse crossings and was based on kilometre post (KP) distances along the pipeline route.

Location Identifiers /Coordinates

From the geo-referenced electronic base maps, together with the track log (recorded by the navigator using navigational software on a laptop linked to a GPS) and video footage timer, the location of the crossing was recorded as the latitude and longitude as the point of crossing of the track log over the water body.

Water body Type

The water body type was described as a river, stream or wetlands. If neither definition applied, an appropriate description was provided.

Terrain

Terrain refers to the general biophysical nature of the area (e.g., wetlands, grassland, forest etc.).

Stream Type

The appropriate stream, type based on aerial reconnaissance, was identified. The following table (Table 1) was used to provide an indication of stream types based on discharge.

Table 1 Stream Type

Seasonal	Watercourses where flows are short-lived or transitory and occur from precipitation or short-term water releases. Also, watercourses where flows only occur at certain times of the year when groundwater levels are adequate but may cease entirely in low water years, or be reduced to a series of separated pools.
Minor	1 to 5 m
Small	5 to 10 m
Medium	10 to 25 m
Large	>25 m

Stage

Stream stage refers to the relative discharge level at the time of the survey and fell into one of the following categories:

- dry: water not present in the channel;
- pooled or impounded: water present but not flowing, stream at zero stage;
- low: discharge present, thalweg wet, water level does not reach banks;
- moderate: discharge present, water level reaches banks but bed material is exposed at waters' edge;
- high: discharge present, water level intermediate or high on banks with all bed material inundated; and
- flood: water level at top or overtopping banks in places (bankfull).

Drainage Type

A descriptor of the waterbody type e.g., defined channel, undefined channel, lake, wetlands, etc.

Turbulence

A relative description of the degree of surface or subsurface turbulence that was present at the crossing site.

- Still: no flow or very low velocity;
- Placid: slow velocity, flat surface;
- Laminar: flow may be swift but surface was flat;
- Rolling: flow was swift with a rolling surface;
- Riffled: high velocity, surface riffled and broken due to flow over substrate; and
- Turbulent: high amount of surface turbulence (e.g., standing waves) due to flow over bed material or extremely high gradient.

2.1.2 Channel Characteristics

Habitat / Channel Morphology

The percentage composition of rapids/pool/run/riffle/flat habitat was recorded within the length of stream assessed through the aerial reconnaissance (Reach) and the right-of-way (RoW) examined near the water crossing.

Channel Type

Dominant channel type - single, double, braided, or dispersed for the length of stream (Reach) visible as recorded over the video.

Channel Substrate

Substrate was described for the surface layer of the streambed channel observed within the study site (including all wetted and unwetted area). The dominant substrate type (D) and subdominant substrate types (S) for the length of stream assessed were recorded according to the following table (Table 2) of particle sizes (visually estimated).

Table 2 Substrate Classification

Substrate	Code	Particle Size Classes
silt	Si	<0.06 mm
sand	Sa	0.06 to 2 mm
gravel	Gr	2 to 64 mm
cobble	Co	64 to 256 mm
boulder	Bo	>256 mm
bedrock	Bd	-

- = No data.

Bankfull Width

Bankfull width (the distance from the top of the bank on one side of the watercourse to the top edge of the bank on the opposite side, perpendicular to the channel) was estimated from the air as < 2 m, 2 to 5 m, 5 to 10 m, 10 to 25 m and > 25 m. In most cases ground measurements could not be taken.

Wetted Width

Wetted width (the distance from waters' edge on one bank to the waters' edge on the opposite bank, perpendicular to the channel) was also estimated for most watercourses along the route (same categories as bankfull width).

Floodplain Width

The estimated linear distance (width of flooded channel) of the river when in flood; indicated by signs of channel erosion outside of the defined channel, woody debris in the floodplain, etc. was noted, where it could be determined.

Maximum Depth

The estimated maximum water depth observed for the length of stream assessed at the RoW was estimated as either less than 1.5 m or greater than 1.5 m. This was subjective and depended on water clarity.

2.1.3 Cover

Overhead and Instream Cover

Overhead cover included any streamside or bank feature, which intruded into the channel so as to provide visual isolation for fish. Cover does not have to be in the wetted area at the time of the survey to be included. For example, if the banks provide good cover from overhanging vegetation but the water level at the

time of the survey is too low for this cover to be effective, it is still included in the percent estimate as pipeline construction may remove the cover.

Instream cover also included any object within the channel, which would provide a velocity shelter or visual isolation for fish, for example, large organic debris, boulders, instream vegetation, turbidity etc.

The abundance/occurrence for each type of overhead and instream cover was estimated as nil, low, moderate or high.

Riparian Vegetation

The riparian composition of vegetation for the length of stream assessed (Areal) and at the crossing location (RoW) was identified as bare or burnt, grass/forbs, shrubs/thicket, forest and wetlands/marsh.

2.1.4 Banks

The stream banks were identified as the left or right bank as viewed when looking downstream and recorded as either Left Downstream Bank (LDB) or Right Downstream Bank (RDB).

Bank Height

The vertical height off the bank, from the channel edge to the top of the bank, was estimated for ranges of <0.5 m, 0.5 to 1.5 m, or > 1.5 m, for both banks in the length of stream assessed at the RoW.

Evidence of Slumping

Slumping refers to the movement (mass wasting) of bank or approach materials down slope towards the stream. It usually occurs on steeply sloped areas. Evidence of slumping observed (yes or no) throughout the study reach or at the crossing location was recorded.

Approach Slope

Approach slope (the slope leading down to the upper edge of the bank) was estimated using the ranges of flat (0 degrees), low (1 to 5 degrees), moderate (6 to 20 degrees), high (21 to 89 degrees) and vertical (90 degrees).

Erosion

Active erosion (yes or no) of the banks within or contiguous to the RoW was recorded.

Bank Material

The dominant bank material present at the RoW was described (silt, sand, gravel, cobble, boulder or bedrock).

2.1.5 Fishery and Barriers

Barriers to Fish Movement

The type and extent of fish barriers was noted (e.g., falls, debris jams, weirs, others).

Fishery Information

If a known or observed fishery exists for this watercourse (based on historical or local knowledge or observations), it was indicated by the appropriate type (subsistence, fish farming, etc.).

Fish Habitat Suitability

Based on existing site conditions and professional judgment, the suitability of the habitat for fish was rated. Critical life history parameters (feeding, spawning habitat and rearing habitat) were assessed as nil, low, moderate and high, relative to endemic fish species or introduced fish species.

Endemic fish will primarily include Eleotridae, Bedotiidae, Clupeidae and Cichlidae. These are generally small-bodied fish and often depend on forest streams or undisturbed habitat. Introduced fish species will include Cichlidae, Anabantidae, Anguillidae, Poeciliids and snakeheads and are generally tolerant of more disturbed conditions; however may still be of social significance (i.e., food source).

Level of Disturbance and Habitat Condition

The level of disturbance was a qualitative judgment of the level of anthropogenic disturbance affecting the site (based mainly on vegetation cover riparian and terrestrial as well as visible instream impacts such as sedimentation and turbidity levels); recorded as pristine, slightly disturbed, moderately disturbed and severely disturbed, indicating the perceived level of disturbance away from what could be expected under natural conditions.

2.1.6 Sensitivity to Construction

For this section it was assumed that the river crossing would be constructed using instream, open-cut techniques. The sensitivity rating was based on the suitability

of the site to sustain endemic species as well as the level of disturbance at the site (terrestrial, riparian and instream). The main assumption in this regard was that the presence of endemics species is directly correlated to the level of degradation at the site. At some of the sites the instream habitat was however still largely intact, despite deforestation within the catchment as well as the riparian zone. In situations like these the habitat was characterized as severely disturbed but the instream habitat still sustained a high suitability for indigenous species. For this reason suitability for endemic species habitation was always given a higher priority than the level of disturbance at the site.

Sensitivity at the site was recorded as: nil – only when the site was of a seasonal nature, steep gradient and with a low likelihood to sustain fish assemblages; low - when the habitat had a low suitability for inhabitancy by endemics and the habitat was severely disturbed; moderate – moderate suitability for endemics, or moderately disturbed; high - when the habitat had a high suitability for endemics and the habitat was only slightly disturbed or pristine.

Factors affecting sensitivity may also include:

- the potential for sedimentation during and following construction;
- fish populations in the area;
- presence of barriers affecting fish movements;
- potential effects of elevated total suspended sediment (TSS) levels;
- fish habitat potential at the proposed crossing that could be disturbed by construction;
- fish habitat potential downstream of the crossing that could be affected by sedimentation;
- stability of the site (banks and approaches);
- potential for high or peak flows; and
- potential to maintain flow (i.e., will not dry up or exhibit severe seasonal flow change).

2.1.7 Other Comments

Other information which was opportunistically collected was photo log records this attachment, (Sub - Attachment 3); the need for follow up surveys, access notes and comments on general conditions.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 REVIEW OF EXISTING INFORMATION

Madagascar is regarded as a global hotspot for freshwater biodiversity and is characterized by high levels of endemism, with aquatic biota ranges that are often restricted to a specific region or a single river basin. A combination of deforestation, overfishing, and exotic species introduction has affected most of the island's freshwater habitats, making the freshwater fishes Madagascar's most threatened vertebrate taxa (Benstead et. al 2003).

3.2 AERIAL SURVEY

3.2.1 Geomorphic and Ecological Results

The comprehensive results table from the aerial survey is presented in this Attachment, Sub – Attachment 2.

Table 3 presents the sites with a moderate to high suitability for endemic species with the associated relevant geomorphic data. It is important to note that a site with a moderate to high suitability for endemic species inhabitation has a significantly higher conservation merit than those with low suitability given the high level of endemism expected for the species within these eco regions. It is also important to consider that some of the native species are generally cosmopolitan and widespread, e.g., Anguillids, some of the Gobiids and some Eleotrids, although undescribed species may still be present. For this reason attention has been focused on the endemic species e.g., Bedotiids. It is evident that sites throughout the pipeline route may support endemics species and would require specific attention to mitigate site impacts.

From the field survey results (detailed ground surveys, Sub - Attachment 1, this Volume) it is also evident that these results suggest that exotic invasive species pose a major threat to the indigenous ichthyofauna of the sample area. It is also apparent that invasion by exotic species is associated or may be attributed to habitat degradation. The exotic taxa may be more tolerant or may be better adapted to the increased turbidity and siltation caused by deforestation of a catchment. Therefore, indigenous assemblages usually dominate intact primary rainforest sites while exotic species dominate the sites in deforested catchments.

The decline of endemic species may also be attributed directly to deforestation, increased sedimentation and increased turbidity as these conditions hamper

species' ability to locate their primary food source, which is often aquatic insect larvae. Furthermore, increased silt load places a direct physiological burden on gill-breathing aquatic organisms both amongst fish and macroinvertebrates and might, in some cases, impair spawning habitat suitability. Lack of spatial understanding obviously hampered the overall approach of the aerial survey; however the qualitative judgements with regard to the species compositions at sites appeared accurate when compared with the data generated later during the detailed ground surveys.

3.2.2 Level of Degradation

From the geomorphic information it is evident (Table 4) that most of the pipeline route extends over a severely disturbed area. The remaining undisturbed sections represent small remnants of what was once a highly sensitive system. As a result, the pristine areas have a critical conservation importance and status, given the severely disturbed nature of the aquatic environment in general.

Table 4 presents the habitat parameters driving disturbance levels at all the crossing sites. Sites were assigned a high suitability for endemic species inhabitation wherever the vegetation status and bank conditions approach what is expected to be less impacted. These two parameters were focused upon, since it was difficult to identify the nature of the substrates for crossing sites from the air. Banks were also regarded as generally stable, despite extensive removal of indigenous vegetation within the riparian zone at most sites, with the exception of the forest corridor area 5, and the Piedmont with gallery forests (area 12) which sustained riparian zones of good condition.

3.2.3 Sensitivity to Construction

Table 5 represents the sensitivity of the sites to construction. Site sensitivity ratings were based on disturbance levels and a professional assessment of habitat suitability to sustain endemic species (based on professional judgment). A site's habitat suitability, and thus the likelihood for endemics to be present at a site, were given a higher importance than the level of disturbance at a site. For this reason several sites with a severely disturbed rating still are scored as moderately sensitive or highly sensitive. These sites should receive the maximum protection possible and mitigation should focus on not affecting either the riparian or the instream habitats. Although some sites may be severely disturbed, with a low possibility of inhabitation by endemics, they were still rated as sensitive to construction. This rationale was based on the lack of understanding regarding the distribution of endemic fish throughout the study area and the possibility that some endemic species may still be present.

3.2.4 Sites Recommended for Detailed Surveys

Table 6 presents the sites selected for further detailed ground study. The way sites were ultimately selected for the ground survey, and the results of this survey are described in Sub - Attachment 1.

3.2.5 Accuracy of Qualitative Aerial Survey

Quantitative information generated during the ground surveys were compared with the qualitative estimates made during the aerial survey, to assess the accuracy of the aerial assessment. The actual presence of both exotic and endemic species was compared with what was estimated for the sites. The results are presented in Table 7.

Comparisons were made between the predictions for the site's sensitivity to construction and the actual ratios of endemic to exotic species. The results indicated that the evaluated sites were accurately identified as moderately or highly sensitive. For the remainder the sensitivity was overestimated indicating that the system is designed to err on the side of caution. It is therefore unlikely that sites with a high sensitivity to construction will be underestimated, and therefore the aerial evaluation is regarded as suitably designed to protect endemic species.

Table 3 Endemics Suitable Sites

Km Post	Waterbody Type	Physical characteristics									Fish Barriers	Fisheries Info	Fish Habitat Suitability					
		Terrain	Stream Type	Stage	Drainage Type	Turbulence	Bankfull Width (m)	Wetted Width (m)	Est. Max Depth (m)	Floodplain Width (m)			Adult Feeding		Spawning		Rearing	
													Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species
R10+800	stream	hills	minor (2 to 5 m wide)	moderate	defined channel	laminar	5 to 10	2 to 5	<1.5	1 to 2	unknown	unknown	mod	high	mod	high	mod	high
012+300	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10 to 25	5 to 10	<1.5	1 to 2	unknown	unknown	mod	high	mod	high	mod	high
013+700	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10 to 25	5 to 10	<1.5	<1	unknown	unknown	mod	high	mod	high	mod	high
R15+400	stream	mountain	minor (2 to 5 m wide)	low	defined channel	placid	2 to 5	5 to 10	<1.5	<1	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
R20+900	stream	mountain	small (5 to 10 m wide)	low	defined channel	riffled	<2	2 to 5	<1.5	<1	unknown	unknown	high	low	high	low	high	low
024+500	stream	mountain	small (5 to 10 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	2 to 5	<1.5	<1	gradient	unknown	high	low	high	low	high	low
025+500	stream	mountain	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	NV					gradient	unknown	high	low	high	low	high	low
R27+000	stream	mountain	NV	NV	NV	NV					unknown	unknown	high	low	high	low	high	low
R27+300	stream	mountain	NV	NV	NV	NV					unknown	unknown	high	low	high	low	high	low
034+500	stream	mountain	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	turbulent	2 to 5	2 to 5	<1.5	<1	gradient	unknown	high	low	high	low	high	low
038+150	river	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10 to 25	10 to 25	<1.5	1 to 2	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
041+300	stream	mountain	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	turbulent	2 to 5	2 to 5	<1.5	<1	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
054+800	river	hills	medium (10 to 25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	>25	>25	>1.5	>1.5	unknown	unknown	mod	high	mod	mod	mod	mod
060+600	river	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5 to 10	5 to 10	<1.5	<1	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
064 +250	stream	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	placid	2 to 5	2 to 5	<1.5	<1	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
066+900	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	turbulent	5 to 10	5 to 10	>1.5		unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
076+150	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5 to 10	5 to 10	<1.5		unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
084+200	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5 to 10	1 to 10	<1.5		gradient	unknown	mod	low	high	low	mod	low
090+100	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10 to 25	10 to 25	<1.5	1	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
096+200	stream	hills	minor (2 to 5 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5 to 10	5 to 10	<1.5	<1	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
096+500	stream	hills	minor (2 to 5 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5 to 10	5 to 10	<1.5	<1	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
107+200	river	hills	large (>25 m wide)	moderate	defined channel	riffled	>25	>25	>1.5	10 to 20	unknown	unknown	high	high	high	high	high	high
111+800	river	lowlands	medium (10 to 25 m wide)	moderate	defined channel	placid	10 to 25	10 to 25	>1.5		unknown	unknown	high	high	high	high	high	high
117+300	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	turbulent	5 to 10	5 to 10	<1.5		falls, gradient	unknown	high	low	high	low	high	low
119+300	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5 to 10	5 to 10	>1.5	5 to 10	unknown	unknown	high	mod	high	mod	high	mod
123+800	stream	lowlands	minor (2 to 5 m wide)	low	defined channel	placid	<2	<2	<1.5	>2	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
130+400	wetlands	lowlands	minor (2 to 5 m wide)	low	defined channel, wetlands	placid	2 to 5	2-5	<1.5	5 to 10	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
130+900	stream	hills	minor (2.5 m wide)	pooled	defined channel, wetlands	still	<2	<2	<1.5	3 to 4	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
135+900	river	hills	medium (10 to 25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	10 to 25	10 to 25	>1.5	1 to 2	unknown	unknown	high	high	mod	mod	high	high
136+200	river	hills	medium (10 to 25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	10 to 25	10 to 25	>1.5	1 to 2	unknown	unknown	high	high	mod	mod	high	high
143+600	stream	lowlands	small (5 to 10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5 to 10	5 to 10	<1.5	>5	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
145+700	river	hills	medium (10 to 25 m wide)	low	defined channel	laminar	10 to 25	10 to 25	>1.5	1 to 2	unknown	unknown	high	mod	mod	mod	high	mod
157+400	stream	lowlands	small (5 to 10 m wide)	low	defined channel	placid	5 to 10	5 to 10	<1.5		unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
157+700	stream	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	riffled	2 to 5	2 to 5	<1.5	<1	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
172+400	river	lowlands	large (>25 m wide)	moderate	defined channel	riffled	>25	>25	>1.5		unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
178+900	river	lowlands	large (>25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	>25	>25	>1.5		unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
E 3000+100	stream	mountain	small (5 to 10 m wide)	low	defined channel	riffled	5 to 10	5 to 10	<1.5		unknown	unknown	high	low	high	low	high	low
E 3000+750	stream	mountain	small (5 to 10 m wide)	low	defined channel	turbulence	5 to 10	5 to 10	<1.5		unknown	unknown	high	low	high	low	high	low
E 3001+100	stream	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	NV	2 to 5	5 to 10	<1.5	2 to 20	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod
E 3007+000	stream	hills	small (5 to 10 m wide)	low	defined channel	riffled	5 to 10	5 to 10	<1.5	>1	unknown	unknown	high	mod	high	mod	high	mod
E 3011+ 950	river	hills	medium (10 to 25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	>25	10 to 25		3 to 4	falls	unknown	high	high	high	high	high	high
E 3016+100	river	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	placid	2 to 5	5 to 10	<1.5	2 to 20	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod

Note:

NV = No value.

Table 4 Level of Degradation

Km Post	Vegetation %										Banks								Habitat Condition
	RoW (Banks)					Areal (Valley)					LDB			RDB			Active Bank Erosion	Bank Material	
	Bare / Burned	Grass / Forbes	Shrubs / Thicket	Rainforest	Wetland / Marsh	Bare / Burned	Grass / Forbes	Shrubs / Thicket	Rainforest	Wetland / Marsh	Bank height (m)	Slumping	Approach Slope	Bank Height (m)	Slumping	Approach Slope			
R10+800	5		90	5		10		70	20		0.5 to 1.5	no	low	0.5 to 1.5	no	low	no	silt, sand	mod. disturbed
012+300	5			80	10	10		60	30		0.5 to 1.5	no	low	0.5 to 1.5	no	mod	no	silt, sand	mod. disturbed
013+700		25	60	15		10	10	75	5		0.5 to 1.5	no	mod	0.5 to 1.5	no	mod	no	silt, sand	mod. disturbed
R15+400		10	20	60	10	10		10	80		<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	sand, gravel	mod. disturbed
R16+100	10		20	70		10		10	80		0.5 to 1.5	yes	mod	0.5 to 1.5	yes	mod	yes	silt, sand	severely disturbed
R20+900				100				10	90		0.5 to1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	bedrock	pristine
024+500			5	95				5	95		<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	nv	pristine
025+500				100					100			no	high		no	high	no	nv	pristine
R27+000				100					100		NV	no	high	nv	no	high	no	nv	pristine
R27+300				100					100		NV	no	high	nv	no	high	no	nv	pristine
034+500				100		5		5	90		<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	nv	slightly disturbed
038+150	20		80			30		70			0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	severely disturbed
041+300			100			10		90			0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	silt, sand	severely disturbed
054+800	10		90			10		90			0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand, bedrock	severely disturbed
060+600	10	10	80			10		90			0.5 to 1.5	no	mod	0.5 to 1.5	no	mod	no	sand	severely disturbed
064 +250			100			5		90	5		<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	sand	severely disturbed
066+900	15	10	70	5		10	5	80	5		<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	gravel, cobble, boulder, bedrock	mod. disturbed
076+150	15	15	60	5	5	20		80			0.5 to 1.5	no	mod	0.5 to 1.5	no	mod	no	sand. gravel, bedrock	mod. disturbed
084+200	5		95			5	5	90			0.5 to 1.5	no	mod	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	mod. disturbed
090+100	5	90	5			30		70			0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	mod. disturbed
096+200	10	10	80			10		60		30	0.5 to 1.5	no	mod	0.5 to 1.5	no	mod	no	sand	severely disturbed
096+500	10	10	70		10	10		60		30	0.5 to 1.5	no	mod	0.5 to 1.5	no	mod	no	sand	severely disturbed
107+200	5	5	90				20	20	60		>1.5	yes	high	>1.5	yes	high	no	sand	mod. disturbed
111+800	10	10	70		10		10	80		10	1.5	no	mod	1.5	no	mod	no	sand	mod. disturbed
117+300	10	20	70			10	10	80			0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	mod. disturbed
119+300	10	10	60		20	10		70		20	0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	mod. disturbed
123+800	10	10	80			30		70			<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	sand	mod. disturbed
130+400	10		60		30	10		70		20	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	silt, sand	mod. disturbed
130+900	5	5	70	10	10	10		70	10	10	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	silt, sand	mod. disturbed
135+900	60	10	30			10		80	10		0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	mod. disturbed
136+200	60	10	30			10		80	10		0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	mod. disturbed
143+600	20	20	60			10		90			0.5 to 1.5	no	mod	0.5 to 1.5	no	mod	no	sand	mod. disturbed
145+700	10	10	85	5		10		90			0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	mod. disturbed
157+400	10		90			5	15	80			0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand	severely disturbed
157+700	20		40	40		20		55	25		0.5 to 1.5		high	0.5 to 1.5	no	mod	yes	sand	severely disturbed
172+400	10		90			5		95			>1.5	no	mod	>1.5	no	mod	no	silt, sand	mod. disturbed
175+200	10		30		60	10		70		20	<0.5	no	flat	<0.5	no	flat	no	silt, sand	severely disturbed
178+900	5		95			10		90			0.5 to 1.5		low	0.5 to 1.5		low	no	sand	mod. disturbed
E 3000+100				100					100		0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	cobble, bolder, bedrock	pristine
E 3000+750				100					100		<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	gravel, cobble, boulder, bedrock	pristine
E 3001+100												no	high		no	high	no		mod. disturbed
E 3007+000	8		80	15		10		80	10		0.5 to 1.5	no	high	0.5 to 1.5	no	high	no	sand, gravel, coble, boulder, bedrock	severely disturbed
E 3011+ 950	40		60			20		70	10		>1.5	no	vertical	>1.5	no	high	no	bedrock	severely disturbed
E 3016+100	10		80		10	20		70	5	5	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	sand, gravel	severely disturbed

Note:
NV = No value.

Table 5 Sensitivity to Construction

Km Post	Fish Habitat Suitability							Sensitivity to Construction
	Adult Feeding		Spawning		Rearing		Habitat Condition	
	Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species		
R10+800	mod	high	mod	high	mod	high	mod. disturbed	moderate
012+300	mod	high	mod	high	mod	high	mod. disturbed	moderate
013+700	mod	high	mod	high	mod	high	mod. disturbed	moderate
014+200	low	mod	low	mod	low	mod	mod. disturbed	moderate
R15+400	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
R16+100	low	high	low	high	low	high	severely disturbed	low
R20+900	high	low	high	low	high	low	pristine	high
024+500	high	low	high	low	high	low	pristine	high
025+500	high	low	high	low	high	low	pristine	high
R27+000	high	low	high	low	high	low	pristine	high
R27+300	high	low	high	low	high	low	pristine	high
034+500	high	low	high	low	high	low	slightly disturbed	high
038+150	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate
041+300	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate
049+200	low	low	low	low	low	low	mod. disturbed	moderate
051+600	low	low	low	low	low	low	mod. disturbed	moderate
054+800	mod	high	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate
060+600	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate
064 +250	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate
066+900	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
076+150	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
084+200	mod	low	high	low	mod	low	mod. disturbed	moderate
090+100	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
096+200	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate

Table 5 Sensitivity to Construction (continued)

Km Post	Fish Habitat Suitability							Sensitivity to Construction
	Adult Feeding		Spawning		Rearing		Habitat Condition	
	Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species		
096+500	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate
107+200	high	high	high	high	high	high	mod. disturbed	high
111+800	high	high	high	high	high	high	mod. disturbed	high
117+300	high	low	high	low	high	low	mod. disturbed	high
119+300	high	mod	high	mod	high	mod	mod. disturbed	high
123+800	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
130+400	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
130+900	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
135+900	high	high	mod	mod	high	high	mod. disturbed	high
136+200	high	high	mod	mod	high	high	mod. disturbed	high
143+600	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
145+700	high	mod	mod	mod	high	mod	mod. disturbed	high
157+700	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate
172+400	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
175+200	low	high	low	high	low	high	severely disturbed	low
178+900	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
E 3000+100	high	low	high	low	high	low	pristine	high
E 3000+750	high	low	high	low	high	low	pristine	high
E 3001+100	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate
E 3007+000	high	mod	high	mod	high	mod	severely disturbed	high
E 3011+ 950	high	high	high	high	high	high	severely disturbed	high
E 3016+100	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate

Table 6 Recommended Ground Survey Sites

Km Post	Habitat Condition	Sensitivity to Construction	Recommended for Detailed Survey
R2+000	NV	NV	√
R9+250	NV	NV	√
014+200	mod. disturbed	moderate	√
R15+400	mod. disturbed	moderate	√
R16+100	severely disturbed	low	
025+500	pristine	high	√
R27+300	pristine	high	√
042+300	NV	NV	√
051+600	mod. disturbed	moderate	√
051+800	NV	NV	
054+800	severely disturbed	moderate	√
060+600	severely disturbed	moderate	√
066+900	mod. disturbed	moderate	√
076+150	mod. disturbed	moderate	√
090+100	mod. disturbed	moderate	√
096+500	severely disturbed	moderate	√
107+200	mod. disturbed	high	√
136+200	mod. disturbed	high	√
145+700	mod. disturbed	high	√
157+700	severely disturbed	moderate	√
175+200	severely disturbed	low	√
178+900	mod. disturbed	moderate	√
E 3003+350	NV	NV	√
E3005+150	NV	NV	√
E 3007+000	severely disturbed	high	√
E 3011+950	severely disturbed	high	√

Note:
NV = No value.

Table 7 Accuracy

Km Post	Habitat Suitability Adults				Sensitivity Outcome Aerial Survey	Sensitivity Outcome Ground Survey
	Suitability Prediction Endemic Species	Actual Presence Endemic Species	Suitability Prediction Introduced Species	Actual Presence Exotic Species		
R16+100	low	low	high	high	low	low
060+600	mod	mod	mod	low	moderate	moderate
107+200	high	high	high	mod	high	high
136+200	high	mod	high	mod	high	mod
145+700	high	high	mod	low	high	high
157+700	mod	low	mod	low	moderate	low
175+200	low	low	high	low	low	low
178+900	mod		mod		moderate	
E 3011+ 950	high	low	high	mod	high	low

4 REFERENCES

- Benstead, J.P., De Rham, P.H., Gattoliat, J.L., GIBON, F.M., Loiselle, P.V.,
- Sartori, M., Sparks, J.S. and M.L.J.Stiassny 2003. Conserving Madagascar's Freshwater Biodiversity. *Bioscience*, 53 (11) p1101-1111.
- Sparks, John S. and Melanie L. J. Stiassny. 2005. Madagascar's Freshwater fishes: An Imperiled Treasure. Essay 3.6 in *Freshwater Ecosystems of Africa and Madagascar – A Conservation Assessment*. World Wildlife Fund.

SUB - ATTACHMENT I

FIELD SURVEY FORM

SLURRY PIPELINE - AERIAL RECONNAISSANCE WATER CROSSING SURVEY FORM

ID: _____	Map Sheet: _____	Date: _____	Time: _____
Name: _____	Crew: _____		
Waterbody Type: River Stream Wetland			
UTM at RoW:	E _____ N _____	Length Surveyed (m):	u/s RoW _____ d/s RoW _____ Video _____
Lat.: _____	Long.: _____	Ground Inspection (landing)	Y _____ N _____

Terrain	Stream Type	Stage	Drainage Type	Turbulence
lowlands wetlands grassland hills mountain	seasonal minor (1-5 m) small (5-10 m) medium (10-25 m) large (>25 m)	dry pooled low moderate high flood	defined channel undefined channel wetland lake impoundment other	still placid laminar rolling riffled turbulent

Habitat / Morphometry (%)	RoW	Reach
Rapids		
Riffle		
Run		
Pool		
Flat		

Overhead Cover				
large woody debris	nil	low	mod	high
overhanging trees	nil	low	mod	high
overhanging shrubs	nil	low	mod	high
overhanging grass	nil	low	mod	high

Channel	Channel Substrate	RoW
single double braided dispersed	silt	
	(dom or subdom) sand	
	gravel	
	cobble	
	boulder	
	bedrock	
	organic	

Instream Cover				
woody debris	nil	low	mod	high
substrate (boulders)	nil	low	mod	high
turbidity	nil	low	mod	high
depth / turbidity	nil	low	mod	high
instream macrophytes	nil	low	mod	high

Width / Depth	RoW				
Bankfull width (m)	<2	2-5	5-10	10-25	>25
Wetted width (m)	<2	2-5	5-10	10-25	>25
Est. max depth (m)	<1.5	>1.5			
Floodplain width (m)					

Vegetation (%)	RoW (banks)	Areal (valley)
bare or burned		
grass / forbs		
shrubs / thicket		
forest		
wetland / marsh		

SUB - ATTACHMENT 2

COMPREHENSIVE RESULTS TABLE

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table

Km Post	Co-ord		Water body Type	Physical Characteristics									Habitat / Morphology (%)				
	Latitude	Longitude		Terrain	Stream type	Stage	Drainage Type	Turbulence	Bankfull Width (m)	Wetted Width (m)	Est. Max Depth (m)	Floodplain Width (m)	RoW				
													Rapids	Riffle	Run	Pool	Flat
R2+000	NV																
R9+250	NV																
012+200	18 52.519	48 22.757	stream	hills	minor (2-5 m wide)	moderate	defined channel	laminar	5-10	2-5	<1.5	1-2			80	20	
012+300	18 52.586	48 22.786	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10-25	5-10	<1.5	1-2	10		80	10	
013+700	18 53.135	48 23.285	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10-25	5-10	<1.5	<1	5	5		90	
013+850	18 53.196	48 23.356	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	placid	10-25	5-10	<1.5	<1		10		90	
014+200	18 53.711	48 23.843	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10-25	5-10	<1.5	<1	10	10	20	60	
015+100	18 53.711	48 23.843	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5-10	10-25	<1.5	<1			30	70	
017+950	18 54.040	48 25.126	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	2-5	<1.5	<1	NV				
R15+400	18 53.980	48 25.648	stream	mountain	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	5-10	<1.5	<1	NV				
R16+100	18 53.836	48 25.846	stream	mountain	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	riffled	2-5	2-5	<1.5	1-2		70		30	
R20+900	18 53.917	48 27.924	stream	mountain	small (5-10 m wide)	low	defined channel	riffled	<2	2-5	<1.5	<1		90		10	
024+500	18 53.547	48 27.633	stream	mountain	small (5-10 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	2-5	<1.5	<1	NV				
025+500	18 53.395	48 28.955	stream	mountain	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	NV					NV				
026+000	NV																
R27+000	18 53.287	48 28.788	stream	mountain	NV	NV	NV	NV					NV				
R27+300	18 53.397	48 28.943	stream	mountain	NV	NV	NV	NV					NV				
R29+500	NV																
031+650	NV																
033+800	18 53.912	48 31.034	stream	hills	seasonal	low	defined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
034+250	NV																
034+500	18 53.659	48 31.137	stream	mountain	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	turbulent	2-5	2-5	<1.5	<1	NV				
035+100	18 53.413	48 31.371	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	2-5	<1.5		NV				
038+150	18 51.949	48 31.663	river	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10-25	10-25	<1.5	1-2	20			80	
041+300	18 50.617	48 31.272	stream	mountain	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	turbulent	2-5	2-5	<1.5	<1	90			10	
041+500	NV																
042+300	NV																
046+400	18 48.917	48 32.175	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	2-5	<1.5		NV				
047+000	18 48.720	48 32.092	stream	hills	seasonal	low	defined channel	placid	<2	<2	<1.5		NV				
047+400	18 48.384	48 32.015	stream	hills	seasonal	low	undefined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
048+600	18 48.248	40 31.897	stream	hills	seasonal	dry	undefined channel	still	NV	NV	NV	NV	NV				
049+200	18 47.726	48 31.827	stream	hills	seasonal	low	defined channel	turbulent	2-5	2-5	<1.5	1-2	90			10	
050+400	18 47.726	48 31.827	stream	hills	seasonal	dry	defined channel	still	<2	<2	<1.5	<1	NV				
050+800	18 47.152	48 32.002	stream	hills	seasonal	dry	defined channel	still	<2	<2	<1.5	<1	NV				
051+600	18 46.790	48 32.055	stream	hills	seasonal	low	defined channel	NV	<2	<2	<1.5	<1	NV				
051+800	NV																
054+200	18 46.160	48 32.897	river	hills	medium (10-25 m wide)	high	defined channel	turbulent	10-25	10-25	>1.5	>1.5	40	30		30	
054+800	18 46.070	48 33.233	river	hills	medium (10-25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	>25	>25	>1.5	>1.5	5			95	
059+100	18 45.617	48 35.213	stream	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	<2	<1.5	<1	80			20	
060+600	18 45.784	48 35.963	river	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5-10	5-10	<1.5	<1		60		40	
064 +250	18 46.790	48 32.055	stream	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	2-5	<1.5	<1	NV				
065+400	NV																
066+200	18 45.355	48 38.310	stream	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	rolling	2-5	2-5	<1.5	<1	95			5	

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Co-ord		Water body Type	Physical Characteristics									Habitat / Morphology (%)				
	Latitude	Longitude		Terrain	Stream type	Stage	Drainage Type	Turbulence	Bankfull Width (m)	Wetted Width (m)	Est. Max Depth (m)	Floodplain Width (m)	RoW				
													Rapids	Riffle	Run	Pool	Flat
066+900	18 45.329	48 38.504	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	turbulent	5-10	5-10	>1.5		80	10		10	
068+600	18 45.596	48 39.135	stream	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	turbulent	2-5	2-5	<1.5	<1	60			40	
069+500	NV																
070+600	18 45.711	48 39.961	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	turbulent	2-5	2-5	<1.5		90	5		5	
071+400	18 45.839	48 40.361	stream	hills	seasonal	low	defined channel	riffled	<2	<2	<1.5		NV				
073+400	18 45.977	48 40.673	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	riffled	2-5	2-5	<1.5		NV				
076+150	18 46.448	48 41.544	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5-10	5-10	<1.5		30		30	40	
076+700	18 46.647	48 41.892	stream	hills	seasonal	dry	undefined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
078+200	18 46.762	48 42.390	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel, wetland	still	<2	<2	<1.5	10-15	NV				
079+900	18 46.923	48 43.200	stream	hills	minor (2-5 m wide)	pooled	defined channel, wetland	placid	<2	<2	<1.5	5-10	NV				
081+100	18 47.014	48 43.520	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	<2	<2	<1.5		NV				
081+600	18 46.972	48 43.799	stream	hills	seasonal	dry	defined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
083+400	18 46.747	48 44.397	wetland	hills	seasonal	pooled	undefined channel, wetland	still	<2	<2	<1.5	10-15	NV				
084+200	18 45.954	48 44.488	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5-10	1-10	<1.5		70			30	
086+750	18 45.495	48 45.117	stream	hills	medium (10-25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	10-25	10-25	>1.5		10		20	70	
087+400	18 44.972	48 45.515	stream	hills	small (5-10 m wide)	low	defined channel	riffled	5-10	5-10	<1.5		NV				
089+100	18 44.423	48 46.160	stream	hills	seasonal	dry	undefined channel, wetland	still	<2	<2			NV				
090+100	18 44.238	48 46.358	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	10-25	10-25	<1.5	1	NV				
092+450	18 44.014	48 47.205	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	riffled	2-5	2-5	<1.5	<1	NV				
096+200	18 43.787	48 48.768	stream	hills	minor (2-5 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5-10	5-10	<1.5	<1	10			90	
096+500	18 43.783	48 48.920	stream	hills	minor (2-5 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5-10	5-10	<1.5	<1	10			90	
098+200	18 43.238	48 49.813	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	<2	<2	<1.5		NV				
099+600	18 42.640	48 50.251	stream, wetland	hills	seasonal	dry	undefined channel, wetland	still	NV				NV				
101+100	18 42.076	48 50.772	stream	hills	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	2-5	<1.5		NV				
105+000	18 40.528	48 51.504	stream, wetland	wetlands	minor (2-5 m wide)	low	defined channel, wetland	still	2-5	2-5	<1.5	>20	NV				
106+100	18 40.244	48 51.922	stream, wetland	lowlands	minor (2-5 m wide)	pooled	undefined channel, wetland	still	<2	<2	<1.5	>20	NV				
107+200	18 40.051	48 52.646	river	hills	large (>25 m wide)	moderate	defined channel	riffled	>25	>25	>1.5	10-20	10	10	20	60	
109+800	18 39.398	48 53.808	wetland	wetlands	seasonal	low	wetland	still	>25	>25	<1.5	>100					100%
111+200	18 39.385	48 54.804	river	lowlands	medium (10-25 m wide)	moderate	defined channel	placid	10-25	10-25	>1.5				20	80	
112+400	18 39.280	48 55.030	wetland	wetlands	seasonal	low	wetland	still	>25	>25	<1.5	>20					100
114+000	18 39.330	48 56.039	stream	lowlands	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	<2	<2	<1.5	5-10	NV				
115+400	18 38.589	48 57.059	wetland	hills	seasonal	dry	defined channel	still	<2	<2			NV				
117+300	18 37.740	48 56.785	stream	hills	small (5-10m wide)	moderate	defined channel	turbulent	5-10	5-10	<1.5		80	5	5	10	
118+700	18 37.615	48 56.780	stream	hills	seasonal	dry	defined channel	still	<2	<2			NV				
119+300	18 37.462	48 57.213	stream	hills	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5-10	5-10	>1.5	5-10	40	20	40	20	
121+700	18 37.626	48 58.306	stream	lowlands	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	nv	NV				NV				
123+800	18 37.567	48 59.583	stream	lowlands	minor (2-5 m wide)	low	defined channel	placid	<2	<2	<1.5	>2	NV				
126+700	18 37.858	49 01.076	stream	lowlands	small (5-10 m wide)	low	defined channel	placid	5-10	5-10	<1.5		5	5		90	
130+400	18 36.980	49 03.228	wetland	lowlands	minor (2-5 m wide)	low	defined channel, wetland	placid	2-5	2-5	<1.5	5-10	NV				
130+900	18 36.688	49 03.422	stream	hills	minor (2.5 m wide)	pooled	defined channel, wetland	still	<2	<2	<1.5	3-4					100
135+900	18 43.783	48 48.920	river	hills	medium (10-25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	10-25	10-25	>1.5	1-2	NV				
136+200	18 43.783	48 48.920	river	hills	medium (10-25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	10-25	10-25	>1.5	1-2	NV				
139+700	18 32.702	49 04.811	wetland	low/wetlands	minor (2-5 m wide)	low	defined channel, wetland	placid	<2	<2	<1.5	10-15	NV				
141+800	18 31.444	49 05.153	wetland	lowlands/wetlands	seasonal	pooled	undefined channel/wetland	still	10-25	10-25	<1.5	Wetland	NV				
143+600	18 30.568	49 05.306	stream	lowlands	small (5-10 m wide)	moderate	defined channel	riffled	5-10	5-10	<1.5	>5	20			80	

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Co-ord		Water body Type	Physical Characteristics									Habitat / Morphology (%)				
	Latitude	Longitude		Terrain	Stream type	Stage	Drainage Type	Turbulence	Bankfull Width (m)	Wetted Width (m)	Est. Max Depth (m)	Floodplain Width (m)	RoW				
													Rapids	Riffle	Run	Pool	Flat
145+700	18 29.529	49 05.522	river	hills	medium (10-25 m wide)	low	defined channel	laminar	10-25	10-25	>1.5	1-2	10			90	
154+300	18 26.202	49 08.381	wetland	lowlands/wetlands	seasonal	pooled	undefined channel/wetland	still	>25	>25	<1.5						100
155+000	18 25.656	49 08.550	stream	lowlands	seasonal	dry	defined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
157+100	18 24.944	49 09.017	stream	lowlands	seasonal	dry	defined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
157+400	18 24.58	49 09.184	stream	lowlands	small (5-10 m wide)	low	defined channel	placid	5-10	5-10	<1.5		10			90	
157+700	18 24.783	49 09.320	stream	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	riffled	2-5	2-5	<1.5	<1		70		30	
165+300	18 21.424	49 12.160	wetland	lowlands	minor (2-5 m wide)	pooled	undefined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
167+200	18 20.615	49 12.800	stream	lowlands	minor (2-5 m wide)	pooled	defined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
168+800	18 19.828	49 13.388	wetland	lowlands	seasonal	low	defined channel	still	<2	<2	<1.5		NV				
169+100	18 19.421	49 13.612	wetland	lowlands/wetlands	seasonal	low	wetland	still	NV	NV	NV		NV				
172+400	18 18.502	49 14.511	river	lowlands	large (>25 m wide)	moderate	defined channel	riffled	>25	>25	>1.5				20	80	
174+400	18 17.082	49 14.467	wetland	lowlands/wetlands	seasonal	low	wetland	still	>25	>25		Wide	NV				
175+200	18 16.804	49 14.514	wetland	lowlands	minor (2.5 m wide)	pooled	wetland	still	>25	>25						100	
178+900	18 15.314	49 15.924	river	lowlands	large (>25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	>25	>25	>1.5				10	90	
185+950	18 12.815	49 18.168	stream	wetlands	small (5-10 m wide)	pooled	defined channel/wetland	still	>25	>25			NV				
189+600	18 11.221	49 20.487	wetland	wetlands	small (5-10 m wide)	pooled	wetland	still	>25	>25	<1.5	>25	NV				
E 3000+100	18 53.771	48 28.261		mountain	small (5-10 m wide)	low	defined channel	riffled	5-10	5-10	<1.5		NV				
E 3000+750	18 53.767	48 28.088		mountain	small (5-10 m wide)	low	defined channel	turbulence	5-10	5-10	<1.5		70	20		10	
E 3001+100	18 53.677	48 28.278	stream	hills	minor (2.5 m wide)								NV				
E 3001+100	NV																
E3002+850	NV																
E 3003+350	NV																
E3005+150	NV																
E 3007+000	18 55.163	48 30.904	stream	hills	small (5-10 m wide)	low	defined channel	riffled	5-10	5-10	<1.5	>1	70			30	
E3008+800	NV																
E 3011+ 950	18 46.790	48 32.055	river	hills	medium (10-25 m wide)	moderate	defined channel	laminar	>25	10-25		3-4	10			90	
E 3016+100	18 46.790	48 32.055	river	hills	minor (2.5 m wide)	low	defined channel	placid	2-5	5-10	<1.5	2-20	NV				

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Habitat / Morphology (%)													Overhead cover			
	Reach						Channel Substrate							Large Woody Debris	Overhanging Trees	Overhanging Shrubs	Overhanging Grasses
	Rapids	Riffle	Run	Pool	Flat	Channel	Silt	Sand	Grave	Cobble	Boulder	Bedrock	Organic				
R2+000																	
R9+250																	
012+200			80	20		single	NV							nil	low	moderate	nil
012+300			10	90		single	NV							low	moderate	low	low
013+700	10			90		single	NV							nil	moderate	low	low
013+850	10	10		80		single	NV							low	low	low	moderate
014+200	10		10	80		single	NV							nil	nil	low	moderate
015+100	5		40	55		single	NV							nil	nil	moderate	low
017+950	NV					single	NV							nil	nil	moderate	nil
R15+400	NV					single	NV							low	low	low	high
R16+100	NV					single		90	10					nil	low	nil	low
R20+900	90			10		single			10			90		nil	high	nil	nil
024+500	NV					single	NV							low	high	low	nil
025+500	NV					single	NV							low	high	low	nil
026+000																	
R27+000	NV					NV	NV							low	high	low	nil
R27+300	NV					NV	NV							low	high	low	nil
R29+500																	
031+650																	
033+800	NV					single	NV							nil	nil	high	high
034+250																	
034+500	NV					single				10	20	70		low	moderate	low	nil
035+100	NV					single	NV							nil	nil	moderate	moderate
038+150	30			70		single		70	10	10	5	5		nil	low	nil	nil
041+300	80	10		10		single		10		10	20	60		nil	nil	low	low
041+500																	
042+300																	
046+400	NV					single	NV							nil	low	moderate	low
047+000	NV					single	NV							nil	nil	low	high
047+400	NV					single	NV							nil	nil	low	moderate
048+600	NV					single	NV							nil	nil	high	nil
049+200	70			30		single						100		nil	low	low	nil
050+400	NV					single						100		nil	low	low	nil
050+800	NV					single	NV							nil	low	low	nil
051+600	NV					single	NV							low	low	moderate	nil
051+800																	
054+200	30	30	20	20		single	NV							nil	low	moderate	nil
054+800	30			70		single		80		5	5	5		nil	nil	nil	nil
059+100	70			30		single	NV							nil	low	low	low
060+600	10	60		30		single		60	10	10	20			nil	nil	nil	nil
064 +250	NV					single	NV							nil	nil	low	low
065+400																	
066+200	90			10		single	NV							nil	moderate	low	nil
066+900	80	10		10		single			10	10	70	10		nil	moderate	low	low
068+600	NV					single				10	30	60		nil	low	nil	nil
069+500																	
070+600	90			10		single	NV							nil	low	moderate	low
071+400	NV					single	NV							nil	nil	nil	low
073+400	NV					single	NV							nil	nil	low	low

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Habitat / Morphology (%)													Overhead cover			
	Reach						Channel Substrate							Large Woody Debris	Overhanging Trees	Overhanging Shrubs	Overhanging Grasses
	Rapids	Riffle	Run	Pool	Flat	Channel	Silt	Sand	Grave	Cobble	Boulder	Bedrock	Organic				
076+150	30		40	30		single		30	30	20	20			nil	moderate	low	low
076+700	NV					single	NV							nil	nil	low	low
078+200	NV					single	NV							nil	nil	nil	nil
079+900	NV					single	NV							nil	nil	low	low
081+100	NV					single	NV							nil	nil	high	low
081+600	NV					single	NV							nil	nil	high	low
083+400	NV					dispersed	NV							nil	nil	low	nil
084+200	60			40		single			20	20	60			nil	nil	nil	low
086+750			30	70		single		90	10					nil	nil	nil	low
087+400	NV					single	NV							nil	nil	moderate	low
089+100	NV					dispersed	NV							nil	nil	moderate	low
090+100	NV					single	NV							nil	low	nil	nil
092+450	NV					single	NV							nil	nil	moderate	moderate
096+200	10			90		single	NV							nil	nil	moderate	moderate
096+500	10			90		single	NV							nil	low	moderate	moderate
098+200	NV					double	NV							nil	nil	high	mod
099+600	NV					dispersed	NV							nil	low	high	moderate
101+100	NV					single	NV							nil	nil	moderate	low
105+000	NV					single	NV							nil	nil	moderate	low
106+100	NV					single	NV							nil	low	moderate	low
107+200	20			80		double	5	20	60	10	5		5	low	moderate	moderate	moderate
109+800	NV					dispersed	30	70						nil	low	moderate	low
111+200			20	80		single	5	80	15					nil	low	low	low
112+400					100	dispersed							100	nil	nil	low	moderate
114+000	NV					single	NV							nil	moderate	nil	low
115+400	NV					single	NV							nil	moderate	low	low
117+300	NV					single					20	80		nil	moderate	low	nil
118+700	NV					single	NV							nil	moderate	low	low
119+300	20			80		single	5	70		10	15			nil	low	moderate	nil
121+700	NV					single	NV							nil	nil	high	low
123+800	NV					single	NV							nil	moderate	low	nil
126+700	NV					single	30	70						nil	moderate	nil	nil
130+400	NV					dispersed	NV							low	high	low	nil
130+900					100	single	10	80				10		nil	moderate	moderate	low
135+900	55			45		double	5	40		5	10	40		nil	low	moderate	low
136+200	55			45		double	5	40		5	10	40		nil	low	moderate	low
139+700	NV					single	NV							nil	nil	moderate	low
141+800	NV					dispersed	NV							nil	nil	moderate	moderate
143+600	20			80		single	5	75			20			nil	low	low	nil
145+700	10			90		single	5	80			10	5		nil	low	low	low
154+300					100	dispersed	NV							nil	nil	low	moderate
155+000	NV					single	NV							nil	low	moderate	low
157+100	NV					single	NV							nil	nil	moderate	nil
157+400	10			90		single	NV							nil	low	moderate	low
157+700	NV					single	NV							low	moderate	low	low
165+300	NV					dispersed	NV							nil	nil	high	moderate
167+200	NV					single	NV							nil	nil	high	moderate
168+800	NV					single	NV							nil	nil	low	low
169+100	NV					dispersed	NV							nil	low	moderate	low

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Habitat / Morphology (%)													Overhead cover			
	Reach						Channel Substrate							Large Woody Debris	Overhanging Trees	Overhanging Shrubs	Overhanging Grasses
	Rapids	Riffle	Run	Pool	Flat	Channel	Silt	Sand	Grave	Cobble	Boulder	Bedrock	Organic				
172+400						single	5	95						nil	moderate	low	low
174+400	NV					dispersed	NV							nil	low	moderate	low
175+200				100		dispersed	30	70						nil	nil	nil	moderate
178+900			10	90		single	10	80						nil	nil	low	nil
185+950	NV					single	NV							nil	nil	low	low
189+600	NV					dispersed	NV							nil	nil	moderate	moderate
E 3000+100						single	NV							low	high	low	nil
E 3000+750						single					30	70		low	high	low	nil
E 3001+100	NV					single	NV								high	low	nil
E 3001+100																	
E3002+850																	
E 3003+350																	
E3005+150																	
E 3007+000	70			30		single	NV							nil	low	low	low
E3008+800																	
E 3011+ 950	NV					single	NV							nil	nil	nil	nil
E 3016+100	NV					single	NV							nil	nil	low	low

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Instream Cover					Vegetation %									
						RoW (Banks)					Areal (Valley)				
	Woody Debris	Substrate (Boulders)	Turbidity	Depth / Turbidity	Instream Macrophytes	Bare / Burned	Grass / Forbes	Shrubs / Thicket	Rainforest	Wetland / Marsh	Bare / Burned	Grass / Forbes	Shrubs / Thicket	Rainforest	Wetland / Marsh
R2+000															
R9+250															
012+200	low	low	low	low	nil	5		90	5		10		70	20	
012+300	moderate	low	low	low	nil	5			80	10	10		60	30	
013+700	low	moderate	low	low	nil		25	60	15		10	10	75	5	
013+850	low	nil	low	moderate	nil	10	5	75	10		20	5	70	5	
014+200	nil	low	low	moderate	nil	10	60	10	20		20	60	10	10	
015+100	nil	low	moderate	moderate	nil	5	10	80	5		10		80	10	
017+950	nil	low	low	moderate	nil	5		95			20		80		
R15+400	NV	NV	NV	NV	NV		10	20	60	10	10		10	80	
R16+100	low	nil	moderate	moderate	nil	10		20	70		10		10	80	
R20+900	low	moderate	low	low	nil				100				10	90	
024+500	NV	NV	NV	NV	NV			5	95				5	95	
025+500	NV								100					100	
026+000															
R27+000	low	NV	NV	NV	NV				100					100	
R27+300	low	NV	NV	NV	NV				100					100	
R29+500															
031+650															
033+800	nil	nil	low	low	nil			100			10	10	80		
034+250															
034+500	low	moderate	nil	nil	nil				100		5		5	90	
035+100	NV					30	40	30			20		80		
038+150	low	high	low	low	nil	20		80			30		70		
041+300	nil	moderate	nil	nil	nil			100			10		90		
041+500															
042+300															
046+400	NV					5	40	55			30	30	40		
047+000	nil	nil	nil	nil	nil	10	80	10			20	80			
047+400	nil	nil	nil	nil	nil	10	10	80			20		80		
048+600	NV	NV	NV	NV	NV	30	70				20	80			
049+200	nil	moderate	nil	nil	nil	10		20	70		30		60	10	
050+400	low	nil	nil	nil	nil	10		70	20		20		70	10	
050+800	low	nil	nil	nil	nil			70	30		20		70	10	
051+600	NV	NV	NV	NV	NV	10		50	40		20		70	10	
051+800															
054+200	nil	high	high	high	nil	20	20	60			20	10	70		
054+800	nil	low	low	low	nil	10		90			10		90		
059+100	NV					10		40		60	10		70		20
060+600	nil	low	nil	nil	nil	10	10	80			10		90		
064 +250	nil	low	nil	nil	nil			100			5		90	5	

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Instream Cover					Vegetation %									
						RoW (Banks)					Areal (Valley)				
	Woody Debris	Substrate (Boulders)	Turbidity	Depth / Turbidity	Instream Macrophytes	Bare / Burned	Grass / Forbes	Shrubs / Thicket	Rainforest	Wetland / Marsh	Bare / Burned	Grass / Forbes	Shrubs / Thicket	Rainforest	Wetland / Marsh
065+400															
066+200	nil	moderate	nil	nil	nil	15	40		45		10	70		20	
066+900	low	high	low	low	nil	15	10	70	5		10	5	80	5	
068+600	nil	moderate	nil	nil	nil	5	5	90			10		90		
069+500															
070+600	low	moderate	low	low	nil	15		80	5		10		90		
071+400	nil	nil	NV	NV	nil		90	10			10	70	20		
073+400	nil	low	low	nil	nil	15	55	30			10	70	20		
076+150	nil	moderate	low	low	nil	15	15	60	5	5	20		80		
076+700	nil	nil	nil	nil	nil	20	70	10			20	70	10		
078+200	nil	nil	nil	nil	nil	20	70	10			15	70	15		
079+900	nil	nil	nil	nil	nil	10	20	60	5	5	10	60	20	10	
081+100	nil	nil	nil	nil	nil	5	20	75			10	15	70	5	
081+600	nil	nil	nil	nil	nil			100			10		90		
083+400	nil	nil	nil	nil	nil	20	10	70				10	90		
084+200	nil	high	low	low	nil	5		95			5	5	90		
086+750	nil	nil	low	low	nil	30	20	50			10	20	70		
087+400	nil	nil	nil	nil	nil			100			5		80	15	
089+100	nil	nil	nil	nil	nil		10	90				10	90		
090+100	nil	low	nil	nil	nil	5	90	5			30		70		
092+450	nil	moderate	NV	NV	NV	5	10	85			10	10	75	5	
096+200	nil	low	low	low	nil	10	10	80			10		60		30
096+500	nil	low	low	low	nil	10	10	70		10	10		60		30
098+200	nil	nil	nil	nil	nil	10		90			10	70	15	5	
099+600	nil	nil	nil	nil	nil		10	90				5	90	5	
101+100	nil	nil	nil	nil	nil	30		30		40	10		70		20
105+000	nil	nil	nil	nil	nil	20	10	10		60	10	10	60		20
106+100	nil	nil	nil	nil	nil	20	10	60		10	10	10	80		
107+200	low	high	low	low	nil	5	5	90				20	20	60	
109+800	nil	nil	low	low	nil	10	10	20		60	20		70		10
111+200	nil	low	nil	low	nil	10	10	70		10		10	80		10
112+400	nil	nil	nil	nil	high	10	10	60		20			40		60
114+000	nil	nil	nil	nil	nil	90	10				10		80	10	
115+400	nil	nil	nil	nil	nil		20	70		10		20	80		
117+300						10	20	70			10	10	80		
118+700	nil	nil	nil	nil	nil	5	10	85			10	20	70		
119+300	low	high	nil	low	nil	10	10	60		20	10		70		20
121+700	nv					10		90			5		95		
123+800	nil	nil	nil	nil	nil	10	10	80			30		70		
126+700	nil	nil	high	high	nil	60		20	20		10		70	20	
130+400	moderate	low	low	low	nil	10		60		30	10		70		20

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Instream Cover					Vegetation %									
						RoW (Banks)					Areal (Valley)				
	Woody Debris	Substrate (Boulders)	Turbidity	Depth / Turbidity	Instream Macrophytes	Bare / Burned	Grass / Forbes	Shrubs / Thicket	Rainforest	Wetland / Marsh	Bare / Burned	Grass / Forbes	Shrubs / Thicket	Rainforest	Wetland / Marsh
130+900	low	low	low	low	nil	5	5	70	10	10	10		70	10	10
135+900	low	low	low	low	nil	60	10	30			10		80	10	
136+200	low	low	low	low	nil	60	10	30			10		80	10	
139+700	nil	nil	nil	nil	nil	20		60		20	10		70		20
141+800	nil	nil	nil	nil	nil	10	10	60		20	5	10	80		5
143+600	nil	moderate	nil	nil	nil	20	20	60			10		90		
145+700	nil	low	low	low	nil	10	10	85	5		10		90		
154+300	nil	nil	nil	nil	low		20	60		20	10	10	70		10
155+000	nil	nil	nil	nil	nil		80	20				20	80		
157+100	nil	nil	nil	nil	nil		10	90			10	10	80		
157+400	nil	nil	nil	nil	nil	10		90			5	15	80		
157+700	low	low	low	low	nil	20		40	40		20		55	25	
165+300	nil	nil	nil	nil	moderate	15	10	75			10	10	70		10
167+200	nil	nil	nil	nil	nil	5	10	75			10	10	70		10
168+800	nil	nil	nil	nil	low	20		70		10	10		70		20
169+100	nil	nil	nil	nil	nil	10		80		10	5		90		5
172+400	nil	nil	moderate	moderate	nil	10		90			5		95		
174+400	nil	nil	nil	nil	nil	20		60		20	10		80		10
175+200	nil	nil	moderate	moderate	moderate	10		30		60	10		70		20
178+900	nil	nil	low	low	nil	5		95			10		90		
185+950					low	10		10		80	10		20		70
189+600	nil	nil	moderate	moderate	moderate	10		10		80	10		10		80
E 3000+100	nv								100					100	
E 3000+750	low	high	low	moderate	nil				100					100	
E 3001+100															
E 3001+100															
E3002+850															
E 3003+350															
E3005+150															
E 3007+000	low	moderate	low	low	nil	8		80	15		10		80	10	
E3008+800															
E 3011+ 950	nil	moderate	low	low	nil	40		60			20		70	10	
E 3016+100	nil	low	low	low	nil	10		80		10	20		70	5	5

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Banks								Fish Habitat Suitability										Sensitivity to Construction
	LDB			RDB			Active Bank Erosion	Bank Material	Fish Barriers	Fisheries Info	Adult feeding		Spawning		Rearing		Habitat Condition		
	Bank Height (m)	Slumping	Approach Slope	Bank Height (m)	Slumping	Approach Slope					Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species			
R2+000																			
R9+250																			
012+200	0.5-1.5	no	low	0.5-1.5	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	mod	high	mod	high	mod	high	mod. disturbed	moderate	
012+300	0.5-1.5	no	low	0.5-1.5	no	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	mod	high	mod	high	mod	high	mod. disturbed	moderate	
013+700	0.5-1.5	no	mod	0.5-1.5	no	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	mod	high	mod	high	mod	high	mod. disturbed	moderate	
013+850	0.5-1.5	no	low	0.5-1.5	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	low	high	low	high	low	high	severely disturbed	low	
014+200	0.5-1.5	no	mod	0.5-1.5	no	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	mod. disturbed	moderate	
015+100	0.5-1.5	no	low	0.5-1.5	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
017+950	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	sand, gravel, cobble	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
R15+400	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	sand, gravel	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
R16+100	0.5-1.5	yes	mod	0.5-1.5	yes	mod	Yes	silt, sand	unknown	unknown	low	high	low	high	low	high	severely disturbed	low	
R20+900	0.5-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	bedrock	unknown	unknown	high	low	high	low	high	low	pristine	high	
024+500	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	nv	gradient	unknown	high	low	high	low	high	low	pristine	high	
025+500		no	high		no	high	no	nv	gradient	unknown	high	low	high	low	high	low	pristine	high	
026+000																			
R27+000	NV	no	high	NV	no	high	no	nv	unknown	unknown	high	low	high	low	high	low	pristine	high	
R27+300	NV	no	high	NV	no	high	no	nv	unknown	unknown	high	low	high	low	high	low	pristine	high	
R29+500																			
031+650																			
033+800	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	nv	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
034+250																			
034+500	<0.5m	no	high	<0.5m	no	high	no	nv	gradient	unknown	high	low	high	low	high	low	slightly disturbed	high	
035+100	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
038+150	0.5 -1.5m	no	high	0.5 -1.5m	no	high	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	
041+300	0.5 -1.5m	no	high	0.5 -1.5m	no	high	no	silt, sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	
041+500																			
042+300																			
046+400	<0.5	no	mod	<0.5	yes	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
047+000	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	Yes	bedrock	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
047+400	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
048+600	NV	no	mod	NV	no	mod	no	sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
049+200	05-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	bedrock	gradient	unknown	low	low	low	low	low	low	mod. disturbed	moderate	
050+400		no	mod		no	mod	no	sand	gradient	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
050+800	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	sand , bedrock	gradient	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
051+600	NV	no	high	NV	no	mod	Yes	sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	mod. disturbed	moderate	
051+800																			
054+200	0.5-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	boulder, bedrock, sand	unknown	unknown	nil	low	nil	low	nil	low	severely disturbed	low	
054+800	0.5 -1.5m	no	high	0.5 -1.5m	no	high	no	sand, bedrock	unknown	unknown	mod	high	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	
059+100	<0.5m	yes	high	<0.5m	no	high	no	sand	gradient	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
060+600	0.5 -1.5m	no	mod	0.5 -1.5m	no	mod	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	
064 +250	<0.5m	no	high	<0.5 m	no	high	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Banks								Fish Habitat Suitability										Sensitivity to Construction
	LDB			RDB			Active Bank Erosion	Bank Material	Fish Barriers	Fisheries Info	Adult feeding		Spawning		Rearing		Habitat Condition		
	Bank Height (m)	Slumping	Approach Slope	Bank Height (m)	Slumping	Approach Slope					Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species			
065+400																			
066+200	<0.5m	no	high	<0.5m	no	high	no	sand	gradient	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
066+900	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	gravel, cobble, boulder, bedrock	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
068+600	0.5 -1.5m	yes	high	0.5 -1.5m	no	high	no	sand	gradient	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
069+500																			
070+600	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	sand, gravel	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
071+400	<0.5	no		<0.5	no		no	silt, sand gravel	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
073+400	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	silt, sand, gravel	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
076+150	0.5-1.5	no	mod	0.5-1.5	no	mod	no	sand. gravel, bedrock	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
076+700	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
078+200	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
079+900	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
081+100	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	silt, sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
081+600	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	nv	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
083+400	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
084+200	0.5-1.5	no	mod	0.5-1.5	no	high	no	sand	gradient	unknown	mod	low	high	low	mod	low	mod. disturbed	moderate	
086+750	0.5-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
087+400	0.5-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
089+100	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
090+100	0.5 -1.5m	no	high	0.5 -1.5m	no	high	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
092+450	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	No	sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
096+200	0.5 -1.5m	no	mod	0.5-1.5	no	mod	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	
096+500	0.5-1.5	no	mod	0.5-1.5	no	mod	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	
098+200	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
099+600	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	nv	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
101+100	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	silt, sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
105+000	<0.5	no	flat	<0.5	no	flat	no	silt, sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
106+100	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
107+200	>1.5m	yes	high	>1.5m	yes	high	no	sand	unknown	unknown	high	high	high	high	high	high	mod. disturbed	high	
109+800	<0.5	no	flat	<0.5	no	flat	no	silt, sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
111+200	1.5	no	mod	1.5	no	mod	no	sand	unknown	unknown	high	high	high	high	high	high	mod. disturbed	high	
112+400	<0.5	no	flat	<0.5	no	flat	no	silt	unknown	unknown	nil	high	nil	high	nil	high	severely disturbed	low	
114+000	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	sand	unknown	unknown	nil	high	nil	high	nil	high	severely disturbed	low	
115+400	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
117+300	0.5-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	sand	falls, gradient	unknown	high	low	high	low	high	low	mod. disturbed	high	
118+700	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
119+300	0.5-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	high	mod	high	mod	high	mod	mod. disturbed	high	
121+700	NV	no	mod	NV	no	mod	no	sand	unknown	unknown	low	mod	low	mod	low	mod	severely disturbed	low	
123+800	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
126+700	0.5-1.5	no	mod	0.5-1.5	no	mod	no	sand	unknown	unknown	nil	low	nil	low	nil	low	severely disturbed	low	
130+400	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	

Sub - Attachment II Comprehensive Results Table (continued)

Km Post	Banks								Fish Habitat Suitability										Sensitivity to Construction
	LDB			RDB			Active Bank Erosion	Bank Material	Fish Barriers	Fisheries Info	Adult feeding		Spawning		Rearing		Habitat Condition		
	Bank Height (m)	Slumping	Approach Slope	Bank Height (m)	Slumping	Approach Slope					Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species	Endemic Species	Introduced Species			
130+900	<0.5m	no	high	<0.5m	no	high	no	silt, sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
135+900	0.5 -1.5m	no	high	0.5 -1.5m	no	high	no	sand	unknown	unknown	high	high	mod	mod	high	high	mod. disturbed	high	
136+200	0.5 -1.5m	no	high	0.5 -1.5m	no	high	no	sand	unknown	unknown	high	high	mod	mod	high	high	mod. disturbed	high	
139+700	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
141+800	<0.5	no	low	<0.5	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	nil	low	nil	low	nil	low	severely disturbed	low	
143+600	0.5-1.5	no	mod	0.5-1.5	no	mod	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
145+700	0.5 -1.5m	no	high	0.5 -1.5m	no	high	no	sand	unknown	unknown	high	mod	mod	mod	high	mod	mod. disturbed	high	
154+300	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
155+000	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	sand	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
157+100	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
157+400	0.5-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	
157+700	0.5 -1.5m		high	0.5 -1.5m	no	mod	yes	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	
165+300	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
167+200	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
168+800	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	silt, sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
169+100	<0.5	no	mod	<0.5	no	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
172+400	>1.5	no	mod	>1.5	no	mod	no	silt, sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
174+400	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	silt, sand	unknown	unknown	nil	nil	nil	nil	nil	nil	severely disturbed	nil	
175+200	<0.5m	no	flat	<0.5m	no	flat	no	silt, sand	unknown	unknown	low	high	low	high	low	high	severely disturbed	low	
178+900	0.5-1.5		low	0.5-1.5		low	no	sand	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
185+950	<0.5	no	flat	<0.5	no	flat	no	silt, sand	unknown	unknown	low	low	low	low	low	low	severely disturbed	low	
189+600	<0.5m	no	flat	<0.5m	no	low	no	silt, sand	unknown	unknown	low	high	low	high	low	high	severely disturbed	low	
E 3000+100	0.5-1.5	no	high	0.5-1.5	no	high	no	cobble, bolder, bedrock	unknown	unknown	high	low	high	low	high	low	pristine	high	
E 3000+750	<0.5	no	high	<0.5	no	high	no	gravel, cobble, boulder, bedrock	unknown	unknown	high	low	high	low	high	low	pristine	high	
E 3001+100		no	high		no	high	no		unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	mod. disturbed	moderate	
E 3001+100																			
E3002+850																			
E 3003+350																			
E3005+150																			
E 3007+000	0.5 -1.5m	no	high	0.5 -1.5m	no	high	no	sand, gravel, coble, boulder, bedrock	unknown	unknown	high	mod	high	mod	high	mod	severely disturbed	high	
E3008+800																			
E 3011+ 950	>1.5m	no	vertical	>1.5m	no	high	no	bedrock	falls	unknown	high	high	high	high	high	high	severely disturbed	high	
E 3016+100	<0.5m	no	mod	<0.5m	no	mod	no	sand, gravel	unknown	unknown	mod	mod	mod	mod	mod	mod	severely disturbed	moderate	

SUB – ATTACHMENT 3
PHOTOGRAPHS

Sub - Attachment 3
Aerial Reconnaissance
Representative Watercourses



Km R16+100 –tributary to Sahatandra R.



Km 42+300 upper Volove R. valley



Km 51+600 trib to Vohitra R.



Km 54+800



Km 60+600 trib. of Sahananarazana R.



Km 66+900



Km 90+100



Km 107+200 Rianila R.



Km 136+200 Sahavana R.



Km 145+700 Morongolo R.



Km 157+700 Berohondry R.



Km 178+900 Ivondro R.

VOLUME J

APPENDIX 3.1

ATTACHMENT 3

**A FLORAL AND FAUNAL SURVEY OF THE EPHEMERAL POOLS, STREAMS AND
WETLANDS IN THE AMBATOVY REGION, EASTERN MADAGASCAR**

A Floral and Faunal Survey of the Ephemeral Pools, Streams, and Wetlands in the Ambatovy Region, Eastern, Madagascar¹

Prepared for Golder Inc.

by

John S. Sparks, Karen Jo Riseng and Peter N. Reinthal.

¹ This report was completed in 1998. Specific Project information given here is therefore out of date and should be ignored.

Table of Contents

<u>Introduction</u>	5
<u>Methods</u>	6
<u>Results and Discussion</u>	8
Site Descriptions:.....	8
Organisms - Aquatic Faunal and Floral Diversity.....	12
Site Characterization	19
<u>Conclusions</u>	21
<u>Sub - Attachment I: Detailed Site Descriptions</u>	24
<u>Sub - Attachment II: Orders and Families of Aquatic Insects Found in the Analamay and Ambatovy Areas, Madagascar</u>	27

List of Tables

Table 1: Site Information Including Location, Elevation and Site Classification

Table 2: Basic Water Chemistry for the 10 Sites Surveyed in the Ambatovy/Analamay Areas

Table 3: Fish Species Collected at Survey Sites

Table 4: Aquatic Macrophytes Collected at Survey Sites

Table 5: Zooplankton Collected at Survey Sites

Table 6: Aquatic Invertebrates Collected at Survey Sites

Introduction

The purpose of this report is to present results from a survey of the ephemeral pools, streams and wetlands in the Ambatovy and Analamay ore body areas. The project focused on examining the fishes, aquatic insects and invertebrates, aquatic macrophytes and zooplankton found in these different ecosystems. Water chemistry measurements were also taken at all of the sampling locations, which enabled a more comprehensive characterization of these habitats. Specifically, the areas examined were: 1) The streams draining the ore bodies. 2) The ephemeral pools located on the ore bodies. 3) The Torotorofotsy Wetlands area, located to the east of the proposed mine site.

The goals of the project were: 1) To assess floral and faunal diversity within the sample areas. 2) To characterize the ecosystems in terms of organismal composition, as well as via physical and chemical parameters. 3) To examine and compare both pristine and disturbed/degraded areas within each habitat type surveyed. 4) To comment on the possible impacts from disturbances due to mining activity to the various ecosystems surveyed.

Without careful control, water chemistry of the streams and pools will likely change with the input of mining effluents. The effluents could contain sulphur and heavy metals (depending on the mining processes used) that, above threshold concentrations, are known to negatively effect aquatic systems. The effects include changes in pH, alkalinity and conductivity as well as other chemical changes. Combined with the habitat changes, the changes in water chemistry could result in alteration of the current composition of organisms in the Ambatovy and Analamay areas.

This survey will serve as a baseline for general water quality and aquatic organism diversity, but it can not reflect any seasonal changes in the measured parameters or biotic constituents. In addition to noting the organisms and current state of the aquatic ecosystems, this report will characterize the aquatic habitats examined in the Ambatovy region. Characterization will be generalized from data collected on aquatic macrophytes, zooplankton, fish and aquatic insects and non-planktonic invertebrates.

Methods

The following methods and materials were used for sampling and identification of the organisms and samples collected at the Mine site near Ambatovy, Analamay, and the Torotorofotsy Wetlands.

Fish:

Fish were surveyed using both seine, cast nets and dip nets depending on suitability and local restrictions (fady). Generally small seines (approx. 7' x 4') were used (1/32 - 1/16" mesh) in the rivers, streams and wetlands. Cast nets were used where they were allowed by local custom and at sampling localities with deeper water (i.e., where it was not possible to use seines). Representative specimens were preserved in 10% formalin and later transferred to 70% ethanol for permanent storage. Specimens were identified to species level (except in cases where the fish is either a new record for the area or a representative of an undescribed species).

Aquatic Insects and Invertebrates:

Aquatic insects and invertebrates were sampled using a variety of techniques including small-mesh seines (0.78mm or 1/32 inch), kick nets, sieves, dip nets, and by picking specimens off of submerged rocks, vegetation and debris. Invertebrates and insects were preserved in 95% ethanol. Specimens were classified into orders, families and genera where possible. Within these groups specimens were divided into morphospecies/morphotypes. Relative abundances were also calculated for each site.

Aquatic Macrophytes:

For each locality surveyed, all of the submerged and emergent aquatic macrophytes at the survey site were sampled. Specimens were both dried and preserved in 95% ethanol for analysis in the lab. Specimens were identified to family, and to genera where possible.

Zooplankton:

Zooplankton samples were collected at each locality using both 80µm and 53µm plankton nets. Samples were stored in 60 ml plastic bottles and preserved using 10% buffered formalin. Laboratory analysis was conducted using a dissecting scope, and samples were identified to Family level, to determine the diversity and relative abundance of various zooplankton types at each sampling locality.

General Water Quality Measurements:

At each sampling locality water chemistry measurements were taken including pH, dissolved oxygen (mg/l), conductivity (µS), and temperature (°C). Average and maximum flow measurements were recorded for some localities (where applicable). Surrounding vegetation was noted, as well as substrate type, water clarity, % vegetation at the site, % shade at the site, water depth (average and maximum), and average width of water body for each sampling locality.

Results and Discussion

This section focuses on three major points- general site description, categorization of organisms found, and characterization of the sites.

Site Descriptions:

Outlined below is a general description for each ecosystem type/habitat sampled. Both Tables 1 and 2 are useful in this section with Table 1 indicating location, as well as altitude, while Table 2 shows basic water chemistry at the sites. The sites are categorized as either ephemeral pools, streams draining the ore bodies, or localities in the Torotorofotsy Wetlands.

Ephemeral Pools:

Ambatovy Sites: 98-1, 98-2, 98-6
Analamay Sites: 98-5

The ephemeral pools sampled were all somewhat unique in floral and faunal composition (Tables 3 to 6). Water chemistry also varied considerably between the various ephemeral pools surveyed (Table 3). The ephemeral pools contained a high diversity of aquatic insects and zooplankton, as well as a modest diversity of aquatic invertebrates. The pools are all relatively shallow, with relatively low conductivity and high temperature. As the survey was completed during the rainy season in Madagascar, and judging from vegetation and sediment deposition, it appears that the pools do not get very much deeper at their maximum depth. The maximum depth of the pools sampled at the time of the survey was about 1.5 m (Ambatovy), while the maximum depth of the Analamay site was only 0.2 m. The pools sampled were slightly to very acidic with a pH range from 4.61 - 6.10.

Streams Draining Ore bodies:

Ambatovy Sites: 98-7, 98-9
Analamay Sites: 98-4
River Basin Draining Ore body Plateau: 98-10

A variety of sites were chosen to represent both pristine habitats (rainforest) and highly degraded aquatic systems. Both ephemeral and permanent streams were sampled. The pristine sites were generally clear, rainforest streams that were expected to contain a high diversity of endemic/native organisms, while it was thought that the degraded areas would contain less diversity and a higher number of exotic (invasive) species. All of the streams draining the ore bodies are likely to be severely impacted by mining activities.

Torotorofotsy Wetlands:

Wetlands/Marsh Site: 98-3
Stream Draining Marsh and Marsh Site: 98-8

The Torotorofotsy Wetlands cover a very large area, however, sites were chosen to be as representative of the ecosystem as possible. Both marsh and stream sites were sampled. The marsh is generally very shallow and congested with aquatic macrophytes (*Cyperus*, Pteridophytes and *Pandanas*). There are deeper channels that appear to have been cut through the marsh (to permit pirogues travel across the area). The stream exiting the wetlands was of moderate depth, very slow flowing, and contained a lot of debris making seining difficult.

Table 1: Aquatic Survey Site Information Including Location, Elevation, and Site Classification

Site #:	Latitude:	Longitude:	Alt. (m):	Site Location/Classification:
98-1	S: 18 51.096	E: 48 18.662	1115	Ephemeral pool, Ambatovy Area is moderately to highly disturbed/degraded Pool is located on top of ore body
98-2	S: 18 51.194	E: 48 18.500	1130	Ephemeral pool, Ambatovy Area is disturbed (not to degree of 98-1) Pool located on top of ore body
98-3	S: 18 52.530	E: 48 22.637	960	Torotorofotsy Wetlands Large swamp filled with emergent vegetation (ferns, pandanas, sedges) Swamp surrounded by <i>Pandanas</i> forest
98-4	S: 18 52.465	E: 48 22.375	990	Sakalava River Medium-sized stream draining Analamay ore body (clear, fairly shallow, moderate flow) Site is pristine/undisturbed
98-5	S: 18 48.809	E: 48 19.731	1110	Ephemeral pool, Analamay Area has been burned (years ago), however, very little regeneration Pool located on top of ore body Highly disturbed/degraded area
98-6	S: 18 51.046	E: 48 17.508	1065	Ephemeral pool, Ambatovy Pool is surrounded by nearly pristine forest. Pool is located on Ambatovy plateau
98-7	S: 18 51.356	E: 48 18.461	1015	Mariara River/Stream Small swift stream draining Ambatovy ore body (clear, passes over large rocks and boulders) Site is pristine/undisturbed
98-8	S: 18 51.253	E: 48 21.685	945	Antsahamenarano River Stream that drains Torotorofotsy Wetlands (very flat area, tea-coloured water, slow flowing) Site is somewhat disturbed/degraded
98-9	N.A.	N.A.	1010	Very small stream draining Ambatovy ore body (clear, swift, mostly through intact forest) Fairly pristine site
98-10	S: 18 50.917	E: 48 13.984	890	Ampitambe River Medium/large, slow flowing, fairly deep, murky river through rice fields and tavy The site is extremely degraded and serves as a basis for comparison with the other sampling localities

Table 2: Basic Water Chemistry of the 10 Sites Surveyed in the Ambatovy Area

Site #:	Date:	Location:	pH	Dissolved O ₂ (mg/l)	Conductivity (μs)	Temp (°C)
98-1	6/I/98	Ambatovy Ore body, Ephemeral Pool	5.53	6.0	13.2	25.3
98-2	6/I/98	Ambatovy Ore body, Ephemeral Pool	4.61	6.8	16.8	25.0
98-3	7/I/98	Torotorofotsy Wetlands	5.88	4.8	30.2	25.5
98-4	8/I/98	Sakalava River, Drains Analamay Ore body	6.86	9.2	36.4	20.2
98-5	8/I/98	Analamay Ore body, Ephemeral Pool	6.10	8.0	17.0	34.0
98-6	9/I/98	Ambatovy Plateau, Ephemeral Pool (pristine)	5.46	6.8	14.0	24.5
98-7	9/I/98	Mariara River, Drains Ambatovy Ore body	7.32	8.0	45.0	21.0
98-8	10/I/98	Antsahamenarano River, Small stream that drains Torotorofotsy Wetlands	5.94	5.0	38.4	23.0
98-9	10/I/98	Small stream draining Ambatovy Ore body	5.07	9.2	10.2	21.5
98-10	11/I/98	Ampitambe River, River draining ore bodies, highly disturbed	6.80	4.2	71.3	23.5

Organisms - Aquatic Faunal and Floral Diversity

Fish diversity was very low with a total of only eight species found in the entire survey area (Table 3). Half of the fish species collected in the survey area were exotic (introduced) species. Species introductions into the freshwaters of Madagascar have been devastating to the endemic and native fishes. The Antsahamenarano River, that drains the Torotorofotsy Wetlands, had the highest fish diversity that may be due to a greater diversity of habitat types, a low level of disturbance, food availability, or fewer barriers to dispersal given the relatively flat terrain. No fish were found in any of the ephemeral pools sampled. The seasonality of the ephemeral pools, combined with a low pH (4.61) or a high or a highly variable temperature (34°C), is outside the tolerance range of most fish species.

Except for the highly disturbed site on the Ampitambe River, all sites with fish had at least one endemic species. The two introduced fishes, *Channa maculata* and *Oreochromis niloticus*, found at the disturbed site are aggressive omnivores (*O. striatus* is an extremely aggressive carnivore that grows to a very large size) and have displaced many native fish species throughout the island. Both of these exotic species can tolerate a wide range of water conditions, and therefore have spread throughout the island.

Fishes belonging to the Gobiidae and Eleotridae families are common in the streams and lakes of Madagascar, and generally consume periphyton, benthic invertebrates, and small fish. Gobies and Eleotrids are frequently found in montaine streams, and have been able to colonize areas of higher elevation throughout the island. *Rheocles alaotrensis* is endemic to the general area, and is suffering a severe decline in abundance in nearby Perinet Reserve subsequent to the accidental introduction of Platys (*Xiphophorus maculatus*) from a fish farm in the reserve. *R. alaotrensis* is also reliant upon aquatic insect larvae as a major source of food, and will be seriously impacted if mining activity leads to an increased sediment load in the streams and marshes that this species inhabits.

Table 3: Fish Species Found at Each Site with Status (S) Of Each Species as Either Endemic, Native or Introduced

Species:	Family:	S	Site Number									
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<i>Rheocles alaotrensis</i>	Melanotaeniidae	E			X					X		
<i>Atherion sp.</i>	Atherinidae	N										X
<i>Ratsirakia legendrei</i>	Eleotridae	E				X				X		
<i>Gobiidae sp.</i>	Gobiidae	N/E								X		X
<i>Xiphophorus maculatus</i>	Poeciliidae	I			X					X		
<i>Macropodus opercularis</i>	Belontiidae	I			X					X		
<i>Oreochromis niloticus</i>	Cichlidae	I										X
<i>Channa maculata</i>	Channidae	I										X

Legend:

X = presence
E = endemic (Madagascar)
N = native
I = introduced

Table 4: Aquatic macrophytes collected at survey sites where “X” indicates the presence of the macrophyte at the site noted. The number of unidentified species are listed below.

Species Collected:	Site Number									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Cyperaceae <i>Eleocharis</i> sp.	X	X	X							
Pandanaceae <i>Pandanus</i> sp.			X					X		
Poaceae sp. I	X									
Cyperaceae <i>Ryanchospora</i> sp.			X					X		
Nymphaeaceae <i>Nymphaea</i> sp. (yellow)	X									
<i>Nymphaea</i> sp. (white)								X		
Polygonaceae sp.								X		
Cyperaceae <i>Cyperus</i> sp.		X	X		X			X		
Pteridophyta sp. I			X							
Poaceae sp. II	X									
Pteridophyta sp. II		X								
Poaceae sp. III	X									
Orchidaceae sp.					X					
Poaceae sp. IV		X								
Juncaceae I <i>Juncas</i> sp. (?)	X									
Poaceae V <i>Agrostis</i> sp. (?)					X					
Juncaceae sp. II					X					
Onagraceae <i>Ludwigia</i> sp.					X					
Pteridophyta sp. III			X			X				
Apiaceae sp. (or Ranunculaceae sp.)		X								
Unidentified sp.	1		1		3	2				

The aquatic macrophytes collected at the sites include mostly grasses (Family Poaceae), sedges (Family Cyperaceae), water lilies (Family Nymphaeaceae), ferns (Division Pteridophyta), and Pandanas (Family Pandanaceae) (Table 4; Note: Table 4 does not include three species, all found at site 5, that could not be identified from the alcohol-preserved samples. When released from U.S. Customs Service (FDA), the dried samples should allow for clarification of their identities).

The highest diversity of macrophytes was at the ephemeral pool (site 5) in the Analamay area (8 species), while the Torotorofotsy Wetlands and the other ephemeral pools all had similar diversity. Of the streams sampled, only the Antsahamenarano River, draining the Torotorofotsy Wetlands, had aquatic macrophytes. The ephemeral pool located in the rainforest (site 6) had the lowest diversity for aquatic macrophytes of all the pools sampled.

The zooplankton collected included copepods, cladocerans (water fleas), rotifers and insect larvae (incidental catches) (Table 5). Zooplankton usually filter or select particles from the water column and are thus more prominent in lakes or slow-flowing rivers. Harpacticoids are benthic and their presence indicates a prolific benthic environment. Most insect larvae are not planktonic, but here all organisms found in the zooplankton samples have been reported for each site.

In general, there are 10-fold more zooplankton found in the ephemeral pools than in the streams or the wetlands. Three sub-orders of Copepoda were found, belonging to the sub-orders Calanoida, Cyclopoida and Harpacticoida. Distinguishing between nauplii (larval in-stars) is difficult and not critical to this study, and thus all nauplii were grouped together. Copepods are an important component of most ephemeral pools (especially site 6 where they make up 90% of zooplankton) and the smaller swift streams (sites 7 and 9). Cladocerans were virtually absent from the Torotorofotsy Wetlands, and all streams except the Antsahamenarano River. Rotifers were found in the highest numbers in the ephemeral pools and at the disturbed site on the Ampitambe River (site 10).

Aquatic insect larvae were an incidental percentage of zooplankton catch at most sites. The exception was the Sakalava River (site 4), where only 25 individual zooplankters were found and 72% were insect larvae (this is likely due to the shallow depth and narrow width of the stream, where benthic disturbance during collection was inevitable).

Table 5: Zooplankton greater than 80 µm found in the watersheds of the Ambatovy area of Madagascar in January 1998. The zooplankton are grouped into copepods, cladocerans, rotifers, and insect larvae. The zooplankton at each site were counted and are reported by site as the percentage of the total zooplankton collected at that site.

		Site Number									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Order	Suborder										
Copepoda	Calanoida	3%	3%	0%	0%	0%	3%	8%	0%	0%	0%
	Cyclopoida	2%	6%	2%	4%	5%	1%	8%	0%	0%	0%
	Harpacticoida	2%	0%	6%	4%	0%	0%	0%	0%	0%	0%
	nauplii	25%	25%	10%	8%	7%	86%	58%	13%	29%	6%
Total Percent		32%	33%	17%	16%	13%	90%	74%	13%	29%	6%
Total Number		335	845	18	4	400	9270	63	20	2	37
Order	Genus										
Cladocera	Macrothrix	13%	4%	0%	0%	59%	0%	0%	3%	0%	0%
	Chydorus	25%	5%	0%	0%	10%	0%	2%	16%	0%	0%
Total Percent		37%	9%	0%	0%	70%	0%	2%	19%	0%	0%
Total Number		385	225	1	0	2225	30	2	30	0	3
Phylum											
Rotifera		30%	58%	72%	12%	16%	9%	14%	69%	71%	87%
Total Number		310	1480	75	3	525	960	12	110	5	521
Subphylum											
Insecta											
	Odonata	0%	0%	4%	36%	2%	0%	6%	0%	0%	0%
	Diptera	0%	0%	6%	36%	0%	0%	4%	0%	0%	6%
Total Percent		0%	0%	10%	72%	2%	0%	9%	0%	0%	6%
Total Number		10	0	10	18	50	0	8	0	0	38
Grand Totals											
Percent		100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Number		1040	2550	104	25	3200	10260	85	160	7	599

Table 6: Aquatic insects and other invertebrates (non-planktonic) found in the ephemeral pools and streams of the Ambatovy area. All insects were caught with a 0.7mm mesh net, and thus smaller larvae that do not attach to larger objects (leaves, rocks, etc.) may be under-represented.

Species		Site Number								
		1	2	3	4	5	6	8	9	10
Order										
Hemiptera	% of Individ.	22	55	100	25	79	57	3	36	70
	% of species	48	47	100	33	65	45	10	40	50
	Number	110	76	7	39	88	89	1	5	14
Odonata	% of Individ.	4	28	0	1	13	37	17	29	10
	% of species	11	16	0	6	17	29	40	20	50
	Number	22	137	0	2	15	57	5	4	2
Ephemera	% of Individ.	0	0	0	12	0	1	3	0	5
	% of species	0	0	0	14	0	3	10	0	2
	Number	0	0	0	19	0	1	1	0	1
Diptera	% of Individ.	0	1	0	2	6	0	0	0	0
	% of species	0	5	0	5	9	0	0	0	0
	Number	0	1	0	3	7	0	0	0	0
Trichoptera	% of Individ.	0	0	0	19	0	0	0	0	0
	% of species	0	0	0	8	0	0	0	0	0
	Number	0	0	0	29	0	0	0	0	0
Coleoptera	% of Individ.	3	15	0	12	2	5	57	36	15
	% of species	37	31	0	30	9	19	20	40	5
	Number	13	137	0	18	2	8	17	5	3
Other:										
Eubranchiopod	% of Individ.	71	0	0	0	0	1	0	0	0
	Number	360	0	0	0	0	1	0	0	0
Decapod	% of Individ.	0	0	0	29	0	0	13	0	0
	Number	0	0	0	45	0	0	4	0	0
Grand Total										
Individuals		495	137	7	11	112	155	14	30	20
Species		27	19	5	36	23	31	5	10	10

Eubranchiopoda (fairy shrimp, see Table 6) are common to shallow lakes, especially those that are temporary or slightly brackish. The fairy shrimp compose 71% of the non-planktonic invertebrates found at site 1. This ephemeral pool is surrounded by a fairly barren landscape, and may be subject to greater desiccation and temperature variation, as a result creating conditions favoring the proliferation of fairy shrimp. Decapods were found under the overhanging banks and in the benthic litter of the Sakalava River. These shrimp were small in size and numbers collected, and would not be of any economic value.

Aquatic insects and aquatic insect larvae use many niches in the aquatic food web. They act as predators, herbivores, detritivores, and as a food source of many organisms (both aquatic and terrestrial). Insect larvae are often a major portion of the diet of fish, for both adult fish and juveniles, and are often an important component in ontogenetic niche shifts. Thus insect larvae (and zooplankton) usually play a vital role in the development of community structure in the ecosystem.

Insect larvae were collected belonging to the orders Hemiptera (true bugs), Odonata (dragon flies), Ephemera (May flies), Trichoptera (caddis flies), and Coleoptera (beetles). This section also includes aquatic invertebrates belonging to the Eubranchiopoda (fairy shrimp) and Decapods (shrimp), as they are easily caught using this sampling method and likely fill some of the same ecological roles as the aquatic insects. Plecoptera (stone flies) were not found at any of the Ambatovy or Analamay sites. Hemiptera, Odonata, Coleoptera and Eubranchiopoda were well represented in terms of abundance, while Diptera, Trichoptera and Ephemera abundances were comparatively low.

The Torotorofotsy Wetlands had the fewest aquatic insects (n=7, includes non-planktonic invertebrates) of any site. The streams and rivers surveyed had generally low numbers of both species and individuals. Interestingly, all Trichoptera and most Ephemera were found at the Sakalava River site (site 4).

Site Characterization

The ephemeral pools, Torotorofotsy Wetlands, and stream sites are characterized based on aquatic biotic and abiotic factors.

In general, the ephemeral pools exhibited very high levels of insect diversity compared with all other sample localities. The water in these pools has a low ion concentration (conductivity 10-14 μS), which would indicate that these pools may lose water to downward seepage and not just evaporation, the latter of which would tend to concentrate the water. The temperatures tend to be much warmer than in streams, but would have a larger diurnal and seasonal variation due to higher exposure to solar radiation and due to substrate differences. The lack of fish probably allows for the high density of aquatic insects and zooplankton. The organisms that are able to thrive in these pools must be able to survive or avoid the periods of desiccation (i.e., by dispersing from the area). Many zooplankton species have special resting eggs, that are tough and can lie in dormancy until better conditions prevail. Additionally, most of the organisms found in the pools have short life cycles (excluding resting or dormant stages), which aid in avoidance of extreme conditions.

The stream sites can be characterized as having cooler temperatures, higher conductivity, higher fish diversity, although the overall area had low fish diversity, and low invertebrate (both planktonic and non-planktonic) and macrophyte diversity. The low insect numbers could be due to the presence of insectivorous fishes at these sites. It should also be noted that aquatic insect larvae composed 72% of the total zooplankton count at site 4. These insects are smaller, caught with an 80 μm zooplankton net.

The Antsahamenarano River (site 8) that drains out of the Torotorofotsy Wetlands, appears to be very different from the other river and streams in the survey. This river had the highest number of fish and aquatic macrophyte species of any stream and was highly stained in colour. As an outflow to a highly anaerobic and nutrient-rich wetlands, it receives dissolved nutrients and minerals in higher concentrations than the other streams sampled. The extra input of nutrients and particulates fuels the system leading to higher diversity. It is also the only river

site with Cladocerans (a filter feeder).

In general, the highly disturbed stream (site 10) had lower diversity and abundance of native flora and fauna, as well as a higher number of introduced species.

The Torotorofotsy wetlands has low oxygen concentration and a mildly acidic environment which are favorable reduction conditions. There are three species of fish, but few zooplankton or insect larvae. This area has a high macrophyte diversity- sedges, ferns, and Pandanas.

Conclusions

As previously mentioned, the main goals of this investigation are to characterize the sites, compare the pristine areas with the disturbed areas, and use that information to assess the possible effects of disturbance due to the mining process on the currently less disturbed aquatic systems of the Ambatovy and Analamay areas.

The three types of habitats sampled are all unique, in terms of both organismal composition and physical and chemical parameters. The differences are summarized below:

- 1) Low fish diversity in the entire survey area (diversity in rainforest streams fairly typical for Madagascar, given the small size of the streams, the high gradient of the terrain, and the relatively high elevation at the sample sites (i.e., low diversity at higher elevations is likely a result of barriers to dispersal/invasion)).
- 2) High diversity of aquatic insects and other invertebrates (Eubranchiopoda, Decapoda, Mollusks, etc.) in both the ephemeral pools and in the relatively undisturbed rainforest streams.
- 3) At highly disturbed/degraded sampling areas there was a low diversity of both fish species and aquatic insects and other aquatic invertebrates. Also, a greater number of exotic (invasive) species (including fish and aquatic macrophytes) were found at disturbed localities.
- 4) The discovery of *Rheocles alaotrensis* within the survey area is noteworthy. This species had previously only been known from a restricted area in Perinet Reserve, where it is under threat due to the introduction of exotic species and habitat disturbances.

- 5) The Torotorofotsy Wetlands likely represent one of the largest (if not the largest) remaining continuous expanse of marsh habitat on the island. Any mining activities that severely impact this area should be re-evaluated, as this area is extremely unique for Madagascar. Surprisingly, much of the area seems to be in fairly pristine condition, and should be designated a protected area.
- 6) Streams sampled are more shaded than the ephemeral pools. The pools are, therefore, more influenced by atmospheric input.
- 7) The ephemeral pools located in the mining area are unique and unlike any ecosystems we have sampled throughout the island. They are each somewhat different and contain distinct organismal assemblages that vary from pool to pool.
- 8) The ephemeral pools sampled all had a high diversity and abundance of zooplankton. This is likely due to the absence of fish in these pools. From this standpoint, these ecosystems are unique and unlike any of the other habitats in the area.

Not only are they different from each other, but the ephemeral pools and wetlands are relatively uncommon aquatic habitats in Madagascar. *Rheocles alaotrensis* is also endemic to this immediate region of Madagascar, and is in real danger of becoming extinct. Nowhere in its very limited range does this species appear to be abundant.

The disturbances caused by mining activities include habitat destruction and chemical alteration of the water due to effluents. Chemical alteration of the water is completely dependent on the effluent control. Habitat destruction is inevitable and could cause increased runoff, alteration of hydrologic cycle, and higher sediment loads in the aquatic systems. Increased sediment load will most negatively affect the filter feeders, visual predators, and photosynthesizing organisms.

Changes in hydrologic cycle are due to the removal of vegetation and other barriers of water movement. This causes more overland flow and tends to exaggerate the difference

between the rainy season and dry season (with more flooding in the rainy season, and drier conditions in the dry season). The change in hydrologic cycle may be most obvious in the pools where there already exists high variability between wet and dry seasons.

Since desiccation is already a major factor in survival for organisms in the ephemeral pools, it is also possible that these organisms are the best suited for such changes. Also, since the pools are subject to desiccation, the pools and the organisms that reside there, are likely to concentrate any chemicals that are introduced and that they are able to uptake.

Streams normally act as conduit and could serve to remove sediment from the area, and thus will be subject to high sediment from mining disturbances, which will have a negative impact on the many filter-feeding organisms found in the streams. Increased disturbance to the aquatic ecosystems from mining activity, will likely result in native species being displaced by introduced and invasive species, as seen at the disturbed stream site (site 10).

**SUB ATTACHMENT I:
DETAILED SITE DESCRIPTIONS**

Sub - Attachment I: Detailed Site Descriptions

98-1:

Ephemeral pool in a moderately to highly degraded area. The pool is located on top of the Ambatovy ore body. The main body of the pool is about 70 x 50 m. There is some short forest scrub/brush covering about 1/3 of the shore. About 1/2 of the pool is surrounded by rocky substrate and sparse grasses. Overall the surrounding forest is scrubby, short, and very sparse. The depth of the pool averaged 0.50 - 0.75 m. Percent shade (of the water surface at 12 noon) was less than 5%.

98-2:

Ephemeral pool located on the Ambatovy orebody. This pool is much larger than the pool at site 98-1 (about 100 x 200 m). The water surface is roughly 60 - 75% covered with emergent vegetation. There is a steep, rocky ledge surrounding most of the pool. Almost all of the emergent vegetation is *Cyperus* sp. (Cyperaceae). This site appears to be less disturbed/degraded than site 98-1, and is almost completely surrounded by brushy forest scrub (the forest is somewhat taller at this site than at site 98-1). The average depth of the pool was about 1 m, with a maximum depth of 1.5 m. Percent shade of the water surface at 12 noon was less than 5%.

98-3:

Torotorofotsy Wetlands site. The areas sampled at this site include typical marsh habitats and the mouth of a relatively large river exiting the marsh. The Torotorofotsy Wetlands represent a very large expanse of marsh that is almost entirely filled with ferns (pteridophytes), small *Pandanas* species, and a variety of sedges (Cyperaceae). Large areas of the marsh are surrounded by tall *Pandanas* forests. There are some relatively open channels in the marsh (most likely to allow boats to cross the area), however, most of the area is clogged with emergent vegetation. The water is clear (not turbid), however, it has a light tea colour. Many areas of the marsh appear to be relatively pristine, although clear-cut areas and *tavy* extend to the marsh in several places. There appears to be about 60 - 75% intact *Pandanas* forest surrounding the eastern edge of the wetlands. The substrate is very mucky with a congestion of roots/plants. The average depth at the sample area (not including the channels which exceeded 2 m depth) was about 0.5 - 1.0 m.

98-4:

Sakalava River. A small to medium-size stream draining the Analamay ore body. The stream flows through undisturbed rainforest. The water is very clear, and fairly swift flowing. There is brushy/grassy vegetation near banks, some *Pandanas* overhanging the water, and intact rainforest further back (forest averages ~20 - 40 m high in the area). The percent vegetation at the site was 100%, while percent shade at 12 noon ranged from 40% to 90% depending on the immediate vegetation (average percent shade at the site was 60%). The substrate was generally

sandy, with small pebbles and rocks in swiftly flowing areas. Deeper pools contained some leaf litter and silt. There were many submerged logs and branches in the stream. The average width of the stream was 2.5 m, with an average depth of 20 – 30 cm (the maximum depth exceeded 2 m).

98-5:

Ephemeral pool in the Analamay ore body area. The pool is located on the ore body in an area that has been severely burned in the past. The vegetation in the area is reminiscent of desert scrub, and there has been very little regeneration. This pool has an influx of water (swiftly flowing) at the northwest corner. The pool is surrounded by remnants of burned scrubby (very short) forest averaging ~ 5 – 7 m high. This pool is extremely shallow (20 – 30 cm maximum depth), and extremely warm (water temperature 34 - 36 °C). The west side of the pool is the most shallow and also the warmest area of the locality. The dominant aquatic macrophytes in the area are sedges (Cyperaceae) and grasses (Poaceae).

98-6:

Nearly pristine ephemeral pool on the Ambatovy plateau. The approximate size of the pool is 100 x 125 m. This pool is almost completely surrounded by intact rainforest. The pool itself is surrounded by a rocky ledge and many boulders (very steep incline down to the water level). The percent vegetation exceeds 90-95%. Percent shade at 12 noon was 20 - 30%. The water depth ranged from 15 cm to 1.2 m maximum. The forest surrounding the pool averages 15 – 25 m in height. This pool is covered by algal mats in many areas (these are not present in the other ponds surveyed). All of the aquatic macrophytes in the pool are covered with filamentous green algae.

98-7:

Mariara River/Stream. A small, swiftly flowing stream (with a moderately steep descent) draining the Ambatovy ore body. The stream is clear and passes over many large rocks and boulders (small cascades). The substrate is sandy to silty with gravel, pebbles and small rocks. Many fallen trees and branches lay in the water. The site is almost entirely forested, except for a small cleared area upstream. The forest is tall in the area and ranges from 10 to 25 or 30 m in height. The site should be a good indicator of disturbance, as the sample area is directly downhill from the camp area. Percent vegetation at the site is ~ 80%. Percent shade at 12 noon was ~ 50% to 75% in completely forested areas. The water depth ranged from 10 cm to 0.5 m. The average width of the stream was 3 m. Pools at bends in the stream were extremely silty, with a lot of leaf litter.

98-8:

Antsahamenarano River. A small stream that drains an area of the Torotorofotsy Wetlands. The stream is clear (not turbid), however, the water is tea coloured. The entire area is extremely flat, and the stream is slow flowing. The stream width averages ~ 3m, with a depth range of 0.5 to 1.5 m. The stream is 100% vegetated on banks, mainly consisting of grasses and a few ferns. *Pandanas* forest surrounds much of the area. Percent shade at 12 noon ranged from less than 10% in marshy areas to 10 - 15 percent where the stream enters the forest. The substrate was extremely silty and mucky, with up to 0.5 m of muck/silt in places. There were also many logs and plant debris in the stream.

98-9:

Very small (likely ephemeral) stream draining the Ambatovy ore body. The stream flows almost entirely through intact dense forest. The water is very clear and swiftly flowing. The width ranged from 0.75 to 1.5 m maximum. The water depth ranged from 10 to 40 cm maximum depth. Percent vegetation was 100%, and the percent shade at 12 noon was ~ 50% at the immediate site, and 80 - 100% in the intact forest. The substrate ranged from sandy with many small rocks, to somewhat silty in places with a lot of leaf litter and small branches. There was a great deal of fallen vegetation in the stream. The stream is located downhill from Ambatovy base camp.

98-10:

Ampitambe River. A medium size, slow-flowing river that passes through rice fields and *tavy*. This site was chosen because it was said to drain the Ambatovy region, and also due to its high degree of disturbance (i.e., the river is essentially a rice field and washing area for the village nearby). We were interested in comparing a highly degraded river/stream ecosystem with the fairly pristine areas already surveyed. The water is extremely murky, with low visibility. The water depth at the sample site was slightly over 2 m. The percent vegetation was well below 10%, and the percent shade was at most 1 - 2% maximum. The substrate was silty and mucky where it could be sampled. This site has been completely destroyed and is only worth sampling for its comparative value with the less disturbed sites.

SUB-ATTACHMENT II:
ORDERS AND FAMILIES OF AQUATIC INSECTS FOUND
IN THE ANALAMAY AND AMBATOVY AREAS, MADAGASCAR

Sub - Attachment II: Orders and Families of Aquatic Insects Found in the Analamay and Ambatovy Areas, Madagascar

Order	Family	Genus	Number of Morphotypes
Hemiptera (True Bugs)	Belostomidae	All	41+
	Belostomidae	Lethocerus	2+
	Belostomidae	Belostoma	1
	Corixidae	All	1
	Corixidae	Callicorixa	3+
	Gerridae	All	2+
	Gerridae	All	3+
	Hebridae	All	2+
	Hydrometra	Hydrometra	1
	Naucoridae	All	8+
	Nepidae	Ranatra	1
	Mesovellidae	Mesovelia	1+
	Notonectidae	All	13
	Veliidae	Rhagovelia	3+
Plecoptera (Stoneflies)	None Found	None	0
Ephemoptera (Mayflies)	Ephemeridae	All	5+
	Baetidae	All	1+
	Heptageniidae	All	1+
Diptera (Flies)	Simuliidae	All	3
	Culicidae	All	4+
Trichoptera (Caddisflies)	Calamoceratidae	All	2+
	Brachycentridae	All	2+
	Hydrophyichidae	All	3+
Coleoptera (Beetles)	Dysticidae	All	24+
	Hydrophillidae	All	8
	Chrysomelidae	All	2
	Carabidae	All	4+
	Gyrinidae	All	4
	Dryopidae	All	3
Odonata (Dragonflies) (Damselflies)	Sub-order		9+
	Anisoptera	All	6+
	Zygoptera	Lestes	3+

VOLUME J: ENVIRONMENTAL ASSESSMENT – BIOLOGICAL APPENDICES

APPENDIX 4.1

NATURAL HABITATS AND BIODIVERSITY

Submitted to:

Dynatec Corporation

TABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 INTRODUCTION.....	1
2 STUDY AREAS.....	2
2.1 MINE SITE STUDY AREA.....	2
2.2 SLURRY PIPELINE STUDY AREA.....	2
2.3 TOAMASINA STUDY AREA	2
3 SITE HISTORY SUMMARY.....	3
3.1 MINE SITE LOCAL STUDY AREA.....	3
3.2 SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA.....	4
3.2.1 Corridor Zone.....	4
3.2.2 Tavy Zone	4
3.2.3 Agricultural Zone	4
3.3 TOAMASINA LOCAL STUDY AREA.....	5
4 APPROACH FOR SELECTION OF BIODIVERSITY MEASURES.....	6
4.1 ISSUES IDENTIFICATION.....	6
4.2 MEASURES OF BIODIVERSITY	7
4.3 SELECTED BIODIVERSITY MEASURES	9
5 METHODS	10
5.1 PREVIOUS STUDIES – MINE SITE	10
5.1.1 Habitat Distinctiveness.....	10
5.1.2 Habitat Viability	10
5.2 2004 – 2005 STUDIES	11
5.2.1 Flora and Fauna Diversity	11
5.2.2 Ecosystem Diversity.....	15
5.2.3 Landscape Diversity.....	15
5.2.4 Assessment of Natural Habitats and Biodiversity	19
6 RESULTS.....	22
6.1 MINE SITE	22
6.1.1 Flora and Fauna.....	22
6.1.2 Natural Habitats	27
6.1.3 Ecosystem Diversity.....	28
6.1.4 Landscape Diversity.....	32
6.1.5 Summary.....	36
6.2 SLURRY PIPELINE	37
6.2.1 Flora and Fauna.....	37
6.2.2 Ecosystem Diversity.....	38
6.2.3 Landscape Diversity.....	38
6.2.4 Summary	39
6.3 PROCESS PLANT, TAILINGS FACILITY, AND PORT EXPANSION	39
6.3.1 Flora and Fauna.....	39
6.3.2 Ecosystem Diversity.....	40
6.3.3 Landscape Diversity.....	41
6.3.4 Summary	45
7 REFERENCES.....	46

LIST OF TABLES

Table 4.1-1	Ranking Indices for Ecotypes and Land Use Classes.....	20
Table 4.1-2	Total Species Richness by Ecotype for Trees.....	24
Table 4.1-3	Total Species Richness by Ecotype for Fauna.....	24
Table 4.1-4	Number and Ranking of Unique and Endemic Flora by Ecotype.....	25
Table 4.1-5	Number and Ranking of Unique and Endemic Fauna by Ecotype.....	25
Table 4.1-6	Number and Ranking of IUCN-Listed Tree Species by Ecotype.....	26
Table 4.1-7	Number of IUCN-Listed Fauna Species by Ecotype.....	27
Table 4.1-8	Number and Ranking of CITES-Listed Tree Species by Ecotype.....	27
Table 4.1-9	Number and Ranking of CITES-Listed Fauna Species by Ecotype.....	27
Table 4.1-10	Ranking of Ecotype Rareness and Endemism.....	28
Table 4.1-11	Biodiversity Ranking Assessment for Ecotypes in the Mine Local Study Area.....	29
Table 4.1-12	Species Richness and Uniqueness for Trees and Fauna by Site.....	30
Table 4.1-13	Number of Endemic Flora and Fauna by Site.....	31
Table 4.1-14	Number of IUCN and CITES Listed Trees and Fauna by Site.....	31
Table 4.1-15	Fragmentation Results for Primary Vegetation Communities (Ecotypes) in the Mine Local Study Area.....	33
Table 4.1-16	Fragmentation Results for Forested and Non-Forested Habitats in the Mine Local Study Area.....	34
Table 4.1-17	Fragmentation Results for Disturbed and Non-Disturbed Habitats in the Mine Local Study Area.....	35
Table 4.1-18	Fragmentation Results for Disturbance Types in the Mine Local Study Area.....	36
Table 4.1-19	Species Richness, Endemism and Conservation Status of Flora, Reptiles, Amphibians and Birds in the Slurry Pipeline Local Study Area.....	37
Table 4.1-20	Land Classification for the Slurry Pipeline Local Study Area.....	39
Table 4.1-21	Species Richness, Endemism and Conservation Status of Flora, Reptiles, Amphibians, and Birds in the Toamasina Local Study Area.....	40
Table 4.1-22	Fragmentation Results for Land Classes in the Toamasina Local Study Area.....	43
Table 4.1-23	Fragmentation Results for Forested and Non-Forested Habitats in the Toamasina Local Study Area.....	44
Table 4.1-24	Fragmentation Results for Disturbed and Non-Disturbed Habitats in the Toamasina Local Study Area.....	44
Table 4.1-25	Fragmentation Results for Disturbance Types in the Toamasina Local Study Area.....	45

1 INTRODUCTION

Madagascar is considered a globally important biodiversity hotspot with an estimated 12,000 plant species (over 9,700 endemics), and 987 terrestrial vertebrate species of which 771 are endemic to the island (Conservation International 2004). As more species are collected and examined, these estimates will likely increase. The country is “one of the most important and threatened conservation areas on the planet”, as it is estimated that species endemism exceeds 90% in most taxonomic groups, and over 80% of the original forest cover has been cleared (Schmid 2000; Conservation International 2004).

2000 years ago the central highlands of Madagascar were a mosaic of montane rain forest, deciduous woodland, ericoid heath and grassland. Currently, the region is comprised of a low-diversity assemblage of fire-resistant, and mostly exotic grasses which covers more than 40% of the island (Benstead et al. 2003). Burning and clearing of land accelerates the erosion of the lateritic clay creating tavy habitat which is characterized by mineral-depleted soil and sparse vegetation.

The eastern belt of the humid forest has been reduced to 30% of its original area (Green and Sussman 1990). Clearance of the eastern rainforest for firewood, building materials, and development of pasture and agriculture lands was about 1.6% per year from 1993 to 1999 (Dufils 2003). It has been estimated that at the current rate for clearing, all but the steepest slopes will be deforested by 2025 (Green and Sussman 1990).

To meet the requirements in the Terms of Reference for assessing potential impacts on natural habitats and biodiversity from the Ambatovy Project (the project) (Volume H, Appendix 1), baseline data were collected on the following terrestrial taxa:

- large and small mammals;
- avifauna;
- reptiles and amphibians; and
- vegetation.

To increase the amount of baseline information for representative terrestrial species in the project area, bats, ants and butterflies were also sampled. Data on fish species obtained from aquatic surveys were also used to qualitatively describe the current level of biodiversity in the project area. Baseline information on the composition and configuration of vegetation communities on the landscape was used to determine the existing status of natural habitats in the project area. The following sections describe the study areas for each project component, history of the project area, and the approach, methods, and results for natural habitats and biodiversity.

2 STUDY AREAS

2.1 MINE SITE STUDY AREA

The core area of the mine site Local Study Area (LSA) for terrestrial resources encompasses the ore body complex (Ambatovy and Analamay ore bodies), and portions of the Torotorofotsy Wetlands that borders the plateau and the associated watersheds (Figure 7.2-1; Volume A). The LSA also includes the proposed water intake pipeline footprint, plus a 500 m buffer to each side, extending 23 km west from the core area to the Mangoro River.

2.2 SLURRY PIPELINE STUDY AREA

The slurry pipeline LSA includes the approximately 195 km slurry pipeline footprint, plus a 1 km buffer to each side, from the ore body complex in the mine site LSA to the plant site in the Toamasina LSA (Figure 7.2-2; Volume A).

The slurry pipeline initially crosses through the Torotorofotsy Ramsar site within the mine site LSA and further east, through the Mantadia-Zahamena Conservation Corridor. The proposed right-of-way avoids primary forest and is primarily located on agricultural and other disturbed areas.

2.3 TOAMASINA STUDY AREA

The Toamasina LSA is located immediately south of Toamasina. It encompasses the tailings facility and its downstream watershed areas, process plant property boundaries, the intake pipeline, marine outfall pipeline and tailings-plant pipeline plus a 500 m buffer to each side (Figure 7.2-3; Volume A).

3 SITE HISTORY SUMMARY

The greatest threat to biodiversity is habitat loss and fragmentation associated with natural and human-related disturbance. A detailed description and analysis of historic and current land use activities and original habitats for each study area is provided in Volume K (Appendix 3.1). The following sections provide a brief summary of that information relevant to biodiversity.

3.1 MINE SITE LOCAL STUDY AREA

The mine site LSA is dominated by a mixture of subsistence land uses and intact forests. Rice is cultivated in valley bottoms along rivers and watercourses, including areas next to the Torotorofotsy Wetlands system. Principal sources of income for the population are agriculture (mainly rice), stock raising (primarily zebu cattle) and harvesting forest and wood products. There is an observed trend in conversion of primary azonal forest to either cleared areas or degraded forest areas around the mine at a rate of about 1% per year since 1991. The rate appears to be accelerating slightly, since the conversion of primary zonal forest to degraded forest and cleared areas occurred at a rate of 0.8% between 1957 and 1991.

In the immediate area of the mine site, the most prominent land use activity has been mineral exploration. Exploration has occurred in the area since 1960, initially by the Malagasy Geologic Service (1960), then by the Bureau of Geologic and Mining Research (1962), GENiM (Groupe d'Etude de Nickel de Moramanga) (1970-72), additional investigations by the Malagasy Geologic Service (1980), a North Korean consortium (1989), and PDM (Phelps Dodge Madagascar) (1996-97). Most recently, Dynatec conducted explorations at the site between 2003 and 2005, initially as a joint venture with PDM.

Along the water intake corridor from the Mangoro River, primary forest is almost entirely gone and the predominant land uses are woodlots, plantations, rice paddies and grazing areas. Along the Route Nationale 44 (RN 44), there is a high density of homes and villages.

The Torotorofotsy Ramsar site is located east of the mine. More detail concerning the land use limitations and planning in this area is provided in Volume J, Appendix 6.1. With the declaration of this Ramsar site in February, 2005, a collaborative planning process has been initiated involving local residents, government and conservation groups to plan future land use activity in the area.

A low level of tourism presently occurs at the Torotorofotsy Wetlands, mainly due to the unique assemblage of birds living in the Wetlands and their proximity to the tourism hub at Andasibe. In the future, tourism is likely to increase. The *wise use* concept for wetlands is defined as “their sustainable use for the benefit of humankind in a way compatible with the maintenance of the natural properties of the ecosystem” (Ramsar 2004). The implementation of the wise use concept within a land use planning process in this area may lead to the discouragement of future growth in rice paddies and plantations in and around the wetlands.

3.2 SLURRY PIPELINE LOCAL STUDY AREA

Three major land use zones have been defined along the slurry pipeline LSA. The western section, which is within the forest corridor (corridor zone), the central section, which passes around primary forest fragments through an area defined primarily by a tavy matrix (tavy zone), and the eastern section (agricultural zone), which contains entirely secondary vegetation and has a high density of agriculture practices.

3.2.1 Corridor Zone

Land uses within the corridor zone include agriculture, eucalyptus plantations, residences and forest areas being used for extraction of non-timber forest products. Fuel wood and a variety of construction materials are collected on a regular basis, numerous fish and animals are foraged for consumption, and several different types of grass are used for household purposes. Part of the Torotorofotsy Ramsar site and the Mantadia-Zahamena Conservation Corridor are located in the corridor zone.

3.2.2 Tavy Zone

Within the tavy zone, land uses include tavy agriculture, rice paddies, residences and villages, and forest fragments which have the potential to be used gradually as tavy or for extraction of non-timber forest products. Most of this area is remote and difficult to access, meaning that land uses are mainly to produce foods and other products for subsistence rather than shipment to markets.

3.2.3 Agricultural Zone

Within the agricultural zone, land uses include tavy agriculture, rice paddies, residences and villages, agroforestry areas, grazing areas, and oil palm plantations close to Toamasina. Rice and agroforestry provide the key subsistence nutrients in this area. Agroforestry systems typically include mixed

perennial fruit trees (coffee, banana, citrus) and the home garden fruit tree systems that include litchi, mangosteen, jackfruit, breadfruit, avocado, guava, coconut and other species. Because of the proximity to a major access route (RN 2), this zone has increased importance as a source of agricultural goods for market.

3.3 TOAMASINA LOCAL STUDY AREA

The area proposed for the tailings facility is comprised of wide valleys that have been developed into rice fields, and a variety of households and villages. Within the planned right-of-way of the corridor linking the tailings facility to the process plant, land uses include the existing access road (ridge road), woodlots, house locations and industrial areas.

Ongoing land uses at the site of the process plant include small agricultural plots and household areas. The land in this area has a relatively low level of productivity due to the predominance of poor, sandy soils, and it has been zoned by the government for industrial use. The site is near the edge of Toamasina, but outside the limit of urban development. The east side of the proposed plant site supports an area of disturbed coastal woodland which may be useful for the collection of non-timber forest products.

4 APPROACH FOR SELECTION OF BIODIVERSITY MEASURES

4.1 ISSUES IDENTIFICATION

World Bank policies and guidelines include reference to wildlands of special concern. Wildlands are defined as land and water areas virtually unmodified by human activity and are recognized to be exceptionally important in conserving biological diversity or perpetuating environmental services. Special concern areas are classified into two types:

- officially designated as protected areas by governments, sometimes in collaboration with the United Nations or the International scientific community; and
- wildlands that are not yet protected by legislation, but recognized by the national and/or international scientific, and conservation communities as exceptionally endangered ecosystems, known sites of rare or endangered species, or important wildlife breeding, feeding or staging areas.

The World Bank's standards require that natural habitats and biodiversity be considered as part of environmental assessments (Volume A, Section 5). It also promotes sustainable management of natural resources and emphasizes that proponents can play an important role in this as well as the conservation of biodiversity. The policy further calls for adequate compensatory preservation forests to protect and preserve biological diversity and environmental services and, specifically, the residents' rights of access to and use of designated forests. Resource uses mentioned include; hunting, collecting fuelwood and other extractive use.

More recently, IFC have adopted biodiversity as a better overarching term in their revised performance standard (PS 6) which covers natural habitats, forestry and pest management (IFC website 2005). A new emphasis is that proponents of development must not only need to minimize impacts, but also need to seek opportunities to enhance biodiversity.

Concerns about the potential effects of the project on habitat, biodiversity and biological integrity were also raised during 2004 consultations (Volume A, Section 6). There were specific concerns regarding effects to the Mantadia-Zahamena corridor, and the Torotorofotsy Wetlands.

The World Bank states that three questions should be considered during the assessment of potential environmental effects:

- Is biodiversity likely to be significantly impacted by the project?
- What, in broad terms, will the impacts be?
- Does the project have the potential to be biodiversity enhancing?

4.2 MEASURES OF BIODIVERSITY

Biodiversity captures the variety of life forms at all scales and levels of organization, from the genetic variation within a local population of ants to the diversity of all taxonomic kingdoms occupying the globe, and all the levels of biological and ecological processes involved at each scale.

Countries, like Madagascar, that are signatories to the Convention on Biological Diversity require that biodiversity be included in environmental assessments (UNEP 1992; Volume A, Section 5). During the Convention, three internationally accepted levels of biodiversity were recommended for measurement (Costello et al. 2004):

- 1 Within Species Diversity:** measurements include genetic markers and phenotypic traits such as population demography and structure, body size and growth rates.
- 2 Between Species Diversity:** measures include species richness (numbers of species), heterogeneity (composites of richness and evenness), and taxonomic relatedness (or uniqueness).
- 3 Ecosystem Diversity:** due to the difficulty of measuring the complexity of physical and biological interactions that comprise ecosystems, the best measure of ecosystem diversity involves describing the distribution of functionally and structurally distinguishable habitats within an area (i.e., ecotypes).

Genetic diversity constitutes the genotypic variation within and among species inhabiting a specified area or landscape. Genetic diversity is maintained through the interbreeding of different local populations, and increases the probability that a species can adapt and persist under changing environmental selection pressures. Currently, very few studies have examined the relationship between disturbance and genetic variability (Fahrig 2003), and the availability of species genetic information for Madagascar is similarly sparse or non-existent. Subsequently, genetic variability was not considered in the evaluation of biodiversity in the Environmental Assessment (EA) for the Ambatovy Project.

Species are the primary units of taxonomically distinguishable communities, and are typically defined as a group of individuals that are reproductively incompatible with other populations. There are several measures of species diversity that can be used to describe variation in communities, including species richness, heterogeneity, endemism, rarity, demography, and structure (Noss 1990). Similar to genetic diversity, population and life history characteristics (demography, age and sex structure, body size, and growth rates) for species in the project area are largely unknown, and cannot be used to evaluate biodiversity under baseline or impact conditions.

In a recent report for the Canadian Environmental Assessment Agency, Costello et al. (2004) reviewed a number of species diversity indices and concluded that species richness provides the most suitable univariate measure of community diversity. Species heterogeneity measures, such as the Shannon-Wiener and Simpson's index, add little value to richness, and can generate spurious results because evenness (relative abundance of species) and richness (both components of heterogeneity) may not be correlated. For example, individual species within a community may exhibit significant variation in abundance associated with seasonal (e.g., reproduction, migration) or annual cycles (e.g., density independent or density-dependent mortality) without any corresponding changes in species richness. Furthermore, many of the baseline surveys for taxonomic flora and fauna groups in the project area necessarily focused on species presence, and did not record abundance of individuals, which precludes the calculation of species heterogeneity indices. Therefore, measures of community diversity used in this EA included species richness, endemism, and conservation status (e.g., International Union for the Conservation of Nature [IUCN] listed species).

Ecosystems represent the complex dynamic interactions among abiotic variables and species within a specified scale of space and time. In tropical systems, there are a myriad of functional relationships within and between species comprising different taxonomic communities, such as competition, mutualism, commensalism, parasitism, mimicry, predation (herbivores, carnivores, insectivores), and decomposition. Ecosystems can be as large as the biosphere, or as small as a single drop of pond water (Environment Canada 1995).

In this EA, ecosystems represent the structurally dissimilar habitat types (ecotypes) present within each study area. For example, vegetation structure and composition of original terrestrial and wetlands habitats in the mine site LSA are tightly coupled with the moisture, nutrient and soil (e.g., ferricrete, ferralite, clay, peat) regimes (Volume J, Appendix 1.1). In many cases these differences in abiotic and floral attributes are associated with differences in fauna species and communities (Volume J, Appendix 2.1 and 3.1). It is therefore assumed that

measurements of the structure and composition of ecotypes should also capture functional abiotic and biotic relationships.

The relationship between patterns of biodiversity across the landscape and the abiotic and biotic processes driving these patterns has been well established in the scientific literature (*sensu* Brown 1995). Although understanding the behaviour of these mechanisms is still in its infancy, particularly in tropical systems, landscape features such as patch size and shape, heterogeneity, amount of edge, and connectivity are known to have strong implications on species composition, distribution and viability (Noss and Harris 1986; Debinski and Holt 2000; Fahrig 2003). Linking these landscape metrics with flora and fauna community composition among ecotypes provides a process for assessing the larger-scale impacts of the project on biodiversity (Noss and Cooperrider 1994).

4.3 SELECTED BIODIVERSITY MEASURES

Based on the discussion in Section 4.2, the following biodiversity measures were selected for evaluating baseline conditions in the project study areas:

- species richness for flora and fauna (including fish);
- level of endemism for flora and fauna;
- number of endangered, threatened and vulnerable flora and fauna species;
- number, area, amount of edge, and degree of connectivity of primary terrestrial and wetlands habitats and disturbance patches (ecotypes); and
- habitat rarity (area) and uniqueness (endemism).

Details on how these measures were applied to the assessment of baseline conditions are provided in Section 5.2.

5 METHODS

5.1 PREVIOUS STUDIES – MINE SITE

This section provides a brief summary of the methods for determining ecological distinctiveness and viability of habitats conducted in the late 1990s by Phelps Dodge Madagascar (PDM). The intent then was to help identify habitats that have high biodiversity potential and are rare or unique. Results have helped design methods used in this 2005 assessment.

5.1.1 Habitat Distinctiveness

Ecological distinctiveness of habitats was evaluated based on three main criteria:

- level of species endemism;
- level of species rarity; and
- degree of habitat rarity.

5.1.2 Habitat Viability

The intrinsic ecological vulnerability (or viability) of habitats was qualitatively assessed by PDM, by the evaluation of the following four criteria:

- habitat size ;
- habitat fragmentation;
- habitat insularity; and
- human-induced threats.

Results suggested that the small, very patchy, readily impacted habitats of marsh-edge forests and ephemeral pools were highly vulnerable. At a lower level, the azonal thickets were also a vulnerable habitat. In contrast, the larger, more contiguous zonal forest habitat was currently less vulnerable, despite being under frequent and intense human-induced pressure.

5.2 2004 – 2005 STUDIES

5.2.1 Flora and Fauna Diversity

5.2.1.1 Flora

Vegetation classification and mapping was produced for each study area. In 1997 to 1998, a series of strip-plots and sub-plots were surveyed for floral species and forest structure among original primary vegetation types in the mine site LSA. In 2004, surveys for floral species and structure were conducted along transects within the Ambatovy and Analamay ore bodies. Point sampling was also conducted to identify local endemics, and rare and endangered species. Surveys were completed during the wet and dry seasons. Rapid assessment surveys were also conducted in the slurry pipeline and Toamasina study areas. Searches were performed in ecological niches and sensitive habitats that may be inhabited by endemic or rare species.

Vegetation analyses were performed to determine the following:

- baseline disturbances;
- composition and structure of forest communities;
- flora diversity and richness;
- level of endemism;
- number of endangered, threatened and vulnerable species; and
- regional azonal flora.

Analysis was based largely on data collected for trees that were greater than or equal to 5 cm diameter at breast height (dbh). Species richness was estimated from the total number of observed species from all field sampling programs. For all study areas, species uniqueness was estimated by determining the number of unique species for each primary ecotype or land use classification. In addition, for the mine site LSA, species with restricted distributions were systematically assigned to a level of endemism using the following classification (modified from QIT 2001):

Priority 1 species restricted to azonal and transitional vegetation communities of Ambatovy and/or Analamay in the proposed area of project-related disturbance.

-
- Priority 2** species restricted to sites within the LSA, including the Torotorofotsy Wetlands complex.
- Priority 3** species endemic to the LSA, and the Mantadia-Zahamena regional corridor.
- Priority 4** species known to occur outside the region in Madagascar and/or elsewhere.

For flora, the level of species endemism was determined largely from the work completed by Missouri Botanical Gardens (MBG) (Volume J, Appendix 1.1). Although not all species have been taxonomically identified, it was assumed that the classification by specialists at MBG would provide a reliable approximation of the distribution of endemics among ecotypes. Thus, while species richness, number of unique species, conservation status (IUCN and Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora (CITES) [see below]) are based on tree data, species endemism incorporates all flora (including trees).

For the slurry pipeline and Toamasina study areas, this priority system of classifying species endemism could not be used because of the limited amount of sampling effort in these primarily disturbed areas (i.e., there would be low confidence in assigning an observation to a category). Instead, species were classified as being endemic to Madagascar, occurring elsewhere or exotics (non-indigenous).

For all three study areas, species listed under IUCN were classified into one of five threat categories. Most of these categories are based on a set of IUCN criteria which are relatively detailed and may be reviewed in the IUCN website (IUCN website 2005), but relate to:

- criteria A: rate of reduction in population size;
- criteria B: rate of decrease or fluctuation in geographic range;
- criteria C: small known or estimated population size combined with known population decrease;
- criteria D: very small known or estimated population size; and
- criteria E: quantitative analysis showing chance of population extinction in a set period of time.

The five threat categories are as follows (IUCN website 2005):

Extinct in the Wild (EW): A taxon is Extinct in the Wild when it is known only to survive in cultivation, in captivity or as a naturalized population (or populations) well outside the past range. A taxon is presumed Extinct in the Wild when exhaustive surveys in known and/or expected habitat, at appropriate times (diurnal, seasonal, annual), throughout its historic range have failed to record an individual. Surveys should be over a time frame appropriate to the taxon's life cycle and life form.

Critically Endangered (CR): A taxon is Critically Endangered when the best available evidence indicates that it meets any of the criteria (A-E) for Critically Endangered, and it is therefore considered to be facing an extremely high risk of extinction in the wild.

Endangered (EN): A taxon is Endangered when the best available evidence indicates that it meets any of the criteria for Endangered (A-E), and it is therefore considered to be facing a very high risk of extinction in the wild.

Vulnerable (VU): A taxon is Vulnerable when the best available evidence indicates that it meets any of the criteria for Vulnerable(A-E), and it is therefore considered to be facing a high risk of extinction in the wild.

Near Threatened (NT): A taxon is Near Threatened when it has been evaluated against the criteria (A-E) but does not qualify for Critically Endangered, Endangered or Vulnerable now, but is close to qualifying for or is likely to qualify for a threatened category in the near future.

To comply with the Terms of Reference (Volume H, Appendix 1), species listed under CITES were also classified according to Appendices I, II, and III of the Convention (CITES website 2005), which provides lists of species afforded different levels or types of protection from over-exploitation. CITES classifications were applied to all species observed in the three study areas.

Appendix I lists species that are the most endangered among CITES-listed animals and plants (see Article II, paragraph 1 of the Convention). These are threatened with extinction and CITES generally prohibits commercial international trade in specimens of these species. However, trade may be allowed under exceptional circumstances (e.g., for scientific research). In these cases, trade may be authorized by the granting of both an export permit (or re-export certificate) and an import permit (See Article III of the Convention).

Appendix II lists species that are not necessarily currently threatened with extinction but that may become so unless trade is closely controlled. It also

includes so-called "look-alike species" (i.e., species of which the specimens in trade look like those of species listed for conservation reasons (see Article II, Paragraph 2 of the Convention). International trade in specimens of Appendix-II species may be authorized by the granting an export permit or re-export certificate; no import permit is necessary. Permits or certificates should only be granted if the relevant authorities are satisfied that certain conditions are met, above all that trade will not be detrimental to the survival of the species in the wild (see Article IV of the Convention).

Appendix III is a list of species included at the request of a party that already regulates trade in the species and that needs the cooperation of other countries to prevent unsustainable or illegal exploitation (see Article II, Paragraph 3 of the Convention). International trade in specimens of species listed in this Appendix is allowed only on presentation of the appropriate permits or certificates (see Article V of the Convention).

Details on the flora sampling design, survey methods, identification of specimens and data analysis are provided in Volume J (Appendix 1.1).

5.2.1.2 Fauna

Wildlife surveys were conducted in 1997 and 1998 in the areas of Ambatovy, Analamay, the Torotorofotsy Wetlands complex, and ephemeral pools, and streams, rivers and marshes of the mine site LSA. Surveys were conducted along transects intersecting primary habitat types. In 2004, rapid assessment surveys were conducted at point stations to complement the information collected in 1997/98. Sampling has occurred in the wet and dry seasons. Surveys were focused on the following taxa:

- amphibians;
- reptiles;
- birds;
- lemurs;
- small mammals;
- bats; and
- invertebrates.

In 2004, rapid assessment surveys using a combination of general observations, transects, and point sampling were also conducted in the slurry pipeline and Toamasina study areas for amphibians, reptiles and birds. Incidental

observations of other taxa were also recorded. Searches were performed in ecological niches and sensitive habitats that may be inhabited by endemic or rare species.

Analyses were conducted to determine the following:

- species richness within and among taxonomic groups;
- level of endemism;
- number of endangered, vulnerable and threatened species; and
- species richness within primary original habitat types, Ambatovy and Analamay areas, Torotorofotsy Wetlands and wildlife corridors.

Species richness was based on the total number of observed species from all field sampling programs. Species uniqueness, level of species endemism, and species conservation status (based on IUCN and CITES) were also classified following the protocol provided in Section 5.2.1.1. Details of the fauna sampling design, survey methods, identification of specimens, and data analysis are provided in Volume J (Appendix 2.1).

5.2.2 Ecosystem Diversity

Data on species richness, uniqueness, endemism and conservation status among taxonomic groups of flora and fauna were used to determine ecotype diversity within the mine site LSA. Data were also used to determine diversity for azonal and transitional habitats of Ambatovy and Analamay, and the Torotorofotsy Wetlands complex. For the slurry pipeline and Toamasina study areas, the analysis was based on the primary land use classifications (Volume J, Appendix 1.1). Data on fish species richness, endemism and conservation status (Volume J, Appendix 3.1) were also used to qualitatively assess the combined biodiversity of aquatic and terrestrial ecosystems within the three study areas.

5.2.3 Landscape Diversity

5.2.3.1 Natural Habitats

In each local study area, remote sensing data were used to produce spatial land cover maps. The data used to generate land cover classifications and associated polygons (e.g., original primary forest types, wetlands, and disturbed areas such as burns, mineral exploration, tavy agriculture, and plantations) included topographic maps, Landsat images, Ikonos images, and aerial photographs. Mapped information was ground-truthed during field studies. The resulting land

cover classifications were used to describe the area and spatial distribution of natural and disturbed habitats within each study area (Section 5.2.3.2). Details of the methods used to determine land cover classifications for each study area are provided in Volume J (Appendix 1.1).

5.2.3.2 Fragmentation

Fragmentation analyses were conducted for the mine site LSA, and the Toamasina LSA (i.e., area encompassing the process plant, tailings facility and port expansion). These study areas, particularly the mine site LSA, currently have a high degree of landscape heterogeneity generated from the existence of natural habitats, and the different types of disturbance (e.g., mineral exploration, logging, agriculture).

In contrast, the study area for the slurry pipeline consists of a narrow corridor (2 km wide) that is primarily located along existing disturbances such as tavy agricultural activities, areas harvested for firewood and building materials, and some RoW (Section 3.2). Route refinements have ensured that there is little original forest left in this study area (Section 2.2). The narrow width of the corridor and current degree of disturbance limits the level of natural habitat heterogeneity and fragmentation within this study area. Therefore, it was assumed that a quantitative comparison of fragmentation metrics between baseline and impact scenarios for the slurry pipeline would provide little value relative to a qualitative assessment.

Analysis was conducted using FRAGSTATS (Version 3.0) within a Geographic information system (GIS) platform that incorporated the vegetation classification and disturbance layers for the mine site and Toamasina study areas (Volume J, Appendix 1.1). Four metrics describing the current pattern of habitat heterogeneity and configuration were generated (McGarigal and Marks 1995):

Patch area: total area (ha) of each patch (habitat or class) type. Used to determine how much habitat is available for species within the study area (also provides an index of the relative rarity of habitats or ecotypes).

Number of patches: total number of patches within each habitat (or class) type. Used to determine the degree of habitat or ecotype variability within the study area.

Mean nearest neighbour (MDNN): the mean distance between two equivalent patches. Provides a measure of connectivity on the landscape for species that

avoid disturbed areas, or restrict movements to particular habitat types. If the distance is high, then the connectivity is low.

Coefficient of variation in distance to nearest neighbour (CVDNN): provides a measure of the relative degree of spatial aggregation (dispersion) of similar habitat patches across the landscape. Low values (<50%) indicate that patches are distributed uniformly, while high values (>150%) indicate that patches are highly aggregated (clumped). Values near a 100% indicated that patches are dispersed more or less randomly across the landscape.

Total edge: measure of the total length of all patch edges. It differs from total perimeter because each edge represents the boundary of two contiguous patches, whereas the perimeter is based on one patch. Provides a measure of the degree of potential edge effects on the habitat or landscape.

Four fragmentation analyses were performed to describe the current composition and configuration (or partitioning) of natural and disturbed patches of habitat (landscape classes) within the mine and Toamasina study areas:

- terrestrial and wetlands habitat types;
- forested versus non-forested areas;
- disturbed versus non-disturbed areas; and
- disturbance type.

Terrestrial and Wetlands Habitat Types

This analysis investigated how the current landscape is fragmented across primary habitat and land class types in the mine and Toamasina study areas. In the mine site LSA, primary habitats were based on the fine-scale vegetation communities described in Volume J, Appendix 1.1. These fine-scale communities were pooled into more coarse-scale habitat types and included:

- azonal (thicket and forest);
- transitional;
- zonal;
- marsh (including Torotorofotsy);
- marsh-edge forest;
- ephemeral pools; and

- other (pasture, rice paddies, eucalyptus woodlots, slash and burn areas, and human settlements).

In the Toamasina LSA, land class types were based on intact vegetation and wetlands communities, and land use practices (Volume J, Appendix 1.1), and included:

- shrub lands (includes beach ridge complex, shrub land and coastal shrub land/grassland complex);
- coastal woodland (degraded residual coastal woodland);
- agroforestry (plantations, woodlots and modified [secondary] forest);
- industry (buildings, refinery, oil tanks and a quarry site);
- rice paddies;
- tavy matrix;
- urban infrastructure (human settlements, and travel corridors);
- natural wetlands; and
- river.

Forested and Non-Forested

This analysis was done to evaluate the current level of habitat connectivity for forest-dependent species. For the mine site LSA, the forested category included all treed vegetation classes (e.g., azonal forest and thicket, transitional and zonal forest, marsh-edge forest and eucalyptus plantation). Non-forested areas were composed of non-treed habitats, and included early succession forest patches and pasture. Natural and human-developed wetlands, and human settlement were excluded from this analysis.

For the Toamasina LSA, forested patches included agroforest and secondary forest vegetation, coastal woodlands, and various plantations (e.g., palm oil), and eucalyptus woodlots. Non-forested patches included shrub land and tavy matrix. Natural and human developed wetlands, the river, industrial areas, and urban infrastructure were excluded from the analysis.

Disturbed and Non-Disturbed Areas

This analysis was performed to assess the current configuration of disturbed and non-disturbed areas on the landscape in the mine and Toamasina study areas. In the mine site LSA, recently disturbed habitats were associated with fire (natural or human), mineral exploration (minimum of 50% of polygon disturbed by

exploration), logging, slash/burn areas, agriculture (eucalyptus woodlots, pasture, rice paddies), invasive species and human settlements. Non-disturbed areas included forested and wetlands habitats with little or no disturbance, and old burns that were currently composed of young natural forest species.

In the Toamasina LSA, non-disturbed patches included natural wetlands and the river. All other land class were disturbed.

Disturbance Type

This analysis was done to determine the partitioning of different disturbance patches across the landscape. Disturbance types in the mine site LSA are equivalent to those described above (e.g., fire, mineral exploration, logged, agriculture).

Disturbance types in the Toamasina LSA were defined as:

- human travel corridors (roads and canals);
- logged;
- agriculture (agroforestry, plantations, woodlots, rice paddies, tavy);
- industry; and
- human settlements (urban and villages).

5.2.4 Assessment of Natural Habitats and Biodiversity

Baseline conditions of natural habitats and biodiversity in the mine site LSA were assessed using the indices that characterize the composition, structure and function of ecosystems, and the configuration of the landscape which provides the physical matrix for the ecosystem. The assessment was based on the ranking of ecotypes for six indicators (Table 4.1-1):

- observed flora and fauna species richness (numbers of observed species);
- species uniqueness (number of species unique to one habitat type in study area);
- level of endemism for flora and fauna (priority 1-4 as defined below);
- species conservation status for flora and fauna (based on IUCN and CITES ratings);

Table 4.1-1 Ranking Indices for Ecotypes and Land Use Classes

Index	Discipline	Location of Data	Ranking
total observed species richness ^(a)	flora, fauna	table 4.1-2 table 4.1-3	1 = 0 to 0.49 2 = 0.50 to 0.74 3 = 0.75 to 0.89 4 = > 0.89
species uniqueness ^(a)	flora, fauna	table 4.1-4 table 4.1-5	1 = 0 to 0.49 2 = 0.50 to 0.74 3 = 0.75 to 0.89 4 = > 0.89
species endemism	flora, fauna	table 4.1-4 table 4.1-5	2 = priority 3 species 4 = priority 2 species 8 = priority 1 species
IUCN listed species	flora, fauna	table 4.1-6 table 4.1-7	1 = near threatened 2 = vulnerable 3 = endangered 4 = critically endangered
CITES listed species	flora, fauna	table 4.1-8 table 4.1-9	1 = Appendix III 2 = Appendix II 3 = Appendix I
habitat rareness	habitat	table 4.1-10	1 = habitat comprises > 40% of local study area 2 = habitat comprises 25% to 39% of local study area 3 = habitat comprises 10% to 24% of local study area 4 = habitat comprises < 10% of local study area
habitat endemism	habitat	table 4.1-10	2 = habitat found on Madagascar 4 = habitat restricted to the local study area 8 = habitat restricted to the local study area and within the proposed area of project development

^(a) Ranking based on normalized scale (i.e., all values divided by habitat with highest richness or uniqueness).

- habitat rareness (the relative area of an ecotype within the study area); and
- habitat endemism (based on relative local, national and international levels).

Measures of species richness, uniqueness, endemism and conservation status were described in Section 5.2.1.1. Rankings for species richness and uniqueness were normalized to the maximum number of observed individuals (i.e., all values divided by the habitat type with the highest species richness and uniqueness

value). Species endemism was ranked as multiples of two for Priority 3 through Priority 1 to stress the global importance of this metric. The ranking of species conservation status was directly correlated with the level of IUCN and CITES listings. Species listed as Priority 4 (found outside the region or outside of Madagascar) were not used in the assessment.

Habitat rareness represents the relative area of an ecotype within the local study area, while habitat endemism was based on relative local, national and international levels (i.e., similar to the priority listing for species endemism). These metrics are similar to the qualitative assessment used in the previous PDM studies (Section 5.1.1). Habitat endemism was also ranked as multiples of two to stress the importance of this metric, which also attempts to capture species that may be present, but were not detected during surveys. To standardize the overall ranking of each ecotype, the total score for each habitat was divided by the highest value (i.e., provides a 0 to 1 scale for ranking the relative importance of ecotype biodiversity).

For the slurry pipeline and Toamasina study areas, data were too sparse and biased to provide a quantitative ranking of different habitats and land use classes (i.e., rapid assessment surveys were focused on areas or habitats that had potential to support endemic species [Sections 5.2.1.1 and 5.2.1.2]). Thus, the baseline conditions of natural habitats and biodiversity in these study areas were based on a qualitative assessment (i.e., low, moderate, high potential) of these ecosystem indices, where appropriate.

For both the mine site LSA and Toamasina LSA, results from fragmentation analyses were used to provide quantitative inference into the physical attributes of the landscape mosaic that comprise each study area. In the previous PDM work, similar metrics were used, but were based on qualitative rankings (Section 5.1.2). Measurements such as area of forested and disturbed habitat, number of patches, total edge and connectivity provide additional information for predicting the changes in ecosystem structure, composition, and function that may occur from baseline through construction, operation and closure of the project.

Although fragmentation analysis for the slurry pipeline study area was not conducted (Section 5.2.3.2), a qualitative assessment of the current physical state of the landscape in this area is provided.

As mentioned in Section 5.2.2, information on fish species richness, endemism, and conservation status was used to qualitatively assess the combined biodiversity of aquatic and terrestrial ecosystems in each study area.

6 RESULTS

6.1 MINE SITE

6.1.1 Flora and Fauna

A total of 3,362 herbarium specimens were used by MBG as a starting point to determine the level of species endemism in the mine site LSA (Volume J, Appendix 1.1). This total includes 2,524 new samples collected by MBG since December, 2004 and 838 samples collected in previous years by others. From this large collection, a total of 1,401 samples have been identified to the species level thus far (41.7%). This work has accounted for the identification of 494 species within the mine site LSA. Work is ongoing to identify the remaining 1,961 samples.

Four ecotypes were sampled with enough intensity to provide reasonable estimations of ecosystem metrics (species richness, uniqueness, endemism and conservation status). Trees with a dbh ≥ 5 cm were sampled in strip transects, plots, subplots among azonal, transitional, zonal, and along the edges of marshes (marsh-edge forest). Fauna were sampled using transects and point stations among azonal, transitional, zonal, and the core areas of marshes. Subsequently, marsh and marsh-edge forest habitats were combined into one ecotype (marsh) to assess ecosystem metrics for flora and fauna.

For fauna, ecosystem metrics represent species data from small mammals, lemurs, bats, amphibians, reptiles, ants and butterflies. The detailed habitat type for birds was not recorded, so this taxonomic group could not be used to quantitatively rank ecotypes. Bats were identified to the genus level, and the maximum potential number of species was based on this information (Volume J, Appendix 2.1). Data for butterflies includes the number of species that were positively identified, and not the total number of entries (i.e., many entries were made of unknown species).

For both flora and fauna, sampling intensity was dissimilar across ecotypes, and was lowest in the marsh ecotype (Volume J, Appendix 1.1, 2.1). Species accumulation curves demonstrated that more species were detected with an increase in sampling effort or area (Volume J, Appendix 1.1, 2.1). In addition, species richness of birds was higher in the Torotorofotsy Wetlands complex than the transitional and azonal forests of Analamay and Ambatovy, and ants and butterflies were not sampled in the marsh ecotype (Volume J, Appendix 2.1). Thus, ecosystem metrics for the marsh ecotype will likely be more conservative relative to the other habitats.

Using the information collected by MBG, and all other field surveys, 480 tree species have been identified in the mine site LSA. For all flora, nine species are listed under IUCN, and 58 species are listed under CITES (Volume J, Appendix 1.1). Of the 127 endemic species of concern identified by MBG, 69 (54% of all species of concern identified and located thus far) are endemic to the project area (i.e., Priority 1). Some portions of these project area endemics are likely endemic to the project region (i.e., Priority 2), and others may exist elsewhere in Madagascar, but have not been collected or identified thus far.

Sixty amphibian species and 51 reptile species were recorded during surveys in the mine site LSA, and only one species is not endemic to Madagascar (Volume J, Appendix 2.1). Sixteen species are listed under IUCN, and 18 have CITES status. Surveys also identified 113 bird species, of which, 63 are endemic, 15 have IUCN status, and 17 are listed under CITES. The diversity of reptiles, amphibians and birds was similar to that reported for Mantadia National Park (Volume J, Appendix 2.1). Nine lemurs and 18 small mammal species (excluding three unidentified species) were observed. All lemurs are endemic to Madagascar, seven have IUCN status and all are listed under CITES. Two small mammal species are listed under IUCN, and none are identified by CITES.

Six bat species and one genus (containing six additional potential species) were observed in the mine site LSA, and it was estimated that eight species were endemic. One species has IUCN status, and none are present on the CITES list. Surveys for invertebrates identified 75 ant species and 131 butterfly species (Volume J, Appendix 2.1). One ant species and one butterfly species are listed under IUCN, and none of these taxonomic groups have CITES status.

The estimated number of tree species was greatest in azonal and transitional ecotypes, followed by zonal and marsh habitats (Table 4.1-2). Species richness for fauna among ecotypes was generally correlated with flora, except for the transitional habitat. For example, estimated fauna richness was highest in azonal, followed by zonal and marsh ecotypes (Table 4.1-3). In the transitional ecotype, the relative richness of trees was greater than fauna. A complete list of all flora and fauna species within each ecotype is provided in Appendix 1.1 and Appendix 2.1 of Volume J, respectively.

Table 4.1-2 Total Species Richness by Ecotype for Trees

Ecotype	Richness	Richness Index ^(a)	Ranking Score
azonal	313	1.00	4
transitional	314	1.00	4
zonal	280	0.89	3
marsh / marsh-edge forest	42	0.13	1

^(a) Normalized to highest number recorded in an ecotype.

Table 4.1-3 Total Species Richness by Ecotype for Fauna

Ecotype	Richness	Richness Index ^(a)	Ranking Score
azonal	296	1.00	4
transitional	220	0.74	2
zonal	236	0.80	3
marsh / marsh-edge forest	57	0.19	1

^(a) Normalized to highest number recorded in an ecotype.

Species richness for fauna was disproportionately related to ant and butterfly taxa (Volume J, Appendix 2.1). For example, between 62% and 69% of the fauna community was comprised of ants and butterflies among azonal, transitional and zonal habitats. Amphibians and reptiles represented between 24% and 32% of the fauna community in these ecotypes, and 64% of the community in the marsh ecotype. The proportion of small mammals, lemurs and bats were generally similar among ecotypes.

The estimated number of unique tree species associated with an ecotype was greatest in azonal and zonal, followed by the transitional and marsh habitats (Table 4.1-4). In contrast, the species uniqueness index for fauna was also highest in the azonal ecotype, but was lower in the transitional and zonal ecotypes relative to trees (Table 4.1-5). The estimated number of unique tree and fauna species was equivalent in the marsh ecotype.

The number of endemic floral species was highest in the azonal habitat, and lowest in the marsh ecotype (Table 4.1-4). Transitional and zonal ecotypes had a similar number of endemics. Although the number of species detected in the azonal and transitional habitats was similar (Table 4.1-2), the greater number of Priority 1 and 2 species in the azonal ecotype resulted in a marked difference in overall species endemism relative to the transitional habitat.

Species endemism for fauna was highest in the azonal, followed by the transitional, zonal and marsh ecotypes (Table 4.1-5). The cumulative ranking

score was, in large part, consistently correlated the estimated number of species recorded for each priority level among habitats. The number of Priority 3 and Priority 1 species decreased from azonal through marsh ecotypes, while the number of Priority 2 species was highest in azonal, followed by zonal, transitional, and marsh (Table 4.1-5).

The proportion of endemic species in the fauna community among forested habitats was higher for amphibians, reptiles and butterflies than other taxonomic groups. Amphibians and reptiles, combined, represented from 36% to 46% of the endemic species, while butterflies comprised 44% to 50% of endemic fauna. Small mammals, lemurs and bats represented between 6% and 11% of endemics among forested habitats, while ants comprised about 5%. For the marsh ecotype, amphibians and reptiles accounted for 71% of endemic fauna, and small mammals, lemurs, and bats comprised the remaining 29% (no ants or butterflies were sampled in this habitat).

Table 4.1-4 Number and Ranking of Unique and Endemic Flora by Ecotype

Ecotype	Species Uniqueness			Species Endemism			
	Number	Index ^(a)	Ranking Score	Number of Priority 3	Number of Priority 2	Number of Priority 1	Sum of Ranks ^(b)
azonal	65	0.97	4	4	24	23	288
transitional	55	0.82	3	1	5	4	54
zonal	67	1.00	4	2	9	2	56
marsh / marsh-edge forest	8	0.12	1	0	2	0	8

^(a) Normalized to highest number recorded in an ecotype.

^(b) Represents the sum of the product of the rank and number of individuals for each priority category. Ranking indices are defined in Table 4.1-1.

Table 4.1-5 Number and Ranking of Unique and Endemic Fauna by Ecotype

Ecotype	Species Uniqueness			Species Endemism			
	Number	Index ^(a)	Ranking Score	Number of Priority 3	Number of Priority 2	Number of Priority 1	Sum of Ranks ^(b)
azonal	83	1.00	4	188	19	2	468
transitional	36	0.43	1	139	14	1	350
zonal	51	0.61	2	135	17	0	338
marsh / marsh-edge forest	8	0.10	1	47	4	0	110

^(a) Normalized to highest number recorded in an ecotype.

^(b) Represents the sum of the product of the rank and number of individuals for each priority category. Ranking indices are defined in Table 4.1-1.

The number of species with conservation status, including IUCN and CITES listings, was about six times higher for fauna (total = 109) than trees (total = 17). For flora, the number of tree species with IUCN status was highest in the transitional ecotype, followed by azonal zonal, and marsh (Table 4.1-6). No tree species were listed as critically endangered. The number of fauna species with IUCN status was highest in azonal habitat, equivalent in transitional and zonal habitats, and lowest in marsh habitat (Table 4.1-7). Taxa listed as critically endangered each ecotype included:

Azonal: one lemur, one amphibian, and potentially one ant species.

Transitional: one lemur and one amphibian species.

Zonal: one lemur and one amphibian species.

Marsh: one lemur species.

Seventeen CITES-listed tree species were recorded in the mine site LSA, mainly in the azonal ecotype (Table 4.1-8). In contrast, 46 species of fauna were listed under Appendix I and II of CITES. The cumulative rank score was highest for azonal habitat and lowest for marsh habitats (Table 4.1-9). The sum of CITES listed species is higher than 46 in this table because several species are present in more than one of the habitat types. A complete list of the IUCN and CITES flora and fauna species is provided in Appendix 1.1 and 2.1 of Volume J, respectively.

Table 4.1-6 Number and Ranking of IUCN-Listed Tree Species by Ecotype

Ecotype	Near Threatened	Vulnerable	Endangered	Critically Endangered	Sum of Ranks ^(a)
azonal	0	2	2	0	10
transitional	1	3	2	0	13
zonal	0	2	1	0	7
marsh / marsh-edge forest	0	1	0	0	2

^(a) Represents the sum of the product of the rank and number of individuals for each priority category. Ranking indices are defined in Table 4.1-1.

Table 4.1-7 Number of IUCN-Listed Fauna Species by Ecotype

Ecotype	Near Threatened	Vulnerable	Endangered	Critically Endangered	Sum of Ranks ^(a)
azonal	4	6	2	3	34
transitional	3	5	2	2	27
zonal	3	5	2	2	27
marsh / marsh-edge forest	5	5	0	1	19

^(a) Represents the sum of the product of the rank and number of individuals for each priority category. Ranking indices are defined in Table 4.1-1.

Table 4.1-8 Number and Ranking of CITES-Listed Tree Species by Ecotype

Ecotype	Appendix III	Appendix II	Appendix I	Sum of Ranks ^(a)
azonal	0	10	0	20
transitional	0	3	0	6
zonal	0	3	0	6
marsh / marsh-edge forest	0	1	0	2

^(a) Represents the sum of the product of the rank and number of individuals for each priority category. Ranking indices are defined in Table 4.1-1.

Table 4.1-9 Number and Ranking of CITES-Listed Fauna Species by Ecotype

Ecotype	Appendix III	Appendix II	Appendix I	Sum of Ranks ^(a)
azonal	0	14	6	46
transitional	0	13	6	44
zonal	0	12	6	42
marsh / marsh-edge forest	0	7	6	32

^(a) Represents the sum of the product of the rank and number of individuals for each priority category. Ranking indices are defined in Table 4.1-1.

6.1.2 Natural Habitats

Based on proportional area of the mine site LSA, azonal, transitional, and marsh ecotypes are extremely rare relative to zonal habitat (Table 4.1-10). Similarly, endemism of these rare vegetation communities is also high, especially for the azonal and transitional habitats which will be impacted by the mine. In contrast, zonal habitat is found elsewhere on Madagascar, and subsequently has lower intrinsic level of endemism. Overall, the cumulative ranking of natural habitats was highest for azonal and transitional ecotypes, followed by marsh and zonal ecotypes. Similar results were determined during the previous PDM analysis.

Table 4.1-10 Ranking of Ecotype Rareness and Endemism

Ecotype	Rareness		Endemism	Sum of Ranks
	Proportion of Local Study Area (%)	Ranking Score		
azonal	6.0	4	8	12
transitional	6.5	4	8	12
zonal	54.9	1	2	3
marsh / marsh-edge forest	5.0	4	4	8

6.1.3 Ecosystem Diversity

6.1.3.1 Primary Ecotypes

The overall ranking score for biodiversity potential ranged from 185 for the marsh ecotype to 894 for azonal forest (Table 4.1-11). These scores are the products of score levels for each ecotype indicator and are useful only for relative rankings. Azonal habitat scored high for most ecosystem metrics, particularly species richness, uniqueness and endemism, and habitat rarity and endemism. Transitional and zonal ecotypes had similar scores for species metrics, but habitat values were higher for the transitional habitat (Table 4.1-11). The combined marsh / marsh-edge forest (marsh) ecotype scored consistently lower than the other habitats for all ecosystem metrics, except habitat endemism. As a result, azonal, transitional, and zonal ecotypes were within the upper 50 percentile for the normalized (weighted) biodiversity index, while the marsh ecotype scored relatively lower on the biodiversity index (0.21).

The accuracy of species ecosystem metrics used in the analysis of biodiversity potential are a function of sampling intensity and distribution, and the types of taxa sampled among ecotypes. For several taxonomic groups such as trees, ants and butterflies, species accumulation curves did not exhibit a true asymptote suggesting that further sampling would have generated more species (Volume J, Appendix 1.1, 2.1). In addition, only 42% of flora species collected have been classified by MBG (Volume J, Appendix 1.1). Thus, there is uncertainty in the estimates of species richness, and the number of unique, endemic and listed species. For the calculation of species endemism and conservation status scores among all ecotypes, the uncertainty is disproportionately magnified through the mathematical product of the ranking level and the number of individuals recorded for that level.

Table 4.1-11 Biodiversity Ranking Assessment for Ecotypes in the Mine Local Study Area

Ecotype	Species Richness		Species Uniqueness		Species Endemism		Species Conservation Status ^(a)		Habitat		Total Score	Ranking Index
	Flora	Fauna	Flora	Fauna	Flora	Fauna	Flora	Fauna	Rareness	Endemism		
azonal	4	4	4	4	288	468	30	80	4	8	894	1.00
transitional	4	2	3	1	54	350	19	71	4	8	516	0.58
zonal	3	3	4	2	56	338	13	69	1	2	491	0.55
marsh / mash-edge forest	1	1	1	1	8	110	4	51	4	4	185	0.21

^(a) Sum of cumulative rank score for IUCN and CITES.

Sampling intensity for flora and fauna was considerably lower in the marsh ecotype, and was likely related to the relatively fewer number of species recorded. Similarly, ants and butterflies, which comprised between 62% and 69% of the fauna community in the forest ecotypes, were not sampled in the marsh ecotype. In addition, 44% to 50% of endemic species were butterflies, which contributed to the high scores for this metric in the forested ecotypes, relative to the marsh ecotype (Table 4.1-5). Thus, in the marsh ecotype, lower sampling effort and not sampling for ants and butterflies likely resulted in a negative bias in species ecosystem metrics and the associated biodiversity potential relative to forested ecotypes.

6.1.3.2 Ambatovy, Analamay and Torotorofotsy

Species richness of trees and fauna in the azonal and transitional habitats of the Ambatovy and Analamay sites was greater than the Torotorofotsy (Table 4.1-12). For fauna, birds and butterflies comprised the greatest proportion of total species at all three sites (23% to 37%), followed by ants, amphibians and reptiles (Volume J, Appendix 2.1). Small mammals and lemurs constituted less than 5 % of species richness at these sites.

The number of unique tree and fauna species associated with each site was generally correlated with species richness (Table 4.1-12). For Ambatovy and Analamay, reptiles, amphibians and butterflies comprised the largest proportion of unique species. In contrast, for the Torotorofotsy Wetlands, birds and butterflies represented the largest proportion of unique species. There were no unique species of lemur detected among the three sites.

Table 4.1-12 Species Richness and Uniqueness for Trees and Fauna by Site

Site	Species Richness		Number of Unique Species	
	Trees	Fauna	Trees	Fauna
Ambatovy	333	362	70	72
Analamay	270	310	55	55
Torotorofotsy	14	283	4	60

The number of endemic flora species was highest in the Ambatovy site, followed by Analamay and the Torotorofotsy Wetlands complex (Table 4.1-13). Although the number of Priority 2 and 3 species was similar for Ambatovy and Analamay, the number of Priority 1 species was 2.5 times greater in the Ambatovy site. The low number of endemics in the Torotorofotsy Wetlands may be correlated with lower sampling intensity in this area relative the ore sites.

For fauna, one ant species was designated as Priority 1 in the Ambatovy site, and two amphibian species were classified as Priority 1 endemics in the Analamay site. No fauna species were listed as Priority 1 in the Torotorofotsy Wetlands complex since this area is outside the mine footprint (Table 4.1-13). The number of Priority 2 designated species was largely comprised of amphibians and reptiles in the Ambatovy (84%) and Analamay sites (73%), while ants (32%) and reptiles and amphibians (54%) comprised the vast majority of Priority 2 species in the Torotorofotsy Wetlands. In contrast, the largest proportion of species classified as Priority 3 endemics among the three sites consisted of birds (39% to 58%) and butterflies (34% to 48%).

Table 4.1-13 Number of Endemic Flora and Fauna by Site

Site	Flora			Fauna		
	Number of Priority 3	Number of Priority 2	Number of Priority 1	Number of Priority 3	Number of Priority 2	Number of Priority 1
Ambatovy	6	28	28	181	61	1
Analamay	4	21	11	149	51	2
Torotorofotsy	0	3	0	140	28	0

The number of species with conservation status, including IUCN and CITES listings, was about six times higher for fauna (total = 155) than trees (total = 27). For flora, the number of tree species with IUCN status was similar in the Ambatovy and Analamay sites, and none were detected in the Torotorofotsy (Table 4.1-14). The number of CITES listed tree species was much higher in the Analamay site relative to Ambatovy and Torotorofotsy. The number of fauna species with IUCN and CITES status was similar among sites (Table 4.1-14). A complete list of the IUCN and CITES flora and fauna species is provided in Appendix 1.1 and 2.1 of Volume J, respectively.

Table 4.1-14 Number of IUCN and CITES Listed Trees and Fauna by Site

Site	IUCN		CITES	
	Trees	Fauna	Trees	Fauna
Ambatovy	5	19	3	33
Analamay	6	18	12	31
Torotorofotsy	0	20	1	34

6.1.3.3 Fish

A total of 12 described, and at least one unidentified fish species, were collected in the mine site LSA during the high flow and low flow surveys. Sampling occurred across a gradient of relatively pristine forest habitats to heavily deforested habitats. Two species are endemic, and one is indigenous but not endemic, and four species are exotic (Volume J, Appendix 3.1). One of the endemic species is listed as “data deficient” by IUCN, however, the status needs to be reviewed as it is possible that species radiation may have occurred and several separate species or sub-species may be present. The other endemic species is listed as “vulnerable”, but its status should also be reviewed due to the potential existence of radiations (Volume J, Appendix 3.1). No fish were collected in any of the ephemeral pools, and no species are listed by CITES.

The two endemic species were abundant in the most pristine forest ecotypes, while the exotics were abundant in disturbed areas. Some original endemic fauna persisted in moderately deforested areas, but none were detected in heavily disturbed areas (*i.e.*, 100% composed of exotics [non-indigenous species]). This change in species composition across different levels of disturbance may be due to the inability of many indigenous organisms to track the shifts in food resources (*i.e.*, terrestrial detritus versus in-situ algal production) caused by deforestation. In addition, habitat destruction, and competition and predation by introduced species are considered to be major factors contributing to the current state of Madagascar’s freshwater fish fauna (Volume J, Appendix 3.1).

6.1.4 Landscape Diversity

Natural habitats consisted of six primary original ecotypes within the mine site LSA, while land use classes include patches of currently disturbed forested and non-forested areas. Results of the fragmentation analysis of these land cover types are provided in Table 4.1-15. The following summarizes the results according to biodiversity potential:

- The area of azonal forest, which has the highest biodiversity potential, represents 6% of the LSA, and is distributed among three patches with a mean patch size of 460 ha. Relative to other natural habitats, connectivity is low with a mean distance to nearest neighbour (MDNN) of 607 m. However, patches are moderately aggregated as the coefficient of variation in distance to nearest neighbour (CVDNN) is 123%. The current amount of edge associated with this ecotype is relatively low compared to other ecotypes.
- According to analysis of ecosystem metrics (Section 6.1.3.1), transitional forest also has high biodiversity potential in the mine site

LSA. This ecotype is also poorly represented in the LSA (proportional area = 6.5%) with a mean patch size of 372 ha distributed among four patches. MDNN and CVDNN indicated that patches of transitional forest are relatively contiguous.

- Zonal forest represents the largest contiguous portion of the landscape in the LSA (54.9%). Mean patch size is 349 ha, distributed among 36 patches with a MDNN of 96 m and CVDNN of 105%. Because of the large area, the amount of edge associated with zonal forest is the highest among all land cover types.
- Combined marsh-edge forest and marsh ecotypes comprise 5% of the LSA. Mean patch area of marsh-edge forest is small (14 ha) and the 16 patches are over dispersed across the landscape (CVDNN = 176%). In contrast, the marsh ecotype is comprised of four patches that are moderately connected (MDNN = 233 m) and spatially aggregated (CVDNN = 89%).
- Ephemeral pools, which are unique to the azonal forest, represent the rarest ecotype in the mine site LSA (proportional area = 0.02%). Thirty pools are moderately dispersed over the azonal patches (CVDNN = 124%), and spaced apart by an average distance of 182 m. In the previous PDM study, patches of marsh-edge forest and ephemeral pools were anticipated to be highly vulnerable to impacts because of their small size and patchy distribution (Section 5.1.2).
- Currently land use areas are associated with low biodiversity potential, and constitute 27.5% of the LSA. Mean patch size is 37 ha, distributed over 171 patches. The average distance between patches is 120 m, and the areas are moderately dispersed throughout the landscape (CVDNN = 124%). The amount of edge associated with land use areas is also high.

Table 4.1-15 Fragmentation Results for Primary Vegetation Communities (Ecotypes) in the Mine Local Study Area

Landscape Metric	Azonal Forest	Transitional Forest	Zonal Forest	Ephemeral Pools	Marsh-Edge Forest	Marsh	Other / Disturbed ^(a)
total area (ha)	1,380	1,489	12,573	5	231	915	6,301
proportion of total area (%)	6.0	6.5	54.9	0.02	1.0	4.0	27.5
mean area of patch (ha)	460	372	349	0.2	14	229	37
number of patches	3	4	36	30	16	4	171
mean distance to nearest neighbour (m)	607	343	96	182	336	233	120
coefficient of variation in distance to nearest neighbour (%)	123	99	105	124	176	89	124
total edge (km)	70	127	665	6	58	114	580

^(a) Includes pasture, rice paddies, eucalyptus woodlots, slash and burn areas, and villages.

6.1.4.1 Forested and Non-Forested Habitats

Forested land classes included disturbed and non-disturbed natural treed habitats, and eucalyptus woodlots. Non-forested classes included disturbed natural habitats in early succession, and various agriculture land use patches. Wetlands, rice paddies and human settlements were excluded from this analysis. Results of the fragmentation analysis of these land cover types are provided in Table 4.1-16. The following summarizes the results:

- Forested land classes account for 74.2% of the terrestrial habitat in the LSA. Mean patch size is 241 ha, distributed over 66 patches, which are highly over dispersed on the landscape (CVDNN = 297%). MDNN is 116 m indicating that forested patches are fragmented by relatively narrow areas of non-forested and wetlands habitat.
- Non-forested patches are numerous and moderately dispersed throughout the landscape (number of patches = 205, CVDNN = 153%). This land class is comprised of small patches (mean patch size = 27 ha) with a moderate degree of connectivity (MDNN = 99 m).

Table 4.1-16 Fragmentation Results for Forested and Non-Forested Habitats in the Mine Local Study Area

Landscape Metric	Forested	Non-Forested
total area (ha)	15,887	5,539
proportion of total area (%)	74.2	25.8
mean area of patch (ha)	241	27
number of patches	66	205
mean distance to nearest neighbour (m)	116	99
coefficient of variation in distance to nearest neighbour (%)	297	153
total edge (km)	738	676

6.1.4.2 Disturbed and Non-Disturbed Habitats

Disturbed areas included all patches that have been influenced by fire, invader species and human activity (e.g., logging, agriculture, mineral exploration, settlement). Results are shown in Table 4.1-17, and summarized below:

- Currently, the landscape in the mine site LSA is 89% disturbed. Mean patch size is 1,357 ha, distributed over 15 patches. Connectivity and dispersion metrics indicate that disturbed patches are highly contiguous.

- There are 33 non-disturbed habitat patches that have a mean patch size of 80 ha. MDNN is 109 m and CVDNN is 96% indicating that non-disturbed patches are relatively well connected and contiguous on the landscape.

Table 4.1-17 Fragmentation Results for Disturbed and Non-Disturbed Habitats in the Mine Local Study Area

Landscape Metric	Disturbed	Non-Disturbed
total area (ha)	20,352	2,540
proportion of total area (%)	88.9	11.1
mean area of patch (ha)	1,357	80
number of patches	15	33
mean distance to nearest neighbour (m)	79	109
coefficient of variation in distance to nearest neighbour (%)	68	96
total edge (km)	234	234

6.1.4.3 Disturbance Types

Logging is currently the primary disturbance mechanism in the mine site LSA (Table 4.1-18). Sixty-one percent of the landscape has been logged, and mean patch size is 477 ha, distributed over 26 patches. Logged patches are also spatially aggregated and relatively connected on the landscape. Slash and burn practices represent the next primary disturbance type in the LSA (proportional area = 28.4%), and consist of a large number of small patches that are moderately dispersed (Table 4.1-18). Agriculture makes up 7.1% of the landscape, and also consists of a large number of small patches, but unlike logging and slash/burn practices, pasture and rice paddies were less connected.

The remaining disturbance types comprise less than 4% of the mine site LSA, and are distributed over a small number of patches (Table 4.1-18). Mean patch area was largest for mineral exploration (61 ha), followed by invasive species (24 ha), fire (10 ha), and human settlements (4 ha). Based on MDNN and CVDNN, patches of burned forest, mineral exploration, and human settlement are moderately dispersed across the landscape and largely disconnected (Table 4.1-18). Although patches with invasive species are spatially aggregated (CVDNN = 116%), they are highly fragmented (MDNN = 1.5 km).

Table 4.1-18 Fragmentation Results for Disturbance Types in the Mine Local Study Area

Landscape Metric	Logged	Slash/ Burn	Agriculture	Fire	Invasive Species	Exploration	Human Settlements
total area (ha)	12,399	5,783	1,453	143	119	427	29
proportion of total area (%)	60.9	28.4	7.1	0.7	0.6	2.1	0.1
mean area of patch (ha)	477	30	14	10	24	61	4
number of patches	26	194	106	14	5	7	7
mean distance to nearest neighbour (m)	109	87	220	540	1,489	637	578
coefficient of variation in distance to nearest neighbour (%)	110	146	126	153	116	169	156
total edge (km)	663	666	322	35	17	45	71

6.1.5 Summary

Natural habitats consisted of six primary original ecotypes within the mine LSA, while land use classes include patches of currently disturbed forested and non-forested areas. However, very little of the habitats within the LSA have not been degraded by some form of human or natural perturbation as 89% of the landscape is currently disturbed. Based on the proportional area of the LSA, azonal (and associated ephemeral pools), transitional, and marsh ecotypes were extremely rare relative to zonal habitat. Similarly, endemism of these rare vegetation communities was also high, especially for the azonal and transitional habitats. In contrast, zonal habitat is found elsewhere on Madagascar, and subsequently has a lower intrinsic level of endemism. Overall, the cumulative ranking of natural habitats was highest for azonal and traditional ecotypes, followed by marsh and zonal ecotypes.

The overall ranking score for biodiversity potential ranged from 185 for the marsh ecotype to 894 for azonal forest. Azonal habitat scored the highest for most ecosystem metrics, particularly species richness, uniqueness, and endemism, and habitat rarity and endemism. Transitional and zonal ecotypes had similar scores for species metrics, but habitat values were higher for the transitional habitat. The combined marsh/marsh-edge forest (marsh) ecotype scored consistently lower than the other habitats for all ecosystems metrics, expect considerably lower in the marsh ecotype, and was likely related to the relatively fewer number of species recorded. Thus, in the marsh ecotype, lower sampling effort likely resulted in a negative bias in species ecosystem metrics and the associated biodiversity potential relative to forested ecotypes.

6.2 SLURRY PIPELINE

6.2.1 Flora and Fauna

There were 332 plant species detected in the slurry pipeline LSA during the vegetation surveys. Major taxa included trees, shrubs, herbs and grasses (Volume J, Appendix 1.1). Of these, 257 species are found only in Madagascar (Table 4.1-19). Under the IUCN Red List, two species are listed as “endangered” and “vulnerable”, and one is listed as “near threatened”. Three species are listed under Appendix II of CITES.

Fifty-four amphibian species and 35 reptile species were recorded during the herpetological surveys in selected locations along the pipeline route right-of-way (Table 4.1-19). Of these, only one amphibian species is not endemic to Madagascar. This is a very high diversity for these taxa, and is similar to estimates from Mantadia National Park (Volume J, Appendix 2.1). There were several species detected in 1997 that were not detected in 2004, and vice-versa, which suggests that sampling effort and/or specific habitats sampled were dissimilar between years. One amphibian species is listed as “near threatened” by IUCN, and one amphibian and one reptile are listed as “vulnerable”. Two species of amphibians and 12 reptiles are listed under Appendix II of CITES. One reptile is listed under Appendix I.

Eighty-six bird species were recorded at selected locations along the pipeline route right-of-way (Table 4.1-19). Seventy-one are found only on the island of Madagascar, and two are exotics. Similar to reptiles and amphibians, the diversity of birds in the slurry pipeline LSA was similar to Mantadia National Park (Volume J, Appendix 2.1). Three species are listed as “vulnerable” under IUCN, and five species are classified as “near threatened”. Ten species are listed on CITES Appendix II. A complete list of floral and fauna species detected, number of endemics, and IUCN and CITES status is provided in Appendix 1.1 and 2.1 of Volume J, respectively.

Table 4.1-19 Species Richness, Endemism and Conservation Status of Flora, Reptiles, Amphibians and Birds in the Slurry Pipeline Local Study Area

Class	Species Richness	Number of Endemics	IUCN Species	CITES Species
flora	332	257	5	3
amphibians	54	53	2	2
reptiles	35	35	1	13
birds	86	71	8	10

6.2.2 Ecosystem Diversity

Because precise sample points were not recorded during vegetation surveys, flora species ecosystem metrics could not be determined by habitat or land use classes (Volume J, Appendix 1.1). Among the current distribution of vegetation communities within the slurry pipeline LSA, species richness for amphibians and reptiles was highest in the primary forest habitat (76 species) and primary forest edge (18 species). Thirty five species were unique to the primary forest (Volume J, Appendix 2.1). Eucalyptus forest contained 15 species of reptiles and amphibians, while marshes and open glades in primary forest contained 10 or 11 species. Disturbed habitats, such as primary forest fragments, secondary forest and tavy, were comprised of five or fewer species (Volume J, Appendix 2.1).

Similar to reptiles and amphibians, most bird species were detected in forested habitat (62 species), including all IUCN listed species. Much of this primary habitat is located in the corridor zone of the slurry pipeline LSA which includes the Mantadia-Zahamena corridor. Seventeen species were recorded in a mixture of forest and open habitats, while disturbed open wetlands, forest wetlands, and wetlands habitats each contained fewer than five species. The two exotic species were located in the disturbed tavy zone (Volume J, Appendix 2.1). Based on the results for the mine site LSA, the primary forest, and non-disturbed wetlands and riparian ecotypes of the slurry pipeline LSA would be expected to provide quality habitat for lemurs, small mammals, bats, ants and butterflies.

A total of 26 fish species were recorded at slurry pipeline survey sites. Eight species are endemic, 11 are native (indigenous but not endemic) and seven are exotic. One of the endemic species is listed as “data deficient” by IUCN, and the other is listed as “vulnerable” (Volume J, Appendix 3.1). No species are listed by CITES. Similar to the mine site LSA, habitat loss, and competition and predation from exotics have likely contributed to the contraction of the range of endemic and indigenous fish fauna.

6.2.3 Landscape Diversity

Approximately 94% of the of the land base within the slurry pipeline LSA is currently disturbed (Table 4.1-20). Land use practices include tavy agriculture, logging, woodlots, plantations, and rice production. Azonal, transitional, and marsh-edge forests are located at the eastern end of the pipeline route, near the mine site, and comprise less than 1% of the area. Primary forest is also located in the corridor zone of the pipeline and comprises 3.9% of the LSA. A small number of natural wetlands, accounting for 1.1% of the area, are primarily located in the western portion of the pipeline route near the Toamasina study area.

Table 4.1-20 Land Classification for the Slurry Pipeline Local Study Area

Land Class	Area (ha)	Proportion of Total Area (%)
azonal	81	0.2
azonal type transitional forest	36	0.1
transitional forest	151	0.4
marsh – edge forest	26	0.1
primary forest	1,403	3.9
wetland	406	1.1
degraded primary forest	1,537	4.2
clearing / tavy	30,778	84.9
woodlot / plantation	693	1.9
pasture	308	0.9
rice paddies	278	0.8
coastal shrub	227	0.6
water	128	0.4
human settlement	120	0.3
beach ridge	70	0.2
industrial	25	0.1
road	6	<0.1
railway	2	<0.1

6.2.4 Summary

Approximately 94% of the land base within the slurry pipeline LSA is currently disturbed. A small portion of the study area is composed of key endemic habitats such as azonal and transitional forest in the Mantadia-Zahamena corridor, and marsh-edge forest associated with the Torotorofotsy Wetland. Based on assessment of the mine LSA, these habitats have the highest biodiversity potential. Other habitats that support moderate to high biodiversity include primary and degraded forest, wetlands, and coastal shrub/woodland.

6.3 PROCESS PLANT, TAILINGS FACILITY, AND PORT EXPANSION

6.3.1 Flora and Fauna

There were 268 plant species detected in the Toamasina LSA during the vegetation surveys. Major taxa included trees, shrubs, herbs, and grasses (Volume J, Appendix 1.1). Of these, 185 species are found only in Madagascar

(Table 4.1-21). Under the IUCN Red List, two species are listed as “endangered” and “vulnerable”. One species is listed under Appendix II of CITES.

Nine amphibian species and 14 reptile species were recorded during the herpetological surveys around the process plant and tailings facility (Table 4.1-21). Of these, only one amphibian species is not endemic to Madagascar (Volume J, Appendix 2.1). No reptiles or amphibians in this project area are present on the IUCN Red List. However, species accumulation curves indicated that sampling effort was inadequate to estimate species richness, and therefore, these results should be interpreted with caution.

In addition, 59 bird species were detected in the Toamasina LSA, of which, 37 are found only in Madagascar (Table 4.1-21). Two birds are listed under IUCN as “vulnerable”. One amphibian species, five reptiles, and five birds are listed under Appendix II of CITES. A complete list of floral and fauna species detected, number of endemics, and IUCN and CITES status is provided in Appendix 1.1 and 2.1 of Volume J, respectively.

Table 4.1-21 Species Richness, Endemism and Conservation Status of Flora, Reptiles, Amphibians, and Birds in the Toamasina Local Study Area

Class	Species Richness	Number of Endemics	IUCN Species	CITES Species
flora	268	185	4	1
amphibians	9	8	0	1
reptiles	14	14	0	5
birds	59	37	2	5

6.3.2 Ecosystem Diversity

Similar to the slurry pipeline LSA, precise sample points were not recorded during vegetation surveys, and subsequently, flora species ecosystem metrics could not be determined by habitat or land use classes (Volume J, Appendix 1.1). Among the current distribution of natural and disturbed habitats within the Toamasina LSA, the number of amphibian and reptile species was greatest in wetlands (marsh), shrubby forest, tavy, and forest of *Melaleuca quinquenervia* à *Pteridium* sp (Volume J, Appendix 2.1). Species richness for birds was highest in forest habitats (agroforest, coastal woodland, shrub land) (23 species), followed by natural wetlands (12 species), and open areas (10 species).

A total of 17 fish species were recorded in the tailings area. Five species are endemic to Madagascar, four are indigenous but not endemic (native), and eight species are exotic. One of the endemic species is listed as “near threatened” under IUCN. No species are listed under CITES. Similar to the mine and slurry pipeline study areas, habitat loss, and competition and predation from exotics have likely contributed the contraction and fragmentation of the range of endemic and indigenous fish fauna (Volume J, Appendix 3.1).

6.3.3 Landscape Diversity

Natural habitats consisted of wetlands and streams within the Toamasina LSA, while land use classes include patches of currently disturbed forested and non-forested areas. Results of the fragmentation analysis of these land cover types are provided in Table 4.1-22. The following summarizes the results according to biodiversity potential:

- The area of natural wetlands, which have high biodiversity potential (Section 6.3.2), represents 2.5% of the LSA, and is distributed among 43 patches with a mean patch size of three hectares. Relative to shrub lands and coastal woodlands (which also have high biodiversity potential), connectivity is low with a mean distance to nearest neighbour (MDNN) of 128 m. Patches are also moderately spatially dispersed in the LSA as the coefficient of variation in distance to nearest neighbour (CVDNN) is 158%. The current amount of edge associated with this habitat is moderate relative to other land class types.
- According to the qualitative assessment of fauna species ecosystem metrics (Section 6.3.2), agroforestry and coastal woodland may also have high biodiversity potential in the LSA. These habitats are also poorly represented in the LSA (proportional combined area = 9.4%). Mean patch area is small. While the number of agroforest patches is large (66), the number of coastal woodland patches is small (6). MDNN and CVDNN indicated that patches of agroforest and coastal woodland are moderately aggregated on the landscape.
- Shrubland represents the second largest contiguous portion of the landscape in the LSA (23.8%). Mean patch size is 69 ha, distributed among 16 patches with a MDNN of 12 m and CVDNN of 63%. Because of the large area, the amount of edge associated with shrubland is also relatively high compared to other land cover types.
- Tavy comprises the largest land cover type in the Toamasina LSA (49%). Mean patch area is 142 ha, and the 16 patches are over dispersed (highly clumped) across the landscape (CVDNN = 231%), although relatively connected (MDNN = 59 m).

- Currently, rice paddies, industry and urban infrastructure are associated with low biodiversity potential, and constitute 14.1% of the LSA. Mean patch size ranges from 4 to 16 ha, distributed over 85 patches. MDNN and CVDNN indicate that these highly disturbed areas are spatially separated and moderately to highly dispersed across the landscape.

6.3.3.1 Forested and Non-Forested Habitats

Forested land classes included disturbed agroforest and coastal wood land habitats. Non-forested classes included disturbed shrub land and tavy matrix. Wetlands, rice paddies, industry and human settlements were excluded from this analysis. Results of the fragmentation analysis of these land cover types are provided in Table 4.1-23. The following summarizes the results:

- Forested land classes account for 11.4% of the terrestrial habitat in the LSA. Mean patch size is 6 ha, distributed over 72 patches, which are moderately dispersed on the landscape (CVDNN = 141%). MDNN is 124 m indicating that forested patches are fragmented by relatively narrow areas of non-forested and wetlands habitat.
- Non-forested patches are highly over dispersed throughout the landscape (CVDNN = 270%), and locally aggregated patches are highly connected (MDNN = 39 m). Average patch size is about 20 times larger than forested fragments.

Table 4.1-22 Fragmentation Results for Land Classes in the Toamasina Local Study Area

Landscape Metric	Wetlands	River	Tavy	Agroforestry	Shrubland	Coastal Woodland	Rice Paddies	Industry	Urban Infrastructure
total area (ha)	117	61	2,278	268	1,103	166	195	17	440
proportion of total area (%)	2.5	1.3	49.0	5.8	23.8	3.6	4.2	0.4	9.5
mean area of patch (ha)	3	30	142	4	69	28	4	4	16
number of patches	43	2	16	66	16	6	54	4	27
mean distance to nearest neighbour (m)	128	10	59	130	12	54	156	1,517	176
coefficient of variation in distance to nearest neighbour (%)	158	0	231	138	63	137	119	168	200
total edge (km)	77	8	156	52	105	16	50	5	106

Table 4.1-23 Fragmentation Results for Forested and Non-Forested Habitats in the Toamasina Local Study Area

Landscape Metric	Forested	Non-Forested
total area (ha)	434	3,381
proportion of total area (%)	11.4	88.6
mean area of patch (ha)	6	121
number of patches	72	28
mean distance to nearest neighbour (m)	124	39
coefficient of variation in distance to nearest neighbour (%)	141	270
total edge (km)	68	248

6.3.3.2 Disturbed and Non-Disturbed Habitats

Disturbed areas included all patches that have been influenced by human activity (e.g., logging, agriculture, industry, settlement). Results are shown in Table 4.1-24, and summarized below.

- Currently, the landscape in the Toamasina LSA is 96% disturbed. Mean patch size is 893 ha, distributed over 5 patches. Connectivity and dispersion metrics indicates that disturbed patches are highly contiguous.
- There are 45 non-disturbed habitat patches that have a mean patch size of four hectares. MDNN is 123 m and CVDNN is 163% indicating that non-disturbed wetlands patches are relatively fragmented on the landscape.

Table 4.1-24 Fragmentation Results for Disturbed and Non-Disturbed Habitats in the Toamasina Local Study Area

Landscape Metric	Disturbed	Non-Disturbed
total area (ha)	4,467	178
proportion of total area (%)	96.2	3.8
mean area of patch (ha)	893	4
number of patches	5	45
mean distance to nearest neighbour (m)	19	123
coefficient of variation in distance to nearest neighbour (%)	94	163
total edge (km)	85	85

6.3.3.3 Disturbance Types

Agriculture and logging are currently the primary disturbance mechanisms in the Toamasina LSA (Table 4.1-25). Sixty-one percent of the landscape has been influenced by agriculture, and mean patch size is 171 ha, distributed over 16 patches. Logged patches represent 28% of the landscape, and are locally aggregated (MDNN = 10 m, CVDNN = 29%). In contrast, agricultural patches are relative more dispersed.

The remaining disturbance types comprise about 10% of the Toamasina LSA (Table 4.1-25). Mean patch area was largest for human settlements (18 ha), followed by human travel corridors and industry (4 - 5 ha). Based on MDNN and CVDNN, patches are moderately dispersed across the landscape and largely disconnected (Table 4.1-25).

Table 4.1-25 Fragmentation Results for Disturbance Types in the Toamasina Local Study Area

Landscape Metric	Logged	Agriculture	Industry	Human Travel Corridor	Human Settlements
total area (ha)	1,269	2,740	17	67	373
proportion of total area (%)	28.4	61.3	0.4	1.5	8.4
mean area of patch (ha)	91	171	4	5	18
number of patches	14	16	4	13	21
mean distance to nearest neighbour (m)	10	19	1,517	280	380
coefficient of variation in distance to nearest neighbour (%)	29	137	168	173	170
total edge (km)	105	119	5	100	18

6.3.4 Summary

Currently, the landscape in the Toamasina LSA is 96% disturbed. Natural habitats consisted of wetlands and rivers, while land use classes include patches of currently disturbed forested and non-forested areas. Biodiversity potential was highest in wetlands and agroforest habitats (plantations and woodlots), followed by coastal woodland and shrub land.

7 REFERENCES

- Benstead, J., P.H. De Rham, J-L. Gattolliat, F-M. Gibon, P.V. Loiselle, M. Sartori, J.S. Sparks, and M.L.J. Stiassny. Conserving Madagascar's freshwater biodiversity. *Bioscience*, 53: 1101-1111.
- Brown, J.H. 1995. *Macroecology*. University of Chicago Press, Chicago, ILL. 269 pp.
- CITES (Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Flora and Fauna). 2005. www.cites.org. Accessed by John Virgl, 2005.
- Conservation International. 2004. Conservation Regions: Madagascar. Available: <http://www.conservation.org/xp/CIWEB/regions/africa/madagascar/madagascar.xml> (accessed 31/5/2004).
- Costello, M.J., G. Pohle, and A. Martin. 2004. Evaluating Biodiversity in Marine Environmental Assessments. The Canadian Environmental Assessment Agency's Research and Development Program.
- Debinski, D.M., and R.D. Holt. 2000. A survey and overview of habitat fragmentation experiments. *Conservation Biology*, 14: 342-355.
- Dufils, J-M. 2003. Remaining forest cover. In the Natural History at Madagascar, Goodman, S.M. and J.P. Benstead (eds.), 88-96 pp.
- Fahrig, L. 2003. Effects of habitat fragmentation on biodiversity. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*. 34: 487-515.
- Green, G.M., and R.W. Sussman. 1990. Deforestation history of the eastern rain forests of Madagascar from satellite images. *Science*, 248: 212-215.
- International Finance Corporation (IFC) 2005. <http://www.ifc.org>. Accessed by John Virgil, 2005.
- IUCN (International Union for the Conservation of Nature). 2005. <http://www.iucn.org/themes/ssc/archive/redlist/criteria.htm>. Accessed by John Virgl, 2005.

- McGarigal, K., and B.J. Marks. 1995. FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. General Technical Report, PNW-GTR-351. USDA Forest Service, Portland, Oregon. 122 pp.
- Noss, R.F. 1990. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conservation Biology*, 4: 355-364.
- Noss, R.F., and L.D. Harris. 1986. Nodes, networks, and MUMs: preserving diversity at all scales. *Environmental Management*, 10: 299-309.
- Noss, R.F., and A.Y. Cooperrider. 1994. *Saving Nature's Legacy: Protecting and Restoring Biodiversity*. Island Press, USA.
- QIT Madagascar Minerals. 2001. 1992 Environmental Impact Assessment Study. Appendix IV: Faunal Study. 110 pp.
- Ramsar Convention Secretariat. 2004. *Ramsar Handbooks for the wise use of wetlands*. 2nd Edition. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.
- Schmid, J. 2000. Conservation planning in the Mantady-Zahamena corridor, Madagascar: rapid assessment program (RAP). *Bonn. Zool. Monogr.* 46, 285-296.
- UNEP (United Nations Environmental Programme). 1992. *Convention on Biological Diversity – text and annexes*. Chatelaine, Switzerland: Secretariat for the Convention on Biological Diversity. 34 pp.

VOLUME J: BIOLOGICAL APPENDICES

APPENDIX 5.1

PROTECTED AREAS BASELINE

Submitted to:

Dynatec Corporation

TABLE OF CONTENTS

<u>SECTION</u>	<u>PAGE</u>
1 INTRODUCTION.....	1
2 METHODS	2
3 RESULTS.....	3
3.1 GENERAL.....	3
3.2 MINE	4
3.2.1 Torotorofotsy Ramsar Site	7
3.2.2 Mantadia-Zahamena Corridor	8
3.2.3 Mantadia National Park.....	8
3.2.4 Analamazaotra Special Reserve.....	9
3.2.5 Anjozorobe Forest Corridor.....	9
3.2.6 Maromiza State Forest.....	9
3.3 SLURRY PIPELINE	10
3.3.1 Torotorofotsy Ramsar Site	11
3.3.2 Zahamena National Park and Natural Reserve	11
3.3.3 Mantadia-Zahamena Corridor	11
3.3.4 Betampona Natural Reserve.....	11
3.3.5 Mantadia National Park.....	12
3.3.6 Mangerivola Special Reserve	12
3.3.7 Analamazaotra Special Reserve.....	12
3.3.8 Maromiza State Forest.....	12
3.4 TOAMASINA STUDY AREA	12
3.4.1 Zahamena National Park and Natural Reserve	13
3.4.2 Mantadia-Zahamena Corridor	13
3.4.3 Betampona Natural Reserve.....	13
3.4.4 Mangerivola Special Reserve	13
4 REFERENCES.....	14
4.1 LITERATURE CITED.....	14
4.2 WEBSITES	15
4.3 PERSONAL COMMUNICATIONS	15

LIST OF TABLES

Table 5.1-1	Existing and Proposed Protected Areas in the Mine Region.....	4
Table 5.1-2	Existing and Proposed Protected Areas in the Pipeline Project Region	10
Table 5.1-3	Existing and Proposed Protected Areas in the Regional Study Area near Toamasina	13

LIST OF FIGURES

Figure 5.1-1	Existing and Proposed Protected Areas in the Vicinity of the Mine.....	5
Figure 5.1-2	Existing and Proposed Protected Areas in the Regional Study Area.....	6

1 INTRODUCTION

This Appendix provides a description of the existing and planned protected areas that may be affected (directly or indirectly) by the Ambatovy Project (the project).

The regulations and guidelines relating to each type of protected areas are described, and maps of both existing and planned protected areas are provided.

A more detailed discussion of other kinds of land use is provided in the land use baseline (Volume K, Section 3.1).

2 METHODS

Data relating to protected areas have been collected through the use of recent literature, published maps and communication with conservation organizations. Maps were created with existing digital and spatial information.

Protected areas may be affected directly via air, water, or footprint effects. They may also be affected indirectly by populations who are in the area because of the project and are engaging in tourism or other land use activities in protected areas.

The protected areas Local Study Areas (LSAs) are equivalent to the terrestrial biology LSAs, and include all areas within 500 m of planned project footprints. The Regional Study Area (RSA) for protected areas has been defined as the region within 100 km of the project locations, in order to encompass areas that may be affected by indirect project effects, especially increased tourism. This Appendix describes the protected areas within the mine, slurry pipeline, and Toamasina LSAs and the RSA.

3 RESULTS

3.1 GENERAL

Madagascar has 53 protected areas, with a total surface area of 1,829,000 ha, or 3% of total land area (EarthTrends 2003). The reserves fall under the private Forest Domain of the state and constitute the National Network of Protected Areas of Madagascar (Randrianandianina et al 2003). This network of protected areas is overseen by the National Association for the Management of Protected Areas (ANGAP). The management activities, whose main objective is conservation, are based on the Plan De Gestion du Reseau National des Aires Protegees (Management Plan of the National Network of Protected Areas) (ANGAP 2001a), in accordance with the draft bill referred to as Code des Aires Protegees de Madagascar (Code of Protected Areas of Madagascar), or COAP Project (ANGAP 2001b).

The sections of COAP address all stages of creating a protected area, including management details. An important aspect of the COAP is updating of legislation concerning natural resource conservation in the protected areas, including sites of terrestrial, littoral, coastal, or marine ecosystems. The COAP allows for the development of protected areas outside of the national network, a possibility offered in the framework of decentralization. In such a case, the COAP envisions creating some regional conservation sites through voluntary or approved protected areas. Finally, the COAP contains the official national policy concerning the management of protected areas (Randrianandianina et al 2003).

The current legal status of ANGAP is as a not-for-profit, private association, and it is the main entity responsible for coordinating national park and reserve management. As part of the Madagascar government's ongoing policy of gradual disengagement of the state and transfer of greater responsibility to the private sector, ANGAP received the status of an *association* (Ordonnance No. 60-133, 1960). Therefore, ANGAP is a statutory body mandated by the state to accomplish the following:

- manage parks and reserves "in the public interest";
- implement the state's policy for the management of biological diversity; and
- create an operational strategy for conservation.

Types of recognized (official) reserves include: National Parks (Parc National), which are intended to be managed mainly for the purpose of protecting ecosystems and for recreational purposes; Natural Reserves (Reserve Naturelle Integrale), which are managed mainly for scientific purposes; and Special Reserves (Reserve Speciale), which are managed at the level of habitat or species mainly for conservation purposes with intervention at the level of management.

A commitment known as the Durban Initiative was made by the government of Madagascar to increase total protected area in the country (including terrestrial and aquatic/marine protected areas) to six million hectares by 2009. Therefore a number of proposed protected areas must also be considered, as they have a fairly high probability of becoming formally protected during the life of the project.

Ramsar sites are not protected until specific legislation is enacted by the state of Madagascar; however, Ramsar sites are wetlands of recognized international importance, which have been designated based on their significance in terms of ecology, botany, zoology, limnology or hydrology. Generally, it is expected under the Ramsar Convention that Ramsar sites will receive some kind of protected status incorporating the “wise use” concept (Ramsar Secretariat 2004).

3.2 MINE

The protected areas within the mine LSA are the Torotorofotsy Ramsar site and the proposed *Site de Conservation* for the Mantadia-Zahemena forest corridor. Figure 5.1-1 shows the protected areas in the LSA and other areas in the immediate vicinity of the mine site.

The protected areas in the RSA and within 100 km of the mine are summarized in Table 5.1-1. Figure 5.1-2 shows the protected areas within the RSA.

Table 5.1-1 Existing and Proposed Protected Areas in the Mine Region

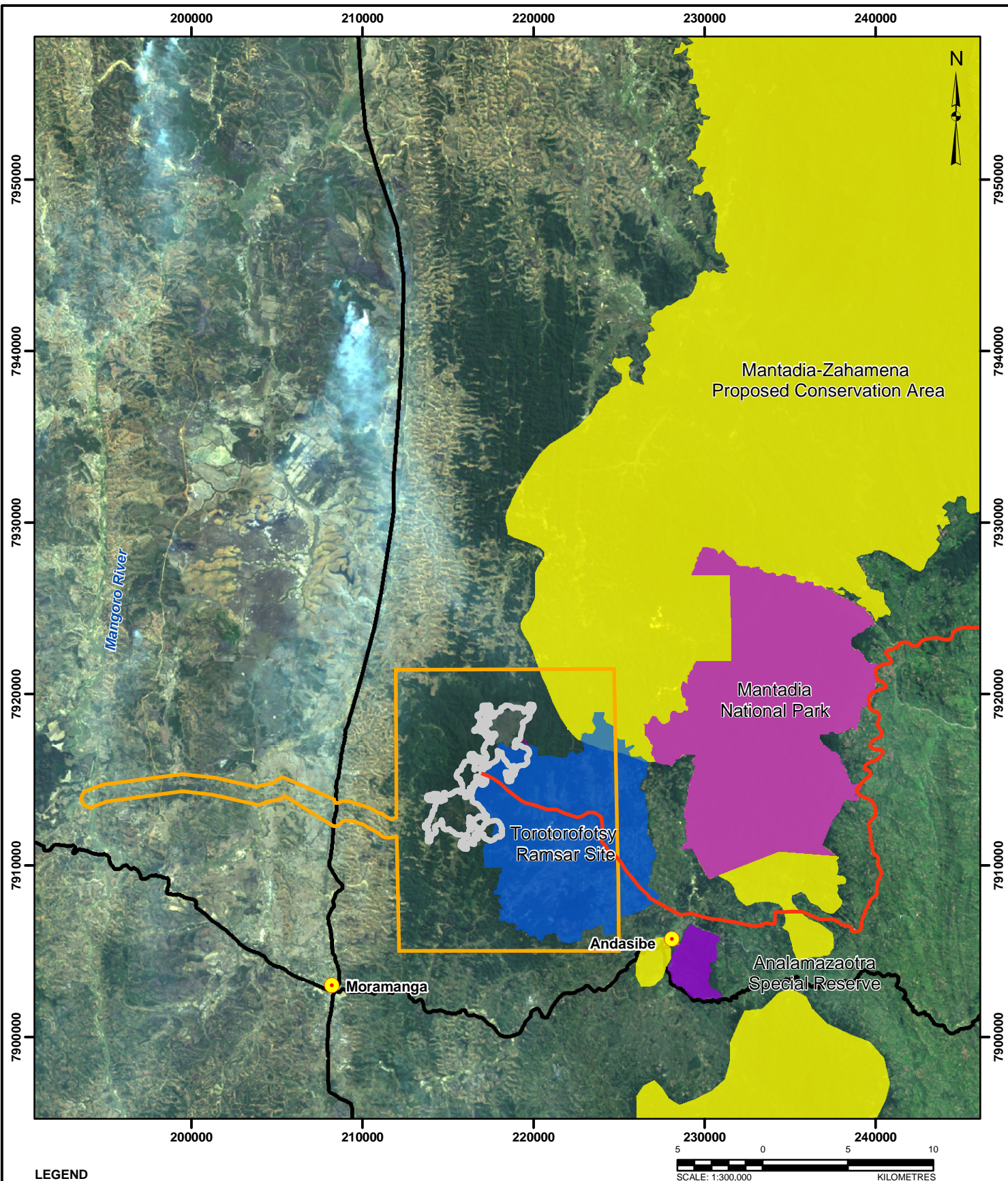
Name of Protected Area	Status ^(a)	Approximate Surface Area (ha)	Principal Vegetation	Proximity to Project	Date Proclaimed
Torotorofotsy Wetlands	Ramsar site ^(b)	9,300	wetlands and lowland forest	wetlands are 3 km SE of mine site; watershed overlaps mine site	February 2005
Mantadia-Zahamena Corridor	ecoregion program area ^(b)	unknown	dense humid evergreen forest	just east of mine site	n/a
Mantadia	PN	10,000	dense humid evergreen forest	10 km E of mine site	January 1989
Analamazaotra	RS	800	dense humid evergreen forest (indri indri habitat)	10 km SE of mine site	July 1970
Anjozorobe	forest corridor ^(b)	66,500	high altitude humid forest	40 km NW of mine site	n/a
Maromiza	state forest ^(b) and private protected area	20,000	dense humid evergreen forest	20 km SE of mine site	n/a

^(a) PN: Parc National; RNI: Reserve Naturelle Integrale; RS: Reserve Speciale.

^(b) Existing or proposed designation offering limited protection.

n/a Not applicable.

I:\2003\03-1322\03-1322-172\mxd\Proposed_and_Existing_Protected_Areas\Fig5.1-1_Mine_ProposedandProtectedAreas.mxd



LEGEND

- | | | | |
|--|-----------------------------------|--|------------------------------------|
| | POPULATION CENTRE | | RAMSAR SITE (NO FORMAL PROTECTION) |
| | APPROXIMATE SLURRY PIPELINE ROUTE | | PLANNED PROTECTED AREA |
| | ROAD | | MINE LOCAL STUDY AREA |
| | EXISTING PROTECTED AREA | | MINE SITE |

REFERENCE

Landsat 7 Mosaic Image; Captured April/Sept. 2001
Protected Area data from Conservation International (2004, 2005) and WCS(2003)
Datum: WGS 84 Projection: UTM Zone 39S.

PROJECT

AMBATOVY PROJECT

TITLE

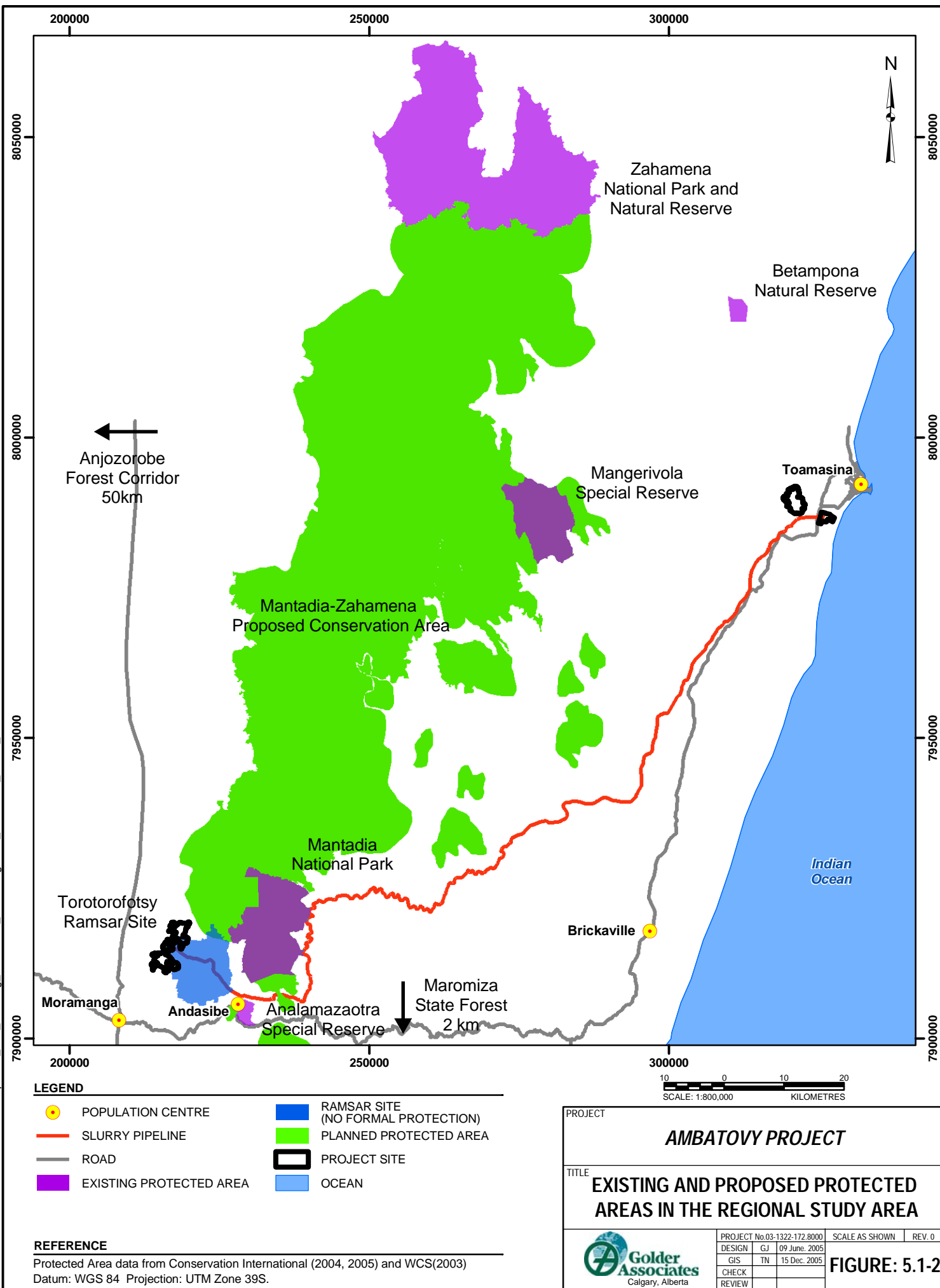
EXISTING AND PROPOSED PROTECTED AREAS IN THE VICINITY OF THE MINE




PROJECT	No.03-1322-172.8000	SCALE AS SHOWN	REV. 0
DESIGN	GJ 09 June, 2005		
GIS	TN 15 Dec. 2005		
CHECK			
REVIEW			

FIGURE: 5.1-1

I:\2003\03-1322\03-1322-172\mxd\Proposed_and_Existing_Protected_Areas\Fig5.1-2_Protected_Areas_Portrait.mxd



PROJECT			
AMBATOVY PROJECT			
TITLE			
EXISTING AND PROPOSED PROTECTED AREAS IN THE REGIONAL STUDY AREA			
PROJECT No.03-1322-172.8000		SCALE AS SHOWN	
DESIGN	GJ	09 June, 2005	REV. 0
GIS	TN	15 Dec. 2005	
CHECK			
REVIEW			



Golder Associates
Calgary, Alberta

FIGURE: 5.1-2

3.2.1 Torotorofotsy Ramsar Site

The Torotorofotsy wetlands and associated watersheds were designated as a Ramsar site in February, 2005 (Ramsar Website: 2005).

Torotorofotsy is the largest and most intact natural marsh in eastern Madagascar. It is delimited in the west by the Angavo River and in the east by the Betsimisaraka escarpment. The marsh lies in a basin, surrounded by convex hills, with three isolated hillocks in its centre. The Sahaparasny River flows across the marsh. Seventy percent of the site's area is covered by marshy grassland, with permanently waterlogged and peaty soils in the basin, dominated by spike-rushes (*Eleocharis*), ferns (*Osmunda*), sedges (*Cyperus*) and lianoid sedges (*Scleria*). At the basin overflow and along the western edge there is marsh forest, with abundant screw-pines (*Pandanus*), palms (*Vonitra*) and *Voacanga* trees, while the whole marsh is surrounded by degraded humid evergreen forest (dominated by secondary species such as *Harungana* and *Dichaetanthera*) and wooded savanna.

The Torotorofotsy wetlands are presently used for ecotourism, small-scale hunting and plant harvesting, and (at the perimeter of the wetlands) rice farming, small-scale sustainable forestry (eucalyptus trees) and human habitation; 83% of the Ramsar site is within the mine LSA and has been classified as to land use. Under baseline conditions, 40% of the portion of this Ramsar site that is in the LSA has been disturbed by either slash-and-burn (tavy) agriculture, eucalyptus plantations or use as rice paddies. The marsh has poor fish-stocks (the water being relatively acid and nutrient-poor), and fishing is not a significant activity (Birdlife International Website: 2003).

Existing threats to the natural values of the Torotorofotsy wetlands include exploitation for firewood, slash-and-burn cultivation, and collection of leaves from marsh plants for basketwork. In the past, marsh areas were converted to rice-fields (Birdlife International Website: 2003).

Ramsar Resolution VIII.14 (*New guidelines for management planning for Ramsar sites and other wetlands*) emphasizes that legitimate stakeholders, especially local communities and indigenous people, should be strongly encouraged to take an active role in planning for the management of Ramsar sites. Concerns expressed by such stakeholders regarding the use of lands within a Ramsar site should be considered very carefully. Specific guidelines for the use of the Torotorofotsy Ramsar site have not yet been established. Government agencies (ANGAP and local governments), local residents, and NGOs including Association Mitsinjo, the Wildlife Conservation Society,

Conservation International and WWF are presently contributing to the planning process for the use and protection of the Ramsar site.

At the time of proposing the Ramsar site, it was acknowledged within the site map that the Ambatovy Project mine is located within the western boundaries of the Ramsar site (WCS 2003).

3.2.2 Mantadia-Zahamena Corridor

The Mantadia-Zahamena corridor¹ runs predominantly north-south between the officially recognized Zahamena, Mangerivola, and Mantadia protected areas, but includes a link to the Torotorofotsy wetlands area to the southwest. Terrain is variable, including robust hills with many valleys and rivers. The corridor has been proposed for protection because it contains large, intact areas of primary and secondary forest, but it also has several roads and the existing railway passing through it. A variety of land use activities occur in the area, including slash-and-burn cultivation, rice cultivation, collection of edible or medicinal products from the forest, forestry, plantations, hunting and tourism (Birdlife International Website: 2003).

The Mantadia-Zahamena Corridor does not yet have any protected status but is in the process of being defined as a type of *Site de Conservation* by the Government of Madagascar, with input from other interested parties. Tentative boundaries for the conservation area are shown in Figure 5.1-2. The precise boundaries and protected status of the area have yet to be established, but are expected to be finalized in 2006. The protected area is planned to accommodate area for both biodiversity protection (75%) and multiple-use areas (25%).

3.2.3 Mantadia National Park

Mantadia National Park is characterized by steep terrain and dense undergrowth, and is representative of the humid tropical forests of eastern Madagascar, characterized by high levels of biodiversity and endemism. In particular, the park is known for orchid species, landscape features such as waterfalls, dense rainforest cover, and exceptionally rich populations of endemic frogs and reptiles.

¹ In the new *Arrêté* 20-021, ratified on December 30, 2005, the corridor is referred to as the Akeniheny-Zahamena Corridor (CAZ). In addition, this *Arrêté* proposes a new set of boundaries for the temporary protection of the conservation area to be created. This information was not available while the EA was being conducted and therefore the EA reflects the state of affairs as of mid 2005.

Mantadia National Park is relatively accessible for tourists from the west side. Andasibe is the closest town to the park. Typically, visitors come to see the adjacent Analamazaotra special reserve. Mantadia offers more challenging, remote trails than those in Analamazaotra. Three camp sites are located in the park. The east side of the park is subject to use by tavy agriculture.

3.2.4 Analamazaotra Special Reserve

Analamazaotra, better known as Perinet, is world famous for its population of Indri lemurs. In total, the reserve supports nine lemur species. The reserve is also rich in populations of endemic frogs and reptiles. This reserve is especially accessible to tourism, due to its location close to main access routes and good tourism accommodations. The park has well-maintained trails and a well-developed tour guide system. The number of tourists visiting Mantadia National Park or Analamazaotra Special Reserve, or both, increased from 7,018 in 1993 to 24,863 in 2000 (Dolch, 2003).

3.2.5 Anjozorobe Forest Corridor

The Anjozorobe forest corridor is an area within the central highlands and is considered the largest surviving area of Madagascar's uniquely diverse high plateau forest. This forest is considered to be under a relatively high level of threat from human activity, including pressures such as slash and burn harvesting, timber exploitation and wild fires.

To manage human and natural resource issues in the Anjozorobe corridor in a fashion that reduces degradation, conservation NGOs such as World Wildlife Foundation (WWF) and Fanamby are planning to create the first legally constituted Regional Forest Reserve in Madagascar. Anjozorobe is now part of the strategic plan for Madagascar's Protected Areas. The reserve will empower local populations to manage their resources through a three-tier management structure with all key stakeholders and government agencies represented. The reserve will be divided into zones according to Fokotany.

3.2.6 Maromiza State Forest

Maromiza State forest is an area of dense tropical forest located at the southern end of the Zahamena-Mantadia corridor. This area of forest is planned to be linked with Analamazaotra Special Reserve and Mantadia National Park through the restoration of corridors of native rain forest (Hawkins, F., 2005: pers. comm.). The forest supports a high level of endemic biodiversity but has been studied less than the other nearby protected areas. It does not have a formal

protected status, although it is protected in part through private land ownership. Commercial and traditional harvesting is permitted in state forests, by a permit issued by the Ministère des Eaux et Forêts (MEF), the Ministry of Waters and Forests, although illegal forestry may occur without permits.

3.3 SLURRY PIPELINE

The protected areas within the slurry pipeline LSA are the Torotorofotsy Ramsar Site, Mantadia National Park and the proposed Mantadia-Zahemena Forest Corridor.

Existing and proposed protected areas in the Protected Areas RSA that are within 100 km of the pipeline are listed in Table 5.1-2.

Table 5.1-2 Existing and Proposed Protected Areas in the Pipeline Project Region

Name of Protected Area	Status ^(a)	Approximate Surface Area (ha)	Principal Habitat	Proximity to Project	Date Proclaimed
Torotorofotsy	Ramsar site ^(b)	9,993	wetlands and lowland forest	crossed by pipeline route	February 2005
Zahamena	PN	41,400	dense humid evergreen forest	60 km NW of Toamasina	August 1997
	RNI	22,500	dense humid evergreen forest	60 km NW of Toamasina	December 1927
Mantadia-Zahamena Corridor	ecoregion program area ^(b)	unknown	dense humid evergreen forest	crossed by pipeline route	n/a
Betampona	RNI	2,200	dense humid evergreen forest	35 km NW of Toamasina	December 1927
Mantadia	PN	10,000	dense humid evergreen forest	adjacent to, and potentially crossed by pipeline route	January 1989
Mangerivola	RS	11,900	dense humid evergreen forest	25 km N of pipeline route	October 1958
Analamazaotra	RS	800	dense humid evergreen forest (indri indri habitat)	10 km S of pipeline route	July 1970
Maromiza	state forest ^(b) and private protected areas	20,000	dense humid evergreen forest	15 km S of pipeline route	n/a

^(a) PN: Parc National; RNI: Reserve Naturelle Integrale; RS: Reserve Speciale.

^(b) Proposed or has a designation offering limited protection.

n/a Not applicable.

3.3.1 Torotorofotsy Ramsar Site

The Torotorofotsy Ramsar site is described above. The site is located along a portion of the western end of the pipeline route approximately 10 km in length. Further details are provided in the Impact Assessment (Volume C, Section 4.5).

3.3.2 Zahamena National Park and Natural Reserve

Zahamena National Park and Natural Reserve is a contiguous area characterized by steep topography covered by tropical rainforest. The protected area has been divided into management zones including a core protection zone, ecotourism zone, wilderness tourism zone, non-timber forest product use zone, research zone and community forest (Hannah and Boltz 2003). The area is among the richest protected areas in Madagascar in terms of biodiversity (Hannah and Boltz 2003), supporting at least 13 lemur species and 47 mammal species in all, 112 bird species, 62 amphibian species, 46 species of reptiles, 29 fish species and 116 tree species (Hannah and Boltz 2003; Madagascar Parks Website: 2005).

The Zahamena area is difficult to access, especially from the east (Toamasina), and at present does not have a high level of tourism. However, a variety of villages are located around the park/reserve, and it is subject to encroachment by agricultural use and traditional forestry. Ambodivohangy is a village of about 2,000 inhabitants situated in the declassified area in the centre of the park. With forest on three sides there is a particularly close relationship between the villagers and the forest. An ecotourism trail has been developed with a projected use level of 4,000 ecotourists per year (rough trekking tourism), supplementing local incomes (University of Edinburgh 2001).

3.3.3 Mantadia-Zahamena Corridor

The Mantadia-Zahamena corridor is described above. The proposed pipeline route passes through this corridor. Further details are provided in the Impact Assessment (Volume C, Section 4.5).

3.3.4 Betampona Natural Reserve

The 2,228-ha Betampona Natural Reserve is one of the last patches of lowland rainforest in eastern Madagascar, with rich plant and animal diversity including many threatened species. To date 11 lemur species, 86 bird species, five endemic carnivore species and 94 reptile and amphibian species have been recorded in Betampona. The reserve is also a botanical *hotspot* with 20 of the 100 most endangered Malagasy plants (Duke Primate Center Website: 2005; Britt et

al 2003). Betampona Reserve is located about 40 km from Toamasina. This reserve is the site of an experimental project releasing captive-bred ruffed lemurs (*V. variegata*) into the wild.

A current estimate (Britt et al. 2003) is that only about 50% of the lowland forest in this reserve remains intact. Degraded secondary forest areas are characterized by the presence of *Ravenala madagascariensis* which is a native tree that commonly spreads in disturbed areas, and exotic flora species such as Chinese guava (*psidium cattleianum*).

3.3.5 Mantadia National Park

Mantadia National Park is described above. The proposed pipeline route passes to the north and east of this National Park.

3.3.6 Mangerivola Special Reserve

Mangerivola special reserve is a remote reserve, accessible only by foot, although it is just 50 km from Toamasina and 10 km from the proposed pipeline corridor.

The reserve receives a relatively high volume of rain each year (2,600 mm) and supports dense, intact rain forest. No tourism infrastructure is located in the reserve.

3.3.7 Analamazaotra Special Reserve

Analamazaotra Special Reserve is described above. The proposed pipeline route passes north of this area.

3.3.8 Maromiza State Forest

Maromiza State forest is described above. The proposed pipeline route passes north of this area.

3.4 TOAMASINA STUDY AREA

No protected areas are located in the LSA for the tailings facility, process plant or port. Existing and proposed protected areas within 100 km of the tailings facility, process plant and port are listed in Table 5.1-3.

Table 5.1-3 Existing and Proposed Protected Areas in the Regional Study Area near Toamasina

Name of Protected Area	Status ^(a)	Approximate Surface Area (ha)	Principal Habitat	Proximity to Project	Date Proclaimed
Zahamena	PN	41,400	dense humid evergreen forest	60 km NW of Toamasina	August 1997
	RNI	22,500	dense humid evergreen forest	60 km NW of Toamasina	December 1927
Mantadia-Zahamena Corridor	ecoregion program area ^(b)	Unknown	dense humid evergreen forest	55 km W of Toamasina	n/a
Betampona	RNI	2,200	dense humid evergreen forest	35 km NW of Toamasina	December 1927
Mangerivola	RS	11,900	dense humid evergreen forest	50 km W of Toamasina	October 1958

^(a) PN: Parc National; RNI: Reserve Naturelle Integrale; RS: Reserve Speciale.

^(b) Proposed or has a designation offering limited protection.

n/a Not applicable.

3.4.1 Zahamena National Park and Natural Reserve

Zahamena National Park and Natural Reserve are described above. These areas are about 60km from Toamasina.

3.4.2 Mantadia-Zahamena Corridor

The Mantadia-Zahamena corridor is described above. The most direct access to the corridor from Toamasina is via the RN2 toward Moramanga.

3.4.3 Betampona Natural Reserve

Betampona Natural Reserve is described above. This reserve is about 40 km from Toamasina.

3.4.4 Mangerivola Special Reserve

Mangerivola Special Reserve is described above. The reserve is about 50 km from Toamasina, although no direct road access exists.

4 REFERENCES

4.1 LITERATURE CITED

ANGAP (National Association for the Management of Protected Areas). 2001a. Plan de Gestion du Reseau National des Aires Protegees de Madagascar. Antananarivo: ANGAP.

ANGAP. 2001b. Projet de Code des Aires Protegees. Ministere de l'Environnement. Antananarivo: ANGAP.

Britt, A, B.R. Iambana, C.R. Welch, and A.S. Katz. 2003. Restocking of *Verecia variegata variegata* in the Reserve Naturelle Integrale de Betampona. In: The Natural History of Madagascar. Goodman, S. and J.P. Benstead, eds., pp.1545-1551.

Conservation International. 2004. GIS Database Information: Protected Areas Maps. Unpublished. August, 2004.

Conservation International. 2005. GIS Database Information: Mantadia-Zahamena Proposed Protected Area Map. Unpublished. January, 2005.

Dalch, R. 2003. Andasibe (perinet): Are Current Efforts Sufficient to protect Madagascar's Biodiversity Hot Spot? In: The Natural History of Madagascar. Goodman, S. and J. P. Benstead, eds., pp. 1480-1485

Hannah, L. and F. Boltz. 2003. Zahamena Protected Area Complex. In: The Natural History of Madagascar. Goodman, S. and J.P. Benstead, eds., pp.1466-1472.

Ramsar Convention Secretariat. 2004. Ramsar Handbooks for the wise use of wetlands. 2nd Edition. Ramsar Convention Secretariat, Gland, Switzerland.

Randrianandianina, B.N., L.R. Andriamahaly, F.M. Hariosa and M.E. Nicoll. 2003. The Role of Protected Areas in the Management of the Island's Biodiversity. Pages 1423–1432: In: S.M. Goodman and J.P. Benstead (eds.). The Natural History of Madagascar. The University of Chicago Press, Chicago. pp.1,709.

University of Edinburgh. 2001. Zahamena 2000/2001 Preliminary Report. May, 2001. 21 pp.

Wildlife Conservation Society (WCS). 2003. Torotorofotsy Ramsar Site Proposal Map.

4.2 WEBSITES

BirdLife International Website: 2003. BirdLife's Online World Bird Database: the Site for Bird Conservation. Version 2.0. Cambridge, UK: BirdLife International. Available: <http://www.birdlife.org>. Accessed May 31, 2004.

Duke Primate Center Website:
<http://primatecenter.duke.edu/conservation/betampona.php>. Accessed June 9, 2005.

EarthTrends Website: 2003. EarthTrends Country Profiles: Biodiversity and Protected Areas – Madagascar. Available: <http://earthtrends.wri.org>. Accessed May 31, 2004.

Parks Madagascar Website: <http://www.parcs-madagascar.com>. Accessed June 9, 2005.

Ramsar Secretariat Website :
http://www.ramsar.org/archives/archives_bulletin050311.html. Accessed June 16, 2005.

4.3 PERSONAL COMMUNICATIONS

Hawkins, Frank, Conservation International. 2005. Personal Communication with Pierre Berner, Golder Associates.