



ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS



Par

RAJAONERA Mirana Lolontiana

RAJOELISON Lalanirina Gabrielle

RABENILALANA Fetra Mihajamanana

RAKOTO RATSIMBA Harifidy

AOÛT 2008

RESUME

La forêt primaire de la région de Mandraka a été classée par le gouvernement en station forestière pour être conservée et restaurée. Suite à cette décision, tous prélèvements y sont interdits. Pourtant, aucune étude n'a évalué sa viabilité depuis cette restriction. Ce mémoire a ainsi comme objectif l'estimation de cette viabilité par le suivi permanent de l'état actuel de la forêt comprenant la végétation, la biodiversité et les pressions. La collecte de données y afférentes a eu recours à une étude bibliographique, à des enquêtes socio-économiques, à un inventaire des pressions, à un inventaire forestier et à une *distance sampling*. L'état a été évalué par l'analyse de ces composants.

Cette recherche a fait ressortir que la forêt est soumise à des pressions anthropiques et biologiques : coupes illicites, collecte de *Dioscorea sp.*, feux de forêt, envahissement des lianes. Ces pressions ont réduit la superficie de la forêt, modifié sa structure et celle de la faune : les régénérations naturelles sont abondantes, les arbres émergents et de diamètre supérieur à 40 cm sont rares, certaines essences floristiques et les lémuriens risquent de disparaître. Puis, les lianes remplacent successivement la forêt.

Malgré ces pressions, la forêt a pu conserver certaines caractéristiques de son état originel : l'abondance élevée des tiges et la réduction de leur taille sur les crêtes, l'allure exponentielle de la structure totale, la présence des genres *Tambourissa* et *Weinmannia*. En outre, la forêt est encore riche en avifaune. Après analyse de viabilité, elle est classée comme un écosystème viable. Mais ces potentialités sont insuffisantes : il faut réduire les pressions et reconstituer la forêt pour une meilleure conservation de l'écosystème. A cet effet, la présente étude suggère l'aménagement, en premier lieu de la forêt par des interventions sylvicoles favorisant les régénérations comme l'enrichissement en placeaux, le délianage et en second lieu, celui de ses environs par des vulgarisations d'activités génératrices de revenu autres que l'exploitation des forêts naturelles telles l'agroforesterie, le reboisement, l'apiculture. Des patrouilles fréquentes et une délimitation de la station forestière s'avèrent aussi nécessaires.

Mots clés : Forêt montagnarde humide de l'est, suivi écologique, viabilité, analyse sylvicole, plan d'aménagement simplifié, plan de suivi écologique, Mandraka, Madagascar.

ABSTRACT

The primary forest of Mandraka has been designated by the Government as a forest station to be preserved and restored. According to that decision, all forms of pressures are forbidden inside. However, no study has evaluated its viability regarding that restriction. So, the aim of this work is to measure the viability through permanent survey of the actual state of the forest including vegetation, biodiversity and pressures. The gathering of assignable data comes from bibliography and fieldwork : socio-economy investigations, pressures survey, forest inventory by using distance sampling method. Then its state has been evaluated by the analysis of each constituting component.

This research has proved that the forest has been the subject of anthropic and biologic pressures such as : illicit tree-cut, *Dioscorea sp.* collect, fires, creeper invasion. These pressures have reduced the size of the forest area, change the structure of the flore and the fauna : natural regeneration are plenty, the emerging trees with more than 40 cm diameter are rare, some flora species and lemurs may disappear. Then creeper has tendency to cover progressively the forest.

In spite of these pressures, the forest has conserve certain features of its original state : high abundance of stems, reduction of their size on the top, presence of *Tambourissa* and *Weinmannia* state. However, the forest has a high potential on avifauna. The viability analysis concludes that the forest is viable in average. But these potentialities are inadequate : pressures should be decreased and forest should be reconstitute for a better ecosystem conservation. Therefore, this work suggests first : the forest adjustment by sylvicol activities facilitating regeneration such as plants enrichment, taking of creeper, secondly, developing activities generating income for villager's other than exploitation of forest such as : agroforestry, reforestation, apiculture. Frequent patrols and delimitation of the forest station are also needed.

Key words : Rain forest, ecological monitoring, viability, sylvicol analysis, adjustment plan, ecological monitoring plan, Mandraka, Madagascar.

GLOSSAIRE

- **Forêt** : terres forestières ou sans aucune utilisation occupant une superficie de plus de 0,5 hectares, avec des arbres d'une hauteur supérieure à 5 m et un couvert de plus du 10 pour cent, ou des arbres capables d'atteindre cette hauteur *in situ* (Food and Agriculture Organization FAO, 2003).
- **Habitat** : le lieu ou type de site dans lequel un organisme ou une population existe à l'état naturel (Convention sur la diversité biologique, 1993).
- **Ecosystème** : ensemble formé par une association ou communautés d'êtres vivants et leur environnement physique. Les éléments constituant un écosystème développent un réseau d'interdépendances permettant le maintien et le développement de la vie (<http://fr.wikipedia.org/wiki/ecosysteme>).
- **Analyse sylvicole d'une forêt naturelle** : décrire un peuplement à partir des observations des caractères physiologiques et biologiques (RAJOELISON, 1997)
- **Suivi écologique** : outil important pour suivre la santé globale de l'environnement ou détecter des tendances négatives qui sont réversibles à un stade précoce (Plan de Gestion du Réseau national des Aires Protégées de Madagascar, 2001).
- **Indicateur** : unité d'informations à mesurer dans le temps et qui renseigne sur les changements dans un intervalle de temps donné (ANGAP, 2005).
- **Biodiversité** : ensemble des types biologiques, des rôles écologiques qu'ils remplissent et de la diversité génétique qu'ils renferment (FAO, 1994).
- **Espèce** : population ou ensemble de populations dont les individus peuvent se reproduire entre eux, mais qui ne peuvent échanger des gènes avec des membres d'autres espèces (FAO, 1994).
- **Espèce sciaphile** : espèce vivant sous une luminosité réduite (SCHNELL, 1976).
- **Espèce héliophile** : espèce ne pouvant effectuer leur développement optimal que sous une luminosité forte (SCHNELL, 1976).
- **Régénération naturelle** : succession naturelle d'arbres forestiers dans des terres temporairement déboisée considérées comme des forêts ou d'autres terres boisées (FAO, 2003).
- **Feu de forêt** : feu non planifié dans les forêts et les autres terres boisées, qui se répand à l'intérieur ou à l'extérieur des limites de celles-ci (CEE ONU-TBFRA, 2000 in FAO, 2003).
- **Diversité biologique** : variabilité des organismes vivants de toute origine, y compris les écosystèmes terrestres, marins et les complexes écologiques dont ils font partie; comprend la diversité au sein des espèces, ou entre celles-ci, ainsi que celles des écosystèmes (www.unep-wcmc.org/reception/glossaryA-F.htm).

LISTE DES ACRONYMES

- CDB : Convention sur la Diversité Biologique
- CDE : Centre pour le Développement et l'Environnement
- CM : Coefficient de Mélange
- DDC : Direction du développement et de la Coopération
- ESAPP : *Eastern and Southern Africa Partnership Program*
- ESSA : Ecole Supérieure des Sciences agronomiques
- ESSA Forêts : Ecole Supérieure des Sciences agronomiques Département des Eaux et Forêts
- FAO : Food and Agriculture Organization
- GPS : Global Positioning System
- Ha : hectare
- Ind/m : Individus par mètre
- JIRAMA : JIro sy RAno Malagasy
- Km : kilomètre
- MAP : Madagascar Action Plan
- N/ha : Tiges par hectare
- RN : Route Nationale
- UICN : Union Internationale pour la Conservation de la Nature

TABLE DES MATIERES

1. INTRODUCTION.....	1
1.1. Contexte	1
1.2. Problématique	2
1.3. Objectifs.....	2
1.4. Hypothèses.....	3
2. PRESENTATION DU MILIEU D’ETUDE.....	4
2.1. Milieu physique	4
2.1.1. Situation géographique.....	4
2.1.2. Cadre historique et institutionnel.....	4
2.1.3. Climat	6
2.1.4. Relief et topographie	8
2.1.5. Hydrographie.....	8
2.1.6. Pédologie.....	9
2.2. Milieu biologique.....	10
2.2.1. Flore et végétation	10
2.2.2. Faune	12
2.3. Milieu humain.....	12
2.3.1. Historique et ethnies	12
2.3.2. Démographie	12
2.3.3. Activités économiques.....	13
2.3.4. Menaces et pressions sur les ressources naturelles.....	15
3. METHODOLOGIE	16
3.1. Rappel de l’objectif.....	16
3.2. Etude bibliographique.....	16
3.3. Cartographie.....	16
3.4. Enquêtes socio-économiques	17
3.5. Inventaires.....	17
3.5.1. Inventaire des pressions.....	17
3.5.2. Inventaire forestier.....	18
3.6. Distance sampling.....	20
3.7. Traitement et analyse des données.....	21
3.7.1. Traitement des données	21
3.7.2. Analyse des données.....	21
3.8. Synthèse de la démarche méthodologique.....	25
3.9. Limites de l’étude	26

4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS	27
4.1. Synthèse bibliographique.....	27
4.2. Pressions	29
4.2.1. Types de pressions.....	29
4.2.2. Abondance.....	31
4.2.3. Répartition spatiale des pressions.....	32
4.3. Flore et végétation	36
4.3.1. Structure	36
4.3.2. Régénérations naturelles.....	48
4.3.3. Principales essences.....	51
4.3.4. Genres indicateurs du suivi écologique	55
4.4. Faune.....	57
4.4.1. Richesse faunistique	57
4.4.2. Abondance.....	58
4.4.3. Niveau de détection des espèces les plus abondantes.....	60
4.5. Viabilité	62
5. DISCUSSIONS	65
5.1 Méthodologie.....	65
5.2 Pressions	65
5.3. Flore et végétation	66
5.4. Faune.....	66
5.5. Viabilité	67
5.6. Hypothèses.....	67
6. RECOMMANDATIONS.....	68
6.1. Proposition d'un plan d'aménagement simplifié	68
6.1.1 Contexte.....	68
6.1.2. Objectifs	68
6.1.3. Schéma d'aménagement.....	69
6.1.4. Résultats attendus	70
6.1.5. Activités à entreprendre.....	70
6.1.6. Cadre logique.....	72
6.1.7. Autres recommandations	72
6.2. Plan de suivi écologique permanent.....	75
6.2.1. Objectif	75
6.2.2. Critères de choix des indicateurs	75
6.2.3. Résultat attendu	75
6.2.4. Périodicité.....	75
6.2.5. Conduite du suivi écologique	75
7. CONCLUSION.....	80
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	82

LISTE DES CARTES

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude	5
Carte 2 : Pédomorphologie de la région de Mandraka	9
Carte 3 : Localisation des reliquats forestiers et des transects	18
Carte 4 : Evolution de l'occupation des sols à Mandraka	28
Carte 5 : Carte des pressions	35
Carte 6 : Schéma d'aménagement	69

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Quantité moyenne des pluies mensuelles	6
Figure 2 : Température moyenne mensuelle	6
Figure 3 : Climadiagramme de la région de Mandraka de 1951 à 1980	7
Figure 4 : Profil topographique Antananarivo - Toamasina.....	8
Figure 5 : Effectif de la population par classes d'âge	13
Figure 6 : Circuits commerciaux des produits.....	14
Figure 7 : Méthode de localisation des pressions.....	17
Figure 8 : Compartimentation du transect d'inventaire.....	19
Figure 9 : transect pour distance sampling.....	20
Figure 10 : méthode de mesure des diamètres du houppier et des coordonnées de l'arbre.....	22
Figure 11 : Répartition spatiale des pressions dans F1	32
Figure 12 : Répartition spatiale des pressions dans F2	32
Figure 13 : Répartition spatiale des pressions dans F3	33
Figure 14 : Répartition spatiale des pressions dans F4	33
Figure 15 : Volume de bois exploitables.....	38
Figure 16 : Courbe de corrélation entre le degré de couverture et la densité du peuplement	46
Figure 17 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur crête et haut versant de F2	40
Figure 18 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur crête et haut versant de F3	41
Figure 19 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur mi-versant de F1	42
Figure 20 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur mi versant de F2	43
Figure 21 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur mi versant de F3	44
Figure 22 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur mi versant de F4	45
Figure 23 : Structure des hauteurs des arbres de diamètre supérieur à 5cm.....	47
Figure 24 : Distribution des tiges par classe de diamètre.....	48
Figure 25 : Distribution des tiges des essences principales par classes de diamètre.....	53
Figure 26 : Distribution des tiges des genres indicateurs par classes de hauteur	56
Figure 27 : Distribution des tiges des genres indicateurs par classes de diamètre	56
Figure 28 : Courbe de corrélation entre l'abondance des Primates et la superficie du reliquat	58
Figure 29 : Niveau de détection des espèces faunistiques les plus abondantes.....	60

LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : Activités économiques de la population locale.....	15
Photo 2 : Pressions sur la forêt primaire dans la station forestière de Mandraka	30
Photo 3 : Faune abondante dans la station forestière	62

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Composition faunistique	12
Tableau 2 : Nombre de ménages par hameaux.....	12
Tableau 3 : Abondance des pressions dans chaque reliquat forestier	31
Tableau 4 : Degré de pressions	34
Tableau 5 : Structure floristique des quatre blocs de forêt primaire	36
Tableau 6 : Coefficient de mélange.....	36
Tableau 7 : Abondance des tiges de diamètre supérieur à 5 cm.....	37
Tableau 8 : Surface terrière G (m ² /ha) des tiges de diamètre supérieur à 5cm	37
Tableau 9 : Degré de couverture des houppiers des arbres de diamètre supérieur à 5 cm	46
Tableau 10 : Composition floristique de la régénération naturelle	48
Tableau 11 : Répartition des espèces dans les compartiments	49
Tableau 12 : Abondance de la régénération naturelle	49
Tableau 13 : Fréquence des essences de régénérations naturelles les plus rencontrées	50
Tableau 14 : Nombre d'individus par espèces rencontrés dans chaque placette d'inventaire	50
Tableau 15 : Caractéristiques dendrométriques des essences principales.....	51
Tableau 16 : Distribution du nombre de tiges des principales essences par classes de hauteur.....	52
Tableau 17 : Taux de régénérations naturelles des principales essences	54
Tableau 18 : Caractéristiques dendrométriques de <i>Tambourissa</i>	55
Tableau 19 : Caractéristiques dendrométriques de <i>Weinmannia</i>	55
Tableau 20 : Taux de régénérations naturelles des essences indicatrices.....	57
Tableau 21 : Richesse faunistique.....	57
Tableau 22 : Nombre d'individus détectés par heure.....	58
Tableau 23 : Nombre d'individus détectés par mètre.....	59
Tableau 24 : Densité linéaire des espèces faunistiques les plus abondantes.....	59
Tableau 25 : Mesure de la viabilité des facteurs	63
Tableau 26 : Objectifs et stratégies d'aménagement pour chaque zone.....	70
Tableau 27 : Cadre logique d'aménagement.....	73
Tableau 28 : Détail du plan de suivi écologique	76

LISTE DES ANNEXES

ANNEXE 1 : Liste de la faune inventoriée par RATSIRARSON en 1999	I
ANNEXE 2 : Effectif de la population par classe d'âge	II
ANNEXE 3 : Fiche de relevé sylvicole.....	II
ANNEXE 4 : Données concernant la forêt primaire	III
ANNEXE 5 : Liste floristique	IV
ANNEXE 6 : Données brutes de l'analyse sylvicole	VII
ANNEXE 7 : Modèle de structure totale des essences de différents tempéraments	VIII
ANNEXE 8 : Données de l'inventaire faunistique	IX
ANNEXE 9 : Résultats des tests statistiques.....	X
ANNEXE 10 : Données climatiques	X
ANNEXE 11 : Coordonnées géographiques	XI
ANNEXE 12 : Contribution relative des différentes activités génératrices de revenu dans l'économie des ménages	XII
ANNEXE 13 : Guide d'enquêtes	XIII

INTRODUCTION

1. INTRODUCTION

1.1. Contexte

Au niveau mondial, Madagascar est un des pays « Hotspot » en biodiversité. D'après PRIMACK ET RATSIRARISON en 2005, 98 % des espèces de palmiers sont endémiques, ainsi que 80 % des plantes à fleurs, 95 % des Reptiles, 52 % des Oiseaux, 99 % des Amphibiens et 100 % des Primates. Cette richesse biologique tient une place importante sur les plans économique, social, écologique et culturel. Conséquemment, Madagascar a ratifié, en 1995, la Convention sur la diversité biologique dont le but est la conservation et l'utilisation durable de la diversité biologique, le partage équitable des avantages découlant de l'exploitation des ressources génétiques. La Convention suggère la conservation *in situ* de cette diversité par la création des zones protégées et la protection des écosystèmes naturels. Or, 280 espèces de plantes, 20 espèces de Reptiles, 35 espèces d'Oiseaux, 55 espèces d'Amphibiens et 47 espèces de Mammifères font partie de la liste des espèces menacées et vulnérables de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (www.iucnredlist.org) due à la destruction de leurs habitats naturels.

Sur le plan national, en 2007, Madagascar a établi le « Madagascar Action Plan » (MAP) qui vise respectivement, dans les Défis 1 et 2 de son Engagement 7, l'augmentation des aires protégées pour la conservation et la valorisation de la biodiversité terrestre, la réduction du processus de dégradation des ressources naturelles afin de maintenir et de sauvegarder les 9 000 000 ha de forêts existantes.

Un des habitats menacés à Madagascar est la forêt dense humide de moyenne altitude. Actuellement, il n'existe que quelques reliquats de cette forêt. La forêt de Mandraka en fait partie. La région de Mandraka se situe sur la première falaise orientale. Le relief est caractérisé par des formations orographiques de forte pente et de bas fonds étroits. La forêt y joue un rôle de protection des talus contre l'érosion hydrique et des bas fonds contre l'envasement. Les terres favorables à l'agriculture sont restreintes. Face à ces constats, la population locale doit recourir à la culture sur brûlis, à l'exploitation des produits forestiers tels le bois, les tubercules, etc. La forêt primaire est ainsi exposée aux différentes pressions anthropiques. Afin de préserver les reliquats de cette forêt, 93,5 ha de forêt ont été classés en réserve domaniale en 1930. Vers 1950, 29 ha de cette réserve ont été transformés en station secondaire d'essai sylvicole. Mais l'exploitation forestière et le défrichement ont persisté. La station forestière recouverte auparavant de forêt primaire a perdu non seulement 71 % de sa couverture végétale, mais aussi sa diversité biologique (RAJOELISON *et al*, 2007).

Ainsi, depuis 1986, la gestion de la station est confiée au Département des Eaux et Forêts de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA). La station est constituée de 12,5 ha d'arboretum et de 16,3 ha de forêt naturelle dont 11,7 ha de forêt primaire et 4,6 ha de forêt secondaire (RAJAONARISOA, 2002).

1.2. Problématique

Depuis le transfert de gestion de la station au Département des Eaux et Forêts, tout prélèvement y est interdit. Le Département des Eaux et Forêts a réalisé dans le cadre de l'*Eastern and Southern Africa Partnership Program* (ESAPP), un projet d'aménagement participatif d'un site pilote de bassin versant en 2006 (code E611) pour améliorer les techniques agricoles des paysans et limiter les pressions dans la forêt naturelle.

Cependant, aucune étude telle des suivis écologiques n'a été effectuée au sein de la forêt primaire de la station forestière de Mandraka pouvant permettre d'évaluer les impacts des actions et interventions de conservation réalisées. Par voie de conséquence, l'évolution de l'état écologique de la forêt est encore peu connue, et les valeurs biologiques, les valeurs écologiques ainsi que les menaces qui pèsent sur elle sont encore non suffisamment appréciées. La viabilité de l'écosystème est alors mise en question.

Cette recherche intitulée : « Mise en place d'un état de référence et d'un plan de suivi écologique permanent des vestiges de forêt primaire de la station forestière de Mandraka » est dès lors capitale : elle va permettre l'évaluation de la viabilité de la forêt. Les résultats constitueront des outils d'aide à des prises de décision efficaces concernant soit la continuation des activités déjà achevées ou en cours, soit une réorientation des objectifs préalablement définis en vue de la mise en place d'un nouveau plan d'aménagement.

1.3. Objectifs

Des années durant, diverses interventions ont été menées au sein de la station forestière de Mandraka et de son environnement. Consécutivement à ces activités de conservation, l'objectif général de cette étude est de suivre et d'évaluer systématiquement la viabilité de la forêt primaire de la station forestière. Cette finalité implique quatre objectifs spécifiques :

- identifier et ordonner par ordre de menaces les pressions présentes dans la forêt ;
- caractériser l'état écologique actuel de la forêt (flore, faune) : cet état constituera une référence aux prochains résultats de suivi ;
- proposer un plan d'aménagement simplifié en fonction de l'état écologique actuel et la tendance future de l'écosystème ;
- élaborer un plan de suivi écologique permanent. Cette étape consiste à une identification des indicateurs clés de suivi écologique, à une planification spatio-temporelle des activités de suivi de chaque indicateur clé.

1.4. Hypothèses

La classification des reliquats de forêt de Mandraka en station forestière et la passation de la gestion au Département des Eaux et Forêts ont été conçues pour la conservation de la biodiversité et la réhabilitation de l'écosystème. La valorisation des ressources forestières dans la station par la population locale est depuis interdite. Outre les activités de protection, des recherches et des projets y ont été réalisées. Ces constats insinuent les hypothèses suivantes :

- Hypothèse 1 : la forêt n'est plus soumise à aucune pression ;
- Hypothèse 2 : malgré les anciennes coupes illicites, la forêt se reconstitue.

Cinq grandes parties seront développées dans cet ouvrage :

- la présentation du milieu d'étude ;
- la méthodologie adoptée ;
- la présentation et l'interprétation des résultats ;
- la discussion des résultats ;
- les recommandations.

**** § ****

MILIEU D'ETUDE

2. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

2.1. Milieu physique

2.1.1. Situation géographique

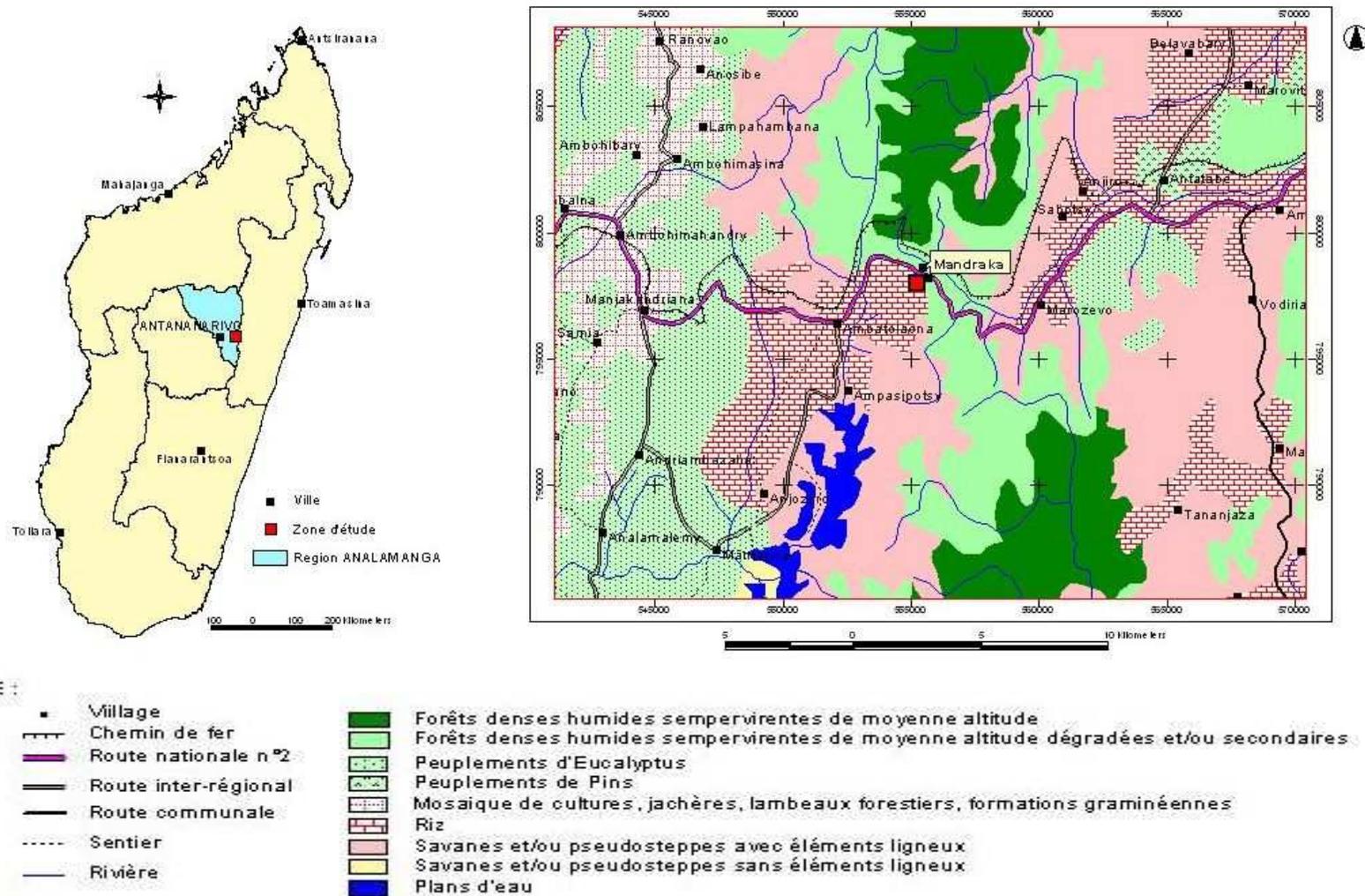
La région de Mandraka se situe entre les points kilométriques 65 et 68 de la route nationale n°2 (RN2) reliant Antananarivo et Toamasina. Le village est installé entre les latitudes 18°45' et 18°58' Sud et les longitudes 47°45' et 47°58' Est. Le village fait partie de la région d'Analamanga, du district de Manjakandriana, de la commune d'Ambatolaona et du fokontany Mandraka. Quatre hameaux constituent le fokontany Mandraka: Mandraka Centre, Ankerana, Mandraka Barrage et Betavolo. Mais cette étude se focalise uniquement sur la station forestière de Mandraka située à 67 km à l'Est d'Antananarivo (cf. carte 1).

2.1.2. Cadre historique et institutionnel

Auparavant, la forêt primaire de Mandraka a été constituée d'un bloc continu de végétation. Cependant, elle s'est dégradée de plus en plus à cause des cultures sur brûlis. Cette dégradation a incité le Service Provincial des Eaux et Forêts à classer 93,5 ha de la forêt en réserve domaniale afin d'éviter le glissement des terrains, durant laquelle la chasse et la collecte des produits non ligneux ont été encore autorisées. Malgré ce classement, la forêt naturelle et la forêt d'eucalyptus ont été, vers 1950, illicitement exploitées pour approvisionner Antananarivo en planches et en madriers. Devant ce fait, 29 ha de la réserve ont été ultérieurement transformés en station secondaire d'essai sylvicole dont une partie très dégradée de la forêt a du être convertie en arboretum.

En 1986, une convention a été établie entre le Service Provincial des Eaux et Forêts et le Département des Eaux et Forêts de l'ESSA afin de réhabiliter et d'entretenir la station. Après sa mise à la disposition du Département, son appellation a changé selon les activités entreprises :

- de 1986 à 1994 : site d'application et de démonstration. En 1990, le Département a procédé à des relevés pluviométriques et à des interventions sylvicoles sur les plantations ;
- de 1994 à 1998 : laboratoire pédagogique où s'effectuent les formations universitaires et paysannes ;
- de 1998 à nos jours : site pédagogique et écotouristique afin d'autofinancer la station et de fournir des travaux à la population riveraine (RAJAONARISOA, 2002).



Carte 1 : Localisation de la zone d'étude

Source : BD 500

2.1.3. Climat

Aucune donnée récente sur la température et la pluviométrie n'est disponible au Service de la Météorologie d'Ampandrianomby. Les dernières données climatiques sont datées de 1951 à 1980. Depuis, seule la société Jiro sy RAno MALagasy (JIRAMA) de Mandraka en a fait des relevés. Pourtant, ces relevés concernent uniquement la pluviométrie.

- Pluviométrie

Le graphe suivant illustre la répartition mensuelle des pluies.

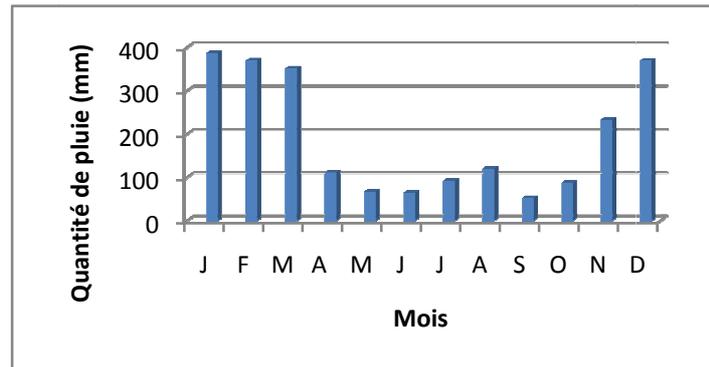


Figure 1: Quantité moyenne des pluies mensuelles

La valeur moyenne de la précipitation annuelle est de 2 301,4 mm (cf. annexe 10). La période humide débute le mois de novembre et prend fin le mois de mars. Janvier est le mois le plus humide avec une précipitation de 386,8 mm. Le mois le plus frais est le mois de septembre présentant une valeur de 51,8 mm. Le nombre de jours de pluies durant un mois varie de 7,7 jours à 18,9 jours. Il est de 157,6 jours pendant une année. Les pluies ne sont pas régulièrement réparties durant un mois. Presque la moitié de la quantité de pluies relevée en un mois peut être atteinte en une journée.

- Température

Mandraka est une région d'altitude. Ainsi, durant toute l'année, la température est-elle assez basse. La température moyenne annuelle est de 17,5 °C. Sa variation mensuelle est présentée dans la figure suivante :

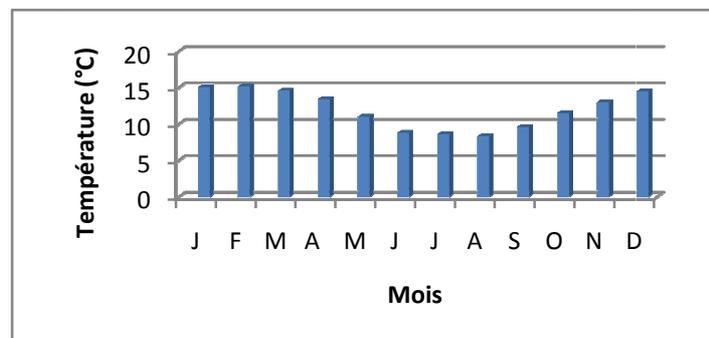


Figure 2 : Température moyenne mensuelle

Les valeurs maximale et minimale sont respectivement de 20,2 °C et 13,7 °C (cf. annexe 10). La période la plus chaude correspond à celle la plus humide. Les mois les plus chauds sont les mois de décembre et janvier, le plus froid le mois de juillet. L'amplitude journalière moyenne de la température est d'environ 10 °C.

En combinant les données de température et de pluviométrie, le climadiagramme de WALTER et LIETH se présente comme suit :

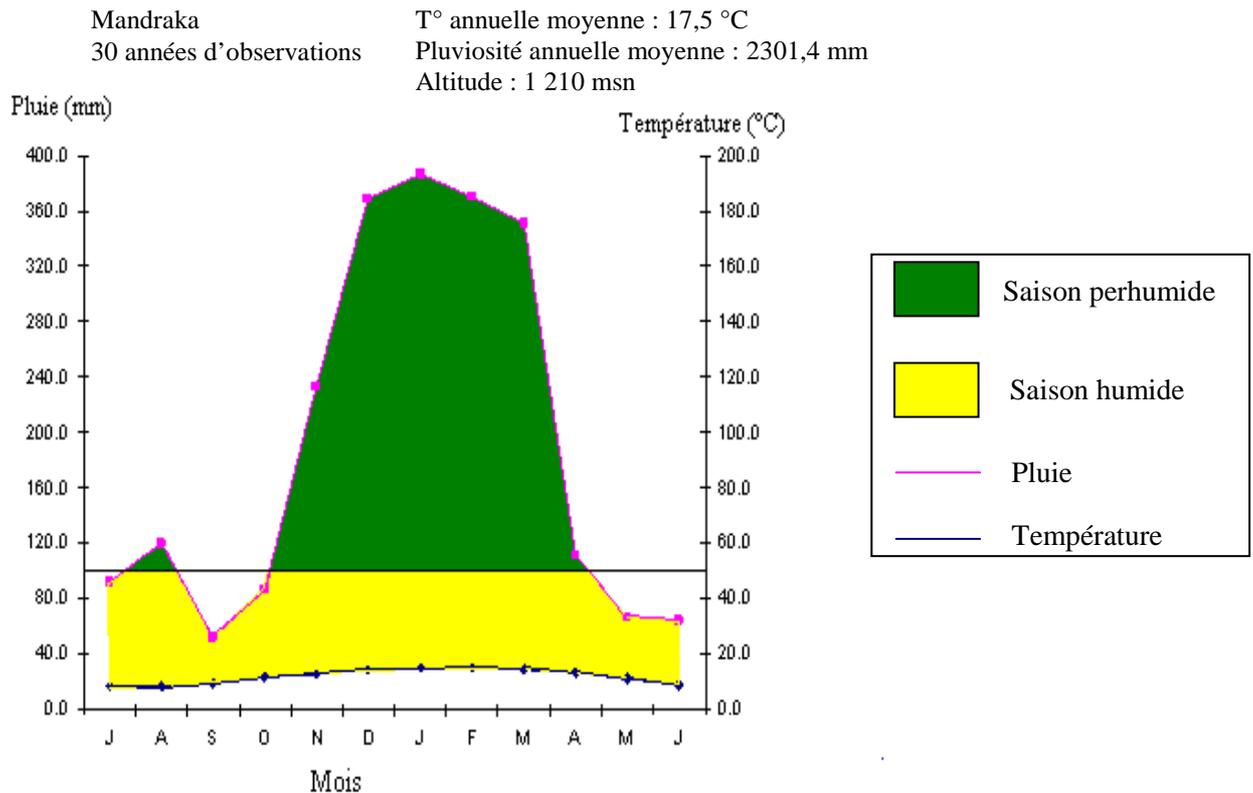


Figure 3 : Climadiagramme de la région de Mandraka de 1951 à 1980

D'après la figure 3, durant toute l'année, la valeur de la précipitation est supérieure au double de celle de la température. La région ne présente aucun mois écologiquement sec. Deux saisons prédominent dans la région : la saison perhumide d'octobre à avril durant laquelle la pluviométrie mensuelle est supérieure à 100 mm et la saison humide de mai à septembre.

Grâce à l'humidité permanente apportée par l'Alizé, la région est soumise à un climat tropical humide frais.

2.1.4. Relief et topographie

Mandraka se situe sur la première falaise orientale de Madagascar. Son profil topographique est décrit dans la figure suivante.

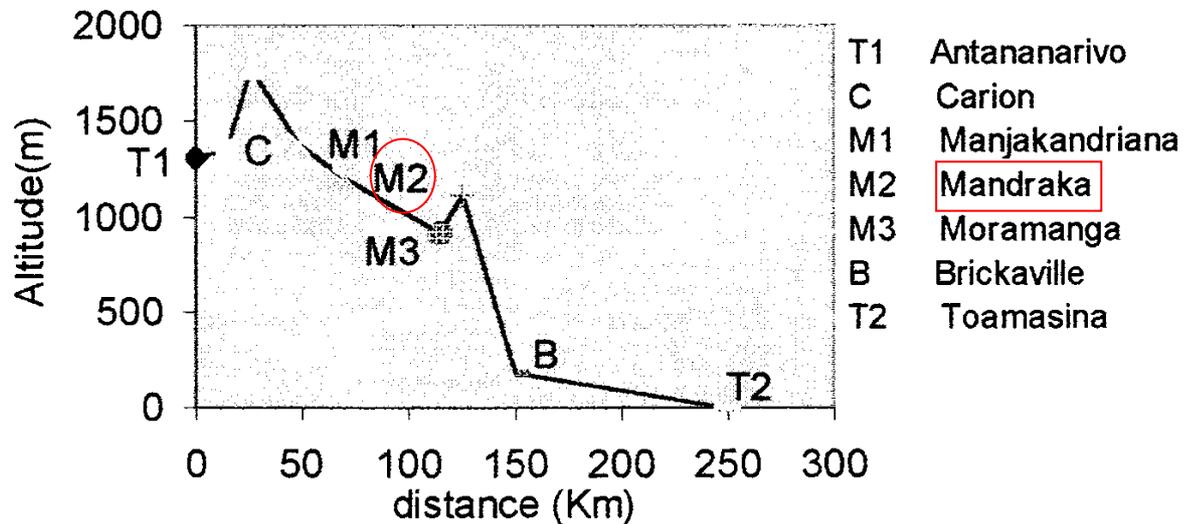


Figure 4 : Profil topographique Antananarivo - Toamasina

Source : LEEMAN, 1989

Elle est ainsi constituée par des formations orographiques accidentées dont la pente est généralement supérieure à 50 %. Cette caractéristique rend restreints les bas fonds. Le relief est constitué surtout par des reliefs résiduels granitiques où les affleurements rocheux remontent à la surface du sol suite à l'érosion, par des reliefs de dissection lorsque l'horizon d'altération est encore assez profond et aussi par des collines disséquées dont l'altitude est plus basse que les autres.

D'après cette figure, il peut être déduit que la région est assez exposée au vent de l'Est.

2.1.5. Hydrographie

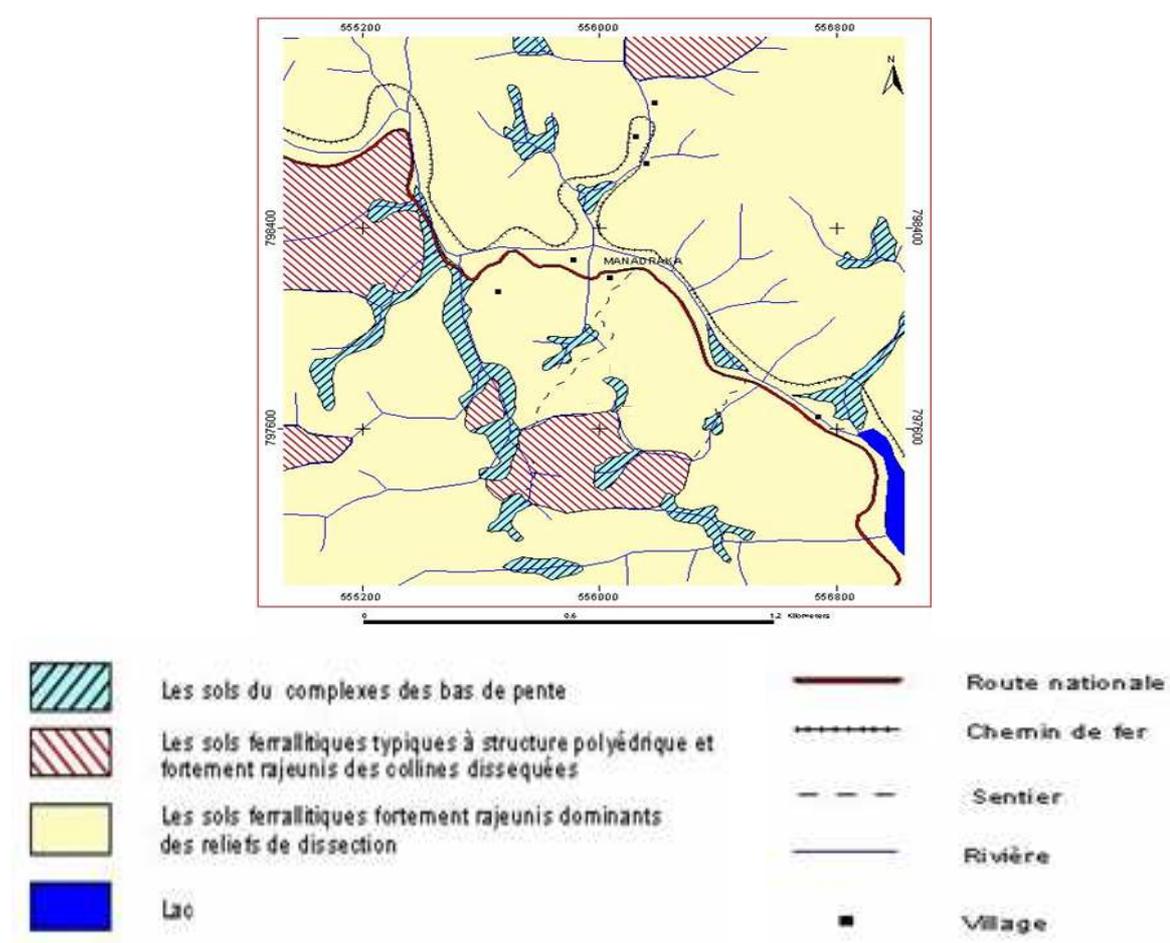
La rivière Mandraka prend sa source dans les montagnes de Mantsoa. Sa direction est d'Ouest en Est. Le réseau hydrographique est très encaissé du à l'étranglement des bas fonds. La rivière coule avec un débit moyen de 550 litres / seconde (ALDEGHERI, 1967 in RAZAFINJATOVO, 2003). Elle alimente le barrage hydroélectrique de la Jiro sy RAno Malagasy (JIRAMA) et assure le besoin en eau de la région.

2.1.6. Pédologie

La roche mère constituant la zone de Mandraka est de type migmatite granitoïde et granite migmatitique. Le sol est en général ferrallitique et sensible à l'érosion après élimination de la couverture végétale. Selon ANDRIAMBOAVONJY en 2000, cinq types de sol peuvent être constatés :

- sol ferrallitique typique à structure polyédrique se situant sur pente faible, moins sensible à l'érosion ;
- sol ferrallitique rajeuni, localisé sur pente et moyennement sensible à l'érosion ;
- sol ferrallitique fortement rajeuni, présent sur pente forte et très sensible à l'érosion ;
- sol peu évolué, situé sur pente forte et facilement érodé ;
- sol hydromorphe peu organique.

La répartition spatiale des types de sol est montrée dans la carte ci-dessous.



Carte 2 : Pédomorphologie de la région de Mandraka (RAJOELISON *et al*, 2007)

Source : BD 100

Le sol ferrallitique fortement rajeuni domine la région (cf. carte 2). Sous couvert végétal, le sol est friable. L'horizon humifère est épais et composé par des feuilles peu décomposées. Un risque d'éboulement menace le sol en l'absence de végétation.

2.2. Milieu biologique

2.2.1. Flore et végétation

Trois formations forestières constituent la station : la forêt primaire, la forêt secondaire et la forêt de plantation ou arboretum.

- Forêt primaire

La forêt primaire bénéficie de l'action de l'Alizé qui apporte constamment une humidité importante et permanente. C'est une forêt montagnarde de l'est, c'est-à-dire une forêt s'installant entre 800 m et 1300 m d'altitude (WHITE, 1986).

Elle est caractérisée par: des feuillages sempervirents, une densité élevée des arbres, une hauteur réduite des arbres et une structure pluristratifiée.

Dans la strate supérieure, les essences les plus rencontrées sont : *Eugenia jambolana*, *Uapaca densifolia*. La strate moyenne est dominée par le palmier *Dyopsis baronii*. Des fougères arborescentes appartenant à l'espèce *Cyathea sp.* abondent dans la strate inférieure et les bas versants. Les brouillards et les crachins fréquents dans cette région d'altitude favorisent le développement des végétations épiphytes, des mousses et lichens entourant les végétaux ligneux d'un manchon pratiquement continu.

- Forêt secondaire

La forêt secondaire s'est développée après le défrichement de la forêt primaire. Elle est principalement constituée par des essences à tempérament héliophile pionnier. Elle est moins riche en flore par rapport à la forêt primaire. La stratification est moins complexe mais ses caractéristiques s'amélioreront si aucune pression ne la touche plus.

Quatre essences dominent la formation selon l'accroissement de son degré de dégradation :

- *Harungana madagascariensis* : famille des Hypericaceae ;
- *Trema orientalis* : famille des Ulmaceae ;
- *Psiadia altissima* : famille des Asteraceae ;
- *Lantana camara* : famille des Verbenaceae.

- Arboretum

L'arboretum est constitué de plantations d'essences exotiques vers 1950: résineux et feuillus. D'après l'inventaire floristique effectué par le Département des Eaux et Forêts l'année 1986 (in RAJAONARISOA, 2002), 47 espèces dont 15 essences d'Eucalyptus ont été plantées afin de réaliser des essais d'introduction d'essences exotiques et de restaurer la station. Les feuillus colonisent plus de surface que les résineux. Les feuillus sont constitués par les espèces principales suivantes : *Eucalyptus sp.*, *Liquidambar styraciflura*, *Fraxinus udhei*.... Celles des résineux sont: *Pinus sp.*, *Araucaria angustifolia*, *Cupressus sp.*, etc.



Forêt primaire

Litières non décomposées dans la forêt primaire



Forêt secondaire

Plantation de pin



Photo : Végétation de Mandraka (Auteur, 2008)

2.2.2. Faune

D'après l'inventaire biologique de Mandraka (RATSIRARSON, 1999 in RAJAONARISOA L., 2002), la station forestière abrite diverses espèces faunistiques appartenant à quatre taxons : Mammifères, Reptiles, Amphibiens, Oiseaux. Parmi les Mammifères, les Primates sont constitués de quatre espèces : *Avahi laniger laniger*, *Microcebus rufus*, *Eulemur fulvus fulvus*, *Hapalemur griseus*.

Le tableau ci-après présente les détails de la composition faunistique.

Tableau 1 : Composition faunistique (liste en annexe 1)

Classe	Ordre/sous ordre	Nombre d'espèces
Mammifères	Primates	4
	Insectivores	1
	Carnivores	1
	Rongeurs	6
	Chiroptères	1
Reptiles	Ophidiens	3
	Sauriens	16
Amphibiens		15
Oiseaux		62

Par rapport à la superficie restreinte de la station et surtout de la forêt primaire, la région présente encore une diversité faunistique assez importante notamment en avifaune.

2.3. Milieu humain

2.3.1. Historique et ethnies

Le fokontany Mandraka est peuplé par des immigrants. La plupart de ces immigrants viennent d'Ambatolampy, d'Antananarivo, de Fianarantsoa, de Manjakandriana, de Manakara et de Tamatave. Cinq ethnies peuplent la région: les Vakinankaratra, les Merina, les Betsileo, les Vakiniadiana et les Betsimisaraka. Trois événements leur ont incité à s'y installer : (1) la construction du chemin de fer reliant Antananarivo et Toamasina en 1907, (2) la construction du barrage hydroélectrique de la JIRAMA qui leur a fourni du travail en 1955, (3) la réhabilitation de la RN2 en 1992.

2.3.2. Démographie

En 1998, le nombre total de la population occupant le fokontany est de 812 individus. Actuellement, seuls 685 l'habitent selon le recensement de 2008. En dix ans, la démographie décroît de 15,64 %. La cause en est qu'un village nommé Andasibe Nord a été classé en fokontany et a été exclu de la circonscription de Mandraka.

Ces 685 individus sont répartis en 163 familles. Quatre personnes constituent en moyenne une famille. 42,90 % des ménages sont concentrés à Mandraka Centre d'après le tableau suivant.

Tableau 2 : Nombre de ménages par hameaux

Hameaux	Mandraka Centre	Ankerana	Mandraka Barrage	Betavolo	Total
Nombre de ménages	70	22	35	36	163
Pourcentage	42,90	13,50	21,50	22,10	100

Source : Fokontany Mandraka, 2008

La répartition de la population par classes d'âge est exprimée par la figure qui suit :

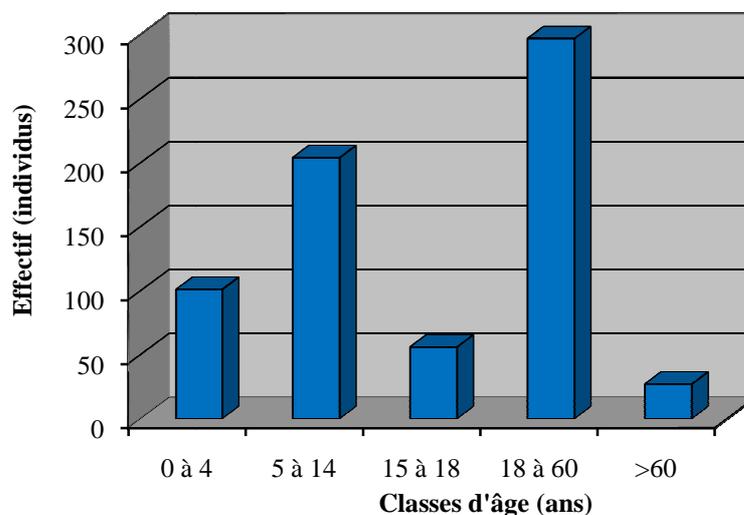


Figure 5 : Effectif de la population par classes d'âge

Source: Fokontany Mandraka, 2008

La figure 5 montre que les individus actifs de 18 ans à 60 ans sont majoritaires avec une valeur de 297 individus (43,36 %). Les jeunes de 5 ans à 18 ans, atteignant aussi un effectif assez élevé (260 individus), constituent des réserves de mains d'œuvre dans la région.

2.3.3. Activités économiques

Quatre activités économiques dominent dans la zone: (1) l'exploitation forestière, (2) l'agriculture, (3) l'élevage, (4) le commerce.

- Exploitation forestière

Les terrains à vocation agricole sont réduits ; cela amène les villageois à considérer l'exploitation forestière comme activité et source principales de revenu. La région approvisionne Antananarivo en charbon, en bois d'énergie et en bois de construction. L'écoulement des produits est facile le long de la RN2 grâce à la présence de grands collecteurs. Les paysans travaillent soit en tant que salariés dans les forêts de propriété privée, soit comme entrepreneurs dans les forêts domaniales ou dans leur propre forêt.

Outre les produits ligneux, la population collecte dans la forêt d'autres produits forestiers autres que le bois tels le miel, les essaims, les écorces et les tubercules.

- Agriculture

Vu les caractéristiques topographiques de Mandraka, les paysans exploitent les versants même s'ils ne sont pas très adaptés à l'agriculture. La technique agricole principalement adoptée est la culture sur brûlis permettant de rendre spontanément propre et fertile le sol par l'intermédiaire des cendres. Les principales activités agricoles sont : les cultures vivrières, l'arboriculture, l'agroforesterie.

Peu de gens font la riziculture du fait des rats qui ravagent presque la moitié de la production. Après trois à quatre années de culture sur brûlis, les paysans abandonnent la parcelle.

- Elevage

Il est peu développé dans la région. Sa pratique se fait de manière traditionnelle et extensive. Ainsi, la production est-elle minime. Les activités d'élevage consistent notamment en : aviculture, élevage bovin, élevage porcin, élevage de lapin et de cobaye, apiculture, pisciculture.

- Commerce

Cette activité fournit aux ménages un surplus de revenu. Certaines marchandises sont achetées à Manjakandriana comme le riz, d'autres viennent de Mandraka.

La figure ci-après présente le flux des produits.

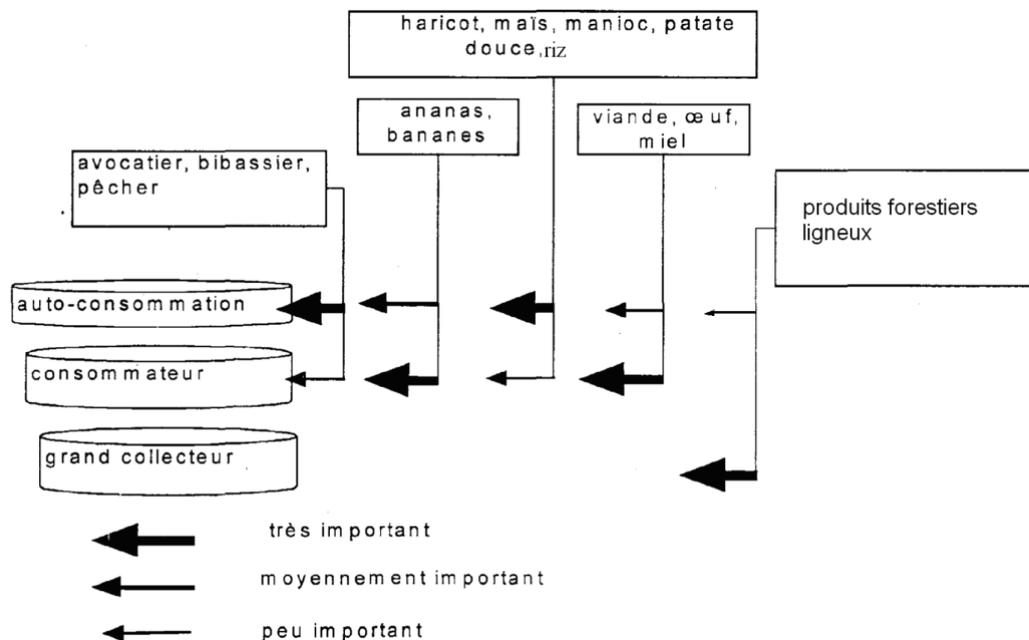


Figure 6 : Circuits commerciaux des produits

Source : RAJAONARISOA L., 2002

Les produits d'élevage et certains fruits sont vendus soit localement, soit à Manjakandriana. La majorité des produits de culture vivrière est consommée sur place. Pour les produits forestiers ligneux, la plupart est livrée aux grands collecteurs fournisseurs d'Antananarivo. Le commerce à Mandraka est limité par la difficulté de l'écoulement local des produits. En outre, le marché de Manjakandriana est assez loin pour transporter les produits.



Photo 1 : Activités économiques de la population locale (Auteur, 2008)

2.3.4. Menaces et pressions sur les ressources naturelles

La région de Mandraka est soumise à un climat tropical humide frais. La pluie est abondante. Or, la forme accidentée des reliefs avec une pente supérieure à 50% rend le sol très meuble et facilement transporté par l'érosion. C'est ainsi que des glissements de terrain y sont enregistrés particulièrement en saison pluvieuse.

La forêt constitue la principale source de revenu de la population. L'exploitation forestière pourrait rendre la forêt écrémée en essences de valeur. De plus, la culture sur brûlis risque de faire disparaître successivement une certaine superficie de la forêt et de rendre stérile le sol. Les ressources forestières sont ainsi exploitées et menacées de dégradation. A son tour, la faune risque de disparaître suite à la destruction de son habitat.

METHODOLOGIE

3. METHODOLOGIE

3.1. Rappel de l'objectif

La forêt primaire de la station forestière de Mandraka n'occupe qu'une superficie très réduite. Sa viabilité, après les actions de conservation réalisées, n'a pas encore été évaluée. La réalisation d'un suivi écologique s'avère ainsi essentielle. C'est dans ce cadre que se pose l'objectif global de cette recherche qui consiste à suivre et à évaluer systématiquement la viabilité de la forêt primaire de la station forestière.

Le suivi s'est focalisé sur les pressions, le contexte socio-économique et la biodiversité en faune et en flore.

3.2. Etude bibliographique

L'étude bibliographique constitue une base pour cerner le cadre de l'étude. Elle est impérative pour collecter des données concernant la zone d'étude et le thème de recherche. Elle donne un aperçu général de la recherche à effectuer, les explications des connaissances scientifiques et des méthodologies nécessaires. Différentes bibliothèques et sites web ont été consultés. Les ouvrages ont été sélectionnés selon des mots clés prédéfinis. L'investigation a été axée sur les thèmes suivants : le milieu d'étude (Mandraka, forêt dense humide de moyenne altitude), le suivi écologique (méthodes, traitement des données, plan de suivi écologique), les aménagements sylvicoles en forêt naturelle (activités d'aménagement, plan d'aménagement simplifié).

3.3. Cartographie

L'objectif de la cartographie est de bien identifier et décrire d'une manière spatiale la zone d'étude afin d'illustrer en particulier l'évolution de l'occupation du sol. Elle a servi ainsi à localiser le site d'étude face aux autres occupations environnantes.

Elle consiste en premier lieu à l'exploration des cartes déjà existantes. Ces cartes ont été après analysées et interprétées pour servir d'outils indispensables à l'inventaire forestier.

En second lieu, des nouvelles cartes ont été conçues afin d'actualiser les anciennes cartes et de localiser la zone d'étude et les transects d'observation. Faute de photos aériennes et d'images satellitaires récentes, une levée à l'aide d'un GPS a été effectuée. Toutes les données nécessaires ont été géoréférencées pour constituer des bases de données nécessaires aux travaux cartographiques.

3.4. Enquêtes socio-économiques

L'enquête est un moyen efficace pour enrichir les données. Elle est indispensable pour appréhender les contextes socio-économiques et culturels liés à la gestion et à l'utilisation de la forêt primaire de la station. L'objectif est d'acquérir le maximum d'informations concernant les facteurs incitant la population locale à exploiter les ressources forestières, l'utilisation de ces ressources et le passé sylvicole du peuplement. La méthode adoptée a été l'entretien individuel semi-directif avec des personnes ressources, guidé selon des objectifs précis. Mais la question posée a été variée de temps en temps selon la réponse de l'enquêtée. Ces personnes ressources ont été composées :

- de l'agent de la station ;
- d'une personne âgée du village connaissant le passé sylvicole de la forêt ;
- de 8 agriculteurs ;
- de 2 exploitants forestiers ;
- de l'ex-gestionnaire de la station : cantonnement des Eaux et Forêts de Manjakandriana.

3.5. Inventaires

3.5.1. Inventaire des pressions

L'objectif de cet inventaire est de recenser, de quantifier et d'ordonner les pressions par ordre de menaces afin de dégager la viabilité des ressources. Il a été divisé en deux étapes : une fouille systématique et une mesure des pressions.

La fouille systématique consiste à observer et à géoréférencer toutes les pressions dans l'ensemble de la forêt. Elle est utile pour spatialiser et évaluer l'envergure des pressions permettant l'élaboration d'une carte de pressions. Elle permet aussi de repérer le point de départ du transect. Elle a été réalisée le long des pistes et sentiers existant dans la forêt.

La mesure des pressions s'est focalisée sur quatre transects. Elle donne au gestionnaire de la station des données détaillées sur les pressions. La figure suivante décrit et illustre les paramètres à mesurer.

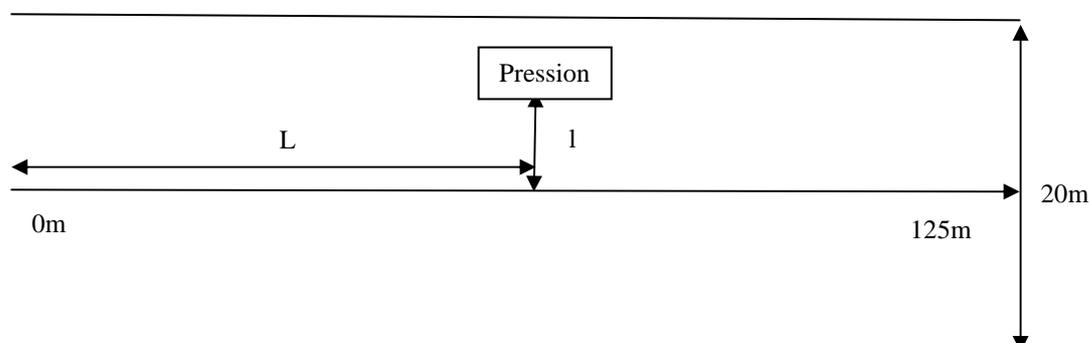


Figure 7 : Méthode de localisation des pressions

Chaque transect a une dimension de 125 m x 20 m. Durant l'opération, l'observateur a essayé d'identifier le type de pression rencontrée. Ont été estimées : la distance perpendiculaire séparant la pression de la ligne du centre du transect (I), la distance parcourue par rapport au centre du transect (L) (cf. figure 7).

Les données collectées sont variées selon le type de pression identifiée. Il s'agit :

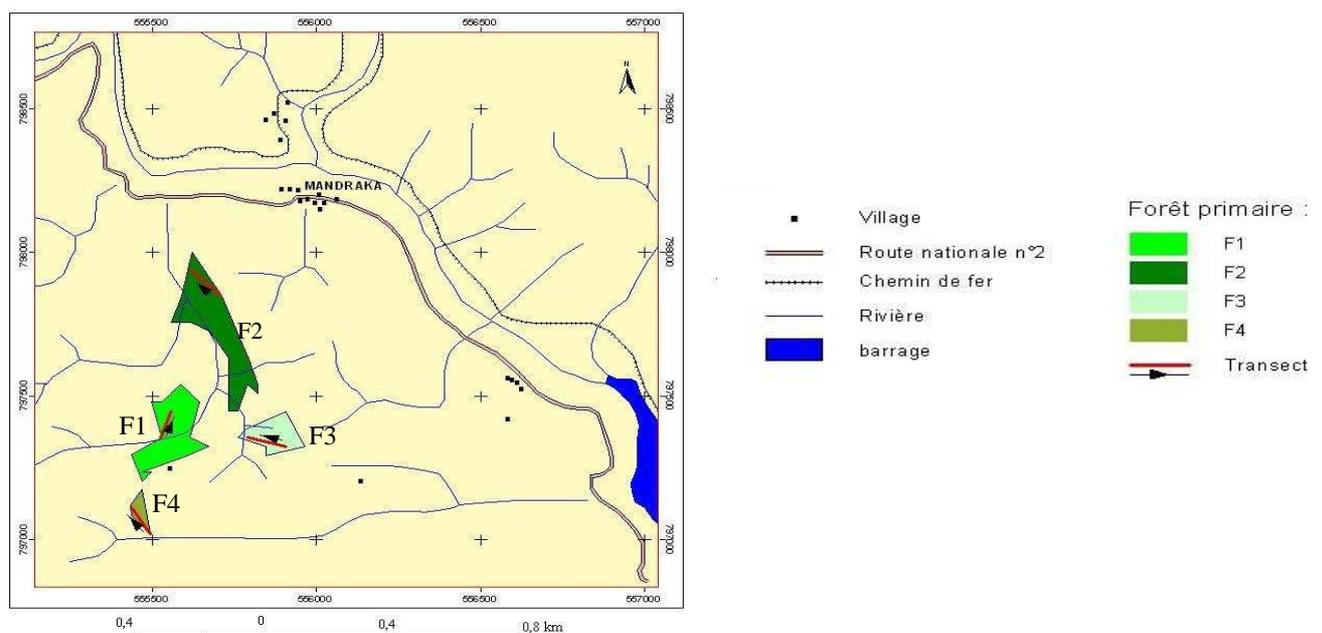
- pour les coupes illicites : le nombre de souches, la hauteur d'abattage, le diamètre d'exploitation et le nom des essences exploitées ;
- pour les lianes : le nombre et le nom des arbres envahis, la surface colonisée ;
- pour la collecte de *Dioscorea sp.* : le nombre de trous de collecte ;
- pour les feux de forêt : la superficie brûlée en recourant à la cartographie.

3.5.2. Inventaire forestier

L'objectif de l'inventaire forestier est de connaître les ressources forestières (CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL, 1989). Il caractérise quantitativement et qualitativement le peuplement forestier à partir de chaque individu qui le constitue.

La méthode utilisée a été le *Rapid Assessment* (RA) avec un type d'échantillonnage aléatoire. Comme cette étude constitue la première recherche concernant la forêt primaire de la station forestière, il est mieux de choisir RA parce qu'il permet de reconnaître rapidement la variation de la végétation dans l'espace, l'échantillonnage est plus facile.

La forêt primaire est constituée de quatre reliquats forestiers F1, F2, F3 et F4 schématisés ci-dessous.



Carte 3 : Localisation des reliquats forestiers et des transects

Source : FTM, coordonnées GPS Auteur

En totalité, la forêt primaire ne couvre que 9,91 ha de la station dont 3,40 ha dans F1 ; 4,47 ha dans F2 ; 1,62 ha dans F3 et 0,42 ha dans F4.

Ces reliquats forestiers appartiennent à un même type de forêt qui est la forêt montagnarde humide de l'Est, situé sur 800 m à 1 300 m (WHITE, 1986). C'est ainsi que la superficie totale des parcelles permanentes d'observation, fixée à 1 ha, a été constituée de quatre transects dont un pour chaque reliquat (cf. carte 3).

Trois points ont été choisis au hasard dans chaque reliquat à l'aide du programme ArcGIS 9.2. Mais le point de départ du transect s'est situé uniquement sur l'un de ces points. Les autres points ont servi d'alternatifs au premier point au cas où un obstacle coïncide avec la ligne du transect. Si sa longueur n'est pas atteinte dans le premier point, elle sera comblée dans le deuxième. L'orientation des transects est perpendiculaire aux courbes de niveau, c'est-à-dire à la pente, afin de parcourir toutes les toposéquences et les différentes mosaïques de végétation. Les caractéristiques de ces parcelles d'observations sont décrites en annexe 4.

La superficie de chaque transect est de 0,25 ha (de longueur 125 m et de largeur 20 m). Le transect a été réparti en 4 compartiments. Le schéma ci-après présente cette compartimentation.

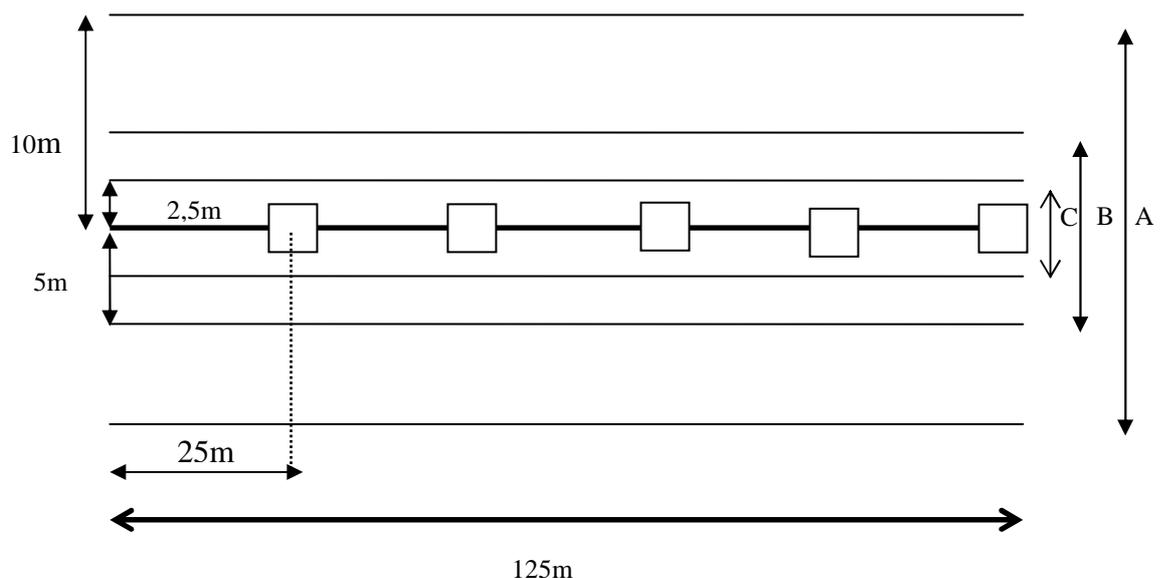


Figure 8 : Compartimentation du transect d'inventaire

Dans chaque compartiment, une classe de diamètre a été prédéfinie. Seuls les arbres dont la valeur de diamètre a répondu à cette classe ont été considérés :

- Placettes de régénérations naturelles : diamètre compris entre 1 cm et 5 cm ;
- Compartiment C : diamètre compris entre 5 cm et 15 cm ;
- Compartiment B : diamètre compris entre 15 cm et 40 cm ;
- Compartiment A : diamètre supérieur à 40 cm.

Pour les compartiments A, B, et C, les paramètres relevés sont : le nom vernaculaire et le nom scientifique des essences inventoriées, le diamètre à 1,30 m du sol, la hauteur totale, la hauteur du fût et l'index PHF. Concernant les régénérations naturelles, la hauteur du fût, l'index PHF et le diamètre à 1,30 m n'ont pas été mesurés.

Pour l'élaboration du profil structural, les relevés ont été effectués dans une placette rectangulaire de 5 m x 20 m pour chaque toposéquence de chaque transect, c'est-à-dire deux placettes sur chaque transect : sur les crêtes et haut versants, sur les mi-versants. Les bas versants sont dominés soit par des plantations, soit par des terres agricoles. Tous les individus et tous les paramètres à mesurer en inventaire ont été considérés ainsi que le diamètre du houppier et les coordonnées de l'arbre par rapport à la placette. Les données obtenues ont été enregistrées dans des fiches de relevés sylvicoles (cf. annexe 3).

3.6. Distance sampling

Cette méthode a pour objectif d'inventorier toutes les espèces faunistiques se réfugiant dans la forêt. L'observation a eu lieu le long des quatre transects d'inventaire de longueur 125 m. La largeur de l'échantillon n'a pas été déterminée. Elle s'est limitée à la capacité de détection de l'observateur.

Quatre observations journalières ont été réalisées sur un transect : à 6 h, à 10 h, à 14 h et à 18 h 30 mn. Ces différents horaires ont été choisis dans le but d'inventorier toutes les espèces faunistiques présentes dans la forêt tels les animaux diurnes, les animaux nocturnes et les oiseaux. L'observation à 6 h cible les oiseaux, celle à 18 h la faune nocturne. Pour maximiser le niveau de détection, les observations ont été réalisées par deux personnes dont chacune visualise un côté.

Les données collectées sont : (a) la méthode de détection (entendu ou vu), (b) le nom de l'espèce identifiée, (c) le nombre d'individus constituant chaque groupe, (d) la distance de l'animal perpendiculairement à la piste d'observation (l), (e) la distance entre l'animal et le début du transect (L). La figure ci-dessous représente ces distances.

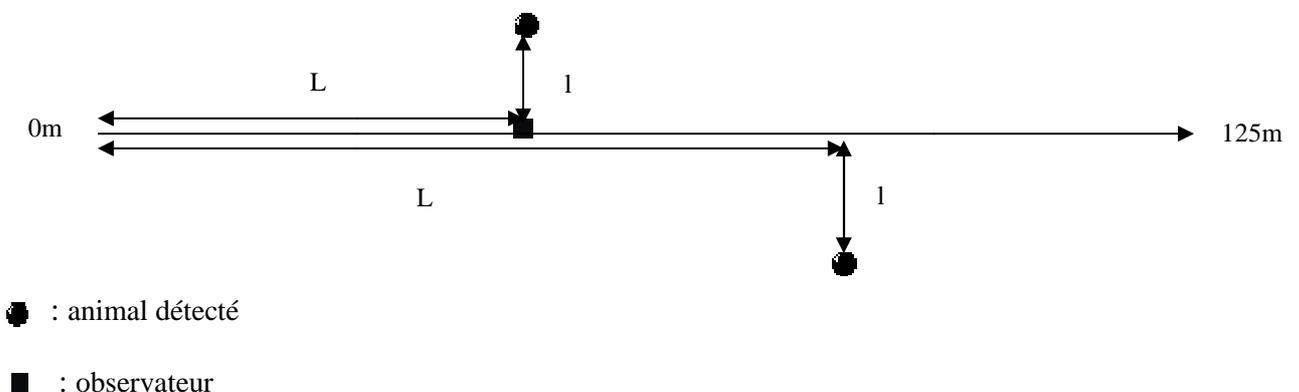


Figure 9 : Transect pour distance sampling

3.7. Traitement et analyse des données

3.7.1. Traitement des données

Différents groupes de données ont été collectés concernant la socio-économie, les pressions, la flore et la faune. Cette diversification a impliqué la nécessité d'un regroupement des données

- par reliquat de forêt pour la faune, la flore et les pressions ;
- par thème pour le domaine socio-économique.

Les données brutes et quantifiables des inventaires et de la *distance sampling* ont été traitées sur le tableur Microsoft Excel 2007 afin de ressortir des graphes, des figures et des tableaux. Les données socio-économiques ont fournies des données qualitatives et constituent un outil d'analyses.

Les données cartographiques sont traitées sur Arcview 3.2. Les coordonnées géographiques obtenues dans le GPS ont été compilées avec d'autres bases de données comme BD 500, carte de déforestation de JARIALA en 2006, carte topographique de Madagascar 1/100 000. Ces dernières informent sur l'occupation des sols de la zone d'étude.

3.7.2. Analyse des données

Cette étude comprend quatre analyses : (1) analyse des pressions, (2) analyse sylvicole, (3) analyse de la faune, (4) analyse statistique. Pour fournir plus de détails et enrichir les résultats, les analyses ont été effectuées par reliquat.

- Analyse des pressions

Durant l'analyse des pressions, le caractère quantitatif analytique utilisé a été l'abondance exprimée par le nombre de pressions inventoriées. Pour identifier leur mécanisme d'élargissement, des figures montrant leur répartition dans l'espace ont été fournies.

- Analyse sylvicole

Quatre analyses ont été effectuées : analyse structurale, analyse des régénérations naturelles, analyse des principales essences et l'analyse des genres indicateurs de suivi écologique.

- Analyse structurale

Dans cette analyse, tous les espèces et individus de diamètre supérieur à 5 cm ont été considérés. Deux domaines ont été étudiés : la structure floristique et la structure spatiale

➤ Structure floristique

La structure floristique mentionne la composition floristique donnant la répartition des essences par genres et par familles, la richesse floristique exprimée par le nombre total d'espèces sur une surface donnée (FOURNIER *et al*, 1983 in RAJOELISON, 1997), la diversité floristique exprimée par le coefficient de mélange de formule $CM=S/N$ dont S est le nombre d'espèces inventoriées et N le nombre total d'individus.

➤ Structure spatiale

La structure spatiale comprend la structure horizontale, la structure verticale et la structure totale. La première évalue l'abondance donnant le nombre de tiges par hectare (N/ha), la dominance évaluée par la surface terrière G de formule $G = \sum g_i = \sum (JI/4) \times d_{1,30}^2$ dont $d_{1,30}$ est le diamètre de l'arbre à 1,30 m du sol, le volume V des bois exploitables $V = \sum v_i = \sum (g_i \times h_{fût}) \times 0,53$ dont $h_{fût}$ est l'hauteur du fût. La seconde consiste à l'établissement de profils structuraux permettant de visualiser l'architecture, le degré de couverture qui est la somme de projection des couronnes des arbres rapportée à la surface totale de la placette, la stratification de la forêt.

L'établissement des profils structuraux a nécessité les critères suivants : nom scientifique de chaque espèce, hauteur totale, hauteur du fût, diamètres du houppier (x, y), coordonnées de chaque individu par rapport à deux axes perpendiculaires X et Y décrits dans la figure suivante

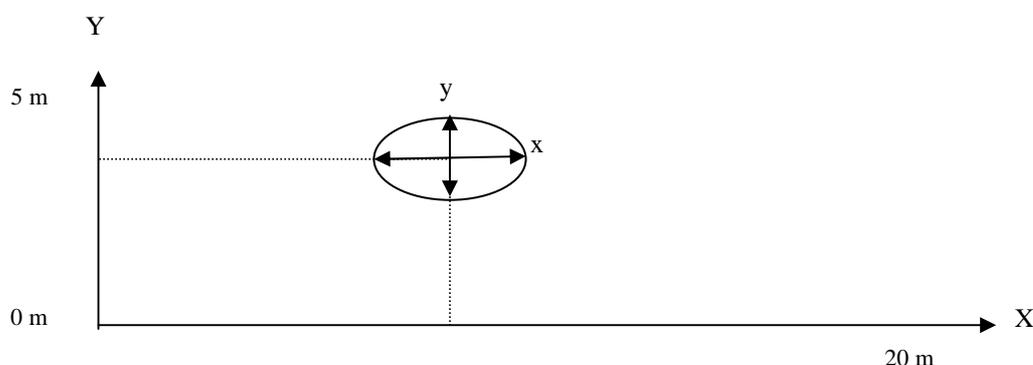


Figure 10 : Méthode de mesure des diamètres du houppier et des coordonnées de l'arbre

La structure des hauteurs donnant la distribution du nombre de tiges par classes de hauteur a été aussi présentée dans cette structure verticale.

La structure totale désigne la distribution du nombre d'arbres suivant des classes diamétriques.

- Analyse des régénérations naturelles

L'analyse des régénérations naturelles a été axée sur les petites tiges ayant entre 1 cm à 5 cm de diamètre (RAJOELISON, 1997). Elle consiste à l'étude de la composition floristique, la structure horizontale composée de l'abondance, de la fréquence définie par le pourcentage de placeaux où l'on retrouve les individus d'une espèce (ANGAP, 2005), la distribution spatiale donnée par le nombre de tiges par espèce rencontrée dans chaque placette carrée de 1 m². Elle a permis de déterminer la capacité de reconstitution de la forêt.

- Analyse des principales essences

Afin de caractériser la forêt, les principales essences ont été définies comme les essences les plus abondantes dans la forêt. L'étude des principales essences a été axée sur la structure spatiale, la structure des hauteurs, la structure totale et les régénérations naturelles. Le taux de régénération a été défini comme le pourcentage de plantules par rapport au nombre d'individus semenciers (Rothe, 1964).

Selon l'échelle de Rothe (1964), ce taux permet de juger la capacité de régénération d'une espèce :

- taux inférieur à 100 % : difficultés de régénérations
- taux compris entre 100 % et 1000 % : bonne régénération
- taux supérieur à 1000 % : très bonne régénération

- Analyse des genres indicateurs de suivi écologique

Les paramètres analysés sont identiques à ceux des principales essences.

• Analyse de la faune

L'analyse de la faune comprend : la richesse faunistique donnant le nombre d'espèces par taxon, l'abondance qui est le rapport entre le nombre d'individus détectés et la durée de parcours, le niveau moyen de détection des espèces abondantes.

• Analyse statistique

Deux tests de corrélation ont été réalisés sur XLSTAT 7.0. Ils ont pour objectif de dégager l'existence ou non d'une relation significative entre deux paramètres. Avant de choisir le test à utiliser, un test de normalité a été réalisé. Dans cette étude, la distribution des observations suivant la loi normale n'est pas significative ; d'où le recours au test utilisant le coefficient de corrélation de Spearman.

Le premier test consiste à l'identification d'une relation entre le degré de couverture des houppiers et la densité du peuplement. Les hypothèses émises sont les suivantes :

- H_0 : il n'existe pas de relation entre le degré de couverture des houppiers et la densité du peuplement ;
- H_1 : il existe une relation entre le degré de couverture des houppiers et la densité du peuplement.

Le second a eu pour objectif de déterminer si une relation significative existe entre la superficie du reliquat et l'abondance des Primates. Les hypothèses à vérifier ont été :

- H_0 : il n'existe pas de relation entre la superficie du reliquat et l'abondance des Primates ;
- H_1 : il existe une relation entre la superficie du reliquat et l'abondance des Primates.

Si la valeur de p est inférieure ou égale à 0,05 ; la relation entre les deux variables est significative. Si elle est supérieure à 0,05 ; la relation n'est pas significative.

- Analyse de viabilité

Cette analyse consiste à l'évaluation de la viabilité de l'écosystème. La méthode utilisée a été celle établie par *The Nature Conservancy* focalisant l'analyse sur quatre facteurs jugés d'exprimer la viabilité de l'écosystème : taille (*size*), condition (*condition*), contexte spatial (*landscape context*), pressions et menaces (*stresses and threats*). Pour chaque facteur, quelques critères ont été évalués :

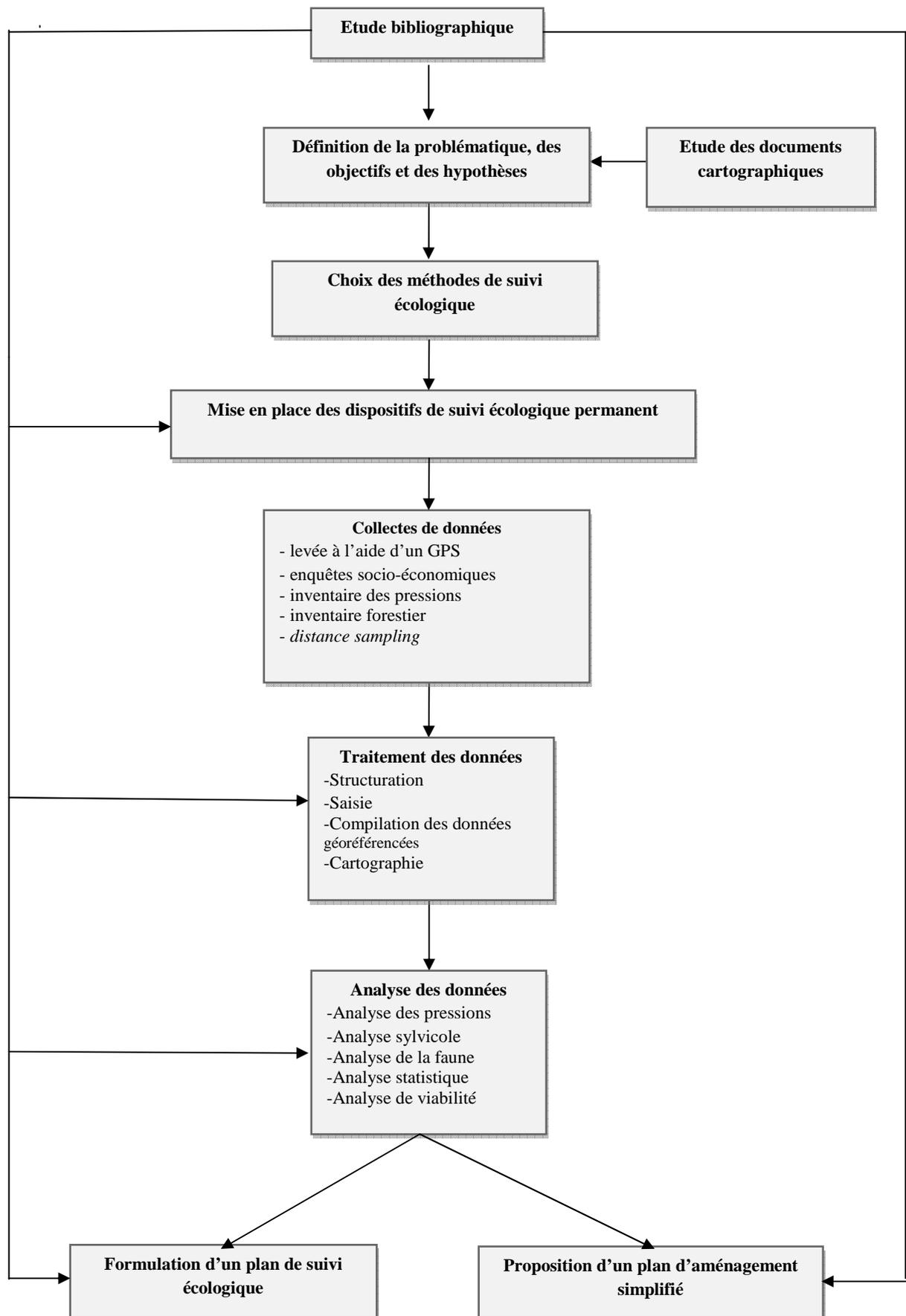
- pour la taille : la superficie du peuplement, la densité du peuplement des individus de diamètre supérieur à 1 cm, la densité relative de *Microcebus rufus*. La superficie du peuplement jugé viable est celle minimale à la survie des Primates ;
- pour la condition : le nombre d'espèces, le coefficient de mélange, le nombre de strates, la hauteur totale maximale des émergents, la surface terrière, le taux de régénérations ;
- pour le contexte spatial : la superficie des fragments forestiers ;
- pour les pressions et les menaces : le nombre de souches des coupes illicites, le nombre d'arbres portant de lianes, la superficie envahie par les lianes, la surface brûlée, le nombre de trous de collecte de *Dioscorea sp.*

Les critères des trois premiers facteurs ont été comparés avec des valeurs obtenues dans des écosystèmes jugés viables. Dans cette étude, les valeurs de référence ont été collectées dans les forêts primaires de type forêt série à *Tambourissa* et à *Weinmannia*, d'altitude et de toposéquence semblable à la région de Mandraka comme Maromizaha, Ranomafana et Angavokely. A partir de cette comparaison, la viabilité de l'écosystème peut être :

- très bonne : aucun des trois facteurs ne présente une viabilité « moyenne » et « faible », au moins deux facteurs sont classés « très bonne » ;
- bonne : soit deux facteurs ont une viabilité « moyenne », soit un seul est de très bonne viabilité. Aucun ne doit pas avoir une viabilité faible ;
- moyenne : c'est la combinaison de deux viabilités moyennes ou une bonne viabilité. Aucun des facteurs n'ont une très bonne viabilité ;
- faible ou non viable : la viabilité de tous les facteurs n'est pas bonne. Deux facteurs ont une viabilité faible.

Concernant le quatrième facteur, son degré a été classé selon les effets et les menaces qu'il entraîne. Il peut être : très élevé, élevé, moyen, bas.

3.8. Synthèse de la démarche méthodologique



3.9. Limites de l'étude

A propos de la bibliographie, les ouvrages disponibles concernant le suivi écologique et la forêt dense humide de moyenne altitude ont été rares, l'application du suivi écologique étant encore un concept récent.

En outre, aucunes données récentes concernant la région de Mandraka et la station forestière n'ont existé. Cette lacune a résidé principalement sur les cartes dont la plus récente exploitable est datée de 1995. Concernant la forêt primaire, aucun ouvrage pour servir d'état de référence n'a été disponible. Or, une seule espèce forestière peut être nommée par plusieurs noms vernaculaires, quelques essences forestières par un seul nom vernaculaire.

Cette recherche embrasse différents domaines. Cet élargissement implique une diversité des méthodes adoptées. De plus, les conditions logistiques ont été dures : pente supérieure à 50 %, forêt difficilement pénétrable à cause des lianes et de l'abondance des jeunes bois. Le temps matériel imparti relativement court a eu inévitablement causé l'imperfection de certains détails au niveau de la méthodologie et l'insuffisance des résultats obtenus. Etant donné l'abondance des lianes et des épiphytes, ces derniers n'ont pas pu être recensés lors de l'inventaire forestier. De plus, leurs noms vernaculaires et scientifiques n'ont pas été connus des guides locaux car ce sont des espèces nouvellement installées. Au niveau des régénérations naturelles, leur recensement absolu dans le compartiment C n'a pas pu être réalisé.

Relatif à la *distance sampling*, le nombre d'observations a été assez réduit. Pour inventorier toutes les espèces faunistiques dans la station, des observations s'étalant durant toute l'année auraient été nécessaires. Or, cette étude n'a pu réaliser que trente deux observations réalisées dans huit jours.

**** § ****



**RESULTATS ET
INTERPRETATIONS**

4. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

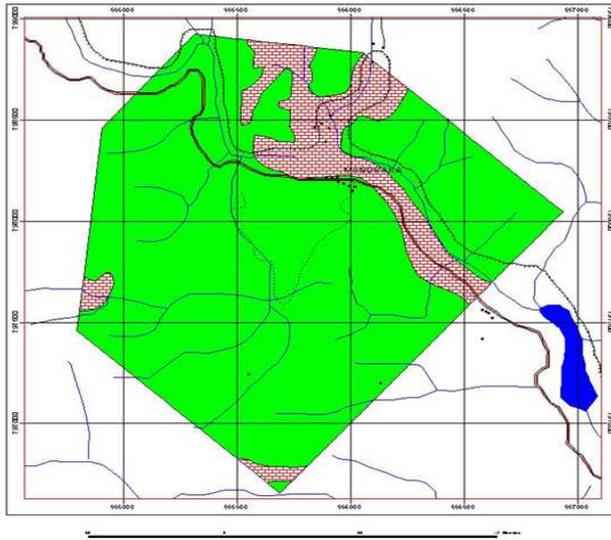
4.1. Synthèse bibliographique

D'après la carte 4, en 1949, la région a été seulement constituée d'une masse vaste et continue de forêt primaire et de zones de culture. Depuis 1986, la forêt primaire a été convertie en forêt naturelle dégradée, en forêt secondaire, en forêt de plantation, en zone de culture et en station forestière. Le principal facteur de ce changement est l'accroissement démographique suite à la construction du barrage hydroélectrique de la JIRAMA en 1955. Les terres agricoles se sont élargies. La culture sur brûlis a été la technique agricole habituelle des paysans et a formé les forêts secondaires. En outre, vers 1950, des exploitations illicites intenses ont détruit la forêt primaire et l'ont modifié en forêt dégradée.

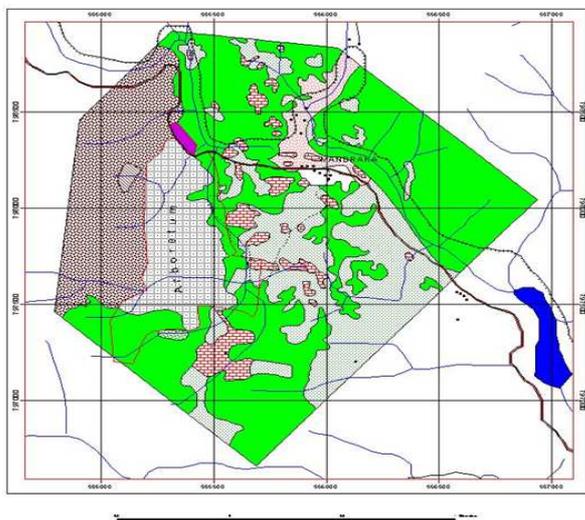
Avec le temps, la disparition de la forêt primaire s'est de plus en plus accentuée. La région s'est enrichie en population après l'implantation du chemin de fer en 1907 et la réhabilitation de la RN2 en 1992. En 1996, la forêt primaire dégradée n'a plus été constituée que par des fragments. Le défrichement et l'agriculture sont concentrés dans la partie Sud de la région, un terrain domanial. L'accès et l'exploitation n'y sont pas réglementés mais libres. Et comme les paysans ne se sentent pas en être le propriétaire et manquent de sécurité foncière, ils exploitent au maximum les ressources sans considérer leur reconstitution. Par contre, la surface forestière dans les terres appartenant à des privés a été maintenue. Le type de forêt varie en fonction du mode de gestion et des objectifs des propriétaires. La station forestière et les plantations sont restées intactes. Quant à la partie Nord de la RN2, la grande partie de la forêt primaire dégradée a été transformée en forêts secondaires. Les propriétaires y extraient intensivement des bois pour la construction, pour le charbonnage et des bois de chauffage.

Au fil des années, l'occupation des sols devient plus diversifiée suite à l'arrivée des immigrants dans la région consécutivement à différents événements sus rappelés. Cet accroissement démographique a conduit à une forte exploitation des terres et à la réduction de la surface forestière.

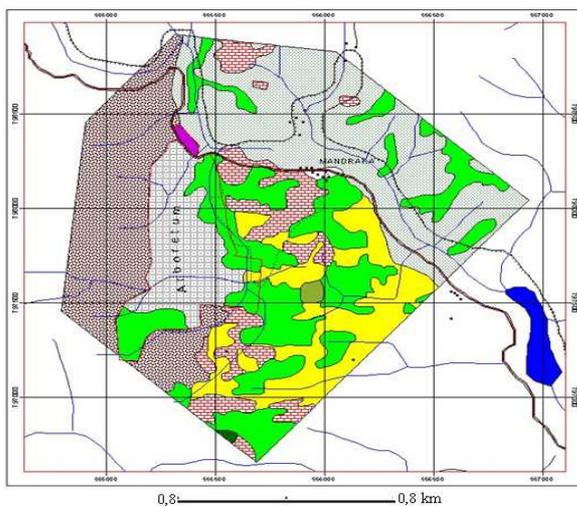
- Année 1949



- Année 1986



- Année 1995



-  Chemin de fer
-  Route nationale n°2
-  Chemin d'exploitation
-  Sentier
-  Rivière
-  Village
-  Point coté
-  Limite de la station forestière

-  Forêt naturelle
-  Forêt naturelle dégradée
-  Forêt secondaire
-  Peuplement d'Eucalyptus
-  Peuplement de *Grewia sp.*
-  Frêne
-  Défrichement (tavy)
-  Mosaïque de peuplement artificiel
-  Zone de culture
-  Zone habitée
-  Lac, barrage

Carte 4 : Evolution de l'occupation des sols à Mandraka, (BD 100)

4.2. Pressions

4.2.1. Types de pressions

Quatre types de pressions pèsent sur la forêt primaire de la station forestière de Mandraka. Elles sont constituées de : coupes illicites, envahissement des lianes, feux, collecte de *Dioscorea sp.* (Oviala).

- Coupes illicites

Les coupes illicites ont été détectées par la présence des souches dans la forêt (cf. photo 2). L'exploitation forestière est la principale activité économique de la région. Les bois issus de la forêt primaire sont destinés à la construction compte tenu de leur dureté. De ce fait, les arbres de diamètre supérieur à 15 cm intéressent particulièrement les exploitants.

Les essences exploitées sont variées et au nombre de 20. Les exploitants s'intéressent principalement à *Uapaca densifolia* puis à *Weinmannia sp.* En effet, par rapport aux autres essences, leur bois est plus lourd, donc plus dur. En pourcentage de bois exploités, elles présentent respectivement 31,15 % et 14,75 %. Les produits sont écoulés à Antananarivo.

La technique d'abattage se fait d'une manière traditionnelle car les arbres sont abattus à 0,5 m à 1,5 m au ras du sol, sans aucune direction. La trace d'exploitation est facilement détectée par la présence d'écorces dans les litières (cf. photo 2).

- Envahissement des lianes

La présence des lianes est une des caractéristiques de la forêt dense humide (RAZAFY, 1991). L'ouverture de la canopée, causée soit par les coupes illicites soit par les chablis, accélère parfois la vitesse de prolifération des lianes héliophiles. La lumière pénètre au niveau du sol et active leur multiplication.

Les lianes, comme *Smilax sp.* et *Licodium sp.*, envahissent rapidement les essences forestières et inhibent leur croissance en serrant les tiges et les feuilles de leurs supports. La respiration et la photosynthèse sont empêchées ; les supports meurent. Leur développement menace la pérennité de la forêt.

- Feux de forêt

La culture sur brûlis est une pratique culturelle ancestrale de la population. Elle est plus rentable en main d'œuvre. Lors de sa réalisation, les paysans ne prennent aucune précaution comme les pares feux pour éviter la propagation du feu. Parfois, le feu n'est pas maîtrisé et atteint la forêt.

En 1996, des feux de forêt venant des terrains agricoles ont atteint la forêt F4 et en ont détruit une partie. En 2002, F4 a de nouveau été ravagée par des feux venant du Sud Est. Les aires brûlées sont actuellement envahies par des formations végétales secondaires. Les deux feux ont engendré une perte de 1,80 ha.

- Collectes de *Dioscorea sp.*

Dioscorea sp. est une plante lianescente. Ses tubercules sont consommables. La population les collecte dans les champs, dans les forêts de plantation, dans les forêts secondaires, dans les forêts primaires pour l'autoconsommation. Mais *Dioscorea sp.* est plus abondante surtout dans les zones non encore défrichées comme la forêt primaire.

Les tubercules sont collectés dans un trou de 1 m jusqu'à 3 m de profondeur (cf. photo 2). Les principaux exploitants sont ceux vivant uniquement de l'exploitation forestière. Les collectes ont lieu durant la période de soudure.

La collecte de *Dioscorea sp.* constitue une pression pour la forêt car les trous d'exploitation mettent en péril les régénérations naturelles. De plus, l'arbre support de *Dioscorea sp.* devient instable : une partie de la racine est éliminée. Des risques de chablis le menacent.



Souche d'exploitation



Restes d'écorce après exploitation



Envahissement des lianes



Trou de collecte de *Dioscorea sp.*

Photo 2 : Pressions sur la forêt primaire dans la station forestière de Mandraka (Auteur, 2008)

4.2.2. Abondance

Dans chaque reliquat, les principales pressions observées sont différentes d'après le tableau suivant.

Tableau 3 : Abondance des pressions dans chaque reliquat forestier

Forêts	F1	F2	F3	F4	Total
Types					
Coupes illicites (souches)	4	23	1	33	61
Lianes (individus)	17	1	3	7	28
Feux (ha)	0	0	0	1,80	1,80
Collecte de <i>Dioscorea sp.</i> (trous)	24	16	1	2	43

Il ressort du tableau 3 que :

- les coupes illicites se concentrent principalement dans F4 dont 33 souches y ont été constatées. Cela s'explique par sa situation loin du site d'accueil. Par conséquent, l'agent ne peut pas normalement y effectuer sa patrouille périodique. De plus, après le passage du feu et la création d'une piste dans F4, cette dernière est devenue facilement accessible à des intrusions clandestines. Par contre, dans F3, les sentiers n'aboutissent à aucun village. Ainsi, les coupes illicites y sont très rares : seule une souche d'exploitation y a été notée.
- les lianes colonisent la forêt dont la canopée est plus ouverte. Elles forment une menace importante pour F1 : elles y envahissent 17 arbres et une superficie de 218,75 m² suite à la présence des trouées engendrées par des exploitations forestières anciennes. C'est pourquoi, dans F2 où la canopée est plus fermée, seul un individu porte de lianes.
- 24 trous de collecte de *Dioscorea sp.* ont été répertoriés dans F1. L'exploitation des ignames y est intense car elle en est riche. En effet, *Dioscorea sp.* se développe facilement sur sol humide. Dans F3, au contraire, seul un individu de *Dioscorea sp.* a été collecté étant donné que le milieu est bien exposé au vent, aux rayonnements solaires desséchants.
- parmi les reliquats, F4 est l'unique attaqué par le feu provenant des cultures sur brûlis étant donné sa proximité des terres agricoles.

4.2.3. Répartition spatiale des pressions

- Répartition dans les transects

D'après le tableau 3, les pressions abondantes dans chaque vestige sont différentes. Les figures suivantes le confirment et montrent la répartition spatiale des pressions dans les reliquats.

Pour F1, la répartition est comme suit :

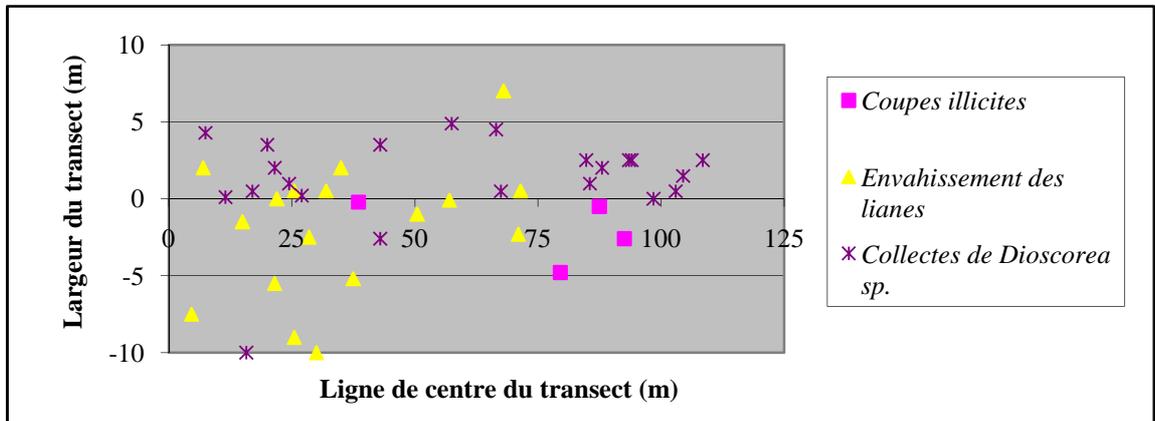


Figure 11 : Répartition spatiale des pressions dans F1

L'envahissement des lianes et les collectes de *Dioscorea sp.* sont nombreux dans F1. Ils se répartissent en agrégat.

Les lianes se sont installées sur les anciennes trouées d'exploitation. Leur développement est initié par l'implantation de quelques individus. Ensuite, elles élargissent successivement ses aires de répartition en colonisant la végétation préexistante. A la phase finale, elles envahissent toutes les essences forestières.

Dans le cas de *Dioscorea sp.*, les collectes sont concentrées sur les mi-versants du transect, zones assez humides, où elle est abondante. Ceci confirme sa préférence du microclimat humide.

Pour F2, les principales pressions sont les coupes illicites et les collectes de *Dioscorea sp.* La figure suivante présente leur distribution.

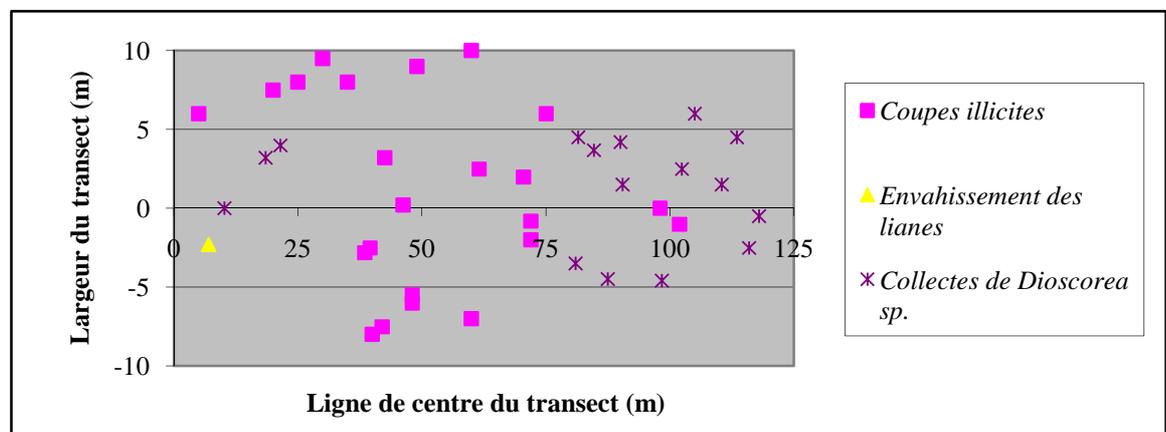


Figure 12 : Répartition spatiale des pressions dans F2

F2 se situe proche des sentiers de passage habituel de la population locale. C'est pourquoi les coupes illicites y sont abondantes. Cette figure réaffirme l'abondance de *Dioscorea sp.* sur les mi-versants.

En F3, la distribution des pressions est exposée dans la figure suivante.

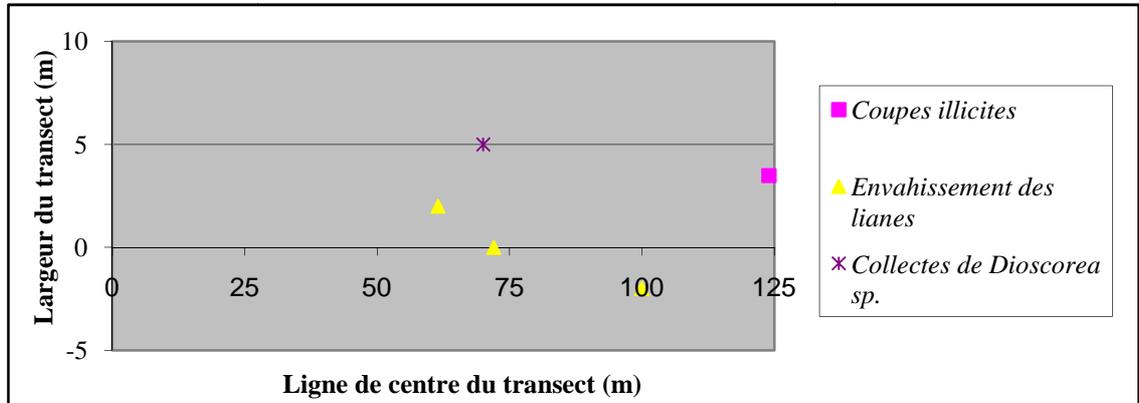


Figure 13 : Répartition spatiale des pressions dans F3

F3 est peu perturbé. Les pressions y sont rares.

Pour F4, la figure ci-dessous mentionne l'abondance élevée des coupes illicites.

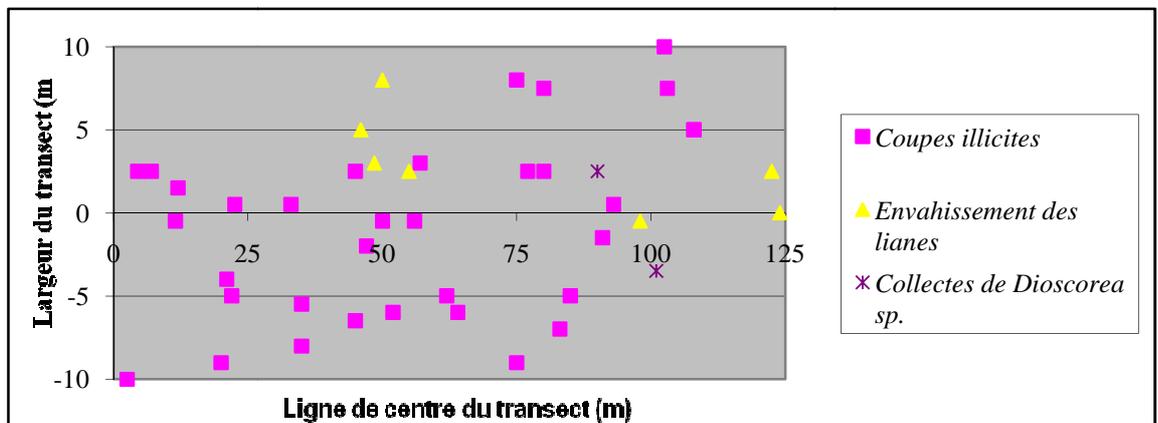


Figure 14 : Répartition spatiale des pressions dans F4

Après les feux de forêt qui ont ravagé une partie de F4, un sentier a été créé. De ce fait, le nombre de souches d'exploitation forestière détectées est plus élevé car le débardage des bois y est facile.

Favorisées par l'ouverture de la canopée créée par les coupes illicites, les lianes commencent à s'installer et à se proliférer. Elles ne s'installent pas près des souches d'exploitation puisque les chablis les y empêchent.

En synthétisant les figures, le tableau suivant a pu être ressorti.

Tableau 4 : Degré de pressions

Types de forêts	Degré de pressions	Types de pressions principales
F1	Moyen	Envahissement des lianes, collectes de <i>Dioscorea sp.</i>
F2	Haut	Coupes illicites, collectes de <i>Dioscorea sp.</i>
F3	Faible	Aucun
F4	Haut	Coupes illicites, feux de forêt

Cette classification du degré de pression est basée sur l'analyse des impacts de chaque pression sur la forêt. Les coupes illicites sont considérées les plus dommageables parce qu'elles appauvrissent la forêt en espèces et en individus, détruisent les individus environnants et les régénérations naturelles et créent des trouées. L'envahissement des lianes tient la seconde place car les lianes se prolifèrent rapidement grâce aux conditions favorables à leur développement. Quant à *Dioscorea sp.*, d'après les observations réalisées, sa collecte détruit les régénérations naturelles situées sur les trous mais les dégâts sont minimes par rapport aux coupes illicites. Enfin, même si les feux de forêt peuvent enlever le couvert forestier, ils ne constituent plus une menace majeure suite à l'interdiction des cultures sur brûlis. Le dernier feu de forêt apparu à Mandraka a eu lieu en 2002.

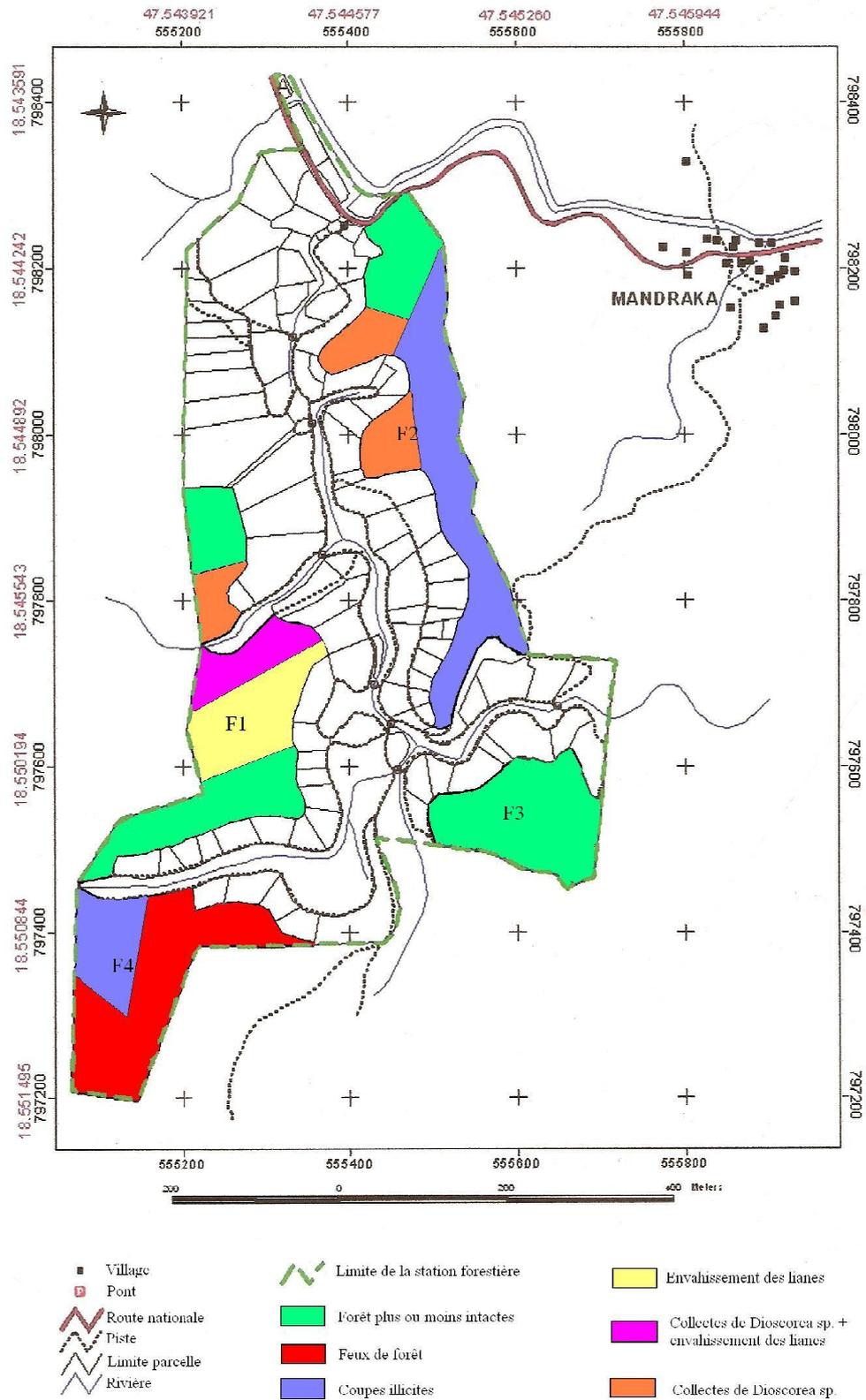
Les coupes illicites sont moindres dans les vestiges moins accessibles (F1, F3). L'extension des lianes suivent les coupes illicites. *Dioscorea sp.* s'installe facilement sur les mi-versants. Le vestige sujet des feux de forêt se situe près des terrains agricoles. D'après le tableau 4, F1, F2, F4 ont soumis des perturbations. F3 est plus ou moins intacte.

- Répartition dans la forêt

La carte 5 (cf. page 35) présente la répartition spatiale des principales pressions dans les quatre vestiges de forêt.

F3 est le seul reliquat quasi- intact ; dans F1 et F2, quelques portions le sont aussi. F4 est totalement perturbé.

Les coupes illicites sont fréquentes là où l'accès est facile ; les collectes de *Dioscorea sp.* près des rivières.



Carte 5 : Carte des pressions

Source : Coordonnées GPS Auteur

4.3. Flore et végétation

La forêt primaire de la station forestière a subi diverses pressions. Ces dernières ont fini par modifier son état. Il est ainsi important d'étudier le peuplement pour juger ses potentialités actuels (RAJOELISON, 1997).

4.3.1. Structure

- Structure floristique

Composition et richesse floristique

L'inventaire de 1 ha de la forêt primaire de la station a permis de recenser 73 espèces de flore groupées dans 52 genres et 42 familles dont certaines sont endémiques telles : *Uapaca densifolia*, *Dombeya lucida var. lucidopsis*, *Ravensara sp.*, *Vaccinium sp.*, *Aphloia theaformis*, *Ilex mitis* et *Protorhus ditimena*. Ces 73 espèces sont représentées par 671 individus de diamètre supérieur à 5 cm.

Le tableau 5 montre la répartition de ces espèces dans les quatre reliquats forestiers.

Tableau 5 : Structure floristique des quatre blocs de forêt primaire

Types de forêt	Familles	Genres	Espèces
F1	21	27	33
F2	27	34	44
F3	25	29	37
F4	25	28	37

Ce tableau fait ressortir que plus la forêt occupe différentes toposéquences, plus elle abrite des gammes et un nombre élevé d'espèces floristiques. D'abord en F2, 44 espèces ont été identifiées dans les 208 tiges inventoriées. En F1, les 33 espèces ne sont constituées que par 138 tiges.

F2 est plus riche en espèces et en genres. Au niveau des familles, les valeurs sont plus ou moins similaires.

- Diversité floristique

Elle est exprimée par le coefficient de mélange (CM) donné par le tableau 6.

Tableau 6 : Coefficient de mélange

Types de forêts	F1	F2	F3	F4
CM	1/4	1/5	1/5	1/4

Les espèces sont diversifiées. Une espèce est représentée en moyenne par 4 ou 5 individus.

- Structure spatiale
 - Structure horizontale

Elle étudie les caractéristiques quantitatives suivantes : l'abondance, la dominance et la contenance. Dans cette dernière, seul le volume de bois des arbres atteignant le diamètre d'exploitabilité, c'est-à-dire de diamètre supérieur à 40 cm, est pris en compte parce que la station est vouée à la conservation.

➤ Abondance

L'abondance des tiges est détaillée dans le tableau suivant.

Tableau 7 : Abondance des tiges de diamètre supérieur à 5 cm

Compartiment	F1	F2	F3	F4	Ensemble de la forêt
A	24	0	4	4	8
B	288	376	360	368	348
C	1 536	2 576	2 080	1 632	1 956
Abondance (N/ha)	1 848	2 952	2 444	2 004	2 312

Un hectare de la forêt primaire de la station forestière est formé par 2.312 tiges. Plus de la moitié de cette valeur sont fournies par le compartiment C avec une densité de 1 956 N/ha. L'abondance décroît inversement avec le diamètre. Les anciennes coupes illicites ont exploité tous les individus de gros diamètre. Ainsi ceux atteignant le diamètre d'exploitabilité sont presque inexistantes. Seuls ceux ayant un fût tortueux subsistent avec une abondance de 8 N/ha.

Au sein des quatre lots forestiers, l'abondance des tiges dans le compartiment C et B de F2 avec une valeur respective de 2 576 N/ha et 376 N/ha est nettement supérieure à 1 536 N/ha et 288 N/ha de F1. Cette densité éminente est une forme d'adaptation du peuplement de F2 face aux conditions édaphiques contraignantes (REVUE FORESTIERE FRANCAISE, 2003). F2 se développe sur crêtes et hauts versants. Le sol accessible aux racines y est mince.

Une densité élevée de tiges combinée avec un diamètre réduit permet à la forêt sur crête de résister au vent. C'est pourquoi F1, situé sur mi-versant, est plus riche en gros arbres (compartiment A) que les autres. Par ailleurs, un diamètre assez élevé est nécessaire pour stabiliser le peuplement face à une croissance en hauteur intense résultant d'une compétition en lumière.

➤ Dominance

La dominance G de la totalité de la forêt est de 23,10 m²/ha. Par reliquat forestier, la valeur de G est comme suit :

Tableau 8 : Surface terrière G (m²/ha) des tiges de diamètre supérieur à 5 cm

G	F1	F2	F3	F4	Ensemble de la forêt
G _A	4,17	0,00	0,50	0,51	1,30
G _B	10,73	12,94	11,15	13,97	12,20
G _C	7,20	13,17	11,53	6,49	9,60
G _{tot}	22,10	26,11	23,18	20,97	23,10

Selon la formule antérieurement citée, G varie en fonction du diamètre et de la densité du peuplement. C'est ainsi que F1 possédant la valeur maximale en abondance dans le compartiment A présente celle en dominance égale à 4,17 m²/ha. G est nulle dans celui de F2.

Pour le compartiment B, les blocs de forêt présentent quasiment les mêmes valeurs. Mais dans C, la valeur de G dans F4 est presque la moitié de celle dans F2 : F2 est très dense en tiges de diamètre compris entre 5 cm et 15 cm selon les raisons précédemment exposées. Puis, après le passage de feu et les coupes illicites, F4 est en phase de restructuration. Les jeunes bois de diamètre inférieur à 10 cm dominent le compartiment C.

➤ Contenance

Le graphe présent évoque la productivité de chaque reliquat en bois exploitables.

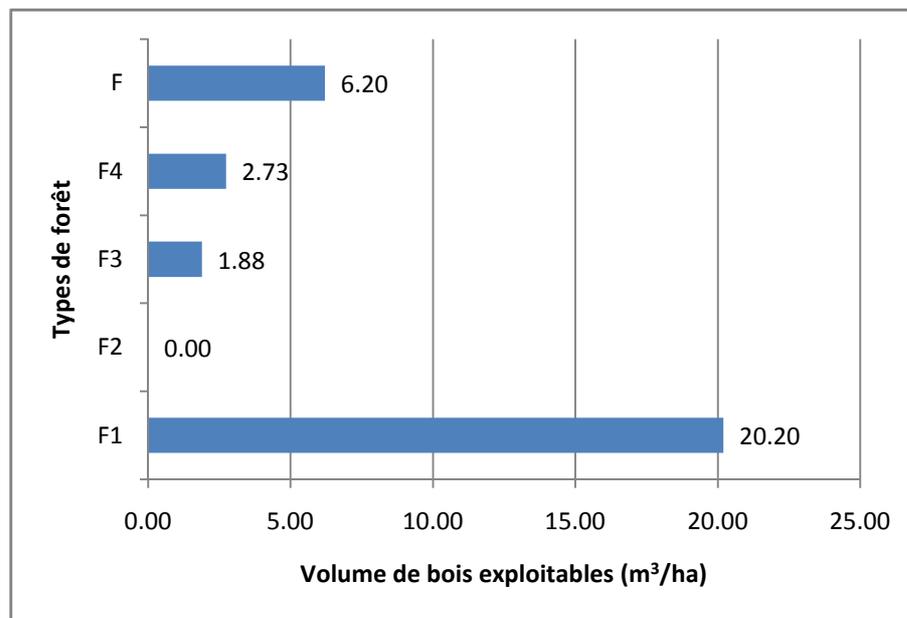


Figure 15 : Volume de bois exploitables

Ce sont les individus appartenant au compartiment A qui fournissent les bois exploitables. Ainsi l'allure de la figure ci-après suit-elle les résultats des analyses de l'abondance et de la dominance.

Un hectare de l'ensemble de la forêt fournit en moyenne 6,20 m³/ha de bois exploitables. F1 en est la plus riche avec un volume de 20,20 m³/ha.

- Structure verticale

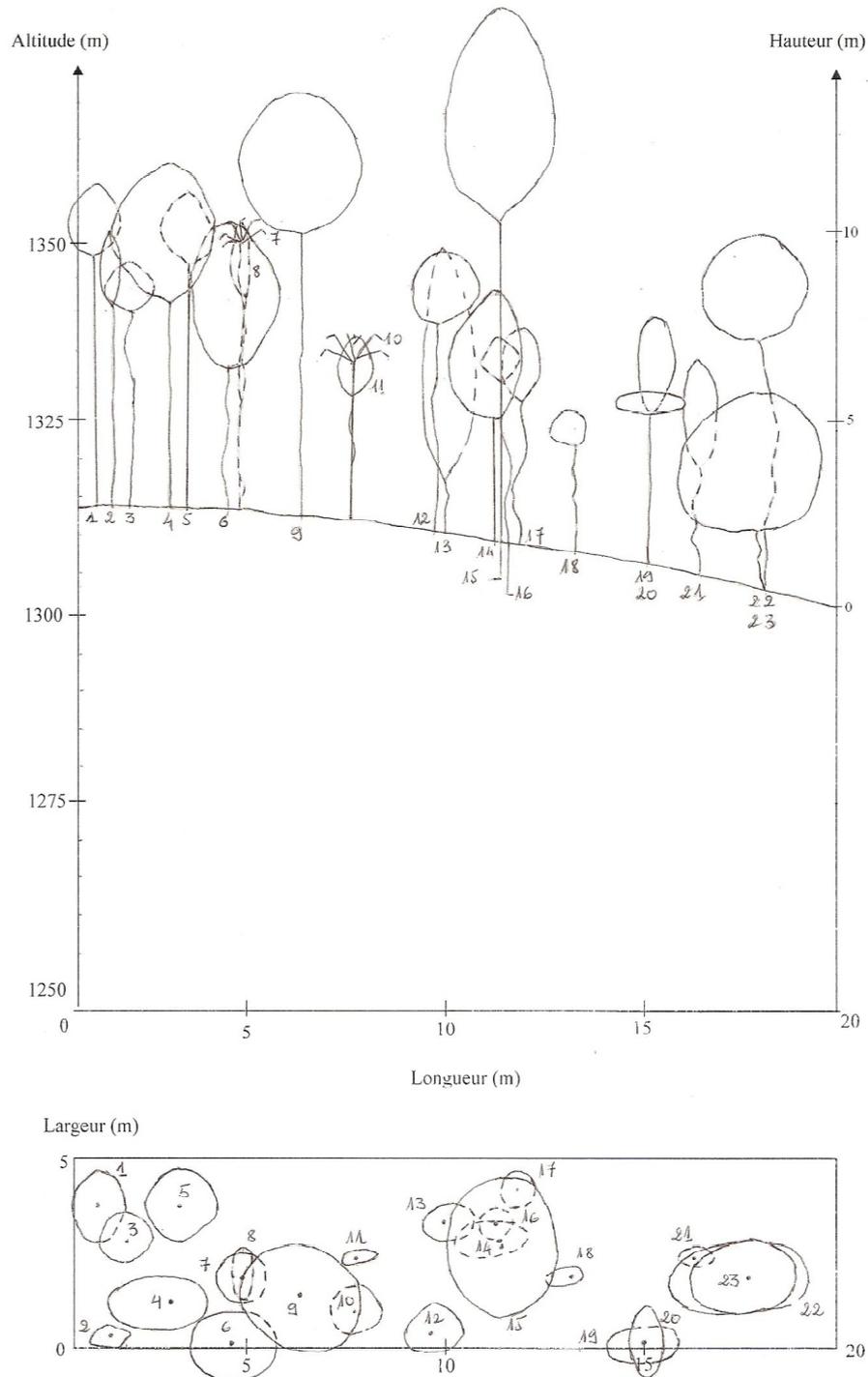
➤ Profil structural

Un profil par toposéquence est établi : sur crête et haut versant, sur mi versant. Les profils structuraux sont présentés dans les figures 17 à 22. Tous les bas versants sont occupés par des plantations ainsi que les crêtes et hauts versants de F1 et F4.

La structure des peuplements représentée dans les profils structuraux rejoint celle des forêts montagnardes humides malgaches décrite par WHITE en 1986 : « au fur et à mesure que l'on s'élève, la taille des arbres diminue ; la stratification se simplifie et le sous bois devient plus ouvert ; la fréquence des palmiers diminue ». C'est ainsi que dans les crêtes et haut versants (cf. figures 17 et 18), la canopée est assez basse ; les émergents n'atteignent en moyenne que 10 m de hauteur. C'est aussi une adaptation des végétaux contre le froid (www.ecosociosystem.fr). Le peuplement est dense en arbres et arbustes avec des fûts tortueux. Les palmiers formant le sous bois sont rares. Les essences les plus abondantes sont : *Aphloia theaformis*, *Anthocleista madagascariensis*, *Eugenia jambolana*, *Weinmannia minutiflora*. Des genres caractéristiques de la forêt sclérophylle de montagne commencent à y être observés : *Aphloia* et *Weinmannia* (WHITE, 1986).

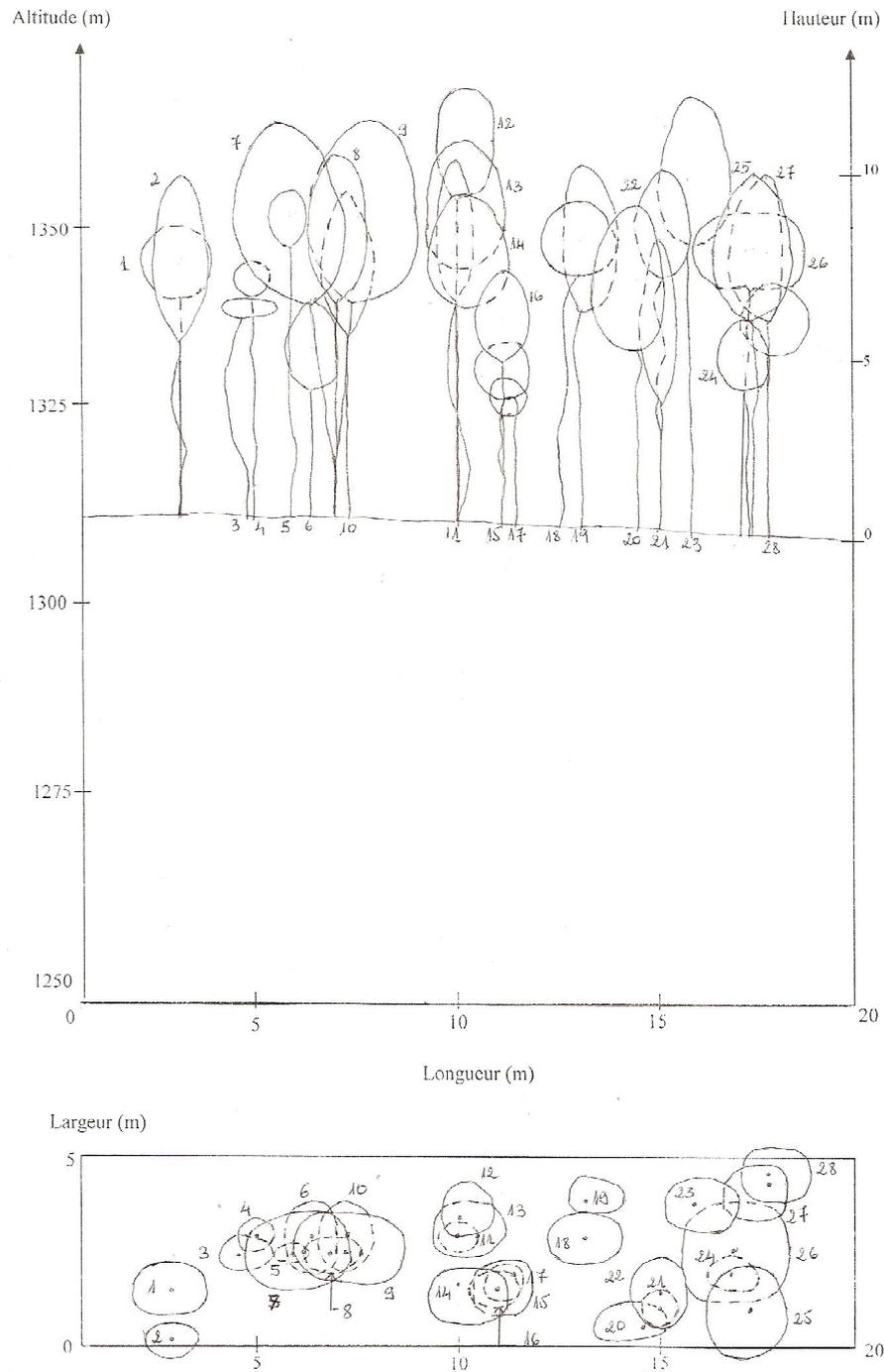
Sur les mi-versants, la plupart des arbres ont un fût droit. Les émergents atteignent 15 m de hauteur grâce à la compétition en lumière. La densité du peuplement décroît. Par contre, *Dypsis baronii* et *Cyathea sp.* sont plus abondantes. Ces espèces préfèrent les sols riches et gardés humides. Les espèces d'arbres et d'arbustes les plus rencontrées dans cette toposéquence sont : *Helychrisum sp.*, *Ficus tilifolia*, *Mapouria sp.*, *Michronychia madagascariensis*. La variation de la composition floristique dans chaque toposéquence indique que chacune a ses essences spécifiques adaptées aux conditions du milieu qu'elle offre.

F1 et F4 présentent des caractéristiques typiques parmi les mi-versants. D'abord, les arbres y sont moins élevés car leur altitude est plus élevée par rapport aux autres. Ensuite, leur profil montre l'existence des trouées à l'intérieur de la forêt. Dans F1, ces trouées sont des superficies occupées par les lianes ; dans F2, par des chablis d'exploitations illicites.



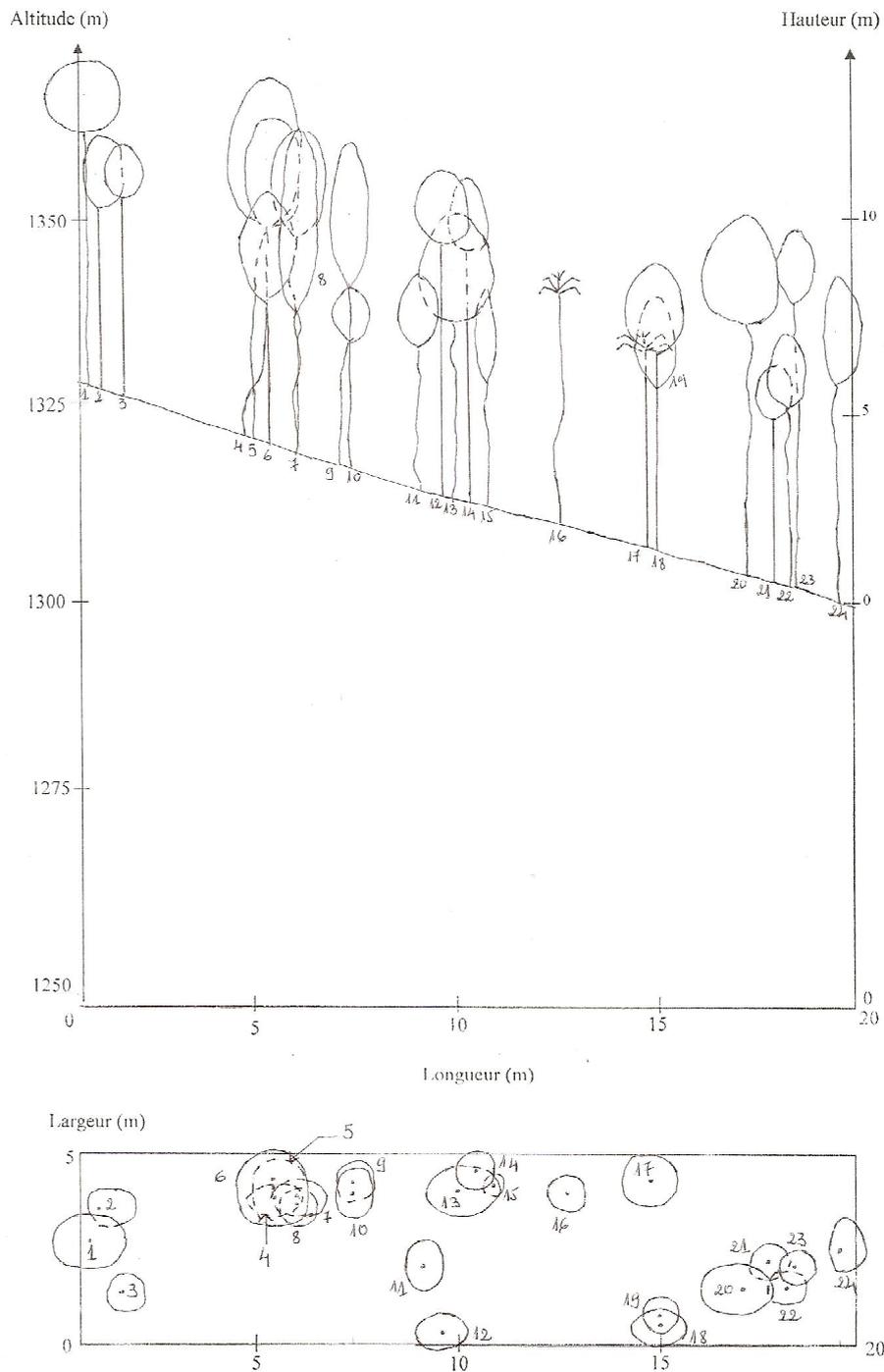
1 : *Oncostemon verticillatum*, 2 : *Ilex mitis*, 3 - 11 : *Homalium* sp., 4 : *Cassinopsis madagascariensis*, 5 : *Eugenia jambolana*, 6 - 8 - 16 - 17 - 18- 22 - 23 : *Aphloia theaformis*, 7 - 10 : *Dypsis baronii*, 9 : *Anthocleista madagascariensis*, 12 : *Eugenia emerniensis*, 13 : *Mapouria* sp., 14 : *Protorhus ditimena*, 15 : *Ravensara crassifolia*, 19 - 20 : *Vaccinium* sp., 21 : *Weinmannia minutiflora*

Figure 17 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur crête et haut versant de F2



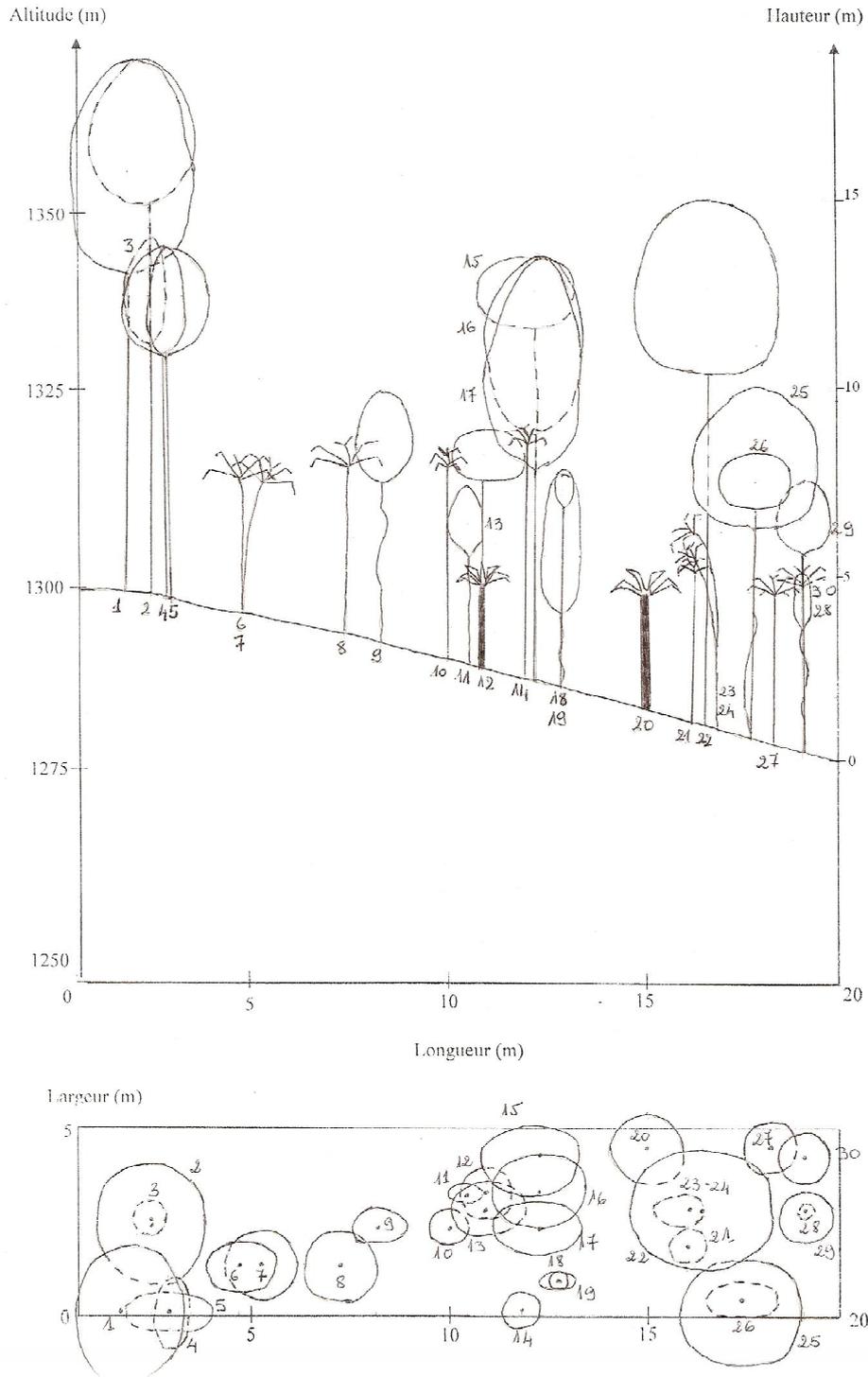
1 – 14 – 18 – 22 – 25 : *Anthocleista madagascariensis*, 2 – 6 - 7- 8 – 9 – 10 -11- 12 – 27 - 28 : *Eugenia jambolana*, 3 : *Agauria sp.*, 4 : *Schefflera voantsilana*, 5 – 13 – 19 – 21 – 23 : *Weinmannia minutiflora*, 15 – 16 - 17 : *Vaccinium sp.*, 20 – 24 : *Ochrocarpus parvifolius*, 26 : *Michronychia madagascariensis*

Figure 18 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur crête et haut versant de F3



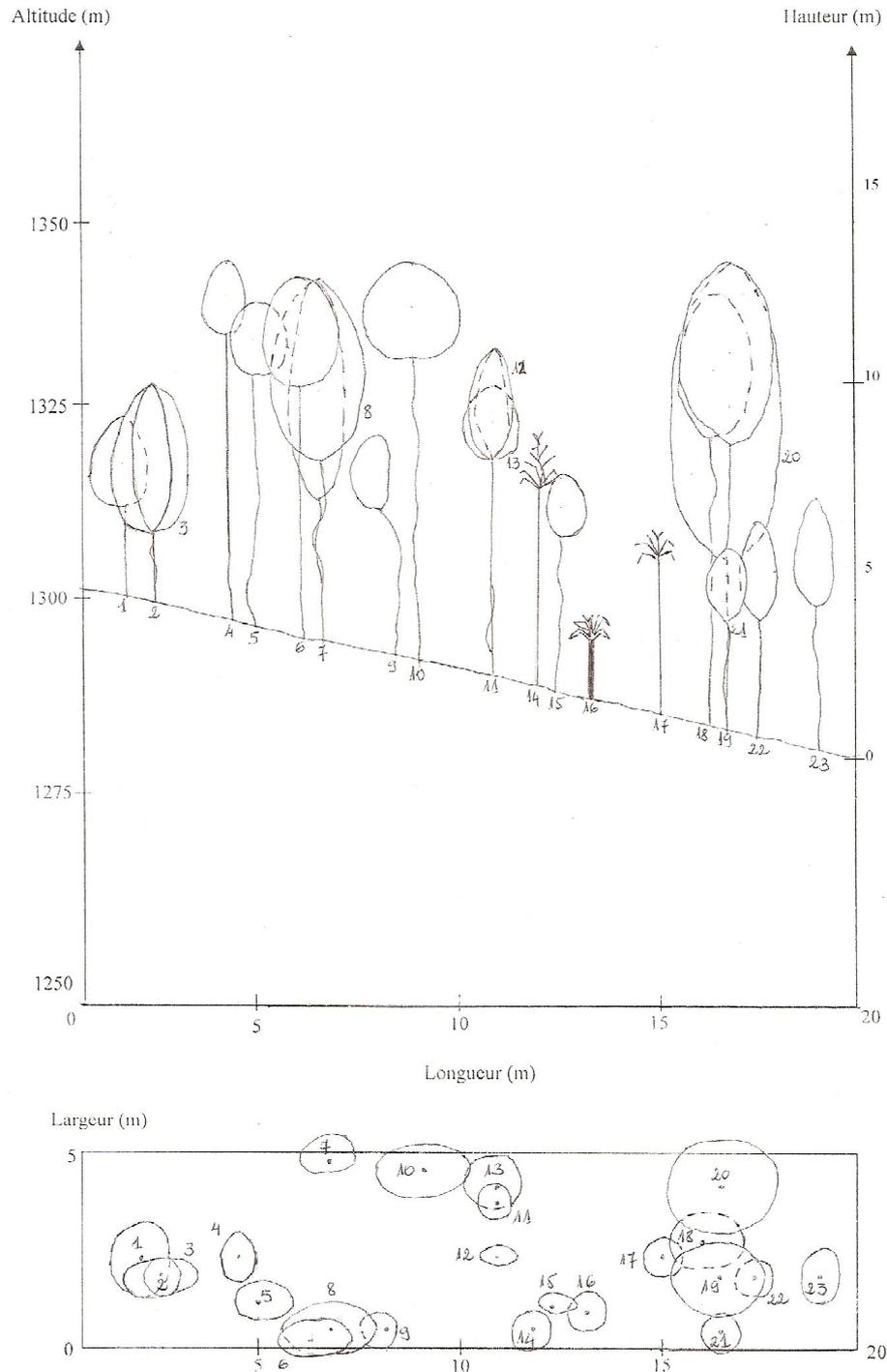
1 – 18 – 19 : *Protorhus ditimena*, 2 : *Zanthoxylum madagascariensis*, 3 – 12 – 23 : *Ravensara* sp.,
 4 - 5 – 6 : *Ocotea* sp., 7 – 8 – 9 – 10 : *Helychrisum* sp., 11 - 13 : *Mapouria* sp., 14 : *Dombeya lucida*
 var. *lucidopsis*, 15 : *Ilex mitis*, 16 - 17 : *Dypsis baronii*, 20 : *Anthocleista madagascariensis*,
 21 : *Eugenia jambolana*, 22 : *Oncostemon grandifolium*, 24 : *Grewia apelata*

Figure 19 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur mi-versant de F1



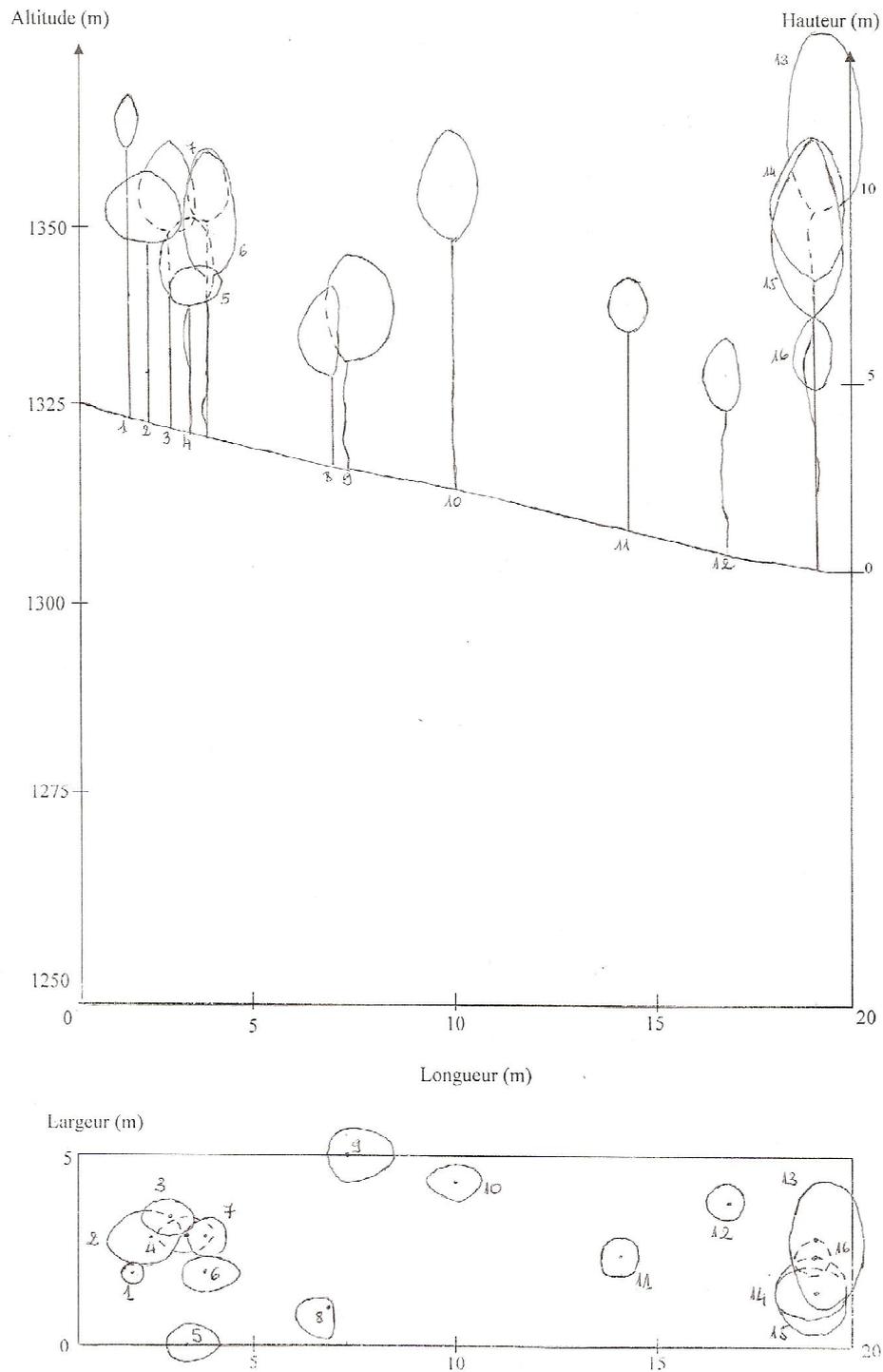
1 : *Erythroxylum corimbosum*, 2 - 3 : *Protorhus ditimena*, 4 - 5 : *Ravensara* sp., 6 - 7 - 8 - 10 - 14 - 21 - 23 - 24 - 27 - 30 : *Dyopsis baronii*, 9 - 29 : *Mapouria parkeri*, 11 - 18 - 19 - 25 : *Ficus tilifolia*, 12 - 20 : *Cyathea* sp., 13 : *Dombeya* sp., 15 : *Schefflera voantsilana*, 16 : *Ochrocarpus parvifolius*, 17 : *Homalium* sp., 22 : *Harungana madagascariensis*, 26 : *Macaranga cuspidata*, 28 : *Ficus mormorata*

Figure 20 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur mi versant de F2



1 – 9 – 18 : *Weinmannia minutiflora*, 2 – 3 – 5 – 21 : *Mapouria* sp., 4 : *Dombeya lucida* var. *lucidopsis*, 6 : *Agauria* sp., 7 - 15 – 19 : *Ilex mitis*, 8 : *Ochrocarpus parvifolius*, 10 : *Macaranga cuspidata*, 11 : *Macaranga* sp., 12 : *Oncostemon elephantites*, 13 : *Ravensara crassifolia*, 14 – 17 : *Dypsis baronii*, 16 : *Cyathea* sp., 20 : *Eugenia emerniensis*, 22 : *Erythroxylum* sp., 23 : *Ficus tilifolia*

Figure 21 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur mi versant de F3



1 : *Schefflera voantsilana*, 2 – 3 – 4 – 6 – 7 : *Micronychia madagascariensis*, 5 – 9 : *Ilex mitis*, 8 : *Anthocleista madagascariensis*, 10 : *Eugenia jambolana*, 11 – 16 : *Mapouria* sp., 12 : *Aphloia theaformis*, 13 : *Weinmannia minutiflora*, 14 – 15 : *Protorhus ditimena*

Figure 22 : Profil structural des arbres de diamètre supérieur à 5 cm situés sur mi versant de F4

➤ Degré de couverture

En calculant la somme des surfaces couvertes par chaque houppier, le degré de couverture de l'ensemble de houppiers est comme suit :

Tableau 9 : Degré de couverture des houppiers des arbres de diamètre supérieur à 5 cm

Toposéquence	Reliquats forestiers			
	F1	F2	F3	F4
Crête et haut versant		247,67 %	248,45 %	
Mi versant	129,53 %	328,33 %	155,30 %	103,82 %

Dans F2, les houppiers couvrent jusqu'à 328,33 % de la surface contre 103,82 % dans F4. Ceci est attribué à l'accroissement du degré de couverture avec la densité du peuplement, c'est-à-dire des houppiers. Ce constat est confirmé significativement par le test de corrélation de Spearman ($P=0,05$) (cf. annexe 9) qui donne la courbe suivante :

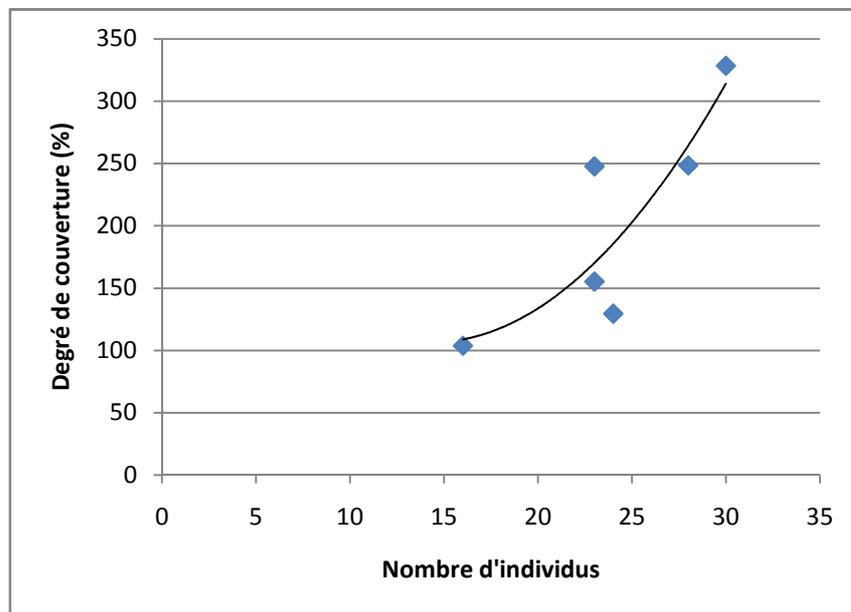


Figure 16 : Courbe de corrélation entre le degré de couverture et la densité du peuplement

➤ Structure des hauteurs

L'allure des histogrammes de structure des hauteurs suivante confirme la stratification complexe de la forêt.

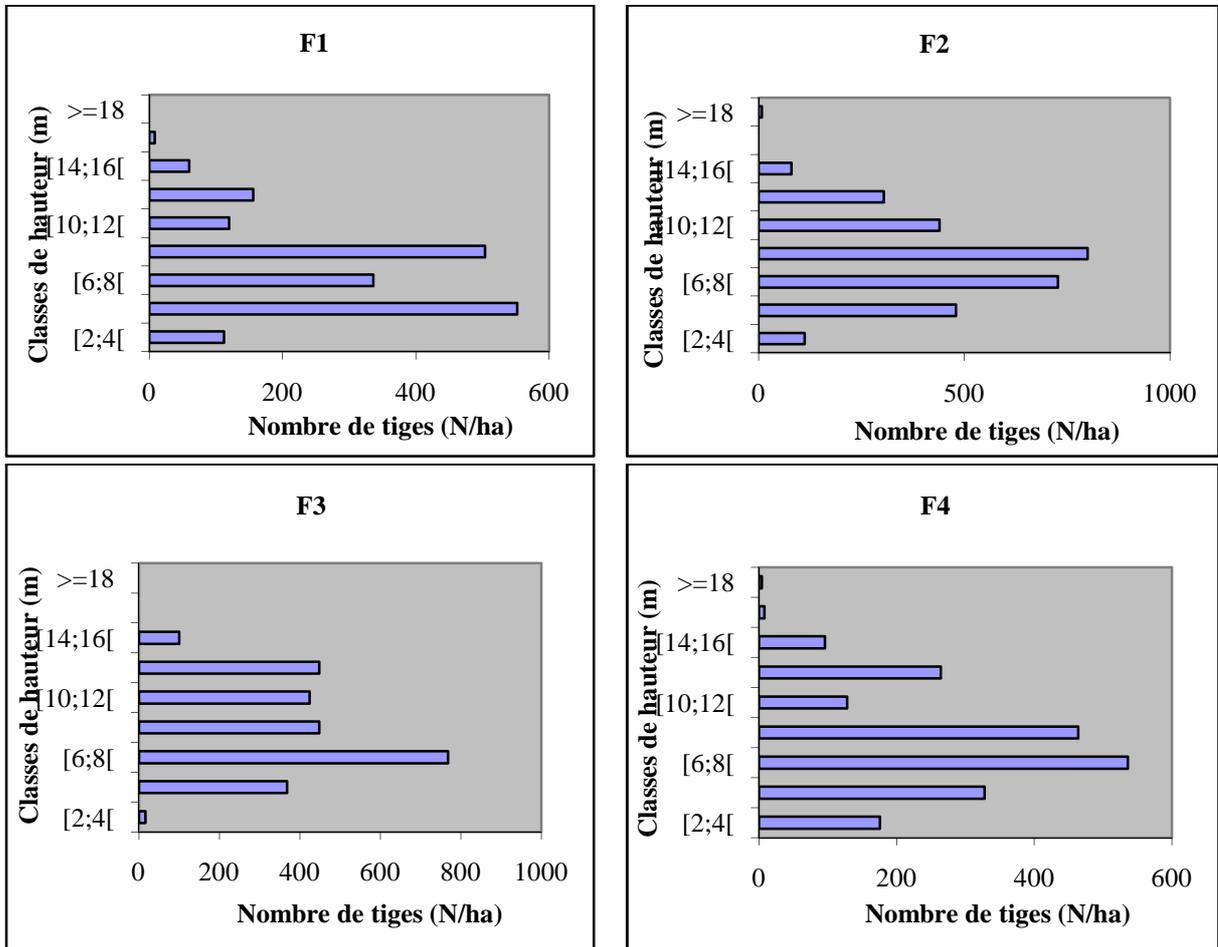


Figure 23 : Structure des hauteurs des arbres de diamètre supérieur à 5cm

Toutes les classes de hauteur sont presque présentes dans les quatre reliquats. La hauteur des émergents est comprise en général entre 14 m et 16 m. Rares sont les individus de hauteur supérieure à 16 m. La densité du feuillage est maximale entre 4 m et 10 m pour F1, entre 6 m et 10 m pour F2 et F4, entre 6 m et 8 m pour F3. L'effectif des arbres diminue inversement avec la hauteur.

Les émergents atteignant plus de 16 m de hauteur sont abondants sur mi versant en F1 et F4. L'ombre des émergents y favorise le développement des jeunes bois rendant les individus de 2 m à 4 m de hauteur assez nombreux.

- Structure totale

Elle se présente comme suit.

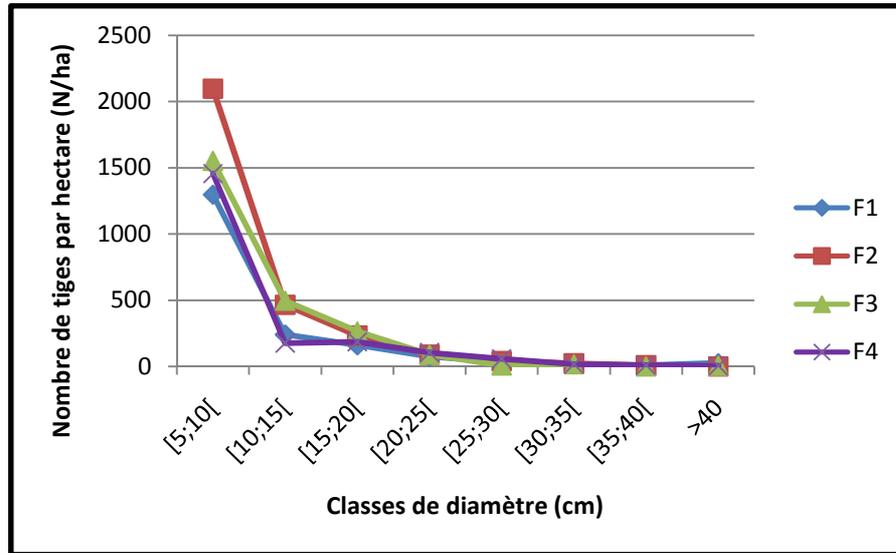


Figure 24 : Distribution des tiges par classe de diamètre

Les quatre courbes ont une allure exponentielle. Elles montrent une diminution brusque du nombre de tiges de diamètre supérieur à 10 cm. En effet, à partir de ce seuil, les arbres sont exploités. En outre, l'ouverture de la canopée lors de l'exploitation forestière a fait pénétrer la lumière au sol favorisant le développement des graines en dormance, c'est-à-dire les régénérations naturelles qui sont actuellement représentées par les individus de diamètre entre 5 cm et 10 cm et qui sont très abondantes. Elles ont réussi à résister à la sélection naturelle. Leur bon développement assurera la restructuration de la forêt.

4.3.2. Régénérations naturelles

Dans cette étude, les régénérations naturelles sont définies comme l'ensemble des petites tiges de diamètre compris entre 1 cm et 5 cm.

- Composition floristique

Les régénérations sont très riches en espèces. Cinquante trois essences ont été inventoriées sur 24 placettes de 1 m². Elles sont rassemblées dans 30 genres et 27 familles et se répartissent comme suit :

Tableau 10 : Composition floristique de la régénération naturelle

Reliquats forestiers	Nombre d'espèces inventoriées
F1	15
F2	25
F3	15
F4	22

Le nombre d'espèces inventoriées est plus élevé en F2 et F4 qu'en F1 et F3 parce que les coupes illicites y stimulent le développement des graines en dormance et diversifient les espèces.

En considérant en même temps les régénérations et les semenciers, les espèces se répartissent comme suit.

Tableau 11 : Répartition des espèces dans les compartiments

Reliquats forestiers	Espèces présentes dans les régénérations		Espèces présentes dans les compartiments A, B et C		Espèces communes aux deux groupes	
	Effectif	%	Effectif	%	Effectif	%
F1	6	15,38	24	61,54	9	23,08
F2	12	21,82	31	55,36	13	23,21
F3	9	19,57	31	67,39	6	13,04
F4	9	19,57	24	52,17	13	28,26

Suite aux anciennes exploitations illicites, des essences héliophiles se sont installées dans la forêt primaire de la station. Ces essences constituent actuellement les espèces typiques des trois compartiments A, B et C (cf. Tableau 11). Après la reconstitution de la canopée, les essences sciaphiles s'installent petit à petit. A leur tour, les essences héliophiles tendent à disparaître. Les essences d'ombre ont déjà atteint, d'après le tableau ci-dessous, de gros diamètres et commencent à se régénérer.

Les régénérations naturelles se développent bien. Elles enrichissent la forêt en espèces nouvelles comme *Diospyros sp.* qui est une essence de valeur et d'ébénisterie. Et la forêt commence à se reconstituer en espèces.

- Structure horizontale
 - Abondance

La densité moyenne de la régénération naturelle est de 47 917 N/ha. La densité des jeunes bois est plus élevée en F2 et F4 à cause de l'abondance des coupes illicites.

Tableau 12 : Abondance de la régénération naturelle

Types de forêt	Abondance (N/ha)
F1	35 000
F2	58 333
F3	43 333
F4	55 000
Ensemble de la forêt	47 917

- Fréquence

D'après la méthode de présence-absence, la fréquence des différentes espèces les plus rencontrées dans les 24 placettes de régénérations naturelles sont données par le tableau suivant.

Tableau 13 : Fréquence des essences de régénérations naturelles les plus rencontrées

Noms scientifiques	Fréquence	
	Valeur	Pourcentage
<i>Dypsis baronii</i>	6	25
<i>Ochrocarpus parvifolius</i>	6	25
<i>Dombeya lucida var. lucidopsis</i>	5	20,83
<i>Oncostemon verticillatum</i>	4	16,67
<i>Oncostemon grandifolium</i>	4	16,67
<i>Protorhus ditimena</i>	3	12,50
<i>Ravensara sp.</i>	3	12,50
<i>Ravensara acuminata</i>	3	12,50
<i>Mapouria sp.</i>	3	12,50
<i>Oncostemon elephantites</i>	3	12,50
<i>Micronychia madagascariensis</i>	3	12,50
<i>Macaranga cuspidata</i>	3	12,50

La fréquence maximale des essences de régénérations naturelles ne dépasse pas 25 %. Chaque essence ne se retrouve que sur 6 parmi les 24 placettes. Cela signifie que la régénération naturelle est riche en espèces. Chaque espèce n'est représentée que par un nombre réduit d'individus. C'est ainsi qu'elle ne se retrouve pas dans certaines placettes.

- Distribution spatiale

Elle est exprimée par le tableau floristique suivant :

Tableau 14 : Nombre d'individus par espèces rencontrés dans chaque placette d'inventaire

	F1						F2						F3						F4						Total
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
<i>Dypsis baronii</i>			1	2					1	2										1				4	11
<i>Ochrocarpus parvifolius</i>								1	1				1						1	1				1	6
<i>Dombeya lucida var. lucidopsis</i>				1			1	1					1						1						5
<i>Oncostemon verticillatum</i>			1					1	1											1					4
<i>Oncostemon grandifolium</i>					1				1			2											1		5
<i>Protorhus ditimena</i>	1	2																	2						5
<i>Ravensara sp.</i>	1	1					1																		3
<i>Ravensara acuminata</i>		1																	1			1			3
<i>Mapouria sp.</i>		1								1										1					3
<i>Oncostemon elephantites</i>						1	1													1	1				3
Total	2	3	4	2	1	1	2	1	3	2	3	2	2	2	0	0	0	0	1	4	5	0	3	5	48

Les espèces se répartissent en agrégat suivant la toposéquence car, par exemple, la valeur de la densité de *Dypsis baronii* (11 tiges) constitue presque la moitié de la valeur de sa fréquence (6 parcelles). Les mi-versants sont favorables à son développement.

Les essences s'installent sur des placettes voisines et absentes sur d'autres placettes. Elles se répartissent aussi suivant les reliquats forestiers. Par exemple, *Ochrocarpus parvifolius* est abondante dans F2 et F4 mais ne se développe pas dans F1. Ce fait peut être relié à la rareté de cette espèce dans les individus semenciers.

4.3.3. Principales essences

La station forestière a été conçue afin de réhabiliter les zones dégradées par l'exploitation forestière et les cultures sur brûlis, de conserver les reliquats presque intacts. Pour identifier l'état actuel de la forêt face à ces pressions et à la conservation, les principales essences sont définies comme les essences les plus abondantes à l'intérieur des quatre reliquats.

Comme les espèces se répartissent irrégulièrement dans les quatre reliquats, deux essences d'arbres ou d'arbustes plus denses par reliquat sont retenues :

- F1 : *Albizzia guimmifera*, *Dombeya lucida* var. *lucidopsis* ;
 - F2 : *Uapaca densifolia*, *Vaccinium* sp. ;
 - F3 : *Eugenia jambolana*, *Anthocleista madagascariensis* ;
 - F4 : *Ilex mitis*, *Protorhus ditimena*.
- Structure spatiale
 - Structure horizontale

Le tableau suivant donne des informations sur les caractéristiques des principales essences.

Tableau 15 : Caractéristiques dendrométriques des essences principales

Forêts	Espèces	Abondance (N/ha)	Dominance (m ² /ha)	Volume de bois exploitables (m ³ /ha)	D _{1,30} moyen (cm)	H _{tot} moyenne (m)
F1	<i>Dombeya lucida</i> var. <i>lucidopsis</i>	168	4,22	1,16	18,88	10,75
	<i>Albizzia guimmifera</i>	104	1,30	0,00	12,04	8,88
F2	<i>Uapaca densifolia</i>	416	7,57	0,00	15,32	9,67
	<i>Vaccinium</i> sp.	192	0,82	0,00	7,16	5,50
F3	<i>Eugenia jambolana</i>	448	6,54	0,00	14,06	11,14
	<i>Anthocleista madagascariensis</i>	248	4,79	0,00	16,46	9,71
F4	<i>Ilex mitis</i>	152	1,91	0,00	12,79	6,50
	<i>Protorhus ditimena</i>	104	3,27	0,00	20,12	13,20

Eugenia jambolana et *Uapaca densifolia* constituent les essences les plus abondantes avec des valeurs respectives de 448 N/ha et 416 N/ha alors que l'abondance en espèces *Albizzia guimmifera* et *Protorhus ditimena* n'est que de 104 N/ha. Cela se traduit par la localisation des deux premières espèces dans les forêts de crête où le peuplement est très dense.

L'essence *Uapaca densifolia* tient le premier rang en degré de remplissage avec une valeur de 7,57 m²/ha grâce à son diamètre moyen de 15,32 cm plus grand que celui d'*Eugenia jambolana*. *Vaccinium sp.* possède la valeur minimale en surface terrière (0,82 m²/ha), son diamètre moyen n'étant que de 7,16 cm. En outre, l'arbre n'atteint en moyenne que 5,50 m. Ces constats signifient que c'est une essence sciaphile qui commence actuellement à croître grâce à l'ombre des strates supérieures.

Prothorus ditimena présente la valeur maximale en diamètre (20,12 cm) et en hauteur (13,20 m). C'est une espèce de tempérament héliophile nomade (BLASER *et al*, 1993). Elle a besoin de lumière pour survivre. Ainsi, fait-elle parfois partie de la strate des émergents.

Concernant les bois exploitables, seule F1 par l'intermédiaire de *Dombeya lucida var. lucidopsis* en offre avec 1,16 m³/ha. Elle est moins exploitée et s'implante sur les mi-versants sur lesquels les contraintes en eau, et en nutriment sont moindres.

D'une manière globale, les essences principales, sauf *Vaccinium sp.*, ont toutes un diamètre supérieur à 10 cm. Leur hauteur se situe entre 6 m à 13 m : elles sont encore en phase de croissance.

- Structure des hauteurs

Les individus dépassant 16 m de hauteur sont rares selon le tableau ci-après.

Tableau 16 : Distribution du nombre de tiges des principales essences par classes de hauteur

Classes de hauteur Espèces	[2;4[	[4;6[	[6;8[	[8;10[	[10;12[	[12;14[	[14;16[	[16;18[	>=18
<i>Dombeya lucida var. lucidopsis</i>			32	56	8	56	28		
<i>Albizia guimifera</i>		16	16	24	32	16			
<i>Uapaca densifolia</i>	16	32	80	128	56	80	24		
<i>Vaccinium sp.</i>		112	80						
<i>Eugenia jambolana</i>		16	16	112	128	136	40		
<i>Anthocleista madagascariensis</i>			80	80	24	48	16		
<i>Ilex mitis</i>	16	56	48	24		8			
<i>Prothorus ditimena</i>						80	16		8

C'est une des caractéristiques de la forêt dense humide de moyenne altitude (WHITE F., 1986). De plus, l'effectif des arbres de hauteur inférieure à 4 m est minime car leur diamètre est encore inférieur au seuil d'observation qui est de 5 cm.

Le résultat de la structure verticale confirme celui qui est obtenu dans la structure spatiale : *Prothorus ditimena* occupe la strate des émergents avec une hauteur supérieure à 18 m, celle de *Vaccinium sp.* varie de 4 m à 8 m.

- Tempérament des essences principales

Pour chaque essence, le tempérament peut être exprimé par la distribution du nombre de tiges en fonction des classes de diamètre. Cette distribution se présente comme suit :

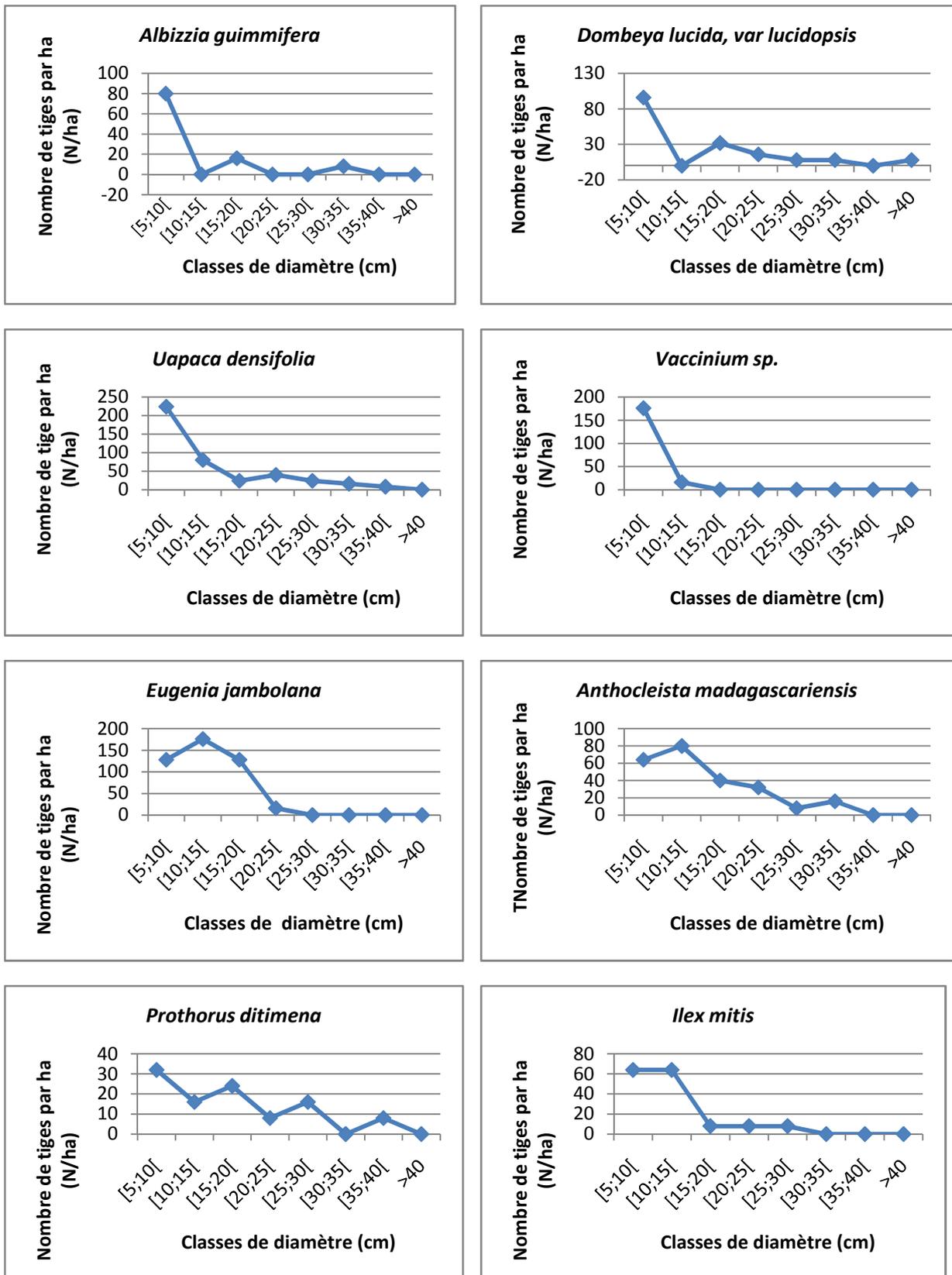


Figure 25 : Distribution des tiges des essences principales par classes de diamètre

Selon Rollet en 1969, l'allure de la distribution des diamètres reflète le tempérament d'une essence. La variabilité de cette allure dans les figures ci-dessus implique ainsi une diversité en tempéraments des essences principales :

- *Vaccinium sp.* présente une distribution à tendance exponentielle négative, typique des essences sciaphiles, caractérisée par l'absence d'individus de diamètre supérieur à 15 cm. C'est une essence de sous étage ayant besoin d'ombre des autres arbres pour se développer.
 - *Albizzia guimmifera* est une essence pionnière (BLASER J., 1993). Une luminosité élevée stimule son implantation. L'existence d'individus de cette espèce atteignant 30 à 35 cm de diamètre indique la présence d'une trouée anciennement reconstituée. Selon le modèle de Rollet, la distribution des diamètres des essences de lumière devra être soit de type erratique soit en cloche très étalée, indiquant la rareté des jeunes bois (cf. annexe 7). Or, la figure ci-dessus exprime l'abondance des jeunes bois de 5 cm à 10 cm. Cela s'explique par la présence des trouées assez récentes engendrées par les différentes pressions.
 - La distribution des diamètres des restes des essences présentes met en évidence la diminution progressive du nombre d'individus avec l'accroissement en diamètre. Ce sont des essences de tempérament semi-héliophile à semi-sciaphile.
- Régénérations naturelles

Les essences ont un taux dépassant 2 000 %. Selon l'échelle de Rothe, les essences ayant un taux de régénérations naturelles supérieur à 1 000 % ont ainsi un potentiel de régénération très élevé.

Tableau 17 : Taux de régénérations naturelles des principales essences

Espèces	Taux de régénérations naturelles (%)	Echelle de Rothe (%)
<i>Dombeya lucida var. lucidopsis</i>	2 604,17	>1 000
<i>Uapaca densifolia</i>	2 525,25	>1 000
<i>Vaccinium sp.</i>	3 472,22	>1 000
<i>Protorhus ditimena</i>	8 333,33	>1 000

4.3.4. Genres indicateurs du suivi écologique

La forêt dense humide de moyenne altitude est aussi appelée forêt série à *Tambourissa* et à *Weinmannia* (HUMBERT et COURS DARNE, 1965 in WHITE, 1986). En son état primaire intact, ces genres sont les plus abondants et fréquents et caractéristiques de la forêt. Ils constituent dès lors des indicateurs-clé permettant de définir l'état de dégradation de la forêt primaire de la station forestière de Mandraka.

- Structure spatiale
 - Structure horizontale

Le genre *Tambourissa* est représenté dans la station par l'espèce *Tambourissa madagascariensis*. Le tableau suivant le décrit.

Tableau 18 : Caractéristiques dendrométriques de *Tambourissa*

Forêt Paramètres	F1	F2	F3	F4
Abondance (N/ha)	32	16	0	32
Dominance (m ² /ha)	0,08	0.03	0	0,10
Contenance (m ³ /ha)	0	0	0	0
D _{1,30} moyen (cm)	5.6	5	0	6.3
H _{tot} moyenne (m)	6.75	7	0	7.5

Son abondance plus élevée dans F1 et F4 indique qu'il s'adapte mieux dans les mi-versants. Ses caractéristiques dendrométriques sont semblables dans les trois types de forêt F1, F2, F4. Il peut être de tempérament sciophile avec une hauteur variant de 6,75 m à 7,5 m et un diamètre compris entre 5 cm et 6,3 cm. Il a besoin d'une ambiance forestière pour survivre. Actuellement, il est très rare suite aux perturbations de l'écosystème.

Deux espèces appartenant au genre *Weinmannia* sont recensées dans la station : *Weinmannia bojeri* et *Weinmannia minutiflora*. Elles sont plus abondantes que *Tambourissa madagascariensis*. Elles sont moins exigeantes en ambiance forestière. Leur densité est plus élevée dans F3 où l'exploitation forestière est minimale, avec une valeur de 152 N/ha.

Tableau 19 : Caractéristiques dendrométriques de *Weinmannia*

Forêt Paramètres	F1	F2	F3	F4
Abondance (N/ha)	8	88	152	72
Dominance (m ² /ha)	0,45	0,78	1,80	3,03
Contenance (m ³ /ha)	0	0	0	0
D _{1,30} moyen (cm)	26,9	10,5	12,5	23,2
H _{tot} moyenne (m)	10	10,5	8,95	12,5

Des individus de diamètre supérieur à 20 cm et de hauteur plus élevée sont observés dans F1 et F4, c'est-à-dire sur mi-versant. Plus dense en F4, la surface terrière de *Weinmannia* est de 3,03 m²/ha. Les individus n'atteignent pas tous le diamètre d'exploitabilité car ils sont encore en phase de croissance. Dans F1, il n'existe que 8 individus à l'hectare de *Weinmannia* suite aux anciennes coupes illicites.

- Structure des hauteurs

La figure suivante illustre la structure des hauteurs des deux genres.

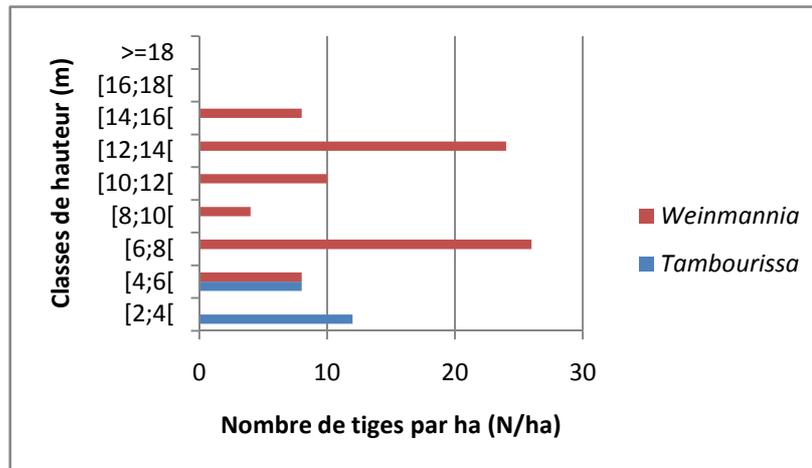


Figure 26 : Distribution des tiges des genres indicateurs par classes de hauteur

Si *Weinmannia* fait partie de la strate supérieure et des émergents, *Tambourissa* occupe plutôt la strate intermédiaire et arbustive. L'abondance élevée des tiges de *Weinmannia* dans les deux classes diamétriques s'explique par la variation de la hauteur moyenne avec la toposéquence. Sur crête, la plupart des individus ont une hauteur de 6 m à 8 m ; sur versant une hauteur de 12 m à 14 m.

- Tempérament des genres indicateurs

La figure de la structure totale suivant confirme le tempérament des genres indicateurs.

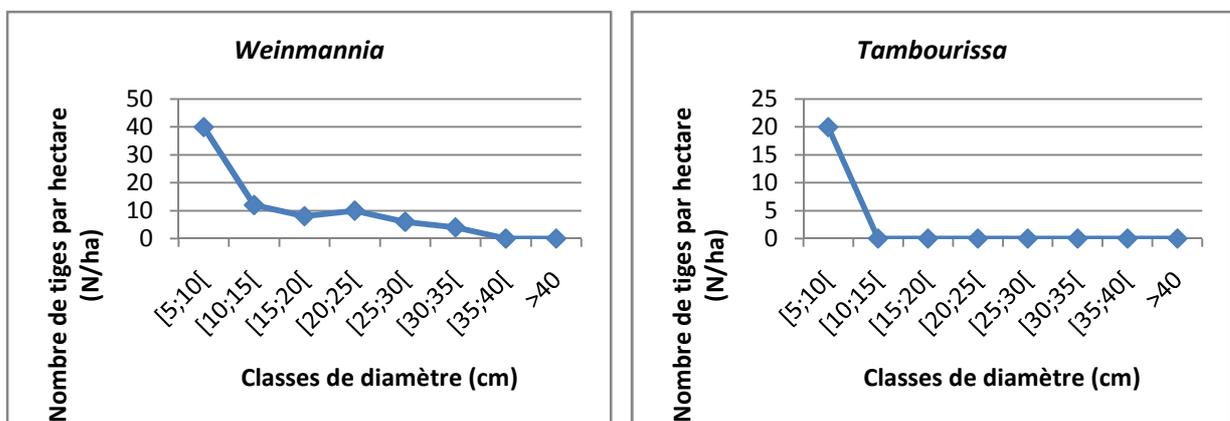


Figure 27 : Distribution des tiges des genres indicateurs par classes de diamètre

Tambourissa madagascariensis montre les caractéristiques d'une espèce de tempérament sciaphile de type sous bois. Tous les individus inventoriés ont un diamètre compris entre 5 cm et 10 cm. Par contre, les deux essences de *Weinmannia* sont semi-héliophile (cf. figure 27).

Le décroissement brusque du nombre de tiges à partir de 10 cm de diamètre confirme que *Weinmannia* fait partie des genres exploitées.

- Régénérations naturelles

Le pourcentage du nombre des régénérations naturelles par rapport à celui du semencier se résume dans le tableau ci-dessous.

Tableau 20 : Taux de régénérations naturelles des essences indicatrices (%)

Forêts Genres	F1	F2	F3	F4
<i>Tambourissa</i>	0	0	0	5 209
<i>Weinmannia</i>	0	3 787	0	0

Tambourissa ne se régénère que dans F4, *Weinmannia* dans F2. F3 ne présente ni individu adulte ni régénération naturelle du genre *Tambourissa*.

Weinmannia est un genre anémochore (RAZAFY, 1991). Ses graines sont très petites et ailées. Ceci explique l'inexistence des régénérations dans certains vestiges, les graines pouvant être transportées hors des reliquats.

4.4. Faune

4.4.1. Richesse faunistique

Lors des 32 observations effectuées, 27 espèces d'Oiseaux, 6 espèces de Reptiles, 3 espèces de Primates, une espèce de Carnivores et une espèce de Rongeurs ont été identifiées dans la station forestière. La station est riche en avifaune. Certaines espèces sont endémiques tels *Coua caerulea*, *Asio madascariensis*, *Neomixis tenella*, etc.

Malgré la rareté des espèces de Primates, 2 sur les 3 espèces sont inscrites dans la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN). *Hapalemur griseus griseus* est classée comme indéterminée, *Eulemur fulvus fulvus* comme espèce rare.

La seule espèce de Carnivore détectée est : *Galidia elegans elegans*. Le rongeur inventorié est l'espèce *Rattus rattus*.

Dans les vestiges de forêt, les espèces se répartissent comme suit :

Tableau 21 : Richesse faunistique

Taxons	Forêts									
	F1		F2		F3		F4		F	
	Espèces	Familles								
Oiseaux	11	9	15	11	20	13	15	10	27	15
Reptiles	2	1	3	1	4	1	2	1	6	2
Mammifères										
- Primates	3	2	2	2	1	1	0	0	3	2
- Carnivores	0	0	1	1	0	0	0	0	1	1
- Rongeurs	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1

Aucun Primates n'a été inventorié dans F4. Cela s'interprète par les deux passages de feu qui ont fait non seulement disparaître une grande partie de F4 mais aussi ont perturbé la faune à l'intérieur. Or, les

lémuriens ont besoin d'un vaste territoire pour vivre (ZICOMA, 2000). La superficie 0,42 ha de F4 n'est plus ainsi apte à les abriter

Au niveau des autres taxons, l'impact du feu sur la richesse spécifique n'est pas discerné. Ainsi, il peut être conclu que les Primates sont plus vulnérables aux perturbations et que leur présence constitue un indicateur de la bonne qualité de l'habitat.

4.4.2. Abondance

Le tableau suivant donne l'abondance de chaque taxon.

Tableau 22 : Nombre d'individus détectés par heure (ind/h)

Taxons	Densité linéaire (individus détectés par heure)							
	F1		F2		F3		F4	
	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne
Oiseaux	7,17	1,5	7,6	0,16	8	1	6,66	2
Reptiles	0	0,83	1,16	4,5	0,83	2	0,33	1,5
Mammifères								
- Primates	0,33	2	0,33	1	0	1	0	0
- Carnivores	0	0	0	0,5	0	0	0	0
- Rongeurs	0	0,5	0	0	0	0	0	0

Les Oiseaux et les Reptiles n'ont pas d'exigences particulières sur la qualité et la superficie de l'habitat. Pendant une durée égale de parcours, le nombre d'individus observé est presque le même dans les quatre reliquats forestiers. Durant la nuit, période de repos, les Reptiles sont facilement aperçus.

Les Primates sont rares dans la forêt. Durant une heure de parcours diurne, il est possible de ne détecter aucun individu. Mais lors d'une visite nocturne, l'observateur devrait apercevoir en moyenne un individu de *Microcebus rufus*.

Le test de corrélation de Spearman confirme l'absence de relation entre la densité des Oiseaux ou celle des Reptiles et la superficie forestière. Par contre, pour les Primates, le test affirme qu'à 95 % de chance, la relation entre leur abondance et la superficie des reliquats est significative (cf. annexe 9). La courbe se présente comme suit :

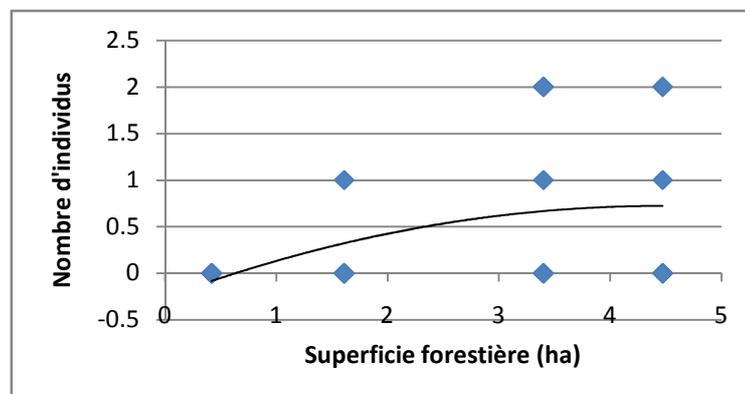


Figure 28 : Courbe de corrélation entre l'abondance des Primates et la superficie du reliquat

Les résultats concernant les Carnivores et les Rongeurs ne sont pas fiables. En effet, la majorité des individus de petite taille n'ont pas pu être détectés étant donné que les observations effectuées concernent tous les taxons existants.

En convertissant les valeurs obtenues dans le tableau ci-dessus par le nombre d'individus par mètre, les résultats apparaissent comme suit :

Tableau 23 : Nombre d'individus détectés par mètre (ind/m)

Taxons	Densité linéaire (individus détectés par m)							
	F1		F2		F3		F4	
	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne	Diurne	Nocturne
Oiseaux	0,057	0,012	0,06	0,0012	0,064	0,008	0,053	0,016
Reptiles	0	0,0066	0,0093	0,036	0,0066	0,016	0,0026	0,012
Mammifères								
- Primates	0,0026	0,016	0,0026	0,008	0	0,008	0	0
- Carnivores	0	0	0	0,004	0	0	0	0
- Rongeurs	0	0,004	0	0	0	0	0	0

Les Oiseaux diurnes sont abondants dans F3 avec une valeur de 0,064 ind/ha. Mais pour les Reptiles, F2 en est riche et renferme 0,0093 ind/m.

Le nombre de Primates nocturnes détectés dans F1 est supérieur à celui des autres reliquats.

Au sein de chaque taxon, quelques espèces prédominent. Leur abondance est résumée dans le tableau ci-dessous.

Tableau 24 : Densité linéaire des espèces faunistiques les plus abondantes

Reliquats forestiers	Densité	Oiseaux		Reptiles		Primates		
		<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	<i>Nesillas typica</i>	<i>Calumma globifer</i>	<i>Calumma brevicornis</i>	<i>Microcebus rufus</i>	<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	<i>Hapalemur griseus griseus</i>
F1	ind/h	1,83	1	2	0,5	1	0,33	0,17
	ind/m	0,014	0,008	0,016	0,004	0,008	0,0026	0,0013
F2	ind/h	1,5	0,33	0	0,66	1	0	0,5
	ind/m	0,012	0,0026	0	0,0053	0,008	0	0,004
F3	ind/h	1,33	1	0,5	0,83	0	0,5	0
	ind/m	0,10	0,008	0,004	0,0066	0	0,004	0
F4	ind/h	1,66	0,83	1	0	0	0	0
	ind/m	0,013	0,0066	0,008	0	0	0	0

Hypsipetes madagascariensis et *Nesillas typica* se répartissent de façon régulière dans la station. Mais pour les Reptiles, les deux espèces n'ont pas été détectées dans tous les vestiges : aucun individu de *Calumma globifer* n'a été recensé dans F2 et dans F4 pour *Calumma brevicornis*.

Parmi les Primates, *Microcebus rufus* est le plus abondante. F1 et F2 sont les plus riches en Primates car leur superficie est plus élevée par rapport à celle des autres.

4.4.3. Niveau de détection des espèces les plus abondantes

La figure 29 exprime que le niveau de détection varie en fonction de l'espèce et du reliquat.

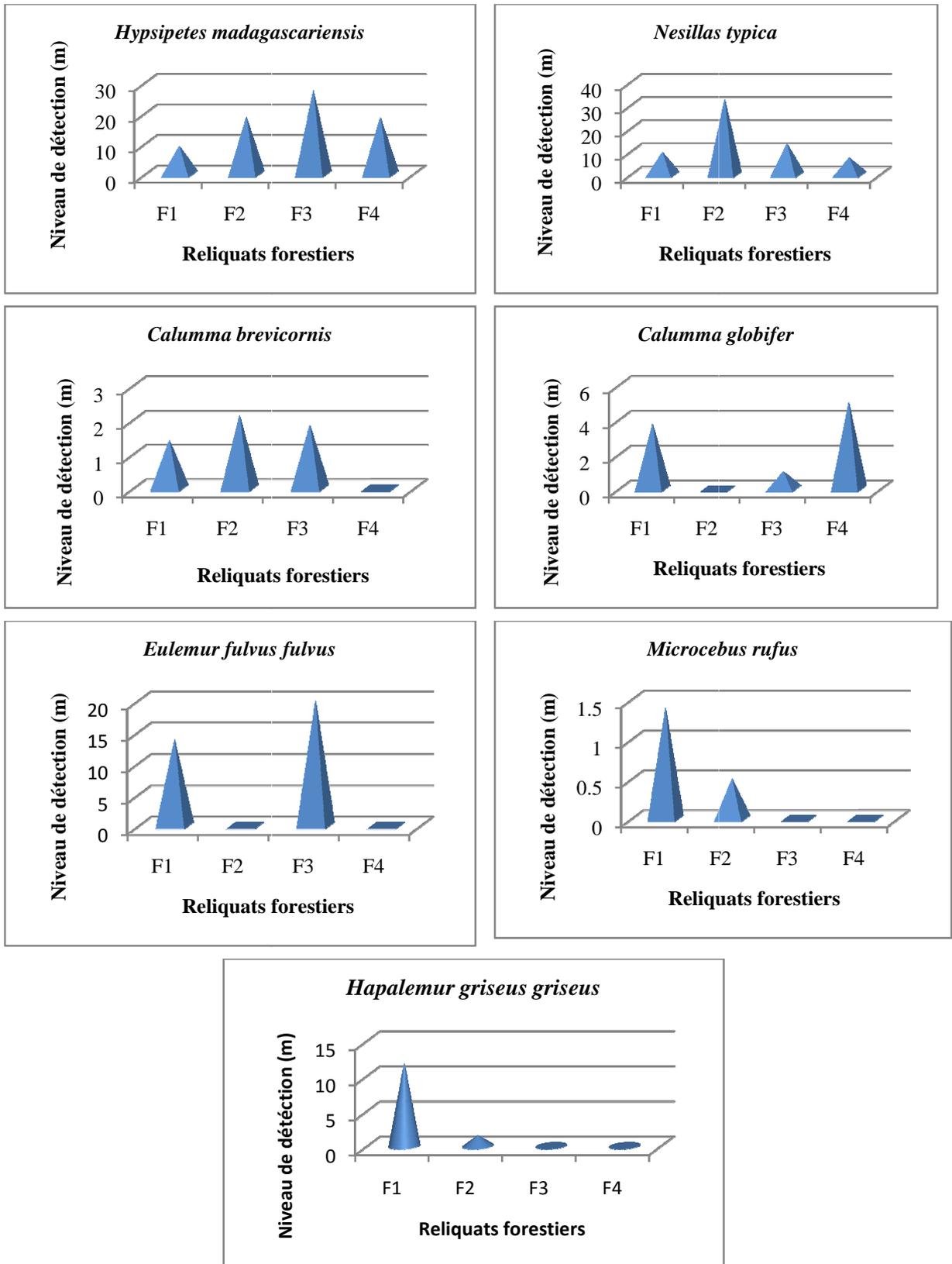
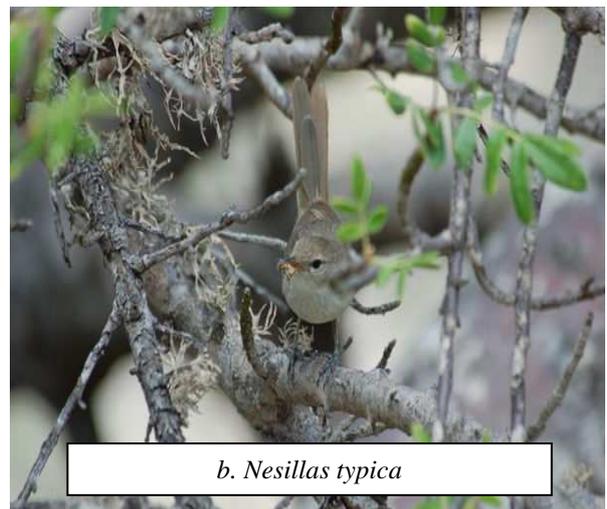


Figure 29 : Niveau de détection des espèces faunistiques les plus abondantes

Dans F2 et F3, *Hypsipetes madagascariensis* et *Nesillas typica* peuvent être détectées jusqu'à 27,5 m et 32,5 m de l'observateur. Leurs cris sont facilement entendus sur les crêtes que sur les versants.

Les espèces de taille minime telle *Calumma globifer*, *Calumma brevicornis* et *Microcebus rufus* sont difficiles à discerner et ne sont vues qu'à quelques mètres de l'observateur. De plus, les Reptiles prennent la couleur du milieu.

Le niveau de détection de *Calumma globifer* dans F1 et F4 est de trois fois plus que ce dans F3 étant donné que F1 et F4 sont moins denses en végétation et la vision y est plus dégagée et facile. Le niveau est très élevé dans F4 avec une valeur de 5 m due à l'existence des trouées d'exploitation. Le même cas se présente chez *Microcebus rufus* et *Hapalemur griseus griseus*. Son niveau de détection dans F1 est supérieur à ce dans F2.



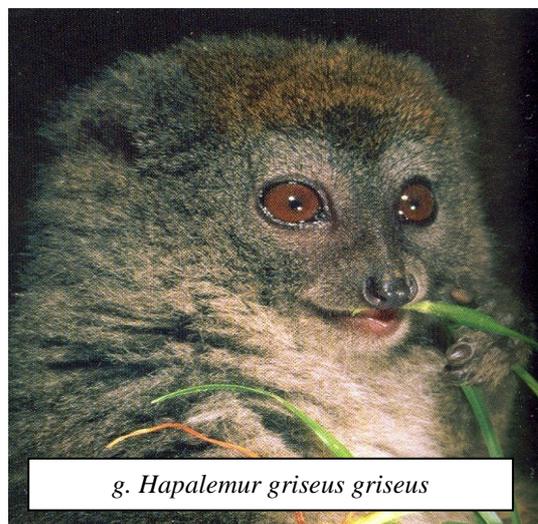
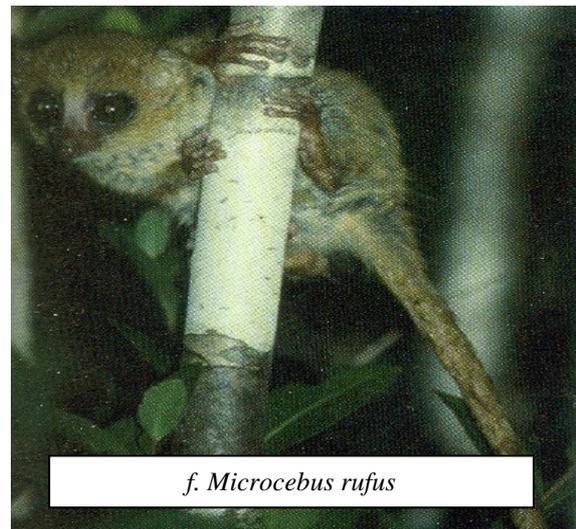


Photo 3 : Faune abondante dans la station forestière

Source : (a) WAYTAIL in www.iucnredlist.org, (b) JEAN-MICHEL in www.oiseaux.net.nesilla, (c) – (d) YVES in www.reptiles.passion.free.fr, (e) – (f) – (g) MITTERMEIER *et al*, 1994

4.5. Viabilité

Les résultats précédents renseignent les pressions pesant sur la forêt et leur influence sur l'état écologique actuel de la forêt. En combinant ces critères, cette partie détermine la viabilité de la cible de conservation, qui est la forêt primaire de la station forestière de Mandraka, à partir de l'estimation de la viabilité de trois facteurs suivant: taille, condition, contexte spatial et du degré de pressions et menaces.

Le tableau suivant met en évidence la viabilité de la forêt.

Tableau 25 : Mesure de la viabilité des facteurs

Facteurs	Critères de viabilité	Valeur obtenue	Valeur de référence	Lieu de référence	Niveau de viabilité ou de menace	Niveau moyen de viabilité
Taille	Superficie (ha)	9,91	7 (1)		Bonne	Moyenne
	Densité du peuplement (N/ha)	2 312	3 290	Angavo (2)	Moyenne	
	Densité relative de <i>Microcebus rufus</i> (individus/m)	0,004	0,0052	Analamazaotra (1)	Moyenne	
Condition	Nombre d'espèces floristiques	73	85	Maromizaha (5)	Moyenne	Bonne
	Coefficient de mélange	1/5	1/10	Forêt dense humide de montagne (3)	Moyenne	
	Nombre de strates	>3	>3	Maromizaha	Très bonne	
	Hauteur totale maximale des émergents	19	15	Ranomafana (4)	Très bonne	
	Surface terrière (m ² /ha)	23,10	20 - 50	Forêt dense humide de montagne	Bonne	
	Taux de régénérations naturelles (%)	2 075,53	100	Echelle de Rothe	Très bonne	
Contexte spatial	Superficie du fragment forestier (ha)	0,42 – 4,47	7 (1)		Faible	Faible
Pressions et menaces	Nombre de souches de coupes illicites	61	0		Moyenne	Moyenne
	Nombre d'arbres portant de lianes	28	0		Basse	
	Superficie envahie par les lianes (m ²)	218,75	0		Moyenne	
	Superficie brûlée (ha)	1,8	0		Moyenne	
	Nombre de trous de collecte de <i>Dioscorea sp.</i>	43	0		Basse	

Sources:

- (1) World conservation monitoring centre, 1990
- (2) FARAMALALA *et al* in ROGER *et al*, 2007
- (3) RAJOELISON, 2007
- (4) RATSIMISSETRA in ROGER *et al*, 2007
- (5) RAFIDISON in ROGER *et al*, 2007

D'après la catégorisation de *The nature conservancy*, la forêt primaire est moyennement viable en tenant compte des trois premiers facteurs. Les pressions sont encore moyennes et n'affectent pas beaucoup le processus écologique, l'écosystème est viable à moyen terme. Mais à long terme, si les pressions s'accroissent, il existe un risque de disparition de la forêt primaire.

La contrainte principale qui nuit la viabilité de la forêt est la surface très réduite de chaque fragment qui n'est plus apte à abriter les Primates.

**** § ****

DISCUSSIONS

5. DISCUSSIONS

5.1 Méthodologie

La stratification de la forêt est difficile durant la conception des méthodes d'inventaire forestier puisque il n'existe pas des bases données disponibles pour classer les reliquats. Ainsi, elle a été basée sur l'hypothèse suivante: les reliquats ont appartenu à un massif forestier de moyenne altitude de 800 m à 1 800 m et sont considérés comme une unité homogène. La superficie totale des parcelles permanentes d'observation est fixée à 1 ha.

Les résultats sus mentionnés dévoilent que les quatre vestiges de forêt primaire présentent une structure floristique et faunistique similaire même si les principales pressions y présentes diffèrent. La superficie totale des échantillons est ainsi suffisante pour être représentative de la forêt.

Ce constat révèle aussi que les pressions sont encore faibles, elles n'ont pas trop perturbé le processus écologique de la forêt.

5.2 Pressions

Le principal facteur des pressions anthropiques est l'insuffisance de terre favorable à l'agriculture. La productivité et les revenus issus de l'agriculture sont significativement inférieurs à ceux de l'exploitation forestière. L'agriculture tient la seconde place des activités sources de revenu par ordre d'importance. Les recettes agricoles au niveau des ménages sont de l'ordre de 7 000 Ar à 1 878 000 Ar. Par contre, l'exploitation forestière représente plus de la moitié des recettes monétaires annuelles pour l'ensemble des ménages. Les recettes sont de l'ordre de 17 500 Ar à 6 300 000 Ar (RAMAMONJISOA, 2008). C'est ainsi que certains paysans, propriétaires de terres, ne cultivent pas et se contentent uniquement de l'exploitation forestière. Ils collectent *Dioscorea sp.* durant la période de soudure, c'est-à-dire durant l'été (novembre à mars) pendant laquelle la RN2 est temporairement fermée à cause des inondations. L'entrepreneur ne peut pas joindre Mandraka pour payer les salariés. Rares sont les travaux de construction de bâtiments ainsi que les bois vendus, le charbonnage difficile à cause de l'humidité.

Les coupes illicites sont alors la pression menaçante de la forêt. De plus, l'interdiction d'exploitation dans les forêts naturelles privées incitera les prélèvements de bois dans les forêts domaniales et dans la station forestière. Puis les lianes qui pourront faire disparaître F1 au fil des années. Actuellement, elles commencent à s'installer dans F4 suite aux coupes illicites. Leur prolifération est le résultat d'une absence de traitement sylvicole après les perturbations.

Les feux de forêts se font désormais rares mais ils font disparaître rapidement une vaste étendue de la forêt. Les effets de la collecte de *Dioscorea sp.* ne sont pas bien tangibles.

5.3. Flore et végétation

Les coupes illicites anciennes ont influencé l'état écologique actuel de la forêt primaire. Le peuplement est jeune ; la quantité de bois exploitables est moindre. L'impact des pressions récentes n'est pas encore bien visible. C'est la raison pour laquelle les quatre reliquats présentent un état écologique similaire.

Après le classement de la forêt primaire de Mandraka en station forestière, sa superficie se trouve maintenue par rapport aux autres occupations environnantes. Les traces des anciennes coupes illicites sont actuellement cicatrisées soit par les essences héliophiles soit par les lianes.

La végétation présente aussi des caractères physiologiques et biologiques liés à l'exposition topographique. L'altitude, le type de sol, la lumière varient à chaque toposéquence. Sur les crêtes, le peuplement est dense mais les arbres ont de diamètre réduit et sont rabougris. En descendant sur les versants, les individus tendent à croître leur taille et à s'écarter les uns des autres. En outre, la distribution des tiges par classes de diamètre et de hauteur exprime une diminution de l'effectif des tiges avec l'accroissement en diamètre, caractéristique d'une forêt primaire.

Sur le plan floristique, neuf parmi les quinze genres caractéristiques de la forêt montagnarde humide de l'est listés par WHITE. en 1986 y sont rencontrés tels : *Tambourissa*, *Weinmannia*, *Grewia*, *Dombeya*, *Eugenia*, *Dilobeia*, *Schefflera*, *Vernonia* et *Protorhus*. Les trois derniers constituent les genres les plus abondants. La forêt primaire a préservé une potentialité floristique.

5.4. Faune

La forêt abrite trois classes de faune. RATSIRARSON, en 1999, (in RALISON, 2001) a inventorié 62 espèces d'Oiseaux, 16 espèces de Sauriens, 4 espèces de Primates, une espèce de Carnivores et 6 espèces de Rongeurs. Les 32 observations sont insuffisantes afin de les recenser toutes. Le nombre des espèces détectées dans cette recherche est plus réduit : 27 espèces d'Oiseaux, 6 espèces de Sauriens, 3 espèces de Primates, une espèce de Carnivores et une espèce de Rongeurs. Le niveau de détection de l'animal reflète bien l'état de la forêt. Il est plus élevé dans les peuplements dégagés et bas dans les peuplements denses.

Les trois espèces de Primates (*Microcebus rufus*, *Eulemur fulvus fulvus*, *Haplemur griseus*), dans le corridor Mantadia-Zahamena, peuvent survivre dans les fragments forestiers de surface réduite (ZICOMA, 2000). Cela peut aussi être la raison pour laquelle elles subsistent dans la forêt de Mandraka. Par contre, certaines espèces ont migré. L'absence de Primates dans F4 indique qu'il existe une superficie minimale tolérable aux Primates.

A propos des Reptiles, deux nouvelles espèces ont été découvertes durant l'inventaire faunistique effectué : *Furcifer lateralis* et *Calumma globifer*.

5.5. Viabilité

L'analyse de la viabilité évoque que d'une manière générale, la forêt en tant qu'écosystème est viable même si les pressions ont réduit la diversité floristique. Mais, la superficie très restreinte des vestiges forestiers risque de faire disparaître les essences caractéristiques de l'écosystème comme *Vaccinium sp.* dont la dissémination des graines est assurée par les lémuriens et de changer dans le temps la composition floristique de la forêt. La viabilité de certaines essences est menacée. De ce fait, si le degré de pressions s'élève et réduit la superficie forestière, la pérennité de la forêt sera menacée.

5.6. Hypothèses

A partir des résultats et interprétations précédemment exposés, les deux hypothèses émises sont bien vérifiées. L'hypothèse 1 « la forêt n'est soumise à aucune pression » est rejetée parce que des pressions anthropiques et biologiques persistent dans la forêt. Les coupes illicites ont entamé non seulement la richesse en bois exploitables mais aussi la richesse spécifique de la forêt. *Tambourissa*, genre sciaphile et indicateur de la bonne qualité de la forêt, ne supporte plus la quantité élevée de lumière pénétrant dans les trouées d'exploitation et tend à disparaître. Dans F4, aucun lémurien n'est recensé à cause du passage des feux qui a fait détruire 1,80 ha de la végétation. Ce reliquat n'est plus capable à abriter les lémuriens. De plus, les lianes colonisent les arbres. Enfin, les trous de collecte de *Dioscorea sp.* détruisent les régénérations naturelles.

Par contre, l'hypothèse 2 « malgré les exploitations forestières anciennes, la forêt se reconstitue » est acceptée. La surface de F1, F2 et F3 est maintenue ; les anciennes trouées sont cicatrisées. Concernant la structure, les jeunes bois de 5 cm à 10 cm de diamètre sont abondants. La forêt présente les caractéristiques de l'état climacique de la forêt montagnarde humide de l'est : diminution de la hauteur des arbres, peuplement pluristratifié (BATTISTINI *et al.*, 1986), troncs rarement droits (WHITE, 1986). Les essences sciaphiles sont nombreuses. Le taux de régénération est supérieur à 1.000 %. La forêt reste riche en faune disséminatrice de graines. La forêt s'enrichit en flore par l'intermédiaire des régénérations naturelles et est encore viable.

**** § ****

RECOMMENDATIONS

6. RECOMMANDATIONS

6.1. Proposition d'un plan d'aménagement simplifié

6.1.1 Contexte

Dans la région de Mandraka, la forêt primaire joue un rôle primordial dans la protection des talus. Or, elle a été soumise à des exploitations forestières illicites et à des défrichements. C'est ainsi, qu'elle a été classée en station afin de la conserver et de réhabiliter les zones dégradées. Néanmoins, ce classement n'a pas pu faire disparaître les pressions anthropiques. La population s'y procure encore, malgré que tout prélèvement y est interdit, des bois de construction et des tubercules de *Dioscorea sp.*, entre autres.

Il est indéniable que l'exploitation forestière demeure la principale activité économique de la population locale étant donné que la topographie de la région ne s'adapte pas à l'agriculture. Les coupes illicites restent nombreuses dans F4 où la station n'est pas délimitée. L'abattage des arbres ne suivant aucune technique ni direction y crée des trouées d'exploitation. D'autre part, les ignames sont collectées pour la consommation quand la vente des produits forestiers (charbon, bois de chauffage, bois de construction) se réduit. Enfin, les anciennes exploitations intenses dans F1 favorisent le développement des lianes héliophiles sur les trouées. Actuellement, ces dernières envahissent la forêt.

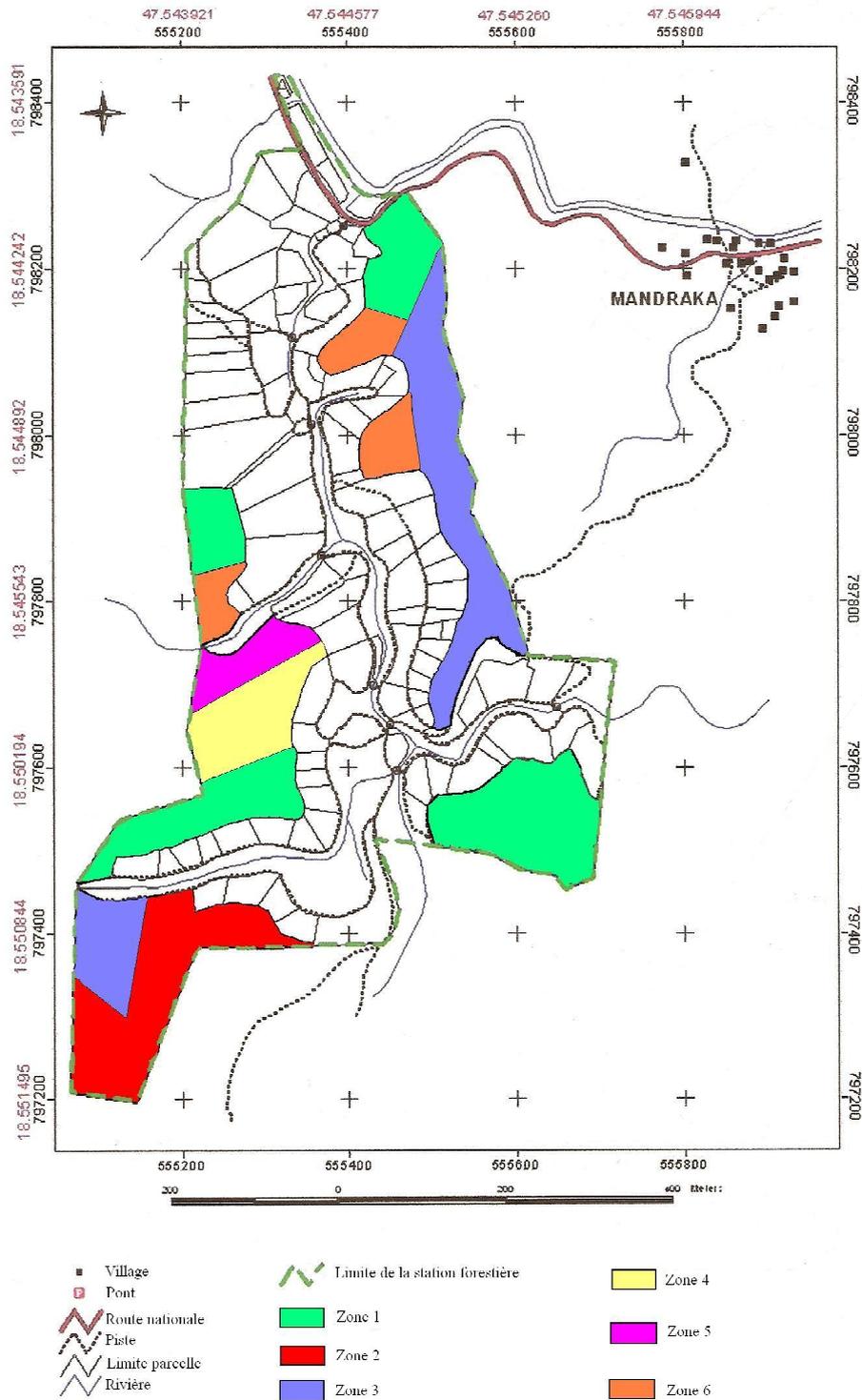
Il en résulte que les essences caractéristiques de la forêt et leurs régénérations deviennent rares. Les arbres sont encore en phase de croissance et de petite taille. Seuls 8 individus par hectare atteignent le diamètre minimal d'exploitabilité. Par contre, la forêt possède encore des potentialités en flore et faune même si les Primates ont déserté F4. Les régénérations naturelles sont denses et riches en espèces ; les essences sciaphiles et héliophiles nomades dominent le peuplement.

6.1.2. Objectifs

Mis en cohérence avec les objectifs de la station, l'objectif principal de cet aménagement est d'améliorer la viabilité de la forêt primaire de Mandraka. La forêt constitue l'abri par excellence des espèces faunistiques et floristiques. Elle protège le sol contre l'érosion hydrique par ses systèmes racinaires et ses houppiers. Afin d'atteindre cet objectif, les activités d'aménagement doivent aboutir aux deux objectifs spécifiques suivants : reconstituer l'écosystème forestier, réduire de façon notable les pressions.

6.1.3. Schéma d'aménagement

Si tels sont les objectifs principaux de ce plan d'aménagement, le schéma suivant illustre le zonage de la forêt primaire de la station forestière en fonction des objectifs spécifiques attribués à chaque zone.



Carte 6 : Schéma d'aménagement

Source : Coordonnées GPS Auteur

Chaque zone a ses propres pressions potentielles et aussi ses objectifs d'aménagement qui lui sont propres d'après le tableau qui suit.

Tableau 26 : Objectifs et stratégies d'aménagement pour chaque zone

Zone	Pressions potentielles	Objectifs d'aménagement	Stratégies
1	Aucunes	Eviter les pressions	Fourniture à la population locale d'autres activités génératrices de revenu
2	Feux de forêts	Contrôler les cultures sur brûlis	Collaboration entre ESSA Forêts et les paysans dans la mise en place de nouvelles techniques agricoles
3	Coupes illicites	Réduire les effets néfastes des coupes sur le peuplement	Améliorer l'état du peuplement
4	Envahissement des lianes	Inhiber la croissance des lianes	Enlèvement des lianes Accroître le recouvrement de la canopée
5	Envahissement des lianes, collecte de <i>Dioscorea sp.</i>	Inhiber la croissance des lianes Réduire les effets néfastes de la collecte de <i>Dioscorea sp.</i>	Enlèvement des lianes Augmenter le recouvrement de la canopée Eliminer les trous de collecte
6	Collecte de <i>Dioscorea sp.</i>	Réduire les effets néfastes de la collecte	Eliminer les trous de collecte

6.1.4. Résultats attendus

Au vu de ces objectifs, les résultats attendus de ce plan d'aménagement simplifié sont :

- que la dynamique de la forêt soit favorisée ;
- que la forêt soit riche en régénération des essences caractéristiques de la forêt montagnarde humide de l'est ;
- que la forêt soit aménagée périodiquement en fonction de son état écologique ;
- que d'autres activités génératrices de revenu soient fournies à la population locale ;
- que le système de contrôle des pressions soit renforcé dans la station forestière.

6.1.5. Activités à entreprendre

Les activités à entreprendre sont axées sur trois niveaux : sur le plan socio-économique, sur la station forestière, sur la forêt primaire.

- Socio-économie

La plupart des paysans sont des salariés en exploitation forestière. Leurs salaires sont relativement bas. Durant l'été, le marché est très limité. De ce fait, les activités à proposer serviront à fournir aux exploitants forestiers des ressources de bois et d'autres activités génératrices de revenu durant la période de soudure.

- Continuer et élargir le projet d'aménagement des bassins versants en intégrant des exploitants forestiers parmi les paysans pilotes. La vulgarisation d'une technique agricole à haute productivité incitera ces paysans à réduire l'exploitation des ressources forestières. Les exploitants forestiers cibles sont ceux propriétaires de terres sur mi ou bas versant et motivés.

- Vulgariser le reboisement d'essences exotiques qui offrira aux exploitants salariés leurs propres ressources de bois et évitera l'exploitation dans la station. Il sera effectué sur les crêtes où l'agriculture n'est pas adaptée. L'*Eucalyptus robusta* est l'essence la plus utilisée dans la région (RAJOELISON *et al*, 2007). Elle croît rapidement. Elle émet de rejets et peut être utilisée en charbonnage mais la prise de décision est confiée à chaque exploitant. Le Département des Eaux et Forêts sera le responsable de la production de plants. Ceux-ci seront plantés en quinconce pour réduire l'érosion.

- Station forestière

Les coupes illicites sont abondantes là où la forêt est proche des sentiers principaux, confondue avec les terrains appartenant à des privés. En outre, l'agent forestier ne peut pas, à lui seul, procéder efficacement à des patrouilles périodiques de la station. Dès lors, il s'avère nécessaire de :

- délimiter la station par des panneaux interdisant formellement l'accès et les prélèvements ;
- réaliser des patrouilles journalières inopinées, c'est-à-dire à des horaires irréguliers, de la station forestière. Compte tenu de la superficie des quatre reliquats forestiers, il est indispensable d'embaucher un nouvel agent forestier pour aider l'ancien.

- Forêt primaire

Eu égard à son état écologique, pour reconstituer la forêt, il est à préconiser :

- le délianage annuel : les lianes inhibent la croissance de leurs supports. Il faut les couper au ras du sol. Pour éviter leur multiplication, dégager les trouées créées par le délianage. Puis, enrichir les trouées en plantant des plants à forte densité, caractéristiques de l'écosystème citées par WHITE afin de réhabiliter la forêt et de fournir de nourriture aux faunes caractéristiques. Ces espèces sont : *Tambourissa madagascariensis*, *Weinmannia sp.*, *Dombeya lucida var. lucidopsis*, *Dilobeia thouarsii*, *Vernonia pectoralis*, *Eugenia sp.*, *Protorhus sp.*, *Grewia apelata*, *Schefflera voantsilana*. Mais le choix définitif de ces espèces sera fonction de la réalisation et du résultat d'un essai d'enrichissement. Le délianage et le dégagement des trouées seront confiés aux agents forestiers. Par contre, l'enrichissement doit être initié et assisté par le Département des Eaux et Forêts ;
- l'enrichissement en placeaux des trouées d'exploitation pour éviter l'envahissement des lianes héliophiles. Le dégagement de sous bois est aussi impératif. Les techniques d'enrichissement sont les mêmes que celles après délianage ;

- l'exploitation régulière des arbres atteignant le diamètre minimal d'exploitabilité : elle fonctionne comme une éclaircie rajeunissant le peuplement. Les bois seront valorisés. L'exploitation sera réalisée par les agents forestiers. Les arbres seront coupés au ras de terre suivant une direction où les dégâts d'abattage et de débardage seront moindres. Après, les trouées d'exploitation devront être dégagées et enrichies ;
- le remblai des trous de collecte de *Dioscorea sp.*
- la réalisation d'un suivi écologique permanent. Il consiste au contrôle régulier de l'état écologique du peuplement afin d'en dégager la tendance évolutive de la forêt face aux aspects environnants. Le Département des Eaux et Forêts pourra réaliser le suivi journalier des feux en collaboration avec l'Université de Maryland aux Etats-Unis pour recevoir périodiquement les coordonnées géographiques des feux.
- La réorientation du plan d'aménagement en fonction des résultats du suivi écologique.

6.1.6. Cadre logique (cf. tableau 27)

6.1.7. Autres recommandations

Outre les activités d'aménagement, d'autres interventions améliorant la vie de la population locale et rendant cette population bénéficiaire de la création de la station sont vitales.

Il faut développer des microprojets de développement local générateurs de revenu comme l'apiculture en collaboration avec l'ESAPP. Pour être efficace et pleinement accepté, le type de projets doit dans la mesure du possible, répondre aux besoins et aux attentes de cette population.

Un partenariat avec des bailleurs de fonds s'avère aussi essentiel pour une valorisation des services d'écosystème. Le marché de carbone est actuellement bien développé sur le plan international pour offrir des ressources financières à la population de Mandraka.

Des recherches sur la possibilité d'une réalisation de reproduction végétative des essences caractéristiques de l'écosystème s'avèrent aussi nécessaires.

Tableau 27 : Cadre logique d'aménagement (cf. carte 6)

Objectifs	Résultats attendus	Activités d'aménagement	Zones concernées	Indicateurs objectivement vérifiables	Acteurs	Echéance
Reconstituer l'écosystème forêt	La dynamique de la forêt est favorisée	Exploitation des arbres atteignant le diamètre d'exploitabilité	1, 2, 3, 4, 5, 6	Volume de bois exploités	Agent forestier, Département des Eaux et Forêts	A long terme
		Dégagement des trouées d'exploitation	Zone 3	Surface dégagée	Agents forestiers	Au début de l'enrichissement
		Délianage annuel	1, 2, 3, 4, 5, 6	Nombre des arbres ou surface subis par le délianage	Agents forestiers	A long terme
		Remblai des trous de collectes de <i>Dioscorea sp.</i>	4, 5	Nombre de trous remblayés	Agents forestiers	A moyen terme
	La forêt est riche en régénération des essences caractéristiques de la forêt montagnarde de l'est	Enrichissement des surfaces subis par le délianage	4	Surface enrichie	Agent forestier, Département des Eaux et Forêts	Au début de la période de pluie
		Enrichissement des trouées d'exploitation	1, 2, 3, 4, 5, 6	Surface enrichie	Agent forestier, Département des Eaux et Forêts	Au début de la période de pluie
		Essai de reproduction végétative		Plants produits	Département des Eaux et Forêts	A moyen terme
	La forêt est aménagée en fonction de son état écologique	Suivis écologiques permanents	1, 2, 3, 4, 5, 6	Etat écologique actuel	Agents forestiers	A long terme
		Aménagement en fonction des résultats de suivis écologiques	Région Mandraka	Activités d'aménagement réalisées	Département des Eaux et Forêts	A long terme

Objectifs	Résultats attendus	Activités d'aménagement	Zones concernées	Indicateurs objectivement vérifiables	Acteurs	Echéance
Réduire les pressions	D'autres activités génératrices de revenu sont fournies à la population locale	Aménagement des bassins versants	Versants de la région Mandraka	Surface aménagée	Département des Eaux et Forêts, exploitants forestiers	Une année
		Reboisement d'essences exotiques	Crêtes de la région Mandraka	Superficie reboisée	Département des Eaux et Forêts, exploitants forestiers	A moyen terme
	Le système de contrôle des pressions est renforcé dans la station forestière	Délimitation de la station forestière	Station forestière	Surface délimitée	Agent forestier	Pendant la période de végétation
		Patrouille journalière de la station	Station forestière	Fréquence des patrouilles	Agent forestier	A long terme

6.2. Plan de suivi écologique permanent

6.2.1. Objectif

L'objectif du suivi écologique est de détecter les tendances de la situation environnementale de la forêt sur la base des indicateurs adéquats. Le suivi se fera périodiquement. Après avoir caractérisé l'état actuel de la forêt, ce plan est vital pour la mise en œuvre des différentes activités de suivi. Celles-ci seront de préférence effectuées sur les quatre parcelles d'inventaire forestier déjà délimitées.

6.2.2. Critères de choix des indicateurs

Trois cibles seront sujettes du suivi écologique : l'habitat qui est la forêt primaire de la station forestière de Mandraka, la biodiversité englobant la faune et la flore, les pressions. Des indicateurs seront choisis pour chaque cible. Il faudra qu'ils reflètent l'état des cibles. Ils devront être mesurables, précis et sensibles à toute modification des conditions environnantes. Ainsi, pour le suivi de la biodiversité, les deux espèces floristiques caractéristiques de la forêt sont retenues comme indicateurs.

6.2.3. Résultat attendu

Le résultat attendu de ce plan est l'évaluation dans le temps des trois cibles : la viabilité de la forêt, le degré de pression, la biodiversité.

6.2.4. Périodicité

Le suivi de la flore et de l'habitat devrait avoir lieu durant la période de végétation pour collecter le maximum d'informations et pour faciliter la délimitation de la forêt. La période d'observation de la faune devrait être identique à celle dont l'état de référence est défini, qui est le mois d'avril. L'objectif en est de pouvoir comparer de façon synoptique les deux états successifs. Il serait avantageux aussi d'inventorier les pressions le mois d'avril : après la période de soudure durant laquelle la collecte de *Dioscorea sp.* est plus fréquente. Pour le feu, un suivi journalier est possible en consultant les alertes journalières de *Global Fires*. Les coordonnées géographiques des feux seront disponibles après l'adhésion du Département des Eaux et Forêts sur son site web.

6.2.5. Conduite du suivi écologique

Le tableau suivant détaille les facteurs clés de chaque cible de suivi écologique à évaluer.

Tableau 28 : Détail du plan de suivi écologique

Cibles	Facteurs clés	Indicateurs	Unités	Méthodes de collecte de données	Période	Fréquence	Matériels
Habitat : forêt primaire	Structures	Surface	Ha	Levée à l'aide d'un GPS	Période de végétation	Quinquennale	GPS
		Richesse floristique	Nombre d'espèces par surface inventoriée	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
		Densité	N/ha	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
		Quantité de bois exploitables	m ³ /ha	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Compas forestier
		Degré de couverture	%	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Jalon, chevillière
		Distribution des hauteurs	Nombre d'individus par classe de hauteur	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Haga
		Distribution des diamètres	Nombre d'individus par classes de diamètre	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Ruban dendrométrique, compas forestier

Cibles	Facteurs clés	Indicateurs	Unités	Méthodes de collecte de données	Période	Fréquence	Matériels
Habitat : forêt primaire	Régénérations naturelles	Composition floristique	Nombre d'espèces inventoriées	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
		Répartition des espèces dans les quatre compartiments	%	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
		Densité	N/ha	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
		Fréquence	%	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
	Principales essences (cf. tableau 15)	Densité	N/ha	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
		Volume de bois exploitables	m ³ /ha	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Compas forestier
		Structure des hauteurs	Nombre de tiges par classes de hauteur	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Haga
		Structure totale	Nombre de tiges par classes de diamètre	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Ruban dendrométrique, compas forestier
		Taux de régénérations naturelles	%	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	

Cibles	Facteurs clés	Indicateurs	Unités	Méthodes de collecte de données	Période	Fréquence	Matériels
Flore	<i>Tambourissa</i>	Densité	N/ha	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
		Structure des hauteurs	Nombre de tiges par classes de hauteur	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Haga
		Structure totale	Nombre de tiges par classes de diamètre	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Ruban dendrométrique, compas forestier
		Taux de régénérations naturelles	%	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
	<i>Weinmannia</i>	Densité	N/ha	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
		Structure des hauteurs	Nombre de tiges par classes de hauteur	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Haga
		Structure totale	Nombre de tiges par classes de diamètre	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	Ruban dendrométrique, compas forestier
		Taux de régénérations naturelles	%	Inventaire forestier	Période de végétation	Quinquennale	
Faune	<i>Microcebus rufus</i>	Densité linéaire	Individus/heure Individus/m	Distance sampling	Avril	Annuelle	Deux lampes frontales
		Niveau de détection	m	Distance sampling	Avril	Annuelle	Deux lampes frontales
	<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	Densité linéaire	Individus/heure Individus/m	Distance sampling	Avril	Annuelle	
		Niveau de détection	m	Distance sampling	Avril	Annuelle	
	<i>Haplemur griseus</i>	Densité linéaire	Individus/heure Individus/m	Distance sampling	Avril	Annuelle	
		Niveau de détection	m	Distance sampling	Avril	Annuelle	

Cibles	Facteurs clés	Indicateurs	Unités	Méthodes de collecte de données	Période	Fréquence	Matériels
Pressions	Coupes illicites	Abondance	Nombre de souches	Inventaire	Avril	Annuelle	
		Diamètre moyen d'exploitation	cm	Inventaire	Avril	Annuelle	Ruban dendrométrique
		Hauteur moyenne d'abattage	m	Inventaire	Avril	Annuelle	Ruban métrique
		Essences exploitées		Inventaire	Avril	Annuelle	
	Envahissement des lianes	Abondance	Nombre d'arbres ports	Inventaire	Avril	Annuelle	
		Surface envahie	m ²	Délimitation	Avril	Annuelle	GPS
		Nombre d'espèces de lianes		Inventaire	Avril	Annuelle	
	Collecte de <i>Dioscorea sp.</i>	Abondance des trous	Nombre de trous	Inventaire	Avril	Annuelle	
	Feux de forêt	Superficie brûlée	ha	Délimitation	Avril	Annuelle	GPS
		Abondance	Coordonnées géographiques	Vérification des alertes journalières de Global fires		Journalière	Ordinateur, connexion sur internet

CONCLUSION

7. CONCLUSION

La forêt primaire de Mandraka a subi d'exploitations forestières intenses. Dans le but de la conserver, elle a été classée en station forestière. Maintenant, une question se pose : la forêt est-elle viable ? Deux hypothèses ont été émises : (1) la forêt n'est plus soumise à aucune pression, (2) malgré les anciennes exploitations, la forêt se reconstitue. C'est dans cette perspective que cette recherche a été axée sur le suivi et l'évaluation de cette viabilité.

Pendant de la réalisation de cette recherche, toutes les données ont été collectées sur les mêmes parcelles. Diverses méthodes ont été adoptées selon le cadre d'analyses : enquêtes socio-économiques, inventaire pour les pressions, inventaire forestier pour la flore et la végétation, *distance sampling* pour la faune. La bibliographie et la cartographie ont servi à enrichir les connaissances acquises.

Cette étude a opéré différentes analyses: analyse des pressions, analyse sylvicole, analyse de la faune, analyse statistique et analyse de viabilité. Ces analyses ont pu ressortir que diverses pressions pèsent sur la forêt. Par ordre de menaces, les coupes illicites et l'envahissement des lianes en sont les premières. Si les coupes illicites appauvrissent la forêt en essences de valeur comme *Uapaca densifolia*, et créent des trouées dans F4, les lianes inhibent les individus ports et envahissent une superficie de 218,75 m² dans F1. Les feux de forêt ont fait disparaître 1,80 ha de couvert forestier.

Malgré ces pressions, la forêt abrite 73 espèces de flore. Les essences principales sont composées d'essences héliophiles et d'essences sciaphiles mais ces dernières sont les plus abondantes. Les caractéristiques des forêts montagnardes de l'est y sont encore observées. La forêt est dense avec une valeur de 2 312 N/ha. F2 présente la valeur maximale en abondance (2 516 N/ha) grâce à la densité élevée des tiges de 5 cm à 15 cm de diamètre. Ainsi, la forêt ne fournit-elle que 6,20 m³/ha de bois exploitables. En réponse à ce diamètre réduit, la hauteur moyenne de la canopée se situe à 10 m du sol sur crête et haut versant, à 15 m sur mi-versant. Les fûts sont quelquefois tortueux. Concernant les régénérations naturelles, l'inventaire a permis d'identifier 53 espèces dont 21,82 % sont nouvelles dans F2. Ces espèces sont réparties en agrégat.

Outre la flore, trois classes de faune y habitent : les Oiseaux, les Reptiles et les Mammifères. Les quatre reliquats forestiers présentent presque la même valeur en densité relative des Oiseaux et des Reptiles. Les Reptiles sont facilement observables dans F4 grâce aux trouées d'exploitation. Aucun

Primate n'y a été détecté. Les Primates réagissent aux perturbations et à la fragmentation de leur habitat. Leur abondance augmente avec la superficie forestière.

Malgré la reconstitution de la forêt, son niveau de viabilité est moyen. L'évolution de ce niveau est variable en fonction du degré de pressions.

Face à ces atouts et à ces faiblesses, la forêt devrait être aménagée en vue de réduire de manière palpable les pressions et d'assurer sa reconstitution. Des interventions au niveau de la végétation sont indispensables telles : l'enlèvement des lianes, l'enrichissement des trouées, le remblai des trous de collecte de *Dioscorea sp.* et l'exploitation des individus de diamètre supérieur à 40 cm. Concernant les environs de la forêt, il faut délimiter la station, recruter un nouvel agent forestier pour assurer les patrouilles avec celui déjà sur place, fournir d'autres sources de bois et de revenu à la population locale. Une mesure à associer avec ces recommandations est la réalisation d'un suivi écologique permanent de l'habitat, de la biodiversité et des pressions.

Cette recherche a permis d'évaluer les valeurs biologiques et écologiques des vestiges de la forêt primaire de la station forestière de Mandraka, les menaces y existant. Elle a aussi permis de dégager la nécessité d'autres recherches à effectuer comme : l'étude écologique des lianes, la réalisation des essais d'enrichissement en vue de déterminer les essences les mieux adaptées aux conditions de la station.

**** § ****

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Ouvrages bibliographiques

1. ANDRIAMBOAVONJY F., 2000. Contribution à l'étude des méthodes traditionnelles d'utilisations des sols dans la région de la Mandraka. 93p.
2. ANDRIANANDRASANA H. T., RANDRIAMAHEFASOA J., JOANNA D., RICHARD E. L., RATSIMBAZAFY J. 2004. Participatory ecological monitoring of the Alaotra wetlands in Madagascar Biodiversity and Conservation. 18p.
3. ANDRIANOROVELO P. E. 2002. Analyse sylvicole d'une forêt d'altitude des Hauts Plateaux de Madagascar : Cas de la forêt d'Ankaratra. 73p.
4. ANGAP. 2005. Guide de suivi écologique des aires protégées du patrimoine mondial du cluster du Sud Est. 53p.
5. BATTISTINI R., HOERNER J. M. 1986. Géographie de Madagascar. 171p.
6. BLASER J., RAJOELISON L. G., TSIZA G., RAJEMISON M., RABEVOHITRA R., RANDRIANJAFY H., RAZAFINDRIANILANA N., RAKOTOVAO G., COMLET S. 1993. Choix des essences pour la sylviculture à Madagascar, Akon'ny ala n°12 et 13. 166p.
7. CENTRE TECHNIQUE FORESTIER TROPICAL. 1989. Mémento du forestier. 1 213p.
8. CONVENTION SUR LA DIVERSITE BIOLOGIQUE (CDB). 1993. 16p.
9. DEUXIEME ATELIER SUR LA PLANIFICATION DE L'AMENAGEMENT DES FORETS D'ETAT. 1995. Première proposition d'un canevas type d'un plan d'aménagement forestier. 19p.
10. FAO. 2003. Mise à jour de l'évaluation des ressources forestières mondiales à 2005, Version préliminaire, Termes et définitions. 52p.
11. GERP, FONDATION MACARTHUR. 2006. Mise en place d'un cadre de plan de conservation et de suivi écologique pour les lémuriens du plateau de Makira, Région Maroantsetra, Madagascar. 55p.
12. LANGRAND O. 1990. Guide to the birds of Madagascar. 364p.
13. LEEMANN. 1999. Akon'ny ala n°2. 32p.
14. MADAGASCAR ACTION PLAN (MAP), 2007
15. MARIO G. 1995. Présentation des résultats de l'inventaire sylvicole de la forêt d'Ankeniheny effectué en 1995. 52p.
16. MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, ANGAP. 2001. Plan de gestion du réseau national des aires protégées. 113p.
17. MITTERMEIER R. A., TATTERSALL I., KONSTANT W. R., MEYERS D. M., MAST R. B. 1994. Lemurs of Madagascar. 520p.
18. PRIMACK R. B. et RATSIRARSON J. Avril 2005. Principe de base de la conservation de la biodiversité, 294 p.

19. RAJAONARISOA L. 2002. Contribution à la constitution d'une base de données par l'étude de l'évolution de l'occupation des sols entre 1949 et 1996 cas de la Mandraka. 105p.
20. RAJOELISON L. G. 1997. Etude d'un peuplement Analyse sylvicole. 26p.
21. RAJOELISON L. G. 1997. Etude sylvicole de la forêt tropicale humide malagasy. 138p.
22. RAJOELISON L. G., RAMAMONJISOA B., RAKOTONARIVO M., RAKOTOARISSETRA F., 1998. Akon'ny ala n°24. Département des Eaux et Forêts, 77p.
23. RAJOELISON L. G., RANDRIAMBOAVONJY J. C., RAZAFINDRAMANGA M. L., RABENILALANA F. M., RAKOTO RATSIMBA H. 2007. Aménagement participatif d'un bassin versant de la Mandraka Madagascar. 41p.
24. RAKOTOBE L. H. 2004. Analyse et description des dispositifs d'étude en vue d'une synthèse des informations à caractères scientifiques relative à la dynamique forestière malgache. 59p.
25. RALISON N. 2001. Etude de comportement de *Avahi Laniger* (GMELIN 1788) Lémurien nocturne malgache dans la forêt de plantation de Mandraka. 65p.
26. RAMAMONJISOA Noelikanto. 2008. Etude de l'importance socio-économique des Produits Forestiers Non Ligneux et des produits agroforestiers en vue de l'amélioration des revenus de la population locale Cas de la zone Mandraka, Région Analamanga. 75p.
27. RANAIVOARISON R. R. 1997. Inventaire sylvicole des reliquats de forêt dans la zone périphérique (partie Nord Ouest) de la réserve naturelle d'Andringitra en vue d'une proposition d'un plan d'aménagement et de gestion. 91p.
28. RATSIRARSON J., GOODMAN S. 2005. Suivi de la biodiversité de la forêt littorale de Tampolo. 134p.
29. RAVELOARINORO M. G. 2006. L'environnement et la conservation dans le fonds Grandidier du Parc Botanique et Zoologique de Tsimbazaza. TALOHA, n°16 – 17. Disponible sur <http://www.taloha.info>
30. RAZAFIMANDIMBY R. T. 1988. Analyse sylvicole des trois vestiges forestiers d'Ambatofahavalo (Antananarivo Atsimondrano). 69p.
31. RAZAFINDRAZAKA M. 1985. Contribution à la détermination des espèces ligneuses d'une forêt de Mandraka à partir des écorces. 75p.
32. RAZAFINIMARO S. 1998. Analyse de système de gestion publique dans la région de Mandraka dans une perspective d'une mise en place d'une gestion communautaire. 113p.
33. RAZAFINJATOVO V. 2003. L'état de l'apiculture dans la région de Mandraka. 56p.
34. RAZAFY F. L. 1991. Etude du dynamisme de la végétation à Andasibe. 60p.
35. RAZAKANIRINA D. Contribution à l'étude de la végétation d'Andasibe-Perinet. 145p.
36. REVUE FORESTIERE FRANCAISE, Numéro spécial 2003
37. ROGER E., RAJERIARISON C., RAKOUTH B. 2007. Tohiravina 2. 486p.
38. ROLLET B. 1969. L'architecture des forêts denses humides sempervirentes de plaine. 298p.
39. ROTHE P. L. 1964. Régénération naturelle en forêt tropicale : le *Dypterocarpus dyeri* (Dau) sur le versant Cambodgien du golfe du Siam, Bois et forêt des tropiques. 386 – 397p.

40. SCHNELL R. 1976. Flore et végétation de l'Afrique tropicale Tome 1. 468p.
41. THAIG I. T., HUBERMAN M. A., DIN U. A. 1959. Sylviculture tropicale Volume I. 195p.
42. THE NATURE CONSERVANCY. 2000. The five-S framework for site conservation.
43. WHITE F. 1986. La végétation de l'Afrique. Paris, ORSTOM - UNESCO, 384p.
44. WORLD CONSERVATION MONITORING CENTRE. 1990. Lemurs of Madagascar. 240p.
45. ZICOMA. 2000. Effet de la fragmentation de forêt humide sur la population des oiseaux et des lémuriers dans le corridor Mantadia-Zahamena. 32p.

Sites web

1. <http://fr.wikipedia.org>
2. <http://fr.wikipedia.org/wiki/ecosysteme>.
3. <http://gardenbreizh.org/modules>
4. <http://reptile.passion.free.fr.brevi>
5. <http://sciencesvietterre.free.fr>
6. <http://tecfaetu.unige.ch>
7. www.cde.unibe.ch
8. www.cenagref.firstnet.bj
9. www.ecofac.org
10. www.ecosociosystem.fr
11. www.fao.org
12. www.greenfacts.org
13. www.iucnredlist.org
14. www.oiseaux.net.nesilla
15. www.premiumorange.com
16. www.unep-wcmc.org/reception/glossaryA-F.htm
17. www.vertigo.ucam.ca

Cours professés

1. Cours 3^{ème} cycle ESSA Forêts. 1995. Sylviculture tropicale, Module 6. 59p.
2. RAJOELISON L. G. 2007. Sylviculture des forêts naturelles
3. RAZAFINDRAMANGA M. L. 2005. Dendrométrie
4. RAZAFINDRAMANGA M. L. 2006. Inventaire forestier
5. RAZAKANIRINA D. 2007. Ecosystème forestier
6. RAZAKANIRINA D. 2007. Flore et végétation

ANNEXES

ANNEXE 1 : Liste de la faune inventoriée par RATSIRARSON en 1999

1. MAMMIFERES

1.1. Primates : *Hapalemur griseus griseus*, *Eulemur fulvus fulvus*, *Avahi laniger laniger*, *Microcebus rufus*

1.2. Insectivores : *Hemicentetes semispinosus*

1.3. Carnivores : *Galidia elegans elegans*

1.4. Rongeurs : *Microgale dobsoni*, *Microgale thomasi*, *Eliurus tanala*, *Oryzoryctes hova*, *Rattus rattus*, *Mus musculus*

2. REPTILES ET AMPHIBIENS

2.1. Ophidiens : *Geodipsas boulengeri*, *Liophidium rhodogaster*, *Liopholidophis sp.*

2.2. Sauriens

- **Chameleonidae :** *Calumma parsoni cristifer*, *Calumma gastrotaenia*, *Calumma nasutus*, *Calumma hillienusi*, *Calumma brevicornis*, *Brookesia thieli*

- **Gerrhosauridae :** *Zonosaurus madagascariensis*, *Zonosaurus karsteni*, *Zonosaurus ornatus*

- **Geckonidae :** *Phelsuma lineata*, *Lygodactylus sp.*, *Uroplatus sp.*

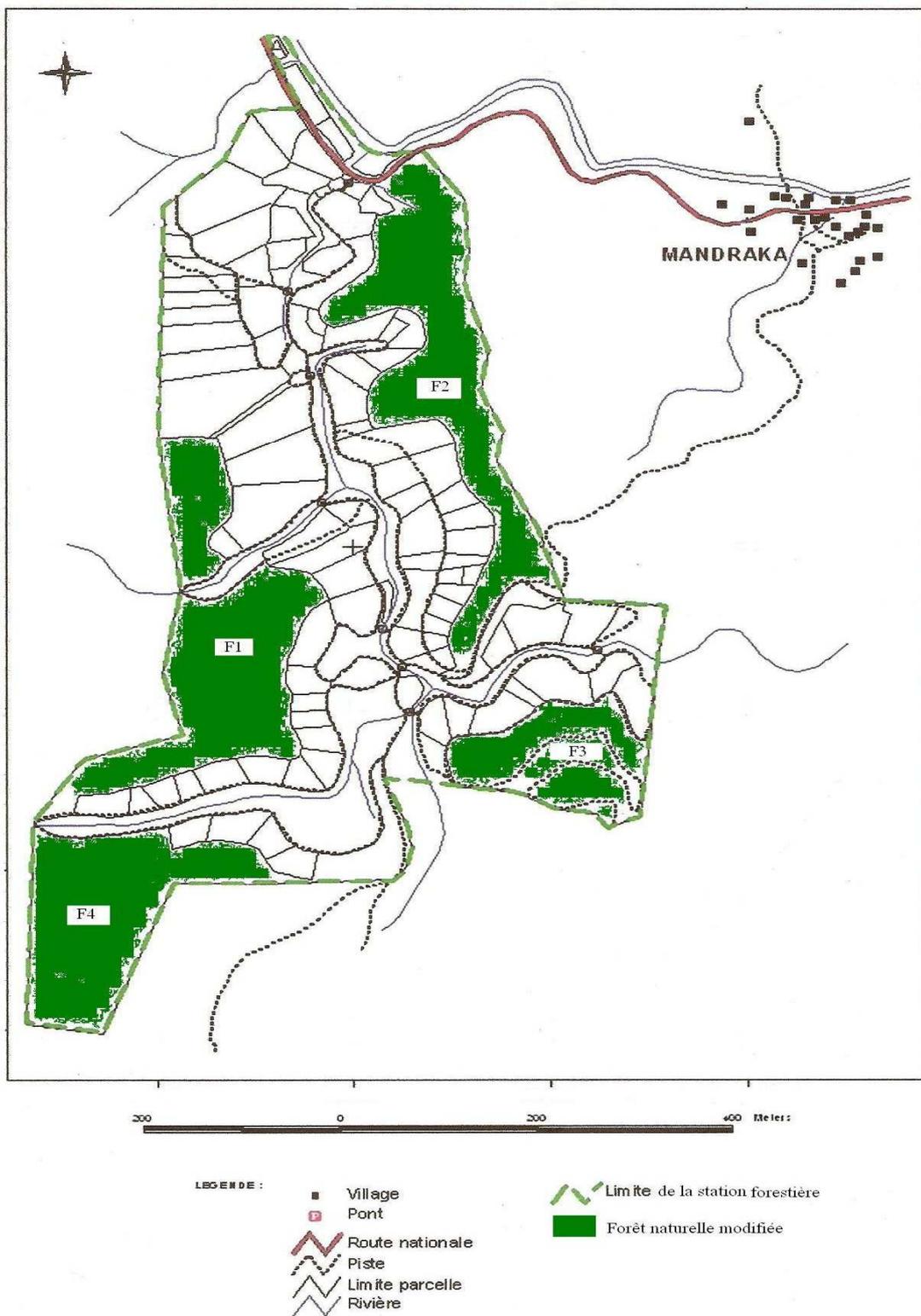
- **Scincidae :** *Amphiglossus melanopleura*

2.3. Amphibiens : *Boophis brachychir*, *Boophis goudoti*, *Boophis difficilis*, *Mantidactylus mocquardi*, *Mantidactylus opiparis*, *Mantidactylus eseileti*, *Mantidactylus betsileanus*, *Mantidactylus flavobruneus*, *Mantidactylus cf. bicalcarutus*, *Mantidactylus malagasius*, *Mantidactylus liber*, *Platylis sp.*, *Platylis barbouri*, *Plethodontohyta alluaudi*, *Ptychocheilichthys mascareniense*

3. OISEAUX : *Asio madagascariensis*, *Accipiter henstii*, *Accipiter francesii*, *Accipiter madagascariensis*, *Alectroenas madagascariensis*, *Buteo brachypterus*, *Calicalicus madagascariensis*, *Caprimulgus madagascariensis*, *Centropus toulou*, *Copsychus albospecularis*, *Coracina cinerea*, *Coracopsis migra*, *Coracopsis vasa*, *Corythomis vintsioides* (*Alcedo vintsioides*), *Coua caerulea*, *Coua reynaudii*, *Coua serriana*, *Cryptosylvicola randrianasoloi*, *Cyanolanius madagascariensis*, *Cuculus rochii*, *Dicrurus forficatus*, *Dryolimans cuvierii*, *Eurystomus glaucurus*, *Falco concolor*, *Falco eleonora*, *Falco newtoni*, *Falco zoniventris*, *Foudia madagascariensis*, *Foudia omissa*, *Hartlaubius auratus*, *Hypsipetes madagascariensis*, *Ispidina madagascariensis*, *Leptopterus chabert*, *Leptosomus discolor*, *Lonchura nana*, *Lophotibis cristata*, *Margaroperdrix*

ANNEXE 4 : Données concernant la forêt primaire

Annexe 4a : Carte de la station forestière



Source : ESSA Forêts

Annexe 4b : Caractéristiques des quatre parcelles d'observation

Parcelles d'observations	F1	F2	F3	F4
Critères				
Superficie (ha)	3,40	4,47	1,61	0,42
Toposéquences	Mi-versants	Crêtes et haut versant Mi-versants	Crêtes et haut versant Mi-versants	Mi-versants
Altitude (m)	1328 - 1277	1313 - 1278	1312 - 1281	1366 - 1339
Pente	60%	13% - 55%	9% - 64%	60%
Orientation du transect	SSO - NNE	SE - NO	SSE - NNO	SSE - NNO

ANNEXE 5 : Liste floristique

Annexe 5a : Liste des espèces recensées dans les compartiments A, B et C

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille
Ambavy	<i>Polyalthia emarginata</i>	ANNONACEAE
Ambora	<i>Tambourissa madagascariensis</i>	MONIMIACEAE
Ambovitsika	<i>Pittosporum verticillatum</i>	PITTOSPORACEAE
Ampanga	<i>Cyathea sp.</i>	CYATHEACEAE
Andraregina	<i>Trema orientalis</i>	ULMACEAE
Angavodina	<i>Agauria sp.</i>	ERICACEAE
Anivona	<i>Ravenea madagascariensis</i>	ARECACEAE
Bararaka	<i>Mapouria parkeri</i>	RUBIACEAE
Ditimena	<i>Protorhus ditimena</i>	ANACARDIACEAE
Ditimena madini-dravina	<i>Protorhus sp.</i>	ANACARDIACEAE
Elatrangidina	<i>Oncostemum grandifolium</i>	MYRCINACEAE
Famelona	<i>Gambeya boiviniana</i>	SAPOTACEAE
Fandrianakanga	<i>Cassinopsis madagascariensis</i>	ICACINACEAE
Farihazo	<i>Dypsis sp.</i>	PALMAEAE
Fatora	<i>Mussaenda sp.</i>	RUBIACEAE
Felaborona		
Felaborona madini-dravina		
Hafobitanina		
Hafodandy		
Hafomena	<i>Dombeya sp.</i>	STERCULIACEAE
Hafomerika		
Hafotra	<i>Grewia apelata</i>	TILIACEAE
Harongana	<i>Harungana madagascariensis</i>	HYPERICACEAE

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille
Hazombato	<i>Homalium spp.</i>	FLACOURTIACEAE
Hazondrano	<i>Ilex mitis</i>	AQUIFOLIACEAE
Hazotoa	<i>Oncostemon verticillatum</i>	MYRCINACEAE
Hazotoa madinidravina	<i>Oncostemon elephantites</i>	MYRCINACEAE
Hoditrovy	<i>Erythroxylum corimbosum</i>	ERYTHROXYLACEAE
Hoditrovy fotsy	<i>Erythroxylum sp.</i>	ERYTHROXYLACEAE
Kafeala	<i>Mapouria sp.</i>	RUBIACEAE
Kijy, kija	<i>Ochrocarpus parvifolius</i>	CLUSIACEAE
Kija be ravina	<i>Ochrocarpus sp.</i>	CLUSIACEAE
Lanona be ravina	<i>Weinmannia bojeri</i>	CUNONIACEAE
Lanona, lalona	<i>Weinmannia minutiflora</i>	CUNONIACEAE
Lendemy	<i>Anthocleista madagascariensis</i>	POTALIACEAE
Marefolena	<i>Homalium spp.</i>	FLACOURTIACEAE
Mokaranana	<i>Macaranga cuspidata</i>	EUPHORBIACEAE
Mokaranana madinidravina	<i>Macaranga sp.</i>	EUPHORBIACEAE
Molotrangaka	<i>Robbrechtia sp</i>	RUBIACEAE
Mongo lahy		
Nonoka	<i>Ficus mormorata</i>	MORACEAE
Quinquina	<i>Cinchona officinalis</i>	RUBIACEAE
Rabosa		
Ramanjavona	<i>Helichrysum SP;</i>	ASTERACEAE
Ramy mainty	<i>Canarium sp.</i>	BURSERACEAE
Ranga	<i>Brexiela sp.</i>	CELASTRACEAE
Ravinkavoatra		
Rotra be ravina	<i>Eugenia jambolana</i>	MYRTACEAE
Rotra madini-dravina	<i>Eugenia emerniensis</i>	MYRTACEAE
Sakatavilotra	<i>Vernonia pectoralis</i>	ASTERACEAE
Sily	<i>Croton mongue</i>	EUPHORBIACEAE
Sily madini-dravina	<i>Croton sp.</i>	EUPHORBIACEAE
Taimboalavoala	<i>Bosqueia sp.</i>	MORACEAE
Tavolo	<i>Ravensara sp.</i>	LAURACEAE
Tavolo malama	<i>Ravensara crassifolia</i>	LAURACEAE
Tavolopika	<i>Ravensara acuminata</i>	LAURACEAE
Tsikotroka	<i>Dichaetanthera oblongifolia</i>	MELASTOMACEAE
Tsilomposa	<i>Zanthoxylum madagascariensis</i>	PANDANACEAE
Tsipatika	<i>Ficus tilifolia</i>	MORACEAE
Tsiramiramy	<i>Micronychia madagascariensis</i>	ANACARDIACEAE
Valanirana	<i>Nuxia capitata</i>	LOGANIACEAE
Valomena, hafobalomena	<i>Dombeya lucida var. lucidopsis</i>	STERCULIACEAE

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille
Varongy	<i>Ocotea tricophlebia</i>	LAURACEAE
Varongy tsora	<i>Ocotea sp.</i>	LAURACEAE
Vintanina	<i>Calophyllum sp.</i>	GUTTIFEREAE
Vivaona	<i>Dilobeia thouarsii</i>	PROTEACEAE
Voafotsy	<i>Aphloia theaformis</i>	FLACOURTIACEAE
Voalanary	<i>Plagioscyphus gumelei</i>	SAPINDACEAE
Voantsilana	<i>Schefflera voantsilana</i>	ARALIACEAE
Voapaka	<i>Uapaca densifolia</i>	UAPACACEAE
Voaramontsina	<i>Vaccinium sp.</i>	VACCINACEAE
Volomborona	<i>Albizzia guimmifera</i>	MIMOSACEAE
Zahan'ala	<i>Phyllartron sp.</i>	BIGNONIACEAE

Annexe 5b : Liste de la flore dans les régénérations naturelles

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille
Ditimena	<i>Protorhus ditimena</i>	ANACARDIACEAE
Kijy, kija	<i>Ochrocarpus parvifolius</i>	CLUSIACEAE
Ambora	<i>Tambourissa madagascariensis</i>	MONIMIACEAE
Ampanga	<i>Cyathea sp.</i>	CYATHEACEAE
Bararaka	<i>Mapouria parkeri</i>	RUBIACEAE
Ditimena be ravina	<i>Protorhus</i>	
Elatrangidina	<i>Oncostemum grandifolium</i>	MYRCINACEAE
Fanala, Tamirova	<i>Urophylla lalii</i>	RUBIACEAE
Fantsikahitra		
Farihazo	<i>Dypsis baronii</i>	PALMAEAE
Felaborona		
Fotsinanahary		
Hafotra mahatapa-dela		
Hafotra mahatapa-dela be ravina		
Hasina madini-dravina	<i>Dracaena reflexa spp.</i>	AGAVACEAE
Hazomby		
Hazotoa	<i>Oncostemon verticillatum</i>	MYRCINACEAE
Hazotoa be ravina	<i>Oncostemon grandifolium</i>	MYRCINACEAE
Hazotoa madinidravina	<i>Oncostemon elephantites</i>	MYRCINACEAE
Hoditrovy fotsy	<i>Erythroxylum sp.</i>	ERYTHROXYLACEAE
Kafeala	<i>Mapouria sp.</i>	RUBIACEAE
Kafeala be ravina	<i>Mapouria sp.</i>	RUBIACEAE
Kafeala madini-dravina	<i>Mapouria sp.</i>	RUBIACEAE
Karakara toloha (liane)		
Lambinana	<i>Nuxia sp.</i>	LOGANIACEAE
Lanona, lalona	<i>Wennmania minitiflora</i>	CUNONIACEAE
Mainty am-pototra	<i>Diospyros sp.</i>	EBENACEAE
Mampody sosona		
Marefolena	<i>Homalium spp.</i>	FLACOURTIACEAE
Maty am-bodisintona (liane)		
Mokaranana	<i>Macaranga cuspidata</i>	EUPHORBIACEAE
Ovy fotsy (liane)	<i>Dioscorea sp.</i>	DIOSCOREACEAE
Rafy	<i>Maesa sp.</i>	MAESACEAE

Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille
Ramanjavona	<i>Helichrysum SP;</i>	ASTERACEAE
Rotra be ravina	<i>Eugenia jambolana</i>	MYRTACEAE
Rotra madini-dravina	<i>Eugenia emerniensis</i>	MYRTACEAE
Sily	<i>Croton mongue</i>	EUPHORBIACEAE
Sily be ravina	<i>Croton sp.</i>	EUPHORBIACEAE
Tavolo	<i>Ravensara sp.</i>	LAURACEAE
Tavolopika	<i>Ravensara acuminata</i>	LAURACEAE
Tavolosary	<i>Ravensara sp.</i>	LAURACEAE
Tsilaitra		
Tsipatika	<i>Ficus tilifolia</i>	MORACEAE
Tsiramiramy	<i>Micronychia madagascariensis</i>	ANACARDIACEAE
Tsirika		
Vahy rano		
Valanirana	<i>Nuxia capitata</i>	LOGANIACEAE
Valomena,hafobalomena	<i>Dombeya lucida var. lucidopsis</i>	STERCULIACEAE
Voafotsy	<i>Aphloia theaformis</i>	FLACOURTIACEAE
Voafotsy be ravina	<i>Aphloia sp.</i>	FLACOURTIACEAE
Voantsilana	<i>Schefflera voantsilana</i>	ARALIACEAE
Voapaka	<i>Uapaca densifolia</i>	UAPACACEAE
Voaramontsina	<i>Vaccinium sp.</i>	VACCINACEAE

ANNEXE 6 : Données brutes de l'analyse sylvicole

Annexe 6a : Volume de bois exploitables

Reliquats forestiers	F1	F2	F3	F4
Volume de bois exploitable (m ³ /ha)	20,20	0,00	1,88	2,73

Annexe 6b : Structure des hauteurs

Classes de hauteur (m) Forêts	[2;4[	[4;6[	[6;8[	[8;10[	[10;12[	[12;14[	[14;16[	[16;18[	>=18
F1	112	552	336	504	120	156	60	8	0
F2	112	480	728	800	440	304	80	0	8
F3	16	368	768	448	424	448	100	0	0
F4	176	328	536	464	128	264	96	8	4

Annexe 6c : Structure totale

Classes de diamètre (cm) Forêts	[5;10[	[10;15[	[15;20[	[20;25[	[25;30[	[30;35[	[35;40[	>40
F1	1 296	240	160	72	32	16	8	24
F2	2 096	464	232	88	40	24	8	0
F3	1 552	496	264	88	8	16	0	4
F4	1 456	176	184	104	56	16	8	4

Annexe 6d : Structure totale des principales essences

Classes de diamètre (cm) Essences principales	[5;10[	[10;15[	[15;20[	[20;25[	[25;30[	[30;35[	[35;40[	>40
<i>Dombeya lucida</i> var. <i>lucidopsis</i>	96		32	16	8	8		8
<i>Albizzia guimifera</i>	80		16			8		
<i>Uapaca densifolia</i>	224	80	24	40	24	16	8	
<i>Vaccinium</i> sp.	176	16						
<i>Eugenia jambolana</i>	128	176	128	16				
<i>Anthocleista madagascariensis</i>	64	80	40	32	8	16		
<i>Ilex mitis</i>	64	64	8	8	8			
<i>Protorhus ditimena</i>	32	16	24	8	16		8	

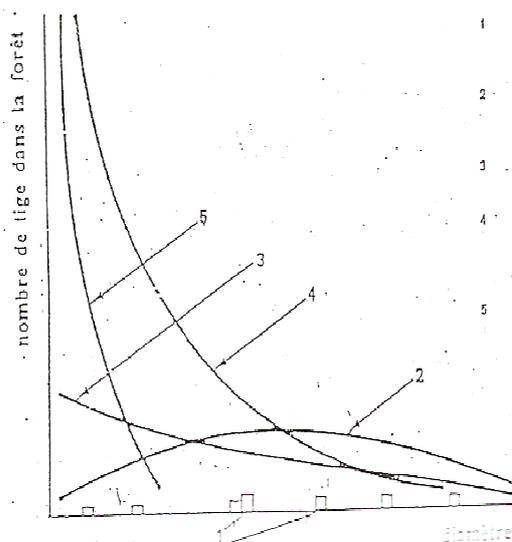
Annexe 6e : Structure de hauteur des genres indicateurs de suivi écologique

Classes de hauteur (m) Genres	[2;4[	[4;6[	[6;8[	[8;10[	[10;12[	[12;14[	[14;16[	[16;18[	>=18
Tambourissa	12	8	0	0	0	0	0	0	0
Weinmannia sp.	0	8	26	4	10	24	8	0	0

Annexe 6f : Structure totale des genres indicateurs de suivi écologique

Classes de diamètre (cm) Genres	[5;10[	[10;15[	[15;20[	[20;25[	[25;30[	[30;35[	[35;40[	>40
Tambourissa	20	0	0	0	0	0	0	0
Weinmannia sp.	40	12	8	10	6	4	0	0

ANNEXE 7 : Modèle de structure totale des essences de différents tempéraments



- essence héliophile, soit de type pionnier, soit de type nomade (selon l'état de la forêt primaire); on trouve très peu d'individus dans toutes les classes de diamètre; la régénération manque pratiquement complètement.
- essence héliophile de type pionnier dans une forêt secondaire tardive; peu de régénération, une certaine uniformité dans les diamètres moyens (forme de la courbe en cloche).
- essence héliophile de type nomade dans une forêt primaire ou secondaire; la régénération est relativement faible due à l'ombre d'autres arbres.
- essence (semi)sciophile, édificateur de la forêt; courbe en forme exponentielle négative, beaucoup de rajoinissement, mais aussi des arbres de grandes dimensions. La forme de la courbe pour ces essences est plus ou moins semblable à celle de l'ensemble du peuplement.
- essence sciophile du sous-bois; beaucoup d'individus de petits arbres, mais pas d'arbres de grandes dimensions; cette essence peut donc se régénérer à l'ombre d'autres arbres.

(d'après ROLLET, 1979)

Source : ROLLET, 1969

ANNEXE 8 : Données de l'inventaire faunistique

Annexe 8a : Liste des espèces faunistiques inventoriées

Oiseaux			
Noms vernaculaires	Noms scientifiques	Ordre	Famille
Angavo			
Bemanana	<i>Buteo brachypterus</i>	Falconiformes	ACCIPTRIDAE
Bikobiko			
Domohina	<i>Streptopelia picturata</i>	Columbiformes	COLUMBIDAE
Fandikalalana	<i>Coua coquereli</i>	Cuculiformes	CUCULIDAE
Fanindry	<i>Accipiter madagascariensis</i>	Falconiformes	ACCIPTRIDAE
Farihimaso	<i>Zosterops maderaspatana</i>	Passeriformes	ZOSTEROPIDAE
Fitatr'ala	<i>Copsychus albospectularis</i>	Passeriformes	TURDIDAE
Fodisaina	<i>Ploceus nelicourvi</i>	Passeriformes	PLOCEIDAE
Fody	<i>Foudia madagascariensis</i>	Passeriformes	PLOCEIDAE
Fody ala	<i>Foudi omissa</i>	Passeriformes	PLOCEIDAE
Fotsy tratra	<i>Leptopterus chabert</i>	Passeriformes	VANGIDAE
Jiji kely	<i>Neomixis tenella</i>	Passeriformes	SYLVIDAE
Kankàna	<i>Asio madagascariensis</i>	Strigiformes	STRIGIDAE
Mpangalatr'ovy			
Railovy	<i>Dicrurus forficatus</i>	Passeriformes	DICRURIDAE
Singetry	<i>Terpsiphone mutata</i>	Passeriformes	MONARCHIDAE
Soimanga	<i>Nectarinia notata</i>	Passeriformes	NECTARINIIDAE
Soimanga kely	<i>Nectarinia souimanga</i>	Passeriformes	NECTARINIIDAE
Taintso	<i>Coua caerulea</i>	Cuculiformes	CUCULIDAE
Tritrio	<i>Motacilla flaviventris</i>	Passeriformes	MOTACILLIDAE
Tsikatekateka			
Tsikirity	<i>Lonchura nana</i>	Passeriformes	ESTRILDIDAE
Tsiporetika	<i>Nesillas typica</i>	Passeriformes	SYLVIDAE
Tsokorovana	<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	Passeriformes	PYCNONOTIDAE
Vorondavenona	<i>Coracina cinerea</i>	Passeriformes	MOTACILLIDAE
Vorondolo	<i>Asio capensis</i>	Strigiformes	STRIGIDAE
Reptiles			
Noms vernaculaires	Noms scientifiques	Ordre	Famille
Androngo	<i>Zonosaurus sp.</i>	Squamata	GERRHOSAURIDAE
Tana be sofina	<i>Calumma brevicornis</i>	Squamata	CHAMELEONIDAE
Tana lava orona	<i>Calumma nasuta</i>	Squamata	CHAMELEONIDAE
Tanabozaka	<i>Furcifer lateralis</i>	Squamata	CHAMELEONIDAE
Tarondro	<i>Calumma globifer</i>	Squamata	CHAMELEONIDAE
Mammifères			
Noms vernaculaires	Noms scientifiques	Ordre	Famille
Fosa	<i>Galidia elegans elegans</i>	Carnivores	HERPESTIDAE
Voalavo	<i>Rattus rattus</i>	Rongeurs	MURIDAE

Primates			
Noms vernaculaires	Nom scientifiques	Ordre	Famille
Kotraika	<i>Haplemur griseus griseus</i>	Primates	Lemuridae
Matavy rambo	<i>Microcebus rufus</i>	Primates	Cheirogaleidae
Varika	<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	Primates	Lemuridae

Annexe 8b : Niveau de détection des espèces faunistiques les plus abondantes (m)

Forêt Espèces	F1	F2	F3	F4
<i>Hypsipetes madagascariensis</i>	9,18	18,7	27,5	18,6
<i>Nesillas typica</i>	9,71	32,5	13,33	7,4
<i>Calumma globifer</i>	3,76	0	1	5
<i>Calumma brevicornis</i>	1,4	2,13	1,84	0
<i>Microcebus rufus</i>	1,4	0,5	0	0
<i>Eulemur fulvus fulvus</i>	13,75	0	20	0

ANNEXE 9 : Résultats des tests statistiques

Annexe 9a : Test de corrélation entre le degré de couverture et la densité du peuplement

Valeur observée	0,812
p-value bilatérale	0,050
Alpha	0,05

Annexe 9b : Test de normalité concernant les Primates

W (valeur observée)	0.839
p-value unilatérale	0.000
Alpha	0.05

Annexe 9c : Test de corrélation entre la superficie forestière et la densité relative des Primates

Valeur observée	0,396
p-value bilatérale	0,025
Alpha	0,05

ANNEXE 10 : Données climatiques

Annexe 10a : Pluviométrie de la région de Mandraka de 1951 à 1980

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D	Total (mm)
Quantité (mm)	386,8	369,6	351,0	111,0	66,8	64,0	91,7	119,9	51,8	86,7	232,8	369,3	2 301,4
Nombre de jour	18,9	17,0	19,1	10,6	9,1	10,3	12,4	12,1	7,7	8,1	13,9	18,4	157,6
Maximum de 24h (mm)	142,7	140,6	276,2	95,7	48,3	37,3	60,6	50,4	60,9	54,1	105,7	123,7	

Source : Service de la météorologie d' Ampandrianomby

Annexe 10b : Température de la région de Mandraka de 1951 à 1980

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Température (°C)												
Minimale	15,1	15,2	14,6	13,4	11,0	8,8	8,6	8,3	9,6	11,5	13,0	14,5
Maximale	25,3	25,0	24,3	23,7	21,7	19,5	18,7	19,6	21,7	24,8	25,5	25,9
Moyenne	20,2	20,1	19,5	18,6	16,4	14,2	13,7	14,0	15,7	18,2	19,3	20,2

Source : Service de la météorologie d'Ampandrianomby

ANNEXE 11 : Coordonnées géographiques

Annexe 11a : Coordonnées géographiques des points limitant les reliquats forestiers

F1		
Point	Latitude	Longitude
1	18°55'00.0"	47°55'01.3"
2	18°54'59.6"	47°55'01.5"
3	18°54'59.7"	47°54'53.1"
4	18°55'01.6"	47°54'51.6"
5	18°55'01.8"	47°54'50.8"
6	18°55'05.5"	47°54'51.2"
7	18°55'07.9"	47°54'48.3"
8	18°55'10.1"	47°54'49.3"
9	18°55'09.4"	47°54'50.1"
10	18°55'09.7"	47°54'49.8"
11	18°55'07.6"	47°54'54.9"
12	18°55'06.3"	47°54'56.3"
13	18°55'05.8"	47°54'54.8"
14	18°55'01.0"	47°54'55.3"
15	18°54'59.7"	47°54'52.7"
F2		
Point	Latitude	Longitude
1	18°54'59.6"	47°55'01.8"
2	18°54'56.6"	47°55'00.2"
3	18°54'51.7"	47°54'57.9"
4	18°54'44.6"	47°54'54.9"
5	18°54'44.7"	47°54'54.3"
6	18°54'49.0"	47°54'53.3"
7	18°54'52.5"	47°54'52.6"
8	18°54'54.0"	47°54'54.7"
9	18°54'53.7"	47°54'56.6"
10	18°54'56.3"	47°54'58.2"
11	18°55'01.4"	47°54'58.9"
12	18°55'02.6"	47°54'58.4"
13	18°55'02.9"	47°54'59.4"
14	18°54'59.5"	47°55'00.1"

F3		
Point	Latitude	Longitude
1	18°55'04.0"	47°55'05.9"
2	18°55'02.4"	47°55'04.3"
3	18°55'04.7"	47°55'00.6"
4	18°55'05.8"	47°54'59.7"
5	18°55'05.9"	47°54'59.8"
6	18°55'06.3"	47°55'02.4"
7	18°55'07.1"	47°55'05.0"
8	18°55'06.0"	47°55'06.1"
9	18°55'04.9"	47°55'05.7"
F4		
Point	Latitude	Longitude
1	18°55'16.8"	47°54'50.4"
2	18°55'11.8"	47°54'49.5"
3	18°55'14.3"	47°54'48.1"
4	18°55'16.4"	47°54'50.1"
5	18°55'16.5"	47°54'50.3"
6	18°55'16.5"	47°54'50.9"

Annexe 11b : Coordonnées géographiques des transects

Reliquats forestiers	Début		Fin	
	Latitude	Longitude	Latitude	Longitude
F1	18°55'05.0"	47°54'51.2"	18°55'02.7"	47°54'52.4"
F2	18°54'49.6"	47°54'57.1"	18°54'46.8"	47°54'54.9"
F3	18°55'06.3"	47°55'04.0"	18°55'05.0"	47°55'00.0"
F4	18°55'16.7"	47°54'50.9"	18°55'13.0"	47°54'48.7"

ANNEXE 12 : Contribution relative des différentes activités génératrices de revenu dans l'économie des ménages

Activités génératrices de revenu	Exploitation forestière	Agriculture	Agroforesterie	Produits forestiers non ligneux	Autres
Pourcentage des ménages concernés (%)	73	8	38		35 %
Pourcentage des recettes monétaires annuelles par rapports aux recettes totales (%)	53,42	20,08	7,4	2,26	16,85

ANNEXE 13 : Guide d'enquêtes

- Historique de la station
- Activités sylvicoles entreprises dans les vestiges de forêt naturelle
- Mode de gestion mis en place
- Essences caractéristiques de la forêt naturelle et de chaque toposéquence
- Types de pressions anciennes
- Acteurs des pressions
- Moment de collecte de *Dioscorea sp.*
- Motifs des pressions anthropiques
- Utilisations des ressources forestières issues de la forêt primaire de la station