

# GLOSSAIRE

<b>Canopée / Couvert</b>	De manière simplifiée, on y distingue quatre strates: la strate A contenant les espèces émergeantes de la canopée; la strate B des essences intermédiaires de la canopée ; la strate C contenant les essences de la sous-canopée ; et la strate D qui se compose de la régénération arborée.
<b>Dégradation forestière</b>	Réduction étalée dans le temps de l'offre potentielle de l'ensemble de bénéfices de la forêt, qui comprend le bois, la biodiversité et tous autres produits ou services.
<b>Espèce autochtone / native</b>	Espèce d'occurrence naturelle dans une région.
<b>Espèce pionnière</b>	Essence fortement héliophile et de courte durée de vie, pouvant occuper rapidement de vastes clairières dans les forêts naturelles perturbées et coloniser des espaces ouverts.
<b>Essence zonale</b>	Essence liée à un type de climat thermique. La zonalité exprime la correspondance biogéographique observée entre les ceintures de végétation qui se superposent dans les régions montagneuses quand on s'élève en altitude. Une essence zonale est observée dans presque tous les milieux, quelle que soit l'altitude
<b>Jachère forestière</b>	Durée de l'intervalle entre deux périodes de culture itinérante; dans un système d'agriculture itinérante fonctionnel, la période de jachère est suffisamment longue pour permettre le développement d'un peuplement forestier secondaire fonctionnel (>20 ans).
<b>Réhabilitation (forestière)</b>	Stratégie d'aménagement appliquée aux terres forestières dégradées qui vise à rétablir la productivité du site et les fonctions protectrices ainsi que de nombreux services écologiques fournis par une forêt ou un écosystème boisé fonctionnel.
<b>Régénération naturelle</b>	Renouvellement des arbres par semis autogène ou reproduction végétative.
<b>Restauration (forestière)</b>	Stratégie d'aménagement appliquée aux zones de forêt primaire dégradée. La restauration forestière vise à accroître et à accélérer les processus naturels de régénération forestière afin de regagner la capacité d'élasticité de l'écosystème forestier.
<b>Succession (végétale)</b>	Modification progressive de la composition des espèces et de la structure de la forêt causée par les processus naturels au fil du temps.
<b>Terre forestière dégradée</b>	Ancien massif forestier gravement endommagé par des prélèvements excessifs de bois d'œuvre et de produits forestiers non ligneux, une mauvaise gestion, des feux répétés, le pâturage ou d'autres perturbations ainsi que par des utilisations du sol ayant endommagé ce dernier et sa végétation à un degré qui inhibe ou retarde de manière déterminante la repousse forestière après l'abandon du site.
<b>Terroir / paysage</b>	Un groupe de types d'écosystèmes en interaction constitué dans une région donnée.

# TABLE DES MATIERES

I. INTRODUCTION .....	1
I.1 Contexte général de l'étude .....	1
I.2 Justificatif et intérêt de l'étude .....	2
I.3 Problématique .....	2
I.4 Objectifs de l'étude.....	3
I.4.1 Objectif général.....	3
I.4.2 Objectifs spécifiques .....	3
I.5 Hypothèses .....	4
I.6 Plan .....	4
II. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE .....	5
II.1 Milieu physique.....	5
II.1.1 Cadre institutionnel et situation géographique.....	5
II.1.2 Climatologie.....	6
II.1.3 Géomorphologie et topographie .....	7
II.1.4 Hydrographie .....	8
II.1.5 Pédologie .....	8
II.2 Milieu biologique .....	9
II.2.1 Flore et formation végétale .....	9
II.2.2 Faune.....	12
II.3 Milieu humain .....	13
II.3.1 Activités économiques .....	13
II.3.2 Pressions sur le site .....	15
III. METHODOLOGIE DE TRAVAIL .....	16
III.1 Etudes préliminaires.....	16
III.1.1 Analyse bibliographique.....	16
III.1.2 Reconnaissance des dispositifs expérimentaux .....	16
III.1.3 Entretien .....	17
III.2 Collectes des données sur terrain .....	17
III.2.1 Examen pédologique .....	18
III.2.2 Inventaire forestier.....	19
III.3 Recouplement des données de suivi.....	22
III.4 Analyse des données d'inventaire.....	23
III.4.1 Analyse des données d'inventaire du compartiment A et B .....	23
III.4.2 Analyse de la régénération naturelle (compartiment C) .....	24
III.4.3 Evaluation de la régénération naturelle selon l'échelle de Rothe.....	24

III.4.4 Analyse des données d'inventaire sur les layons de régénération naturelle .....	25
III.4.5 Traitement des données .....	25
III.5 Limites de travail .....	25
III.5.1 Incompatibilité des données disponibles avec l'objectif de l'étude .....	25
III.5.2 Manque de données par omission de relevés ou suppression de placettes permanentes .....	25
III.5.3 Problème de l'échelle spatio- temporelle des études .....	26
IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	27
IV.1 Synthèses bibliographiques et état des lieux.....	27
IV.1.1 Quelques définitions.....	27
IV.1.2 Dispositifs expérimentaux.....	28
IV.1.3 Données disponibles : liste floristique suivant trois strates.....	29
IV.2 Caractéristiques du peuplement actuel .....	30
IV.2.1 Etat pédologique.....	30
IV.2.2 Conclusion partielle.....	36
IV.2.3 Etat de la formation initiale .....	37
IV.2.4 Conclusion partielle.....	45
IV.3 Trajectoire de la succession végétale.....	46
IV.3.1 Trajectoire de la formation zonale.....	46
IV.3.2 Evolution des espèces caractéristiques de la formation transitionnelle.....	57
IV.3.3 Evolution des espèces caractéristiques de la formation azonale .....	58
IV.3.4 Relation sol-plante.....	60
IV.3.5 Conclusion partielle.....	61
V. DISCUSSIONS .....	62
V.1 Vérification des hypothèses .....	62
V.2 Discussions des résultats.....	62
V.2.1 Sol.....	62
V.2.2 Etat du peuplement initial .....	64
V.2.3 Trajectoire de la succession végétale naturelle.....	65
VI. RECOMMANDATIONS.....	68
VII. CONCLUSION .....	75
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	77

## LISTE DES ACRONYMES

AFC	: Analyse Factorielle des correspondances
ACP	: Analyse en Composantes Principales
B.R.F	: Bois Rameaux Fragmentés
Ca	: Calcium
CEC	: Capacité d'échange cationique
CITES	: Convention on International Trade for Endangered Species
C%	: Taux de matière organique
C/N	: Rapport carbone sur azote
EIE	: Etude d'Impact Environnemental
FAO	: Food and Agricultural Organization
H <sup>+</sup>	: ion hydrogène
IOV	: Indicateur Objectivement Vérifiable
K	: Potassium
LANO	: Laboratoire Agronomique de Normandie
MECIE	: Mise En Compatibilité des Investissements avec l'Environnement
Mg	: Magnésium
N	: Azote
Na	: Soude
OIBT	: Organisation Internationale des Bois Tropicaux
ONE	: Office National pour l'Environnement
P	: Précipitation
pH	: Potentiel Hydrogène
RPF	: Restauration du Paysage Forestier
T	: Température
TR	: Taux de régénération
TS	: Taux de Saturation
UICN	: Union Internationale pour la Conservation de la Nature

## LISTE DES CARTES

Carte 1: Localisation d'Ambatovy.....	5
---------------------------------------	---

## LISTE DES FIGURES

Figure 1: Courbe ombrothermique de Moramanga selon Walter et Lieth (1967).....	7
Figure 2: Cercle chromatique de Munsell montrant les teintes de base .....	19
Figure 3: Compartimentation de la placette carrée .....	21
Figure 4: Représentation schématique du transect .....	22
Figure 5: Distributions des diamètres des tiges de divers peuplements ( ROLLET, 1969) .....	24
Figure 6: Diagramme récapitulant la démarche méthodologique .....	26
Figure 7: Matrice de corrélation de la végétation selon le substrat et la topographie .....	29
Figure 8: Familles les plus rencontrées dans les compartiments A et B .....	37
Figure 9: Genres les plus rencontrés dans les deux compartiments A et B.....	38
Figure 10: Abondance relative des espèces des deux compartiments .....	39
Figure 11: Structure des hauteurs.....	40
Figure 12: Position du houppier .....	41
Figure 13: Structure totale.....	42
Figure 14: Distributions des diamètres des tiges selon (ROLLET, 1969) .....	42
Figure 15: Représentation graphique de l'abondance de la régénération naturelle .....	44
Figure 16: Taux de régénération de quelques espèces présentant une bonne régénération .....	45
Figure 17 : Répartition des espèces selon le type de sol .....	46
Figure 18 : Accroissement de l'effectif des individus les plus rencontrées dans la formation zonale...	47
Figure 19 : Abondance relative des espèces caractéristiques du stade à ASTERACEAE .....	48
Figure 20: Abondance relative des espèces caractéristiques du stade à <i>Harungana</i> .....	49
Figure 21: Evolution des espèces pionnières .....	49
Figure 22 : Corrélation entre le facteur âge et l'accroissement de l'effectif des individus.....	50
Figure 23: Abondance relative des ligneux caractéristiques du stade à EUPHORBIACEAE .....	51
Figure 24: Régression des espèces caractéristiques du stade à <i>Harungana</i> .....	52
Figure 25: Emergence des espèces de la famille des EUPHORBIACEAE .....	52
Figure 26 : Corrélation entre l'âge et les espèces caractéristiques du stade 3 .....	53
Figure 27 : Comportement des groupes d'espèces pionnières durant la succession.....	54
Figure 28 : Comportement des groupes d'espèces héliophiles de type nomade durant la succession...	55
Figure 29 : Récapitulation des stades .....	56
Figure 31 : Evolution des espèces premières colonisatrices de la formation transitionnelle .....	57

Figure 30 : Différenciation des trois stades de la formation transitionnelle.....	57
Figure 32 : Evolution des espèces caractéristiques du troisième stade de la formation transitionnelle	58
Figure 33 : Différenciation des trois strates de la formation azonale.....	58
Figure 34 : Evolution des ligneux du premier stade de la formation azonale .....	59
Figure 35 : Evolution des ligneux du second et troisième stade de la formation azonale.....	59
Figure 36 : Comparaison du comportement des pionniers dans chaque type de sol .....	60
Figure 37: Comparaison de la teneur en magnésium avec sa valeur-seuil.....	63
Figure 38: Comparaison de la teneur en potassium avec ses valeur-seuils $T_1$ , $T_2$ , $T_3$ .....	63

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1: Site de carapace ferrallitique.....	8
Photo 2: Fourré azonal .....	9
Photo 3: Forêt de transition .....	10
Photo 4 : Forêt zonale .....	11
Photo 5 : <i>Mantella aurantiaca</i> , espèce en danger critique d'extinction.....	12
Photo 6 : <i>Indri indri</i> .....	12
Photo 7 : <i>Sarotherura watersi</i> et <i>Sarotherura insularis</i> .....	12
Photo 8 : <i>Hemicentetes semispinosus</i> .....	12
Photo 9 : Famille riveraine du site .....	13
Photo 10: Fosse pédologique de $1m^3$ .....	18
Photo 11: Echantillon pédologique .....	19
Photo 12: Profil du sol ferrallitique.....	30
Photo 13: Photos montrant les couches de litière des trois types de sol.....	31
Photo 14: Aspect de la forêt zonale.....	43
Photo 15: Aspect de la population actuelle .....	53
Photo 16: Broyage avant fermentation du compost .....	70

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1: Normales mensuelles de température en °C (1961-1990).....	6
Tableau 2: Données démographiques .....	13
Tableau 3: Contribution des sources au revenu total .....	14
Tableau 4: Production agricole .....	14
Tableau 5: Seuil d'inventaire et paramètres à relever.....	21
Tableau 6: Epaisseur des horizons selon le type de sol.....	30
Tableau 7: Couleur de chaque type de sol.....	31
Tableau 8 : Structure de chaque type de sol.....	32
Tableau 9 : Granulométrie de chaque type de sol .....	32
Tableau 10: Enracinement, porosité, cohésion et activités biologiques des deux sols ferralitiques .....	32
Tableau 11: Enracinement, porosité, cohésion et activités biologiques des deux types de sol.....	33
Tableau 12 : pH de chaque type de sol.....	33
Tableau 13 : Capacité d'échange cationique de chaque type de sol.....	34
Tableau 14: Teneur en bases échangeables des deux sols ferralitiques .....	34
Tableau 15 : Teneur en bases échangeables des sol pisolitique et à carapace ferralitique .....	34
Tableau 16 : Teneur en matière organique, azote de Kjeldahl et rapport C/N .....	35
Tableau 17: Taux de saturation des quatres types de sol .....	36
Tableau 18: Composition floristique du peuplement initial .....	37
Tableau 19: Coefficient de mélange.....	39
Tableau 20: Composition floristique de la régénération naturelle .....	43
Tableau 21: Structure floristique du stade à ASTERACEAE.....	47
Tableau 22: Structure floristique du stade à <i>Harungana</i> .....	48
Tableau 23: Structure floristique du stade à EUPHORBIACEAE.....	51
Tableau 24: Quelques espèces selon leur comportement.....	71
Tableau 25: Récapitulation de l'étude préliminaire avancée et du plan de réhabilitation.....	73

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Liste de quelques espèces fauniques du secteur de la mine

Annexe 2 : Caractères physiques du sol

Annexe 3 : Liste floristique et abondance relative de chaque espèce du compartiment A

Annexe 4 : Lliste floristique et abondance relative de chaque espèce du compartiment B

Annexe 5 : Fréquence des familles et genres du compartiment A

Annexe 6 : Fréquence des familles et genres du compartiment B

Annexe 7 : Liste floristique et abondance relative de chaque espèce du compartiment C

Annexe 8 : Espèces présentant un taux de régénération supérieur à 100

Annexe 9 : Espèces présentant un taux de régénération inférieur à 100

Annexe 10 : Liste floristique du stade à ASTERACEAE de la formation zonale

Annexe 11 : Liste floristique du stade à EUPHORBIACEAE de la formation zonale

Annexe 12 : Normes d'interprétation des résultats d'analyse de sol

Annexe 13: Planification des activités pour chaque fosse

# INTRODUCTION

## I. INTRODUCTION

### I.1 Contexte général de l'étude

Les investissements étrangers apparaissent aujourd’hui comme une condition nécessaire à la croissance économique d’un pays en voie de développement (SARRASIN, 2005). C’est dans ce contexte que l’installation des industries minières connaît un grand essor à Madagascar. Paradoxalement, la notion de conservation et protection de l’environnement figure parmi les stratégies qui y sont déployées. De là est née le concept de durabilité qui suggère un développement économique et social respectueux de l’environnement.

En effet, un site minier subit d’importants stress physique, chimique que biologique provoquant un dérèglement complet de l’écosystème. Généralement, l’attitude des exploitants miniers à cet égard semble être de laisser à la nature le soin de cicatriser ses blessures et divers sites se trouvent abandonnés après leur exploitation (GARDNER, 2007). Cependant, conformément aux principes du développement durable, les opérations minières doivent être considérées comme une utilisation transitoire des terres. Cela signifie qu’après exploitation, le milieu doit être remis dans l’état où il se trouvait avant la perturbation, retrouvant ainsi une valeur égale ou supérieure (GARDNER, 2007).

Indubitablement, Madagascar partage les Objectifs du Sommet du Troisième Millénaire visant à lutter contre la pauvreté et à assurer l'accès aux ressources naturelles dans une perspective de développement durable et respectueux de l'environnement, à travers la bonne gestion et la Bonne Gouvernance ([www.mines.org](http://www.mines.org), 2007). Avec la mise en œuvre rigoureuse de la MECIE (Mise en Compatibilité des Investissements avec l’Environnement), l'affichage d'une attitude responsable vis-à-vis de l'environnement est requis pour garantir la crédibilité des compagnies minières. Les projets d'investissements publics ou privés susceptibles de porter atteinte à l'environnement doivent faire l'objet d'une étude d'impact environnemental, stipule la Charte de l'environnement malagasy en son article 10 de la loi n° 90-033 du 21décembre 1990, modifié par la loi du 5juin 1997.

L’étude d’impact environnemental des sites est ainsi devenue une préoccupation importante de tous les acteurs de l’industrie minière. Nombre de compagnies d’envergure internationale adoptent de hauts standards environnementaux, financent des études d’impact, des recherches sur la réhabilitation et la restauration. Tel est le cas du projet Ambatovy. La nécessité de protéger la biodiversité remarquable de Madagascar, et plus particulièrement ses nombreuses espèces menacées, a été soigneusement prise en compte durant ses dix années de préparation (DYNATEC CORPORATION, 2006). Dans le cadre de son programme environnemental, le projet développe une stratégie et un plan de réhabilitation ou restauration du site pendant et après ladite exploitation.

## I.2 Justificatif et intérêt de l'étude

Nombreuses compagnies minières mènent des activités de revégétalisation dans le cadre de leur programme environnemental. Ces activités visent généralement à instaurer des communautés végétales capables de se régénérer rapidement sur le site décapé, à l'instar du projet d'exploitation de nickel et de cobalt de La Nouvelle-Calédonie (Goro-Nickel). Au début de ses efforts environnementaux, Goro-Nickel a entrepris un programme de revégétalisation avec des espèces exotiques, comme des acacias ou des Graminacées, de manière à obtenir rapidement et à peu de frais un couvert suffisant pour prévenir l'érosion minéralisée. (SARRAILH et al, 2008)

Le projet Ambatovy se fixe comme objectif de maintenir l'intégrité biologique en matière d'écosystèmes et de populations végétales (DYNATEC CORPORATION, 2006). Il s'agit d'un programme de restauration proprement dite telle que définie lors de la deuxième Conférence d'experts sur l'harmonisation des définitions relatives à la forêt. Conformément à cette conférence, la **restauration** désigne « *le processus de réhabilitation d'une forêt telle qu'elle était avant la dégradation (mêmes fonctions, même structure, même composition)* » (INFORESOURCES, 2005). En outre, la section réhabilitation du projet tente également de viser la notion de restauration adoptée par le Partenariat international pour la restauration du paysage forestier (RPF) : « *La restauration du paysage forestier vise à restaurer l'intégrité écologique et améliorer la productivité et la valeur économique des terres dégradées, plutôt qu'à rétablir les forêts originales* » (FAO, 2007).

En considérant ces deux concepts, la restauration du site d'Ambatovy exige la plantation d'espèces natives du site-même. Dans ce sens, tous les éléments écologiques doivent être considérés. Par ailleurs, l'étude nécessite la connaissance du processus fonctionnel de colonisation de la communauté actuellement installée (depuis son stade de jeunesse jusqu'à sa maturité). Elle requiert l'exploration de toutes les composantes de la nature et leurs interrelations et cherche à déterminer les causes et les mécanismes de chaque comportement.

## I.3 Problématique

D'une part, le fondement du projet se trouve sur un site où poussent de nombreuses espèces endémiques de la zone. D'autre part, Ambatovy-Analamay se trouvent dans les limites d'une matrice naturelle contigüe d'une forêt quasi-primaire aux abords de la zone de planification de conservation forestière Zahamena – Mantadia – Andasibe (DYNATEC CORPORATION, 2006). Ils détiennent de ce fait un rôle fondamental dans le maintien de l'équilibre de l'écosystème forestier notamment dans la région d'Alaotra Mangoro (rôle de protection et de régulation).

Ainsi, les activités minières entraîneront la dégradation de la structure forestière des zones de conservation avoisinantes, le risque d'isolement des aires protégées, la raréfaction des espèces forestières, l'apparition des plantes envahissantes (*Rubus mollucana*, *Lantana camara*, *Camelea sinensis*, *Aframomum angustifolia*, etc.), l'apparition des animaux nuisibles et le dérangement de l'habitat. (ONE, 2006)

Par ailleurs, le site de la mine d'Ambatovy est situé sur une crête constituant une ligne de partage des eaux de la région : rivière de Mangoro, Vohitra, Rianala etc. (DYNATEC CORPORATION, 2006). Dès lors, de par les activités de défrichement et de décapage, des phénomènes d'ensablement ou d'envasement de la rivière peuvent se générer. A long terme, ces phénomènes nuiraient à la population riveraine. En d'autres termes, si des mesures de réhabilitation ne sont pas prises, la dégradation suivra son cours jusqu'à nuire la population locale, régionale voire nationale. Mais malgré une volonté de réhabilitation, deux questions demeurent non répondues et bloquent le programme :

1. Quelles sont les espèces pouvant s'adapter sur le site dégradé et assurer la reconstitution de l'écosystème originel?
2. Quels sont les facteurs qui entrent en ligne de compte dans la restitution de cette formation originelle?

#### **I.4 Objectifs de l'étude**

##### **I.4.1 Objectif général**

Le site est doté d'un écosystème forestier azonal, zonal et transitionnel particulier. Toutefois, l'étude d'impact environnemental du projet affirme que le substrat ferralitique-pisolitique ne se prête pas au recyclage pour toute activité de revégétalisation dans l'espoir de rétablir des habitats azonaux. Ainsi, la forêt naturelle devant être créée à titre de couverture végétale à long terme sera une forêt zonale. (DYNATEC CORPORATION, 2006)

Compte tenu de la disponibilité des données de suivi sur la régénération naturelle via les pistes post-exploration, cette étude prévoit de se porter sur des chronoséquences de régénération naturelles. Cette chronoséquence se traduit par une trajectoire mettant en évidence les espèces caractéristiques de chaque stade d'évolution sur les formations zonales. De cette manière, elle servira de base à la détermination de la recolonisation des espèces et de la dynamique de restauration forestière indiquant la période où l'intervention humaine est nécessaire pour garantir la reprise des espèces visées. En bref, l'objectif général de cette recherche vise à :

**“ETUDIER LA TRAJECTOIRE DE LA SUCCESSION VEGETALE NATURELLE  
D'AMBATOVY EN VUE DE METTRE EN PLACE UN PLAN DE RESTAURATION  
FORESTIERE”**

##### **I.4.2 Objectifs spécifiques**

Aux fins de répondre à cet objectif général, trois objectifs spécifiques ont été fixés :

1. Définir les différents stades d'évolution: déterminer les groupes d'âge ayant les mêmes caractéristiques

2. Identifier les espèces caractéristiques de chaque stade d'évolution selon le substrat concerné : cibler les espèces montrant leur développement optimum à un moment donné.
3. Proposer un plan de restauration forestière simplifié

### I.5 Hypothèses

Compte tenu de la problématique, trois hypothèses ont été émises :

- $H_1$  : Les espèces pouvant s'adapter sur le site émanent de la communauté végétale pionnière
- $H_2$  : Les espèces rigoureuses pouvant assurer la régénération forestière relèvent de l'ensemble caractéristique d'espèces du peuplement initial.
- $H_3$  : Le sol est l'un des facteurs déterminants de la prolifération de ces espèces et donc de la reconstitution de la forêt

### I.6 Plan

Exceptée cette partie introductive, cette étude comprendra six parties :

- Une partie présentant la zone d'études;
- Une partie émettant la méthodologie de travail;
- Une partie relatant les résultats de recherche avec les interprétations y afférentes;
- Une partie discutant les résultats discernés avec les études antérieures faites par différents chercheurs;
- Une partie avançant quelques recommandations;
- Une partie émettant une conclusion générale.

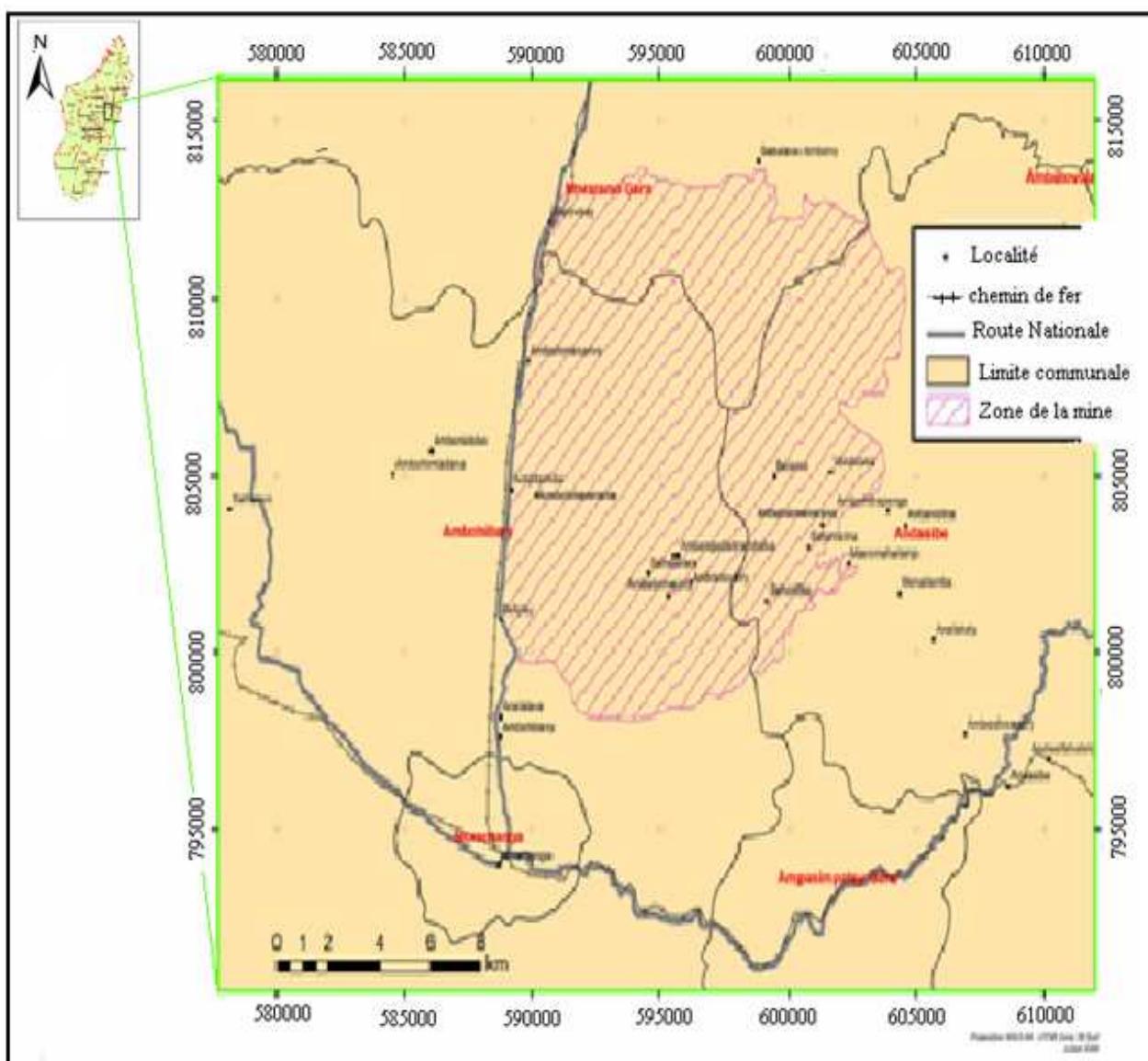
# **PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE**

## II. PRESENTATION DU MILIEU D'ETUDE

### II.1 Milieu physique

#### II.1.1 Cadre institutionnel et situation géographique

La mine exploite deux secteurs de ressources : Ambatovy et Analamay. Ces derniers appartiennent à la commune rurale d'Ambohibary, district de Moramanga et région Alaotra Mangoro. Mais tel que montré sur la carte ci-après, le site embrasse trois communes à savoir : Morarano Gare, Ambohibary et Andasibe. Il est limité par 590 000 et 610 000 UTM longitude-Est et 800 000 et 810 000 latitude-Sud et se situe à environ 130km d'Antananarivo et 275km du port de Toamasina. (DYNATEC CORPORATION, 2006).



**Carte 1: Localisation d'Ambatovy**

Source: Projet Ambatovy, 2008

## II.1.2 Climatologie

Deux tours météorologiques ont été installées sur le site de la mine en 1996 dont l'une a été mise hors service en 2001. L'autre station demeure en opération au sommet de la crête du gisement d'Ambatovy. Cependant, les données qui y ont été publiées ne couvrent que huit années (1996-2004). Ainsi, l'étude climatologique suivante a été portée sur les données climatiques de Moramanga s'étalant sur une période de trente ans, une station à proximité d'Ambatovy.

### a. Températures et précipitations

Le tableau suivant montre les caractéristiques climatiques de la ville de Moramanga. Ces chiffres indiquent les moyennes des données entre 1961 et 1990.

**Tableau 1: Normales mensuelles de température en °C (1961-1990)**

Mois	janv	fév	mars	avr	mai	juin	juil	août	sept	oct	nov	déc	M.A
<b>P</b>	253	227,2	173,4	68,2	44,4	68,4	58	50,2	28	60,9	144	255	1430,6
<b>N. jrs</b>	19,7	17,9	21,2	15,1	16,2	16,9	18,8	19	12,8	12,8	15,2	19,0	185,6
<b>T</b>	22,5	22,8	22	21	19	16,8	15,9	16,1	17,5	19,7	21,3	22,2	19,73

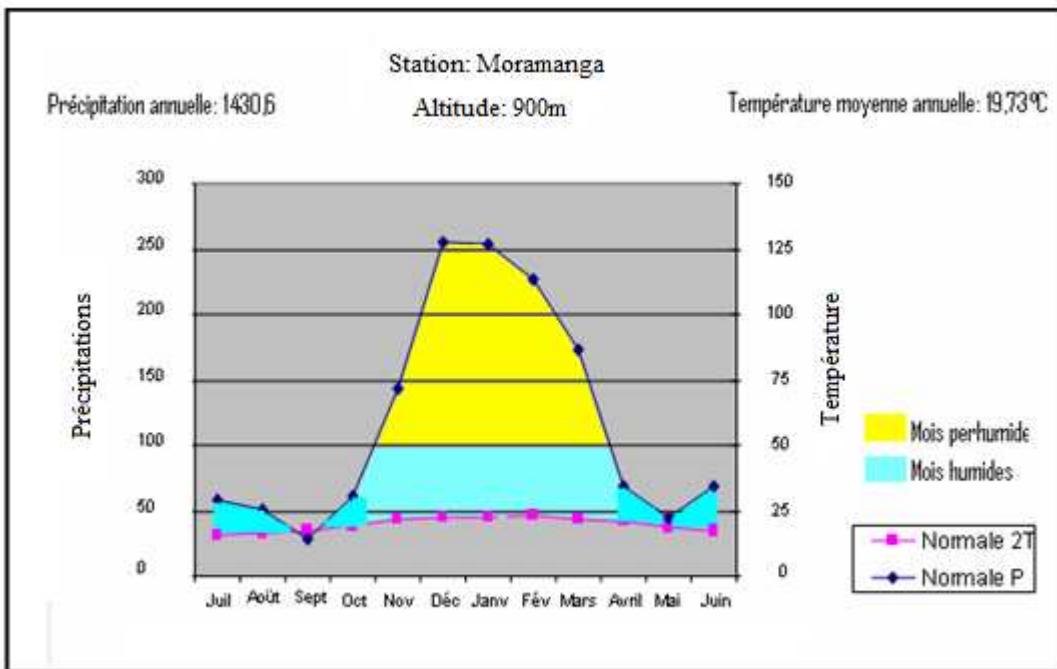
**P** : précipitation / **T** : température / **N. jrs** : Nombre de jours de pluie / **M.A** : Moyenne annuelle

Source : Direction de la Météorologie d'Ampandrianomby, 2008

La région est caractérisée par une pluviométrie annuelle de l'ordre de 1431mm dont les mois de septembre et décembre présentent respectivement la pluviométrie la moins élevée (28mm) et la plus élevée (255mm). Les précipitations sont réparties sur 186 jours. Le mois de septembre demeure le mois détenant le plus faible nombre de jours de pluie et le mois de janvier est celui présentant le nombre le plus élevé.

La température moyenne annuelle est de 19,73°C dont le mois le plus chaud est le mois de février avec une moyenne mensuelle de 22,8°C. La température minimale s'aperçoit durant le mois de juillet avec une moyenne mensuelle de 15,9°C.

Ces données climatiques ont permis, en outre, l'établissement de la courbe ombrothermique de Walter et Lieth. Pour ce faire, les mois de l'année ont été portés en abscisse en commençant par le mois le plus froid. Les ordonnées droite et gauche sont caractérisées respectivement par les températures exprimées en °C et les précipitations en mm. L'échelle de la température est le double de celle des précipitations (Centre Technique Forestier Tropical, 1989).



**Figure 1: Courbe ombrothermique de Moramanga selon Walter et Lieth (1967)**

Source : Direction de la Météorologie d'Ampandrianomby, 2008

A première vue, la pluviométrie retient une valeur supérieure à celle du double de la température. D'après Walter et Lieth en 1967, un mois est écologiquement sec quand la pluviosité (P) exprimée en millimètres est inférieure au double de la température (T) exprimée en degrés Celsius, humide quand  $P=2T$  et  $P<100\text{mm}$  et perhumide quand  $P=2T$  et  $P>100\text{ mm}$ .

La région est ainsi caractérisée par trois périodes bien distinctes :

- Une longue période perhumide de novembre à mars
- Une période humide à partir du mois d'avril en août ainsi que le mois d'octobre
- Un mois écologiquement sec dont le mois de septembre

Par conséquent, la région est caractérisée par un climat tropical d'altitude humide et frais.

### II.1.3 Géologie, géomorphologie et topographie

Le trait dominant du cadre géologique régional du projet est une ceinture de gneiss et de migmatites de direction nord-sud. Ces roches font partie des roches à haut degré de métamorphisme sur lesquelles reposent les deux tiers Est de l'île de Madagascar. Un grand intrusif, connu sous le nom de complexe d'Antampombato, datant probablement du Crétacé, recoupe le terrain gneissique et domine l'environnement géologique du projet.

Le site de la mine se caractérise par un terrain montagneux avec des altitudes avoisinant les 1000mètres, soit approximativement 600m plus bas qu'Antananarivo. Les secteurs ciblés pour le projet d'Ambatovy et Analamay se trouvent sur la bordure ouest de la chaîne de l'Ankay, sur un des deux escarpements qui séparent le plateau central des basses terres de la côte Est.

La géomorphologie de ces secteurs se caractérise par des pentes relativement abruptes, des collines et des vallées remplies d'alluvions. Les processus tectoniques (forces impliquées dans la déformation de l'écorce terrestre) sont responsables de la présence des failles, des fractures et des dykes. Les montagnes y sont composées de latérite, sensible à l'érosion et plus particulièrement en présence d'eau en mouvement. L'eau souterraine s'infiltre puis s'écoule le long de l'interface entre la roche mère et la latérite. Cet écoulement préférentiel est à l'origine de l'érosion sous forme de lavaka. Les lavaka contribuent à l'alignement linéaire des vallées. La topographie s'adoucit et le fond des vallées s'élargit à l'ouest de la mine, le long de la prise d'eau proposée dans la rivière Mangoro (DYNATEC CORPORATION, 2006).

#### II.1.4 Hydrographie

Le gisement de minerai d'Ambatovy est situé le long du sommet de la crête d'Ambavalabe. Cette crête constitue une ligne de partage des eaux dans la région. La partie ouest de la région de la mine se déverse dans le bassin versant de la rivière Mangoro. La partie Est fait partie des bassins versants des rivières Vohitra et Rianila. Près de la région du projet, la rivière Mangoro coule vers le sud avant de tourner vers l'est et de se déverser dans l'océan Indien. La superficie totale du bassin versant de la rivière Mangoro est de 17 175 km<sup>2</sup>. Les eaux de surface de la région de la mine qui s'écoule vers l'est atteignent des affluents de la rivière Sahatandra puis la rivière Vohitra. La rivière Vohitra coule vers l'est et se joint à la rivière Rianila près de la côte Est de Madagascar. La rivière Rianila se jette dans l'océan Indien; son bassin versant a une superficie totale de 7820 km<sup>2</sup> (DYNATEC CORPORATION, 2006).

Le secteur de la mine compte quelques stations situées sur des cours d'eau tels la rivière Sahamarirana supérieure au sud, la rivière Antsahalava à l'ouest, les rivières Ankaja et Sakalava au nord, le bassin de la Sahamarirana en aval, la rivière Firikana à la sortie du marais de Torotorofotsy. Ce marais, système de marais majeur reconnu sur le plan international, est situé immédiatement en aval d'une portion du site de la mine.

#### II .1.5 Pédologie

Quatre types de sol majeurs caractérisent la région :

- Les sols à carapace ferralitique sur plateaux topographiques possédant une couche de surface indurée.
- Les sols pisolitiques sur des positions topographiques plus basses que les premiers. Ce type peut contenir un éventail de concrétions et de cuirasses cassées, selon la position de pente et d'autres facteurs de formation du sol. Une couche d'argile enrichie peut souvent être observée sous l'horizon durci.



**Photo 1: Site de carapace ferralitique**  
Source: DYNATEC CORPORATION, 2006

- Les sols ferralitiques rouges/jaunes sur bas des pentes.
- Les sols organiques ont été repérés dans les dépressions. Ils se forment à partir d'une matière d'origine organique, sont acides et ont une faible saturation en bases. Ces sols sont classifiés comme histosols (DYNATEC CORPORATION, 2006).

## II.2 Milieu biologique

### II.2.1 Flore et formation végétale

Le site comprend des forêts et des terrains broussailleux intacts et dégradés, des zones très herbacées, des plantations d'eucalyptus, des terres boisées et des rizières.

#### a. Fourré azonal (arbres sclérophylles)

Cet habitat se compose de fourrés d'arbres sclérophylles azonaux d'altitude moyenne croissant sur une cuirasse ferralitique consolidée. Il est caractérisé par une végétation dense faite de fourrés d'arbres de petite taille (canopée d'environ 9 m de hauteur) sur un substratum peu profond. Les espèces dominant ce type de végétation sont généralement *Uapaca densifolia*, *Leptolaena multiflora* (une espèce en danger), *Asteropeia macphersonii* (une espèce vulnérable), *Weinmannia rutenbergii*, *Uapaca thouarsii* et *Sarcolaena multiflora*. Le fourré azonal couvre 133 ha, soit moins de 1 % du secteur local d'étude de la mine (DYNATEC CORPORATION, 2006).



**Photo 2: Fourré azonal**

Source: DYNATEC CORPORATION, 2006

#### b. Forêt azonale (arbres sclérophylles)

Ce type consiste en une forêt azonale sclérophylle d'altitude moyenne, croissant sur une cuirasse ferralitique fragmentée et des concrétions pisolithiques. Il se caractérise par une végétation arborescente dense à canopée relativement basse (environ 13m), reposant sur un substrat de profondeur irrégulière et formant un continuum avec le fourré azonal et la forêt de transition. La forêt azonale est riche en orchidées épiphytes et renferme des éléments floristiques présents dans le domaine central de Madagascar. *Uapaca densifolia*, *Asteropeia macphersonii* (une espèce vulnérable), *Sarcolaena multiflora*, *Protorhus ditimena*, *Syzygium emirnense*, et *Leptolaena multiflora* (une espèce en danger), telles sont les espèces les plus rencontrées dans ce type de formation. La forêt azonale couvre 826 ha, soit 4 % du secteur local d'étude de la mine (DYNATEC CORPORATION, 2006).

#### c. Habitat azonal perturbé

Il s'agit d'un type d'habitat azonal perturbé. Il se compose ainsi de secteurs qui sont pratiquement dénués de végétation tels que la zone du campement d'exploration, les zones de végétation clairsemée en raison de l'activité humaine ou de feux récents, ou des secteurs broussailleux.

Avec les herbes spécifiques aux terrains brûlés (pyrophytes), *Philippia* domine la végétation de la sous-classe de succession. L'habitat azonal perturbé couvre 421 ha, soit 2 % du secteur local d'étude de la mine (DYNATEC CORPORATION, 2006).

**d. Mares temporaires**

Les mares temporaires peu profondes s'installent dans des cuvettes de cuirasse ferralitique et s'entourent de fourrés et de forêts sclérophylles. Elles couvrent une surface de 5ha du secteur local d'étude de la mine (DYNATEC CORPORATION, 2006).

**e. Forêt de transition de type azonal**

Cette formation se développe sur une altitude moyenne caractérisée par un substratum d'argile ou d'argile pisolitique. Sa canopée est de hauteur variable (environ 10 m). Elle comporte un ensemble d'espèces très similaire à celui de la forêt azonale mais croît sur un substratum semblable à celui de la végétation de transition. De ce fait, la forêt de transition de type azonal est unique dans la région (et vraisemblablement dans tout Madagascar). Les espèces dominantes comprennent: *Uapaca densifolia*, *Schefflera longipedicellata*, *Vernonia garnieriana*, *Uapaca mangorensis*, *Uapaca densifolia* et *Asteropeia mcphersonii* (une espèce vulnérable). Ce type de végétation couvre 438 ha, soit 2 % du secteur local d'étude de la mine (DYNATEC CORPORATION, 2006).

**f. Forêt de transition**

Cette classe de végétation comprend des forêts de transition zonales-azonales d'altitude moyenne croissant sur des affleurements ferralitiques. Elle se caractérise par une végétation d'arbres à canopée de hauteur variable (environ 15 m). De par sa nature, la forêt de transition évolue vers la forêt azonale et la forêt zonale. Cet habitat est peu représenté à Madagascar en raison de son confinement au substrat résultant de la roche-mère ultrabasique. Les espèces dominantes de la forêt de transition comprennent: *Syzygium emirnense*, *Blotia oblongifolia*, *Pittosporum verticillatum*, *Thecacoris perrieri*, *Xylopia buxifolia* et *Chrysophyllum boivinianum*. Elle couvre 1 051 ha, soit 5 % du secteur local d'étude de la mine (DYNATEC CORPORATION, 2006).

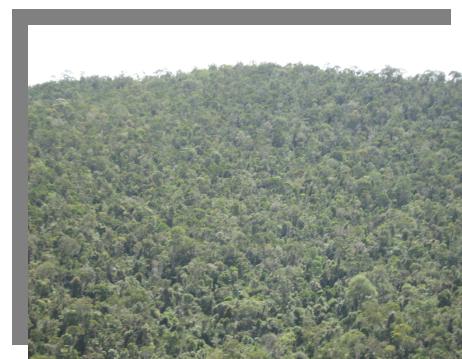


**Photo 3: Forêt de transition**

Source: DYNATEC CORPORATION, 2006

### g. Forêt zonale

Il s'agit d'une forêt dense humide d'altitude moyenne croissant sur un substrat d'argiles rouges et jaunes. Cette formation est typique des forêts denses humides d'altitude moyenne à canopée relativement élevée (de 12 à 23m). L'habitat forestier appartient au domaine oriental de Madagascar, mais dispose de quelques caractéristiques biogéographiques du domaine central. Les espèces caractéristiques de cette formation sont notamment: *Ocotea laevis*, *Syzygium emirnense*, *Thecacoris perrieri*, *Chrysophyllum boivinianum*, *Rhodolaena bakeriana* et *Tannodia perrieri*. La forêt zonale constitue la végétation dominante de la région, couvrant 12 527 ha, soit 55 % du secteur local d'étude de la mine (DYNATEC CORPORATION, 2006).



**Photo 4 : Forêt zonale**

Source : cliché de l'auteur, 2008

### h. Eucalyptus et autres terres boisées

Il est prédominé essentiellement par des plantations d'eucalyptus. Etant donné que l'étude de référence sur la flore se concentre sur les habitats naturels, aucune placette n'a été établie en vue de l'analyse de la structure forestière de cette classe de végétation exotique. Cette classe occupe un total de 831 ha, soit 4 % du secteur local d'étude de la mine (DYNATEC CORPORATION, 2006).

### i. Bordure de marais boisée et non boisée

Ce type d'habitat se développe dans des milieux hydromorphes et s'étend le long des multiples bras du système de marais de Torotorofotsy-Mokaranana. La forêt de bordure de marais se caractérise par de vastes étendues de *Pandanus (P. tectorius)* formant des écotones marais-forêt avec les forêts zonales environnantes. Les autres espèces notables comprennent *Cyathea dregei* (une espèce CITES) et *Dalbergia baroni* (une espèce vulnérable). La forêt de bordure de marais occupe une superficie restreinte du secteur local d'étude (36 ha) et le type de végétation de bordure de marais non boisée a une plus grande étendue, couvrant une superficie de 195ha (DYNATEC CORPORATION, 2006).

### j. Brûlis non forestier, couverture herbacée et pâturages

Ce type englobe une végétation résiduelle non forestière de la culture itinérante sur brûlis (tavy) et de pâturages herbacés. Les superficies occupées par cette classe sont de 2 260ha et 2 709ha, respectivement (DYNATEC CORPORATION, 2006).

### h. Végétation herbacée de marais, végétation herbacée de marais/rizières, rizières

Ces habitats de zones humides se développent dans les basses terres et se différencient par la composition en espèces et le degré d'anthropisme. La végétation la plus naturelle est celle herbacée de marais et se caractérise par une végétation herbacée hydromorphe typique des systèmes de marais de la région (espèces de la famille des Cyperacées). Il couvre 102 ha (DYNATEC CORPORATION, 2006).

Les rizières forment une autre classe de végétation des basses terres. Elles s'étendent sur une surface totale de 305 ha du secteur local d'étude. Une dernière classe regroupe un mélange de zones de rizières et de végétation naturelle de marais formant des unités trop petites ou trop indifférenciées. Elle couvre une surface de 1012 ha, soit 4 % du secteur local d'étude.

## II.2.2 Faune

Lors des travaux d'inventaire herpétologique dans les zones d'Ambatovy, d'Analalamay et de Torotorofotsy (secteur de la mine), 67 espèces d'amphibiens et 60 espèces de reptiles ont été recensées. De toutes ces espèces, seules deux ne sont pas endémiques. Six des espèces observées sont inscrites sur la Liste rouge UICN et 21 espèces, comme étant interdites de commerce international par la CITES (Annexes 1.a et 1.b) (DYNATEC CORPORATION, 2006).



**Photo 5: *Mantella aurantiaca*, espèce en danger critique d'extinction**

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006



**Photo 6: *Indri indri***

Source: DYNATEC CORPORATION, 2006

La zone est dotée de neuf espèces de Lémuriens dont trois espèces diurnes (*Indri indri*, *Propithecus diadema diadema* et *Eulemur rubriventer*), deux crépusculaires (*Eulemur fulvus fulvus* et *Hapalemur griseus griseus*) et quatre nocturnes (*Avahi langier*, *Lepilemur sp.*, *Cheirogaleus major* et *Microcebus rufus*). Toutes les espèces sont inscrites dans la liste UICN. (DYNATEC CORPORATION, 2006).

113 espèces d'oiseaux ont été identifiées. 63 d'entre elles sont endémiques et 27, des sous-espèces endémiques. Si 15 des espèces observées sont inscrites sur la Liste rouge UICN, 16 espèces figurent sur les listes CITES (Annexes 1.c et 1.d). (DYNATEC CORPORATION, 2006).



**Photo 7: *Sarothrura watersi* et *Sarothrura insularis***

Source: DYNATEC CORPORATION. 2006



**Photo 8: *Hemicentetes semispinosus***

Source: DYNATEC CORPORATION, 2006

6 espèces et un genre de chauves-souris, 75 espèces de fourmis et 131 espèces de papillons ont été détectés. En outre, 21 espèces de petits mammifères dont 16 endémiques de Madagascar, ont été recensées (Annexe 1.e). Aucune de ces espèces de petits mammifères ne figure sur les listes CITES (DYNATEC CORPORATION, 2006).

### II.3 Milieu humain

Le site de la mine est situé à environ 14 km au nord-est de la ville de Moramanga et près des communes de Morarano Gare, Ambohibary (aussi désignée sous le nom de commune suburbaine de Moramanga), Ampasipotsy et Andasibe. Les terroirs (sub-villages) de Berano, Behontsa, Andranovery et Ampangadiantandraka sont les plus proches du site. La population totale du secteur de l'étude sociale avoisine les 80 000 personnes en 2003, dont moins de la moitié dans la ville de Moramanga (DYNATEC CORPORATION, 2006)

Le tableau suivant récapitule la répartition de la population suivant les cinq communes

**Tableau 2: Données démographiques**

	MORARANO	AMBOHIBARY	MORAMANGA	AMPASIMPOTSY	ANDASIBE
Population (nombre)	10 136	14 664	37 955	5 662	7 884
<16	5 684	8 484	22 014	3 078	4 290
16 à 60	2 974	4 260	11 007	1 678	2 405
>60	1 478	1 920	4 934	908	1 189
Proportion homme/femme	99,1	–	95,0	–	97,4
Ménage dirigé par une femme (%)	22,1	18,2	16,7	14,6	14,6

Source: CRD, 2003 in DYNATEC CORPORATION, 2006

La population rurale est très jeune dont plus de la moitié, à moins de 16 ans. Le nombre de ménages dirigés par des femmes varie entre 15 % et 20 %. Cette proportion inclut les veuves, mais la plus grande part de ces ménages se composent de femmes en âge de travailler (et de leurs enfants) dont le mari a quitté la région pour chercher du travail. Cependant, selon l'étude de Phelps in DYNATEC CORPORATION (2006), l'envoi d'argent aux familles par ces hommes est en moyenne négligeable, comptant pour moins de 1 % du revenu global.



**Photo 9: Famille riveraine du site**

Source: DYNATEC CORPORATION, 2006

#### II.3.1 Activités économiques

L'économie y a un caractère à la fois rural et urbain. Dans l'ensemble, l'économie rurale se caractérise par de multiples sources de revenus dont l'agriculture, l'élevage, la production artisanale, et l'exploitation forestière. Le tableau 3 indique la place qu'occupe chaque activité dans les sources de revenu.

**Tableau 3: Contribution des sources au revenu total**

SOURCE DE REVENU	CONTRIBUTION AU REVENU TOTAL (%)
Riz	26
Elevage	4
Vannerie	10
Fabrication de charbon de bois	15
Exploitation forestière et coupe de bois	10
Emplois salariés	18
Commerce	8
Echange	4
Collecte des produits de la forêt	1
Autres	4
Total	100

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

**a. Agriculture**

L'agriculture est une culture de subsistance reposant largement sur la culture du riz et du manioc. Le tableau suivant montre les superficies qu'attribue chaque commune à l'agriculture avec son équivalent de revenu.

**Tableau 4: Production agricole**

	MORARANO	AMBOHIBARY	MORAMANGA	AMPASIMPOTSY	ANDASIBE
<b>Riz</b>					
Cultivable (ha)	2300	1500	260	600	500
Cultivé (ha)	1760	1130	260	560	35
Cultivé (%)	76,5	75,3	100,0	93,3	7,0
Nombre de fermiers	1895	2272	1015	165	1419
Rendement moyen (t/ha)	1,7	1,9	1,6	1,2	1,1
Production	99,0	98,0	100,0	88,0	100,0
<b>Baiboho</b>					
Cultivable (ha)	150	840	50	250	50
Cultivé (ha)	140	610	10	170	30
Cultivé (%)	93,3	72,6	20,0	68,0	60,0
Nombre de fermiers (manioc)	50	1149	—	95	—
Rendement moyen (manioc, t/ha)	16,0	15,0	—	18,0	—
Nombre de fermiers (haricot)	51	883	—	30	—
Rendement moyen (haricot, t/ha)	0,6	0,8	—	0,8	—
<b>Tanety</b>					
Cultivable (ha)	450	150	1250	1900	100
Cultivé (ha)	220	630	420	350	45
Cultivé (%)	48,9	420,0	33,6	18,4	45,0

Source : CRD, 2003 in DYNATEC CORPORATION, 2006

A l'exclusion d'Andasibe où peu de ménages ont accès aux terres, quasiment toutes les communes pratiquent la riziculture. Les rendements moyens rapportés sont toutefois comparables. Généralement, ces chiffres diminuent de moitié lorsque les pluies ne sont pas suffisantes. Concernant, les autres cultures pluviales sur tanety et baiboho, elles sont considérées comme réserve de subsistance permettant de combler les manques. Le manioc est de loin la plus importante de toutes et est l'aliment de base en l'absence de riz.

b. Elevage

Le zébu détient une valeur économique que culturelle mais Sakalava demeure le village le plus caractérisé par cette activité. Toutefois, presque tous les ménages pratiquent l'aviculture tant pour l'autoconsommation que la vente. Il en est de même pour la pisciculture, trois nouveaux projets de pisciculture ont été démarrés à Andasibe et Maravoay. 10% des ménages d'Andasibe et 70 % de ceux de Menalamba pratiquent l'apiculture (DYNATEC CORPORATION, 2006)

c. Production artisanale

L'activité artisanale primaire tourne autour de la vannerie. C'est une activité exclusivement féminine mais arrivant à couvrir les besoins des ménages. Les résultats du sondage lors de l'étude d'impact environnemental en 2006 montrent que 75 % des ménages ont recours à cette activité. (DYNATEC CORPORATION, 2006)

d. L'exploitation forestière

L'exploitation forestière constitue un moyen de subsistance additionnel. Elle comprend la coupe de bois d'œuvre dans les forêts naturelles et celle de bois de service (fabrication de charbon) dans les plantations d'Eucalyptus. La fabrication de charbon de bois est significative dans ce secteur à l'exception de Sakalava et de Menalamba.

### **II.3.2 Pressions sur le site**

En plus des perturbations de référence d'origine naturelle (cyclones) ou causées localement par l'exploitation forestière et l'agriculture itinérante sur brûlis, la végétation dans le secteur de la mine a également subi des perturbations dans les 40 dernières années comme conséquence directe ou indirecte des activités liées à la réalisation de forages exploratoires. La végétation a été ainsi perturbée par l'aménagement des pistes d'accès et des plates-formes de forage dans les zones des gisements d'Ambatovy et d'Analamay. Tous ces programmes de forage ont contribué à la perte, à l'altération et à la fragmentation des ressources végétales à Ambatovy et Analamay. La surface totale perturbée par l'ensemble des campagnes de forage s'élève à 63,5 ha, dont 43,5 ha pour les pistes d'accès et 20 ha pour le défrichement des sites de forage. La partie de ces perturbations imputable à Dynatec est estimée à 25,7 ha pour les pistes d'accès (9,3 ha à Ambatovy et 16,4 ha à Analamay) et à 7,6 ha pour les sites de forage (3,4 ha à Ambatovy et 4,2 ha à Analamay), ce qui donne un total de 33,3 ha (52,4 % du total des perturbations de référence) (DYNATEC CORPORATION, 2006).

# METHODOLOGIE DE TRAVAIL

### III. METHODOLOGIE DE TRAVAIL

A titre de rappel, l'objectif général de la présente étude consiste à ressortir la trajectoire de la succession végétale naturelle d'Ambatovy. Dès lors, trois objectifs spécifiques ont été ressortis. Le premier vise à définir les différents stades d'évolution, c'est-à-dire, à déterminer les groupes d'âge ayant les mêmes caractéristiques. Le second cherche à identifier les espèces caractéristiques de chaque stade d'évolution selon le substrat concerné : cibler les espèces montrant leur développement optimum à un moment donné. Le dernier sous objectif consiste à proposer un plan de restauration forestière simplifié.

Compte tenu de la problématique, trois hypothèses ont été émises. La première suggère que les espèces pouvant s'adapter sur le site émanent de la communauté végétale pionnière. La seconde avance que les espèces rigoureuses pouvant assurer la régénération forestière relèvent de l'ensemble caractéristique d'espèces du peuplement initial. La dernière suppose que le sol est l'un des facteurs déterminants de la prolifération de ces espèces et donc de la reconstitution de la forêt

Pour atteindre ces différents objectifs d'une part et vérifier les hypothèses d'autre part, la démarche méthodologique comporte trois étapes. La première concerne les études préliminaires renfermant l'analyse bibliographique, la phase de reconnaissance sur terrain et les entretiens. La deuxième étape correspond à la collecte de données sur terrain tandis que la dernière rejoint la phase de traitement et d'analyse de données.

#### III.1 Etudes préliminaires

##### III.1.1 Analyse bibliographique

Porter les investigations vers toutes les sources d'information a été jugé important. La documentation est, en effet, une étape fondamentale pour bien fonder une étude. Elle forme la base-même de la recherche et constitue une balise pour bien cerner le cadre du travail (RABENILALANA, 2005). Dans cette optique, les recherches bibliographiques ont été orientées vers les ouvrages suivants:

- Ouvrage sur la succession végétale secondaire en forêt dense humide tropicale sempervirente. Ceci, dans le but d'avoir une idée générale de la succession végétale de ce type de forêt.
- Rapport de suivi de la végétation naturelle d'Ambatovy : une campagne de suivi sur la végétation d'Ambatovy, d'une durée de huit ans, a déjà été opérée par des chercheurs. La consultation de ce rapport pourrait ainsi servir de base pour une esquisse de la trajectoire moyennant les données qui y sont inscrites.

Il est à remarquer que cette phase d'analyse de contenu documentaire ne consitue non seulement une étude exploratoire mais sert à la fois d'appui et de guide tout au long de la recherche.

##### III.1.2 Reconnaissance des dispositifs expérimentaux

En écologie, la succession désigne la série de changements qui se produisent au sein des différentes communautés qui composent un écosystème jusqu'à ce qu'il atteigne son équilibre, dénommé climax.

((ENCYCLOPAEDIA UNIVERSALIS, 2007). En d'autres termes, ressortir la succession végétale nécessite la connaissance du passé du peuplement jusqu'à son stade climax. Effectivement, Ambatovy dispose de dispositifs qui montrent ces séries de changement. D'une part, comme la forêt a connu une ouverture de layons lors des travaux de prospection (sondage tarière, prélèvement de roche, sol et limon), cesdits layons, laissés de manière à favoriser la régénération naturelle, ont fait l'objet d'un inventaire périodique. D'autre part, contre ces layons de régénération, le peuplement initial n'ayant pas subi de perturbation montre un état climax. Ce peuplement sera donc pris comme état de référence ou état climax.

Dès lors, une visite de reconnaissance s'est révélée indispensable. En d'autres termes, cette visite a été effectuée dans le but d'apprécier les conditions de la station et d'avoir un aperçu des parcelles où se tiendront les points de collecte de données (inventaire).

### III.I.3 Entretien

Parallèlement à ces séances de reconnaissance, des contacts et entretiens avec les personnes ressources directement impliquées (responsables et personnel du département environnement etc.) ont été entrepris. Il s'agit d'une discussion informelle. Sur ce, « l'enquêteur discute d'une façon très étendue avec l'enquêté. Ainsi, les questions posées ne suivent pas un ordre chronologique et ne visent pas à soutirer une confirmation ou une infirmation à une hypothèse émise » (RAMAMONJISOA, 1996). L'objet de l'enquête s'est articulé autour de trois axes :

- Activités forestières pratiquées par les paysans notamment avant l'installation du projet: ressources-cibles, matériels et outils (les enquêtés sont généralement le personnel du site) .
- Méfaits des cataclysmes naturels sur le peuplement forestier
- Complément d'informations sur les layons de régénération naturelle

### III.2 Collectes des données sur terrain

Selon l'OIBT (2002), « *un principe fondamental de gestion de la restauration forestière est d'utiliser autant que possible la dynamique naturelle qui existe dans tout peuplement forestier primaire dégradé. Habituellement, la restauration est construite en s'appuyant sur la croissance préexistante dans toute forêt primaire dégradée, car induire une régénération est souvent difficile* ». Ainsi, pour parvenir à l'obtention de cette dynamique naturelle de végétation, la méthodologie de travail a été portée sur l'étude de l'évolution de la régénération naturelle sur les layons post-exploration depuis 1998 jusqu'au stade actuel. Etant donné que des travaux d'inventaire périodique de ces layons ont déjà été entrepris depuis 1998, l'établissement de la dynamique naturelle n'a requis que le recoupement des données existantes d'une part et le relevé de l'état actuel de la végétation d'autre part. Car effectivement, connaître son état actuel moyennant l'inventaire forestier complètera les données permettant de préfigurer son évolution.

Conjointement, la connaissance de la formation zonale ultérieurement restaurée d'une part et des conditions du sol où se développe cette formation d'autre part, s'avère essentielle.

Ces états serviront de base ou de référence tant à la dynamique de végétation qu'au projet de restauration. C'est pourquoi des travaux d'inventaire de cette formation ainsi que des examens pédologiques ont été réalisés.

### III. 2.1 Examen pédologique

Les caractéristiques du sol demeurent des indicateurs de sa fertilité. Ainsi, une étude de sol a été effectuée pour justifier les comportements des groupements végétaux qui s'installent. Pour cela, il est indispensable de connaître les propriétés du sol tant physiques que chimiques.

#### a. Analyse physique

Cette étude a pour objectif la caractérisation de l'interface sol-plante.

Dès lors, il s'avère opportun de porter l'analyse sur toute la profondeur d'enracinement. Effectivement, l'analyse physique en surface n'apporte qu'une fraction des informations nécessaires à la compréhension du comportement du peuplement. Aussi, deux fosses pédologiques sur chaque type de sol (étage écologique), tant sur les layons de régénération naturelles que sur les formations initiales, ont été opérées. Une telle fosse est une coupe verticale de sol qui permet une observation de quelques horizons (WIKIPEDIA, 2006). Sa dimension est variable mais dans le cadre de la présente étude, elle a été réalisée de telle sorte qu'au moins une personne puisse y pénétrer lors de la description et que l'horizon B apparaisse. D'où sa dimension générale de  $1m^3$ . Avec cette dimension, les zones qui ne sont pas prospectées par les racines, (zones très fortement tassées) peuvent être mises en évidence.

La composante physique de la fertilité d'un sol fait appel à la notion de texture, couleur, de structure, de cohésion, de porosité, d'enracinement et d'activité microbienne (RANDRIAMBOAVONJY, 1997).

La *texture* donne une idée sur les proportions relatives de particules de sable, de limon et d'argile qui sont présentes dans le sol (RANDRIAMBOAVONJY, 1997). Elle correspond à une classification du sol en fonction de la taille des éléments minéraux. Son estimation équivaut à un jugement global de propriétés du matériau grâce à des sensations tactiles (pétrissage entre les doigts). Un sol sableux n'a pas de cohérence ; avec un sol argileux, il devient possible de former un anneau. Pour ce qui est du sol limoneux, la formation d'anneau qui se referme n'est pas possible mais au toucher, il est facilement malléable, doux et talqueux. Cependant la description sur terrain reste insuffisante pour acquérir la granulométrie de chaque horizon. Par suite, des analyses y afférant ont été effectuées au laboratoire de FOFIFA.

La *couleur* guide à la distinction des différentes unités stratigraphiques avant de commencer la description systématique. Ce critère est souvent très subjectif. Seule l'utilisation d'une charte de couleur permet de se défaire de cette subjectivité.



**Photo 10: Fosse pédologique de  $1m^3$**

Source : cliché de l'auteur, 2008

Le code Munsell est un référentiel international des couleurs, dont une charte pour les sols existe. Le principe de cette charte est de proposer des comparaisons entre un échantillon et des pastilles de couleur réparties sur les planches d'un livret en fonction de trois critères: la teinte de base (Hue), la clarté (value) et la saturation (chroma). (WIKIPEDIA, 2007)

La *structure* est la façon selon laquelle s'arrangent naturellement et durablement les particules élémentaires en formant ou non des agrégats (RANDRIAMBOAVONJY, 1997).

L'évaluation de *l'enracinement* porte sur son degré d'intensité (abondance), sa taille, son état sanitaire (présence ou non de blessures) ainsi que son mode de pénétration (entre, suivant, dans les agrégats) (RANDRIAMBOAVONJY, 1997).

Préalablement à toute étude, définir les coordonnées du site s'est révélé indispensable à l'aide d'un récepteur GPS.

### b. Analyse chimique

En complément des descriptions de terrain, il est courant de prélever des échantillons de sol directement dans la fosse, afin d'effectuer des analyses chimiques et mieux comprendre ainsi le fonctionnement du sol.

Le prélèvement doit être représentatif. Dans cette étude, l'échantillon a été constitué chacun de 1kg de terre prélevées à plusieurs endroits : horizon A, horizon de transition entre A et B, horizon B, niveau de profondeur entre 0 et 20cm ainsi que 20 et 50cm.

L'horizon A est la partie supérieure présentant un taux élevé de matière organique mais faible en argile, fer, alumine. L'horizon B est celui se trouvant au dessous de A et caractérisé par des teneurs en argile, fer et alumine élevés (WIKIPEDIA, 2008). Entre A et B se trouve un horizon de transition dénommé AB.

La composante chimique de la fertilité d'un sol comprend le taux de matière organique, le pH de l'eau, la capacité d'échange cationique, la richesse et la biodisponibilité en éléments minéraux tels le phosphore assimilable (Bray II) ; les bases échangeables (Ca, Mg, K, Na) ; l'azote Kjeldahl. (WIKIPEDIA, 2008).

Ces échantillons, auxquels a été jointe une fiche signalétique, ont été envoyés auprès du laboratoire de FOFIFA Tsimbazaza (Antananarivo) pour être analysés séparément.

### III.2.2 Inventaire forestier

L'inventaire porte sur deux types de formation : les layons de régénération naturelles et les parcelles de formation initiale.

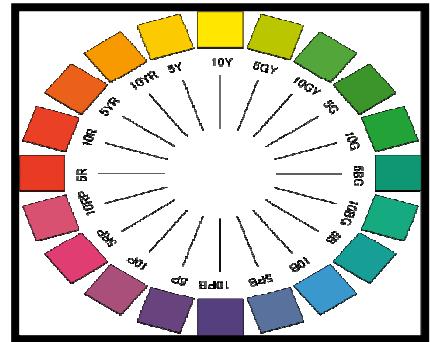


Figure 2: Cercle chromatique de Munsell montrant les teintes de base  
Source : WIKIPEDIA, 2008



Photo 11: Echantillons pédologiques  
Source : cliché de l'auteur, 2008

### a. Définition

L'inventaire forestier peut être défini comme l'ensemble d'activités permettant d'obtenir, avec une certaine précision, une ou plusieurs informations qualitatives ou quantitatives concernant une plantation ou une forêt naturelle, définie par ses limites géographiques. (ANDRIANJAKA, 1990 in DOKOLAHY, 2004).

### b. Méthodes d'inventaire

L'évaluation porte sur environ 50 unités de parcelles de régénération naturelle et 48 placettes de formation initiale. Les méthodes d'inventaire par échantillonnage ont été retenues pour ces deux types de formation mais dont les unités d'échantillonnage se répartissent de façon systématique le long d'un transect pour la régénération naturelle. Quant à l'inventaire de la formation initiale, les placettes se distribuent de façon aléatoire pour chaque unité de strate.

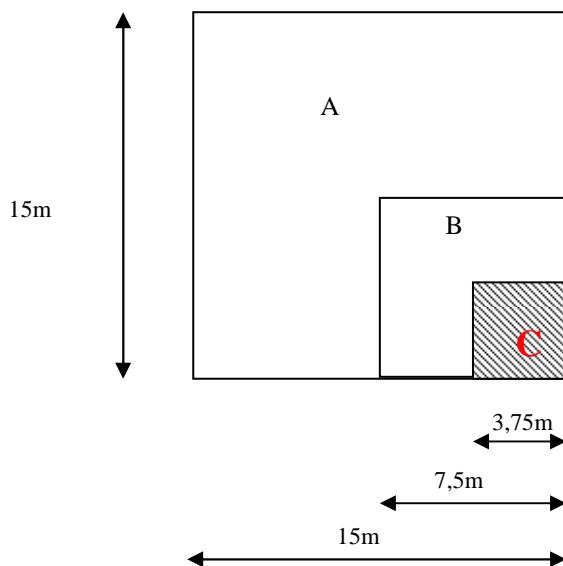
#### b.1 *Méthode d'inventaire aléatoire stratifié (peuplement forestier)*

De par la différence de la topographie et du type de sol, le peuplement est caractérisé par trois types de formation. A cet effet, la population a été subdivisée en trois strates : formation sur sol argileux (forêt zonale sur bas de pente), formation sur pisolite (forêt de transition sur versant) et formation sur cuirasse ferrugineuse (forêt azonale sur crête). Mais comme la finalité de l'étude consiste en une mise en place d'un plan de restauration, l'inventaire n'a affecté que celui de la formation sur sol argileux sous prétexte que cette dernière sera la formation prise comme état de référence lors des travaux de restauration proprement dite.

Dans un inventaire forestier, les surfaces doivent être identiques. En s'inspirant des différentes méthodes d'étude de la végétation (Mueller-Dombois et al, 1974 in DOKOLAHY, 2004), la parcelle carrée de 15 mx15 m a été retenue du fait de son installation plus commode par rapport à la placette circulaire. En effet, bien que l'expérience ait montré qu'il est plus facile de faire sans oubli le relevé sur une mince et longue parcelle rectangulaire (25mx10m) que sur une placette carrée (KIEMA, 1998 in DOKOLAHY, 2004), cette première n'a pas pu être choisie étant donné que les forêts sont plus ou moins fragmentées par des routes forestières. Par conséquent, il a été difficile de disposer d'une longueur de 25m au cœur de la forêt.

En outre, d'après Brun (1976) in DOKOLAHY (2004), la méthode d'inventaire par compartiment est celle adaptée pour apprécier la structure de tous les étages. De cette manière, les données collectées sont généralement fiables et permettent de mener une analyse floristique et structurale. C'est ainsi que les placettes d'inventaire du peuplement initial ont été compartimentées.

Par suite, 48 placettes carrées de 15mx15m, comportant trois compartiments chacune, ont été installées. La surface de 225m<sup>2</sup> constitue le compartiment A. Ce dernier a été divisé en quatre sous-compartiments de 7,5mx7,5m (soit 56,25m<sup>2</sup>), dans l'un desquels est établi le compartiment B. Ce compartiment a été, à son tour, subdivisé en 4 dont l'un a formé le compartiment C de 3,75mx 3,75m. La compartmentation de cette placette est représentée par la figure 3 ci-après.



**Figure 3: Compartimentation de la placette carrée**

Les jeunes bois capables d'assurer la régénération naturelle ont été inventoriés dans le compartiment C. De par ce rôle de régénération, les jeunes mesurant moins d'un mètre n'ont pas été dénombrés. En effet, ces derniers n'ont pas encore dépassé le stade concurrence et ne peuvent pas garantir l'avenir et la pérennité du peuplement. Bref, les jeunes bois du compartiment C sont caractérisés par un diamètre inférieur à 5cm et une hauteur supérieure à 1m. Ce critère « hauteur » a été choisi du fait que le peuplement a généralement de petits diamètres. Et nombre de cas montrent qu'un arbre atteignant 2 à 3m de hauteur ne dépasse pas 1cm de diamètre. En se basant sur le critère diamètre pour délimiter le seuil d'inventaire, le compartiment C ne comportera que peu d'éléments. Pour le compartiment B, les arbres ayant un diamètre compris entre 5cm et 10cm y ont été inventoriés et ceux de gros diamètres (supérieurs à 10cm), dans A.

Le tableau suivant donne les paramètres à relever par compartiment et par seuil d'inventaire.

**Tableau 5: Seuil d'inventaire et paramètres à relever**

Compartiment	Surface	Seuil d'inventaire	d	h	$H_F$	PHF
A	900	$d \geq 10\text{cm}$	×	×	×	×
B	225	$5 \leq d < 10$	×	×	×	×
C	56,25	$5 < d$	×	×		

Source : RAJOELISON, 1997

**d** : diamètre

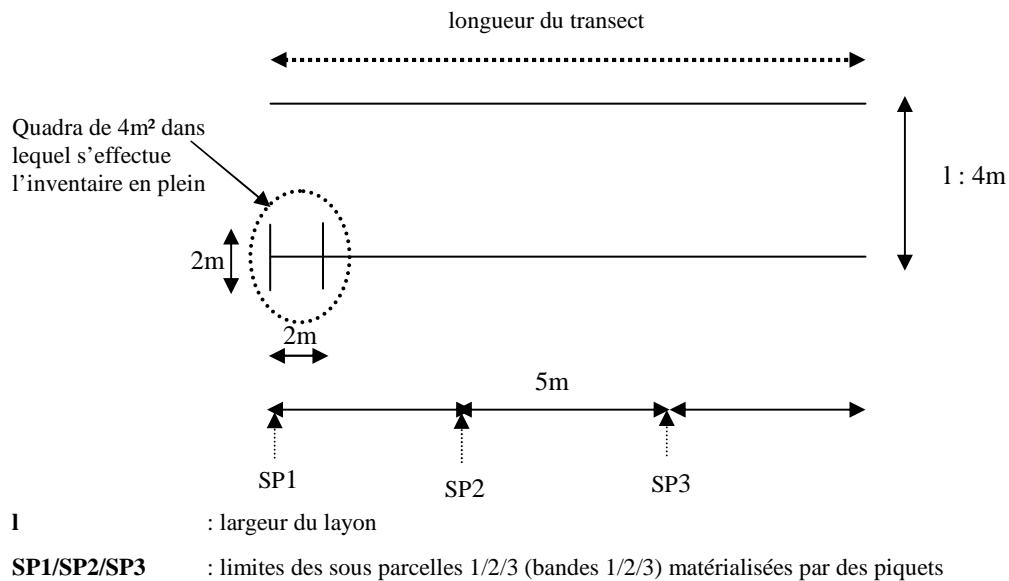
**$H_F$**  : Hauteur du fût

**H** : hauteur totale

Le PHF est un index qui résume qualitativement l'état d'un arbre. P, exprimé par les valeurs 100 à 500, décrit l'intensité d'insolation sur le houppier. H, variant de 10 à 50, indique la forme du houppier, et F, caractérisé par les valeurs 1 à 5, donne la forme du fût. Comme le but de cet inventaire vise à ressortir les espèces caractéristiques de la formation, les index H et F ne seront pas appréciés. Par contre, l'index P sera étudié pour avoir une idée générale sur le tempérament des espèces caractéristiques.

### b.2 Méthode d'inventaire par transect (layon de régénération naturelles)

Cette méthode par transect a été choisie étant donné qu'elle constitue celle adoptée par les évaluateurs durant les périodes de suivi. Elle consiste à inventorier en plein les espèces de chaque quadrat de 4m<sup>2</sup> disposé tous les 5m le long du transect. Le layon mesure 4m de large et en partant du milieu, suivant une direction définie par une boussole, la bande de transect longe ce layon depuis le point de départ jusqu'à l'extrémité. Toutes les bandes de 5m sont matérialisées par des piquets de manière à faciliter l'installation des quadrats de 4m<sup>2</sup>. Durant les expérimentations, les paramètres de relevés sont la hauteur des plantules traduisant ainsi leur croissance. Cette dernière explique la différence en cm de la taille initiale et finale des plantules en 6 mois. La figure 4 représente cette méthode systématique



**Figure 4: Représentation schématique du transect**

### c. Détermination de la taxonomie et des caractéristiques des espèces non connues

Des collectes d'échantillons de tiges et feuilles ont été entamées dans la mesure où le nom scientifique et la famille des espèces ne sont pas encore connus. Ces échantillons ont été préparés en herbiers pour, ensuite, être identifiés en les comparant avec ceux de la bibliothèque botanique de Tsimbazaza. De cette manière, la taxonomie et les caractéristiques des espèces ont pu être déterminées.

#### **III.3 Recouplement des données de suivi**

Bien que disposant de données relatives à l'évolution de la régénération naturelle, la présentation et l'enregistrement de cesdites données ne correspondent pas à ceux requis pour l'établissement de la trajectoire. Ainsi, des travaux de recouplement (assemblage de toutes les placettes d'inventaire de même âge, regroupement de toutes les espèces de même type biologique) ont été effectués.

En outre, en vue d'examiner la crédibilité des données disponibles, une vérification de la liste floristique avec des publications scientifiques s'est avérée fondamentale (vérification de la taxonomie : famille, genre et espèce). De cette manière, si une erreur et/ou omission a été repérée, elle aurait été modifiée.

Une fois les recouplements établis, les données ont été soumises, tout comme celles du peuplement actuel, à des analyses et des traitements.

### III.4 Analyse des données d'inventaire

#### III.4.1 Analyse des données d'inventaire du compartiment A et B

L'analyse des données d'inventaire de ce peuplement consiste en une analyse structurale comprenant la structure floristique et la structure spatiale.

##### a. Structure floristique

Selon RAJOELISON (1997), la structure floristique embrasse la composition floristique, la richesse floristique et la diversité floristique. La **composition floristique** est représentée par la liste floristique des placettes inventoriées et par conséquent, de la végétation d'Ambatovy. La **richesse floristique** exprime le nombre total d'espèces présentes sur une surface donnée (FOURNIER et SASSON, 1983). De l'exploitation de cette liste découlera ensuite le degré d'endémicité locale ou régionale ainsi que les espèces, genres ou familles les plus représentés. La **diversité floristique** est la manière dont les espèces se répartissent entre les individus présents (FOURNIER et SASSON, 1983).

Elle peut être déterminée par le coefficient de mélange qui est le rapport entre le nombre d'espèces et le nombre de tiges (RAJOELISON, 1997).

$$CM = \frac{\text{Nombre d'espèces}}{\text{Nombre total de tiges}}$$

##### b. Structure spatiale

Cette étape comprend une analyse horizontale et une analyse verticale.

L'analyse horizontale englobe l'étude de l'abondance et de la dominance (pour les formations initiales). D'après (RAJOELISON, 1997), l'abondance absolue vise à identifier la densité du peuplement étudié à l'hectare (N/ha) tandis que l'abondance relative des espèces est donnée par la formule suivante :

$$N\% = \frac{\text{Nombre de tiges de l'espèce}}{\text{Nombre total de tiges}} \times 100$$

La dominance G fait ressortir la surface terrière des arbres et donne ainsi une idée sur le degré de remplissage de la forêt (RAJOELISON, 1997). Elle est formulée par :

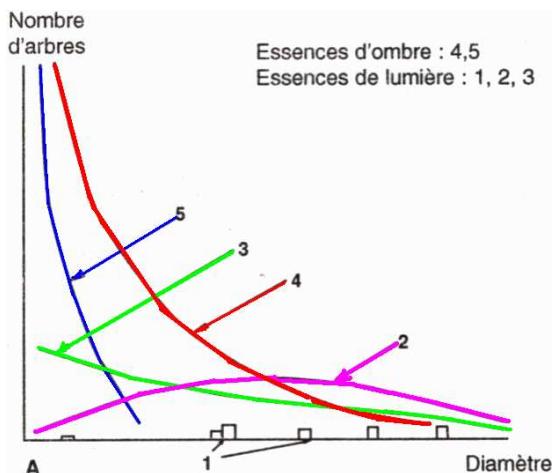
$$G = \sum g = \sum (\pi d^2 / 4)$$

L'analyse verticale étudie la structure des hauteurs donnée par la distribution du nombre de tiges par classe de hauteurs et renseigne sur la stratification verticale du peuplement (RAJOELISON, 1997). De cette stratification peut découler le comportement des espèces arborescentes vis-à-vis de la lumière ou tempérament sylvicole.

### c. Structure totale

Elle indique la distribution du nombre d'arbres suivant des classes diamétriques, toutes les espèces réunies (ROLLET, 1969 in RAJOELISON 1997).

Les différents types de distribution des arbres par catégories de diamètre reflètent également le tempérament sylvicole. Selon les espèces, les distributions, représentées par la figure suivante, peuvent être de type erratique (1), en cloche très étalé (2), surabaissé (3) ou à tendance exponentielle (4). (RAJOELISON, 1997)



**Figure 5: Distributions des diamètres des tiges de divers peuplements ( ROLLET, 1969)**

Source : RAJOELISON, 1997

### III.4.2 Analyse de la régénération naturelle (compartiment C)

L'importance, l'état de vigueur des régénéérations naturelles et jeunes bois sont évalués en faisant appel à l'étude de la composition floristique, de la structure horizontale (abondance) et de la structure totale des espèces.

### III.4.3 Evaluation de la régénération naturelle selon l'échelle de Rothe

L'estimation du potentiel de régénération peut être entamée en utilisant la formule de Rothe (1964) :

$$TR\% = \frac{\text{Nombre d'individus régénérés (r)}}{\text{Nombre d'individus (a)}} \times 100$$

Selon l'échelle de Rothe,

- Si le taux de régénération (TR) est inférieur à 100%. l'espèce est en difficulté de régénération
  - Si TR est compris entre 100 et 1000%, l'espèce présente une bonne régénération.
  - Si TR est supérieur à 1000%, l'espèce a une très bonne régénération.
- (RANDRIANINDRIANA, 2008)

### **III.4.4 Analyse des données d'inventaire sur les layons de régénération naturelle**

Les analyses sont axées sur l'accroissement de la richesse floristique et du type biologique. L'obtention de cet accroissement ou diminution de la richesse floristique (nombre d'espèces, genres et familles présents) de la végétation ainsi que celui de chaque type biologique s'opère en confrontant les données recueillies à chaque phase de suivi.

### **III.4.5 Traitement des données**

Les calculs et recouplements faits, les données ont été transportées dans des logiciels de traitement à savoir l'EXCEL et le XLSTAT

#### **a. EXCEL 2003**

Ce logiciel sert à la fois à recouper les données avant la phase de traitement statistique sur SPSS et à les traiter après cette phase jusqu'à l'obtention des résultats finaux. Il fait ressortir les différentes courbes d'analyse de données (structure des hauteurs, structure totale, le type biologique, l'endémicité des espèces).

#### **b. XLSTAT**

Aux fins de ressortir les résultats sur la succession végétale, une Analyse en Composantes Principales (ACP) a été effectuée. Cette analyse vise à identifier la corrélation entre l'« âge » et la « population ». De cette manière, elle pourra répondre au premier objectif spécifique de l'étude qui consiste en la détermination des groupes d'âge ayant les mêmes caractéristiques. Pareillement, l'utilisation de l'ACP permet de définir les relations sol-plante. Par conséquent, cette méthode contribue à la définition des espèces s'adaptant sur chaque type de sol (deuxième objectif spécifique).

## **III.5 Limites de travail**

### **III.5.1 Incompatibilité des données disponibles avec l'objectif de l'étude**

En premier lieu, les diamètres de la population n'ont pas été relevés durant les suivis. En second lieu, les données de suivi relatives à la hauteur des plants ou herbes sont inscrites sous forme d'intervalle. Cependant, ces intervalles encadrent de nombreuses valeurs (grands intervalles). De ce fait, les espèces se sont presque trouvées dans le même intervalle le long des relevés et l'accroissement moyen des espèces en hauteur n'a pas pu être tiré. Par conséquent, d'un côté, le test statistique et donc la caractérisation des stades n'a été affecté que sur le paramètre « richesse spécifique ». D'un autre côté, la structure spatiale et la structure totale de chaque stade n'ont pas pu être ressorties.

### **III.5.2 Manque de données par omission de relevés ou suppression de placettes permanentes**

D'une part, suite aux travaux de sondage, certaines placettes n'ont plus subsisté. Ainsi, le nombre de placettes de suivi se trouve inégal induisant l'élimination complète de la placette en question. D'autre part, bien que les placettes soient encore actives, des oubliés de relevés (sur trois, quatre voire cinq placettes) se sont produits lors des suivis.

Ce cas a généralement entraîné la non-considération de la phase de relevés. Enfin, les relevés n'ont pas été réalisés durant les années 2003, 2004, 2005, 2007. Par conséquent, les données correspondant à ces périodes sont absentes.

### III.5.3 Problème de l'échelle spatio- temporelle des études

L'objet de l'étude porte sur la trajectoire de la succession végétale naturelle. Autrement dit, elle requiert des suivis s'étalant sur plusieurs années (au moins 20 ans). N'ayant effectué des études que depuis huit ans, expliquer des changements de la végétation, phénomènes à long terme, par des études à court terme, pourra entraîner des confusions et des risques de mauvaises interprétations.

Le diagramme suivant résume la démarche méthodologique adoptée durant cette étude.

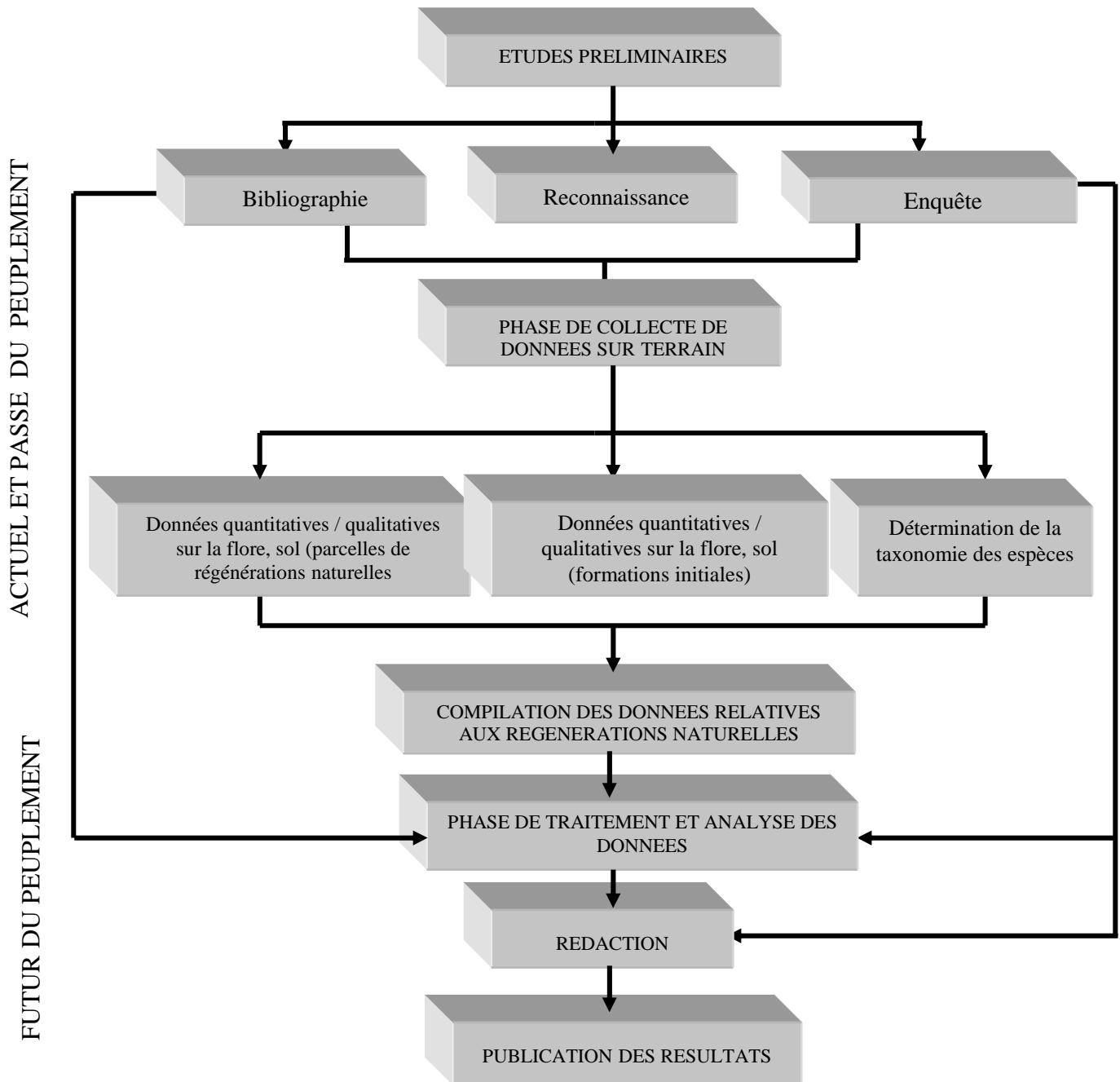


Figure 6: Diagramme récapitulant la démarche méthodologique

# **RESULTS ET INTERPRETATIONS**

## IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### IV.1 Synthèses bibliographiques et état des lieux

#### IV.1.1 Quelques définitions

Selon l’OIBT (2002), une **terre forestière dégradée** correspond à un ancien massif forestier gravement endommagé par des prélèvements excessifs de bois d’œuvre et de produits forestiers non ligneux, une mauvaise gestion, des feux répétés, le pâturage ou d’autres perturbations ainsi que par des utilisations du sol ayant endommagé ce dernier et sa végétation à un degré qui inhibe ou retarde de manière déterminante la repousse forestière après l’abandon du site.

D’après la Society for Ecological Restoration International (2004), la **restauration écologique** est une action intentionnelle qui initie ou accélère l’autoréparation d’un écosystème en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable. La plupart du temps, l’écosystème qui a besoin d’être restauré a été dégradé, endommagé, transformé ou entièrement détruit, résultat direct ou indirect de l’activité humaine. La restauration suit, au plus près possible, un modèle écologique autochtone. La restauration tend vers le retour d’un écosystème à sa trajectoire historique. Les conditions historiques sont de ce fait un point de départ idéal pour un **plan de restauration**.

Selon l’OIBT (2002), « un principe fondamental de gestion de la **restauration forestière** est d’utiliser autant que possible la dynamique naturelle qui existe dans tout peuplement forestier primaire dégradé. Habituellement, la restauration est construite en s’appuyant sur la croissance préexistante dans toute forêt primaire dégradée, car induire une régénération est souvent difficile ».

La **restauration** est une discipline de l’écologie pouvant à la fois intégrer le paradigme de « la Nature en flux » et tester par empirisme et expérimentation en vraie grandeur les processus fonctionnels clé de la succession (PICKETT et PARKER, 1994).

L’expression “**restauration du paysage forestier** » (RPF) a été utilisée pour la première fois par un groupe d’experts en restauration des forêts réunis à Ségovie (Espagne). Ils l’ont définie comme étant « un processus visant à rétablir l’intégrité écologique et améliorer le bien-être des populations humaines dans les paysages forestiers déboisés ou dégradés. » (OIBT, 2005).

CLEMENTS (1916) a décrit la **succession végétale** comme « le processus universel de développement de la végétation par lequel une même surface se voit successivement occupée par différentes communautés de plantes de productivité, de structure et de composition progressivement plus élevées ou matures». La succession présente une dynamique linéaire, primaire (allogénique) ou secondaire (autogénique), relativement simple à modéliser. Elle distingue différents stades : pionniers, post-pionniers, matures de la communauté végétale.

Les **successions** sont une description des changements de végétation à différentes échelles dans l’espace et le temps. Les successions sont séparées traditionnellement en : *succession primaire* quand il s’agit de la colonisation d’un sol nu par la végétation, elle a dans ce cas une grande composante

spatiale. La *succession secondaire* : désigne la “réparation” par la végétation des conséquences d'une perturbation qui a ouvert un espace relativement large (feu, chablis) (WHITTAKER, 1975).

Selon RAJOELISON (2007), la forêt secondaire s'établit naturellement après la disparition de la forêt primaire suite à des interventions importantes comme la coupe-rase, les graves incendies, le Tavy, le cyclone etc. Pour les forêts secondaires, les nouvelles sociétés d'arbres sont soumises à des changements avec le temps. Il s'agit alors de forêt en phase de **succession**.

En écologie, la **succession** désigne la série de changements qui se produisent au sein des différentes communautés qui composent un écosystème jusqu'à ce qu'il atteigne son équilibre, dénommé **climax**. (ENCYCLOPAEDIA UNIVERSALIS, 2007).

Le **climax** désigne l'état idéal d'équilibre stable atteint par les différents éléments du complexe climat-sol-flore-faune, au terme de successions écologiques dynamiques en un lieu et sous un climat donnés (ENCARTA, 2006).

Une **trajectoire écologique** est celle qui décrit le chemin évolutif d'un écosystème au cours du temps. En restauration, la trajectoire commence avec l'écosystème non restauré et progresse vers l'état attendu d'autoréparation souhaité dans les buts du projet de restauration et exprimé dans l'écosystème de référence (SER, 2004).

Le concept général de **trajectoire d'un écosystème** recouvre à la fois la succession « naturelle » d'un écosystème et tous les autres itinéraires que peut suivre cet écosystème sous les diverses pressions qui lui sont applicables (ARONSON et al, 1995).

Compte tenu de ces différentes définitions, un écosystème ayant besoin d'être restauré est un écosystème dégradé. Mais la réussite des travaux de restauration nécessite l'utilisation de la dynamique de la végétation-même. Cette dynamique se traduit par une trajectoire décrivant un chemin évolutif. Il s'agit d'un processus fonctionnel mettant en exergue la succession des groupements végétaux capables de se proliférer en un moment donné sur une même surface. C'est ainsi que les définitions données par l'OIBT (2002), CLEMENTS (1916), ARONSON et al (1995) relatives respectivement à la **restauration forestière**, **succession végétale** et **trajectoire d'un écosystème** ont été adoptées dans la présente étude.

#### IV.1.2 Dispositifs expérimentaux

Compte tenu de ces différentes définitions, ressortir la succession végétale requiert la connaissance du passé du peuplement jusqu'à son stade climax. De par les travaux de reconnaissance, trois dispositifs expérimentaux montrant ces séries de changement ont été retenus dont les layons de régénération naturelle, les layons d'enrichissement et la formation initiale non perturbée.

##### a. Layons de régénération naturelle

Créés en vue des travaux de prospection (sondage tarière ; prélèvements en roche, sol et limon), cesdits layons ont été laissés de manière à favoriser la régénération naturelle. Ils disposent d'une largeur de 4m et dont leur longueur reste variable.

Depuis 1998, ces layons ont fait l'objet d'un inventaire périodique (suivi périodique) servant à évaluer la survie, la croissance et les réactions physiologiques des végétations qui y prolifèrent.

### b. Layons d'enrichissement

Ces layons ont été réhabilitées et dont les principales essences d'enrichissement sont *Harungana madagascariensis*, *Rhus taratana* et *Psiadia altissima*. Ces sauvageons sont éduqués en pépinière jusqu'à atteindre la taille requise pour la plantation. Ces parcelles n'ont pas été inventoriées lors de la phase de collecte de données mais leur observation a été jugée nécessaire étant donné que l'étude vise à contribuer à la mise en place d'un plan de restauration forestière.

### c. Peuplement initial non perturbé

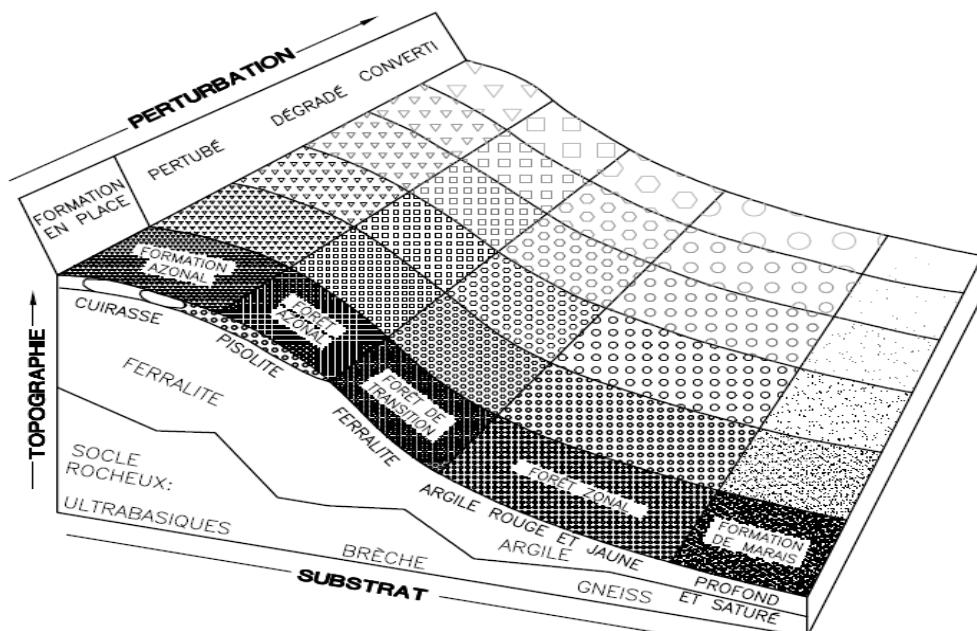
Nombre de parcelles n'ont pas été touchées par l'ouverture de ces layons et le peuplement qui s'y installe a été pris comme peuplement à l'état relativement climax.

#### **IV.1.3 Données disponibles : liste floristique suivant trois strates**

Selon RAZAFIMAMONJY (2006), Ambatovy connaît trois strates suivant le type de sol et la topographie.

- Strate des formations zonales sur sol ferralitique rouge/jaune colonisant les bas de pente
- Strate des formations transitionnelles sur sol pisolitique habitant les pentes moyennes ou versant
- Strate des formations azonales sur sol à carapace ferralitique caractérisant les crêtes

A l'issue de ces travaux de suivi, une liste floristique des layons de régénération suivant la stratification décrite précédemment a déjà été établie. Cette liste comprend la famille, le genre, l'espèce ainsi que le nom vernaculaire de chaque individu.



**Figure 7: Matrice de corrélation de la végétation selon le substrat et la topographie**

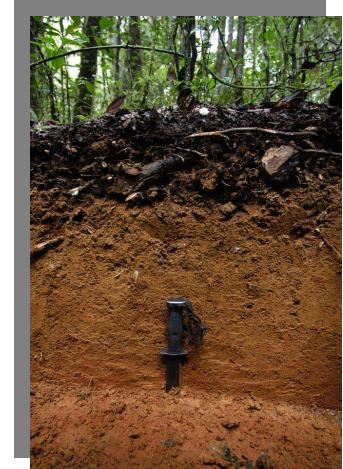
Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

## IV.2 Caractéristiques du peuplement actuel

### IV.2.1 Etat pédologique

Sur une coupe verticale de 1m, le sol est généralement constitué de trois couches horizontales superposées appelées "horizons" :

- Horizon A: horizon supérieur constitué à la fois d'éléments organiques et minéraux. Il comprend deux sous-horizons dont la litière riche en cadavres, déjections animales dénommée  $A_0$  et l'horizon humifère  $A_1$ .
- Horizon B : situé sous l'horizon précédent. C'est un horizon d'accumulation car nombre d'éléments entraînés par les eaux se bloquent à ce niveau et viennent l'enrichir.
- Horizon AB : transition entre les deux horizons suscités.



**Photo 12: Profil du sol ferralitique rouge / jaune**

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

Ces trois horizons se différencient tant par leurs caractères physiques (épaisseur, couleur, teneurs en sables, limons et argile, colonisation par les racines, porosité, cohésion, élément biologique) que chimiques (pH, Na, Mg,...). Selon le type de sol, ces caractères seront résumés dans des tableaux.

#### a. Caractères physiques du sol

##### a.1 Epaisseur

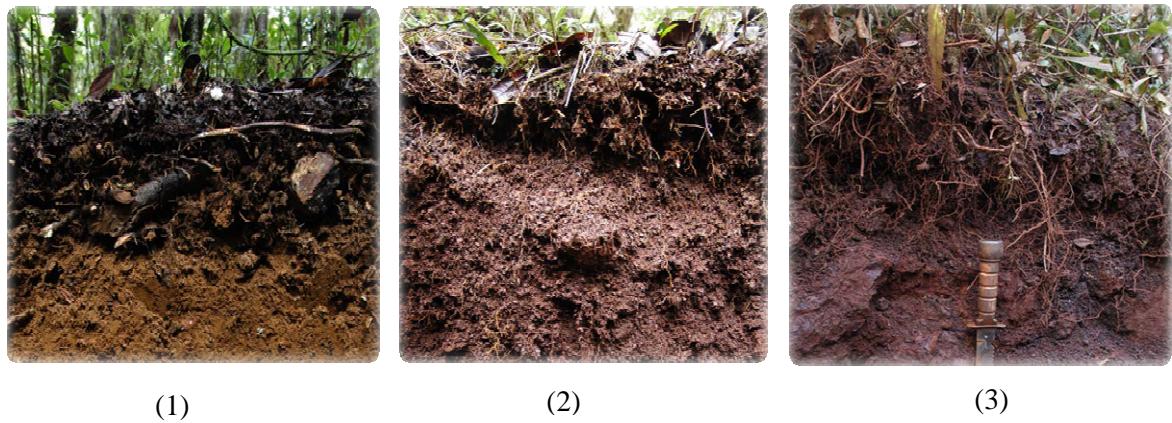
**Tableau 6: Epaisseur des horizons selon le type de sol**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR FORMATION ZONALE	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SOUS LAYONS DE REGENERATIONS	SOL PISOLITIQUE	SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE
<b>A<sub>0</sub></b>	0,5-2	0,5	2,5	5
<b>A<sub>1</sub></b>	30	30	28	10
<b>AB</b>	20-30	20	20-28	20-30
<b>B</b>	Limite non perçue lors du relevé	50- non perçue lors du relevé	Limite non perçue lors du relevé	Limite non perçue lors du relevé
<b>COORDONNEES</b>	X = 215 366 Y = 7 912 034	X = 215 364 Y = 7 912 029	X = 215 446 Y = 7 912 146	X = 215 736 Y = 7 912 249

Il ressort de ce tableau que la couche de litières augmente à mesure que l'altitude s'élève. En effet, cette baisse est relative à la vitesse de minéralisation qui, lui-même, dépend de la température et de l'humidité. Si la température et l'humidité sont élevées, la vitesse de minéralisation est rapide et la couche de litières, fine. Etant donné que la température est plus faible sur les crêtes, la vitesse de minéralisation y est réduite car l'action des microorganismes est plus ralentie.

C'est pourquoi le sol à carapace ferralitique est doté d'une couche de litières A<sub>0</sub> plus épaisse, suivi par le sol pisolitique qui se situe sur les pentes moyennes et enfin, par les sols ferralitiques rouge / jaune.

Contrairement, l'épaisseur de la couche humifère est inversement proportionnelle à celle des litières. Comme la décomposition (humification) de la matière organique est favorable dans les bas de pente, l'horizon A<sub>1</sub> (couche humifère) y est plus épais pour diminuer à mesure que l'altitude augmente. Autrement dit, le sol ferralitique rouge/jaune, caractérisé par une couche humifère plus épaisse, se



**Photo 13: Photos montrant les couches de litière des trois types de sol**  
 (sol ferralitique (1), sol pisolitique (2), sol à carapace ferralitique (3))  
 Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

trouve la plus fertile comparée aux trois types de sol restants.

#### a.2 Couleur

**Tableau 7: Couleur de chaque type de sol**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR FORMATION ZONALE	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SOUS LAYONS DE REGENERATIONS	SOL PISOLITIQUE	SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE
<b>A</b>	5YR3/3	2.5YR3/4	7.5YR4/6	10YR3/4
<b>AB</b>	2.5YR3/4	2.5YR4/4	2.5YR2.3/4	5YR3/3
<b>B</b>	2.5YR3/2	7.5YR4/4	5YR3/3	7.5YR3/4

En traduisant ces codes de Munsell, les horizons A énoncent des couleurs brun-rougeâtres foncées pour les deux premiers types de sol, brune foncée et brun-jaunâtre foncée pour les deux derniers. Les horizons AB sont caractérisés par des colorations brun-rougeâtre pour le premier type et brun-rougeâtre foncé pour les deux derniers. Les horizons C, quant à eux, dénotent des couleurs brune foncée, rouge sombre, brun-rougeâtre foncée et brun-foncée.

Ces sols doivent leur coloration rouge au processus de ferruginisation. L'évolution rapide du fer vers la forme cristalline est caractéristique et aboutit à sa libération sous forme d'hématite. Il en découle la présence de concrétions ferrugineuses et ferro - manganifères à des taux variables.

#### a.3 Structure et texture

Les résultats de la description de la structure sur terrain ainsi que l'analyse granulométrique au laboratoire sont donnés dans les tableaux 8 et 9.

**Tableau 8 : Structure de chaque type de sol**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR FORMATION ZONALE		SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SOUS LAYONS DE REGENERATIONS		SOL PISOLITIQUE			SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE		
	A	Particulaire secondairement grenue	Particulaire secondairement grenue	Particulaire secondairement grenue	Particulaire secondairement grenue	Particulaire secondairement grenue	Particulaire secondairement grenue	Particulaire secondairement grenue	Particulaire secondairement grenue	
<b>AB</b>	Particulaire		Particulaire		Polyédrique fine		Polyédrique fine		Polyédrique fine	
<b>B</b>	Polyédrique fine		Polyédrique fine		Polyédrique fine		Polyédrique fine		Polyédrique fine	

**Tableau 9 : Granulométrie de chaque type de sol**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR FORMATION ZONALE			SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SOUS LAYONS DE REGENERATIONS			SOL PISOLITIQUE			SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE		
	Argile	Limon	Sable	Argile	Limon	Sable	Argile	Limon	Sable	Argile	Limon	Sable
<b>A</b>	27	25	48	21	31	48	31	23	46	15	20	65
<b>AB</b>	33	22	45	17	37	46	33	25	42	15	18	67
<b>B</b>	17	22	61	17	22	64	17	35	48			
<b>Moyennes</b>	<b>25,66</b>	<b>23</b>	<b>51</b>	<b>18,33</b>	<b>30</b>	<b>52,66</b>	<b>27</b>	<b>27,66</b>	<b>45,33</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>66</b>

Bien que les horizons A et AB des deux sols ferralitiques présentent les mêmes structures, leur granulométrie dénote une différence notable. En effet, suite aux travaux d'exploration (ouverture des layons et décapage du sol), la texture du sol sur layon a été sujette à une modification quel que soit l'horizon: le taux d'argile a diminué et le taux de sable et limon, augmenté. Ainsi, en rapportant les moyennes des teneurs en sables, limons et argiles des deux profils dans le triangle des textures du sol (Annexe 2.c), la granulométrie du sol sous formation zonale est du type argilo-limono-sableuse tandis que celle sous layons, limono-sableuse.

Pour le sol pisolitique, des graviers apparaissent dans les deux premiers horizons pour aboutir à une couche de cailloux dans le sol à carapace ferralitique (Cf. Annexes 2.d et 2.e). Quoique soit doté de cette caractéristique, le sol pisolitique est caractérisé par une texture analogue à celle du sol ferralitique sous formation zonale : argilo-limono-sableux. Quant au sol à carapace ferralitique, sa texture est du type sablo-limoneux.

En se référant toujours au triangle de texture, les trois premiers types de sol sont compris dans l'intervalle de la texture équilibrée tandis que le dernier type, dans celui de la texture sableuse.

#### a.4 Enracinement (E), porosité (P), cohésion (C), microfaune (M)

**Tableau 10: Enracinement, porosité, cohésion et activités biologiques des deux sols ferralitiques**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR FORMATION ZONALE				SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR LAYONS DE REGENERATIONS			
	E	P	C	M	E	P	C	M
<b>A</b>	Bon	Elevée	Faible	Bonne	Bon	Elevée	Faible	Moyenne
<b>AB</b>	Bon à Moyen	Moyenne à faible	Moyenne	Moyenne	Moyen	Moyenne à faible	Moyenne	Faible
<b>B</b>	Moyen	Moyen à faible	Moyenne à élevée	Moyenne à Faible	Faible	Faible à nulle	Moyenne	Nulle

**Tableau 11: Enracinement, porosité, cohésion et activités biologiques des deux types de sol**

HORIZONS	SOL PISOLITIQUE				SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE			
	E	P	C	M	E	P	C	M
<b>A</b>	Bon	Elevée	Faible	Bonne	Moyen à Bon	Elevée	Faible	Moyenne
<b>AB</b>	Moyen à Faible	Moyenne	Faible à Moyenne	Moyenne	Moyen à faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne
<b>B</b>	Faible à nul	Faible à Nulle	Moyenne à élevée	Faible à nulle	Nul	Faible	Moyenne à élevée	Faible à nulle

Avec le taux de sable avoisinant les 50%, la porosité de l'ensemble demeure plus ou moins élevée et la cohésion, faible notamment dans les deux couches superficielles. En outre, ce taux de sable permet une pénétration radiale des racines qui, à son tour, induit un réarrangement des constituants du sol dont résulte la formation de macropores. Voilà pourquoi les horizons AB et B présentent une porosité moyenne ou faible bien qu'ils soient situés à une profondeur élevée. Le fait que le milieu assure une bonne aération et un bon drainage offre un milieu favorable à l'activité biologique, laquelle se manifeste par l'abondance de la microfaune et mésofaune dans les horizons supérieurs principalement les sols ferralitique et pisolitique.

Quant au sol à carapace ferralitique, les couches de graviers (cuirasse) rendent le sol imperméable à l'eau et à l'air. Cette carapace ne se forme néanmoins qu'en surface et les racines arrivent à explorer les horizons inférieurs. Malgré cela, cette exploration se trouve faible comparée à celle des autres types de sol. Dès lors, la microfaune ne s'y développe pas en masse.

### b. Caractères chimiques

Le pH, la capacité d'échange cationique, les bases échangeables, l'azote de Kjeldahl, le rapport C/N et le taux de saturation définissent les caractères chimiques d'un sol.

#### b.1 pH

**Tableau 12 : pH de chaque type de sol**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR F.Z	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SOUS L.R	SOL PISOLITIQUE	SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE
<b>A</b>	4,78	5,14	4,59	5,02
<b>AB</b>	5,79	5,41	4,90	5,09
<b>B</b>	5,60	5,60	5,39	

F.Z : Formation zonale

L.R : Layon de régénération

En analysant le pH par horizon, l'horizon A détient un pH très bas. En effet, l'abaissement du pH est relatif aux acides organiques libres produits par la biodégradation microbienne des détritus végétaux et des cadavres de la faune. (FRANÇOIS, 1984). Et comme l'horizon A est riche en ces éléments, son degré d'acidité est plus élevé.

En comparant le pH de chaque type de sol, les pH les plus faibles sont recensés dans les horizons A des sol pisolitique et ferralitique sous formation zonale. En effet, ces deux milieux sont plus humides et poreux. Ainsi, les éléments nutritifs (bases échangeables) sont lessivés en profondeur.

Suite à cela, les cations retenus par le complexe argilo-humique sont principalement les ions hydrogènes, induisant l'acidité du pH (diminution du pH).

Pour le second type de sol, d'une part, comme les layons bénéficient d'une exposition à la lumière, le degré d'humidité s'amoindrit. D'autre part, ce type de sol est caractérisé par une porosité moyenne. Ainsi, les éléments nutritifs lessivés sont réduits et les ions hydrogènes se fixant sur le complexe se restreignent. Par conséquent, le pH connaît une valeur élevée par rapport aux premier et troisième types de sol. Il en est de même pour le sol à carapace ferralitique qui est caractérisé par une porosité faible, donc le lessivage n'est pas trop accentué à ce niveau.

### b.2 Capacité d'échange cationique et bases échangeables

**Tableau 13 : Capacité d'échange cationique de chaque type de sol**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR F.Z	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SOUS L.R	SOL PISOLITIQUE	SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE
<b>A</b>	10,6	4,7	16,9	8,9
<b>AB</b>	5,9	3,2	5,1	10,6
<b>B</b>	3,1	3,0	4,4	

Le complexe argilo-humique (se traduisant par la capacité d'échange cationique) résulte de l'association de l'humus (couche humifère A<sub>1</sub>) et de l'argile. En d'autres termes, de la disponibilité en ces deux éléments dépendra la capacité d'échange cationique. A première vue, les sols ferralitique sous formation zonale et pisolitique disposent d'une capacité d'échange cationique moyenne. Effectivement, ces deux sols retiennent une teneur en argile élevée avec respectivement 27% et 30% et une couche humifère épaisse (30cm). Autrement dit, les sols à texture grossière ont une capacité d'échange cationique faible sous prétexte que le complexe argilo-humique, surface attribuée à la fixation des cations, diminue. C'est ainsi que les capacités d'échange cationique de deux autres types de sol et des horizons inférieurs sont moindres.

Les tableaux 14 et 15 récapitulent la teneur en bases échangeables de chaque type de sol

**Tableau 14: Teneur en bases échangeables des deux sols ferralitiques**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR FORMATION ZONALE				SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SOUS LAYONS DE REGENERATIONS			
	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na
<b>A</b>	0,315	0,166	0,166	0,234	0,655	0,126	0,084	0,271
<b>AB</b>	0,315	0,083	0,166	0,121	0,555	0,059	0,094	0,100
<b>B</b>	0,575	0,052	0,092	0,191	0,540	0,046	0,071	0,061

**Tableau 15 : Teneur en bases échangeables des sol pisolitique et à carapace ferralitique**

HORIZONS	SOL PISOLITIQUE				SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE			
	Ca	Mg	K	Na	Ca	Mg	K	Na
<b>A</b>	0,495	0,233	0,187	0,239	0,615	0,101	0,135	0,117
<b>AB</b>	0,405	0,075	0,135	0,152	0,440	0,250	0,130	0,074
<b>B</b>	0,535	0,050	0,141	0,204				

La teneur en ces éléments, notamment le magnésium et le potassium, est fonction de la capacité d'échange cationique. Plus la place disponible à leur fixation est élevée, plus leur quantité est éminente. En outre, le pH est un facteur qui conditionne principalement la fixation du calcium. Avec un pH faible, les cations retenus par les micelles du complexe argilo-humique sont essentiellement les ions H<sup>+</sup> et les autres cations ne peuvent se fixer.

En visualisant les résultats d'analyse, les premier et troisième types de sol sont ceux dénotant le plus faible taux de calcium étant donné que leurs pH sont très faibles. Cependant, leur taux de magnésium et potassium est élevé confronté à celui des deux autres types. Ceci, du fait que leur capacité d'échange cationique est élevée. Effectivement, le sol sous layon de régénération ne dispose pas encore de taux élevé ni en argile ni en humus vu la perturbation qui l'a affecté. Tandis que le sol à carapace ferralitique n'est pas doté, originellement, de ces deux éléments.

### b.3 Matière organique (C%), azote de Kjeldahl (N%) et Rapport C/N

**Tableau 16 : Teneur en matière organique, azote de Kjeldahl et rapport C/N**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR FORMATION ZONALE			SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUSO LAYONS DE REGENERATIONS			SOL PISOLITIQUE			SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE		
	C%	N%	C/N	C%	N%	C/N	C%	N%	C/N	C%	N%	C/N
A	3,45	0,280	12,3	1,67	0,098	17	2,96	0,217	13,6	23,11	0,714	32,4
AB	1,81	0,140	12,9	1,04	0,063	16,5	2,84	0,168	16,9	3,64	0,217	16,8
B	0,59	0,049	12,0	0,32	0,0035	9,1	0,77	0,049	15,7			

Le taux de matière organique C% est fonction de la vitesse de décomposition. Si cette dernière se réalise rapidement, le taux de matière organique sera faible. Dans le cas contraire, le taux sera élevé. Tel est le cas du sol à carapace ferralitique, la vitesse de dégradation y est lente (humidité faible). Dès lors, les matières organiques s'y accumulent.

Le rapport C/N traduit la vitesse de minéralisation de la matière organique. Si le rapport est faible, la vitesse de minéralisation est rapide. Ceci revient à dire que le rapport C/N est proportionnel avec l'altitude. C'est pourquoi sa valeur est élevée dans le sol à carapace ferralitique (32,4) pour diminuer petit à petit et atteignant une valeur de l'ordre de 12,3 dans les bas de pente. Quant aux layons de régénérations, ce rapport élevé est dû à l'exposition du layon à la lumière (réduction du taux d'humidité induisant la diminution de la vitesse de minéralisation).

En outre, le coefficient de minéralisation de la matière organique (K<sub>2</sub>) varie de 0,5 à 2,5 selon le taux d'argile et le pH. Au fur et à mesure que le taux d'argile s'élève, que le pH s'acidifie ou s'alcalinise, ce coefficient de minéralisation diminue, donc le rapport C/N augmente. Voilà pourquoi les horizons A présentent un rapport C/N élevé (le taux d'argile y est généralement élevé et le pH, plus acide) hormis celui du sol ferralitique sous formation zonale. Ce type de sol est en effet doté d'une teneur en argile moins élevée au niveau de l'horizon A. D'où, le rapport C/N à ce niveau est moindre par rapport à celui de AB.

*b.4 Taux de saturation des quatres types de sol***Tableau 17: Taux de saturation des quatres types de sol**

HORIZONS	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SUR FORMATION ZONALE	SOL FERRALITIQUE ROUGE / JAUNE SOUS LAYONS DE REGENERATIONS	SOL PISOLITIQUE	SOL A CUIRASSE FERRALITIQUE
<b>A</b>	8%	23%	7%	11%
<b>AB</b>	12%	25%	15%	8%
<b>B</b>	29%	24%	21%	

Le taux de saturation du sol est le rapport de la somme des bases échangeables par la capacité d'échange cationique. Ceci dit, il est inversement proportionnel aux capacités d'échanges cationiques mais proportionnel aux teneurs en bases échangeables.

Ce tableau indique une valeur élevée du taux de saturation des sols sous layons de régénérations. En effet, dans cette formation, les végétations ne sont pas encore bien développées si bien que peu d'éléments nutritifs sont puisés dans le sol. D'où le taux de cations échangeables élevés de ce dernier et par conséquent, de son taux de saturation.

De même, les horizons B dénotent un taux de saturation élevé. L'enracinement est la principale raison de cette caractéristique. Celui-ci n'atteint pas les horizons de profondeur et les éléments nutritifs n'y sont pas puisés.

Enfin, bien que soient formées sous formations forestières, les couches superficielles du sol à carapace ferralitique montre un taux de saturation élevé par rapport à celles des deux types. Cette valeur est expliquée par le fait que le taux d'argile y est faible et par conséquent, le complexe argilo humique est réduit (se traduisant par la capacité d'échange cationique). Et avec une capacité d'échange cationique faible, le taux de saturation est élevé.

#### **IV.2.2 Conclusion partielle**

Quoique présentant un caractère acide, pauvre en éléments nutritifs, et à capacité d'échange cationique faible, l'examen pédologique fait ressortir que les sols ferralitique rouge/jaune et pisolitique disposent d'une caractéristique favorable à la végétation. En effet, de leur texture équilibrée découle leur porosité élevée, leur enracinement bon et leur cohésion faible. En outre, les conditions de la station permettent une vitesse de minéralisation rapide permettant, dans un premier lieu, aux plantes de disposer des éléments nutritifs notamment l'azote et dans un second lieu, à la couche humifère de s'épaissir.

En considérant le comportement du sol ferralitique rouge/jaune sous layons de régénérations, il peut être tiré que ce sol est doté d'un haut degré de recyclage. Effectivement, ce sol sous layon ayant subi de forte perturbation détient encore des caractéristiques plus intéressantes (texture équilibrée, rapport C/N faible etc.) comparé au sol à carapace ferralitique.

### IV.2.3 Etat de la formation initiale

#### a. Structure des compartiments A et B

La structure floristique, la structure spatiale et la structure totale sont les éléments caractérisant ces compartiments.

##### a.1 Structure floristique

La structure floristique est étudiée à travers la composition floristique et la diversité floristique.

###### ☞ Composition floristique

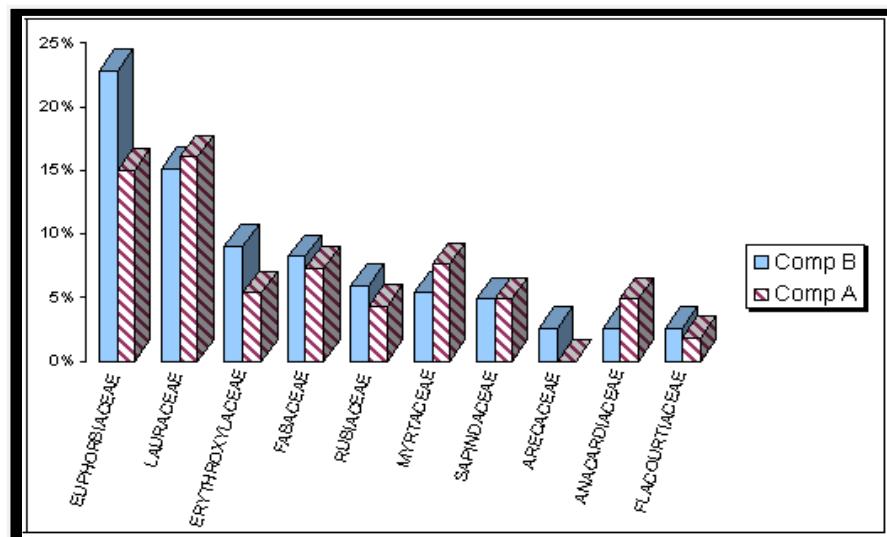
La distribution suivant les deux grandes classes diamétriques des 1 170 individus répertoriés lors de cet inventaire (Cf. Annexes 3 et 4.) est résumée dans le tableau suivant.

**Tableau 18: Composition floristique du peuplement initial**

Compartiments	Classes de diamètre (cm)	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
A	D≥10cm	37	67	94
B	5≤D<10	37	68	84

Ce tableau définit les trois points suivants :

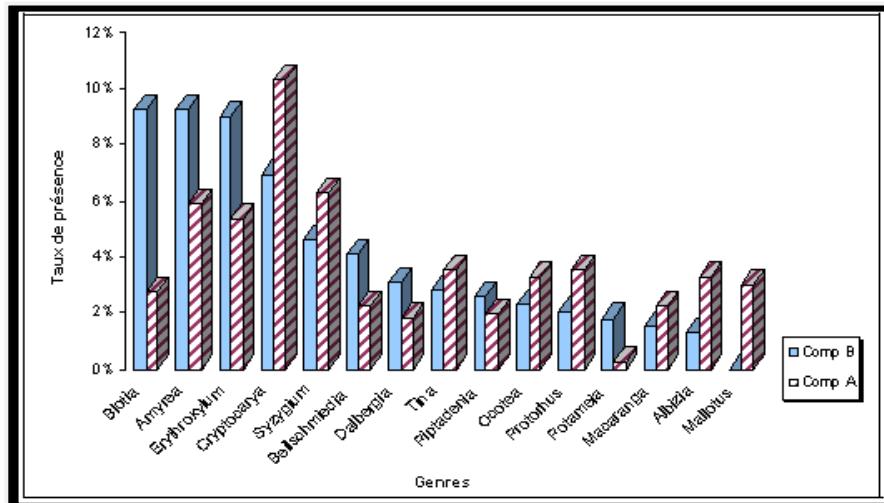
1. Les compartiments A et B disposent d'un même nombre de familles. Aussi, tel que montré par la figure suivante, les familles caractéristiques des deux compartiments sont identiques.



**Figure 8: Familles les plus rencontrées dans les compartiments A et B**

Cette figure indique un rapport plus ou moins identique de la fréquence des familles dans A et B. Cependant, il est à remarquer que les familles des ANACARDIACEAE, LAURACEAE et MYRTACEAE présentent une certaine dominance dans le compartiment A. Toutefois, aussi bien dans A que B, les LAURACEAE et EUPHORBIACEAE détiennent un taux de fréquence élevé. En effet, d'après ANDRIANARISATA in DOKOLAHY (2004), ces familles sont très appréciées par les lémuriens. De ce fait, la dissémination de leurs graines s'effectue à une vitesse élevée. En outre, elles sont dotées d'une très grande capacité d'adaptation à des troubles et ne requièrent pas de sol spécifique. Ces facteurs réunis expliquent leur forte présence au sein du peuplement.

2. Le nombre de genres atteint le double du nombre de familles. En d'autres termes, ils sont diversifiés. Néanmoins, les genres caractéristiques des deux compartiments demeurent plus ou moins analogues (figure 9). Outre ces types inscrits, les genres restants découvrent généralement un taux avoisinant 1%.(Cf. Annexes 5 et 6)



**Figure 9: Genres les plus rencontrés dans les deux compartiments A et B**

Cette figure permet de préfigurer la vigueur des genres. Ceux à résistance élevée combattent aux sélections naturelles et le rapport entre leur degré de présence respectivement dans les compartiments B et A demeure faible. Autrement dit, ces genres gardent à peu près la même intensité aussi bien dans le compartiment B que A. Tel est le cas de *Cryptocarya*, *Syzigium*, *Tina*, *Ocotea*, *Prothorus*, *Albizzia*, *Mallotus* et *Dalbergia*. Pour les genres *Amyrea*, *Blotia*, *Erythroxylum*, *Belshmiedia* etc., cette figure fait ressortir qu'ils sont moins vigoureux devant les types précédemment cités. Ainsi, leur effectif diminue considérablement dans le compartiment A. Cependant, tous ces genres inscrits dans la figure ci-dessus sont résistants comparés à ceux non cités (Cf. Annexes 5 et 6) sous prétexte qu'ils sont présents à un taux élevé dans les deux compartiments.

3. Le compartiment A présente une richesse floristique plus élevée par rapport au compartiment B. Or, généralement, les espèces à faible résistance sont éliminées suite aux sélections naturelles. Ainsi, la richesse spécifique (nombre d'espèces) diminue au fur et à mesure que la dimension des arbres augmente ; tel n'est pas le cas de ce peuplement. En effet, d'après nos enquêtes auprès du personnel du projet (riverains du site-même), le site a été sujet à une exploitation locale. Il s'agit en général d'une exploitation à vocation de bois d'énergie, de matériels de construction (pilier, traverse des habitations) et de matériels agricoles. Aussi, ne disposant pas de matériels de coupe adéquats, les arbres ayant été coupés sont notamment ceux de petite taille (3cm de diamètre).

De ce fait, les arbres de ce groupe de taille, constituant le compartiment B actuel, ont connu une forte réduction. D'où la faible diversité floristique du compartiment B comparé à celle du compartiment A.

☞ Diversité floristique

La diversité floristique est donnée le coefficient de mélange :

**Tableau 19: Coefficient de mélange**

Compartiments	Classes de diamètre (cm)	Nombre de tiges inventoriées (N)	Nombre d'espèces présentes (S)	Coefficient de mélange
A	$D \geq 10\text{cm}$	765	94	1/8
B	$5 \leq D < 10$	405	84	1/5

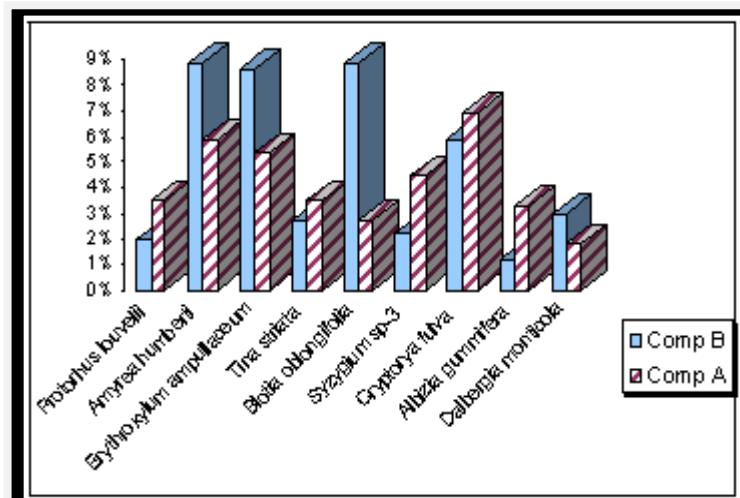
D'après ce tableau, les espèces dont le diamètre est supérieur à 10cm ont un coefficient de mélange de l'ordre de 1/8. En d'autres termes, une espèce y est représentée par 8 tiges en moyenne. Le compartiment B, quant à lui, présente un coefficient de mélange de 1/5. Ces chiffres sous entendent que le compartiment A est caractérisé par une faible diversité spécifique (nombre d'espèces). Cet état fait suite aux séries de sélections naturelles et perturbations qui affectent le peuplement. Ainsi, seules les espèces à forte résistance persistent.

*a.2 Structure spatiale*

La structure spatiale émane de la structure horizontale et de la structure verticale du peuplement. Si la première étudie l'abondance et la dominance, la seconde explique la distribution du nombre de tiges par classe de hauteurs dénommée structure des hauteurs.

☞ Structure horizontale : abondance et dominance

**L'abondance** relative de chaque espèce est annexée à ce document (Annexes 3 et 4) mais les espèces les plus abondantes sont données par la figure 10.



**Figure 10: Abondance relative des espèces des deux compartiments**

Cette figure dénote l'abondance élevée de ces huit espèces dans B que A notamment *Amyreahumberti* (EUPHORBIACEA), *Erythroxylum ampullaceum* (ERYTHROXYLACEAE) et *Cryptocaria fulva* (LAURACEAE).

Concernant, l'abondance absolue, le compartiment B est caractérisé par une densité de 1500 tiges à l'hectare tandis que A dispose d'une densité de 708 tiges à l'hectare.

La **dominance**, exprimée par la surface terrière, est de 6,87m<sup>2</sup>/ha pour le compartiment B et de 14,82m<sup>2</sup>/ha pour A. Ces chiffres (abondance absolue et dominance) indiquent que le recouvrement basal est dominé par les tiges de gros diamètres mais la composition floristique est assurée par celles de diamètre inférieur.

☞ Structure verticale : structure des hauteurs

La structure des hauteurs est donnée par la distribution du nombre de tiges par classe de hauteur. Elle renseigne sur la structure verticale du peuplement et également sur le tempérament général des espèces.

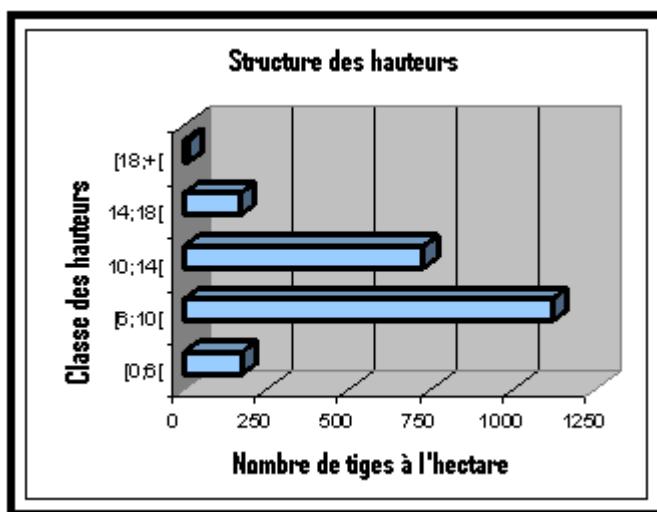


Figure 11: Structure des hauteurs

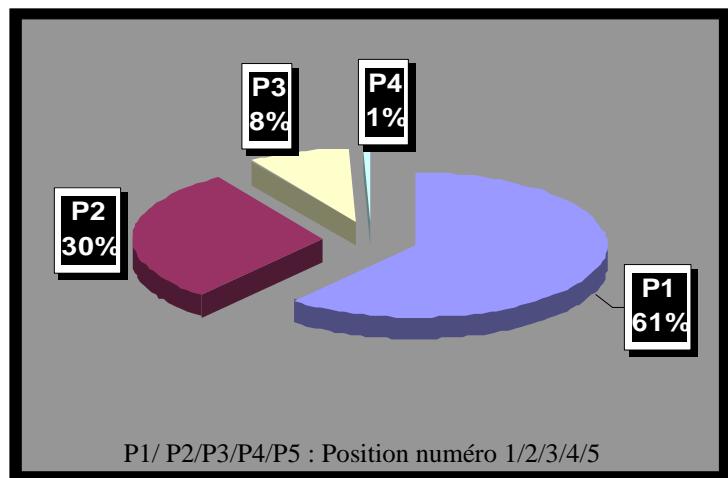
Il ressort de la figure 11 que la canopée se trouve entre 6m et 10m de hauteur. Toutefois, une structure étagée à trois strates s'aperçoit, à savoir :

Une *strate supérieure* comprenant des arbres de plus de 14m de hauteur. Elle est composée essentiellement de *Tina striata* (SAPINDACEAE), *Protorhus louvelii* (ANACARDIACEAE) et *Syzygium sp.3* (MYRTACEAE). Les émergents (arbres plus de 22m de hauteur) sont représentés par *Xylopia danguyella* dénommés Hazoambo par la population locale. Ces espèces sont qualifiées d'héliophiles de type nomade

Une *strate intermédiaire* dominée par des arbres de 10m à 14m de hauteur. Elle est caractérisée par *Tina striata*, *Protorhus louvelii*, *Cryptocaria fulva* (LAURACEAE), *Amyreia humberti* (EUPHORBIACEA), *Chrysophyllum boiviniana* (SAPOTACEAE), *Erythroxylum ampullaceum* (ERYTHROXYLACEAE), *Mallotus spinosolu* (EUPHORBIACEAE), *Blotia oblongifolia* (EUPHORBIACEAE), *Syzygium sp.3*, *Syzygium Sp.4* (MYRTACEAE), *Albizia gummosifera* (FABACEAE), *Macaranga alnifolia* (EUPHORBIACEAE) et *Rhodolaena bakeriana* (SARCOLAENACEAE). Outre les espèces présentes dans la strate précédente, celles figurant dans cette strate sont à tempérament sciaphile édificateur.

Une *strate inférieure* constituée par les arbres de hauteur inférieure à 10m. Elle est dominée par *Amyreya humberti*, *Chrysophyllum boiviniana*, *Erythroxylum ampullaceum*, *Mallotus spinulos*, *Tina striata*, *Syzygium sp3*, *Beilschmiedia madagascariensis*, *Blotia oblongifolia*, *cryptocaria fulva*, *Dalbergia monticola*, *Piptademia pernellei*, *Ocotea cymosa* (LAURACEAE) et *Allophylus arborescence* (SAPINDACEAE). Il s'agit en général des jeunes peuplements des deux strates supérieures.

**L'index P** donne une idée sur la position du houppier d'un arbre considéré et celle des arbres voisins. Autrement dit, il renvoie un aperçu du tempérament de chaque individu. Selon BLASER in DOKOLAHY (2004), il indique la dominance, le stade de compétition ou l'exposition vers l'étage dominant du houppier.



**Figure 12: Position du houppier**

La figure 12 confirme la stratification énoncée dans la partie « structure des hauteurs » :

- 61% des arbres sont à houppier en pleine lumière d'en haut et latéralement (P1). Ce sont généralement des arbres de lumière de la strate supérieure. Cependant, ceux de la strate intermédiaire peuvent être classés dans cette catégorie vu le faible effectif de cette dernière. En d'autres termes, en l'absence des arbres à hauteur élevée, les arbres de la classe intermédiaire bénéficient d'une très forte exposition à la lumière.
- 30% sont à houppier en pleine lumière d'en haut mais couvert latéralement (P2). Cette catégorie est constituée par les arbres de la strate intermédiaire qui sont semi-héliophile semi-sciaphiles
- 8% sont à houppier partiellement en pleine lumière d'en haut (P3). Il s'agit de la strate inférieure constituée d'arbres exigeant l'ombrage des héliophiles pour leur développement.
- 1% sont à houppier sans lumière d'en haut, partiellement éclairés latéralement (P4). Cette classe est également caractérisée par les arbres de la strate inférieure.
- Les houppiers non exposés à la lumière (P5) sont négligeables dans ces deux compartiments.

### a.3 Structure totale

Elle indique la distribution du nombre d'arbres suivant des classes diamétriques.

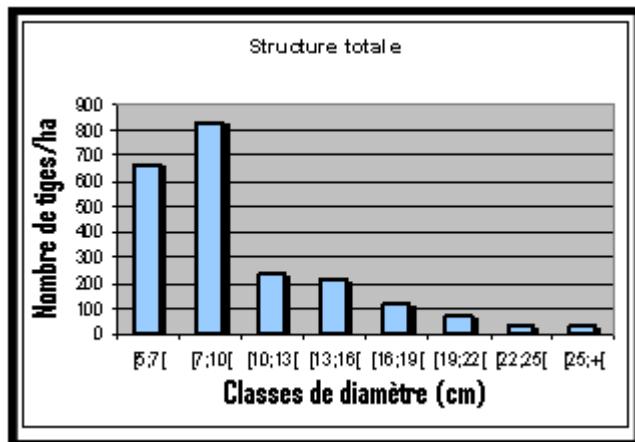


Figure 13: Structure totale

D'après cet histogramme, la classe diamétrique participant au recouvrement basal est inférieure à 10cm. A partir de 10cm de diamètre, le nombre de tiges décroît d'une manière exponentielle. Effectivement, selon ROLLET (1969), in RAZAFY (1991), une distribution des diamètres à tendance exponentielle est commune à tout peuplement forestier non perturbé en milieu tropical, même pour de petites surfaces inférieures à un hectare.

La distribution du nombre de tiges par classe de diamètre permet également d'appréhender le tempérament d'une espèce donnée (RAJOELISON, 1997). Le tempérament de quelques espèces les plus rencontrées dans les deux compartiments se définit comme suit.

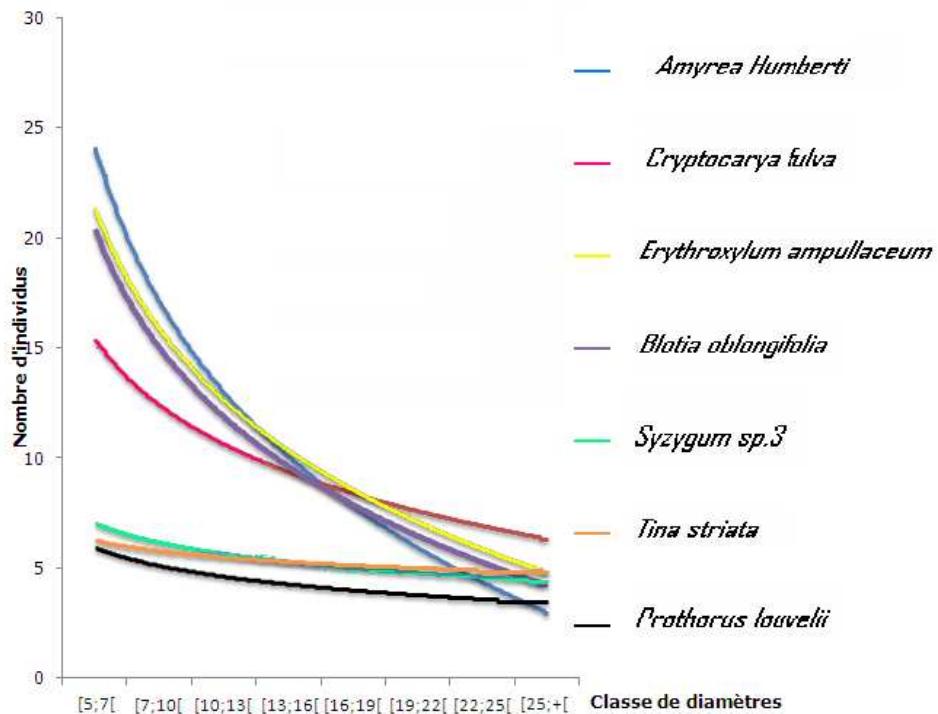
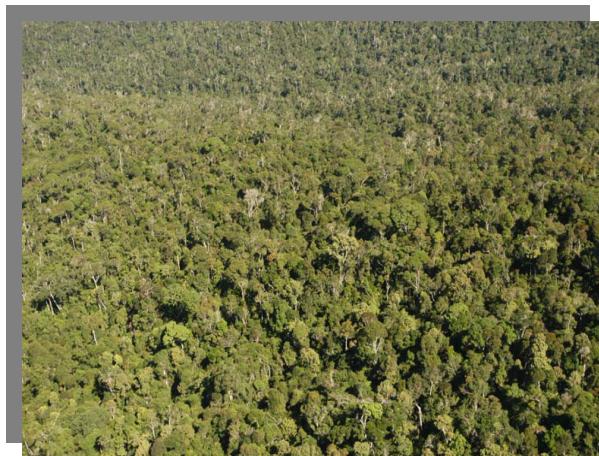


Figure 14: Distributions des diamètres des tiges selon (ROLLET, 1969)

La figure 14 confirme la stratification, donc le tempérament, des espèces ressortie dans la partie structure des hauteurs. Elle montre que *Syzygium sp3*, *Tina striata* et *Prothorus louvelii*, espèces éléments de la strate supérieure, dont les distributions sont de type surabaissé, sont des essences de lumière. Tandis que *Amyreia humberti*, *Cryptocarya fulva*, *Erythroxylum ampullaceum* et *Blotia oblongifolia*, espèces-éléments de la strate intermédiaire, dont les distributions sont à tendance exponentielle, sont des essences d'ombre. Bref, le tempérament et la stratification sont liés. Si les espèces à tempérament héliophile rejoignent la strate supérieure pour bénéficier de la lumière, les espèces à tempérament sciaphile se dissimulent au niveau des strates intermédiaires et inférieures pour profiter de l'ombrage des héliophiles.



**Photo 14: Aspect de la forêt zonale**

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

**b. Structure de la régénération naturelle (compartiment C)**

Dans cette partie, seules la structure floristique et la structure spatiale seront traitées

*b.1 Structure floristique*

La structure floristique découle de l'étude de la composition floristique et de la diversité floristique.

☞ Composition floristique

**Tableau 20: Composition floristique de la régénération naturelle**

5≤D		
Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces
37	67	104

Le nombre de familles et genres du compartiment C rejoint celui des deux compartiments A et B. Aussi, les familles les plus représentées dans C sont plus ou moins identiques à celles dans A et B dont RUBIACEAE (13%), LAURACEAE (12%), EUPHORBIACEAE (8%), CLUSIACEAE (7%), FABACEAE (6%), MYRTACEAE (3%), MORACEAE (3%), ANACARDIACEAE (3%) et TILIACEAE (3%). De même, les genres fréquemment rencontrés demeurent *Beilschmiedia*, *Cryptocarya*, *Ocotea* et *Tarenna* avec 4% pour le premier et 3% pour les trois derniers. *Grewia*, *Mammea*, et *Vitex* sont également représentés à 3% (Cf Annexe 3).

Cependant, en considérant le nombre d'espèces, la régénération naturelle connaît une richesse spécifique plus élevée par rapport aux deux compartiments A et B. Effectivement, les individus de ce compartiment n'ont pas encore franchis les séries de sélection naturelle (concurrence en nutriments, lumière etc.). Dès lors, les individus de faible résistance n'ont pas encore été éliminés.

☞ Diversité floristique

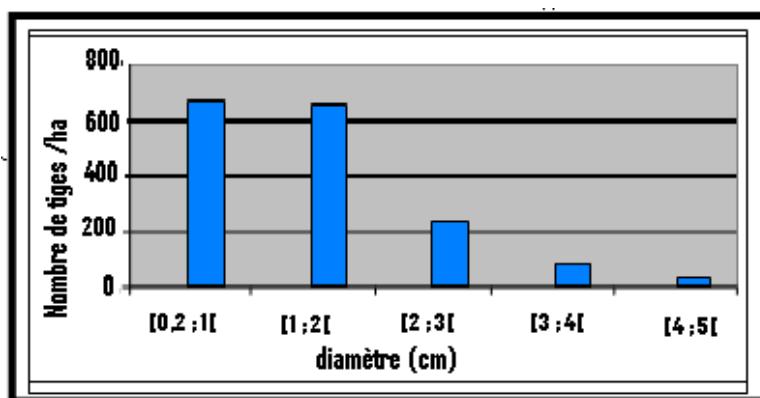
En se focalisant sur le coefficient de mélange du compartiment C, sa diversité floristique est relativement faible, avec une valeur de 1/16. Ce coefficient est cependant inversement proportionnel au nombre de tiges. Ce qui permet de dire que cette faible diversité est principalement liée au nombre très élevé de tiges présentes dans ce secteur.

*b.2 Structure spatiale*

Comme il a été vu dans les deux compartiments A et B, la structure spatiale dérive de l'analyse verticale et de l'analyse horizontale.

☞ Analyse horizontale : abondance et dominance

Le compartiment est doté d'une densité de 299 911 tiges à l'hectare. Cette forte densité est due aux faibles dimensions des tiges dont la répartition suivant des classes diamétriques s'établit comme suit.



**Figure 15: Représentation graphique de l'abondance de la régénération naturelle**

Les espèces ayant un diamètre inférieur à 1cm représentent 40% de la régénération naturelle. Les espèces fréquemment rencontrées dans chaque classe de diamètre sont : *Blotia oblongifolia*, *Erythroxylum ampullaceum* et *Amyrea humberti*, avec respectivement 21%, 10% et 8%. *Psychotria alaotrensis* et *Vitex sp.* connaissent un effectif élevé dans les classes de diamètre inférieures pour réduire de moitié à mesure que le diamètre augmente. *Tina striata*, *Suregada boiviniana*, *Cryptocaria fulva*, *Beilshmiedia madagascariensis* et *Potameia thouarsii* sont à peu près présentes dans chaque classe de diamètre mais avec un taux peu remarquable (Cf. Annexe 7).

*c. Les espèces présentant un potentiel de régénération élevé*

La capacité des régénéérations naturelles a toujours été appréciée par leur présence-absence dans le compartiment C. Cependant, ce critère est souvent subjectif. Avec la formule de Rothe, le rapport entre arbres semenciers et individus régénérés est examiné. Dans le présent peuplement, seules *Potameia thouarsii* et *Blotia oblongifolia* disposent d'un taux de régénération supérieur à 1000% avec respectivement 3700 et 1724%. Elles sont donc, à très bonne régénération.

Ces deux espèces sont à tempérament sciaphile (éléments de la strate intermédiaire). Dès lors, de par la fermeture du couvert forestier, la germination et donc le développement des régénérations se trouvent favorisés.

Les espèces inscrites dans la figure 16 sont des espèces possédant un taux de régénération supérieur à 100 (Cf. Annexe 8). Selon l'échelle de Rothe, elles sont qualifiées d'espèces à bonne régénération.

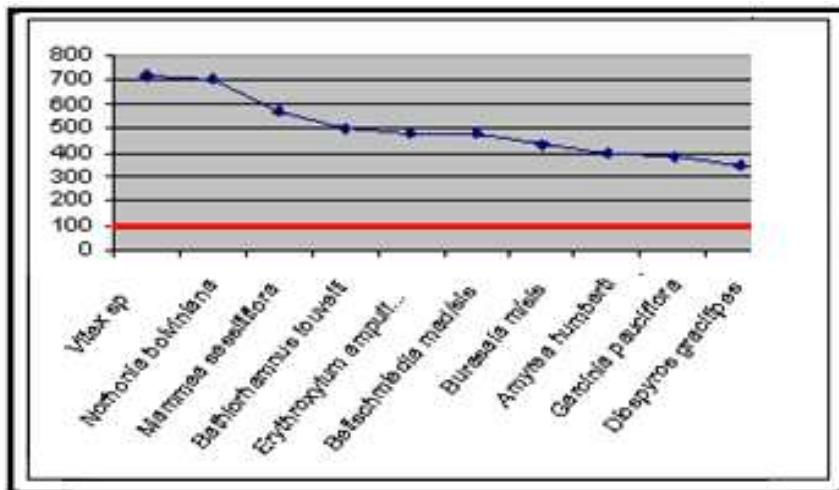


Figure 16: Taux de régénération de quelques espèces présentant une bonne régénération

Ces espèces sont également dotées d'un bon potentiel de régénération. Il s'agit également d'espèces sciaphiles dont la fermeture du couvert permet la régénération.

Les espèces à faible taux de régénération, (Cf. Annexe 9) appartiennent généralement aux groupes d'espèces héliophiles (éléments de la strate supérieure). Ce faible taux (inférieur à 100) fait suite à l'insuffisance de lumière qui ne permet pas la germination des graines et par conséquent, leur développement.

#### IV.2.4 Conclusion partielle

La liste floristique de cette formation zonale révèle des traces d'espèces pionnières telles *Harungana madagascariensis*, *Trema orientalis* et *Psiadia altissima* dans le compartiment C. Leur présence dans le compartiment C uniquement montre que la formation a été sujette à une perturbation durant ces dernières années. Cependant, en analysant tous les compartiments, les résultats d'inventaire découvrent la dominance des familles des EUPHORBIACEAE, LAURACEAE et RUBIACEAE. Ces familles peuvent ainsi être qualifiées de vigoureuses. Elles constituent alors les caractéristiques de l'état d'équilibre de cette formation.

#### IV.3 Trajectoire de la succession végétale

L'étude combinée de l'état pédologique et de la composition floristique de chaque layon de régénération (zonale, transitionnelle et azonale), moyennant l'Analyse en Composantes Principales (ACP), montre que les espèces caractéristiques varient suivant le type de sol. En effet, selon la matrice de corrélation (figure 17), le type de sol numéro 1 dispose de quelques individus qui lui sont spécifiques. Il en est de même pour le type de sol numéro 3. Toutefois, les groupements végétaux caractéristiques du type de sol numéro 2 peuvent caractériser soit le type de sol numéro 1 soit le type de sol numéro 3. Il s'agit alors d'une formation intermédiaire.

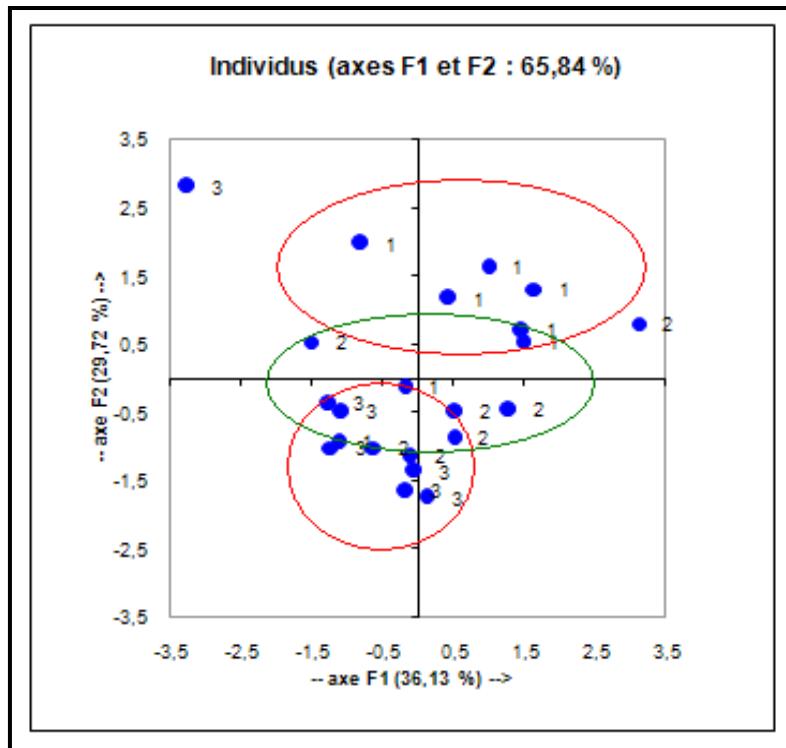
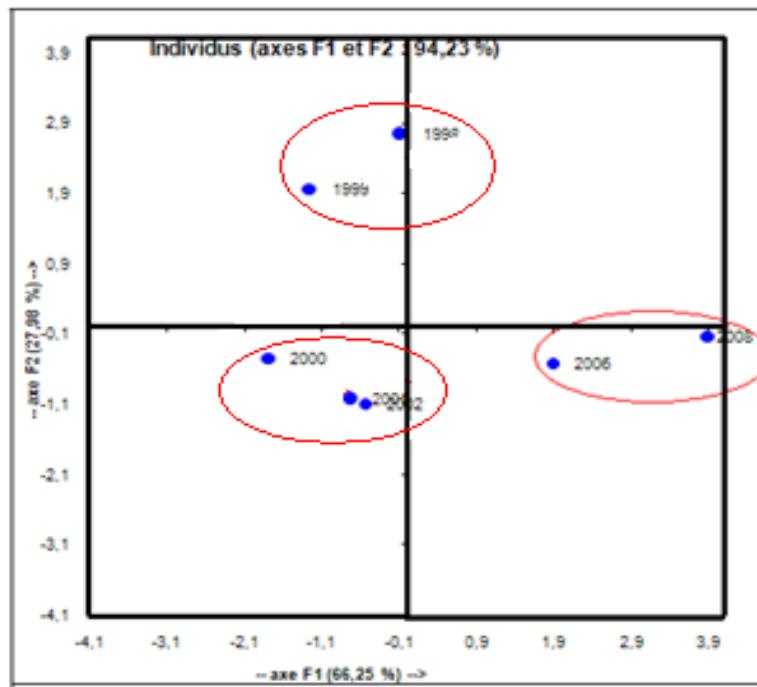


Figure 17 : Répartition des espèces selon le type de sol

Ainsi, dans la suite de l'étude, la trajectoire sera établie suivant ces trois formations dont la formation zonale du type de sol 1, transitionnelle du type 2 et azonale du type 3. Mais vu l'objectif de la recherche qui vise à restaurer la formation zonale, seule la trajectoire de cette formation sera plus approfondie. En outre, ne disposant que de données sur la composition floristique, les structures verticale et totale du groupement végétal de chaque stade ne seront pas traitées.

##### IV.3.1 Trajectoire de la formation zonale

En se basant sur l'accroissement de l'abondance absolue des espèces héliophiles les plus rencontrées telles *Harungana madagascariensis*, *Trema orientalis*, *Psiadia altissima*, *Solanum auriculatum* et *Macaranga Obovata*, l'ACP (figure 18) révèle trois comportements différents dont le comportement durant les années 1998-1999, années 2000, 2001, 2002 et années 2006 - 2008.



**Figure 18 : Accroissement de l'effectif des individus les plus rencontrées dans la formation zonale**

Suite à l'identification de ces trois comportements, trois stades ont été tirés lesquels seront dénommés selon les familles ou espèces les caractérisant.

a. Stade à ASTERACEAE (1998-1999)

Ce stade correspond aux régénération de deux ans dont la structure floristique et la structure horizontale évoluent de la façon suivante.

*a.1 Structure floristique*

**Tableau 21: Structure floristique du stade à ASTERACEAE**

Types biologiques	Composition floristique			Diversité floristique	
	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces	Nombre de tiges inventoriées	Coefficient de mélange
Arbres et Arbustes	23	42	43	2058	1/48
Herbes	22	33	38	2720	1/72
Lianes	10	10	10	153	1/15
Palmiers	1	2	2	4	1/2

Au bout de deux ans, le recouvrement est dominé par les herbacées qui représentent 55,1% des individus recensés. Elles sont cependant suivies de près par les ligneux avec 41,7%. Les lianes et palmiers, quant à eux, sont négligeables.

En outre, le nombre de genres et espèces de cette communauté se trouve presque identique quel que soit le type biologique. Ceci consiste à dire que chaque genre n'est représenté que par une seule espèce. Les familles enregistrées ne comptent cependant que la moitié des genres dont les plus rencontrées sont les ASTERACEAE, tout type biologique confondu (Annexe 10). En effet, cette famille représente à elle seule 42% des individus. L'essentiel des espèces de cette famille est constitué d'arbres, d'arbustes mais surtout de graminées.

Ces graminées sont qualifiées d'envahissantes et résistantes notamment dans les zones perturbées et se répartissent dans les régions chaudes (CLEMENTS, 1916). Malgré cela, d'autres herbacées appartenant à d'autres familles subsistent.

Enfin, en se focalisant sur le coefficient de mélange, la diversité floristique des herbes et ligneux reste faible. En effet, seules les espèces capables de coloniser un site dénudé apparaissent. Voilà pourquoi, une espèce est représentée par 48 tiges pour les ligneux et 72 tiges pour les herbes.

### a.2 Structure horizontale

La structure horizontale correspond à l'abondance relative de chaque espèce par rapport à la population totale. Parmi les individus inventoriés, les espèces suivantes ont été les plus rencontrées.

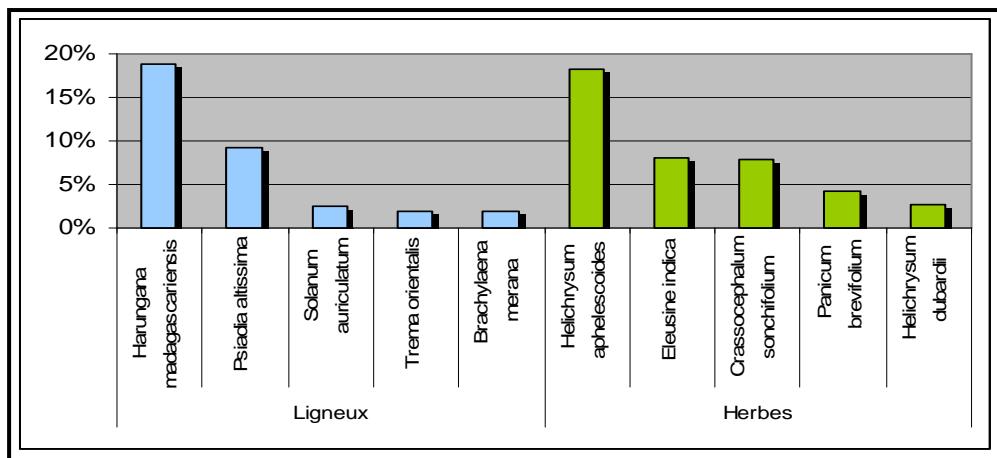


Figure 19 : Abondance relative des espèces caractéristiques du stade à ASTERACEAE

La figure 19 confirme l'abondance des espèces de la famille des ASTERACEAE. Il s'agit essentiellement de *Psiadia altissima* (Dingadingana,), *Brachylaena merana* (Merana,), *Heliachrysum apheloscoides* (Tsiontsiona beravina,), *Crassocephalum sonchifolium* (Anandrambo), *Heliachrysum dubardii* (Tsijajia). Conjointement, les individus caractéristiques du stade suivant tels *Harungana madagascariensis* (Harongana, HYPERICACEA), *Trema Orientalis* (Andrarezina, ULMACEAE), et *Solanum auriculatum* (Seva, SOLANACEAE) apparaissent déjà en masse.

### b. Stade à *Harungana madagascariensis* (2000-2002)

Il réunit les formations de deux à quatre ans et représente la phase sensible du passage de la savane à la forêt.

#### b.1 Structure floristique

Tableau 22: Structure floristique du stade à *Harungana*

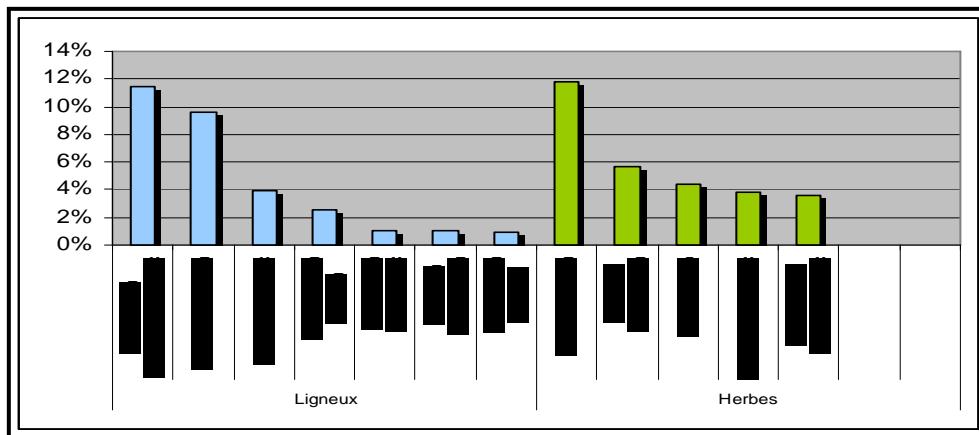
Types biologiques	Composition floristique			Diversité floristique	
	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces	Nombre de tiges inventoriées	Coefficient de mélange
Arbres et Arbustes	40	92	123	6639	1/53
Herbes	25	44	57	8120	1/142
Lianes	11	11	11	1106	1/100
Palmiers	2	3	3	15	1/5

A ce stade, le nombre d'herbacées suit une tendance ascendante mais leur taux heurte une régression, 51%.

De même, les ligneux connaissent une forte progression tant en nombre de familles, genres, espèces qu'en nombre de tiges total. Toutefois, leur taux de présence reste stable, 41,8%. Et quoiqu'en faible effectif, les palmiers et lianes se font remarquer avec une présence respectivement de 0,1% et 7%.

En se référant à la formation précédente, cette communauté végétale d'âge plus mature connaît une richesse spécifique plus poussée, 184 espèces. Toutefois, ce chiffre est relativement bas comparé au nombre de tiges inventoriées lequel a triplé (15 880 tiges) par rapport au premier stade. C'est ainsi que la diversité floristique du groupement végétal de ce stade demeure faible.

### b.2 Structure horizontale



En terme d'effectif, bien que présentant une phase de régression, *Harungana madagascariensis* et *Psiadia altissima* connaissent leur apogée au cours de ce deuxième stade. Mais *Harungana madagascariensis* est la plus abondante avec un taux de présence de 27% par rapport aux ligneux et 11% par rapport à la communauté totale. Toutefois, l'effectif de *Trema orientalis* et *Solanum auriculatum* demeure élevé et se trouve au devant de la scène par rapport aux autres espèces qui se régénèrent dans la communauté végétale.

Par ailleurs, en examinant la corrélation entre les variables «espèces» et le facteur «âge», le graphique ci-après, issu de l'analyse en composantes principales, indique que *Psiadia altissima* est l'espèce la plus influencée (correlée) par le facteur âge durant ce stade. En d'autres termes, *Psiadia altissima* est l'espèce présentant la plus forte augmentation d'effectif au cours de ce deuxième stade mais son effectif reste cependant faible confronté à celui de *Harungana madagascariensis*.

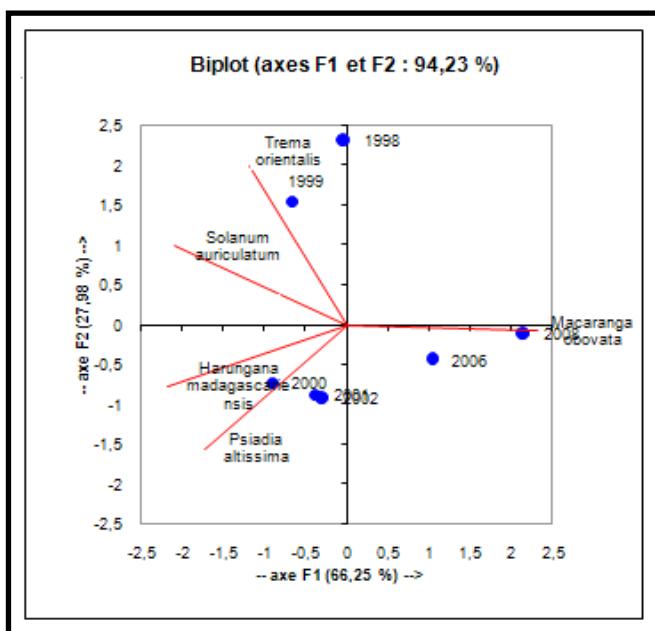


Figure 22 : Corrélation entre le facteur âge et l'accroissement de l'effectif des individus

La figure 22 montre également que *Psiadia altissima* et *Harungana madagascariensis* sont positivement correlées (projection côte-à-côte). Par conséquent, à mesure que l'effectif de la première augmente, la deuxième suit cette tendance. En outre, la projection de *Trema orientalis* et *Solanum auriculatum* avoisine l'année 1999. Leur taux se trouve donc plus élevé durant cette année mais comme il a été énoncé, leur effectif élevé par rapport à celui des autres espèces leur classifie dans le groupe des espèces caractérisant ce stade.

#### c. Stade à EUPHORBIACEAE (2003-2008)

En observant la liste floristique de ce stade (Annexe 11), ce dernier doit son nom au fort développement des espèces de la famille des EUPHORBIACEAE. Effectivement, 27 % des ligneux recensés à ce stade lui appartiennent.

### c.1 Structure floristique

La structure floristique comprend la composition floristique et la diversité floristique.

**Tableau 23: Structure floristique du stade à EUPHORBIACEAE**

Types biologiques	Composition floristique			Diversité floristique	
	Nombre de familles	Nombre de genres	Nombre d'espèces	Nombre de tiges inventoriées	Coefficient de mélange
Arbres et Arbustes	46	91	124	4412	1/36
Herbes	20	45	54	8014	1/148
Lianes	13	15	16	627	1/39
Palmiers	3	2	3	336	1/112

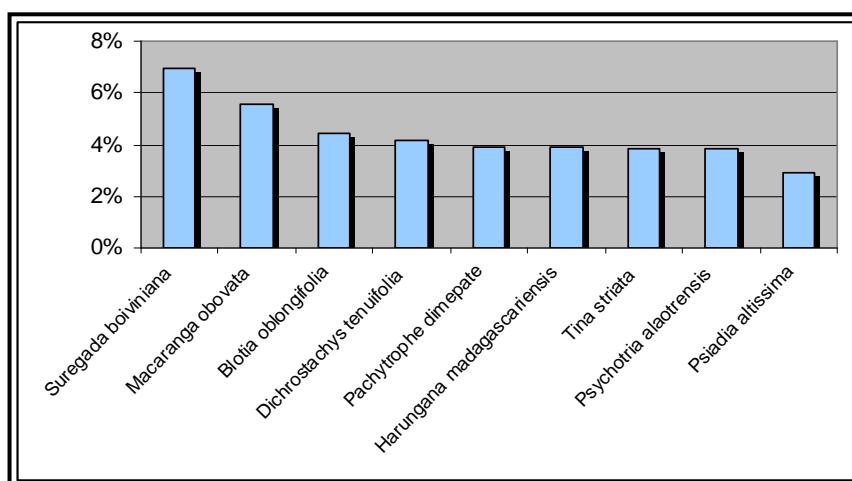
A ce stade, même si les ligneux connaissent une progression en espèces qu'en nombres, leur effectif demeure faible par rapport aux graminées (herbacées). Ainsi, le taux de présence de ces dernières connaît une grande évolution et remonte à 60% tandis que celui des ligneux, 33%.

Comparé au nombre de tiges du stade précédent, ce troisième stade est caractérisé par la disparition de quelques pieds due à l'intensification du degré de concurrence au sein de la communauté. Dès lors, le nombre de tiges a diminué de 15% (13 389 tiges). Ce phénomène se fait particulièrement ressentir au niveau des ligneux et lianes. Effectivement, ces premiers gagnent en diamètre. De ce fait, les groupements moins vigoureux sont éliminés au profit des plus concurrentiels. Quant aux lianes qui ont été réduites de moitié, ces types fortement héliophiles disparaissent progressivement sous l'effet de l'installatio petit à petit de l'ombrage. Mais simultanément, des lianes de forêt telles *Danais breviflora* (Vahimantsina, RUBIACEAE), *Landolphia sp.* (Vahimatio, APOCYNACEAE) s'épanouissent (Annexe 11). De ces faits, la richesse floristique de ce stade est relativement élevée, de l'ordre de 194.

En considérant le coefficient de mélange, la diversité floristique des ligneux et lianes rencontre un accroissement. Cet état fait suite à la réduction de leur abondance absolue. Inversement, à l'origine de l'augmentation du nombre de tiges d'une part et de la réduction du nombre d'espèces d'autre part, la diversité des palmiers et herbes a diminué.

### b.2 Structure horizontale

Par rapport aux ligneux, les espèces les plus abondantes sont dominées par celles de la famille des EUPHORBIACEAE.



**Figure 23: Abondance relative des ligneux caractéristiques du stade à EUPHORBIACEAE**

La figure 23 indique que les espèces du stade précédent sont encore présentes mais se trouvent en régression hormis *Psychotria alaotrensis* (Tsorokofoka, RUBIACEAE) et *Macaranga obovata* (Makaranana) de la famille des EUPHORBIACEAE. Effectivement, comme indiqué par la figure 24, après avoir connu un développement optimum durant le deuxième stade, les espèces pionnières heurtent une régression à tendance exponentielle dans ce troisième stade.

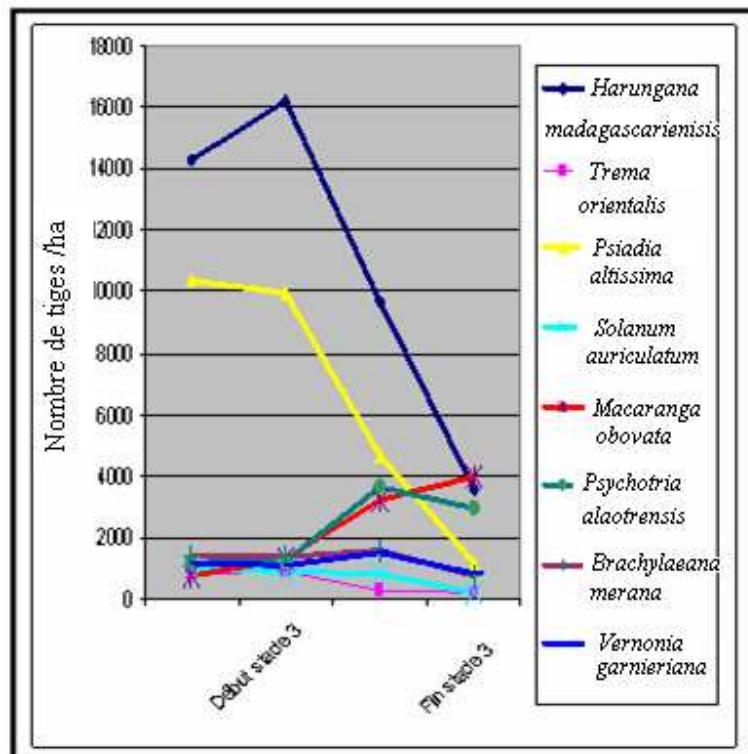


Figure 24: Régression des espèces caractéristiques du stade à *Harungana*

Comme il est montré dans la figure ci-contre, les espèces de la famille des EUPHORBIACEAE émergent dans la strate des espèces caractéristiques dont les plus rencontrées sont *Macaranga obovata* (Makaranana), *Suregada boiviniana* (Hazomboangy), *Blotia oblongifolia* (Ranga), *Uapaca thouarsii* (Voapaka) et *Croton trichotomus* (Fotsiavadika). Toutefois, d'autres individus vigoureux sont également en plein essor tels *Vernonia garnieriana* (Ramanjavona, ASTERACEAE), *Brachylaena merana* (Merana, ASTERACEAE), *Tina striata* (Ramaindafy, SAPINDACEAE) etc.

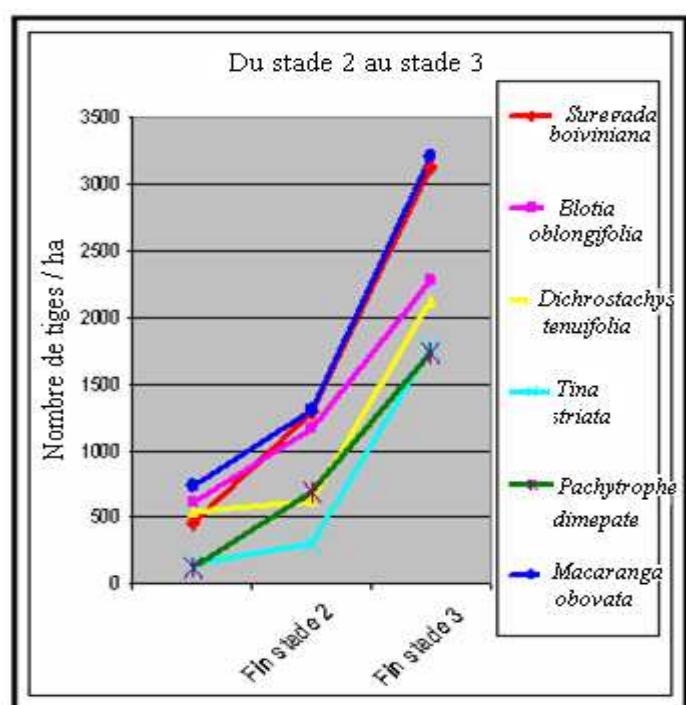
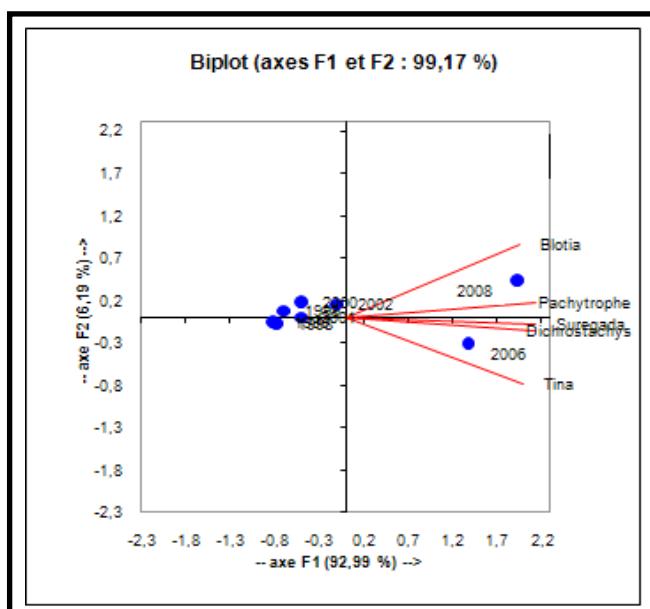


Figure 25: Emergence des espèces de la famille des EUPHORBIACEAE et autres individus dans la strate des espèces caractéristiques

En se référant à leur comportement dans la formation initiale (état de référence) et en se basant sur la courbe de ROLLET, les espèces caractéristiques de ce stade sont toutes héliophiles de type nomade hormis *Blotia oblongifolia*. Ce qui revient à dire que les stades précédents ont été caractérisés par leur présence (figure 25) et suite à l'apparition des conditions favorables à leur développement (ombrage, matière organique du sol), leur croissance tend de plus en plus vers l'optimum.

En somme, les individus caractéristiques de ce stade sont en corrélation avec l'âge. Plus l'âge augmente, plus leur nombre accroît. En analysant la figure 26, la projection des variables (espèces) est orientée vers la section des années 2006 et 2008. Ce qui réaffirme le développement optimum de ces espèces durant ces périodes.



**Figure 26 : Corrélation entre l'âge et les espèces caractéristiques du stade 3**

Concernant les herbes, le recouvrement est dominé par la famille des POACEAE représentée par *Eleusine indica* (Ahitromby), *Panicum brevifolium* (Ahimpody), *Aristida rufescens* (Mombafoana) avec respectivement un taux de 55%, 16% et 4% par rapport aux graminées (Annexe 11). En outre, des herbes sciaphiles commencent à se proliférer tels *Strobilanthes madagascariensis* (Belohalika) de la famille des ACANTHACEAE.



**Photo 15: Aspect de la population actuelle**

Source : cliché de l'auteur

#### d. Récapitulations des stades

La figure suivante récapitule le comportement des groupes d'espèces pionnières durant tous les stades de succession.

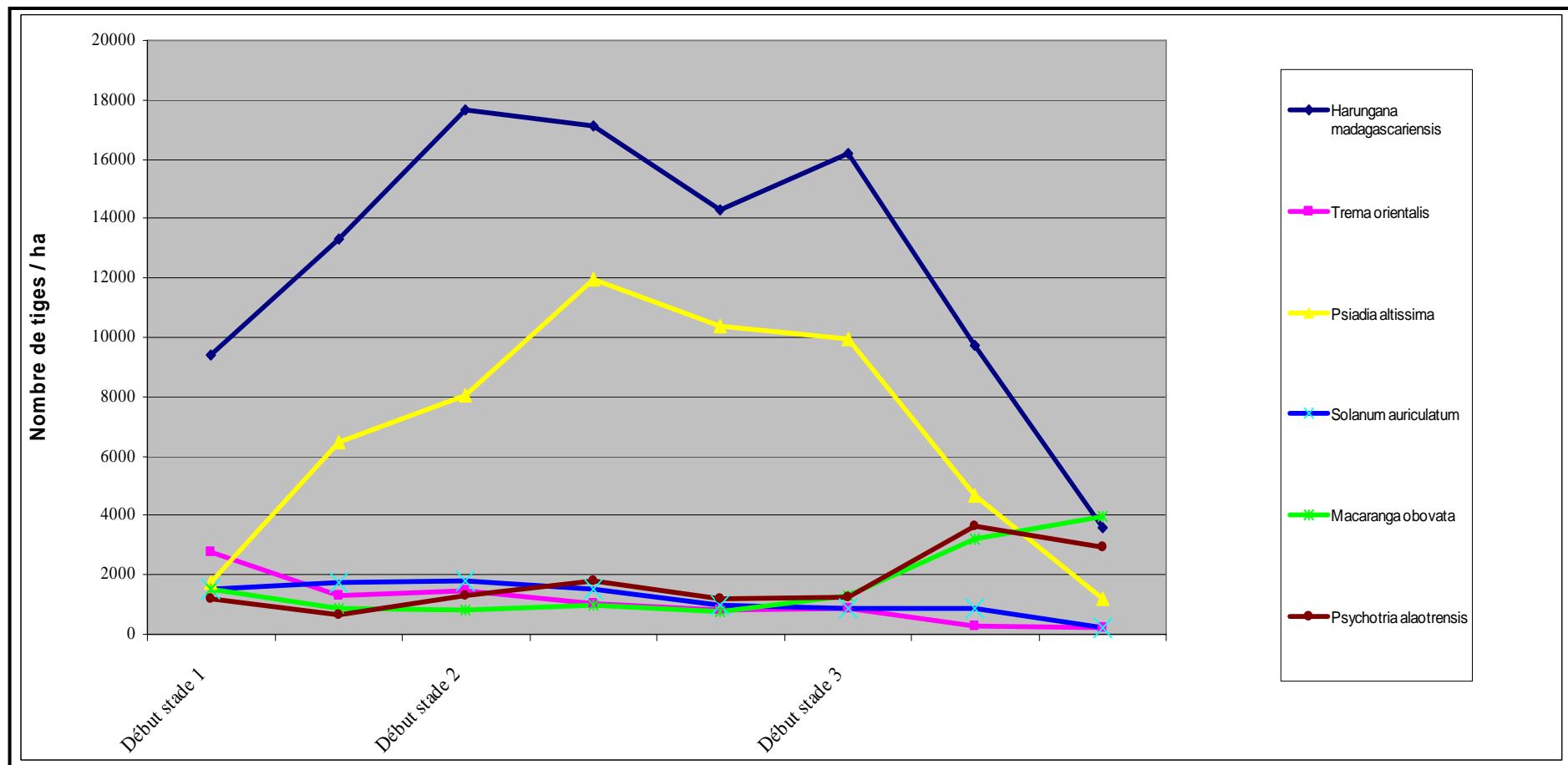


Figure 27 : Comportement des groupes d'espèces pionnières durant la succession

La figure 28 résume le comportement des groupes d'espèces héliophiles de type nomade durant la succession.

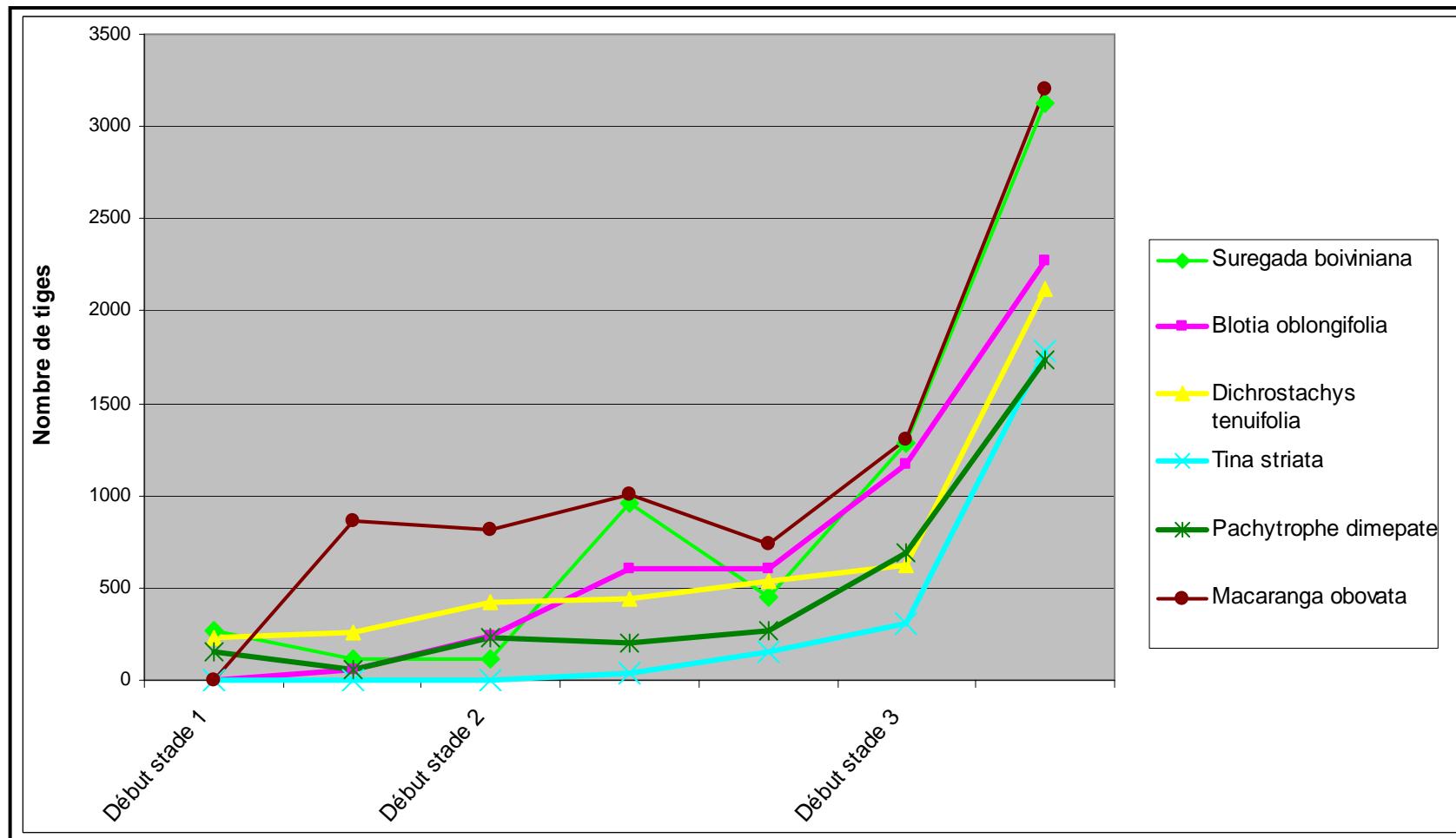


Figure 28 : Comportement des groupes d'espèces héliophiles de type nomade durant la succession

La figure ci-après récapitule les différentes successions, toute espèce confondue, depuis le stade où le sol a été dénudé jusqu'à son stade actuel.

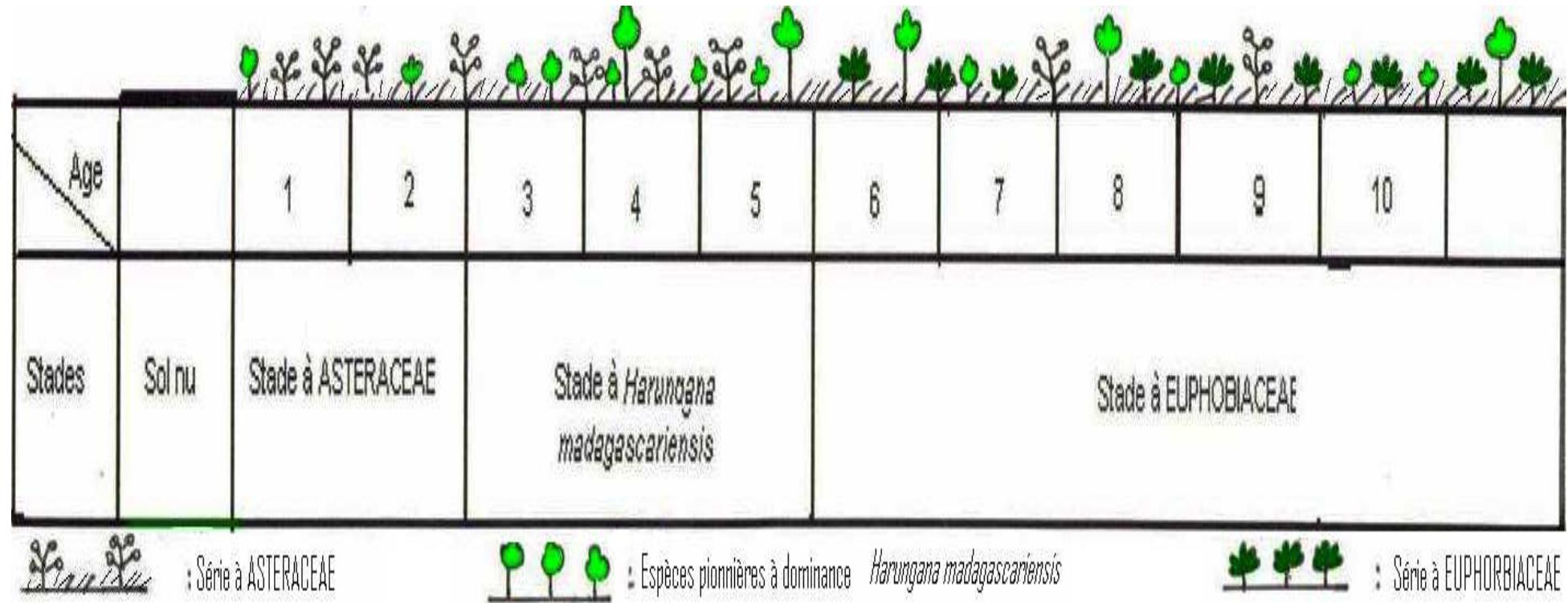


Figure 29 : Récapitulation des stades

Ces trois figures mettent en exergue une vitesse de colonisation plus rapide des herbacées. Ces dernières constituent en effet les premières colonisatrices du site suite aux perturbations. A côté de ces herbacées prolifèrent les pionniers dont la croissance s'effectue rapidement si bien que leur durée de vie reste courte. Vers la fin du stade 3, c'est-à-dire, après une dizaine d'années, seuls quelques individus pionniers persistent. Les espèces du troisième stade, par contre, ont subsisté dès le premier stade mais leur développement optimum ne s'aperçoit qu'après une dizaine d'années, donc parallèlement à la phase de régression des pionniers. En réalité, les espèces de ce troisième stade requiert l'installation des deux premières communautés végétales (contribuant à la préparation du sol : accroissement du taux de matière organique, instauration d'un certain ombrage) pour se développer. Dès lors, sa vitesse de colonisation dépendra de celle des deux premières communautés. Si les deux premières s'installent d'une manière accélérée, la colonisation des espèces dites vigoureuses (EUPHORBIACEAE) s'effectue dans un délai plus court. Dans le cas échéant, elle ne se réalise qu'après une période plus longue.

#### IV.3.2 Evolution des espèces caractéristiques de la formation transitionnelle

Cette formation présente une dynamique plus ou moins analogue à la formation précédente. En effet, elle présente trois stades mais dont le troisième stade n'a lieu que l'année 2008. Aussi, le premier stade dure deux ans, le second, sept ans et le troisième n'est qu'à son début. Durant la succession, l'allure de l'évolution des espèces pionnières qui lui sont caractéristiques est présentée par la figure ci-dessous. Outre les espèces de la formation précédente, *Philippia latifolia* apparaît dans cette formation transitionnelle.

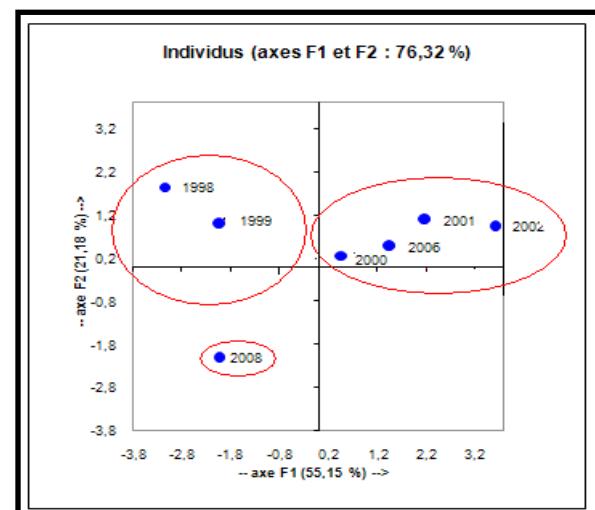


Figure 30 : Différenciation des trois stades de la formation transitionnelle

##### a. Evolution des espèces pionnières (arbres et arbustes) caractéristiques du second stade

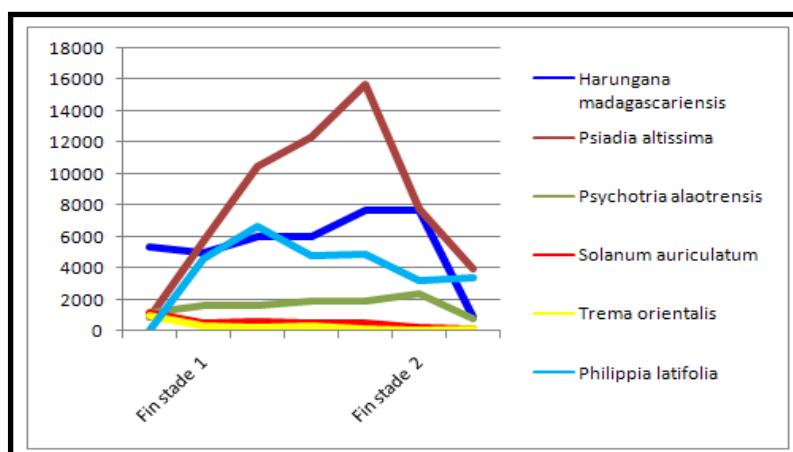


Figure 31 : Evolution des espèces premières colonisatrices de la formation transitionnelle

Les cinq espèces inscrites sur la figure 31 subsistent dès le premier stade mais leur prolifération optimale ne se remarque que durant le second stade pour s'amoindrir vers le début du troisième stade. En termes d'effectif, *Psiadia altissima* dépasse de loin *Harungana madagascariensis* et *Philippia latifolia* (ERICACEAE). Cette dernière espèce ne présente pas cependant une régression notable si bien qu'elle figure, avec *Psadia altissima*, parmi les espèces caractéristiques dans le stade suivant tel que présenté par la figure 32 ci-après.

b. Evolution des espèces héliophiles de type nomade caractéristiques du troisième stade

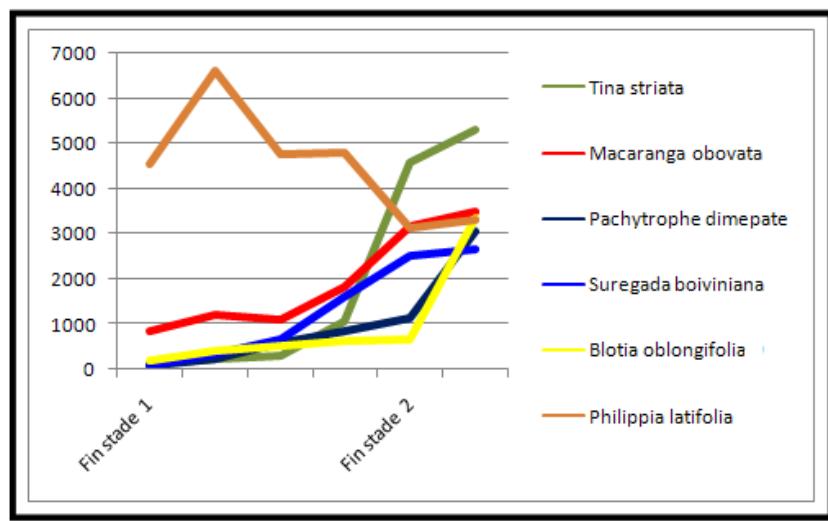


Figure 32 : Evolution des espèces caractéristiques du troisième stade de la formation transitionnelle

A première vue, ces espèces apparaissent dès le premier stade mais à faible nombre. L'allure de la courbe indique cependant qu'avec l'âge, cet effectif augmente. Cette augmentation est d'autant plus explicite dans le troisième stade. Ces espèces rejoignent les espèces caractéristiques de la formation zonale exceptée *Philippia latifoli*.

#### IV.3.3 Evolution des espèces caractéristiques de la formation azonale

La figure 33 dénote trois stades de développement dont le premier stade dure une année, le second quatre années et le dernier, cinq années.

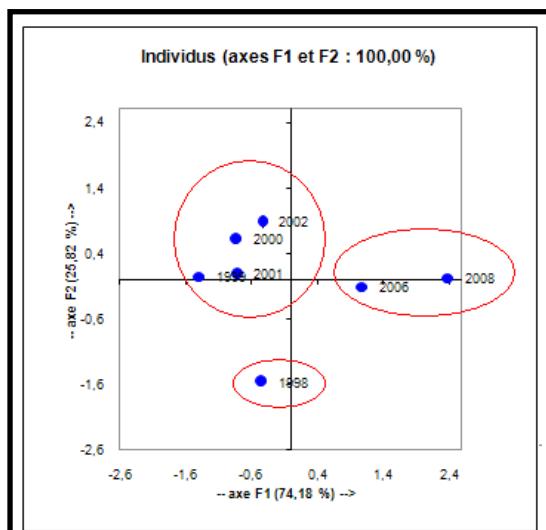


Figure 33 : Différenciation des trois strates de la formation azonale

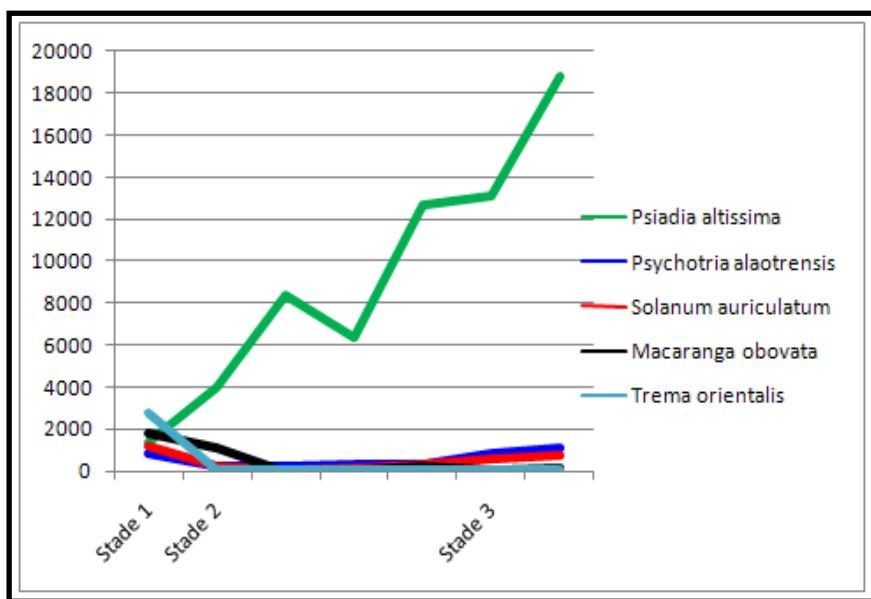
a. Evolution des ligneux caractéristiques du premier stade

Figure 34 : Evolution des ligneux du premier stade de la formation azonale

Ces cinq espèces dominent le premier stade. Mais d'après la figure ci-dessus, leur effectif présente une diminution remarquable dans le second stade exceptée *Psiadia altissima*. Toutefois, nombre d'individus apparaissent dans le troisième stade ramenant le groupement à un niveau équivalent à son état initial hormis *Macaranga obovata*.

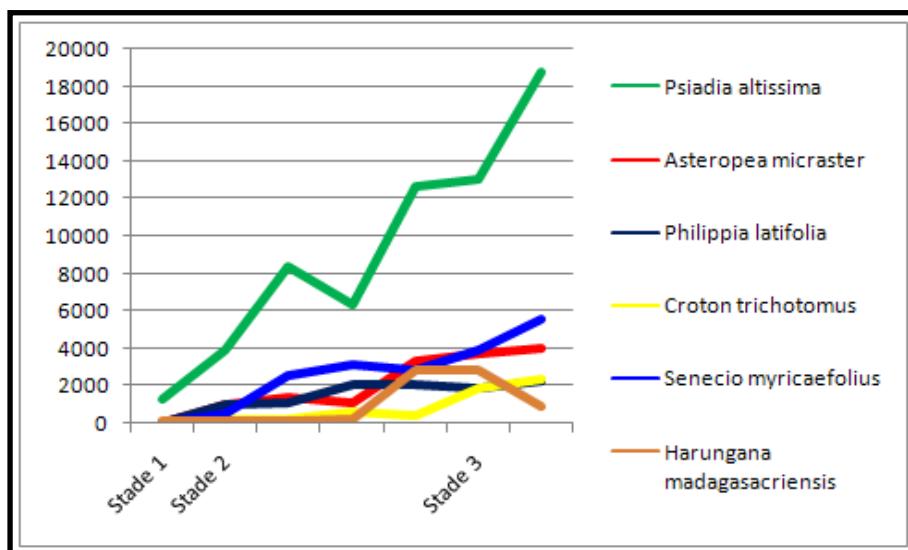
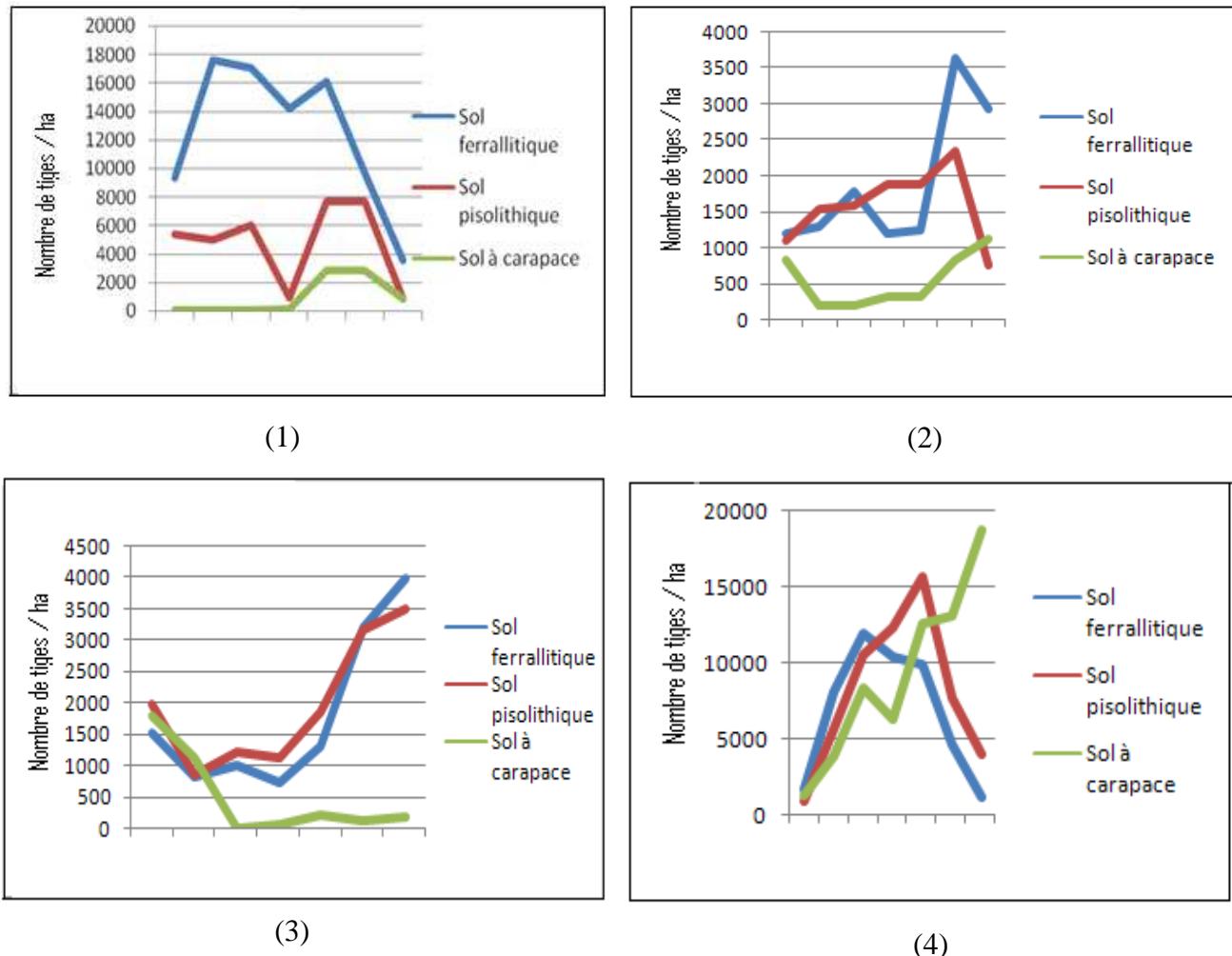
b. Evolution des ligneux caractéristiques du second stade et du troisième stade

Figure 35 : Evolution des ligneux du second et troisième stade de la formation azonale

Le troisième stade de cette formation est dominée par des espèces encore pionnières telles : *Psiadia altissima*, *Harungana madagascariensis* et *Philippia latifolia*. En analysant cette courbe, le développement de ces pionniers s'effectue d'une manière moins accélérée. Ainsi, ils prédominent aussi bien le stade 2 que le stade 3.

#### IV.3.4 Relation sol-plante

Il ressort de ces trois formations quelques espèces communes aux trois types de sol à savoir *Harungana madagascariensis*, *Psychotria alaotrensis*, *Macaranga obovata* et *Psiadia altissima* pour les espèces de la première colonisation. L'évolution de ces espèces selon le type de sol est présentée par la figure suivante.



**Figure 36 : Comparaison du comportement des pionniers dans chaque type de sol**

(1) : *Harungana madagascariensis* / (2) : *Psychotria altissima* / (3) *Macaranga obovata* / (4) : *Psiadia altissima*

En analysant ces quatres courbes, *Harungana madagascariensis*, *Psychotria altissima* et *Macaranga obovata* présentent un développement satisfaisant dans une plus courte période sur sol ferrallitique rouge/jaune. Quant au *Psiadia altissima*, d'une part, cette espèce dénote un développement analogue durant les premiers stades quel que soit le type de sol. D'autre part, sa distribution élevée sur sol à carapace ferrallitique, à mesure que l'âge augmente, indique son adaptation spécifique sur ce type de sol.

Le sol pisolithique démontre cependant son caractère transitionnel car effectivement, quelle que soit l'espèce, les individus qui colonisent l'espace indiquent un développement convenable.

Somme toute, bien que s'adaptant sur tout type de sol, la vitesse de prolifération de ces espèces pionnières démontre que la présence-absence de quelques conditions écologiques influe sur leur développement. En outre, en se focalisant sur les ligneux de la deuxième colonisation, le sol ferrallitique et pisolithique disposent de quelques espèces qui leur sont communes telles *Suregada boivniana*, *Blotia oblongifolia*, *Tina striata* et

*Pachytrophe dymepate*. Cependant, seule *Philippia latifolia* est commune aux sol pisolitique et sol à carapace ferrallitique.

#### IV.3.5 Conclusion partielle

Dans l'espace, la succession dynamique des différents stades de peuplement tend vers l'institution d'un équilibre population-milieu qui modifie l'occupation de l'espace : densification des populations, structuration verticale et horizontale (accroissement en hauteur et en diamètre), augmentation des relations entre des espèces de plus en plus variées, etc.

Dans le temps, étant encore dans une courte période, la présente trajectoire se traduit par l'apparition progressive de groupes de plantes. Les premières apparitions sont dominées par les herbacées, les secondes par les espèces ligneuses pionnières et les troisièmes, par les espèces caractéristiques de la formation initiale non perturbées. En d'autres termes, la succession qui sous entend le remplacement d'un groupement d'espèces par un autre n'est pas encore très perceptible. Ces trois communautés végétales coexistent mais dont le stade de leur développement optimum diffère. En outre, ce développement optimum est lié au substrat. Si ce dernier tend vers une texture équilibrée, c'est-à-dire, argilo-liomon-sableuse, la croissance s'effectue rapidement permettant la prolifération d'autres individus du stade suivant. Si le sol est cependant caractérisé par une texture sablo-limoneuse (teneur en argile plus faible), l'installation des espèces dites pionnières se trouve tardive exceptée *Philippia latifolia* et *Psiadia altissima*.

# DISCUSSIONS

## V. DISCUSSIONS

### V.1 Vérification des hypothèses

La **première hypothèse** de cette étude suppose que « *les espèces pouvant s'adapter sur le site émanent de la communauté végétale pionnière* ». Effectivement, l'étude de la succession végétale montre que chaque stade est marqué par des espèces ou familles caractéristiques dont les pionniers et herbacées sont les premiers à coloniser le site. En effet, ces groupements bons colonisateurs sont, d'après CLEMENTS (1916), résistants et envahissants notamment dans les zones perturbées. Ils sont les seuls capables de s'adapter aux conditions inorganiques du sol. Ce qui permet de dire que la première hypothèse a été vérifiée

Toutefois, la prolifération de ces pionniers ne dure que quelques années, 4 à 10ans. Autrement dit, ils ne pourront guère reformer l'écosystème forestier. Mais au fil de la succession, des espèces héliophiles de type nomade se développent. D'après FAO (2005), ces derniers groupements, caractérisés par les espèces de la famille des EUPHORBIACEAE, sont aptes à résister aux compétitions et évènements normaux de stress périodiques de l'environnement local. Ils peuvent donc maintenir l'intégrité de l'écosystème. En outre, à l'issue de l'étude de la formation initiale, ces derniers groupements vigoureux du dernier stade de succession rejoignent de plus en plus les communautés végétales caractéristiques de l'écosystème de référence. Ainsi, la **deuxième hypothèse** supposant que « *les espèces rigoureuses pouvant assurer la régénération forestière relèvent de l'ensemble caractéristique d'espèces du peuplement initial* » a été considérée.

La **troisième hypothèse** avance que « *le sol est l'un des facteurs déterminants de la prolifération de ces espèces et donc de la reconstitution de la forêt* ». D'après les résultats de la présente trajectoire, chaque type de sol est caractérisé par la prolifération d'un groupement végétal spécifique. Même si des espèces communes sont recensées, le comportement (vitesse de croissance, état de vigueur) de ces espèces diffère selon le substrat. Si le substrat (sol) dispose d'une structure plus solide et favorable à la végétation (structure équilibrée, sol poreux, aéré, riche en nutriments etc.), la vitesse de colonisation de chaque groupement végétal et donc l'apparition des espèces rigoureuses est plus rapide. Dans le cas échéant, leur apparition est lente voire inhibée. Autrement dit, l'apparition des espèces rigoureuses capables d'assurer la régénération forestière est conditionnée par le type de sol (caractéristiques du sol). Ce qui confirme cette deuxième hypothèse.

### V.2 Discussions des résultats

#### V.2.1 Sol

En étudiant les résultats d'analyse du sol et en les comparant avec les normes d'interprétation (cf. Annexes 12), le sol d'Ambatovy possède les caractéristiques suivantes :

- Les trois premiers types disposent d'une texture équilibrée tandis que le sol à carapace ferrallitique présente une texture sableuse
- Le pH est fortement à très fortement acide quel que soit le type de sol
- Les Ca et Mg sont très pauvre et le potassium, pauvre

- La Capacité d'échange cationique demeure faible pour les horizons AB et B mais moyenne pour les horizons A (assez élevée pour l'horizon A du sol pisolithique)
- Le taux de matière organique reste normal hormis le sol à carapace ferralitique qui détient un taux élevé
- Le rapport C/N se trouve moyen pour le sol pisolithique et ferralitique rouge/jaune sous formation zonale, fort pour la formation sous layon et très fort pour le sol à carapace ferralitique.
- Le niveau de saturation est insuffisant

Tous les éléments sus-cités sont en interaction. Aucun élément ne peut échapper aux forces d'attraction qui le lient à un autre. Cette acidité du sol sous entend, par exemple, que les places disponibles sur les micelles sont occupées par les cations H+. Les éléments nutritifs existants ne peuvent alors se fixer du fait de l'absence de place autour des micelles et seront emportés par les eaux de percolation. En d'autres termes, un sol acide va proposer peu d'éléments nutritifs. Toutefois, la teneur en éléments nutritifs de ces sols reste supérieure à leur valeur-seuil comme le montre les figures 37 et 38 ci-dessous. En effet, selon LANO, 2007, la valeur-seuil du magnésium (%) est égale à 0,0022 C.E.C. + 0,06 pour une CEC<25. Pour le potassium, trois valeur-seuils T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub> permettent d'apprécier le taux de potassium du sol telles que : T<sub>1</sub> (%):  $y = 0,006 \text{ C.E.C.} + 0,05$  / T<sub>2</sub> (%):  $y = 0,006 \text{ C.E.C.} + 0,12$  / T<sub>3</sub> (%):  $y = 0,012 \text{ C.E.C.} + 0,24$  (Tableau de calcul, Cf. Annexes 12.e / 12.f).

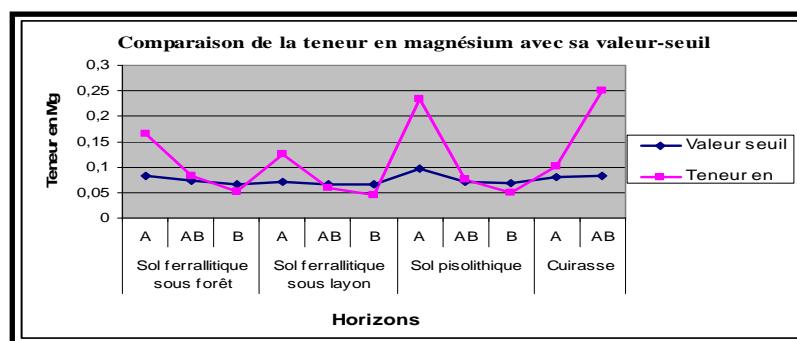


Figure 37: Comparaison de la teneur en magnésium avec sa valeur-seuil

La figure 37 montre que les deux horizons supérieurs des sols sous forêt disposent d'une teneur en magnésium supérieure à la valeur seuil. Pour le sol sous layon, bien que l'horizon B connaisse une teneur en dessous de la valeur-seuil, le recyclage du sol a permis à l'horizon A de détenir une teneur en magnésium dépassant la valeur-seuil.

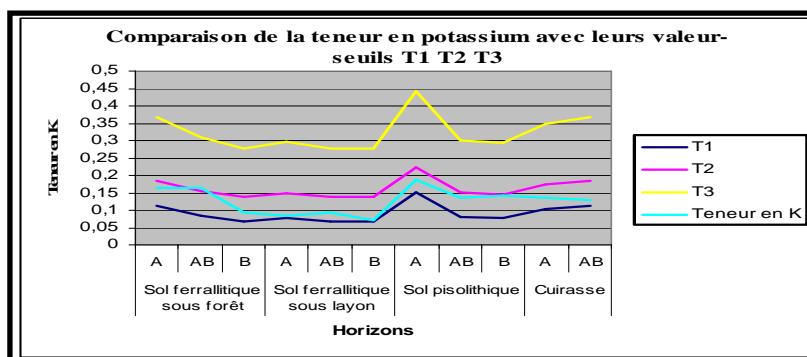


Figure 38: Comparaison de la teneur en potassium avec ses valeur-seuils T<sub>1</sub>, T<sub>2</sub>, T<sub>3</sub>

La figure 38 révèle une teneur en potassium entre les valeurs  $T_1$  et  $T_2$ . Ceci dit, leur teneur est faible (car inférieure à  $T_3$ ) mais reste au-dessus de l'état critique ( $T_1$ ).

Un sol pauvre en éléments nutritifs aura ensuite un taux de saturation faible. Cependant, ce taux de saturation dépend non seulement de la teneur en bases échangeables mais aussi de la capacité d'échange cationique. Dans le cadre de la présente étude, la CEC connaît une valeur élevée étant donné que l'argile est abondante. Et cette CEC élevée justifie de plus en plus l'insuffisance du taux de saturation (le taux de saturation traduit le rapport de la somme des bases échangeables par la CEC). En outre, le rapport C/N est relatif au climat. Comme les conditions de température et d'humidité permettent la minéralisation sur les pentes moyennes et basses, le rapport C/N est faible, ce qui engendre à son tour un taux de matière organique moyenne à faible.

Bref, les sols de la région sont, comme la plupart des sols tropicaux, pauvres en nutriments. La majorité de la matière organique provient de la couverture végétale qui les recouvre grâce au turn-over de recyclage des débris végétaux. Un sol dénudé perdra donc rapidement sa fertilité car sa seule source de nutriments aura disparu. C'est pourquoi le sol sous layon présente des caractères moins favorables par rapport à celui sous forêt zonale.

Toutefois, en considérant les résultats d'analyse de ces sols un à un, les conclusions suivantes peuvent être émises : le sol ferralitique et le sol pisolitique présentent des caractères physico-chimiques intéressantes. En effet, en premier lieu, ces sols sont dotés d'une communauté de microfaune importante. Et la présence de cette microfaune constitue un atout : leur digestion et leur défécation entraînent une activité enzymatique et biochimique de dégradation de la matière organique puis la stimulation et le réensemencement de la microflore. Leurs excréments participent également à la formation de la structure grumeleuse du sol et au maintien de la stabilité structurale. En second lieu, leur rapport C/N faible traduit une vitesse de minéralisation et d'humification rapide entraînant des couches humifères épaisses. A cette caractéristique s'ajoute la richesse de ces sols en argile et en fer. D'après l'étude effectuée par le service géologique (DYNATEC CORPORATION, 2006), 47% des composants chimiques d'Ambatovy sont des fers. De ces faits, la liaison entre les composés minéral (argile) et organique (humus), assurée par l'élément fer et stabilisée par les minéraux alcalino-terreux (calcium et magnésium) pour former le complexe organo-minéral, est effective. Ce complexe argilo-humique constitue, en effet, un « garde à manger » aux plantes, et plus les éléments cités précédemment sont abondants, plus le complexe évolue vers sa taille optimale et plus la capacité d'échange cationique est élevée.

Somme toute, les sols ferralitiques rouge/jaunes et pisolitiques sont favorables au développement de la végétation malgré quelques caractères défavorables tels l'acidité du sol.

### V.2.2 Etat du peuplement initial

La présence d'espèces telles *Harungana madagascariensis* (HYPERICACEAE), *Dracaena spp* (CONVALLARIACEAE), *Trema orientalis* (ULMACEAE), *Brachylaena pauciflora*

(ASTERACEAE), *Weinmania spp* (CUNONIACEAE)… dans le peuplement indique que la forêt a été sujette à une exploitation (FAO, 2006). Par ailleurs, les résultats montrent que le peuplement est caractérisé par la famille des LAURACEAE et EUPHORBIACEAE. Ces familles sont, d'après FAO (2006), caractéristiques des forêts secondaires correspondant aux stades arborescents terminaux de la reconstitution forestière postculturale et/ou postexploitation.

### V.2.3 Trajectoire de la succession végétale naturelle

En observant les résultats de la trajectoire de la succession végétale, la dynamique se caractérise par la diminution progressive de la plupart des sujets des stades précédents (individus à très large distribution) et la prolifération des espèces du stade suivant (individus à distribution moins large que les précédents). Ce modèle peut alors être attribué à celui de la facilitation de la succession végétale. Ce dernier est basé sur la notion de relais floristique (EGLER, 1954) où chaque groupe d'espèces envahit un site à un certain stade de développement, rendant le milieu défavorable pour lui-même et favorable pour le groupe d'espèces suivant.

En outre, l'inventaire montre que la composition floristique initiale est dominée par les herbacées et les espèces pionnières. Effectivement, des auteurs comme AUBREVILLE (1947) et ALEXANDRE (1978), en Côte-d'Ivoire in GUELLY (2001), ont mis en évidence dans les sols des forêts denses la présence de nombreuses graines d'espèces pionnières, en repos dans l'attente de conditions d'éclairement et de température, favorables à leur germination. Cette affirmation justifie ainsi la forte présence de ces pionniers durant les premiers stades de développement. Au fil du développement, c'est à l'ombre de ces pionniers qu'évoluent les espèces moins tolérantes en lumière. Comme précédemment, ces dernières proviennent des graines en phase de dormance dans le sol et se développent une fois les conditions favorables à leur développement réunies.

Selon TILMAN (1985), durant les premiers stades de la succession sur des sols pauvres en nutriments, les premières espèces sont bonnes colonisatrices, mais mauvaises compétitrices en nutriments. La succession va, de ce fait, vers des espèces mauvaises colonisatrices mais bonnes compétitrices en nutriments. En se référant à la compétition entre colonisation et lumière, les meilleures espèces colonisatrices sont remplacées par des espèces moins bonnes colonisatrices mais meilleures compétitrices pour la lumière. Succinctement, chaque espèce est spécialisée pour un ratio particulier de nutriments, de lumière et autres paramètres. Si ces conditions changent, la succession se met en place. Aussi, PAUTOU et MANNEVILLE (1997) affirment que le déroulement des successions végétales repose sur l'instauration d'une hiérarchie en fonction des capacités d'accès à l'énergie solaire et des moyens dont disposent les végétaux de priver d'eau, de nutriments et de lumière, les espèces concurrentes.

La succession est, par conséquent, interprétée comme un processus de développement de l'écosystème vers un maximum de stabilité et un maximum d'efficacité dans l'utilisation des ressources.

En comparant les résultats de la présente trajectoire avec ceux effectués par différents chercheurs tels GUELLY, les deux premiers stades rejoignent ceux décrits ailleurs en forêts tropicales humides dans le processus de colonisation à petite échelle (VAN STENNIS, 1976) alors que le dernier est spécifique à notre zone d'étude. Conformément à ce processus, les végétaux du premier stade sont les seuls capables de se développer dans un milieu strictement minéral (autotrophie), c'est-à-dire milieu caractérisé par l'absence de matière organique accessible dans le sol. Comme ces végétaux de structure très simple ne sont pas capables d'une grande adaptation, leur « moment » sur la séquence correspond au temps de la faible compétition. C'est leur activité-même qui, en modifiant le biotope (humidité, brise-vent, création d'humus, compétition intraspécifique...), favorisera l'arrivée de nouvelles espèces plus adaptées et compétitives. Le deuxième stade de colonisation est assuré par les végétaux dits « pionniers intermédiaires ». Tout comme les précédents, ils sont aussi destinés à disparaître une fois leur travail accompli. Celui-ci consiste en une densification et une meilleure structuration de l'occupation de l'espace (structuration aérienne et terrestre). Apparaît alors à ce stade une plus grande diversité des espèces et donc des associations et interactions possibles (inter et intraspécifique). Cependant, il s'agit d'associations d'espèces encore instables, héliophiles et sciaphiles. A ce stade, la biomasse augmente rapidement et la productivité est importante.

En se référant au processus de recolonisation à grande échelle décrit par le FAO (2006) (différenciation de stades s'étalant sur une longue période de temps, plusieurs décennies), les caractéristiques de ces trois stades appartiennent à un même stade. Il s'agit du premier stade de succession nommé : stades arbustifs ou arborescents initiaux de la reconstitution de la recolonisation forestière. Ce stade comprend :

- Des friches et jachères préforestières maintenues enherbées
- Des jachères, recrûs et forêt secondaire jeune constituées d'essences essentiellement héliophiles à croissance rapide, à strate arborescente peu élevée mais fermée et dont l'optimum est généralement atteint vers 8-10 ans.

Le stade appelé « stades arborescents terminaux de la reconstitution forestière postculturale et/ou postexploitation » succède aux forêts secondaires jeunes. Les espèces caractéristiques qui les composent sont des espèces arborées héliophiles tolérantes, à croissance moyennement rapide, à ramification généralement sympodiale, de taille élevée et à fructification tardive. Ces espèces cohabitent avec celles de la forêt primitive.

Somme toute, en se référant sur le critère « âge » de la population, cette dernière se voit à son premier stade. Mais en se basant sur le critère « composition floristique », il est constaté que la population échelonne son deuxième stade. En effet, des espèces caractéristiques du peuplement initial commencent à coloniser le site à l'instar des espèces de la famille des EUPHORBIACEAE.

Ceci consiste à dire que la succession de cette végétation est précoce. Et ce, du fait de l'emplacement des layons en pleine forêt. Par suite, la dissémination des graines par zoothorie ou anémochorie est encore très rencontrée.

En analysant séparément chaque formation, les espèces sur sol à carapace ferralitique indiquent un comportement très différent de celles sur sol ferralitique rouge/jaune et pisolitique. En effet, d'une part, les groupements colonisant ce sol sont analogues aux espèces s'installant sur les deux autres types de sol dans un premier temps. Cependant, ces espèces premières colonisatrices ne subsistent que pendant une ou deux années. C'est alors que se voient apparaître les espèces pionnières du sol ferralitique et pisolitique telles *Harungana madagascariensis* et *Psychotria alaotrensis*. Une fois ces espèces installées, les espèces premières colonisatrices reprennent leur développement. Cette succession ralentie (installation tardive des *Harungana madagascariensis* et *Psychotria alaotrensis*) est liée, selon DYNATEC CORPORATION (2006), à la dureté de la cuirasse ferralitique et à la faible épaisseur de la couche humifère. D'autre part, la formation est dominée par *Philippia lautifolia* quel que soit le stade. D'après DYNATEC CORPORATION, (2006) cette plante est caractéristique des zones de succession secondaire observées dans le domaine biogéographique oriental de Madagascar. Les perturbations ont créé des conditions favorisant sa dominance qui peut, éventuellement, ramener la végétation à l'état de forêt mature.

Quant aux deux types de sol, les espèces qui leurs sont caractéristiques demeurent identiques. La différence est que le sol pisolithique détient des espèces caractéristiques du sol à carapace ferralitique, justifiant son caractère transitionnel.

En somme, quel que soit le type de sol, l'organisation spatiale des groupements végétaux reste la même dont la première colonisation marquée par un couvert pionnier, et la seconde, par un couvert post-pionnier (CLEMENTS, 1916).

# RECOMMANDATIONS

## VI. RECOMMANDATIONS

Les recommandations avancées sont orientées vers un grand axe: « **Rétablir l'intégrité biologique du site en matière de population végétale** ». La nature est un tout, et la restauration, un processus à long-terme. Il n'est donc possible de recréer la nature ni à l'identique, ni instantanément (CLEMENTS, 1916). La stratégie de restauration cherchera ainsi à initier les processus fonctionnels de la succession végétale. Mais avant de se servir de cette succession comme base de la dynamique de restauration, il serait contraint de renforcer les études préliminaires et de considérer tous les paramètres en interrelation avec les communautés végétales. D'où l'objectif premier avancé ci-dessous

**Le premier objectif** s'énonce comme suit : « *Renforcer les études des paramètres écologiques* ».

Pour cela, deux sous-objectifs ont été ressortis :

*Sous-objectif 1 : Définir la dynamique du sol*

Le sol évolue avec la végétation. Effectuer des examens pédologiques avec les inventaires des layons de régénérations permettrait donc de discerner l'évolution du sol et mettrait en relief la relation sol-plante. En effet, ces sols ont subi des perturbations et leur suivi périodique pourrait illustrer leur mode de recyclage. Des lors, les activités suivantes sont suggérées :

- Effectuer un examen pédologique des layons de régénération lors des relevés de végétation
- Réaliser un examen pédologique des sites décapés (top-soil)

*Sous-objectif 2 : Consolider les résultats et données sur le comportement de la végétation*

Une courte période ne permet pas d'évaluer le comportement de chaque espèce ou groupe d'espèces. De ce fait, il serait approprié de mener une étude approfondie sur ce comportement. Par conséquent, deux activités sont émises :

- Poursuivre les relevés de végétation sur les layons de régénération

Aux fins de ressortir les stades de succession, des données s'étalant sur 20 ans (au moins) s'imposent. Pour disposer de ces données, poursuivre le suivi périodique sur les layons de régénérations naturelles est indispensable.

- Effectuer des essais de réhabilitation sur des zones complètement exposées.

En effet, les layons de régénération évoluent dans une ambiance forestière (dans un microclimat forestier). Par suite, ils bénéficient de tous les atouts qu'offre la forêt avoisinante: dissémination de graines par anémochorie notamment, ombrage, humidité, macrofaune du sol... Tous ces éléments pourraient fausser les diagnostics de recherche du fait que les sites à réhabiliter s'exposeront à de lourdes conditions : exposition au soleil, sol perturbé... De la même manière, ces essais de réhabilitation permettront d'évaluer le taux de survie des espèces recommandées pour la réhabilitation.

Bien que les études citées antérieurement ne soient pas encore réalisées, des propositions d'aménagement peuvent être avancées à l'issue de la petite trajectoire ressortie dans la partie « résultats » de cette étude.

Le **deuxième objectif** tente de répondre au souci principal de l'aménagement : « **Restaurer les composantes de la nature** ». Ce deuxième objectif comprend deux sous-objectifs

*Sous-objectif 1 : Remettre en état le sol avant l'installation de la population végétale*

Jusqu'à présent, la succession végétale a été définie comme la conséquence des changements de végétation au cours du temps. Cependant, il serait pertinent de considérer les successions au sein de l'écosystème tout entier. En effet, la mise en place d'une communauté végétale ne peut être dissociée de l'ensemble des facteurs qui agissent sur et au sein de l'écosystème (CLEMENTS, 1916). Ces facteurs sont abiotiques (sol...) et biotiques (insectes, faune du sol, champignons, bactéries). A toutes les échelles de temps et d'espace, chacun de ces facteurs peut avoir un rôle clé à un moment d'une succession de l'écosystème (CLEMENTS, 1916). Aussi, selon SER (2004), un écosystème s'est régénéré - et est restauré - lorsqu'il contient suffisamment de ressources biotiques et abiotiques pour continuer son développement sans assistance ni subvention. Il se maintiendra lui-même structurellement et fonctionnellement. Il sera résilient face à des niveaux normaux de stress et de perturbations environnementaux. Il interagira avec les écosystèmes contigus en termes de flux biotiques et abiotiques et d'interactions culturelles.

Afin d'atteindre cet objectif de remise en état du sol, la réalisation des activités suivantes s'avère fondamentale :

➤ Remblayer les couches superficielles moyennant les terres végétales

D'après l'étude de sol, les couches superficielles détiennent des caractéristiques intéressantes. Un meilleur moyen de restaurer le sol et de permettre son recyclage à court terme serait alors de conserver les terres végétales (d'au moins 50cm de profondeur) et de remblayer les couches superficielles avec celles-ci au moment de la réhabilitation proprement dite. En effet, ces couches conservent des communautés macro et microbiologiques ainsi que des semences. Et d'après THOMPSON (1993), les semences de la banque du sol sont persistantes: semences transitoires (moins d'un an), semences persistant à court terme (1 à 5 ans), semences persistant à long terme (plus de 5 ans).

➤ Procéder à la fertilisation naturelle

Un sol fertile comprend des macro-éléments et des micro-éléments. Les végétaux ont besoin de ces deux éléments pour pousser. Les macro-éléments regroupent l'azote (N), le phosphore (P), le potassium (K), le calcium (Ca), le magnésium (Mg) et le souffre (S). Ils contribuent tous à des fonctions précises comme la croissance des feuilles et des tiges (N), la croissance des racines (P et K), le développement des fleurs et des fruits (P) et une vitalité générale (K). Mais les trois premiers sont consommés en grande quantité par les végétaux.

Les micro-éléments appelés oligo-éléments rassemblent le fer (Fe), le manganèse (Mn), le cuivre (Cu) et le zinc (Zn) ; leur présence en très petite quantité est essentielle à la vie des végétaux (WIKIPEDIA, 2008).

Lorsqu'un sol est cultivé, les plantes y prélevent leurs nutriments. Sans apport, le sol risque de s'appauvrir petit à petit et de ne plus pouvoir assurer des conditions optimales de croissance aux plantations. La clé de la fertilité naturelle consiste alors à entretenir l'humus, la matière organique du sol. Il forme avec l'argile un complexe qui retient l'eau et les éléments minéraux et les redistribue aux plantes au fur et à mesure de leurs besoins. Deux types de fertilisation naturelle sont avancés :

- Compostage

La méthode en tas demeure la plus commune. Les déchets et broyats sont rassemblés en andains de longueur indéfinie et dont la hauteur dépend à la fois de la porosité à l'air du compost ainsi que de la fréquence et de la méthode d'aération choisie (une fréquence élevée et/ou une aération par ventilation forcée autorisent des tas plus importants). Une des méthodes d'aération consiste en une installation de bambous lors de la constitution du tas. Ces bambous sont ensuite retirés après 1 ou 2 jours, laissant libres des orifices plongeant jusqu'au milieu du tas et par lesquels l'aération peut se faire plus activement. L'utilisation de tuyaux qui s'y installent continuellement est aussi conseillée. (Wikipédia, 2008)

Un compost frais, c'est-à-dire ayant subi un début de fermentation (de l'ordre de 2 semaines), pourra être utilisé en paillage (mulching) ou en champignonnière. En fin de fermentation, le compost est stabilisé et pourra servir comme engrais/amendement organique. (Wikipédia, 2008)

- B.R.F (Bois Rameaux Fragmentés)

C'est une méthode naturelle d'origine canadienne de régénération et de remise en état des sols. Elle équivaut à l'utilisation des branches, brindilles et feuilles riches en nutriments, sucres, protéines, celluloses et lignines qui ont tous un rôle précis et spécifique dans la constitution et le maintien des sols fertiles. Ces éléments sont fragmentés, broyés puis épandus et incorporés aux premiers centimètres du sol. L'utilisation directe du B.R.F., sans passer par le processus du compostage, permet une substantielle économie de temps. Bref, les techniques du BRF se font en trois étapes :

- a. Utiliser des branches de moins de 7cm de diamètre en provenance d'un milieu riche et diversifié si possible.
- b. Fragmenter et utiliser rapidement le broyat.



**Photo 16: Broyage avant fermentation du compost**

SourceFigure 39 : Répartition des

- c. Épandre une couche de B.R.F. qui représente entre 50 et 250 m<sup>3</sup>/ha. La diffusion peut être assimilée soit à la technique du mulch qui consiste à laisser le B.R.F. se décomposer en surface soit à la technique de l'incorporation superficielle qui permet d'activer son intégration au sol mais nécessite le contrôle de différents paramètres (Les jardins de B.R.F., 2008)

*Sous-objectif 2 : Planter des espèces selon leur stade d'évolution*

Afin de permettre à la population d'imiter la trajectoire de la forêt naturelle, des séries de plantation seront effectuées. Ces espèces seront néanmoins choisies selon les critères suivants :

1. Potentiel de régénération : les espèces présentant un bon potentiel de régénération sont donnés par l'échelle de ROTHE. Cette dernière qualification permet de discerner la disponibilité en plants ou sauvageons.
2. Mode de colonisation : les espèces montrant une bonne colonisation appartiennent généralement au stade à *Harungana madagascariensis*
3. Mode de compétition : le stade à EUPHORBIACEAE renferme les espèces bonnes compétitrices

**Tableau 24: Quelques espèces selon leur comportement**

BONNE COLONISATRICE	BONNE COMPÉTITRICE	BON POTENTIAL DE RÉGÉNÉRATION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Harungana madagascariensis</i></li> <li>• <i>Psiadia altissima</i></li> <li>• <i>Trema Orientalis</i></li> <li>• <i>Solanum auriculatum</i></li> <li>• <i>Psychotria alaotrensis</i></li> <li>• <i>Macaranga obovata</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Psychotria alaotrensis</i></li> <li>• <i>Macaranga obovata</i></li> <li>• <i>Suregada boiviniana</i></li> <li>• <i>Blotia oblongifolia</i></li> <li>• <i>Uapaca bojeri</i></li> <li>• <i>Croton trichotomus</i></li> <li>• <i>Tina striata</i></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <i>Potameia thouarsii</i></li> <li>• <i>Blotia oblongifolia</i></li> <li>• <i>Ampodisasatra</i> (nom scientifique inconnu)</li> <li>• <i>Tina striata</i></li> <li>• <i>Amyrea humbertii</i></li> <li>• <i>Belschmiedia madagascariensis</i></li> </ul>

➤ Installer des essences de la première colonisation

La première étape d'une succession nécessite qu'une espèce nouvelle puisse s'installer sur un site. Cette espèce doit ainsi supporter les conditions d'ensoleillement du sol dénudé, elle doit être bonne colonisatrice et résistante. En se référant aux différents stades d'évolution, le choix est de plus fortement orienté vers un écosystème pionnier. Comme le sol dispose de composés organiques moyennant sa fertilisation naturelle et l'utilisation des terres végétales, les espèces du second stade ont été choisies (présentées dans la première colonne du tableau 21).

➤ Introduire les essences de la deuxième plantation

Selon les études faites par différents chercheurs tels EGLER, 1954 ainsi que les résultats de la présente trajectoire de succession végétale, les pionniers ne subsistent que quelques années : 4 à 12 ans. Etant donné que les espèces du troisième stade (Cf. deuxième colonne du tableau 21) peuvent se développer à l'ombre de ces pionniers, leur installation est recommandée.

Ces espèces sont non seulement bonne compétitrices mais peuvent également être qualifiées d'espèces vigoureuses du fait qu'elles sont observées depuis le compartiment C de la formation initiale (compartiment des régénération naturelles) jusqu'au compartiment A (arbres adultes). Compte tenu de la disponibilité en sauvageons (Selon la formule de Rothe), *Blotia oblongifolia* et *Tina striata* doivent figurer parmi les premières priorités.

Ce deuxième objectif est attribué pour chaque zone de fosse partiellement remblayée par les miniers. En d'autres termes, la réhabilitation sera entreprise pendant et après l'exploitation

Il est à remarquer que :

1. Les plants utilisés peuvent être soit des sauvageons soit des plants éduqués en pépinière depuis leur semis. Mais Quel que soit le type de plants, ceux-ci doivent être éduqués en pépinière avant leur repiquage. Par conséquent, il serait judicieux de multiplier les pépinières.
2. Bien que l'objectif vise à rétablir la forêt naturelle, des suivis des plantations devront être établies afin de permettre le bon développement des plants.

### Cadre logique de la proposition d'aménagement

Le tableau suivant récapitule le plan de réhabilitation avancé dans cet ouvrage.

**Tableau 25: Récapitulation de l'étude préliminaire avancée et du plan de réhabilitation**

RESULTATS ATTENDUS	ACTIVITÉS	SOUS ACTIVITÉS	ECHÉANCE	RESPONSABILITÉS	IOV	SOURCES DE VÉRIFICATION
Les études sur les paramètres écologiques sont renforcées avant le début de l'exploitatin	Définir la dynamique du sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Effectuer un examen pédologique des layons de régénération lors des relevés de végétation (suivi périodique)</li> <li>• Effectuer un examen pédologique des sites décapés (top-soil)</li> </ul>	Long terme  Court terme	Pédologue	Fosses pédologiques	Rapport de suivi-évaluation
	Consolider les résultats et données sur le comportement de la végétation	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Poursuivre les relevés de végétation sur les layons de régénération</li> <li>• Effectuer des essais de réhabilitation sur des zones complètement exposées</li> </ul>	Long terme	Botaniste ou forestier + équipe de la section Réhabilitation  Botaniste ou forestier + équipe de la sous-section Réhabilitation+ équipe de la sous-section « Pépinière »	Liste floristique  Surface réhabilitée	Rapport de suivi-évaluation

RESULTATS ATTENDUS	ACTIVITÉS	SOUS ACTIVITÉS	ECHÉANCE	RESPONSABILITÉS	IOV	SOURCES DE VÉRIFICATION
Les paramètres écologiques sont restaurés pendant et après l'exploitation	Remettre en état le sol	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Remblayer les couches superficielles de la fosse par les terres végétales</li> <li>• Augmenter la fertilité du sol</li> </ul>	Court terme (premier trimestre) Court terme (premier trimestre)	Equipe de la sous-section « Réhabilitation » Equipe de la sous section « Préparation compost »	Surface épandue Quantité de compost produite	Rapport (sur la superficie remblayée) Rapport journalier (quantité de compost produit)
	Installer les espèces selon leur stade d'évolution	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Planter des espèces pionnières</li> <li>• Planter des espèces caractéristiques du second stade</li> </ul>	Moyen terme (quatre premières années) Long terme (>4ans)	Equipe de la sous-section « Pépinière » et « Réhabilitation »	Superficie plantée	Rapport journalier (plants repiqués)

**IOV** : Indicateur Objectivement Vérifiable

# CONCLUSION

## VII. CONCLUSION

Le site Ambatovy détient un rôle fondamental dans le maintien de l'équilibre de l'écosystème forestier de la Région Alaotra Mangoro. Ainsi, mener des activités minières sur ce site sous entendrait la destruction de l'écosystème forestier de la région voire du pays. De là ressort l'objectif premier du programme environnemental du projet qui vise à rétablir l'intégrité biologique de l'écosystème en matière de population végétale. Toutefois, à l'issue de diverses études effectuées durant ses dix années de préparation, seule la formation zonale pourra être restaurée. Dans cette perspective, définir les espèces capables d'assurer la régénération de cette formation zonale demeure primordial.

La finalité de la présente étude consiste alors à répondre à ce souci de déterminer les espèces capables d'assurer la régénération forestière. Toutefois, l'étude requiert la maîtrise du comportement de chaque espèce avancée depuis sa jeunesse jusqu'à sa maturité ainsi que du milieu favorable à son développement. C'est pourquoi l'objectif de cette étude a été orienté vers l'établissement de la trajectoire de la succession végétale naturelle d'Ambatovy.

Pour parvenir à l'obtention de cette dynamique de végétation, la méthodologie de travail a été portée sur l'analyse des travaux d'inventaire périodique des régénérations naturelles sur les layons post-exploration depuis 1998 jusqu'au stade actuel. Ces inventaires ont mis en évidence les groupements végétaux qui s'associent à un moment donné pour un ratio particulier de nutriments, de lumière et autres paramètres. Parallèlement, la connaissance de la formation zonale ultérieurement restaurée d'une part et des conditions du sol où cette formation se développe d'autre part, s'est avérée indispensable. Ces états serviront de base ou de référence tant à la dynamique de la végétation qu'au projet de restauration. C'est pourquoi des travaux d'inventaire de cette formation ainsi que des examens pédologiques ont été réalisés.

Ainsi, les résultats de cet examen pédologique ont montré que les formations zonales se sont développées sur des sols ferralitiques rouges/jaunes à texture équilibrée et dont la porosité permet la circulation de l'air et de l'eau. De même, ce sol favorise l'enracinement des plantes notamment dans les couches superficielles. Quant à ces caractères chimiques, le sol est doté d'un rapport C/N faible indiquant la rapidité de la vitesse de minéralisation. Cependant, la teneur en éléments nutritifs du sol reste insuffisante et la capacité d'échange cationique, élevée. En effet, étant situé sur bas de pente, le taux d'humidité du sol est élevé induisant un phénomène de lessivage des éléments nutritifs en profondeur. De ce fait, le complexe argilo-humique est occupé par les ions hydrogènes. D'où le milieu est caractérisé par une forte acidité (pH égal à 5 en moyenne).

L'inventaire forestier sur formation zonale indique la prolifération des espèces vigoureuses pouvant s'adapter sur ce sol acide telles les espèces de la famille des LAURACEAE, EUPHORBIACEAE et RUBIACEAE. Toutefois, suite aux activités forestières locales (coupe illicite), des traces d'espèces à croissance rapide se voient apparaître dans les compartiments des régénérations naturelles à savoir *Harungana madagascariensis* (HYPERICACEAE), *Trema orientalis* (ULMACEAE) et *Psiadia altissima* (ASTERACEAE).

En se basant sur l'appréciation de la liste floristique des inventaires périodiques, une micro-série dynamique de trois communautés végétales qui tend vers les formations intiales non perturbées a été observée. Ces communautés définissent des règles d'assemblage des espèces tout en mettant en exergue le rôle respectif des filtres environnementaux. Les premières communautés regroupant les plantes dites «herbacées» conquièrent les parcelles de sol nu et sont destinées à reconstruire le sol. Viennent ensuite les arbres ou arbustes pionniers à dominance *Harungana madagascariensis* et *Psiadia altissima* notamment sur les formations zonales et transitionnelles. Ces plantes héliophiles, nécessitant de conditions de fort ensoleillement, se caractérisent par une croissance rapide, un cycle de reproduction court et une importante production de petites graines expliquant leur forte présence. Néanmoins, leur croissance accélérée s'effectue au détriment de la qualité de leur structure et de leur résistance. Les arbres pionniers ont de ce fait une espérance de vie limitée à quelques dizaines d'années dans le meilleur des cas. A l'ombre de ces pionniers se développent les plantes de la vague suivante adaptées à des sols moins stériles, prospèrent là où les plantes pionnières peuvent les protéger du soleil et du vent mais sont dotées d'une structure plus vigoureuse. Cette vague est caractérisée par les espèces de la famille des EUPHORBIACEAE. En comparaison avec l'inventaire de la formation zonale, ce troisième micro-stade évolue vers l'état de référence mais cette évolution n'est qu'à son ébauche.

Somme toute, l'installation des espèces de la formation initiale nécessite d'une part un sol plus ou moins analogue aux caractéristiques du sol ferrallitique rouge/jaune dont et pisolitique. De ce fait, les travaux de réhabilitation devront remettre le sol à l'état où il se trouvait avant l'exploitation, retrouvant ainsi une valeur égale ou supérieure. Pour cela, il serait pertinent de réutiliser les terres végétales au moment de la réhabilitation et d'apporter quelques fertilisants naturels afin de permettre le recyclage immédiat du sol. D'autre part, la restauration des espèces d'avenir, à structure solide et aptes à résister au temps nécessite en premier lieu la colonisation des espèces pionnières aux fins de reconstituer le sol dépourvu de matière organique. Mais comme le sol est déjà doté d'un certain potentiel suite aux fertilisations, les espèces de réhabilitation seront immédiatement constituées, dans un premier temps (quatre premières années), des espèces éléments du deuxième micro-stade (*Harungana madagascariensis*, *Trema orientalis*, *Psiadia altissima* etc). Dans un second temps (après quatre ans), une fois les espèces pionnières proliférées, à leur ombre peuvent être plantées les espèces du futur ou vigoureuses de la famille des EUPHORBIACEAE (*Blotia oblongifolia*, *Suregada boiviniana*, *Uapaca thouarsii* etc.)

Ces espèces éléments de la deuxième plantation ont été avancées à l'issue de l'étude de la trajectoire de la succession végétale naturelle. Toutefois, leur prolifération reste incertaine du fait que la trajectoire n'a été caractérisée que par une courte période. Afin de connaître leur état de vigueur et de savoir si une troisième plantation serait indispensable, la poursuite des travaux de suivi se révèle essentielle. En outre, apporter des fertilisants naturels exige des études approfondies pour éviter tout éventuel excès ou carence. Il serait alors judicieux d'ouvrir une étude sur cette option.

# **REFERENCES**

# **BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### BIBLIOGRAPHIE

1. Akon'ny Ala, 1993. Bulletin du Département des Eaux et Forêts n°12-13
2. ARONSON J. et LE FLOCH E., 1995, Ecologie de la restauration: Définition de quelques concepts de base, in Nature-Science-Société, Hors-série, page 29-34.
3. Centre Technique Forestier Tropical, 1989, Mémento du forestier, 3ème édition, Ministère de la Coopération et du Développement, 1079 p.
4. DOKOLAHY R.J., 2004. Etude de la régénération naturelle des Savoka du pont forestier d'Ambatolaidama du parc national Masoala en vue d'une restauration forestière. Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo.80p
5. DYNATEC CORPORATION, 2006. Etude d'Impact Environnemental d'Ambatovy
6. ENCARTA 2006
7. FOURNIER et SASSON, 1983. Ecosystèmes forestiers tropicaux d'Afrique. ORSTM/UNESCO. Paris France. 473pages.
8. FRANÇOIS R., 1984 Eléments d'écologie McGraw-Hill, Paris. 363pages
9. KOECHLIN I, 1974. Flore et végétation de Madagascar
10. OIBT, 2002, Directives OIBT pour la restauration, l'aménagement et la réhabilitation des forêts tropicales dégradées et secondaires, Série Développement de politiques OIBT No 13, 61p.
11. RABENILALANA. F. M, 2005, Etude de cinq espèces ligneuses endémiques et menacées de la forêt littorale de Tampolo en vue d'une conservation durable : cas de *Pentachlaena orientalis Perrier de la Bâthie*, *Donella fenerivensis aubréville*, *Calophyllum chapelieri Drake*, *Asteropeia micraster Hallier* et d'*Asteropeia multiflora Thouars*, Mémoire de DEA. ESSA/FORETS. Université d'Antananarivo. 69p.
12. RAJOELISON L. G, 1997 Etude d'un peuplement analyse sylvicole, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo.26p
13. RAJOELISON L.G., Etude sylvicole de la forêt tropicale humide malagasy, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo 138p
14. RAMAMONJISOA B.S., 1996, Méthodes d'enquêtes, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo, 30p.

15. RANDRIAMBOAVONJY J.C., 1997 Les analyses courantes du sol, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo 44p.
16. RANDRIAMBOAVONJY J.C., 1997 Examen du profil pédologique, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo. 28p
17. RANDRIANINDRIANA, 2008, Inventaire des Orchidées de Talatakely, Parc National de Ranomafana, Etudes morphologiques et moléculaires de cinq espèces du genre Aerangis (Rchfb.f.), Mémoire de DEA, Faculté des Sciences, Département Biologie et Ecologie végétale, 78p.
18. RAZAFIMAMONJY A., 2006. Rapport de suivi périodique des layons de régénérations naturelles. Section réhabilitation du Département environnement. Projet Ambatovy .
19. RAZAFY F.L., 1991, Etude du dynamisme de la végétation à Andasibe, Mémoire de Diplôme d'Etudes Approfondies en Sciences et Biologie appliquées. Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo.50p
20. Society for Ecological Restoration International, 2004, The SER International Primer on Ecological Restoration, 13 p.

## WEBIOGRAPHIE

21. CLEMENTS, F.E. 1916. Plant succession: an analysis of the development of vegetation. Carnegie Institute Publication, Washington, 242: 1-512 . in [www.grenoble.cemagref.fr](http://www.grenoble.cemagref.fr)
22. EGLER, F.E. 1954. Vegetation science concepts. I. Initial floristic composition, a factor in old-field development. Vegetation 4 : 412-417. in [www.grenoble.cemagref.fr](http://www.grenoble.cemagref.fr)
23. ENCYCLOPEDIA UNIVERSALIS, 2007 in [www.universalis.fr](http://www.universalis.fr)
24. Extractive Industries Transparency Initiative in [www.gov.mg](http://www.gov.mg)
25. GARDNER J., 2007. Récupérations des sites dégradés. in [www.fao.org](http://www.fao.org)
26. GUELLY K.A 2001, Les jachères de savane sur le plateau Akposso au sud-ouest du Togo. Université du Bénin, Faculté des Sciences, Département de Botanique. Lomé-Togo. 375p in [www.grenoble.cemagref.fr](http://www.grenoble.cemagref.fr)
27. INFORESOURCES. 2005. La restauration des paysages forestiers. [www.inforesources.ch](http://www.inforesources.ch) ONE 2006, Profil environnemental région Alaotra Mangoro in [www.pnae.mg](http://www.pnae.mg)
28. LANO/CA de Basse Normandie. 2008 Programme d'interprétation. Normandie in [www.lano.asso.fr](http://www.lano.asso.fr)

29. PAUTOU et MANNEVILLE, 1997, Germination of Pioneer tree (?*Tema guineensis* Ficalho) from Quatorial Africa. *Turrialba*, 27 (3), 301-302. in [www.grenoble.cemagref.fr](http://www.grenoble.cemagref.fr)
30. PICKETT, S.T.A, PARKER, V.T. 1994. Avoiding old pitfalls: opportunities in a new discipline. *Restoration ecology*, volume 2, n°2 : 75-79. in [www.grenoble.cemagref.fr](http://www.grenoble.cemagref.fr)
31. OIBT 2005, Actualités des Forêts Tropicales. 13p in [www.oibt.org](http://www.oibt.org)
32. SARRAILH J.M et AYRAULT N. 2007. Récupération des sites dégradés. in [www.fao.org](http://www.fao.org)
33. SARASSIN. 2005. Le projet Qit Madagascar Mineral. in [www.cairn.info](http://www.cairn.info)
34. TILMAN, D. 1985. The ressource ratio hypothesis of plant succession. *American naturalist* 125:827-852. in [www.grenoble.cemagref.fr](http://www.grenoble.cemagref.fr)
35. VAN STENNIS, C.G.G., 1976.- Rejuvenation as a factor for judging the status of vegetation type: the biological nomad theory. In "Study of tropical vegetation", Proc. of Kandy symposium UNESCO, Paris, 212-215. in [www.grenoble.cemagref.fr](http://www.grenoble.cemagref.fr)
36. WITTAKER, R.H. 1953. A consideration of climax theory: the climax as a population and pattern. *Ecological*. in [www.grenoble.cemagref.fr](http://www.grenoble.cemagref.fr)

#### **AUTRES SITES INTERNET VISITES**

1. [fr.wikipedia.org](http://fr.wikipedia.org)
2. [geoarch.free.fr](http://geoarch.free.fr)
3. [pubs.usgs.gov](http://pubs.usgs.gov)
4. [www.aggra.org](http://www.aggra.org)
5. [www.u-bourgogne.fr](http://www.u-bourgogne.fr)
6. [www.efloras.org](http://www.efloras.org)
7. [www.lesjardinsdebrf.com](http://www.lesjardinsdebrf.com)

#### **COURS PROFESSÉS**

1. RAJOELISON L.G., 2006, *Sylviculture de base*
2. RAJOELISON L.G, 2006, *Sylviculture des forêts naturelles*
3. RAJOELISON L.G, 2007, *Sylviculture des forêts tropicales*
4. RAKOTOMARO J., 2005, *Informatique et statistique*
5. RAMAMONJISOA B.S., 2007, *Méthodologie de recherche*
6. RANDRIAMBOAVONJY J.C., 2005, *Pédologie*
7. RATSIMBAZAFY J., 2007, *Biométrie*
8. RAZAFY F.L, 2007, *Aménagement et gestion des ressources naturelles*
9. RAZAFINDRAMANGA M.L., 2005, *Dendrométrie*
10. RAZAKANIRINA D., 2007, *Flore et Végétation*

# ANNEXES

## ANNEXE 1 : LISTE DE QUELQUES ESPECES FAUNIQUES DU SECTEUR DE LA MINE

### a. Espèces d'amphibiens et de reptiles inscrites sur les listes UICN

Ordre	Statut UICN	Espèces
Amphibiens	En danger critique d'extinction	<i>Mantella aurantiaca</i>
	En danger	<i>Mantella crocea</i>
	Vulnérable	<i>Plethodontohyla cf coronata</i>
	Vulnérable	<i>Scaphiophryne marmorata</i>
	Quasi menacé	<i>Mantidactylus plicifer</i>
Reptiles	Vulnérable	<i>Sanzinia madagascariensis</i>

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

### b. Espèces d'amphibiens et de reptiles inscrites sur les listes CITES

Ordre	Carégories CITES	Espèces
Amphibiens	Annexe II	<i>Mantella aurantiaca</i>
		<i>Mantella crocea</i>
		<i>Mantella baroni</i>
Reptiles	Annexe I	<i>Sanzinia madagascariensis</i>
		<i>Brookesia superciliaris</i>
		<i>Brookesia therezieni</i>
		<i>Brookesia thieli</i>
		<i>Calumna brevicornis</i>
		<i>Calumna cf nasuta</i>
		<i>Calumnaro gastrotaenia</i>
		<i>Calumna malthe</i>
		<i>Calumna nasuta</i>
		<i>Furcifer lateralis</i>
		<i>Furcifer willsii</i>
		<i>Phelsuma lineata bifasciata</i>
		<i>Phelsuma lineata lineata</i>
		<i>Phelsuma pronki</i>
		<i>Phelsuma quadriocellata bimaculata</i>
		<i>Phelsuma quadriocellata quadriocellata</i>
		<i>Uroplatus phantasticus</i>
		<i>Uroplatus sikorae</i>

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

### c. Espèces d'oiseaux inscrites sur les listes UICN

Statut UICN	Espèces
En danger	<i>Sarothrura watersi</i>
	<i>Tyto soumagnei</i>
	<i>Anas melleri</i>
	<i>Ardea humbloti</i>
Vulnérable	<i>Brachypteryx squamigera</i>
	<i>Circus m. macroscelis</i>
	<i>Rallus madagascariensis</i>
	<i>Accipiter madagascariensis</i>
Quasi menacée	<i>Crossleyia xanthophrys</i>
	<i>Gallinago macrodactyla</i>
	<i>Lophotibis cristata</i>
	<i>Neomixis flavoviridis</i>
	<i>Xenopirostris</i>

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

**d. Espèces d'oiseaux inscrites sur les listes CITES**

Caratégories CITES	Espèces
Annexe I	<i>Tyto soumagnei</i>
Annexe II	<i>Accipiter francesii francesii</i>
	<i>Accipiter henstii</i>
	<i>Accipiter madagascariensis</i>
	<i>Aviceda madagascariensis</i>
	<i>Asio madagascariensis</i>
	<i>Coracopsis nigra nigra</i>
	<i>Coracopsis vasa vasa</i>
	<i>Falco eleonorae</i>
	<i>Falco newtoni newtoni</i>
	<i>Milvus migrana</i>
	<i>Ninox superciliaris</i>
	<i>Otus rutilus rutilus</i>
	<i>Polyboroides radiatus</i>
	<i>Tyto alba</i>

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

**e. Espèces de petits mammifères recensés**

Ordre	Endémicité	Espèces	Statut UICN
Lipotyphlas	Endémique	<i>Hemicentetes semispinosus</i>	
		<i>Microgale cowani</i>	
		<i>Microgale dobsoni</i>	
		<i>Microgale fotsifotsy</i>	
		<i>Microgale gymnorhyncha</i>	
		<i>Microgale longicaudata</i>	
		<i>Microgale taiva</i>	
		<i>Microgale talazaci</i>	
		<i>Microgale thomasi</i>	Vulnérable
		<i>Microgale sp.</i>	
		<i>Microgale sp.</i>	
		<i>Oryzorictes hova</i>	
		<i>Setifer setosus</i>	
		<i>Tenrec ecaudatus</i>	
	Introduit	<i>Suncus murinus</i>	
Rodentia	Endémique	<i>Eliurus minor</i>	
		<i>Eliurus tanala</i>	
		<i>Eliurus webbi</i>	Quasi menacée
	Introduit	<i>Rattus rattus</i>	

Source : DYNATEC CORPORATION, 2006

## ANNEXE 2 : CARACTERES PHYSIQUES DU SOL

### a. Caractères physiques du sol ferrallitique rouge/jaune sous formation zonale

	Epaisseur (cm)	Structure	Enracinement	Porosité	Cohésion	Microfaune
<b>A<sub>1</sub></b>	15-30	Particulaire	Bon	Elevée	Faible	Bonne
<b>AB</b>	20-30	Particulaire secondairement grenue	Bon à Moyen	Moyenne à faible	Moyenne	Moyenne
<b>B</b>	Limite non perçue lors du relevé	Grenue	Moyen	Moyen à faible	Moyenne à élevée	Moyenne à Faible

### b. Caractères physiques du sol ferrallitique rouge/jaune sous layons de régénération naturelles

	Profondeur (cm)	Texture	Structure	Enracinement	Porosité	Cohésion	Microfaune
<b>A<sub>1</sub></b>	30-août	Sablo-argileux	Particulaire	Bon	Elevée	Faible	Moyenne
<b>AB</b>	20	Limono -argilo -sableux	Particulaire secondairement grenue	Moyen	Moyenne à faible	Moyenne	Faible
<b>B</b>	50- non perçue lors du relevé	Limono -argilo -sableux	Particulaire secondairement grenue	Faible	Faible à nulle	Moyenne	Nulle

### c. Diagramme triangulaire des classes texturales du sol

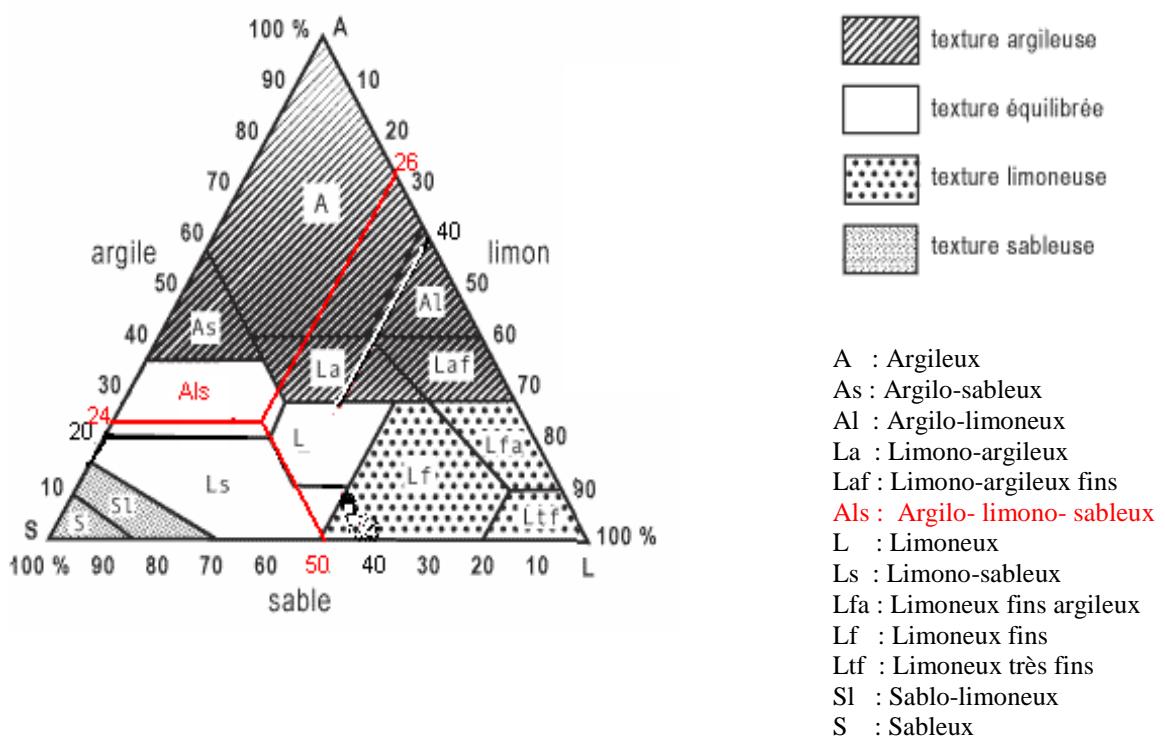


Figure : Diagramme triangulaire des classes texturales du sol  
FRANCOIS, 1985

**d. Caractères physiques du sol pisolitique**

	Profondeur (cm)	Texture	Structure	Enracinement	Porosité	Cohésion	Microfaune
A <sub>1</sub>	28-oct	Sablo-limono-argileux + graviers	Particulaire	Bon	Elevée	Faible	Bonne
AB	20-28	Sablo-argilo-limoneux+ graviers	Grenue	Moyen à Faible	Moyenne	Faible à Moyenne	Moyenne
B	Limite non perçue lors du relevé	Argilo – limoneux	Continue, secondairement grenue	Faible à nul	Faible à Nulle	Moyenne à élevée	Faible à nulle

**e. Caractères physiques du sol à carapace ferrallitique**

	Profondeur (cm)	Texture	Structure	Enracinement	Porosité	Cohésion	Microfaune
A <sub>1</sub>	10	Sablo-limono+ cailloux	Particulaire	Bon	Elevée	Faible	Moyenne
AB	20-30	Sablo-limono + cailloux	Grenue	Moyen à faible	Moyenne	Moyenne	Moyenne
B	Limite non perçue lors du relevé	Sablo- argilo	Grenue	Nul	Faible	Moyenne à élevée	Faible à nulle

### ANNEXE 3: LISTE FLORISTIQUE ET ABONDANCE RELATIVE DE CHAQUE ESPECE DU COMPARTIMENT A

FAMILLES	GENRES	ESPECES	NOMS VERNACULAIRES	Abondance absolue	Abondance relative
RUBIACEAE	<i>Tarennia</i>	<i>sericea</i>	Afatra	7	1%
ANONACEAE	<i>Polyalthia</i>	<i>emarginata</i>	Ambavy	12	2%
MONIMIACEAE	<i>Tambourissa</i>	<i>capuronii</i>	Ambora	6	1%
			Ambovitsika	3	0%
			Ampodisasatra	1	0%
ULMACEAE	<i>Trema</i>	<i>orientalis</i>	Andrarezona	9	1%
EUPHORBIACEAE	<i>Bridelia</i>	<i>pervileana</i>	Arina	7	1%
MORACEAE	<i>Treculia</i>	<i>madagascariensis</i>	Avoha	2	0%
RUBIACEAE	<i>Gaertera</i>	<i>macrostipula</i>	Bararaka	5	1%
			Belavenona	3	0%
CLUSIACEAE	<i>Mammea</i>	<i>orthocladus</i>	Bongo fotsy	1	0%
CLUSIACEAE	<i>Mammea</i>	<i>cf sessiliflora</i>	Bongo mena	1	0%
ANACARDIACEAE	<i>Protorhus</i>	<i>louvelii</i>	Ditimena	27	4%
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum</i>	<i>boivinianum</i>	Famelona	18	2%
FLACOURTIACEAE	<i>aphloia</i>	<i>theaeformis</i>	Fandramanana	2	0%
SARCOLAENACEAE	<i>Rhodolaena</i>	<i>bakeriana</i>	Fotona	16	2%
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i>	<i>goviala</i>	Gavoala	3	0%
STERCULIACEAE	<i>Dombeya</i>	<i>greveana</i>	Hafobalo	3	0%
STERCULIACEAE	<i>Dombeya</i>	<i>hafodahyformis</i>	Hafomena	3	0%
STERCULIACEAE	<i>Dombeya</i>	<i>laurifolia</i>	Hafomenaberavina	2	0%
HYPERICACEAE	<i>Harungana</i>	<i>madagascariensis</i>	Harongana	1	0%
CONVALLARIACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>sp-3</i>	Hasina LR	7	1%
ANONACEAE	<i>Xylopia</i>	<i>danguyella</i>	Hazoambo	16	2%
			hazomalany	2	0%
RUBIACEAE	<i>Craterispermum</i>	<i>laurianum</i>	Hazomamby	3	0%
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>mad/sis</i>	Hazombary 1	7	1%
VERBENACEAE	<i>Vitex</i>	<i>sp</i>	Hazompasina	6	1%
EUPHORBIACEAE	<i>Amyrea</i>	<i>humberti</i>	Hazondomohina	45	6%
AQUIFOLIACEAE	<i>Ilex</i>	<i>mitis</i>	Hazondrano	10	1%
LAURACEAE	<i>Potameia</i>	<i>thouarsii</i>	Hazontoho	1	0%
RUBIACEAE	<i>Tricalysia</i>	<i>cryptocalix</i>	Kafeala	2	0%
SAPINDACEAE	<i>Allophylus</i>	<i>arborescence</i>	Karambito	10	1%
CLUSIACEAE	<i>Symphonia</i>	<i>Verucosa</i>	Kijy Bonaka	8	1%
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i>	<i>pauciflora</i>	Kijisarondrana	2	0%
FABACEAE	<i>Calliandra</i>	<i>sp</i>	Komy	2	0%
MENISPERMACEAE	<i>Burasaia</i>	<i>m/sis</i>	Lakamisy 2	1	0%
CUNONIACEAE	<i>Weinmania</i>	<i>rutembergii</i>	Lalona	14	2%
LOGANIACEAE	<i>Anthocleista</i>	<i>madagascariensis</i>	Lendemy	5	1%
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>sp</i>	Longotra	1	0%
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	<i>gracilipes</i>	Maintipototra	4	1%
OLACACEAE	<i>Olax</i>	<i>emirnense</i>	Maitisoririnina	5	1%
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	<i>obovata</i>	Makaranana-1	1	0%
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	<i>obtusifolium</i>	Malamboavony	2	0%
FLACOURTIACEAE	<i>Homalium</i>	<i>humblotii</i>	Marankoditra	1	0%
MALPIGHIAEAE	<i>Acridocarpus</i>	<i>vivi</i>	Marefolena	7	1%
0	<i>N/I</i>	<i>N/I</i>	Maroando	1	0%
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i>	<i>ampullaceum</i>	Menahihy	41	5%
FLACOURTIACEAE	<i>Scolopia</i>	<i>madagascariensis</i>	Menavahatra	11	1%

ASTERACEAE	<i>Brachylaena</i>	<i>pauciflora</i>	Merana	8	1%
			Meran-kazontokana	2	0%
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	<i>alnifolia</i>	Mokaranana	16	2%
EUPHORBIACEAE	<i>Mallotus</i>	<i>spinolosus</i>	Mokaranana LR	23	3%
RUBIACEAE	<i>Tarenna</i>	<i>humblotii</i>	Molotrangaka 1	4	1%
APOCYNACEAE	<i>Pandaca</i>	<i>anisophylla</i>	Montafara	2	0%
SAPOTACEAE	<i>Faucherea</i>	<i>thouvenotii</i>	Nanto	2	0%
RUBIACEAE	<i>Canthium</i>	<i>bosseri</i>	Pitsikahitra	9	1%
SAPINDACEAE	<i>Tina</i>	<i>striata</i>	Ramaindafy	27	4%
ASTERACEAE	<i>Vernonia</i>	<i>garnieriana</i>	Ramanjavona	11	1%
BURSERACEAE	<i>Canarium</i>	<i>mad/sis</i>	Ramy	5	1%
EUPHORBIACEAE	<i>Blotia</i>	<i>oblongifolia</i>	Ranga	21	3%
RHAMNACEAE	<i>Bathiorhamnus</i>	<i>louvelii</i>	Ravinavetro	6	1%
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i>	<i>emirnensis</i>	Rotra	7	1%
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>sp-3</i>	Rotra fotsy	34	4%
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>sp-4</i>	Rotra mena	14	2%
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>hirta</i>	Samata	1	0%
FABACEAE	<i>Piptadenia</i>	<i>pervillei</i>	Sevalahy	15	2%
			Tafanala	2	0%
CLUSIACEAE	<i>Psorospermum</i>	<i>androsaemifolium</i>	Tambitsy	3	0%
RUBIACEAE	<i>Pyrostria</i>	<i>analama zaotrensis</i>	Taolanana	3	0%
LAURACEAE	<i>Potameia</i>	<i>sp-1</i>	Tavaratra	1	0%
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>fulva</i>	Tavolo lavaravina	53	7%
			Tavolo madinidravina	1	0%
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>sp-3</i>	Tavolo mena laingo	8	1%
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>oppositifolia</i>	Tavoloberavina	8	1%
LAURACEAE	<i>Cryptocaria</i>	<i>rotundifolia</i>	Tavolonendrina	14	2%
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>helicina</i>	Tavolopina	4	1%
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>oppositifolia</i>	Tavolosary	1	0%
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum</i>	<i>madagascariensis</i>	Tsihianihamposa	2	0%
OLEACEAE	<i>Norhonia</i>	<i>boiviniana</i>	Tsilaitra	3	0%
MELASTOMATACEAE	<i>Memecylon</i>	<i>sabulosum</i>	Tsimahamasantsokina	3	0%
MORACEAE	<i>Pachytrophe</i>	<i>dimepate</i>	Tsipatika	11	1%
			Vanana	2	0%
RHIZOPHORACEAE	<i>Cassipouria</i>	<i>sp</i>	Vandrika	4	1%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>racemosa</i>	Varongifotsy	5	1%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>laevis</i>	Varongy	8	1%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>cymosa</i>	Varongy mainty	12	2%
			Varongy mavo	3	0%
OLEACEAE	<i>Olea</i>	<i>lancea</i>	Vazanomby	5	1%
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum</i>	<i>chapelieri</i>	Vitanona	1	0%
PROTEACEAE	<i>Dilobeia</i>	<i>thouarsii</i>	Vivaony-1	4	1%
FABACEAE	<i>Dalbergia</i>	<i>monticola</i>	Voamboana	14	2%
EUPHORBIACEAE	<i>Uapaca</i>	<i>bojeri</i>	Voapaka	1	0%
FABACEAE	<i>Albizia</i>	<i>gummifera</i>	Volomborona	25	3%
ANACARDIACEAE	<i>Rhus</i>	<i>taratana</i>	Voretra	10	1%

**ANNEXE 4: LISTE FLORISTIQUE ET ABONDANCE RELATIVE DE CHAQUE ESPECE  
DU COMPARTIMENT B**

FAMILLES	GENRES	ESPECES	NOMS VERNACULAIRES	Abondance absolue	Abondance relative
RUBIACEAE	<i>Tarennia</i>	<i>sericea</i>	Afatra	5	1,2%
MONIMIACEAE	<i>Tambourissa</i>	<i>parvifolia</i>	Ambora 1	2	0,5%
			ambovitsika	3	0,7%
			Ampaly	1	0,2%
			ampodisasatra	2	0,5%
EUPHORBIACEAE	<i>Bridelia</i>	<i>pervileana</i>	Arina	1	0,2%
MORACEAE	<i>Treculia</i>	<i>madagascariensis</i>	Avoha	1	0,2%
APOCYNACEAE	<i>Tabernaemontana</i>	<i>sessilifolia</i>	Bararaka-1	3	0,7%
ARECACEAE	<i>Dypsis</i>	<i>hildebrandtii</i>	Bedoda	10	2,5%
			belavenona	4	1,0%
			bokona	1	0,2%
MORACEAE	<i>Pachytrophe</i>	<i>dimepate</i>	Dipaty LR	2	0,5%
ANACARDIACEAE	<i>Protorhus</i>	<i>louvelii</i>	Ditimena	8	2,0%
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum</i>	<i>boivinianum</i>	Famelona	6	1,5%
FABACEAE	<i>Dichrostachys</i>	<i>tenuifolia</i>	Famoilambo	2	0,5%
FLACOURTIACEAE	<i>aphloia</i>	<i>theaeformis</i>	Fandramanana	2	0,5%
CYATHEACEAE	<i>Cyathea</i>	<i>sp</i>	Fanjana-1	3	0,7%
EUPHORBIACEAE	<i>Savia</i>	<i>danguyana</i>	Fanjavala-1	1	0,2%
SARCOLAENACEAE	<i>Rhodolaena</i>	<i>bakeriana</i>	Fotona	4	1,0%
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i>	<i>trichotomus</i>	Fotsiavadika	6	1,5%
			hafomalama BR	1	0,2%
STERCULIACEAE	<i>Dombeya</i>	<i>hafodahyformis</i>	Hafomena	1	0,2%
HYPERICACEAE	<i>Harungana</i>	<i>madagascariensis</i>	Harongana	1	0,2%
CONVALLARIACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>sp-3</i>	Hasina LR	2	0,5%
ANONACEAE	<i>Xylopia</i>	<i>danguyella</i>	Hazoambo	1	0,2%
RUBIACEAE	<i>Craterispermum</i>	<i>laurianum</i>	Hazomamy	4	1,0%
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>mad/sis</i>	Hazombarry 1	16	4,0%
EUPHORBIACEAE	<i>Suregada</i>	<i>boiviniana</i>	Hazomboangy	2	0,5%
VERBENACEAE	<i>Vitex</i>	<i>sp</i>	Hazompasina	3	0,7%
EUPHORBIACEAE	<i>Amyreia</i>	<i>humberti</i>	Hazondomohina	36	8,9%
LAURACEAE	<i>Potameia</i>	<i>thouarsii</i>	Hazontoho	7	1,7%
			hirika	1	0,2%
RUBIACEAE	<i>Tricalysia</i>	<i>cryptocalix</i>	Kafeala	1	0,2%
SAPINDACEAE	<i>Allophylus</i>	<i>arborescence</i>	Karambito	8	2,0%
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i>	<i>pauciflora</i>	Kijisarondrana	2	0,5%
CLUSIACEAE	<i>Symponia</i>	<i>Verucosa</i>	Kijy Bonaka	2	0,5%
FABACEAE	<i>Calliandra</i>	<i>sp</i>	Komy	3	0,7%
CLUSIACEAE	<i>Ochrocarpus</i>	<i>orthocladus</i>	Lakamisy	1	0,2%
MENISPERMACEAE	<i>Burasaia</i>	<i>m/sis</i>	Lakamisy 2	1	0,2%
CUNONIACEAE	<i>Weinmania</i>	<i>rutembergii</i>	Lalona	3	0,7%
LOGANIACEAE	<i>Anthocleista</i>	<i>mad/sis</i>	Lendemy	1	0,2%
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	<i>gracilipes</i>	Maintipototra	8	2,0%
OLACACEAE	<i>Olax</i>	<i>emirnense</i>	Maitisoririnina	7	1,7%
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	<i>obtusifolium</i>	malandivony	1	0,2%
FLACOURTIACEAE	<i>Homalium</i>	<i>humblotii</i>	Maranikoditra	3	0,7%
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i>	<i>ampullaceum</i>	Menahihy	35	8,6%
FLACOURTIACEAE	<i>Scolopia</i>	<i>madagascariensis</i>	Menavahatra	5	1,2%

ASTERACEAE	<i>Brachylaena</i>	<i>pauciflora</i>	Merana	1	0,2%
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	<i>alnifolia</i>	Mokaranana	6	1,5%
RUBIACEAE	<i>Tarennia</i>	<i>sp-1</i>	Molotrangaka	6	1,5%
SAPOTACEAE	<i>Faucherea</i>	<i>thouvenotii</i>	Nanto	2	0,5%
RUBIACEAE	<i>Canthium</i>	<i>bosseri</i>	Pitsikahitra	4	1,0%
SAPINDACEAE	<i>Tina</i>	<i>striata</i>	Ramaindafy	11	2,7%
ASTERACEAE	<i>Vernonia</i>	<i>garnieriana</i>	Ramanjavona	4	1,0%
BURSERACEAE	<i>Canarium</i>	<i>mad/sis</i>	Ramy	2	0,5%
EUPHORBIACEAE	<i>Blotia</i>	<i>oblongifolia</i>	Ranga	36	8,9%
RHAMNACEAE	<i>Bathiorhamnus</i>	<i>louvelii</i>	Ravinavetro	1	0,2%
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i>	<i>emirnensis</i>	Rotra	3	0,7%
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>sp-3</i>	Rotra fotsy	9	2,2%
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>sp-4</i>	Rotra mena	9	2,2%
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>hirta</i>	Samata	1	0,2%
VERBENACEAE	<i>Vitex</i>	<i>humbertii</i>	Sefontsohy	1	0,2%
FABACEAE	<i>Piptadenia</i>	<i>pervillei</i>	Sevalahy	10	2,5%
RUBIACEAE	<i>Pyrostria</i>	<i>analalamazaotrensis</i>	Taolanana	2	0,5%
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>fulva</i>	Tavolo lavaravina	24	5,9%
			Tavolo madinidravina	1	0,2%
LAURACEAE	<i>Cryptocaria</i>	<i>rotundifolia</i>	Tavolonendrina	1	0,2%
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>helicina</i>	Tavolopina	2	0,5%
RUBIACEAE	<i>Pauridiantha</i>	<i>lyallii</i>	Tsiandrova	1	0,2%
RUTACEAE	<i>Zanthoxylum</i>	<i>madagascariensis</i>	Tsihianihamposa	4	1,0%
OLEACEAE	<i>Norhonia</i>	<i>boiviniana</i>	Tsilaitra	5	1,2%
MELASTOMATACEAE	<i>Memecylon</i>	<i>thouvenotii</i>	Tsimahamasantsokina sp-1	1	0,2%
			tsirikabidy	1	0,2%
ALOCEAE	<i>Aloe</i>	<i>leandri</i>	Vakona	1	0,2%
ASTERACEAE	<i>Senecio</i>	<i>myricaefolius</i>	Valanirana	1	0,2%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>racemosa</i>	Varongifotsy	1	0,2%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>laevis</i>	Varongy	2	0,5%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>cymosa</i>	Varongy mainty	6	1,5%
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum</i>	<i>chapelieri</i>	Vitanona	2	0,5%
PROTEACEAE	<i>Dilobeia</i>	<i>thouarsii</i>	Vivaony-1	1	0,2%
FABACEAE	<i>Dalbergia</i>	<i>monticola</i>	Voamboana	12	3,0%
ARALIACEAE	<i>Schefflera</i>	<i>repanda</i>	Voantsilana	1	0,2%
FABACEAE	<i>Albizia</i>	<i>gummifera</i>	Volomborona	5	1,2%
ANACARDIACEAE	<i>Rhus</i>	<i>taratana</i>	Voretra	2	0,5%

## ANNEXE 5 : FREQUENCE DES FAMILLES ET GENRES DU COMPARTIMENT A

FAMILLES REPRÉSENTÉES	Abondance absolue	Abondance relative	GENRES	Abondance absolue	Abondance relative
LAURACEAE	123	17%	Tarennia	11	1%
EUPHORBIACEAE	115	15%	Polyalthia	12	2%
RUBIACEAE	33	4%	Tambourissa	6	1%
CLUSIACEAE	16	2%	Trema	9	1%
FABACEAE	56	8%	<i>Rhodolaena</i>	16	2%
MYRTACEAE	58	8%	Bridelia	7	1%
STERCULIACEAE	8	1%	Treculia	2	0%
OLACACEAE	5	1%	Gaertera	5	1%
ANONACEAE	28	4%	Mammea	2	0%
MORACEAE	13	2%	Protorhus	27	4%
ANACARDIACEAE	37	5%	<i>Chrysophyllum</i>	18	2%
SAPOTACEAE	20	3%	aphloia	2	0%
FLACOURTIACEAE	14	2%	Eugenia	10	1%
ASTERACEAE	19	3%	Dombeja	8	1%
SAPINDACEAE	37	5%	Harungana	1	0%
VERBENACEAE	6	1%	Dracaena	7	1%
RHIZOPHORACEAE	4	1%	Xylophia	16	2%
MONIMIACEAE	6	1%	Craterispermum	3	0%
ULMACEAE	9	1%	Ocotea	25	3%
SARCOLAENACEAE	16	2%	Cryptocarya	79	11%
HYPERICACEAE	1	0%	Syzygium	48	6%
CONVALLARIACEAE	7	1%	Rhus	10	1%
AQUIFOLIACEAE	10	1%	Albizia	25	3%
MELASTOMATACEAE	3	0%	Uapaca	1	0%
PROTEACEAE	4	1%	Beilschmiedia	17	2%
RUTACEAE	2	0%	Dalbergia	14	2%
RHAMNACEAE	6	1%	Dilobeia	4	1%
BURSERACEAE	5	1%	Calophyllum	1	0%
ERYTHROXYLACEAE	41	6%	Olea	5	1%
APOCYNACEAE	2	0%	Cassipouria	4	1%
MALPIGHIACEAE	7	1%	Pachytrophe	11	1%
OCHNACEAE	2	0%	Potameia	2	0%
EBENACEAE	4	1%	Macaranga	17	2%
LOGANIACEAE	5	1%	Memecylon	3	0%
CUNONIACEAE	14	2%	Norhonia	3	0%
MENISPERMACEAE	1	0%	Zanthoxylum	2	0%
OLEACEAE	8	1%	Psorospermum	3	0%
			Piptadenia	15	2%
			Vitex	6	1%
			Euphorbia	1	0%
			Bathiorhamnus	6	1%
			Blotia	21	3%
			Canarium	5	1%
			Vernonia	11	1%
			Canthium	9	1%
			Tina	27	4%
			Amyrea	45	6%
			Ilex	10	1%
			Tricalysia	2	0%

Allophylus	10	1%
Sympmania	8	1%
Garcinia	2	0%
Calliandra	2	0%
Burasaia	1	0%
Weinmania	14	2%
Anthocleista	5	1%
Diospyros	4	1%
Olax	5	1%
Campylospermum	2	0%
Homalium	1	0%
Acridocarpus	7	1%
Erythroxylum	41	6%
Brachylaena	8	1%
Mallotus	23	3%
Pandaca	2	0%
Faucherea	2	0%
<i>Scolopia</i>	11	1%
Pyrostria	3	0%

## ANNEXE 6: FREQUENCE DES FAMILLES ET GENRES DU COMPARTIMENT B

FAMILLES REPRÉSENTÉES	Abondance absolue	POURCENTAGE	GENRES	Abondance absolue	Abondance relative
RUBIACEAE	23	6%	Tarennia	2	3%
MONIMIACEAE	2	1%	Tambourissa	1	1%
EUPHORBIACEAE	89	23%	Rhodolaena	1	1%
MORACEAE	3	1%	Bridelia	1	1%
APOCYNACEAE	3	1%	Treculia	1	1%
ARECACEAE	10	3%	Tabernaemontana	1	1%
ANACARDIACEAE	10	3%	Protorhus	1	1%
SAPOTACEAE	8	2%	Chrysophyllum	1	1%
FABACEAE	32	8%	aphloia	1	1%
FLACOURTIACEAE	10	3%	Eugenia	1	1%
CYATHEACEAE	3	1%	Dombeya	1	1%
SARCOLAENACEAE	4	1%	Harungana	1	1%
LAURACEAE	59	15%	Xylopia	1	1%
STERCULIACEAE	1	0%	Craterispermum	1	1%
HYPERICACEAE	1	0%	Ocotea	3	4%
CONVALLARIACEAE	2	1%	Cryptocarya	3	4%
ANONACEAE	1	0%	Syzygium	2	3%
VERBENACEAE	4	1%	Rhus	1	1%
CLUSIACEAE	7	2%	Albizia	1	1%
SAPINDACEAE	19	5%	Beilschmiedia	1	1%
MENISPERMACEAE	1	0%	Dalbergia	1	1%
MYRTACEAE	21	5%	Dilobeia	1	1%
LOGANIACEAE	1	0%	Calophyllum	1	1%
EBENACEAE	8	2%	Pachytrophe	1	1%
OLACACEAE	7	2%	Potameia	1	1%
ERYTHROXYLACEAE	35	9%	Macaranga	1	1%
ASTERACEAE	6	2%	Memecylon	1	1%
BURSERACEAE	2	1%	Norhonia	1	1%

RHAMNACEAE	1	0%	Zanthoxylum	1	1%
RUTACEAE	4	1%	Piptadenia	1	1%
OLEACEAE	5	1%	Vitex	2	3%
MELASTOMATACEAE	1	0%	Euphorbia	1	1%
ALOCEAE	1	0%	Bathiorhamnus	1	1%
PROTEACEAE	1	0%	Blotia	1	1%
ARALIACEAE	1	0%	Canarium	1	1%
CUNONIACEAE	3	1%	Vernonia	1	1%
OCHNACEAE	1	0%	Canthium	1	1%
			Tina	1	1%
			Suregada	1	1%
			Amyreya	1	1%
			Tricalysia	1	1%
			Allophylus	1	1%
			Symphonia	1	1%
			Garcinia	1	1%
			Calliandra	1	1%
			Burasaria	1	1%
			Weinmania	1	1%
			Anthocleista	1	1%
			Diospyros	1	1%

## ANNEXE 7: LISTE FLORISTIQUE ET ABONDANCE RELATIVE DE CHAQUE ESPECE DU COMPARTIMENT C

FAMILLES	GENRES	ESPECES	NOMS VERNACULAIRES	Abondance absolue	Abondance relative
ANACARDIACEAE	<i>Protorhus</i>	<i>louvelii</i>	Ditimena	13	1%
ANACARDIACEAE	<i>Prothorus</i>	<i>Thonarsii</i>	Hazombarorana	3	0%
ANACARDIACEAE	<i>Rhus</i>	<i>taratana</i>	Voretra	8	0%
ANONACEAE	<i>Polyalthia</i>	<i>emarginata</i>	Ambavy	1	0%
ANONACEAE	<i>Xylopia</i>	<i>danguyella</i>	Hazoambo	12	1%
APOCYNACEAE	<i>Tabernaemontana</i>	<i>sessilifolia</i>	Bararaka-1	11	1%
ARECACEAE	<i>Dypsis</i>	<i>hildebrandtii</i>	Tsirikabidy	8	0%
ASTERACEAE	<i>Psiadia</i>	<i>altissima</i>	Dingadingana	1	0%
ASTERACEAE	<i>Brachylaena</i>	<i>merana</i>	Merana	4	0%
BIGNONIACEAE	<i>Phyllarthron</i>	<i>madagascariensis</i>	Zahana	2	0%
CLUSIACEAE	<i>Mammea</i>	<i>bongo</i>	Bongo	2	0%
CLUSIACEAE	<i>Mammea</i>	<i>orthocladus</i>	Bongo fotsy	2	0%
CLUSIACEAE	<i>Mammea</i>	<i>cf sessiliflora</i>	Bongo mena	5	0%
CLUSIACEAE	<i>Symphonia</i>	<i>urophylla</i>	Kijimboalavo	1	0%
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i>	<i>pauciflora</i>	Kijisarondrana	7	0%
CLUSIACEAE	<i>Symphonia</i>	<i>Verucosa</i>	Kijy Bonaka	11	1%
CONARACEAE	<i>Cnestis</i>	<i>polyphylla</i>	Sangasanganakoholahy	9	1%
CONVALLARIACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>longipedicelata</i>	Hasina BR	5	0%
CONVALLARIACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>sp-3</i>	Hasina LR	10	1%
CYATHEACEAE	<i>Cyathea</i>	<i>sp</i>	Fanjana-1	1	0%
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	<i>gracilipes</i>	Maintipototra	14	1%
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i>	<i>ampullaceum</i>	Menahihy	136	8%
EUPHORBIACEAE	<i>Savia</i>	<i>danguyana</i>	Fanjavala-1	5	0%
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i>	<i>trichotomus</i>	Fotsiavadika	30	2%
EUPHORBIACEAE	<i>Suregada</i>	<i>boiviniana</i>	Hazomboangy	46	3%

EUPHORBIACEAE	<i>Amyrea</i>	<i>humberti</i>	Hazondomohina	171	10%
EUPHORBIACEAE	<i>Mallotus</i>	<i>spinolosus</i>	Mokaranana LR	6	0%
EUPHORBIACEAE	<i>Blotia</i>	<i>oblongifolia</i>	Ranga	362	21%
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>hirta</i>	Samata	3	0%
FABACEAE	<i>Dichrostachys</i>	<i>tenuifolia</i>	Famoilambo	28	2%
FABACEAE	<i>Calliandra</i>	<i>sp</i>	Komy	2	0%
FABACEAE	<i>Entanda</i>	<i>louvellii</i>	Sevalahy	8	0%
FABACEAE	<i>Dalbergia</i>	<i>monticola</i>	Voamboana	7	0%
FABACEAE	<i>Albizia</i>	<i>gummifera</i>	Volomborona	22	1%
FLACOURTIACEAE	<i>aphloia</i>	<i>theaeformis</i>	Fandramanana	2	0%
FLACOURTIACEAE	<i>Homalium</i>	<i>humblotii</i>	Marankoditra	2	0%
HYPERICACEAE	<i>Harungana</i>	<i>madagascariensis</i>	Harongana	3	0%
LAMIACEAE	<i>Vitex</i>	<i>pachyclada</i>	Malemiravina	1	0%
LAURACEAE	<i>Beilschmedia</i>	<i>mad/sis</i>	Hazombary 1	30	2%
LAURACEAE	<i>Potameia</i>	<i>thouarsii</i>	Hazontoho	37	2%
LAURACEAE	<i>Beilschmedia</i>	<i>sp</i>	Longotra	1	0%
LAURACEAE	<i>Beilschmedia</i>	<i>sary</i>	Tavolo (Tavolo 3)	2	0%
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>fulva</i>	Tavolo lavaravina	31	2%
LAURACEAE	<i>Beilschmedia</i>	<i>oppositifolia</i>	Tavoloberavina	1	0%
LAURACEAE	<i>Cryptocaria</i>	<i>rotundifolia</i>	Tavolonendrina	4	0%
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>helicina</i>	Tavolopina	2	0%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>racemosa</i>	Varongifotsy	2	0%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>laevis</i>	Varongy	10	1%
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>cymosa</i>	Varongy mainty	9	1%
MELASTOMATACEAE	<i>Memecylon</i>	<i>sabulosum</i>	Tsimahamasantsokina	3	0%
MENISPERMACEAE	<i>Burasia</i>	<i>m/sis</i>	Lakamisy 2	4	0%
MORACEAE	<i>Ficus</i>	<i>pyrifolia</i>	Nonoka	1	0%
MORACEAE	<i>Ficus</i>	<i>soreceoides</i>	Tsiampalipaly	11	1%
MORACEAE	<i>Pachytrophe</i>	<i>dimepate</i>	Tsipatika	5	0%
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>sp-3</i>	Rotra fotsy MD	6	0%
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>bernieri</i>	Rotra MD	1	0%
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>sp-4</i>	Rotra mena	9	1%
N/I	<i>N/I</i>	<i>N/I</i>	Maroando	7	0%
N/I	<i>N/I</i>	<i>N/I</i>	Menavahatra	6	0%
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	<i>obtusifolium</i>	Malamboavony	2	0%
OLACACEAE	<i>Olax</i>	<i>emirnense</i>	MaitSORIRININA	16	1%
OLEACEAE	<i>Norhonia</i>	<i>boiviniana</i>	Tsilaitra	17	1%
PAPILIONACEAE	<i>Milletia</i>	<i>sp</i>	Fanamo	9	1%
PAPILIONACEAE	<i>Phylloxyton</i>	<i>perrieri</i>	Harahara	11	1%
PROTEACEAE	<i>Dilobeia</i>	<i>thouarsii</i>	Vivaony-1	1	0%
RHAMNACEAE	<i>Bathiorhamnus</i>	<i>louvelii</i>	Ravinavetro	29	2%
RUBIACEAE	<i>Gaertnera</i>	<i>obovata</i>	Bararaka-2	3	0%
RUBIACEAE	<i>Craterispermum</i>	<i>laurianum</i>	Hazomamy	7	0%
RUBIACEAE	<i>Tricalysia</i>	<i>cryptocalix</i>	Kafeala	6	0%
RUBIACEAE	<i>Breonia</i>	<i>mad/sis</i>	Molopangady	1	0%
RUBIACEAE	<i>Tarennia</i>	<i>humblotii</i>	Molotrangaka 1	24	1%
RUBIACEAE	<i>Tarennia</i>	<i>sericea</i>	Afatra	9	1%
RUBIACEAE	<i>Tarennia</i>	<i>sp-1</i>	Molotrangaka 2	3	0%
RUBIACEAE	<i>Canthium</i>	<i>bosseri</i>	Pitsikahitra	37	2%
RUBIACEAE	<i>Pyrostria</i>	<i>analamazaotrensis</i>	Taolanana	3	0%
RUBIACEAE	<i>Pauridiantha</i>	<i>lyallii</i>	Tsiandrova	20	1%
RUBIACEAE	<i>Psychotria</i>	<i>alaotrensis</i>	Tsorokofoka	91	5%
RUTACEAE	<i>Vepris</i>	<i>ampody</i>	Ampody	1	0%

RUTACEAE	<i>Zanthoxylon</i>	<i>madagascariensis</i>	Tsihianihamposa	1	0%
SAPINDACEAE	<i>Allophylus</i>	<i>arborescens</i>	Karambito	20	1%
SAPINDACEAE	<i>Tina</i>	<i>striata</i>	Ramaindafy	40	2%
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum</i>	<i>boivinianum</i>	Famelona	21	1%
SARCOLAENACEAE	<i>Leptolaena</i>	<i>pauciflora</i>	Anjananjana	2	0%
SARCOLAENACEAE	<i>Rhodolaena</i>	<i>bakeriana</i>	Fotona	6	0%
STERCULIACEAE	<i>Dombeya</i>	<i>hafodahyformis</i>	Hafomena	8	0%
TILIACEAE	<i>Grewia</i>	<i>aprina</i>	Afompotsy MD	5	0%
TILIACEAE	<i>Grewia</i>	<i>faucherei</i>	Afompotsy-beravina	2	0%
TILIACEAE	<i>Grewia</i>	<i>repanda</i>	Afotra	2	0%
ULMACEAE	<i>Trema</i>	<i>orientalis</i>	Andrarezona	1	0%
VERBENACEAE	<i>Vitex</i>	<i>sp</i>	Hazompasina	43	3%
VERBENACEAE	<i>Vitex</i>	<i>humbertii</i>	Sefontsohy	20	1%
			Ambovitsika	10	1%
			ampodisasatra	49	3%
			bedoda	1	0%
			Belavenona	5	0%
			erika	2	0%
			fanamby	3	0%
			Fatora	2	0%
			hazomalany	1	0%
			Matsoraka	2	0%
			ramy	1	0%
			Tafanala	1	0%
			Tamba	2	0%
			valanirana	1	0%

## ANNEXE 8: ESPECES PRESENTANT UN TAUX DE REGENERATION SUPERIEUR A 100

FAMILLES	GENRES	ESPECES	NOMS VERNACULAIRES	Abondance absolue	TR
VERBENACEAE	<i>Vitex</i>	<i>sp</i>	Hazompasina	43	717
N/I	<i>N/I</i>	<i>N/I</i>	Maroando	7	700
OLEACEAE	<i>Norhonia</i>	<i>boiviniana</i>	Tsilaitra	17	567
CLUSIACEAE	<i>Mammea</i>	<i>cf sessiliflora</i>	Bongo mena	5	500
RHAMNACEAE	<i>Bathiorhamnus</i>	<i>louvelii</i>	Ravinavetro	29	483
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i>	<i>ampullaceum</i>	Menahihy	136	483
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>mad/sis</i>	Hazombary 1	30	429
MENISPERMACEAE	<i>Burasaia</i>	<i>m/sis</i>	Lakamisy 2	4	400
EUPHORBIACEAE	<i>Amyrea</i>	<i>humberti</i>	Hazondomohina	171	380
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i>	<i>pauciflora</i>	Kijisarondrana	7	350
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	<i>gracilipes</i>	Maintipototra	14	350
N/I	<i>N/I</i>	<i>N/I</i>	Ambovitsika	10	333
OLACACEAE	<i>Olax</i>	<i>emirnense</i>	Maitsonirinina	16	320
RUBIACEAE	<i>Canthium</i>	<i>bosseri</i>	Pitsikahitra	37	300
RUBIACEAE	<i>Tricalysia</i>	<i>cryptocalix</i>	Kafeala	6	300
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>hirta</i>	Samata	3	300
STERCULIACEAE	<i>Dombeya</i>	<i>hafodahyformis</i>	Hafomena	8	267
RUBIACEAE	<i>Craterispermum</i>	<i>laurianum</i>	Hazomamy	7	233
FLACOURTIACEAE	<i>Homalium</i>	<i>humblotii</i>	Marankoditra	2	200
SAPINDACEAE	<i>Allophylus</i>	<i>arborescens</i>	Karambito	20	200

CLUSIACEAE	<i>Mammea</i>	<i>orthocladus</i>	Bongo fotsy	2	200
LAURACEAE	<i>Beilschmedia</i>	<i>sary</i>	Tavolo (Tavolo 3)	2	200
N/I	<i>N/I</i>	<i>N/I</i>	Belavenona	5	167
SAPINDACEAE	<i>Tina</i>	<i>striata</i>	Ramaindify	40	148
CONVALLARIACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>sp-3</i>	Hasina LR	10	143
CLUSIACEAE	<i>Sympmania</i>	<i>Verucosa</i>	Kijy Bonaka	11	138
RUBIACEAE	<i>Tarenna</i>	<i>sericea</i>	Afatra	9	129
SAPOTACEAE	<i>Chrysophyllum</i>	<i>boivinianum</i>	Famelona	21	117
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>sp</i>	Longotra	1	100
FLACOURTIACEAE	<i>aphloia</i>	<i>theaeformis</i>	Fandramanana	2	100
FABACEAE	<i>Calliandra</i>	<i>sp</i>	Komy	2	100
RUBIACEAE	<i>Pyrostria</i>	<i>analalamazaotrensis</i>	Taolanana	3	100
MELASTOMATACEAE	<i>Memecylon</i>	<i>sabulosum</i>	Tsimahamasantsokina	3	100
OCHNACEAE	<i>Campylospermum</i>	<i>obtusifolium</i>	Malamboavony	2	100

## ANNEXE 9: ESPECES PRESENTANT UN TAUX DE REGENERATION INFERIEUR A 100

FAMILLES	GENRES	ESPECES	NOMS VERNACULAIRES	Abondance absolue	TR
FABACEAE	<i>Albizia</i>	<i>gummifera</i>	Volomborona	22	88
FABACEAE	<i>Rhus</i>	<i>taratana</i>	Voretra	8	80
SARCOLAENACEAE	<i>Xylopia</i>	<i>danguyella</i>	Hazoambo	12	75
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>cymosa</i>	Varongy mainty	9	75
MYRTACEAE	<i>Syzygium</i>	<i>sp-4</i>	Rotra mena	9	64
	<i>Cryptocarya</i>	<i>fulva</i>	Tavolo lavaravina	31	58
	<i>N/I</i>	<i>N/I</i>	Menavahatra	6	55
MYRTACEAE	<i>Entanda</i>	<i>louvelli</i>	Sevalahy	8	53
ANONACEAE			hazomalany	1	50
N/I	<i>Brachylaena</i>	<i>merana</i>	Merana	4	50
FABACEAE			Tafanala	1	50
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>helicina</i>	Tavolopina	2	50
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>laevis</i>	Varongy	10	50
LAURACEAE	<i>Zanthoxylon</i>	<i>madagascariensis</i>	Tsihianihamposa	1	50
PROTEACEAE	<i>Dalbergia</i>	<i>monticola</i>	Voamboana	7	50
ANACARDIACEAE	<i>Protorhus</i>	<i>louvelii</i>	Ditimena	13	48
RUTACEAE	<i>Pachytrophe</i>	<i>dimepate</i>	Tsipatika	5	45
MORACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>racemosa</i>	Varongifotsy	2	40
SAPOTACEAE	<i>Rhodolaena</i>	<i>bakeriana</i>	Fotona	6	38
ASTERACEAE	<i>Mallotus</i>	<i>spinolosus</i>	Mokaranana LR	6	38
LAURACEAE	<i>Cryptocaria</i>	<i>rotundifolia</i>	Tavolonendrina	4	29
LAURACEAE	<i>Dilobeia</i>	<i>thouarsii</i>	Vivaony-1	1	25
EUPHORBIACEAE			Ramy	1	20
	<i>Syzygium</i>	<i>sp-3</i>	Rotra fotsy MD	6	18
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>oppositifolia</i>	Tavoloberavina	1	13
ULMACEAE	<i>Trema</i>	<i>orientalis</i>	Andrarezona	1	11
ANONACEAE	<i>Polyalthia</i>	<i>emarginata</i>	Ambavy	1	8

## ANNEXE 10 : LISTE FLORISTIQUE DU STADE A ASTERACEAE DE LA FORMATION ZONALE

FAMILLES	GENRES	ESPÈCES	NOMS VERNACULAIRES	Abondance absolue
<b>Arbres et Arbustes</b>				
HYPERICACEAE	<i>Harungana</i>	<i>madagascariensis</i>	Harongana	667
ULMACEAE	<i>Trema</i>	<i>orientalis</i>	Andrarezona	198
ASTERACEAE	<i>Psiadia</i>	<i>altissima</i>	Dingadingana	125
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>auriculatum</i>	Seva	108
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	<i>obovata</i>	Makaranana	107
RUBIACEAE	<i>Psychotria</i>	<i>alaotrensis</i>	Tsorokofoka	85
EUPHORBIACEAE	<i>Suregada</i>	<i>boiviniana</i>	Hazomboangy	19
ASTERACEAE	<i>Brachylaena</i>	<i>merana</i>	Merana	17
FABACEAE	<i>Dichrostachys</i>	<i>tenuifolia</i>	Famoilambo	16
MORACEAE	<i>Pachytrophe</i>	<i>dimepate</i>	Tsipatika	11
MYRTACEAE	<i>Szygium</i>	<i>gavoala</i>	Rotra	6
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>hirta</i>	Samata	5
MELASTOMATACEAE	<i>Clidemia</i>	<i>hirta</i>	Mazambody	4
SAXIFRAGACEAE	<i>Brexia</i>	<i>madagascariensis</i>	Tsorakazo	4
FABACEAE	<i>Albizia</i>	<i>gummifera</i>	Volomborona	4
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i>	<i>trichotomus</i>	Fotsiavadika	2
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i>	<i>corymbosum</i>	Maroampototra	2
MORACEAE	<i>Ficus</i>	<i>soreceoides</i>	Tsiampalipaly	1
CLUSIACEAE	<i>Psorospermum</i>	<i>androsaemifolium</i>	Tambitsy	1
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i>	<i>sp</i>	Vonimbohitra	1
ASTERACEAE	<i>Conyze</i>	<i>naudini</i>	Maitisoririnina	1
<b>Palmier</b>				
ARECACEAE	<i>Dypsis</i>	<i>sp</i>	Tanatanantsira	2
<b>Herbes</b>				2
ASTERACEAE	<i>Crassocephalum</i>	<i>sonchifolium</i>	Anandrambo	200
POACEAE	<i>Eleusine</i>	<i>indica</i>	Ahitromby	165
FABACEAE	<i>Caesalpinia</i>	<i>sepiaria</i>	Tsilavidalana	164
GLEICHENIACEAE	<i>Sticherus</i>	<i>flagellaris</i>	Apanga	124
RUBIACEAE	<i>Paederia</i>	<i>sp</i>	Ranovavanomby	69
ASTERACEAE	<i>Helichrysum</i>	<i>dubardii</i>	Tsijajia	64
VERBENACEAE	<i>Clerodendrum</i>	<i>putre</i>	Vanginamboa	46
ASTERACEAE	<i>Bidens</i>	<i>pilosa</i>	Tsipolitra	37
POACEAE	<i>Panicum</i>	<i>miliaceum</i>	n/a	34
ROSACEAE	<i>Rubus</i>	<i>rosaefolius</i>	Voaroinapango	28
POACEAE	<i>Panicum</i>	<i>brevifolium</i>	Ahimpody	23
ASTERACEAE	<i>Spilanthes</i>	<i>acmella</i>	Anandronono	17
FABACEAE	<i>Crotalaria</i>	<i>sp</i>	Tsipiraikitra	15
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora</i>	<i>incarnata</i>	Garana	13
SCHIZEACEAE	<i>Lygodium</i>	<i>lanceolatum</i>	Karakarantoloho	7
ASTERACEAE	<i>Emilia</i>	<i>citrina</i>	Tsiontsiona	7
ASTERACEAE	<i>Spilanthes</i>	<i>acmella</i>	Vahia	6
MELASTOMASTACEAE	<i>Tristema</i>	<i>virusanum</i>	Tsitrotroka	4
ASTERACEAE	<i>Vernonia</i>	<i>chapelieri</i>	Fanombotaintainy	2

POACEAE	<i>Pennisetum</i>	<i>alopecuros</i>	Horompotsy	2
LILIACEAE	<i>Dianella</i>	<i>ensifolia</i>	Voamasonaomby	2
ARACEAE	<i>Pothos</i>	<i>scandens</i>	Ramitapina	2
POACEAE	<i>Panicum</i>	<i>subalbidum</i>	Ahimpisaka	1
MALVACEAE	<i>Sida</i>	<i>cordifolia</i>	Ampitoloho	1
POACEAE	<i>Melinis</i>	<i>maittaudi</i>	Tsingolovolo	1
<b>Lianes</b>				
SMILACACEAE	<i>Smilax</i>	<i>kraussiana</i>	Viaotra	13
RUBIACEAE	<i>Danais</i>	<i>breviflora</i>	Vahimantsina	4
FLAGELLARIACEAE	<i>Flagellaria</i>	<i>indica</i>	Vahimpika	23
CONNARACEAE	<i>Cnestis</i>	<i>polyphylla</i>	Sangasanganakoholahy	6
DICHAPETALACEAE	<i>Dichapetalum</i>	<i>pachypus</i>	Vahindavenona	19
RUBIACEAE	<i>Psychotria</i>	<i>sp</i>	Vahimazana	1

## ANEXE 11 : LISTE FLORISTIQUE DU STADE A EUPHORBIACEAE DE LA FORMATION ZONALE

FAMILLES	GENRES	ESPÈCES	NOMS VERNACULAIRES	Abondance absolue
EUPHORBIACEAE	<i>Blotia</i>	<i>oblongifolia</i>	Ranga	390
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	<i>oblongifolia</i>	Makaranan Ir	282
HYPERICACEAE	<i>Harungana</i>	<i>madagascariensis</i>	Harongana	253
CYATEACEAE	<i>Cyathea</i>	<i>sp</i>	Fanjana-1	246
RUBIACEAE	<i>Psychotria</i>	<i>alaotrensis</i>	Tsorokofoka	208
EUPHORBIACEAE	<i>Suregada</i>	<i>boiviniana</i>	Hazomboangy	179
MORACEAE	<i>Pachytrophe</i>	<i>dimepate</i>	Tsipatika	156
ASTERACEAE	<i>Psiadia</i>	<i>altissima</i>	Dingadingana	149
FABACEAE	<i>Caesalpinia</i>	<i>sepiaria</i>	Tsilavidalana	103
MYRTACEAE	<i>Szygium</i>	<i>gavoala</i>	Rotra	92
ASTERACEAE	<i>Psiadia</i>	<i>angustifolia</i>	Dingadingandahy	85
MORACEAE	<i>Ficus</i>	<i>sorocooides</i>	Ampaly	77
CLUSIACEAE	<i>Mamea</i>	<i>madagascariensis</i>	Kijy	74
RUBIACEAE	<i>Pauridiantha</i>	<i>lyallii</i>	Tsiandrova	66
SAPINDACEAE	<i>Tina</i>	<i>striata</i>	Ramaindafy	65
FLACOURTIACEAE	<i>Aphloia</i>	<i>theaeformis</i>	Fandramanana	62
LOGANIACEAE	<i>Anthocleista</i>	<i>mad/sis</i>	Lendemy	60
ASTERACEAE	<i>Psiadia</i>	<i>altissima</i>	Dingadingana	59
FABACEAE	<i>Dichrostachys</i>	<i>tenuifolia</i>	Famoilambo	59
	<i>Centella</i>	<i>asiatica</i>	Talapetraka	59
ASTERACEAE	<i>Vernonia</i>	<i>garnieriana</i>	Ramanjavona	57
CLUSIACEAE	<i>Psorospermum</i>	<i>androsaemifolium</i>	Tambitsy	54
ASTERACEAE	<i>Brachylaena</i>	<i>merana</i>	Merana	54
EUPHORBIACEAE	<i>Uapaca</i>	<i>louvelii</i>	Voapakafotsy	52
ANACARDIACEAE	<i>Rhus</i>	<i>taratana</i>	Voretra	45
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i>	<i>pauciflora</i>	Kijisarondrana	45
EUPHORBIACEAE	<i>Croton</i>	<i>trichotomus</i>	Fotsiavadika	40
PITTOSPORACEAE	<i>Pittosporum</i>	<i>verticillatum</i>	Maimbovitsika	40
OLEACEAE	<i>Norhonia</i>	<i>boiviniana</i>	Tsilaitra	40
CYATEACEAE	<i>Cyathea</i>	<i>mellieri</i>	Fanjana-2	39
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i>	<i>danguyana</i>	Rotranala	39
RHIZOPHORACEAE	<i>Cassipouria</i>	<i>sp</i>	Vandrika	35
EUPHORBIACEAE	<i>Thecacoris</i>	<i>madagascariensis</i>	Bararaka exco	35

			Harongampanihy	32
MORACEAE	<i>Ficus</i>	<i>soreceoides</i>	Tsiampalipaly	29
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>laevis</i>	Varongy	29
RUBIACEAE	<i>Tricalysia</i>	<i>sp</i>	Kafeala	29
RUBIACEAE	<i>Tarennia</i>	<i>humblotii</i>	Molotrangaka	28
STERCULIACEAE	<i>Dombeya</i>	<i>hafodahyformis</i>	Hafomena	28
ERYTHROXYLACEAE	<i>Erythroxylum</i>	<i>ampullaceum</i>	Menahihy	28
AGAVACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>reflexa</i>	Hasina-1	26
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	<i>ovovata</i>	Makaranana-1	26
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	<i>racemosa</i>	Makarana lr poilu	26
FABACEAE	<i>Albizia</i>	<i>gummifera</i>	Volomborona	25
EUPHORBIACEAE	<i>Amyreia</i>	<i>humberti</i>	Hazondomoina	23
VERBENACEAE	<i>Lantana</i>	<i>camara</i>	Radriaka	23
MYRTACEAE	<i>Psidium</i>	<i>cattleyanum</i>	Goavytsinahy	23
CLUSIACEAE	<i>Garcinia</i>	<i>sp</i>	bongo fotsy	23
RUBIACEAE	<i>Tarennia</i>	<i>humblotii</i>	Molotrangaka	22
FABACEAE	<i>Piptadenia</i>	<i>pervillei</i>	Sevalahy	22
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>		Tavolo (Tavolo 3)	20
			Takoaka	20
CLUSIACEAE	<i>Mamea</i>	<i>bongo</i>	Bongo-Kijisarondrana	20
APOCYNACEAE	<i>Tabernaemontana</i>	<i>sessilifolia</i>	Bararaka-1	18
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	<i>gracilipes</i>	Maintipototra	18
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>hirta</i>	Samata	18
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>auriculatum</i>	Seva	16,94
VERBENACEAE	<i>Clerodendrum</i>	<i>rubellum</i>	Atamba	15
RUBIACEAE	<i>Gaertnera</i>	<i>ovovata</i>	Bararaka-2	15
SAXIFRAGACEAE	<i>Brexia</i>	<i>madagascariensis</i>	Tsorakazo	15
RUBIACEAE	<i>Canthium</i>	<i>bosseri</i>	Pitsikahitra	15
EUPHORBIACEAE	<i>Maracanga</i>	<i>hildebrndtii</i>	Makarananaberavina	15,4
ULMACEAE	<i>Trema</i>	<i>orientalis</i>	Andrarezona	14
EUPHORBIACEAE	<i>Acalypha</i>	<i>sp</i>	Vonimbohitra	14
ANACARDIACEAE	<i>Protorhus</i>	<i>louvelii</i>	Ditimena	14
MYRTACEAE	<i>Psidium</i>	<i>guayava</i>	Goavy	14
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>	<i>fulva</i>	Tavolo lavaravina	14
FABACEAE	<i>Mimosa</i>	<i>myrioccephala</i>	Roinodifady	12
ICACINACEAE	<i>Apodytes</i>	<i>votradambo</i>	Votradambo	12
FABACEAE	<i>Dalbergia</i>	<i>baroni</i>	Voamboana	12
ASTERACEAE	<i>Vernonia</i>	<i>appendiculata</i>	Ambavy	12
			Tsikafekafe 2	11
FABACEAE	<i>Tambourissa</i>	<i>parvifolia</i>	Ambora	11
ANONACEAE	<i>Xylopia</i>	<i>danguyella</i>	Hazoambo	11
LAURACEAE	<i>Beilschmiedia</i>	<i>mad/sis</i>	Hazombary	11
			Hazombarorana	11
EUPHORBIACEAE	<i>Mallotus</i>	<i>baillonianus</i>	belavenona	11
CLUSIACEAE	<i>Psorospermum</i>	<i>mad/sis</i>	Harongana-2	9
CUNONIACEAE	<i>Weinmania</i>	<i>rutembergii</i>	Lalona	9
EUPHORBIACEAE	<i>Euphorbia</i>	<i>tetraptera</i>	Taipapango	9
FABACEAE	<i>Abrus</i>	<i>aureus</i>	Voamaintilany	9
ACANTHACEAE	<i>Barleria</i>	<i>sp</i>	Tsikafekafe	9
RHAMNACEAE	<i>Bathiorhamnus</i>	<i>louvelii</i>	Ravinavetro	9
TILIACEAE	<i>Grewia</i>	<i>repanda</i>	Afotra	9
EBENACEAE	<i>Maracanga</i>	<i>hildebrndtii</i>	Makarananaberavina	9
MYRTACEAE	<i>Eugenia</i>	<i>parkeri</i>	Rotrampandolotra	9
RUBIACEAE	<i>Mussaenda</i>	<i>trichophlebia</i>	Malemiravina 2	22

CONARACEAE	<i>Cnestis</i>	<i>polyphylla</i>	Sangasanganakoholahy	8
EUPHORBIACEAE	<i>Bridelia</i>	<i>pervileana</i>	Arina	8
RUBIACEAE	<i>Breonia</i>	<i>mad/sis</i>	Molopangady	8
LAURACEAE	<i>Cryptocaria</i>	<i>rotundifolia</i>	Tavolonendrina	8
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>thouvenotii</i>	Varongiberavina	8
EUPHORBIACEAE	<i>Macarana</i>	<i>sphaerophylla</i>	Molotrangaka BR	8
STERCULIACEAE	<i>Dombeya</i>	<i>laurifolia</i>	Hafomenaberavina	6
RUTACEAE	<i>Toddalia</i>	<i>asiatica</i>	Voasarkely	6
EUPHORBIACEAE	<i>Macaranga</i>	<i>decaryana</i>	Makarananavavy	6
ASTERACEAE	<i>Vernonia</i>	<i>appendiculata</i>	Ambiaty	5
ERICACEAE	<i>Philippia</i>	<i>latifolia</i>	Anjavidy	5
PINACEAE	<i>Pinus</i>		Kesika	5
LAURACEAE	<i>Ocotea</i>	<i>racemosa</i>	Varongifotsy	5
SOLANACEAE	<i>Solanum</i>	<i>sp</i>	Bakobako	5
TILIACEAE	<i>Grewia</i>		Afompotsy MD	5
OCHNACEAE	<i>Ouratea</i>	<i>dependens</i>	Matsoraka	5
ASTERACEAE	<i>Ficus</i>	<i>pachyclada</i>	Ampana	3
AGAVACEAE	<i>Dracaena</i>	<i>angustifolia</i>	Hasinaberavina	3
LAURACEAE	<i>Cryptocarya</i>		Tavolomenalaingo	3
HYPOCRATEACEAE	<i>Salacia</i>	<i>madagascariensis</i>	Voamasoandro	3
MONIMIACEAE	<i>Tambourissa</i>	<i>trichophylla</i>	Amboralahy	3
SARCOLAENACEAE	<i>Leptolaena</i>	<i>pauciflora</i>	Anjananjana	3
ASTEROPEACEAE	<i>Asteropea</i>	<i>micraster</i>	Manoka	3
MORACEAE	<i>Ficus</i>	<i>pyrifolia</i>	Nonoka	3
BURSERACEAE	<i>Canarium</i>	<i>mad/sis</i>	Ramy	3
CLUSIACEAE	<i>Calophyllum</i>	<i>chapelieri</i>	Vitanona	3
PROTEACEAE	<i>Dilobeia</i>	<i>thouarsii</i>	Vivaony-1	3
TILIACEAE	<i>Grewia</i>	<i>repanda</i>	Hafotra	3
RUTACEAE	<i>Vepris</i>	<i>ampody</i>	Ampody	2
EUPHORBIACEAE	<i>Savia</i>	<i>bojeriana</i>	Fanjavala-2	2
BIGNONIACEAE	<i>Colea</i>	<i>tetragonia</i>	Fantsikala	2
SAPINDACEAE	<i>Plagioscyphus</i>	<i>louvelii</i>	Tsiramiramy-2	2
TILIACEAE	<i>Grewia</i>	<i>faucherei</i>	Afompotsy-beravina 2	2
SAPINDACEAE	<i>Filicium</i>	<i>decipiens</i>	Elatrangidina	2
CHLAENACEAE	<i>Leptolaena</i>	<i>pauciflora</i>	Fotona	2
CLUSIACEAE	<i>Ochrocarpus</i>	<i>orthocladus</i>	Lakamisy	2
EUPHORBIACEAE	<i>Uapaca</i>	<i>thouarsii</i>	Voapaka-beravina	2
EBENACEAE	<i>Diospyros</i>	<i>gracilipes</i>	Maintipototra beravina	2
FABACEAE	<i>Calliandra</i>	<i>sp</i>	Komy	2
CLUSIACEAE	<i>Symponia</i>	<i>pauciflora</i>	Kijimboalavo	2
MORACEAE	<i>Treculia</i>	<i>madagascariensis</i>	Avoha	2
Myrtaceae	<i>Syzygium</i>	<i>emirnensis</i>	ROTRA MDR	2
PITTOSPORACEAE	<i>Pittosporum</i>	<i>verticillatum</i>	Maibovitsika BR	2
Olacaceae	<i>Olax</i>	<i>emirnensis</i>	Fandrianakanga	2
RUBIACEAE	<i>Mussaenda</i>	<i>sp</i>	fatora	2
Palmier				
CYCADACEAE	<i>Cycas</i>	<i>thouarsii</i>	Fatra	22
PALMAE	<i>Dypsis</i>	<i>hildebrandtii</i>	Tsirikabidy	23
ARALIACEAE	<i>Dypsis</i>	<i>sp</i>	Bedoda	5
<b>Herbes</b>				
POACEAE	<i>Panicum</i>	<i>brevifolium</i>	Ahimpody	2865
ASTERACEAE	<i>Eleusine</i>	<i>indica</i>	Ahitromby	812
GLEICHENIACEAE	<i>Panicum</i>	<i>glanduliforum</i>	Ahimpody madinidravina	790
MELASTOMATACEAE	<i>Clidemia</i>	<i>hirta</i>	Mazambody	629

POACEAE	<i>Strobilanthes</i>	<i>mad/sis</i>	Belohalika	400
ACANTHACEAE	<i>Strobilanthes</i>	<i>mad/sis</i>	Belohalika	400
ASTERACEAE	<i>Bidens</i>	<i>bipinnata</i>	Tsipipika	236
	<i>Clerodendrum</i>	<i>putre</i>	Vanginamboa	216
LILIACEAE	<i>Cyperus</i>	<i>latifolius</i>	Tsiherankerana	188
POACEAE	<i>Paederia</i>	<i>sp</i>	Ranovavanomby	177
ASTERACEAE	<i>Aristida</i>	<i>rufescens</i>	Mombafoana	165
RUBIACEAE	<i>Lygodium</i>	<i>lanceolatum</i>	Karakarantoloho	101
SMILACACEAE	<i>Smilax</i>	<i>kraussiana</i>	roinavetro	100
ASTERACEAE	<i>Emilia</i>	<i>citrina</i>	Tsionsiona	79
RANUNCULACEAE	<i>Rubus</i>	<i>rosaefolius</i>	Voaroinapango	76
ROSACEAE	<i>Rubus</i>	<i>rosaefolius</i>	roinapango	76
CYPERACEAE	<i>Spilanthes</i>	<i>acmella</i>	Vahia	68
MELASTOMATACEAE	<i>Diodia</i>	<i>sarmentosa</i>	Kelihomandraha	65
			Tenina	55
ASTERACEAE	<i>Ageratum</i>	<i>conizoides</i>	Bemaimbo	49
FLAGELLARIACEAE	<i>Dianella</i>	<i>ensifolia</i>	Voamasonaomby	42
CYPERACEAE	<i>Carex</i>	<i>pyramidalis</i>	Tsikasakasaka	38
			Viliansahona	31
RUBIACEAE	<i>Otiophora</i>	<i>pauciflora</i>	Anatarika	30
			Apanganamalona	29
	<i>Scleria</i>	<i>mad/sis</i>	Vendrana	27
LILIACEAE	<i>Aristea</i>	<i>madagascariensis</i>	Rangazaha	26
ASTERACEAE	<i>Polypodium</i>	<i>phyamatodes</i>	Rangotohatra	25
ADIANTACEAE	<i>Helichrysum</i>	<i>retrosum</i>	Tanatanatrandraka-1	24
ASTERACEAE	<i>Senecio</i>	<i>sp</i>	Anadraisoa	24
PASSIFLORACEAE	<i>Passiflora</i>	<i>incarnata</i>	Garana	22
POACEAE	<i>Crotalaria</i>	<i>sp</i>	Tsipiraikitra	21
ASTERACEAE	<i>Maesa</i>	<i>trichophlebia</i>	Radoka	17
MALVACEAE	<i>Pallaea</i>	<i>viridis</i>	Tsiapangapanganamalona	16
			Voarohintsaka	14
MALVACEAE			Horona	13
	<i>Senecio</i>	<i>myricaefolius</i>	Valanirana	11
ROSACEAE	<i>Sticherus</i>	<i>flagellaris</i>	Apanga	10
CYPERACEAE	<i>Asparagus</i>	<i>similens</i>	Tsiota	10
			Anamadinika	10
ASTERACEAE	<i>Sida</i>	<i>cordifolia</i>	Ampitolocho	9
POACEAE	<i>Lycopodium</i>	<i>clavatum</i>	Tanatanatrandraka-2	8
			Tsorokofoka Br	8
RUBIACEAE	<i>Cassia</i>	<i>laevigata</i>	Voatainakoho	5
MALPIGHIACEAE	<i>Sphedamnocarpus</i>	<i>perrieri</i>	Ranovava boriR	5
RUBIACEAE	<i>Lobelia</i>	<i>filiformis</i>	Anandaingo	4
MELASTOMASTACEAE	<i>Panicum</i>	<i>maximum</i>	Fantakantsora	4
POACEAE	<i>Hypoestes</i>	<i>pulchra</i>	Menahelika	4
POACEAE	<i>Nastus</i>	<i>borbonicum</i>	Tsingolovolo-2	4
ACANTHACEAE	<i>Helichrysum</i>	<i>aphelescoides</i>	Tsionsiona beravina	4
CAMPANULACEAE	<i>Tristema</i>	<i>virusanum</i>	Tsitrotroka	4
ASTERACEAE	<i>Pennisetum</i>	<i>pseudotriticoïdes</i>	Lomanorano	3
ASTERACEAE	<i>Dioscorea</i>	<i>ovinala</i>	Oviala	3
RUBIACEAE	<i>Sida</i>	<i>arcuata</i>	Tsindahory	3
ROSACEAE	<i>Rubus</i>	<i>sp</i>	voaroitsokatra	3
ASTERACEAE	<i>Crassocephalum</i>	<i>sonchifolium</i>	Anandrambo	2
			Tsorokofoka 3	2
ASTERACEAE	<i>Lactuca</i>	<i>indica</i>	Beroberoka	1

ASTERACEAE	<i>Helichrysum</i>	<i>gymnocephalum</i>	Rambiazina	1
AZOLLACEAE	<i>Helichrysum</i>	<i>dubardii</i>	Tsijajia	1
RUTACEAE	<i>Vepris</i>	<i>ampody</i>	Ampody	1
ARACEAE	<i>Pothos</i>	<i>scandens</i>	Ramitapina	1
<b>Lianes</b>				
LYCOPODIACEAE	<i>Sida</i>	<i>acuta</i>	Vahimalama	52
POACEAE	<i>Danais</i>	<i>breviflora</i>	Vahimantsina	149
POACEAE	<i>Flagellaria</i>	<i>indica</i>	Vahimpika	15
CAESALPINIACEAE			Vahinanto	46
ACANTHACEAE	<i>Mimulopsis</i>	<i>lyallii</i>	Vahindingadingana	10
PITTOSPORACEAE	<i>Bythneria</i>	<i>sp</i>	Vahinofonkorana	20
POACEAE	<i>Clematis</i>	<i>sp</i>	Vahintsary	37
SMILACACEAE	<i>Smilax</i>	<i>kraussiana</i>	Viaotra	2
			Vahindronono	2
			Vahinamalona	2
PASSIFLORACEAE	<i>Paropsia</i>	<i>mad/sis</i>	Ampivahy	21
SAPINDACEAE	<i>Landolphia</i>	<i>sp</i>	Vahimatio	45
			Ampivahy BR	6
ACANTHACEAE	<i>Mimulopsis</i>	<i>lyallii</i>	Vahidingadinga	1
	<i>Agelaea</i>	<i>pentagyna</i>	Vahimaity	1
			Vahimavo	1
FABACEAE	<i>macrotyloma</i>	<i>axillare</i>	Vahinamboa	6
			Vahimboatany	2
			Vahinanana	33
MALVACEAE			Tsindaory vahy	1
ASTEROPEACEAE	<i>Cissus</i>	<i>bosseri</i>	Vahinantsatsatra	15
<b>Epiphytes</b>				
ORCHIDACEAE	<i>Cynorkis</i>	<i>lilacina</i>	Orchid	8
ORCHIDACEAE	<i>Orchid</i>	<i>Calanthe</i>	Calanthe	23

## ANNEXE 12 : NORMES D'INTERPRETATION DES RESULTATS D'ANALYSE DE SOL

### a. Normes d'interprétation d'interprétation de la valeur de CEC

TAUX D'ARGILE DU SOL	APPRECIATION DU TAUX DE MATIERE ORGANIQUE DU SOL (%)			
	Pauvre	Normal	Elevé	Elevée
<10% (sol léger)	<1,1	1,1 à 2,5	6-8	>2,5
10-30% (sol moyen)	<1,5	1,5 à 3,5	15-20	>3,5
>30% (sol lourd)	<2,3	2,3 à 4,0	30-35	>4,0

Source : Manuel forestier n°8

### b. Normes d'interprétation de quelques éléments du sol : Bases, N, pH, C/N

BASES ECHANGEABLES	TRES PAUVRE	PAUVRE	MOYEN	RICHE	TRES RICHE
Ca	<1	1 à 2,3	2,3 à 3,5	3,5 à 7	>7
Mg	<0,4	0,4 à 1	1 à 1,5	1,5 à 3	>3
K	<0,1	0,1 à 0,2	0,4 à 0,8	0,4 à 0,8	>8
<b>Azote de Kjeldahl</b>	<0,5	0,5 à 1	1 à 1,5	1,5 à 3	>3
	Extrêmement acide	Très fortement acide	Fortement acide	Moyennement acide	Faiblement acide
<b>pH</b>	<4,5	4,5 à 5,0	5,1 à 5,5	5,6 à 6,0	6,1 à 6,5
	Très fort	Fort	Moyen	Bas	Très bas
<b>C/N</b>	>25	15 à 25	10 à 15	8 à 10	<8

Source : BERTSCHINGER et al, 2003 in LANO/CA

### c. Barème d'interprétation du taux de matière organique selon le taux d'argile du sol

VALEUR DE LA CEC EN MEQ/100G	INTERPRETATION
CEC<9	Petite
9≤CEC≤12	Moyenne
12≤CEC≤15	Assez élevée
15≤CEC≤25	Elevée
CEC>25	Très élevée

Source : Programme d'interprétation LANO/CA de Basse Normandie

#### d. Normes d'interprétation du taux de saturation

TAUX DE SATURATION DE LA CEC (S/T, proche de Ca/T)	INTERPRETATION
S/T < 40%	Niveau de saturation insuffisant
40 ≤ S/T < 80%	Niveau de saturation faible
80 ≤ S/T < 110%	Niveau de saturation correct
110 ≤ S/T < 150%	Sol saturé (sol calcique)
S/T ≥ 150%	Sol sursaturé (sols calcaires)

Source : Programme d'interprétation LANO/CA de Basse Normandie

#### e. Comparaison du taux de magnésium avec sa valeur seuil

Horizons	Valeur seuil	Teneur en Mg	Type de sol
A	0,08332	0,166	Sol Ferralitique Rouge/Jaune sous formation zonale
AB	0,07298	0,083	
B	0,06682	0,052	
A	0,07034	0,126	Sol Ferralitique Rouge/Jaune sous layons
AB	0,06704	0,059	
B	0,06660	0,046	
A	0,09718	0,233	Sol pisolitique
AB	0,07122	0,075	
B	0,06968	0,050	
A	0,07958	0,101	Sol à carapace ferralitique
AB	0,08332	0,250	

#### f. Comparaison du taux de potassium avec ses valeurs-seuil T1, T2, T3

T1	T2	T3	Teneur en K	Type de sol
0,1136	0,1836	0,3672	0,166	Sol Ferralitique Rouge/Jaune sous formation zonale
0,0854	0,1554	0,3108	0,166	
0,0686	0,1386	0,2772	0,092	
0,0782	0,1482	0,2964	0,084	Sol Ferralitique Rouge/Jaune sous layons
0,0692	0,1392	0,2784	0,094	
0,068	0,138	0,276	0,071	
0,1514	0,2214	0,4428	0,187	Sol pisolitique
0,0806	0,1506	0,3012	0,135	
0,0764	0,1464	0,2928	0,141	
0,1034	0,1734	0,3468	0,135	Sol à carapace ferralitique
0,1136	0,1836	0,3672	0,13	

### ANNEXE 13: PLANIFICATION DES ACTIVITES POUR CHAQUE FOSSE

ACTIVITES	ANNÉE EN COURS				DEUXIÈME ANNÉE	TROISIÈME ANNÉE	QUATRIÈME ANNÉE	>4ANS
	T <sub>1</sub>	T <sub>2</sub>	T <sub>3</sub>	T <sub>4</sub>				
Remblaiement moyennant les terres végétales								
Fertilisation naturelle								
Plantation des espèces pionnières								
Plantation des espèces de la vague suivante								

T<sub>1</sub> : premier trimestre

T<sub>2</sub> : deuxième trimestre T<sub>3</sub> : troisième trimestre...