



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS

Mémoire de fin d'études  
pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Sciences Agronomiques  
Option Eaux et Forêts

Promotion AMBIOKA  
Année : 2008-2013

**ETUDE DE LA REGENERATION ET DE LA SENESCENCE**  
**DE *Tamarindus indica* ET SES IMPACTS ET**  
**IMPLICATIONS ECOLOGIQUES DANS LA RESERVE DE**  
**BEZÀ MAHAFALY.**

Présenté par : **RAMALANJAONA Manda Henintsoa Nirina**  
Soutenu le 03 Octobre 2013

Devant le jury composé de :

**Président** : Professeur RAMAMONJISOA Bruno Salomon

**Rapporteur** : Professeur RATSIRARSON Joelisoa

**Examineurs** : Docteur RANAIVONASY Jeannin

Docteur RABARISON Harison



UNIVERSITE D'ANTANANARIVO  
ECOLE SUPERIEURE DES SCIENCES AGRONOMIQUES  
DEPARTEMENT DES EAUX ET FORETS

Mémoire de fin d'études  
pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur en Sciences Agronomiques  
Option Eaux et Forêts

Promotion AMBIOKA

Année : 2008-2013

**ETUDE DE LA REGENERATION ET DE LA SENESCENCE DE *Tamarindus indica* ET SES  
IMPACTS ET IMPLICATIONS ECOLOGIQUES DANS LA RESERVE DE BEZÀ MAHAFALY.**



Présenté par : **RAMALANJAONA Manda Henintsoa Nirina**

Soutenu le 03 Octobre 2013

Devant le jury composé de :

**Président** : Professeur RAMAMONJISOA Bruno Salomon

**Rapporteur** : Professeur RATSIRARSON Joelisoa

**Examineurs** : Docteur RANAIVONASY Jeannin

Docteur RABARISON Harison

*« Recommande à l'Éternel tes  
œuvres, Et tes projets  
réussiront. »*

*Proverbe 16:3*

*«Je te loue de ce que je suis une  
créature si merveilleuse. Tes œuvres  
sont admirables, Et mon âme le  
reconnait bien.»*

*Psaume 139 : 14*

## REMERCIEMENTS

Je rends gloire à Dieu, sans Qui ce mémoire n'aurait pu être réalisé.

A travers ces quelques lignes, je tiens à adresser mes sincères remerciements à tous ceux qui de près ou de loin nous ont aidé, conseillé et soutenu tout au long de la réalisation de ce mémoire de fin d'étude.

Je voudrais exprimer ma gratitude envers :

- Monsieur **RAMAMONJISOA Bruno Salomon**, Professeur d'Enseignement Supérieur et de Recherche, à l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA), Chef du Département des Eaux et Forêts à l'ESSA, de me faire l'honneur de présider le Jury de ce mémoire ;
- Monsieur **RATSIRARSON Joelisoa**, Professeur d'Enseignement Supérieur, Chef de l'Unité de Formation et de Recherche Ecologie et Biodiversité de l'ESSA/Forêts, notre tuteur. Nous vous exprimons toute notre admiration devant la somme de votre savoir. Vos instructions nous ont été d'une grande nécessité. Soyez assurée de notre profonde gratitude ;
- Monsieur **RANAIVONASY Jeannin**, Coordinateur du Projet au sein de l'Unité de Formation et de Recherche Ecologie et Biodiversité de l'ESSA/Forêts qui, malgré ses occupations a bien voulu nous écouter, nous conseiller et accepter d'évaluer ce travail. Qu'il trouve ici l'expression de nos remerciements les plus chaleureux ;
- Monsieur **RABARISON Harison**, Maître de conférences à la Faculté des Sciences, Département de Biologie et Ecologie Végétales, qui malgré ses multiples obligations a bien voulu siéger parmi les membres du jury. Trouvez ici la marque de ma reconnaissance pour votre contribution.

Je ne saurais terminer sans remercier :

- Toute l'équipe de l'Unité de Formation et de Recherche Ecologie et Biodiversité de l'ESSA/Forêts, soyez assurée de notre profond respect ;
- Monsieur **RANDRIANANDRASANA Andry**, Directeur de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly pour votre conseil ;
- Monsieur **RAZAFINDRAIBE Miandrisoa**, Chef de Volet Recherche de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly qui a chapeauté nos travaux sur terrain ;
- Monsieur **ELAHAVELO, EFITRIA et EDOUARD** et tout le personnel de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, qui malgré leurs nombreuses occupations ont accepté de nous assister sur le terrain ;

- Toute la population riveraine de la Réserve, pour leur aimable accueil et chaleureuse compagnie, « Fisaora bevata rihe » ;
- Mon collègue RAMANANJATOVO Rindra ;
- La Fondation Liz Claiborne/Art Ortenberg pour ses appuis financiers ;
- Tous les élèves de la promotion AMBIOKA surtout AMBIOKA – Eaux et forêts.

Un grand merci à mes parents, à mon frère et sa femme et à Tahiry, qui m'ont toujours encouragé et m'ont témoigné de leur soutien et de leur amour.

A tous ceux que je n'ai pas pu citer et qui m'ont cependant apporté une quelconque assistance tout au long de ce travail, je dis merci.

*Manda RAMALANJAONA.*



## RESUME

La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly se trouve dans la région du Sud-ouest de Madagascar. Etant une aire protégée représentative de l'écosystème du Sud de Madagascar, elle abrite une grande majorité des espèces animales et végétales rencontrées dans cette région. *Tamarindus indica* constitue un élément essentiel de l'écologie de la forêt de la Réserve de Bezà Mahafaly ; étant d'une part, l'une des espèces dominantes de cette forêt, et d'autre part, une ressource alimentaire essentielle pour la faune.

Des inventaires ont été réalisés pour caractériser le taux de régénération ainsi que le taux d'individus sénescents de tamarinier dans la Réserve. Les enquêtes effectuées auprès des villageois vivant à proximité de la forêt et les observations de l'état de santé des individus de tamarinier inventoriés ont permis de définir l'état de développement, les menaces ainsi que les rôles de l'ensemble du peuplement de *Tamarindus* dans la Réserve.

L'espèce *Tamarindus indica* reste encore très abondante dans la forêt de Bezà Mahafaly, mais sa pérennisation ne serait pas garantie si des précautions ne sont pas prises. Sa capacité de régénération naturelle est faible pour plusieurs raisons : la divagation des bétails dans la forêt compromet l'avenir des jeunes plants, la chute de débris tel que les branches mortes entraîne aussi la mort des jeunes plants. Le nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement est supérieure au nombre d'individus de régénération et de jeunes bois, qui vont assurer l'avenir du peuplement de tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly.

Le tamarinier est une espèce à usage multiple pour la population vivant aux alentours de la Réserve de Bezà Mahafaly. Les principales menaces concernant le tamarinier incluent sa transformation en charbon, son exploitation comme bois de chauffe, la diminution de sa distribution due à l'expansion des activités agricoles et au surpâturage. L'urbanisation, les changements climatiques (sécheresse) et l'exploitation à des fins médicinales constituent des menaces moins immédiates.

Mots-clés : *Tamarindus indica*, Bezà Mahafaly, régénération naturelle, sénescence, vieillissement des arbres, Madagascar.

## ABSTRACT

The Special Reserve of Bezà Mahafaly is located in the South-western area of Madagascar. Being a representative of the protected ecosystem of southern Madagascar area, it is home to a large majority of plant and animal species found in this region. *Tamarindus indica* is an essential part of the ecology of the forest in the Reserve Bezà Mahafaly. In one hand, it is amongst the dominant species in this forest, and in another hand, it is an essential food source for wildlife.

Inventories have been made to characterize the regeneration rate and the rate of senescent individual's tamarinds in the reserve. Surveys conducted within villagers living near the forest and the individual's observations of inventoried *Tamarindus* health allowed to define the state of development, the threats and the roles of the entire population of *Tamarindus* in the reserve.

The species *Tamarindus indica* is still abundant in the forest of Bezà Mahafaly, but its sustainability is not guaranteed if precautions are not taken. Its natural regeneration capacity is low for several reasons: in the forest, straying cattle threatens the future of seedlings; falling debris such as dead branches also causes the death of seedlings. The number of individuals at an aging stage is greater than the number of regenerating individuals and young wood, which will ensure the future of the settlement of tamarind in the Reserve Bezà Mahafaly.

The tamarind is a multipurpose species for the people living around the Bezà Mahafaly reserve. The main threats to the tamarind include its transformation into coal operations as firewood, reducing its distribution due to the expansion of farming and overgrazing. Urbanization, climate change (drought) and exploitation for medicinal purposes are less immediate threats.

Keywords: *Tamarindus indica*, Bezà Mahafaly, natural regeneration, senescence, aging trees, Madagascar.

## FAMINTINANA

Ny Ala Tahiry Bezà Mahafaly dia hita any amin'ny faritra Atsimo andrefanan'i Madagasikara. Io Ala Tahiry io dia isan'ny faritra arovana iray izay ahitana ireo karazana zavamaniry sy zava manan'aina rehetra izay hita any amin'ny faritra Atsimon'i Madagasikara. *Tamarindus indica* (kily) dia singa iray izay tena mandrafitra ny haivoary ny Ala Tahiry Bezà Mahafaly. Aminy lafiny iray, dia ny kily no hazo anisan'ny manjaka ary maro anisa indrindra ao anatin'io Ala io, ary etsy ankilany kosa, ny kily ihany koa dia fotontsakafon'ireo biby maro anaty ala.

Natao ny fandrefesana ny mombamon'ny hazo kily mba ahafahana mahalala ny tahan'ny solofon-kazo sy ny tahan'ireo hazo andalam-pahafatesana na koa ireo hazo efa azo ho sokajiana ho antitra. Ny fanadiadiana natao teo anivon'ireo mponina monina manodidina ny ala ary koa ny fijerena sy fandinihana ny toe- pahasalaman'ireo hazo kily norefesina no nahafahana namantatra ireo olana sy anjara andraikitry ny fitambaran'ireo hazo *Tamarindus* ao amin'ny Ala Tahiry Bezà Mahafaly.

Ny hazo *Tamarindus indica* hatreto dia mijanona hatrany ho isan'ny ireo hazo maro anisa ao amin'ny Ala Bezà Mahafaly, fa saingy ahiana ny fihenany sy ny faharetany raha toa ka tsy misy ny vahaolana raisina. Ny tahan'ny solofon-kazo kily dia ambany noho ny antony maro: ny fidiran'ny biby (omby sy osy) anaty ala mihinana ireo solofon-kazo dia mampihena ireo solonfon-kazo, ny fienjeran'ireo vatana hazo maty dia mamono ireo solofon-kazo ihany koa. Maro anisa ireo hazo kily izay azo ho sokajiana ho hazo antitra raha ampitahaina amin'ny isan'ireo solofon-kazo izay misahana ny ho avin'ny hazo kily ao amin'ny Ala Tahiry Bezà Mahafaly.

Ny kily dia anisan'ny hazo izay mitondra tombontsoa maro hoan'ireo mponina mivelona manodidina ny Ala Tahiry Bezà Mahafaly. Ny olana tena mianjady amin'ny kily anefa dia ny fanodinana azy ho arina fandrehitra, ny fampiasana azy ho kitay, ny fihenana'ny toerana ahafahany maniry noho ny fihitaran'ny fambolena sy ny fiompiana. Ny fiovaovan'ny toetran'ny andro ary koa ny fampiasana ny kily ho fanafody fanasitranana kosa dia olana mbola azo sokajiana ho maivana.

Teny manan-danja: *Tamarindus indica*, Bezà Mahafaly, solofon-kazo, fahanteran'ny hazo, hazo andalam-pahafatesana, Madagasikara.

## TABLE DES MATIERES

LISTE DES ACRONYMES .....	i
LISTE DES ANNEXES.....	i
LISTE DES EQUATIONS.....	i
LISTE DES FIGURES.....	i
LISTE DES PHOTOS.....	ii
LISTE DES TABLEAUX.....	iii
INTRODUCTION.....	1
METHODOLOGIE.....	3
1 Problématique, Hypothèses et Objectifs .....	3
1.1 Problématique .....	3
1.2 Hypothèses de travail .....	3
1.3 Objectifs .....	4
2 Méthodes et matériels.....	5
2.1 Etude bibliographique .....	5
2.2 Etude cartographique.....	5
2.3 Recueil de données sur terrain .....	6
2.4 Analyse et traitement des données. ....	11
2.5 Cadre opératoire .....	15
2.6 Résumé méthodologique .....	18
RESULTATS ET INTERPRETATIONS .....	19
PARTIE 1 : ETAT DE CONNAISSANCE SUR <i>Tamarindus indica</i> .....	19
1 Origine et Aire de répartition .....	19
2 Nom vernaculaire .....	20
3 Systématique du tamarinier.....	20
4 Ecologie et Biologie.....	20
4.1 Caractéristiques morphologiques .....	21
4.2 Phénologie de l'espèce .....	23
4.3 Caractéristique du bois du tamarinier :.....	24
5 Importance et usage de <i>Tamarindus indica</i> dans le monde.....	24
PARTIE 2 : ANALYSE DU PEUPEMENT .....	26
1 Analyse structurale.....	26
1.1 Structure Floristique.....	26
1.2 Structure spatiale.....	27
2 Principales essences .....	31
3 Analyse de la régénération naturelle .....	32

PARTIE 3 : ANALYSE DE L'ESSENCE <i>Tamarindus indica</i> DANS LA RESERVE DE BEZÀ MAHAFALY .....	33
1 Analyse structurale.....	33
1.1 Abondance, Dominance et Contenance, Coefficient d'élanement .....	33
1.2 Hauteur moyenne et diamètre moyen.....	34
1.3 Relation hauteur et diamètre .....	34
1.4 Index PHF .....	35
1.5 Structure total : Tempérament de l'essence .....	36
1.6 Structure des hauteurs .....	37
2 Régénération de <i>Tamarindus indica</i> .....	38
2.1 Types de régénération .....	38
2.2 Taux de régénération.....	39
3 Sénescence de <i>Tamarindus indica</i> .....	40
3.1 Définitions se rapportant à la sénescence et au vieillissement .....	40
3.2 Phase de vieillissement de <i>Tamarindus indica</i> .....	40
3.3 Comparaison de la régénération et des individus en phase de vieillissement de <i>Tamarindus indica</i> .....	42
4 Rôles et menaces de <i>Tamarindus indica</i> dans la forêt de Bezà Mahafaly .....	44
4.1 Rôles de <i>Tamarindus indica</i> dans la Réserve de Bezà Mahafaly.....	44
4.2 Menaces.....	45
DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS .....	48
1 DISCUSSIONS .....	48
1.1 Discussions sur la méthodologie .....	48
1.2 Discussion sur les résultats.....	49
1.3 Vérification des hypothèses .....	52
2 RECOMMANDATIONS.....	54
2.1 Conserver la forêt galerie de la Réserve de Bezà Mahafaly.....	54
2.2 Réduire les impacts du bétail dans la forêt.....	56
2.3 Améliorer la gestion de la ressource <i>Tamarindus indica</i> .....	57
2.4 Plan d'action : .....	60
CONCLUSION .....	64
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES .....	66
ANNEXES.....	73

## LISTE DES ACRONYMES

<b>ESSA-Forêts</b>	: Département des Eaux et Forêts de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques
<b>Index P.H.F</b>	: index à 3 chiffres avec P : Position du houppier, H : Forme du houppier, F : Forme du fût
<b>MNP</b>	: Madagascar National Parks
<b>PI</b>	: Parcelle I
<b>PII</b>	: Parcelle II
<b>D<sub>1,3</sub></b>	: Diamètre à 1,30 du sol
<b>DHP</b>	: Diamètre à Hauteur de Poitrine
<b>WWF</b>	: World Wide Fund for Nature

## LISTE DES ANNEXES

Annexe 01: Présentation du milieu d'étude .....	I
Annexe 02: Liste des espèces floristiques dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly .....	XII
Annexe 03 : Profil structural .....	XIX
Annexe 04 : Principales essences dans les trois zones .....	XXIII
Annexe 05 : Index PHF .....	XXIV
Annexe 06 : Schéma de l'interprétation des tempéraments des essences par des tableaux d'inventaires .....	XXVIII
Annexe 07 : Guide d'enquête .....	XXIX
Annexe 08 : Fiche d'inventaire .....	XXX
Annexe 09 : Coordonnée géographique des placettes d'inventaires .....	XXXI

## LISTE DES EQUATIONS

Équation 1 : Coefficient de mélange d'un peuplement .....	12
Équation 2 : Dominance absolue d'un peuplement .....	12
Équation 3 : Volume d'un peuplement .....	12
Équation 4 : Coefficient d'élancement .....	13
Équation 5 : Taux de régénération .....	14

## LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Schéma du dispositif d'inventaire .....	8
Figure 2 : Synthèse de la démarche méthodologique .....	18
Figure 3 : Richesse floristique .....	26
Figure 4 : Distribution de nombres de tiges par classe de hauteur dans les trois zones d'études .....	29
Figure 5 : Structure totale .....	30
Figure 6 : Les essences principales dans les trois zones .....	31

Figure 7 : Distribution du nombre de tiges de tamarinier selon l'index P du PHF .....	35
Figure 8 : Distribution du nombre de tiges de tamarinier selon l'index H du PHF.....	36
Figure 9 : Distribution du nombre de tiges de tamarinier selon l'index F du PHF .....	36
Figure 10 : Distribution du nombre de tiges à l'hectare par classe de diamètre .....	37
Figure 11 : Distribution du nombre de tiges à l'hectare par classe d'hauteur.....	37
Figure 12 : Pourcentage des différents individus de tamarinier selon leur stade de vie par rapport au nombre total d'individu de tamarinier dans la Réserve.....	43
Figure 13 : Préférence des espèces comme bois d'énergie .....	47
Figure 14 : Courbes ombrothermiques de Bezà Mahafaly et de Betioky Sud .....	II
Figure 15 : Pyramide des âges de la population riveraine de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly..	IX
Figure 16 : Profil structural de la forêt galerie extension SUD.....	XIX
Figure 17 : Profil structural de la forêt galerie extension NORD.....	XX
Figure 18 : Profil structural de la forêt de transition .....	XXI
Figure 19 : Profil structural de la forêt galerie .....	XXII

## LISTE DES PHOTOS

Photo 1 : <i>Tamarindus indica</i> .....	21
Photo 2 : Feuilles de <i>Tamarindus indica</i> .....	22
Photo 3 : Tronc de <i>Tamarindus indica</i> .....	22
Photo 4 : Fruits de <i>Tamarindus indica</i> .....	22
Photo 5 : Fleurs de <i>Tamarindus indica</i> .....	22
Photo 6 : Jeune plant de tamarinier germinant dans une bouse de zébu .....	39
Photo 7 : Pied de tamarinier déraciné par le cyclone .....	42
Photo 8 : Parc à Bœuf à l'intérieur de la forêt.....	46
Photo 9 : Animaux domestiques à l'intérieur de la forêt.....	46
Photo 10 : Forêt Xerophytique.....	V
Photo 11 : Forêt galerie.....	V
Photo 12 : Forêt de Transition.....	V
Photo 13 : <i>Catopsilia florella</i> .....	VII
Photo 14 : <i>Lemur catta</i> .....	VII
Photo 15 : <i>Coua gigas</i> .....	VIII
Photo 16 : <i>Leioheterodon modestus</i> .....	VIII
Photo 17 : <i>Ptychadena mascariensis</i> .....	VIII

## LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Paramètres relevés par compartimentation.....	8
Tableau 2 : Paramètres relevés pour l'observation de l'état sanitaire de l'arbre.....	9
Tableau 3 : Cadre opératoire .....	16
Tableau 4 : Phénologie du tamarinier .....	23
Tableau 5 : Caractères physiques du tamarinier.....	24
Tableau 6 : Utilisation de <i>Tamarindus indica</i> .....	25
Tableau 7 : Richesse floristique (Espèce /m <sup>2</sup> ).....	26
Tableau 8 : Coefficient de mélange.....	27
Tableau 9 : Abondance, Dominance, Contenance et Coefficient d'élancement dans les trois zones ..	28
Tableau 10 : Diamètre et hauteur moyen .....	28
Tableau 11 : Taux de régénération naturelle dans les trois zones .....	32
Tableau 12 : Abondance, dominance, contenance et coefficient d'élancement de <i>Tamarindus indica</i>	34
Tableau 13 : Hauteur et diamètre moyen et maximal de <i>Tamarindus indica</i> .....	34
Tableau 14 : Résultat du test de corrélation de Pearson entre l'hauteur et le diamètre du tamarinier dans les trois zones.....	35
Tableau 15 : Taux de régénération de <i>Tamarindus indica</i> dans les trois zones .....	39
Tableau 16 : Comparaison des données d'inventaire sur <i>Tamarindus indica</i> , Année 1999 et 2013....	51
Tableau 17 : Calendrier de la plantation du tamarinier .....	58
Tableau 18 : Plan d'action.....	60
Tableau 19 : Résumé de la Biodiversité faunique de Bezà Mahafaly .....	VII

# **INTRODUCTION**

### INTRODUCTION

Madagascar est une grande île isolée de l'Océan Indien. Il a un renom mondial « Terre promise aux naturalistes » (TYSON, 2000), pour son exceptionnelle méga biodiversité, son taux d'endémisme élevé et sa flore originale (MYERS *et al*, 2000).

Séparé de l'Afrique il y a 160 millions d'années, puis de l'Inde il y a 90 millions d'années (MITTERMEIER *et al.*, 2006), Madagascar a évolué en un incroyable monde de biodiversité, avec des dizaines de milliers d'espèces qui ne se retrouvent nul par ailleurs sur la Terre. La diversité de la faune et de la flore de Madagascar la classe parmi les pays génétiquement les plus riches dans le monde. En effet, le taux d'endémisme y est très élevé car 78% des espèces existent seulement dans la Grande Ile (ANDRIANANTENAINA, 2005). La richesse et la diversité de la flore sont remarquables car 85% des espèces floristiques sur près de 12.000 espèces sont endémiques (GOODMAN et BENSTEAD, 2005). Ainsi, si l'on combine l'importance de l'endémisme et de la biodiversité, aussi bien pour la faune que pour la flore, Madagascar se classe au sixième rang mondial (MITTERMEIER *et al*, 2006).

Cependant, les actions anthropiques, les catastrophes naturelles ont entraîné au fil des temps la dégradation des écosystèmes, la destruction des communautés biologiques, l'extinction des espèces et la perte de la diversité génétique. La pression exercée sur les écosystèmes de forêt s'est intensifiée avec l'accroissement de la population humaine et sa demande grandissante de bois d'œuvre, de bois de feu, de fourrage et d'autres produits non ligneux (RAJOELISON, 2005).

Au Sud et Sud-Ouest de l'île, la dégradation des forêts s'accélère avec une vitesse de déforestation entre 16 et 25 km<sup>2</sup> par an (RAZANAKA *et al.*, 2001). La région de Sud-Ouest incluant la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, située au Nord Est de Betioky Sud, est également menacé de disparition.

Depuis quelques années, les intérêts populaires pour protéger les espèces de plantes et d'animaux se sont beaucoup renforcés. Alors est né le concept de conservation qui est définie comme étant la gestion de l'exploitation humaine de la biosphère afin de produire le plus grand bénéfice durable aux générations actuelles, tout en maintenant ses possibilités de subvenir aux besoins et aux aspirations des générations futures (RAJOELISON, 2005).

La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly constitue un site de première importance pour la conservation de la biodiversité malagasy, étant donné la richesse de sa flore et de sa faune (RATSIRARSON *et al.* 2001). En effet, c'est la seule aire protégée où l'on retrouve les différents faciès de la végétation xérophytique de l'écosystème du Sud-Ouest malagasy, allant de la forêt galerie au bush épineux, en passant par les différentes formations de transition. Elle abrite une faune riche et diversifiée adapté à ce milieu, et caractérisé par un taux d'endémisme élevé (RATSIRARSON *et al.* 2001). La forêt de Bezà Mahafaly joue également un rôle primordial dans la vie socio-économique des communautés riveraines, car elle leur fournit des produits ligneux et non ligneux utilisés dans la construction, la

médecine traditionnelle, l'alimentation et abrite divers sites d'intérêts socio-culturels (LANTOVOLOLONA, 2010).

Depuis près de 20 ans, un programme de suivi écologique et socio-économique unique est entrepris à Bezà Mahafaly par l'ESSA-Forêts, en collaboration avec les communautés locales et en partenariat avec diverses institutions nationales et internationales de recherche et de formation. Au terme des consultations locales et des démarches institutionnelles nécessaires, et dans le cadre de la mise en œuvre de l'engagement d'extension des aires protégées à Madagascar, l'aire protégée de Bezà Mahafaly est passée de sa superficie de 600 ha à 4.600 ha récemment. Ces 4.600 ha comprennent les Parcelles I et II qui sont désormais reliées entre elles par une zone à vocation de conservation, auxquelles s'ajoutent des forêts et milieux naturels environnants essentiellement vouées aux droits d'usages traditionnels.

Afin d'assurer la gestion durable des ressources naturelles dans l'aire protégée, il est nécessaire de mieux comprendre l'écologie de la flore et de la faune de Bezà Mahafaly, ainsi que les besoins des communautés locales en produits naturels, les modes de gestions traditionnelles et l'impact des activités humaines sur la pérennité des ressources. L'espèce *Tamarindus indica* figure parmi les ressources les plus utilisées par la population riveraine dans la Réserve (LANTOVOLOLONA, 2010). Elle constitue une source de nourriture, de fourrage, de médicaments, de bois d'œuvre et de bois de chauffe pour la population. Face à cela, la question de recherche suivante se pose : « Quelles sont les caractéristiques de la régénération et la sénescence de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly ? ».

Le but de cette recherche est d'essayer de mieux comprendre : la régénération, la phase de vieillissement, les enjeux écologiques, économiques et les menaces de *Tamarindus indica* dans la forêt de Bezà Mahafaly et cela afin de pouvoir tirer des informations utiles pour la conservation, la protection et l'utilisation durable de cette espèce. Ainsi s'intitule le présent ouvrage : « Etude de la régénération et de la sénescence de *Tamarindus indica* et ses impacts et implications écologiques dans la Réserve de Bezà mahafaly ». Les différentes méthodes utilisées durant la présente étude ont été : la bibliographie, la cartographie, l'inventaire, les enquêtes et observations.

Dans la première partie de cet ouvrage est exposée la méthodologie incluant la problématique de la recherche, les objectifs ainsi que les hypothèses y afférant. Une deuxième partie est consacrée aux résultats et à leurs interprétations. Avant de conclure, les discussions et les recommandations sont données dans la troisième et dernière partie.

# **METHODOLOGIE**

# METHODOLOGIE

## 1 Problématique, Hypothèses et Objectifs

### 1.1 Problématique

Dans le site de recherche de Bezà Mahafaly, des études ont été déjà effectuées sur la sylviculture, l'utilisation et l'écologie de l'espèce (*Tamarindus indica*) par des chercheurs malgaches et étrangers.

*Tamarindus indica* constitue un élément essentiel de l'écologie de la forêt de Bezà Mahafaly, étant d'une part l'une des espèces dominantes de cette forêt, et d'autre part une ressource alimentaire essentielle pour la faune (RATSIRARSON, 1987). Mais elle est aussi fortement menacée à cause de la déforestation, le pâturage et les coupes sélectives dont elle est victime. *Tamarindus indica* reste encore très abondant dans la forêt de Bezà Mahafaly, mais sa pérennisation n'est pas garantie si des précautions ne sont pas prises (ATTOUMANE, 1999).

La capacité de régénération menacée et limitée de *Tamarindus* compromet sa conservation durable. La réussite de la gestion durable de cette espèce exige une meilleure connaissance de ses caractéristiques ainsi que ses modes de régénération. Ainsi la question de recherche suivante se pose : « Quelles sont les caractéristiques de la régénération et la sénescence de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly ? »

Cette question est le problème de départ de cette recherche, ensuite, d'autres questions en découlent :

- Quelle est la potentialité de régénération de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly?
- Quel est le taux d'individus de *Tamarindus indica* en phase de vieillissement dans la Réserve?
- Quelles sont les menaces qui pèsent sur *Tamarindus* dans la forêt de Bezà Mahafaly?
- Quels sont les enjeux écologiques et économiques de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly?

### 1.2 Hypothèses de travail

Compte tenu de la problématique avancée et des objectifs fixés, trois hypothèses sont formulées comme suit :

**Hypothèse 1 : La régénération de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly est faible.**

Le taux de régénération du tamarinier dans la Réserve est faible car en plus des menaces et pressions d'origines naturelles et anthropiques qui pèsent sur les jeunes pousses, les graines du tamarinier nécessitent certaines conditions qui lui sont favorables pour sa germination et sa croissance.

**Hypothèse 2 : Le nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement est supérieur au nombre de régénérations de tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly.**

Cette hypothèse peut aussi se formuler comme suit : le nombre de tamariniers morts et de tamariniers en phase de vieillissement dépasse le nombre de nouvelles pousses de tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly ce qui menace la pérennisation de l'espèce.

**Hypothèse 3 : La collecte de bois de feu et la divagation des bétails dans la forêt menace la survie de l'espèce *Tamarindus indica*.**

La divagation des bétails dans la forêt entraîne et provoque des perturbations sur la croissance et le développement de *Tamarindus indica*. Le bois de Tamarinier possède un fort pouvoir calorifique, ainsi la population locale préfère l'utiliser comme bois de feu.

### 1.3 Objectifs

L'objectif général de cette étude est de déterminer la potentialité de régénération de *Tamarindus* ainsi que le nombre d'individus de *Tamarindus* en phase de vieillissement dans la Réserve de Bezà Mahafaly afin d'assurer la durabilité de l'espèce mais aussi la protection de l'écosystème dans la Réserve.

Pour atteindre l'objectif général, les objectifs spécifiques suivants ont été fixés :

- Déterminer le taux de régénération de *Tamarindus* dans la Réserve de Bezà Mahafaly.
- Déterminer le taux d'individus de *Tamarindus* en phase de vieillissement.
- Caractériser les facteurs menaçant le Tamarinier.
- Analyser les enjeux écologiques et économiques de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly.

## 2 Méthodes et matériels

### 2.1 Etude bibliographique

Afin de bien cerner le sujet, des recherches ont été menées dans plusieurs centres de documentation et d'information tels le Centre d'Information et de Communication (CIC) de l'Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques (ESSA)-Forêts, la bibliothèque de l'ESSA, le Centre d'Information et de Documentation Scientifique et Technique (CIDST), les archives de l'Unité de Formation et de Recherches Ecologie et Biodiversité de l'ESSA-Forêts, mais également sur différents sites web sur internet (cf. Webographie). Cela a permis de récolter le maximum de données et d'éléments nécessaires pour déterminer les approches méthodologiques à utiliser sur le terrain.

Les recherches ont tourné autour des thèmes suivants :

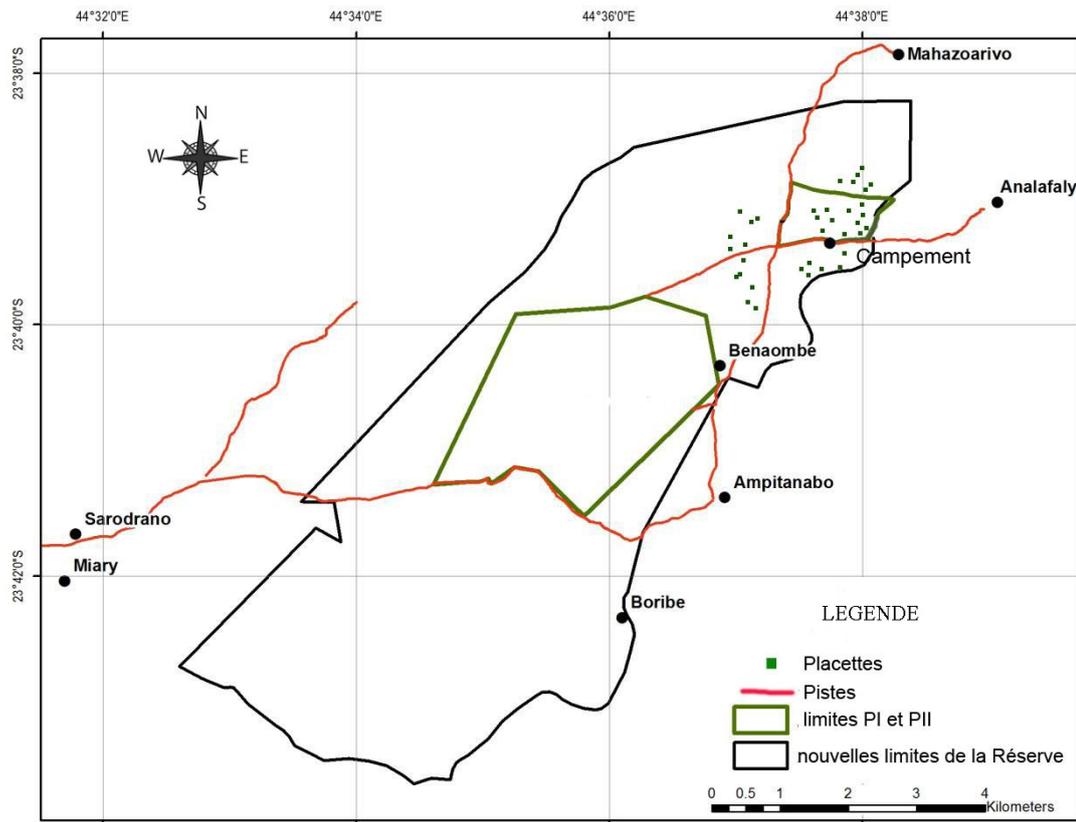
- la Réserve de Bezà Mahafaly,
- la régénération naturelle, la sénescence et le vieillissement des arbres, la régénération, la phase de vieillissement et la sénescence de *Tamarindus indica*,
- la distribution, les valeurs culturelles et socio-économiques, l'écologie et la sylviculture de *Tamarindus indica* dans le monde et à Madagascar.

Les études bibliographiques ont également permis de trouver et d'analyser les différents résultats de recherches abordant le même thème. Les données bibliographiques ont permis de faire des recoupements actualisés des données obtenues sur terrain et de tirer des compléments d'informations. Il est à noter que les recherches bibliographiques ont été effectuées au fur et à mesure de l'avancement de cette étude et ce, jusqu'à l'aboutissement final de ce travail.

### 2.2 Etude cartographique

Une analyse cartographique de la zone d'étude a été effectuée durant les 02 premiers jours de descente sur terrain (12-13 février 2013) afin de déterminer et de localiser les différentes formations végétales de la zone d'intervention et de repérer les points pour les relevés de terrain. Cette analyse a été faite à partir de l'utilisation de diverses données cartographiques (carte de localisation) disponibles durant les années précédentes.

Lors de la phase de rédaction, la carte de localisation des placettes (cf. carte 1) ainsi que la carte de localisation des trois zones d'études (cf. carte 2) ont été élaborées à partir des données recueillies sur terrain et ceux en utilisant le logiciel de Système d'Information Géographique : ArcGIS.



**Carte 1 : Localisation des placettes**

(Source : LABO SIG ESSA-FORET, 2013)

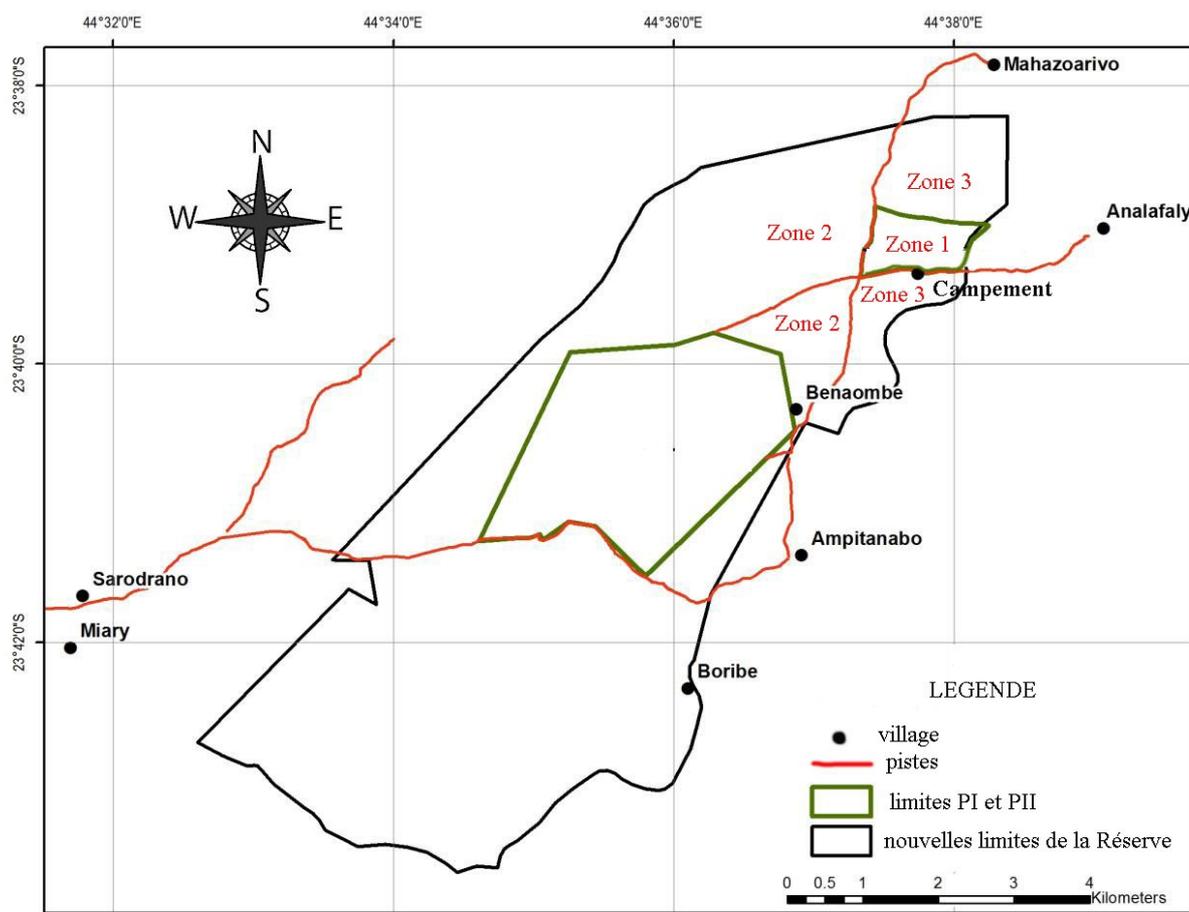
## 2.3 Recueil de données sur terrain

La période de descente sur terrain s'est déroulée durant la saison humide et a duré 41 jours (du 12 février au 24 mars 2013). Ces 6 semaines ont servi à effectuer les tâches telles la reconnaissance de la zone d'étude, la collecte des données par inventaire, l'observation directe de l'espèce et de son milieu environnant, et l'enquête au niveau de la population locale.

### 2.3.1 Choix des parcelles

Les inventaires ont été effectués dans les zones où *Tamarindus* pousse, plus précisément dans la forêt galerie et dans la forêt de transition de la Réserve de Bezà Mahafaly. Pour pouvoir faire la comparaison des tamariniers évoluant dans la forêt de Bezà Mahafaly, l'étude a été axée dans 03 zones (cf. carte 2) bien déterminées :

- **Zone 1** : la Forêt galerie ou la parcelle 1
- **Zone 2** : la Forêt de transition
- **Zone 3** : l'Extension Nord et Sud de la forêt galerie



**Carte 2 : Localisation des trois zones d'inventaires**

(Source : LABO SIG ESSA-FORET, 2013)

### 2.3.2 Inventaire

Pour l'inventaire, des placettes carrées de taille de 20 m x 20 m ont été installées dans les trois zones. En effet, celles-ci fournissent à la fois une meilleure précision et sont facile à mettre en place (RABEZÀNAHARY, 2011). La surface optimale pour une analyse sylvicole dans un type de forêt donné est de 1 ha (RAJOELISON, 2005). Ainsi, 36 placettes ont été installées dans la Réserve dont : 12 placettes dans la Forêt galerie, 12 placettes dans la forêt de transition et 12 placettes dans l'extension Nord et Sud de la forêt galerie. La surface totale de l'inventaire est de 1,4 ha ce qui est légèrement supérieure à l'aire minimale de 1 ha (RAJOELISON, 2005).

#### 2.3.2.1 Méthode d'inventaire

La méthode choisie pour les relevés de la végétation a été l'inventaire par échantillonnage aléatoire. Le choix de la mise en place des placettes a été basé sur la présence de l'espèce étudiée dans les lieux d'inventaire.

Pour l'étude, la méthode d'inventaire par compartiment adapté de Brun (1976) a été utilisée. Les placettes ont été subdivisées en compartiments repartis comme unités d'échantillonnage pour apprécier les strates ou étages. Une placette est subdivisée en 3 compartiments : compartiment A pour

la placette entière, de dimensions 20m x 20m. Ensuite celui-ci est divisé en 4 compartiments B de surface 10m x 10m chacune. Enfin la placette carrée de 5m x 5m qui constituent le compartiment C.

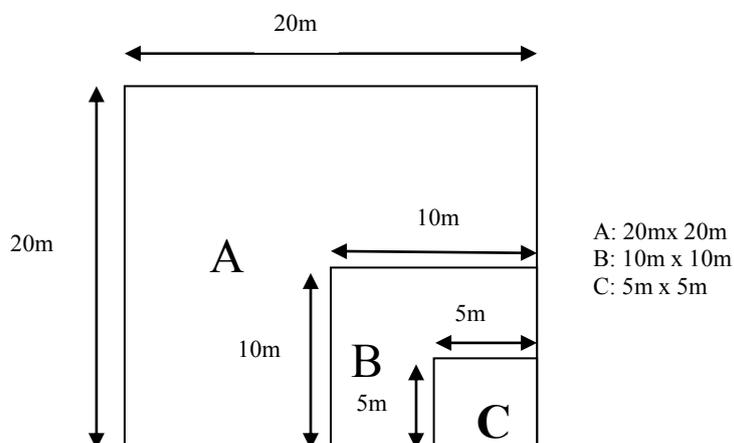


Figure 1 : Schéma du dispositif d'inventaire

Les caractéristiques ainsi que les paramètres relevés dans chaque compartiment sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 1 : Paramètres relevés par compartimentation

Compartiment	Seuil d'inventaire	Nom de l'espèce	$D_{collet}$	$D_{1,30}$	$h_{tot}$	$h_{fût}$	Index PHF
A	$D_{1,3} \geq 10 \text{ cm}$	x	-	x	x	x	x
B	$5 \text{ cm} \leq D_{1,3} < 10 \text{ cm}$	x	-	x	x	x	x
C	$1 \text{ cm} \leq D_{collet} < 5 \text{ cm}$ et hauteur > 1m	x	x	-	x	-	-

$D_{collet}$  : Diamètre au collet,  $D_{1,30}$  : Diamètre à 1,30 m du sol,  $H_{tot}$  : Hauteur total,  $H_{fût}$  : Hauteur fût

### 2.3.2.2 Paramètres à relever

Trois (3) relevés englobant une étude générale de la couverture végétale et une étude particulière concernant *Tamarindus indica* ont été effectués.

- Le premier relevé consista à faire l'inventaire de toutes les espèces existantes dans chaque placette. Les paramètres dendrométriques à relever sont résumés dans le tableau 1.
- Le deuxième relevé concerne uniquement *Tamarindus indica* afin de comprendre les caractéristiques, la régénération, ainsi que les individus de tamarinier en phase de vieillissement dans la Réserve. Les tiges de diamètre supérieur à 1cm ont été inventoriées sans

tenir compte de leur compartimentation. Les individus adultes ( $D_{1,3} \geq 10\text{cm}$ ) et jeunes ( $5\text{cm} \leq D_{1,3} < 10\text{cm}$ ) de tamarinier ont été comptés, ainsi que les régénérations ( $1\text{cm} \leq D_{\text{collet}} \leq 5\text{cm}$ ) en vue d'étudier la distribution et la problématique liées à la régénération. La hauteur totale et le diamètre de chaque individu ont été mesurés afin d'identifier la structure totale de l'essence. Les paramètres relevés sont résumés dans le tableau 1. Les individus abattus ou morts ont été comptés pour évaluer les pressions qui existent sur l'espèce. Les différentes causes d'abattages dont la coupe pour affourager le bétail, la collecte de bois de feu ou de bois d'œuvre ont été identifiées.

- Le troisième relevé consista à récolter des données pour pouvoir établir les profils structuraux, qui donnent une idée sur la stratification verticale de la formation forestière étudiée : la position du houppier, le recouvrement et la structure des hauteurs. Ces relevés ont été effectués dans des placettes de 5m x 20 m. Les paramètres relevés sont : le nom de l'espèce, le Diamètre à 1,3 m du sol, l'Hauteur total et l'Hauteur de fût, l'index PHF<sup>1</sup>, les coordonnées de l'arbre, et les diamètres de l'houppier.

### 2.3.2.3 Autres observations

Pour compléter l'inventaire, des observations ont été effectuées sur chaque pied de *Tamarindus indica* inventoriés afin de déterminer les causes et l'état de leur dépérissement. L'observation s'est basée sur la méthode de diagnostic et classification des états sanitaires de l'arbre (cf. tableau 2), donnée par le Centre de développement agroforestier de Chimay en 2002. L'état sanitaire de l'arbre a été déterminé à travers la chute des feuilles, l'existence des branches mortes et le décollement de l'écorce.

L'observation directe a apporté de précieux renseignements sur l'état de santé de l'espèce, mais aussi sur le taux d'individus en phase de vieillissement dans la Réserve de Bezà Mahafaly. Le milieu environnant a été aussi observé ainsi que les des traces de ravageurs ou de maladies.

**Tableau 2 : Paramètres relevés pour l'observation de l'état sanitaire de l'arbre**

Etat de santé de l'espèce	Défoliation (chute des feuilles)	Branche morte	Décollement des écorces
Etat sanitaire sain	< 10 %	-	-
Etat faiblement détérioré	11 - 25 %	mort de quelques ramilles	-
Etat moyennement détérioré	26 - 60 %	branches mortes apparents (> 20%)	faible décollement
Etat fortement détérioré	> 60 %	branches mortes nombreuses (> 50%)	décollement de l'écorce apparente
Arbre mort	défoliation totale (100 %)	branches mortes (100%)	décollement total des écorces

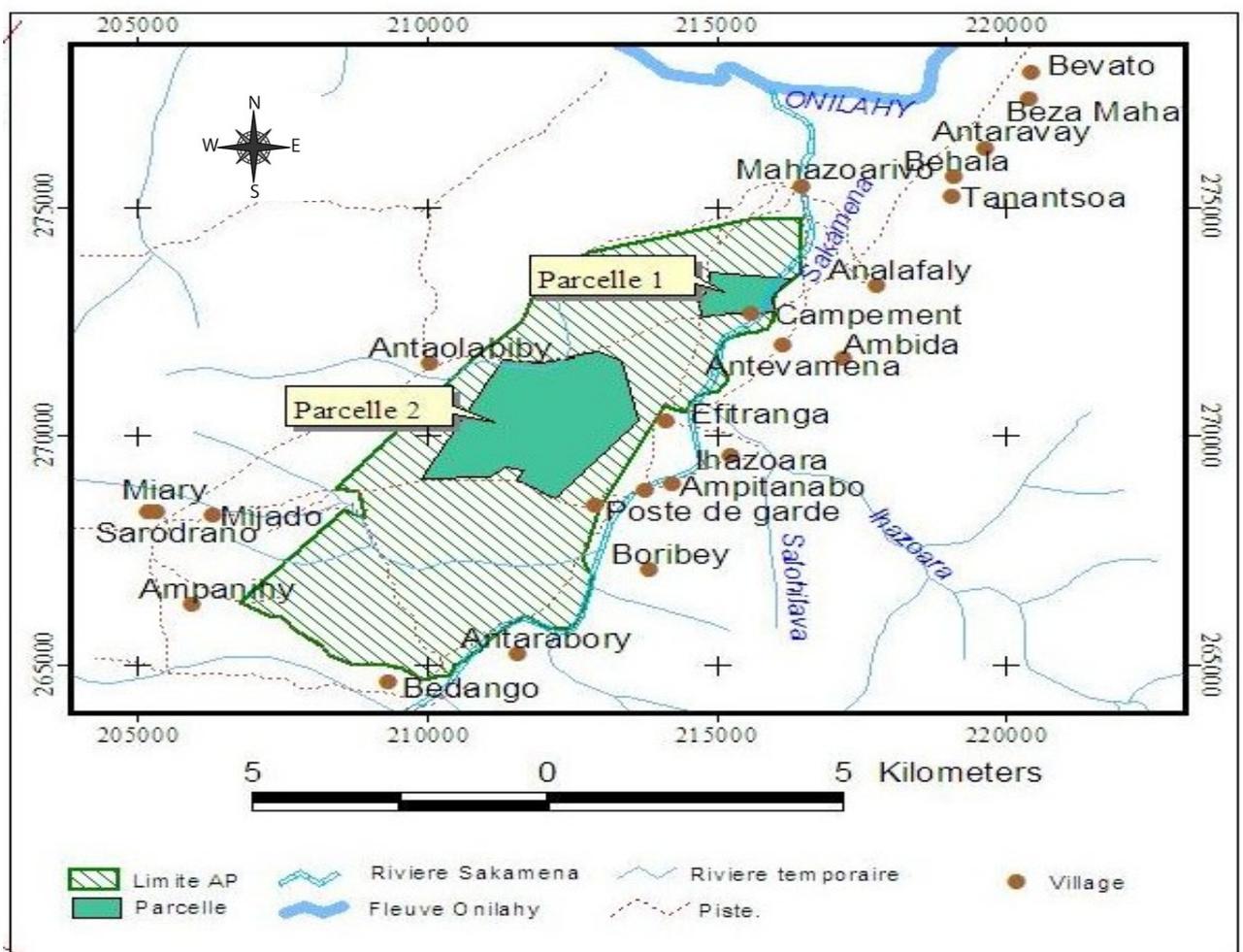
(Source : MANON, 2001 et BALLEUX P., LEMAIRE J., 2002)

<sup>1</sup> PHF index à 3 chiffres avec P : Position du houppier, H : Forme du houppier, F : Forme du fût

### 2.3.3 Enquêtes socioéconomiques

Pour compléter les données recueillies par documentation, l'observation et l'inventaire, des enquêtes ont été effectuées auprès des villageois vivant à proximité de la forêt. Les diverses utilisations de *Tamarindus indica* dans la vie quotidienne des ménages, les différentes parties utilisées, les utilisations alimentaires, magico-thérapeutiques, les valeurs socio-économiques, les points de vue sur les pressions et les techniques endogènes de transformation ont été déterminés durant les enquêtes.

La méthode d'enquête utilisée a été l'enquête de type informel. Cette méthode consiste à collecter des informations à travers les dialogues et entretiens effectués avec des personnes. Une liste des informations à acquérir (cf. annexe 07) a été préalablement établie (mais non pas un questionnaire). Les personnes concernées ont été les responsables et les personnels de la Réserve, le chef Fokontany des villages et les villageois. L'enquête a été menée au niveau de 05 villages au alentour de la Réserve dont : Ambinda, Antevamena, Mahazoarivo, Ampitanabo, Analafaly. Ces villages ont été choisis du fait qu'elles se trouvent à proximité de la Réserve et dépendent étroitement des produits issus de la forêt.



Carte 3 : Distribution des villages aux alentours de la Réserve de Bezà-Mahafaly

(Source : LABO SIG ESSA-FORET in RAHENDRIMANANA 2012)

### 2.4 Analyse et traitement des données.

Après la collecte des données, les informations et données recueillies ont été rassemblées afin de pouvoir les traiter sous forme analysables. Les données d'inventaires, des observations et des enquêtes ont été arrangées, analysées et puis traitées dans le but de répondre aux hypothèses formulées. Des tableaux, des figures, des graphes ont été établis au cours de cette phase.

#### 2.4.1 Données de l'inventaire

Les données des inventaires ont été analysées et exploitées avec les programmes de calcul : le tableur Microsoft Excel 2007 et XLSTAT 2008. Toutes les données récoltées ont été organisées de manière à obtenir une version synthétique facilitant l'analyse des données et leur exploitation. A partir des données collectées, des tableaux, des figures, des graphes ont été établis à l'aide du tableur Microsoft Excel 2007 et XLSTAT 2008 pour faciliter l'interprétation des données. Les données de la présente étude ont ensuite été comparées avec les données des autres études effectuées antérieurement afin d'analyser l'évolution du peuplement de *Tamarindus* dans la zone d'étude.

Les données sur les coordonnées géographiques ont servi à l'élaboration de la carte de localisation des zones d'inventaires et ceux à l'aide du logiciel ArcGIS.

Les données collectées sur terrain ont permis d'effectuer une analyse du peuplement en général, mais aussi une analyse en particulier du peuplement de tamarinier dans la forêt de Bezà Mahafaly. A part l'analyse structurale, une analyse des régénérations et des principales essences ont aussi été menées.

##### 2.4.1.1 Analyse structurale

L'analyse structurale a pour but d'étudier la structure floristique qui renseigne sur les caractéristiques des essences le composant (richesse et diversité floristiques), et la structure spatiale notamment la structure horizontale et totale du peuplement, afin d'obtenir des indications sur ses caractéristiques sylvicoles (RAJOELISON, 2005).

Pour l'analyse de la **Structure Floristique**, on étudie :

- La **composition floristique** : elle consiste à recenser toutes les espèces qui composent le peuplement forestier, aboutissant à l'établissement d'une liste des espèces floristiques.
- La **richesse floristique**, qui s'exprime par le nombre total d'espèces présentes sur une surface donnée (FOURNIER et SASSON, 1983).
- La **diversité floristique**, qui montre la manière dont les espèces se répartissent entre les individus présents (FOURNIER et SASSON, 1983). Dans cette étude, la diversité floristique est appréciée à l'aide d'analyse couramment utilisé et adapté aux données collectées : le « *coefficient de mélange* » (CM) qui est le rapport du nombre de tiges au nombre d'espèces. Il est exprimé généralement sous forme d'un **rapport 1/N** où N donne le nombre de tiges. C'est la formulation mathématique la plus simple.

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

Équation 1 : Coefficient de mélange d'un peuplement

Pour l'analyse de la **structure spatiale**, elle a permis d'obtenir des indications et informations sur le potentiel en ressources ligneuses de la forêt de Bezà Mahafaly. Elle comprend : la structure horizontale, la structure verticale et la structure totale.

→ **Analyse horizontale**

**a. Abondance**

Elle correspond au nombre de tiges d'un peuplement. L'abondance absolue donne le nombre de tiges à l'hectare (N/Ha). Tandis que l'abondance relative donne le pourcentage d'une essence ou d'un type biologique, par rapport au nombre total de tiges (RAJOELISON, 1992).

**b. Dominance**

La dominance évalue la surface terrière qui est la somme de la surface terrière de chaque arbre. La surface terrière d'un peuplement est la surface totale de section de tiges à 1,30m de hauteur pour une superficie d'une forêt donnée. La dominance reflète le degré de remplissage de la forêt.

-la dominance absolue (G) est donnée par la formule :

$$G = \sum g_i = \sum (\pi \times d_i^2 / 4) \quad \text{en m}^2/\text{ha}$$

Équation 2 : Dominance absolue d'un peuplement

$d_i$  : diamètre à 1,30m du sol de chaque tige (m), G en m<sup>2</sup>/ha

**c. Contenance ou Volume**

Le calcul est basé sur la formule de DAWKINS (1959) (in RAJOELISON, 1997):

$$V = \sum (0,53 \times g_i \times h_i)$$

Équation 3 : Volume d'un peuplement

V: Volume en m<sup>3</sup>/ha

$g_i$ : la surface terrière d'un arbre (en m<sup>2</sup>),

$h_i$  : hauteur totale de l'arbre (m) pour le calcul du volume de la biomasse ou

$h_i$  : hauteur fût de l'arbre (m) pour le calcul du volume exploitable

**d. Coefficient d'élanement**

On utilise la formule du Coefficient d'Elancement (CE) pour juger la stabilité du peuplement.

$$CE = \frac{h}{d}$$

Équation 4 : Coefficient d'élanement

h : hauteur moyenne des espèces dominantes

d : diamètre moyen des espèces dominantes

**e. Index PHF :**

L'analyse de l'index PHF (cf. annexe 5) résume qualitativement l'état d'un arbre dans un peuplement donné. Il est exprimé par un nombre à 3 chiffres dont la centaine définit la position du houppier (P), la dizaine, la forme du houppier (H) et l'unité, la forme du fût (F). Dans la présente étude, l'index PHF a été utilisé pour l'analyse et l'étude de la position houppier, de la forme du houppier et du fût de *Tamarindus indica*. L'estimation de cet index s'est fait visuellement.

→ **Analyse verticale**

Elle consiste à établir un profil structural. Ce dernier présente la stratification verticale de la formation forestière et renseigne sur la hauteur du peuplement, son degré de fermeture, la densité, l'étalement des houppiers et l'étagement de la végétation. Il s'avère intéressant de connaître le degré de recouvrement ou de fermeture qui est en étroite relation avec la pénétration de lumière dans les sous bois car c'est l'un des facteurs qui déterminent l'installation de la régénération naturelle.

Dans l'analyse verticale, on étudie également la structure des hauteurs. Cette structure des hauteurs est donnée par la distribution du nombre de tige par classe des hauteurs ; et renseigne également sur la stratification verticale (RAJOELISON, 1997).

→ **Structure totale**

D'après ROLLET en 1979, la structure totale désigne la distribution du nombre d'arbres suivant des classes de diamètre, toutes les espèces réunies. En fait, la structure totale donne une idée sur la structure générale du peuplement.

**2.4.2 Analyse des principales essences**

L'objectif de cette analyse est de déterminer les essences principales c'est-à-dire les espèces les plus représentées au niveau de la Réserve de Bezà Mahafaly. Le but de l'analyse des principales essences est d'étudier la répartition, l'abondance, le comportement, le tempérament des essences qui peuvent assurer un potentiel de production. Dans la présente étude, seule l'abondance des essences principales a été ressortie.

### 2.4.2.1 Analyse des régénérations

L'analyse de la régénération naturelle concerne uniquement les petites tiges ayant un diamètre compris entre 1cm et 5cm (RAJOELISON, 1997) et une hauteur totale supérieure à 1m. Ces dernières interviennent dans le rétablissement de la forêt.

L'état de la régénération naturelle a été apprécié à travers le taux de régénération (TR) qui est le rapport entre les individus de régénérations et les individus autre que les régénérations (ANDRIANJOHANINARIVO, 2005).

$$TR = \frac{\text{Nombres des individus de régénération}}{\text{Nombres des individus autres que le régénération}} \times 100$$

#### Équation 5 : Taux de régénération

L'évaluation de la régénération est effectuée selon l'échelle de ROTHE (1964) suivante :

- Pour  $0\% \leq TR < 100\%$  : régénération faible.
- Pour  $100\% \leq TR < 1000\%$  : régénération bonne.
- Pour  $TR > 1000\%$  : régénération très bonne.

Pour l'analyse de la régénération naturelle de *Tamarindus indica*, les différents types de régénération existant dans la Réserve pour le tamarinier ont été considérés, le taux de régénération de *Tamarindus* a été ensuite ressorti à l'aide des données d'inventaires afin de déterminer la capacité de l'espèce à se régénérer.

### 2.4.3 Données des observations et des enquêtes

Les données obtenues lors des observations et des enquêtes ont été regroupées suivant chaque thème à savoir : la régénération, le vieillissement, les enjeux et menaces de *Tamarindus indica*. Les données ont été ensuite rédigées afin de vérifier et de répondre aux hypothèses.

Les observations de l'état sanitaire de *Tamarindus* ont permis d'évaluer le nombre de pieds de Tamarinier mort ainsi que le nombre de pieds de Tamarinier en phase de vieillissement.

Les données des enquêtes ont fournies des indications sur les menaces, les enjeux économiques et écologiques du Tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly.

Certaines informations et affirmations obtenues lors des enquêtes ont fait l'objet d'une vérification et d'une observation sur terrain pour assurer l'exactitude des données.

### 2.4.4 Moyens de mis en œuvre

Pour la réalisation de tous les travaux sur terrain, les outils suivants ont été utilisés:

- Un compas forestier et un ruban dendrométrique pour les mesures de diamètres des individus ligneux (arbres et arbustes) ;
- un pied à coulisse pour les mesures de diamètres des régénérations naturelles ;
- une chevillière et une boussole pour la mise en place des placettes d'inventaire ;
- une corde pour la délimitation, le marquage et le repérage des placettes;
- un GPS pour la localisation (coordonnées géographiques) des placettes d'inventaire ;
- des fiches de relevés et un calepin pour inscrire les caractéristiques des échantillons (nom vernaculaire, date et lieu de récoltes, observations, etc.).

### 2.5 Cadre opératoire

Le cadre opératoire est un outil de structuration de la recherche pour faciliter l'élaboration des variables et indicateurs permettant au terme des investigations de confirmer ou d'infirmer les hypothèses annoncées. Ainsi, pour atteindre les objectifs fixés dans le cadre de cette recherche, la construction d'un cadre opératoire a été nécessaire.

Tableau 3 : Cadre opératoire

Problématique	Hypothèses	Indicateurs	Méthodes	Activités
« Quelles sont les caractéristiques de la régénération et la sénescence de <i>Tamarindus indica</i> dans la Réserve de Bezà Mahafaly?	<p><b>Hypothèse 1 :</b> La régénération de <i>Tamarindus indica</i> dans la Réserve de Bezà Mahafaly est faible</p>	<p><b>Indicateur 1 :</b> Le taux de régénération de <i>Tamarindus indica</i> est inférieur à 100 %</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir et caractériser la régénération naturelle.</li>   <li>- Déterminer le taux de régénération naturelle de <i>Tamarindus indica</i></li> </ul>	<p>Etude bibliographique</p> <p>Effectuer l'inventaire des régénérations naturelles de l'espèce</p> <p>Calculer le taux de régénération de l'espèce.</p>
	<p><b>Hypothèse 2 :</b> Le nombre d'individus de Tamarinier en phase de vieillissement est supérieure au nombre de régénération de tamarinier dans Réserve de Bezà Mahafaly.</p>	<p><b>Indicateur 1 :</b> Nombre de régénération (<math>1\text{cm} \leq D_{1,3} &lt; 5\text{ cm}</math>) et de jeune bois (<math>5\text{cm} \leq D_{1,3} &lt; 10\text{ cm}</math>) inférieur au nombre de pied en phase de vieillissement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Définir la phase de vieillissement du Tamarinier</li>   <li>- Déterminer les facteurs agissant dans la phase de vieillissement.</li>   <li>- Déterminer le pourcentage de tamarinier en phase de vieillissement et le pourcentage de régénération et des jeunes bois.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Etude bibliographique</li>   <li>- Effectuer un inventaire de l'espèce</li>   <li>- Observation de l'état sanitaire des pieds de tamarinier</li>   <li>- Analyser et compter les pieds de Tamarinier en phase de vieillissement et les pieds morts</li>   <li>- Comparer le pourcentage de pieds de tamarinier en phase de sénescence et le pourcentage des régénérations et jeunes bois de tamarinier.</li> </ul>

	<p><b>Hypothèse 3 :</b> La collecte de bois de feu et la divagation des bétails dans la forêt menace la survie de l'espèce <i>Tamarindus indica</i>.</p>	<p><b>Indicateur 1 :</b> Le pourcentage d'utilisation du bois de tamarinier par rapport aux autres espèces comme bois d'énergie.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer l'importance de <i>Tamarindus indica</i> par rapport aux autres espèces pour chaque ménage</li> <li>- Déterminer les différents types d'utilisations du Tamarinier pour chaque ménage</li> <li>- Déterminer la préférence de la population locale en bois d'énergie</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comparer le pourcentage d'utilisation de bois de tamarinier comme bois d'énergie</li> <li>- Effectuer des enquêtes au près de chaque ménage.</li> <li>- Observation directe des menaces et pression qui pèse sur le tamarinier.</li> <li>- Déterminer les différentes utilisations du tamarinier par les ménages.</li> </ul>
		<p><b>Indicateur 2 :</b> Existence des parcs à bœuf et de lieu de divagation du bétail dans la forêt</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Déterminer le lieu de pâturages des divers ménages</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Enquête au niveau des ménages et au niveau du village</li> <li>- Observation des lieux de pâturages dans la forêt et compter le nombre de parcs à bœuf dans la forêt et ses alentours.</li> </ul>

2.6 Résumé méthodologique

La figure ci-contre résume la méthodologie de recherche :

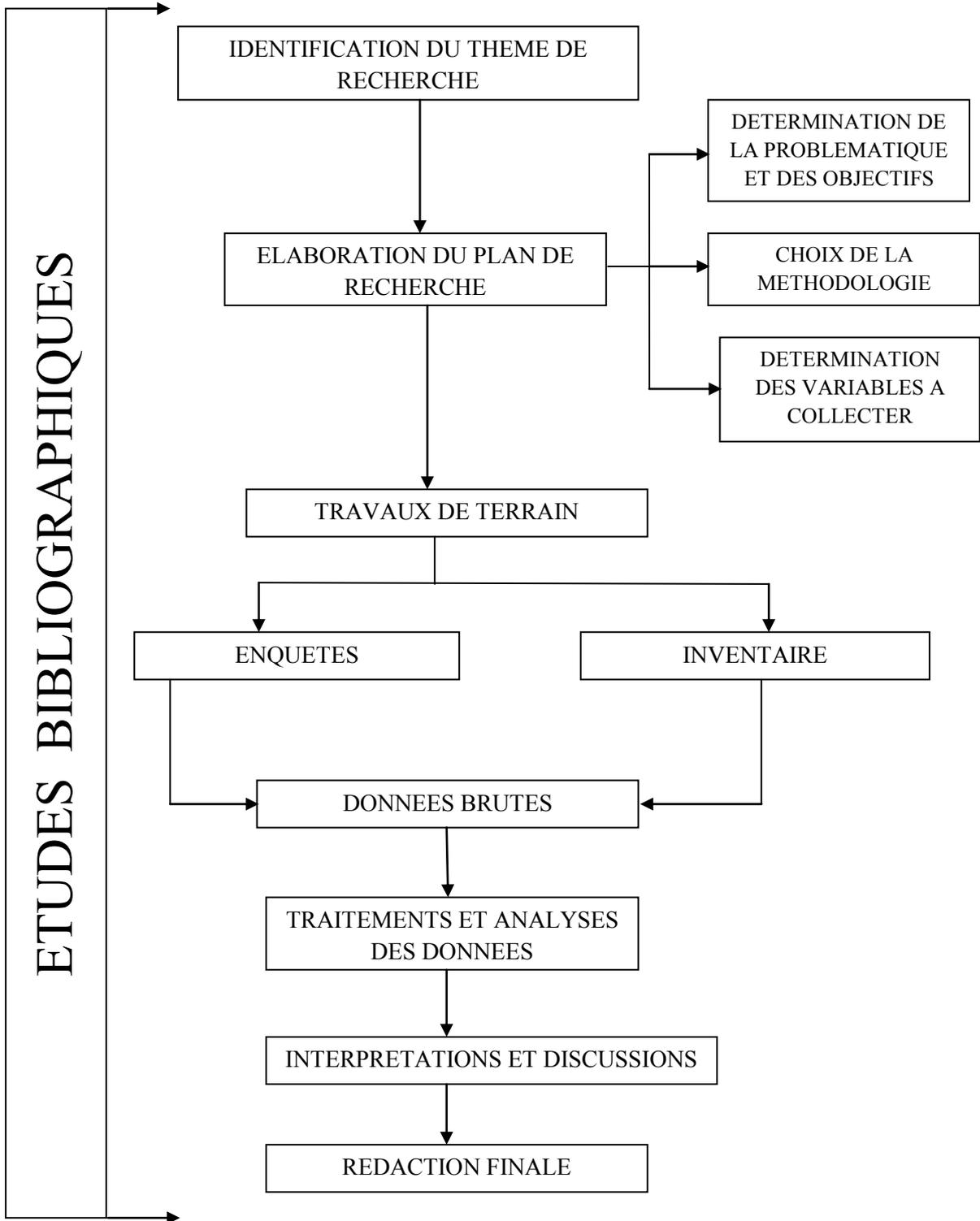


Figure 2 : Synthèse de la démarche méthodologique

## **RESULTATS ET INTERPRETATIONS**

## RESULTATS ET INTERPRETATIONS

### PARTIE 1 : ETAT DE CONNAISSANCE SUR *Tamarindus indica*

#### 1 Origine et Aire de répartition

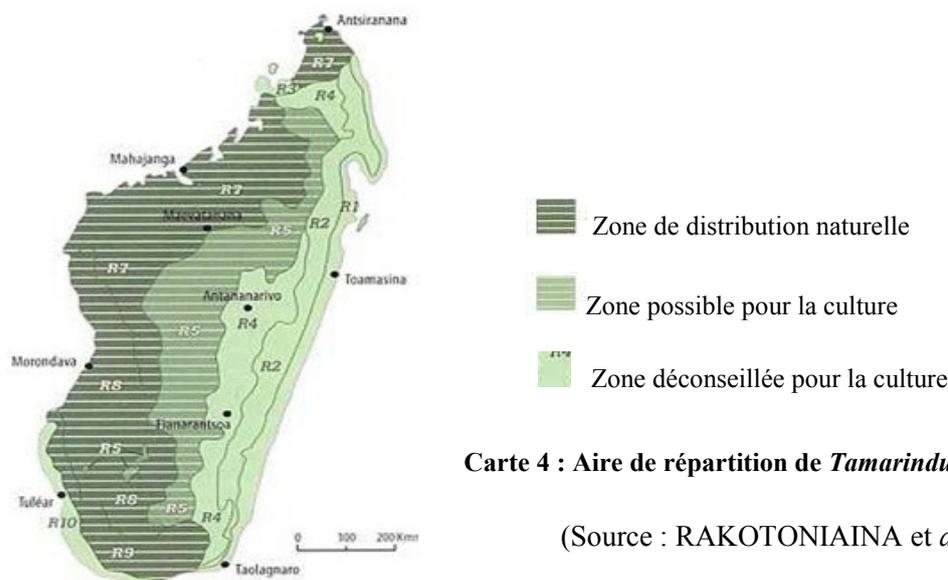
L'origine du tamarinier reste inconnue pour certains auteurs, alors que pour d'autres, il serait originaire d'Afrique tropicale (JOELLE, 2013).

L'origine forestière et l'autochtonie de cette espèce aujourd'hui, ont été longtemps discutées et c'est R. BARON en 1889, qui est le premier à l'avoir soupçonné d'être indigène à Madagascar : « Je suis convaincu que l'arbre (*Tamarindus indica*) est vraiment indigène à Madagascar, et s'il n'est pas indigène dans les autres contrées, la région Ouest de l'île est son habitat original. » (MORAT, 1973)

D'après PERRIER DE LA BATHIE en 1921, le tamarinier est une espèce très répandue et endémique à Madagascar. Il est originaire de Madagascar mais pousse en grande partie en Inde et en Amérique du Sud où il est largement cultivé (JOELLE, 2013).

L'espèce serait aussi autochtone au Burkina Faso, dans le nord du Cameroun, en Érythrée, en Éthiopie, en Gambie, en Guinée, en Guinée-Bissau, au Kenya, au Mali, au Mozambique, au Niger, au Nigeria, en Ouganda, en République Centrafricaine, au Sénégal, au Soudan, en Tanzanie, au Tchad et au Zimbabwe (RAKOTONIAINA, 2009). Ceci peut confirmer alors que le tamarinier est une espèce originaire de l'Afrique tropicale.

A Madagascar, l'espèce est très répandue à travers l'île sauf sur les Hautes Terres et les versants orientaux. De ce fait, il semble que cette espèce n'aime pas les hautes altitudes à basse températures et la pluviométrie trop élevée. Toutefois, elle est bien adaptée dans la région occidentale et celle du Sud.



Carte 4 : Aire de répartition de *Tamarindus indica* à Madagascar

(Source : RAKOTONIAINA et al., 2009)

### 2 Nom vernaculaire

La première description satisfaisante du tamarinier est celle d'un médecin portugais, GARCIA DE LA HUERTA, en 1563. Il nous apprend que le mot tamarinier (*tamarindo*) est d'origine arabe et formé de deux mots *tamar* et *hendi* qui signifient « palmier de l'Inde » (JOELLE, 2013).

A Madagascar, cette espèce est connue sous plusieurs appellations : Kily (Sakalava et Mahafaly), Madiro (Sakalava), Madilo (Sakalave du Nord et Antakarana), Voamadilo (Merina), Kilimadiro (Sakalava du Sud et Bara), Kilito et Voamatory (BLASER 1993 et ATTOUMANE 1999).

L'espèce est connue sous d'autres nominations dans d'autres pays. Au Comores, l'espèce est connue sous le nom de « Mahouja », le nom commun français de *Tamarindus indica* est le « Tamarinier », et en anglais « Tamarind ». Le tamarinier est aujourd'hui cultivé et naturalisé dans de nombreux pays et son appellation varie en fonction du pays et de la région où il croit.

### 3 Systématique du tamarinier

Le tamarinier (*Tamarindus indica*) est un arbre de la famille des Fabales, sous famille des Cesalpinoideae. Cet arbre est la seule espèce dans le genre *Tamarindus*.

Règne : Végétal

Sous-règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Rosidae

Ordre : Fabales

Famille : Fabaceae

Sous famille : Cesalpinioidea

Genre : *Tamarindus*

Espèce : *Tamarindus indica* L., 1753

(Source : <http://rmbn.nus.edu.sg>)

### 4 Ecologie et Biologie

Le tamarinier se développe bien sur une gamme variée de sols et de conditions climatiques mais préfère les zones semi-arides et les prairies arborées. C'est une espèce rustique s'adaptant à des écologies très diverses (CIRAD et GRET, 2002). On le trouve généralement sur des sols composés d'argile légère (en particulier d'argile rouge), de limon fin, de sable ou d'alluvions, ainsi que dans des zones rocailleuses. Il préfère les sols alluvionnaires bien drainés où il pleut en moyenne entre 250 à 1200 mm par an (MORTON et JULIA, 1987). Cependant, en culture, un arrosage est nécessaire durant les trois premières années. En revanche, il craint l'humidité stagnante et les sols asphyxiants ou

gorgés comme les marais et les tourbières. Il ne pénètre pas dans la forêt tropicale. Son enracinement puissant lui permet de résister à des vents violents mais aussi à des périodes de sécheresse prolongée. Il est présent à une altitude oscillant entre 0 et 1600 m au-dessus du niveau de la mer. Dans les régions plus sèches, l'espèce prospère le long des cours d'eau (BENJAMIN, 2010)

Le tamarinier est un arbre des régions intertropicales, il croît jusqu'à 30° de latitude nord et peut facilement devenir subspontané, c'est-à-dire se développe après avoir été introduite dans une zone et s'intègre à la flore locale. On le rencontre à l'état sauvage aussi bien dans les îles coralliennes polynésiennes, qu'en bordure de mer ou sur les pentes montagneuses des tropiques. En Afrique il semble préférer les abords des grandes termitières et s'associe parfois au baobab (MUOK et ALEM, 2011).

### 4.1 Caractéristiques morphologiques

Le tamarinier est un grand arbre qui peut atteindre plus de 15 à 20 mètres de haut voire 30 mètres et ses branches sont très étendues. Il présente un houppier dense et étalé (cf. Photo 1), un tronc assez court et des branches qui ont tendance à s'infléchir jusqu'au sol. Son tronc, brun et écailleux (cf. Photo 3) peut atteindre une circonférence de plus de dix mètres. L'écorce est brune, très crevassée longitudinalement et écailleux chez les adultes et a une épaisseur qui varie de deux à cinq centimètres. En période de grande chaleur, son écorce peut produire une substance visqueuse, acide qui une fois sèche, imite la crème de tartre par sa dureté et sa blancheur. (ATTOUMANE, 1999).



**Photo 1 : *Tamarindus indica***

(Source : RAMALANJAONA, 2013)

## Résultats et Interprétations

Le tamarinier est un arbre d'une très grande longévité et peut vivre jusqu'à 200 ans et reste toujours productifs (MORTON et JULIA, 1987).

Il est considéré comme un arbre à feuillage persistant mais peut avoir une courte phase décidue dans certaines régions. Ses feuilles (cf. Photo 2) sont longues, alternes, paripennées et composées de huit à 18 paires de folioles (BENJAMIN, 2010). Elles se replient la nuit. Les fleurs (cf. Photo 5) sont petites et jaunes avec des rainures roses. Elles poussent en petites inflorescences, mesurent de 2 à 3cm de larges environ, et sont groupées en grappes pendantes. Les fruits (cf. Photo 4) appelés « tamarin » sont des gousses de 5 à 15 cm de long, qui renferment jusqu'à 10 graines entourées d'une pulpe visqueuse. Les graines sont de couleur marron rougeâtre foncé ou de couleur noire avec un tégument dur.



**Photo 2 : Feuilles de *Tamarindus indica***

(Source : RAMALANJAONA, 2013)



**Photo 3 : Tronc de *Tamarindus indica***

(Source : RAMALANJAONA, 2013)



**Photo 4 : Fruits de *Tamarindus indica***

(Source : RAMALANJAONA, 2013)



**Photo 5 : Fleurs de *Tamarindus indica***

(Source : GUILY, 2012)

## Résultats et Interprétations

La croissance de l'arbre est lente, mais dans des conditions favorables, il peut avoir un accroissement annuel en hauteur d'environ 60 à 80 cm et ces arbres atteignent leur maturité à 50 ans (RAKOTONIAINA *et al.*, 2009). Les arbres issus des graines ne produisent de fruits qu'au bout d'au moins sept ans, tandis que ceux issus de greffes portent des fruits dans les trois à quatre ans après le greffage (MORTON et JULIA, 1987). Afin d'assurer une bonne forme de l'arbre, les jeunes tamariniers peuvent être élagués pour ne laisser que 3 à 5 branches.

La multiplication de *Tamarindus indica* peut se faire à partir des graines ou bien de façon végétative par marcottage ou greffage. Les graines du tamarinier peuvent être scarifiées ou plongées rapidement dans l'eau bouillante pour améliorer sa germination. Les graines du tamarinier peuvent rester viables pendant des mois si elles sont gardées au sec (HOUEREU et MAYDELL, 1990).

### 4.2 Phénologie de l'espèce

Les arbres commencent généralement à produire des fruits au bout de 7 à 10 ans. Les principaux agents de dispersion sont les oiseaux, les animaux sauvages, le vent et l'homme (HOUEROU et MAYDELL, 1990). Le temps de floraison et de fructification varient selon les pays. Au Kenya, par exemple, les fleurs apparaissent au même moment que les nouvelles feuilles, entre avril et juillet. La fructification se déroule de Mai à Août et les fruits arrivent à maturité entre Décembre et Février. Au Niger, la floraison débute en décembre et se termine en mai. Les fruits parviennent à maturité entre Décembre et Janvier (BENJAMIN, 2010).

La période de floraison de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly s'étend du mois de novembre au mois de mars (RATSIRARSON, 1996). La durée de vie d'une fleur est de trois jours. Les visiteurs principaux sont les oiseaux (Sylviidae et Nectarinidae) et les insectes (Apidae, Hyménoptères et Lépidoptères) (RATSIRARSON, 1996). Des fois, l'arbre fleurit alors que les premiers fruits arrivent déjà à maturité et d'autres sont encore verts.

La fructification du tamarinier à Bezà Mahafaly s'étend du mois de Janvier au mois de Septembre (ATTOUMANE, 1999). Un arbre mature de tamarinier produit en moyenne 150 à 250 kg de fruits par an. L'arbre porte des fruits en abondance jusqu'à l'âge de 50-60 ans ou parfois plus, la productivité diminue ensuite, mais il peut vivre encore 150 ans et plus (HOUEREU et MAYDELL, 1990).

Tableau 4 : Phénologie du tamarinier

Mois	J	F	M	A	M	J	JL	A	S	O	N	D
Feuillaison												
Floraison												
Fructification												

(Source : ATTOUMANE, 1999)

### 4.3 Caractéristique du bois du tamarinier :

*Tamarindus indica* fournit un bois lourd et très dur (cf. Tableau 5), avec une densité 800 à 930 kg/m<sup>3</sup>. L'aubier est jaune pâle et le bois de cœur est brun violacé foncé, très dur, lourd, solide, durable et résistant aux insectes. Il a un très bon comportement dans le temps. Le bois est difficile à travailler .mais donne un beau poli (RAKOTONIAINA et *al.*, 2009).

*Tamarindus indica* possède un pouvoir calorifique très élevé tant pour le bois de chauffe que pour le charbon, respectivement de 3950cal/g et 7950 cal/g (ATTOUMANE, 1999).

**Tableau 5 : Caractères physiques du tamarinier**

Caractéristiques	%	Qualification
Densité D <sub>12</sub>	1,07	Très lourd
Dureté	12,60	Très dur
Point de saturation des fibres	28,4	Normal
Rétractabilité volumétrique totale	15,6	Forte
Rétractabilité tangentielle	10,2	Forte
Rétractabilité radiale	5,5	Moyenne
Coefficient de rétractabilité volumétrique	0,6	Très nerveux

(Source: DRFP, FOFIFA Ambatobe, in ATTOUMANE, 1999)

## 5 Importance et usage de *Tamarindus indica* dans le monde

Le tamarinier est une source de nourriture, de conservateurs alimentaires, de fourrage, de médicaments, de bois d'œuvre et de bois de chauffe (MUOK et ALEM, 2011). La pulpe du fruit est très riche en acide tartrique et sert de conservateur dans l'industrie des fruits et légumes en saumure et des boissons alcooliques. La pulpe verte des fruits immatures est trop aigre pour être consommée directement, mais elle entre souvent dans la préparation de plats savoureux. Dans les pharmacopées traditionnelles, la pulpe est réputée pour ses propriétés laxatives, mais aussi antibactériennes et antifongiques. Elle calmerait aussi les maux de dents, d'ailleurs elle est utilisée en pharmacie et parapharmacie européenne sous forme de *gel gingivale* (BENJAMIN, 2010).

Les fruits mûrs sont comestibles et prisés car ils sont plus sucrés, mais demeurent malgré tout très acides. Ils sont employés dans des desserts sous forme de confiture, dilués pour en faire des jus ou des boissons sucrées, ou aussi séchés pour être consommés comme amuse-bouche. Ils servent également de laxatif naturel (BENJAMIN, 2010).

Les fleurs, les feuilles et les graines peuvent être consommées et sont préparés dans une variété de plats. Son bois est recherché pour la confection de meubles ou comme bois de construction. Pour ses

## Résultats et Interprétations

propriétés astringentes, l'écorce est employée en usage externe aussi pour soigner les plaies et certains problèmes de peau. Le feuillage est employé dans la confection de teinture jaune ou rouge (MUOK et ALEM, 2011).

Le tamarinier est utilisé comme arbre d'alignement et d'ombrage en zone urbaine ou en bord de mer. Il est aussi utilisé comme plantations d'agrément, le long des routes, les berges des rivières, dans les places de village et les jardins (MORTON et JULIA, 1987).

Les feuilles et les fruits du tamarinier sont appréciés par les bétails (ovin, caprin et bovidés) et les lémuriers (RATSIRARSON, 1986).

L'espèce fait l'objet de nombreuses utilisations traditionnelles dans différentes sociétés africaines. Les différentes utilisations dans le monde des différentes parties de l'espèce *Tamarindus indica* sont résumées dans le tableau ci-dessous :

**Tableau 6 : Utilisation de *Tamarindus indica***

Usages en général dans le Monde	Partie de la plante
Alimentation pour l'homme	Fruits, Feuilles
Fabrication de boisson	Fruits
Alimentation des bétails : Fourrage	Gousses, Feuilles
Bois de chauffe et fabrication de charbon de bois	Tiges, Branches et tronc
Pharmacopée et différents applications médicales	Feuilles, fruits et Ecorce
Protection du sol	Arbre entier
Bois d'œuvre, mobilier	Bois
Loisir, arbre d'ombrage et d'ornementation	Arbre entier

(Source : Adaptée de MUOK et ALEM, 2011)

**PARTIE 2 : ANALYSE DU PEUPLEMENT**

**1 Analyse structurale**

**1.1 Structure Floristique**

**1.1.1 Composition floristique**

Au total, 64 types d'espèces ont été recensés dans la forêt galerie et ses extensions, et 56 espèces dans la forêt de transition. La liste des espèces floristiques recensée lors de cette étude dans la Réserve de Bezà-Mahafaly est donnée en Annexe 2.

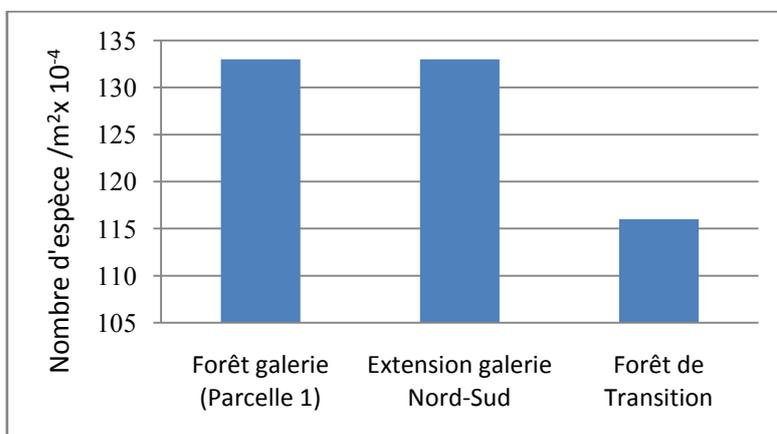
**1.1.2 Richesse floristique**

Elle est représentée par le nombre d'espèces présent dans une surface de 1 m<sup>2</sup> (FOURNIER et SASSON, 1983).

La forêt galerie (Parcelle 1) et son extension Nord- Sud contiennent le nombre d'espèces par mètre carré le plus élevé tandis que la forêt de transition recèle la plus faible nombre d'espèces (cf. figure 3). En effet, ces différences de nombres d'espèces entre ces zones peuvent être liées à la pression anthropique et à la divagation des bétails dans les zones non protégées (forêts de transition). La forêt galerie est dominée par les espèces de la famille des EUPHORBIACEAE, FABACEAE, TILIACEAE et la forêt de transition par les espèces de la famille des BURSERACEAE et TILIACEAE, EUPHORBIACEAE, FABACEAE.

**Tableau 7 : Richesse floristique (Espèce /m<sup>2</sup>)**

Zone	Nombre de Familles	Nombre de Genres	Nombre d'Espèce	Richesse Floristique (espèce /m <sup>2</sup> ) x 10 <sup>-4</sup>
Forêt Galerie (Parcelle 1)	27	47	64	133
Transition	24	39	56	0,0116
Extension galerie Nord-Sud	31	50	64	0,0133



**Figure 3 : Richesse floristique**

### 1.1.3 Diversité floristique

La diversité floristique exprime la répartition des espèces entre les individus présents. Elle est évaluée à l'aide du Coefficient du mélange ou CM (FOURNIER et SASSON, 1983).

L'extension Nord et Sud de la forêt galerie détient la diversité floristique la plus élevée (cf. tableau 9). La valeur 1/12 indique qu'après douze (12) individus inventoriés, une autre espèce est recensée. Le coefficient de mélange varie de 1/12 à 1/16 pour les sites étudiés. D'après ces valeurs, une espèce est alors représentée en moyenne par 14 individus, on peut alors dire que les espèces floristiques sont plus ou moins diversifiées c'est-à-dire bien répartis entre eux dans la réserve de Bezà-Mahafaly.

**Tableau 8 : Coefficient de mélange**

Zone	Forêt galerie	Extension forêt galerie Nord-Sud	Forêt de transition
Coefficient de mélange (CM)	1/15	1/12	1/16

## 1.2 Structure spatiale

### 1.2.1 Analyse horizontale

#### 1.2.1.1 Abondance, Dominance, Contenance et Coefficient d'élancement

Le nombre de tiges par hectare le plus élevé (cf. tableau 9) est rencontré dans la forêt galerie (21.125 tiges /ha). Le compartiment C ( $1\text{cm} \leq D_{\text{collet}} < 5\text{cm}$ ) y est le plus riche en nombres de tiges, ce qui signifie que cette zone est dominée par les régénérations naturelles.

Dans la forêt de transition, le nombre de tiges à l'hectare (18.714 tiges/ha) est assez élevé mais la dominance ( $40,06 \text{ m}^2/\text{ha}$ ) et la contenance ( $V_T = 329,79 \text{ m}^3/\text{ha}$ ,  $V_F = 192,53 \text{ m}^3/\text{ha}$ ) y sont faibles par rapport à celle de la forêt galerie et ses extensions. Cette situation est due à l'abondance des arbres de petites tailles (diamètre et hauteur) dans cette zone.

L'extension Nord et Sud de la forêt galerie est la zone qui possède une forte potentialité de bois exploitable par rapport aux autres zones (forêt de transition et forêt galerie Parcelle 1). En effet, dans l'extension Nord et Sud de la forêt galerie, le volume de la biomasse est de  $381,6 \text{ m}^3/\text{ha}$  et le volume exploitable de  $195,5 \text{ m}^3/\text{ha}$ . Ces valeurs assez élevées sont dues aux grands diamètres et hauteurs des arbres dans ces zones.

Le coefficient d'élancement varie de 61,84 à 66,75 dans les trois zones. Ces taux indiquent une stabilité du peuplement c'est-à-dire que l'ensemble du peuplement dans la Réserve de Bezà Mahafaly a une assez forte résistance et stabilité face au vent.

## Résultats et Interprétations

**Tableau 9 : Abondance, Dominance, Contenance et Coefficient d'élanement dans les trois zones**

Compartiment	Galerie				Extension Nord et sud				Transition			
	A	B	C	Total	A	B	C	Total	A	B	C	Total
Nombre de tiges	288	103	590	<b>981</b>	292	72	417	<b>781</b>	287	114	515	<b>916</b>
N/ha	600	858,3	19667	<b>21125</b>	608,33	300	13900	<b>14808</b>	597,92	950	17166,7	<b>18714</b>
G (m <sup>2</sup> /ha)	2,96	40,56		<b>43,51</b>	45,947	2,147		<b>48,09</b>	36,32	3,74		<b>40,06</b>
V <sub>T</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	320,14	9,65		<b>329,79</b>	374,91	6,726		<b>381,6</b>	260,69	13,6		<b>274,32</b>
V <sub>F</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	187,39	5,14		<b>192,53</b>	192,11	3,342		<b>195,5</b>	139,04	6,7		<b>145,74</b>
CE	65,75				61,84				66,75			

N/ha : Abondance, G : Dominance, V<sub>T</sub> : Volume de la biomasse, V<sub>F</sub> : Volume exploitable, CE : Coefficient d'élanement.

### f. Diamètre et Hauteur moyen

Le diamètre moyen (cf. tableau 10) varie de 23,23 cm à 24,97 cm pour le compartiment A ( $D_{1,3} \geq 10\text{cm}$ ) et de 6,51 à 6,93 cm pour le compartiment B ( $5\text{cm} \leq D_{1,3} < 10\text{cm}$ ). Quant à l'hauteur moyenne, les valeurs sont de 11,17 m à 12,89 m pour les arbres de diamètre supérieur ou égal à 10 cm, et entre 5,74 m à 6,52 m pour les jeunes bois ( $5\text{cm} \leq D_{1,3} < 10\text{cm}$ ). L'ensemble des arbres dans la Réserve de Bezà Mahafaly sont alors en moyenne de grande taille (hauteur et diamètre). L'arbre le plus haut atteignant 23 m de hauteur a été rencontré dans la forêt galerie.

**Tableau 10 : Diamètre et hauteur moyen**

Compartiment	Forêt galerie		Extension Nord et Sud forêt galerie		Forêt de Transition	
	D <sub>moy</sub>	H <sub>moy</sub>	D <sub>moy</sub>	H <sub>moy</sub>	D <sub>moy</sub>	H <sub>moy</sub>
	(cm)	(m)	(cm)	(m)	(cm)	(m)
A	24,97	11,94	23,23	12,89	23,85	11,17
B	6,51	5,89	6,62	5,74	6,93	6,52

D<sub>moy</sub> : Diamètre moyen, H<sub>moy</sub> : Hauteur moyenne.

### 1.2.2 Analyse verticale

#### 1.2.2.1 Profil structural

Le profil structural présente la stratification verticale de la formation forestière. Il renseigne sur la hauteur du peuplement, son degré de fermeture, la densité, l'étalement des houppiers et l'étagement de la végétation.

Le profil structural (cf. Annexe 3) dans les trois zones d'études (forêt galerie, extension forêt galerie et forêt de transition) montre que :

## Résultats et Interprétations

- Dans la forêt galerie ainsi que dans ses extensions Nord et Sud, les grands arbres ayant un diamètre supérieur à 30cm et une hauteur supérieure à 15 m sont plus nombreux en nombre d'individus que ceux dans les zones de la forêt de transition.
- Les espèces dominantes sont *Tamarindus indica* et *Quivisianthe papinae* pour la forêt galerie et ses extensions ; et *Grewia franciscana* et *Grewia leucophylla* pour la forêt de transition.
- Le degré de fermeture est la même dans la forêt galerie ainsi que les extensions la forêt galerie. Dans ces zones, les arbres sont groupés, les houppiers des arbres se touchent et se concurrencent, elle présente une fermeture assez dense (cf. Annexe 3). Dans la forêt de transition, le degré de fermeture est normal, les trouées prennent en moyenne 25 à 40% de la surface du peuplement.
- Dans les trois zones, une stratification est visible : une strate intermédiaire et une strate supérieure. Pour la forêt galerie et ses extensions, la strate intermédiaire est composée d'arbre ayant une hauteur comprise entre 3 à 15 m et la strate supérieure d'arbre supérieur à 15 m. Tandis que pour la forêt de transition, la strate supérieure est composée par des arbres supérieurs à 10 m de hauteur et la strate intermédiaire par des arbres ayant une hauteur comprise entre 3 à 10 m.

### 1.2.2.2 Structure des classes de hauteur

Les individus sont concentrés dans les hauteurs inférieures (entre 1 à 5m) dans toutes les zones d'études (cf. figure 4). Le nombre de tiges diminue au fur et à mesure que l'hauteur augmente.

En observant les histogrammes obtenus, on peut en déduire que les zones étudiées en l'occurrence la forêt galerie, la forêt de transition et l'extension Nord et Sud de la forêt galerie présente chacune trois strates bien déterminées qui sont principalement :

- la strate des petits arbres qui est très abondante,
- la strate moyenne ou intermédiaire,
- la strate supérieure qui est de faible densité.

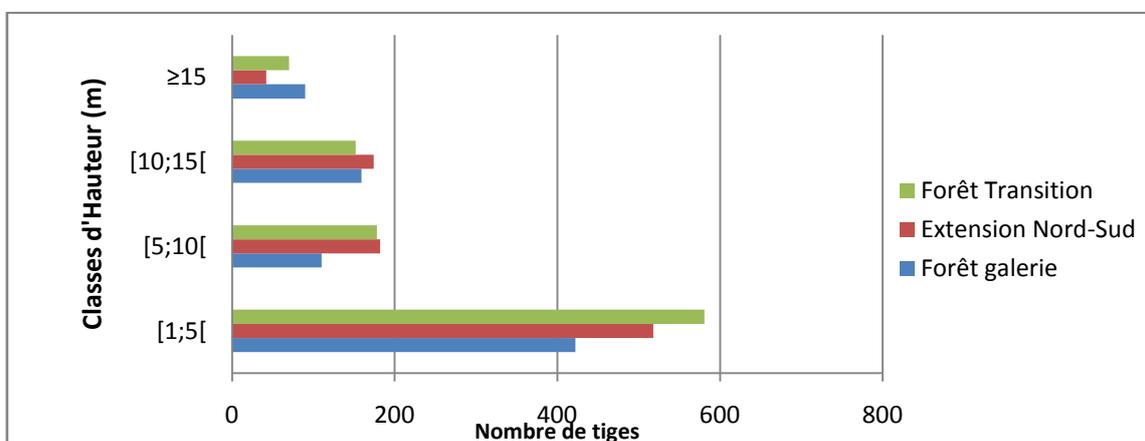


Figure 4 : Distribution de nombres de tiges par classe de hauteur dans les trois zones d'études

1.2.3 Structure totale

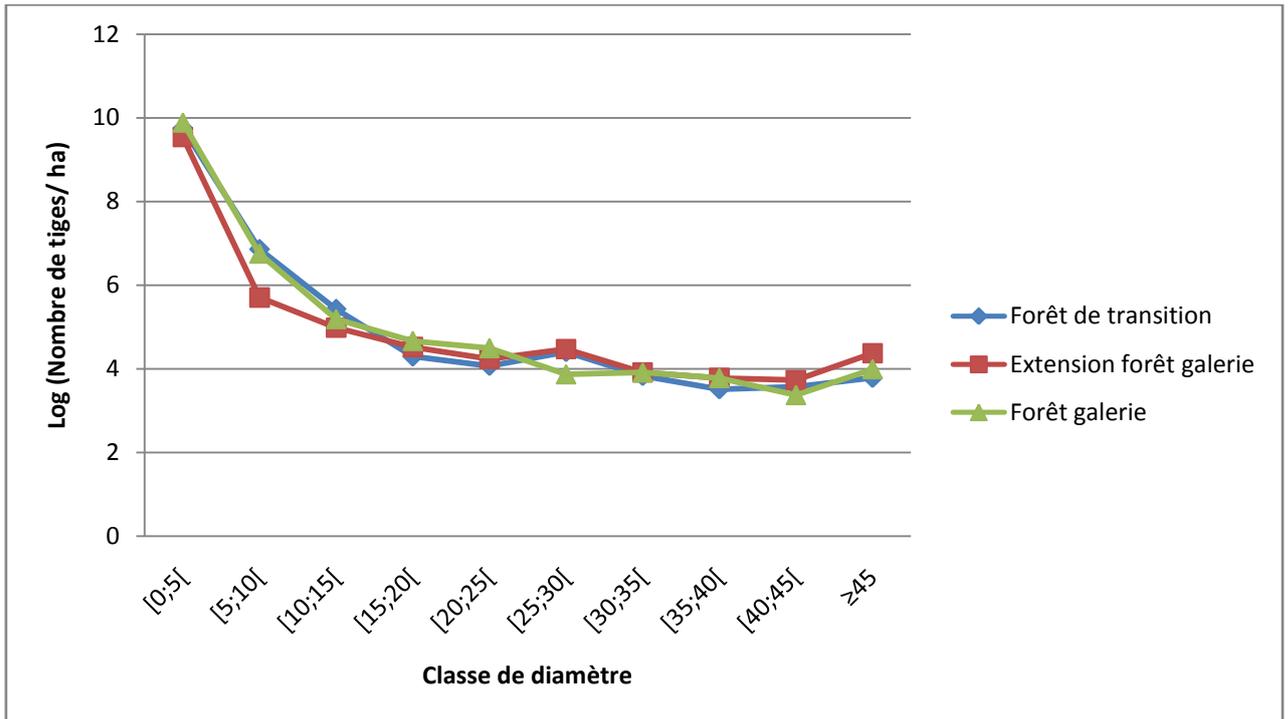


Figure 5 : Structure totale

On remarque une abondance de régénérations et le nombre de tiges diminue au fur et à mesure que le diamètre augmente. Cet état de fait est attribué surtout à l'existence d'une sélection naturelle (due à la concurrence des individus vis à vis des facteurs de croissance comme la lumière et le sol) et au tempérament même de chaque espèce composant le peuplement.

La courbe de la structure totale (cf. figure 5) suit une allure exponentielle négative. En effet, d'après ROLLET (1979), la tendance exponentielle des distributions des diamètres est un caractère intrinsèque des forêts primitives. Par ailleurs, l'expression exponentielle pour la distribution des diamètres démontre que l'effectif est constant dans une classe de diamètre, c'est-à-dire que la mortalité et le passage à la classe supérieure compensent le recrutement à partir de la classe inférieure (RAJOELISON, 2005). La forêt dans les trois zones étudiées (forêt galerie, forêt de transition et extension forêt galerie) a donc une structure relativement équilibrée, c'est-à-dire que la forêt est capable de produire tous les ans le même volume de produits comportant la même répartition en classes de diamètre.

2 Principales essences

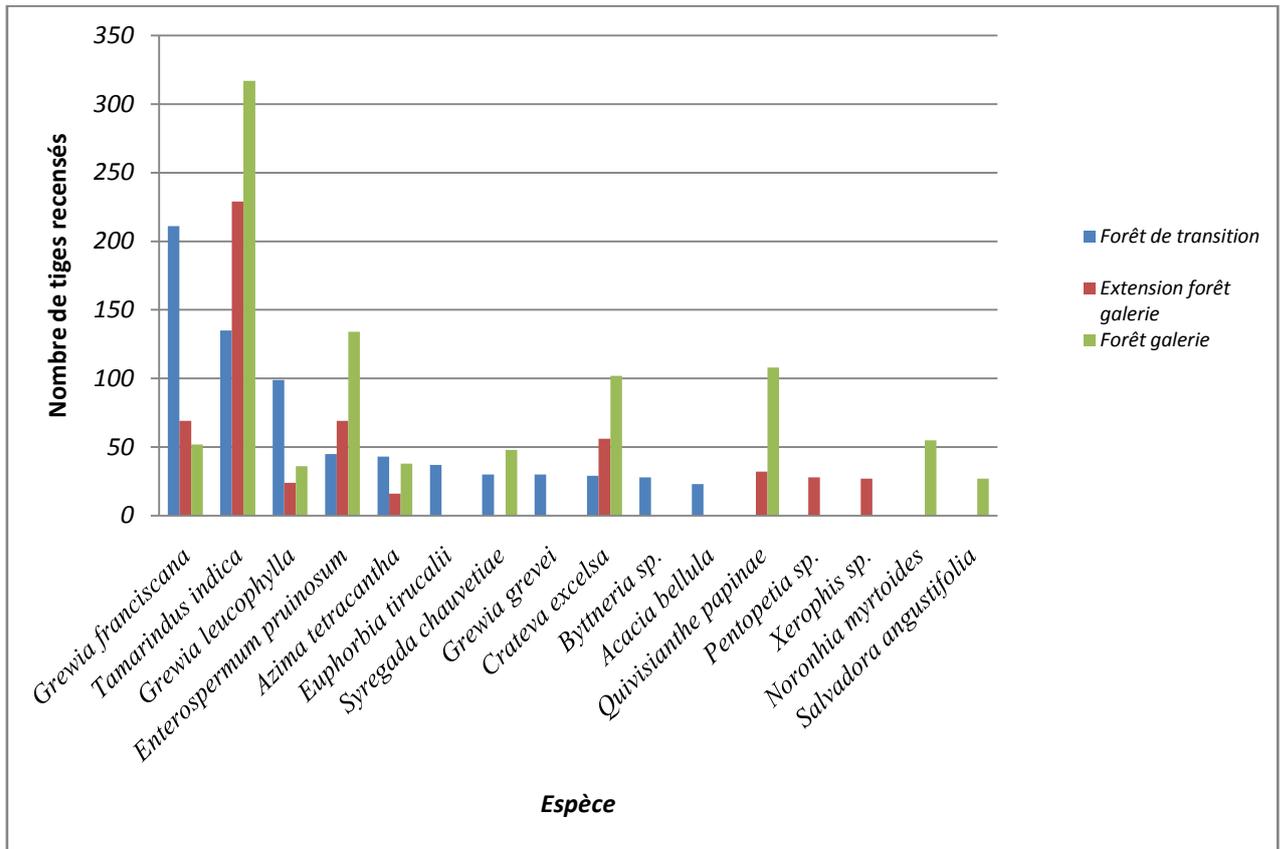


Figure 6 : Les essences principales dans les trois zones

En se référant sur l'abondance de chaque espèce dans la Réserve de Bezà Mahafaly, on peut en déduire que les essences principales sont constituées de :

- Tratraborondreo (*Grewia leucophylla*), Kily (*Tamarindus indica*), Tainkafotse (*Grewia franciscana*), Mantsake (*Enterospermum pruinatum*) dans la forêt de transition,
- Kily (*Tamarindus indica*), de Valiandro (*Quivisianthe papinae*), Akaly (*Crateva excelsa*), Mantsake (*Enterospermum pruinatum*) dans la forêt galerie et ses extensions.

### 3 Analyse de la régénération naturelle

La régénération naturelle est constituée par les espèces de diamètre compris entre 1 et 5 cm recensées dans les compartiments C (RAJOELISON, 1997). L'état de la régénération naturelle peut être apprécié à travers le taux de régénération (TR) qui est le rapport entre les individus de régénérations et les individus autres que les régénérations (ROTHE, 1964 in ANDRIANJOHANINARIVO, 2005).

Les individus de régénérations sont définis comme étant les individus ayant un diamètre compris entre 1 à 5 cm et une hauteur totale supérieure à 1m. Les individus autres que les régénérations ou individus semenciers sont les individus ayant un diamètre  $\geq 10$ cm et une hauteur  $\geq 4$ m (ROLLET, 1979).

**Tableau 11 : Taux de régénération naturelle dans les trois zones**

	Forêt galerie	Extension de la forêt galerie	Forêt de transition
<b>Taux de régénération (%)</b>	150,89	114,56	128,42

Le taux de régénération varie de 114,56 à 150,89 % dans les trois zones d'études (cf. tableau 11). En moyenne, le taux de régénération est égal à 131,29 %. En se référant à l'échelle de ROTHE, ce taux (131,29 %) est compris entre 100% et 1000%, ce qui signifie que la régénération de l'ensemble des espèces dans les trois zones d'études est bonne. Les régénérations peuvent alors assurer l'avenir du peuplement dans les trois zones d'études.

C'est dans la forêt galerie que le taux de régénération est le plus élevé, ceci est dû au fait que dans cette zone les espèces sont protégées et ne sont pas menacées par les divagations des bétails ni les pressions anthropiques ni les autres menaces comme dans les deux autres zones (transition et extension de la forêt galerie).

Dans les trois zones étudiées, la régénération est bonne pour les espèces appartenant aux familles RUBIACEAE, TILIACEAE, CAPPARIDACEAE, OLAECÉAE et EUPHORBIACEAE. La régénération naturelle est faible pour les espèces appartenant à la famille des FABACEAE car ces derniers nécessitent pas mal de condition (besoin en lumière, dessiccation des graines) pour germer et croître.

## **PARTIE 3 : ANALYSE DE L'ESSENCE *Tamarindus indica* DANS LA RESERVE DE BEZÀ MAHAFALY**

### **1 Analyse structurale**

#### **1.1 Abondance, Dominance et Contenance, Coefficient d'élançement**

L'abondance du tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly varie de 314 individus/ha à 535 individus/ha (cf. tableau 12). La forêt de transition renferme le plus faible nombre d'individus de tamarinier, du fait que dans cette zone les ressources en eau se font de plus en plus rares, le sol y est moins fertile et moins riche en argile (RAMANANJATOVO, 1988), ce qui n'est pas favorable au développement de *Tamarindus indica*. La forêt galerie et son extension Nord et Sud se trouve près de la rivière Sakamena et occupe un sol alluvionnaire récent et peu évolué qui est fertile et riche en argile (RAMANANJATOVO, 1988) d'où l'abondance du tamarinier dans ces zones (forêt galerie et extension Nord-Sud de la forêt galerie). Plus on s'éloigne de la rivière, plus le nombre de tiges de tamarinier diminue.

La surface terrière de *Tamarindus indica* varie entre de 25,85 m<sup>2</sup>/ha à 40,47 m<sup>2</sup>/ha. Ces fortes valeurs peuvent être expliquées par l'abondance des tamariniers ayant des gros diamètres ( $d \geq 30\text{cm}$ ) représentant 40% de l'ensemble du peuplement de tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly.

Le volume exploitable varie de 103,55 m<sup>3</sup>/ha à 175,6 m<sup>3</sup>/ha. La zone d'extension Nord et Sud de la forêt galerie possède la plus grande disponibilité en bois exploitable de l'ordre de 175,6 m<sup>3</sup>/ha. Dans les trois zones, le volume exploitable du tamarinier représente en moyenne 70% de l'ensemble du volume totale exploitable dans la forêt de Bezà Mahafaly. Cette forte valeur peut s'expliquer par l'abondance des individus de tamariniers ayant de gros diamètres ( $d \geq 30\text{cm}$ ) dans la Réserve.

Le volume de la biomasse est aussi plus important, elle varie de 193,95 m<sup>3</sup>/ha à 339,32 m<sup>3</sup>/ha. C'est aussi dans la zone d'extension Nord et Sud de la forêt galerie que l'on rencontre la valeur de la biomasse la plus élevée.

Le coefficient d'élançement de *Tamarindus indica* dans les trois zones est en moyenne de 54,73 %. Cette valeur indique que le peuplement de tamarinier est stable c'est-à-dire que l'ensemble du peuplement de tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly a une assez forte résistance et stabilité face au vent. Cette stabilité peut s'expliquer par le nombre élevé d'individus de tamarinier ayant des gros diamètres ( $d \geq 30\text{cm}$ ).

**Tableau 12 : Abondance, dominance, contenance et coefficient d'élancement de *Tamarindus indica***

Zone	Nombre de tiges inventoriées (N)	N/ha	G (m <sup>2</sup> /ha)	V <sub>T</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	V <sub>F</sub> (m <sup>3</sup> /ha)	CE
Forêt galerie	257	535	32,26	254,75	149,64	54,25
Extension forêt galerie	249	518	40,47	339,32	175,6	56,13
Forêt de transition	151	314	25,85	193,95	103,55	53,82

N/ha : Abondance, G : Dominance, V<sub>T</sub> : Volume total, V<sub>F</sub> : Volume exploitable, CE : Coefficient d'élancement.

### 1.2 Hauteur moyenne et diamètre moyen

Dans les trois zones, le diamètre moyen varie de 25,84 cm à 30,47 cm. Le diamètre maximal du tamarinier est de 130,57 cm dans la forêt galerie. Le tamarinier est une espèce à très grande longévité et peut vivre jusqu'à 200 ans (MORTON et JULIA, 1987), ce qui explique la valeur élevée de son diamètre. *Tamarindus indica* peut atteindre de gros diamètre (d >80cm) même dans les zones non protégées, car les riverains ne s'intéressent pas trop au bois de *Tamarindus indica* en guise de bois d'œuvre ou de bois de construction, mais seulement pour leurs fruits et leurs branches pour le bois de chauffe. Les gros pieds de tamarinier sont aussi considérés comme arbre sacrés d'où ils ne sont pas exploités.

La hauteur moyenne du tamarinier dans les trois zones varie de 11,08m à 13,5m ce qui montre que les arbres de tamarinier sont relativement hauts. L'étage supérieur est fortement dominé par *Tamarindus indica* et le *Quivisianthe papinae* dans la forêt galerie. Le tamarinier atteint une hauteur maximale de 23m dans l'extension Sud de la forêt galerie. Cet élancement des arbres est dû aux caractéristiques du sol et à la proximité de la rivière Sakamena qui fait profiter au sol son humidité.

**Tableau 13 : Hauteur et diamètre moyen et maximal de *Tamarindus indica***

Zone	D <sub>moyen</sub>	H <sub>moyenne</sub>	D <sub>maximal</sub>	H <sub>maximale</sub>
	(cm)	(m)	(cm)	(m)
Forêt galerie	25,84	11,08	130,57	20
Extension forêt galerie	29,01	13,5	80,50	23
Forêt de transition	30,47	12,9	98,5	21

### 1.3 Relation hauteur et diamètre

Dans les trois zones d'études, les coefficients de corrélation r sont positifs et différents de zéro. L'hauteur et le diamètre sont fortement corrélés positivement (r>0,5). Ce qui signifie que plus le tamarinier s'accroît en hauteur, plus il augmente en volume.

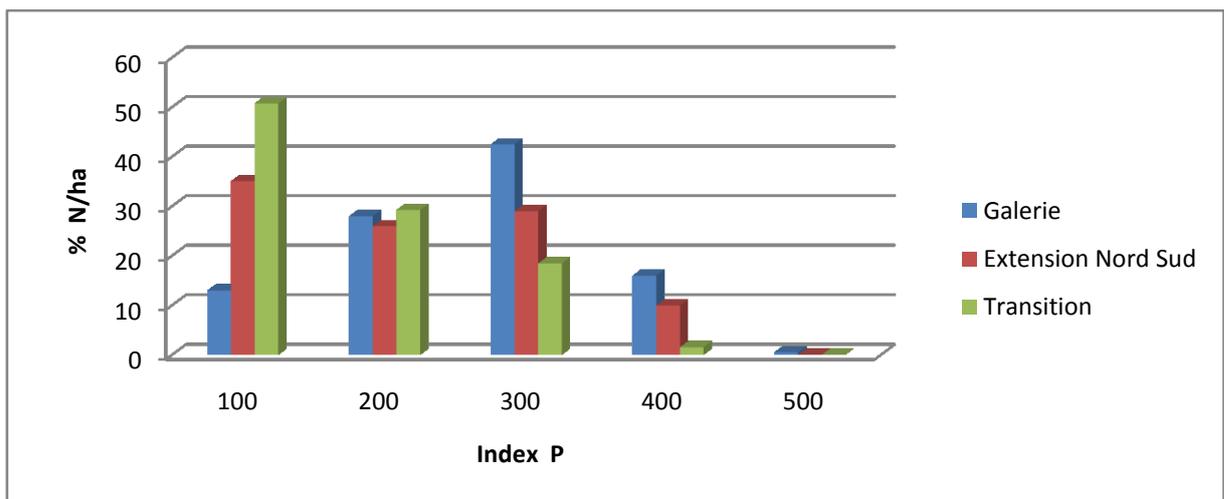
**Tableau 14 : Résultat du test de corrélation de Pearson entre l'hauteur et le diamètre du tamarinier dans les trois zones**

Variables	Coefficient de corrélation r					
	Forêt galerie		Extension forêt galerie		Forêt de transition	
	Hauteur	Diamètre	Hauteur	Diamètre	Hauteur	Diamètre
Hauteur	1	0,800	1	0,703	1	0,505
Diamètre	0,800	1	0,703	1	0,505	1

### 1.4 Index PHF

#### → Index P : Position du Houppier

Dans les trois zones, une forte proportion (>50%) des arbres de tamarinier possède un houppier en plein lumière et bien ensoleillé (P=100 à 200). Cela indique que le Tamarinier est un arbre dominant dans la strate supérieure. Dans la forêt galerie, 42 % des pieds de *Tamarindus indica* possède un houppier partiellement libre (P=300), du au fait que dans cette zone, le tamarinier est en forte compétition avec le *Quivisianthe papinae* dans la strate supérieure.



**Figure 7 : Distribution du nombre de tiges de tamarinier selon l'index P du PHF**

#### → Index H : Forme du Houppier

La majorité des individus (>50%) de *Tamarindus indica* porte un houppier partiellement asymétrique et de forme tolérable (H=30). Les houppiers parfaits (H=10) sont inexistantes dans ce peuplement. C'est la forte concurrence des arbres pour la lumière qui fait que les branches de beaucoup d'arbres comme le tamarinier, sont gênés par les branches des autres arbres, d'où une mal formation des houppiers.

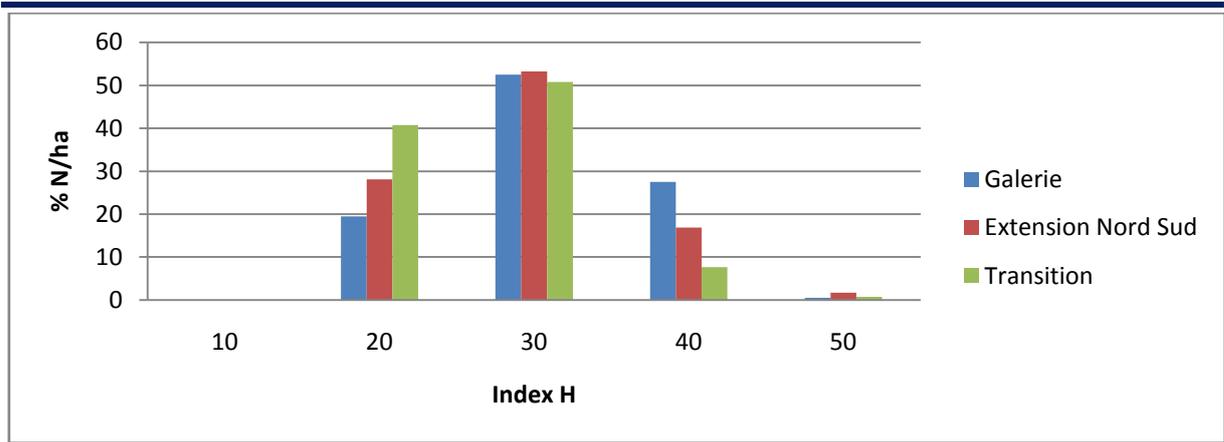


Figure 8 : Distribution du nombre de tiges de tamarinier selon l'index H du PHF

### → Index F : Forme du fût

Les individus ayant un fût droit à partiellement droit (F = 2 à 3) sont prépondérant en nombre (>70%). A cet effet, une bonne partie de bois issus du peuplement de *Tamarindus indica* peut être utilisée comme bois de sciage, mais à cause de la densité élevée du bois de *Tamarindus indica*, les riverains préfèrent n'utiliser que les petites branches et ceux comme bois de feu ou bois de charbon.

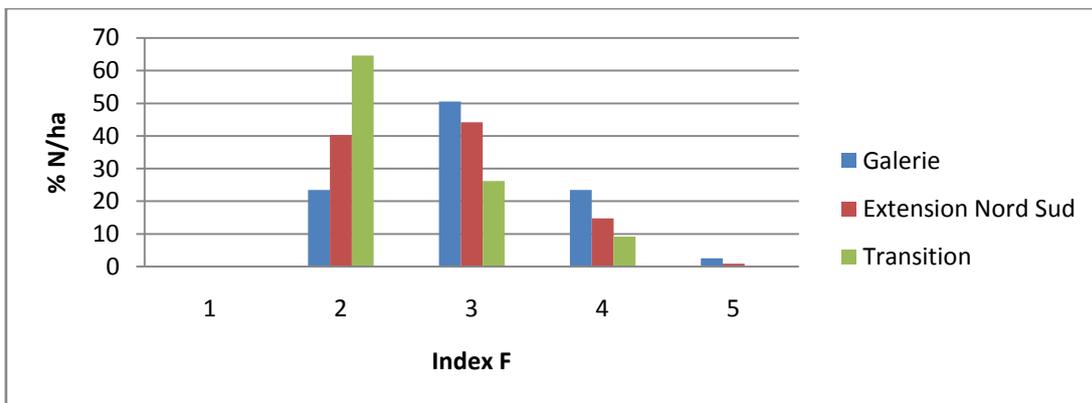


Figure 9 : Distribution du nombre de tiges de tamarinier selon l'index F du PHF

### 1.5 Structure total : Tempérament de l'essence

En prenant comme référence le schéma de l'interprétation des tempéraments des essences par des tableaux d'inventaire (cf. Annexe 6) selon ROLLET en 1979 :

La figure 10 montre qu'au fur et à mesure que le diamètre augmente, le nombre de tiges diminue, la régénération est aussi relativement faible. L'allure de la courbe de la figure 10 se rapproche de celle d'une essence héliophile du type nomade dans une forêt primaire ou secondaire. Ceci nous permet de dire que l'espèce étudiée en l'occurrence *Tamarindus indica* a un tempérament héliophile de type nomade. C'est-à-dire que l'espèce exige une certaine quantité de lumière directe et de chaleur pour

germer et pousser mais aussi tout au long de son cycle de vie, elle ne supporte pas non plus l'ombrage des autres arbres.

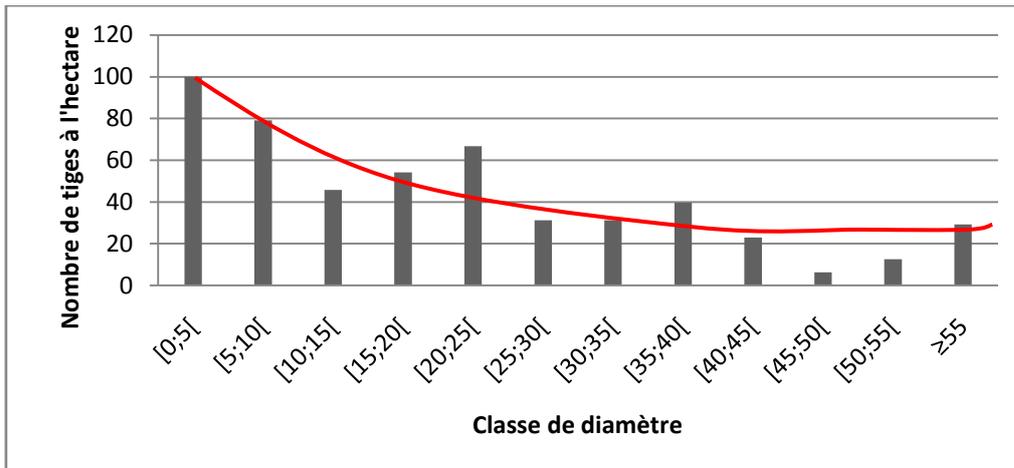


Figure 10 : Distribution du nombre de tiges à l'hectare par classe de diamètre

### 1.6 Structure des hauteurs

Une grande proportion d'arbres de *Tamarindus indica* possède une hauteur comprise entre 10 à 15 mètres. Cela indique que le tamarinier est un arbre dominant dans la strate supérieure. La classe comprise entre 1 à 5 m comporte le nombre d'individus le plus faible à cause de la faible régénération du tamarinier.

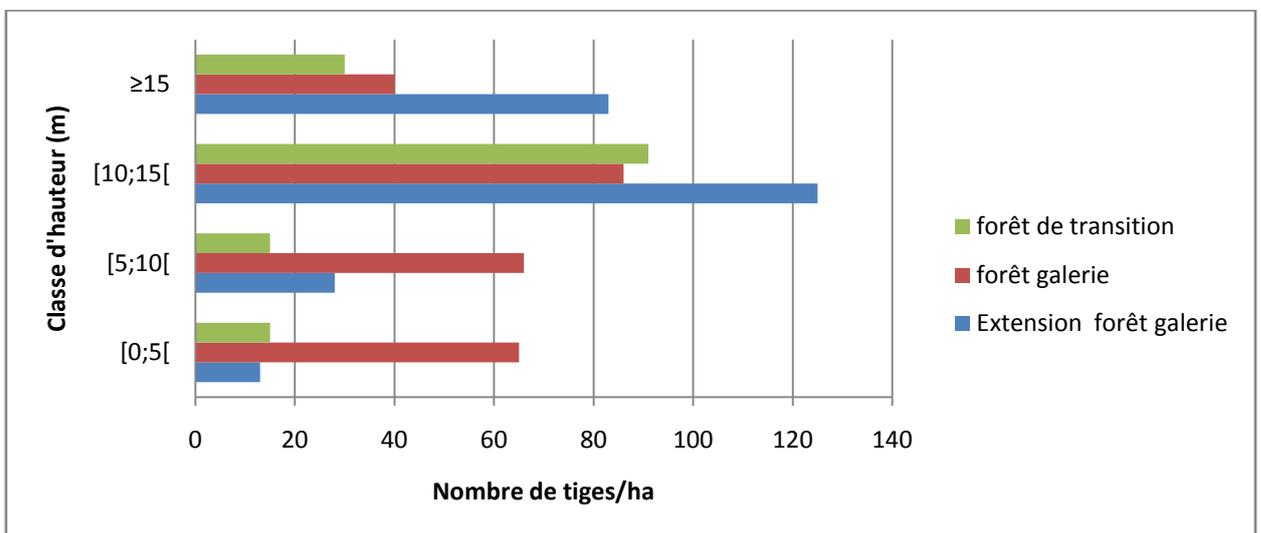


Figure 11 : Distribution du nombre de tiges à l'hectare par classe d'hauteur

### 2 Régénération de *Tamarindus indica*

La régénération est ici définie comme, l'ensemble des jeunes bois ayant un diamètre au collet, compris entre 1cm et 5cm (RAJOELISON, 1997) et une hauteur supérieure à 1 m.

L'analyse de la régénération de *Tamarindus indica* permet de déterminer la capacité de l'essence à se régénérer.

#### 2.1 Types de régénération

D'après les observations faites sur terrain, la régénération naturelle de *Tamarindus indica* s'effectue soit par germination des graines, soit par émission de rejet de souche.

La majorité des individus inventoriés provient de la régénération par graine. Plusieurs facteurs influencent la germination des graines et le développement des jeunes plantules du tamarinier dont : le type de sol et sa capacité de rétention d'eau, la compétition en eau et en lumière avec les végétaux alentours, le mode de dissémination des graines.

Les jeunes plantules de *Tamarindus indica* sont plus nombreuses le long de la rivière Sakamena dû au fait que la ressource en eau y est plus abondante. La richesse du sol et la présence de la litière enrichissant le sol en matière organique favorise aussi la germination des graines le long de cette rivière. Plus on s'éloigne de la rivière, plus le nombre de régénération de tamarinier diminue.

Concernant le mode de dissémination, le tamarinier est une espèce barochore<sup>2</sup> mais aussi zoochore<sup>3</sup>. D'une part, les fruits tombent du pied mère, et se dessèchent pour ne laisser que les graines. Si l'état de réceptivité du sol est prépondérant, c'est-à-dire les conditions environnementales, telles que l'humidité du sol, l'épaisseur de la litière, la qualité de la lumière, et la température sont adéquates, la graine va au fur et à mesure du temps germer. Lorsque les conditions ne sont pas réunies, les graines restent au sol, où la plupart pourrissent.

D'un autre part, il existe aussi les animaux en l'occurrence les lémuriers (*Lemur catta*, *Lepilemur leucopus*) les bovidés et certains oiseaux qui mangent les fruits du tamarinier. Le passage de la graine dans le système digestif de ces animaux stimule ensuite la germination de la graine.

Pour la régénération par rejet, la souche de tamarinier abattu émet des rejets assurant sa régénération. Ces rejets ont une très bonne croissance et sont plus résistants.

<sup>2</sup> Barochore : se dit d'une plante qui dissémine ses fruits et graines par barochorie, c'est à dire par gravité.

<sup>3</sup> Zoochore : se dit des plantes dont les semences sont dispersées par les animaux.



**Photo 6 : Jeune plant de tamarinier germinant dans une bouse de zébu**

(Source : RAMALANJAONA, 2013)

### 2.2 Taux de régénération

En prenant comme référence l'échelle de ROTHE (1964), dans les trois zones d'études, le taux de régénérations est inférieur à 100% (cf. tableau 15), cela indique que la régénération du tamarinier est mauvaise, *Tamarindus indica* présente une forte difficulté de régénération.

Les observations sur terrain ont montré que beaucoup de graines arrivent à germer mais seulement un faible taux arrive à passer la première année. Un grand nombre de facteurs peut endommager ou tuer les jeunes plantules pendant cette étape critique.

Les insectes et les bétails (ovin, caprin et bovidés) s'alimentent sur les feuilles et les tiges des jeunes plants de tamarinier ce qui diminue le taux de leur survie. En effet, les jeunes plants de tamarinier sont très appréciés par les ovins et les caprins, ce qui explique que dans les zones non protégées (forêt de transition et Extension forêt galerie), le taux de régénération est faible par rapport à celui dans la zone protégée par des fils barbelés (Forêt galerie). Les zones non protégées sont sous l'influence de la divagation des bétails mais aussi de la pression anthropique telle que le piétinement ou encore la coupe pour alimenter les bétails, ce qui entraîne une diminution non négligeable du taux de la régénération. La mortalité des jeunes plants de tamarinier est aussi due aux chutes de débris tels les branches et les lianes.

**Tableau 15 : Taux de régénération de *Tamarindus indica* dans les trois zones**

Zone	Taux de régénération (%)
Forêt galerie	27,86
Extension forêt galerie	2,04
Forêt de transition	2,72

### 3 Sénescence de *Tamarindus indica*

#### 3.1 Définitions se rapportant à la sénescence et au vieillissement

La sénescence peut être définie comme étant le processus de détérioration qui entraîne la mort naturelle de l'individu. Et le vieillissement se réfère au phénomène de l'accroissement de la maturité avec le temps. Par définition, le vieillissement inclut la plus large part des changements physiologiques, quelques-uns de ceux-ci pouvant conduire à l'affaiblissement de l'organisme alors que d'autres peuvent être neutres par rapport à la capacité de l'organisme à survivre. La sénescence se réfère aux changements qui servent à la régulation endogène de la mort (LEOPOLD 1980).

La sénescence étant associée à la mort naturelle est donc reliée à un changement interne qui augmente la probabilité de décès avec l'accroissement de l'âge de l'individu (COMFORT 1979, MEDAWAR 1957 in MANON, 2001). Toutefois, plusieurs facteurs externes peuvent affecter la croissance des arbres. Ces facteurs sont multiples et complexes.

Le vieillissement est associé aux changements qui se produisent lorsque l'arbre croit. Les manifestations du vieillissement incluent un déclin général de la vigueur caractérisé par une diminution du taux total de la croissance en diamètre et en hauteur, une diminution de la croissance des racines, une augmentation du nombre de branches mortes, une diminution du métabolisme, une réduction de la croissance végétative et reproductive des tissus et de la formation du bois de cœur, une lente cicatrisation et un changement dans la résistance aux invasions par certains insectes et champignons pathogènes (KRAMER ET KOZLOWSKI, 1960).

La mort des individus survient donc lorsqu'ils ne peuvent acquérir ou mobiliser suffisamment de ressources pour survivre à leurs blessures ou soutenir la vie autrement. L'espérance de vie des arbres est très variable à l'intérieur même d'une espèce (WAREING ET SETH 1967 in MANON, 2001). La sénescence est définie comme étant un processus physiologique du vieillissement. Ce phénomène implique l'affaiblissement et le ralentissement des fonctions vitales dues à la vieillesse (JOSETTE et ALAIN, 1993).

#### 3.2 Phase de vieillissement de *Tamarindus indica*

*Tamarindus indica* est une espèce à longue durée de vie. Elle peut vivre jusqu'à plus de 200 ans (MORTON et JULIA, 1987). L'observation sur terrain de l'état sanitaire des individus de tamarinier a montré qu'un grand nombre des pieds de *Tamarindus indica* existant dans la forêt de Bezà Mahafaly sont au stade de vieillissement. Les manifestations du vieillissement visibles ont été : l'abondance du nombre de branches mortes, le décollement des écorces, la chute des feuilles. En moyenne 10 à 20 % des individus de tamarinier inventoriés ont présenté ces symptômes de dépérissement, et ces symptômes n'ont été visibles que chez les individus de gros diamètres ( $D \geq 20\text{cm}$ ).

## Résultats et Interprétations

Chez le tamarinier, les grosses branches dépérissant montrent tout d'abord une chute des feuilles et des rameaux. L'arbre présente ensuite des branches à différents stades de dépérissement. Les branches qui se dessèchent ne sont plus renouvelées. C'est un signe que l'arbre est en phase de sénescence, car l'arbre n'a plus assez de force pour relancer de nouvelles branches. A l'approche de sa mort, il ne reste plus que quelques branches vivantes, l'arbre reste encore sur pied, l'écorce commence à se décoller facilement, les facteurs aggravent tels que l'attaque des termites et des insectes xylophages conduit ensuite à la mort totale de l'arbre et sa pourriture. (KRAMER ET KOZLOWSKI, 1960).

Chez les jeunes individus de tamarinier, l'écorce est plus ou moins lisse, mais au stade adulte elle commence à se crevasser suivant le sens de la longueur et à devenir écailleux. Elle se décolle facilement sur les espèces âgées et en voie de déclin.

L'âge des arbres inventoriés et observés n'ont pas pu être relevé, mais selon les enquêtes effectuées au niveau des riverains, la majorité des gros arbres de *Tamarindus indica* ont déjà existé durant trois générations au minimum, ce qui équivaut à un âge minimum de 80 ans. Et selon RAKOTONIAINA et *al.* en 2009, le tamarinier atteint un accroissement annuel en hauteur d'environ 60 à 80 cm dans des conditions favorables et atteignent leur maturité à 50 ans et commence leur phase de vieillissement à partir de 60 à 80 ans. En général, chez les arbres à longue durée de vie, la phase de vieillissement peut durer très longtemps, et il en est de même pour le tamarinier.

Le nombre de *Tamarindus indica* mort varie de 7 à 29 pieds par hectares dans les trois zones d'études. Ce taux de mortalité (représentant 2% par rapport à l'ensemble du peuplement de tamarinier) est faible comparé au pied vivant qui varie de 314 à 535 pieds à l'hectare mais élevé comparé aux nombre d'individus de régénération qui varie de 8 à 117 pieds par hectare dans les trois zones. L'observation et l'inventaire sur terrain ont montré que les pieds de tamarinier mort sont tous des gros arbres et sont rencontrés dans le seuil de diamètre  $\geq 40\text{cm}$ . Les jeunes pieds ( $5\text{cm} \leq D_{1,3} < 10\text{cm}$ ) morts sont le plus souvent ceux victime des coupes pour affourager les bétails.

La descente sur terrain pour la réalisation de ce travail coïncidait également aux perturbations cycloniques (Cyclone HARUNA), dont la zone de Bezà Mahafaly était fortement touchée, ainsi certains impacts du cyclone ont pu être observés surtout pour *Tamarindus indica*. Chez le tamarinier, ce sont les gros arbres (diamètre  $\geq 20\text{cm}$ ) qui ont été les principales victimes du déracinement provoquant ensuite leur chute. L'observation a montré que, ce sont les gros arbres présentant des signes tels que l'abondance des tiges morts, le décollement des écorces qui ont été les principales victimes de déracinement. Les jeunes bois ( $5\text{cm} \leq D_{1,3} < 10\text{cm}$ ) de tamarinier quant à eux n'ont été pour la plupart que victime de défoliation et de perte de quelques petites branches. Cela signifie qu'avec l'âge, l'individu de tamarinier présente une adaptation de plus en plus défectueuse avec son environnement.



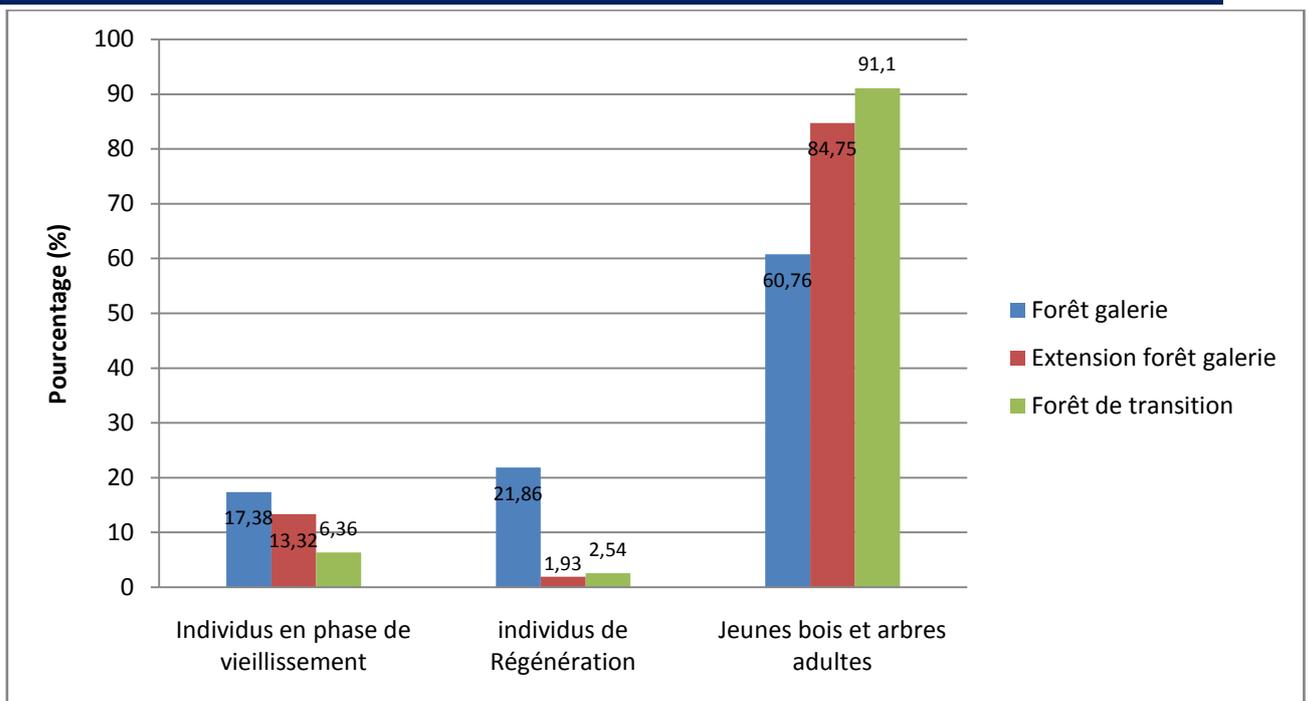
**Photo 7 : Pied de tamarinier déraciné par le cyclone**

(Source : RAMALANJAONA, 2013)

### **3.3 Comparaison de la régénération et des individus en phase de vieillissement de *Tamarindus indica***

Le nombre d'individus de régénération de tamarinier est faible par rapport au nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement dans la forêt de transition ainsi que dans l'extension de la forêt galerie, tandis que pour la forêt galerie, le nombre d'individus de régénération est supérieur au nombre d'individus en phase de vieillissement (cf. Figure 12). Ces différences d'abondances sont dues au fait que dans les deux zones (transition et extension), les régénérations sont menacés par différents facteurs (divagation des bétails, les actions humaines dont le piétinement) ce qui diminue le nombre d'individus de régénération par rapport à celui dans la forêt galerie.

En moyenne, le nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement est légèrement supérieur au nombre d'individus de régénération et de jeunes bois qui vont assurer l'avenir du peuplement de tamarinier dans la Réserve. On peut donc dire que le peuplement de tamarinier dans la Réserve tend vers un vieillissement de la population. Le nombre d'individus de régénérations et de jeunes bois ne peuvent plus compenser le nombre d'individus de tamarinier mort ou en phase de vieillissement. Il est donc possible que dans la Réserve de Bezà Mahafaly, l'espèce *Tamarindus indica* décroîtra en nombre chaque année si des mesures telles que l'enrichissement et la plantation, la gestion des arbres morts, ne sont pas prises en compte.



**Figure 12 : Pourcentage des différents individus de tamarinier selon leur stade de vie par rapport au nombre total d'individu de tamarinier dans la Réserve.**

### 4 Rôles et menaces de *Tamarindus indica* dans la forêt de Bezà Mahafaly

#### 4.1 Rôles de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly

Le Tamarinier est un arbre à usage multiple dans le Sud de Madagascar (FAUBLEE, 1942), aussi bien à Bezà-Mahafaly qu'à ses alentours.

Il sert comme arbre d'ombrage et d'ornementation des villages. Le tamarinier est considéré comme un arbre sacré. C'est le roi des arbres, le plus respecté, le plus prodigieux. Certains tamariniers sont consacrés aux esprits.

Le tamarinier est considéré comme un arbre de sagesse où l'on transmet la culture malgache aux enfants, et c'est sous cet arbre que le conseil des vieillards s'effectue pour juger les prévenus qui sont accusés de crimes de sorcellerie, de profanation des tombes et de vols (JOELLE, 2013).

Les gros tamariniers tout près des habitations sont considérés comme arbre sacré par les riverains et font l'objet de vénération ou de lieu d'offrande. Ils servent aussi d'arbres d'ombrages pour les animaux domestiques lors des canicules<sup>4</sup>, et en général, c'est sous l'ombrage des tamariniers que les femmes et les enfants effectuent certaines occupations quotidiennes (pillage du riz, vannage, nattage,...).

Les gousses et les feuilles sont utilisées comme nourriture de bétail durant la saison sèche, la pulpe des gousses permet de faire des boissons rafraichissantes, mais elle est aussi employée dans la fabrication traditionnelle des boissons alcoolisées « toka gasy ». Les riverains collectent alors les fruits dans la forêt pour les vendre au fabricant des boissons alcoolisées dans la localité, en moyenne le prix est de 1.000 à 2000Ar le kilo.

Les différentes parties de la plante sont très utilisées surtout en médecine traditionnelle. L'écorce pour soigner l'asthme, la diarrhée, la dysenterie. Les feuilles pour soigner la conjonctivite, la plaie superficielle, le vomissement, la bronchite chronique, le paludisme, la sinusite, et le traumatisme de l'œil.

Les fruits sont utilisés pour soigner la constipation et les maux d'estomac (RALANTONIRINA, et RAZAFIARISON, 1993). La pulpe acidulée des fruits est utilisée pour faire tourner le lait en lait caillé (habobo).

Les fruits, les feuilles et leurs fleurs sont particulièrement recherchés par *Lémur catta* (RATSIRARSON, 1986). Le fruit de *Tamarindus indica* est la ressource clé des makis pendant la saison sèche et souvent il est la composante dominante de leur régime alimentaire (RAZAFINDRAMANANA, 2005).

---

<sup>4</sup> Canicule : Période des plus grandes chaleurs

Les tiges soignent des maladies de l'appareil digestif comme la gastro-entérite pour les enfants (RAZAFIARISON, 1993). Les fruits servent de nourritures au villageois durant les périodes de soudures.

Les branches sont utilisées comme bois de feu dans la cuisson des repas, mais aussi lors de la fabrication de sel gemme.

### 4.2 Menaces

Les principales menaces concernant le tamarinier incluent sa transformation en charbon, son exploitation comme bois de feu, la diminution de sa distribution due à l'expansion des activités agricoles et au surpâturage. Les changements climatiques (sécheresse) et l'exploitation à des fins médicinales constituent des menaces moins immédiates.

#### a. La divagation des bétails comme pressions sur les régénérations

Dans la Réserve de Bezà Mahafaly, les jeunes plants de tamariniers sont très appréciés par les bétails (zébus, chèvre et mouton) ; les animaux qui divaguent dans la forêt se nourrissent des jeunes pousses, les piétinent et compromettent ainsi leur régénération. La divagation des animaux domestiques a surtout des impacts sur la régénération de *Tamarindus indica*. Durant la période sèche, les bouviers et les paysans taillent les arbres de *Tamarindus indica* pour affourager les feuilles à leurs bétails. Mais dans la plupart des cas observés sur terrain, la coupe est parfois mal faite, elle devient alors vitale pour l'arbre et entraîne sa mort. La première parcelle (forêt galerie) de la Réserve clôturée par des fils barbelés est moins touchée par cette menace de divagation de bétail, mais c'est surtout dans la forêt de transition et dans l'extension Nord et Sud de la forêt galerie que cela reste une grande menace.

La forêt est aussi considérée comme un lieu de refuge des bétails pour certains éleveurs. Parfois lorsque le nombre de bétails devient important pour un éleveur, il s'emménage dans la forêt pour garder ses animaux et il défriche une surface plus importante pour s'y installer (RIVOARIVELO, 2008). Les enquêtes au près des villageois ont permis de déterminer le nombre de parc à bœuf qui se trouve dans la forêt de la Réserve. Le nombre de parc à bœuf dans la forêt d'extension Nord Sud de la Réserve sont respectivement : 3 parcs à bœufs dans l'extension Sud de la forêt galerie, et 5 parcs dans l'extension Nord. Les populations concernées sont ceux provenant du village Mahazoarivo pour l'extension Nord et ceux d'Ampitanabo pour la l'extension Sud. L'existence de ces parcs à bœufs constitue une grande menace pour la forêt car non seulement, les éleveurs doivent défricher la forêt pour s'y installer mais en plus les régénérations, les jeunes plants et les feuilles des arbres adultes vont servir de nourriture au bétail. Le résultat des enquêtes ont aussi montré que plus de la moitié de la population vivant au alentour de la réserve ont déjà laissé leur bétails (zébus, chèvre et mouton) se divaguer et s'alimenter dans les forêts de la Réserve (extension de la forêt galerie et forêt de transition).



**Photo 9 : Animaux domestiques à l'intérieur de la forêt**

(Source : RAZAFINDRAIBE, 2008)



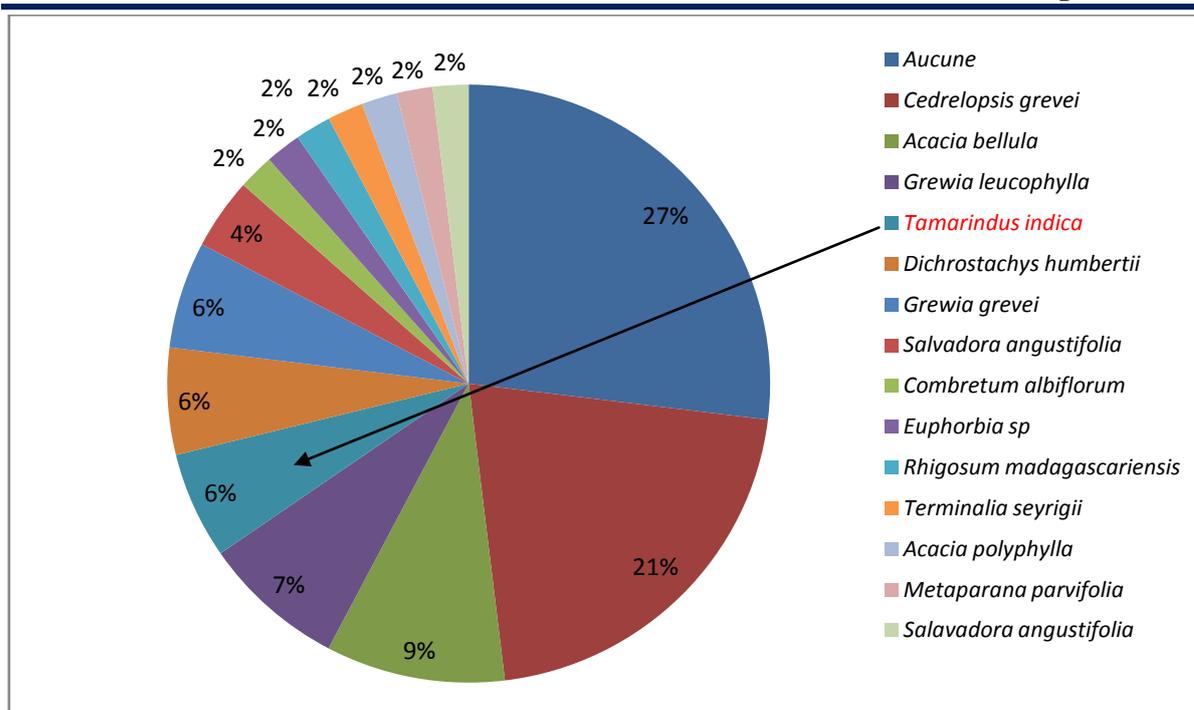
**Photo 8 : Parc à Bœuf à l'intérieur de la forêt**

(Source : RAMALANJAONA, 2013)

### **b. La coupe selective à des fins de production de charbon de bois et de bois de feu**

L'utilisation du bois de tamarinier comme bois d'énergie reste aussi une grande menace pour le *Tamarindus indica*. En effet, 6% des bois d'énergie (cf. figure 13) utilisés par la population locale proviennent du bois du tamarinier. Cette valeur est encore assez faible, mais comparé à l'utilisation des autres espèces, le tamarinier figure encore au rang des espèces les plus utilisées par la population en guise de bois de feu. Le tamarinier est apprécié par les ménages à cause de son fort pouvoir calorifique. Bien qu'il ait la réputation d'écourter la durée de vie des marmites à cause de son pouvoir calorifique élevé, les ménages l'utilisent surtout pour les plats qui ont besoin d'une forte cuisson ou d'une cuisson rapide. Certains villageois ne ramassent que les bois morts pour leurs besoins en bois d'énergie, d'autres coupent les jeunes arbres ou les grosses branches des tamariniers à la fois pour affourager le bétail, mais aussi pour avoir du bois d'énergie. Dans les villages au Nord de la Réserve, le tamarinier est beaucoup utilisé lors de la fabrication du sel gemme.

Dans la localité de Bezà-Mahafaly, rare sont les populations qui fabriquent du charbon de bois, mais ce sont plutôt les gens venant des villages éloignées qui viennent fabriquer du charbon autour de la Réserve, du fait que le charbon de bois provenant du tamarinier possède aussi un fort pouvoir calorifique.



**Figure 13 : Préférence des espèces comme bois d'énergie**

(Source : LANTOVOLOLONA, 2010).

### c. Autres menaces

Les habitants de la région pratiquent aussi le « tetek'ala », qui n'est autre que la technique ancestrale de défrichage pour augmenter la surface cultivable. Le manioc, le maïs, l'oignon, l'arachide et la patate douce sont les principales cultures utilisées sur ces parcelles défrichées (BONAVENTURE, 2010). L'expansion de ces activités agricoles le long du bord de la rivière de Sakamena menace aussi le tamarinier. En effet, le sol au bord de la rivière Sakamena est très propice à l'agriculture, or, le tamarinier se développe mieux et est très abondant le long du bord de cette rivière. Ainsi au bord de la rivière Sakamena, les arbres de tamarinier sont parmi les plus susceptibles d'être coupés et abattus lorsque les riverains effectuent une extension ou une augmentation de leur champ de culture.

Les différentes parties du tamarinier sont très utilisées en médecine traditionnelle. Mais cette exploitation à des fins médicinales constitue encore une menace assez faible.

## **DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS**

# DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

Cette partie sera consacrée à la discussion des méthodes utilisées pendant l'étude, la comparaison des résultats obtenus avec ceux qui existent dans la littérature, la vérification des hypothèses formulées et aux recommandations.

## 1 DISCUSSIONS

### 1.1 Discussions sur la méthodologie

La méthodologie adoptée a permis d'atteindre les objectifs requis pour la recherche, néanmoins, elle présente aussi des points faibles.

Afin de profiter au grand maximum du temps imparti et des moyens mis à disposition, les inventaires de terrains ont été exécutés de façon raisonnée. Le choix de la zone d'inventaire a été basé sur la présence de l'espèce *Tamarindus*. Vu la grande superficie de la zone d'étude, la détermination des lieux où les tamariniers ont été abondants était difficile. Les inventaires ont été effectués dans la forêt galerie et ses environs ainsi que dans la forêt de transition. Les autres zones ou autres types de forêt n'ont pas été pris en compte tel la savane comme dans les environs de l'agglomération de Betioky Sud à cause de l'éloignement de cette zone par rapport aux trois zones d'inventaire et aussi des moyens mis à disposition, or le sol à travers sa structure, sa texture, son humidité peut être un facteur déterminant pour la biologie et le comportement de l'espèce.

Faute de temps et de capacité, l'âge des individus n'a pas pu être déterminé. Or la connaissance de l'âge est un moyen de savoir le stade de vie et l'état de développement de l'arbre. Seules les mesures effectuées par carottage et lecture des cernes (travail qui demandent des équipements et des compétences particulières), peuvent donner des informations certaines sur l'âge exact d'un arbre.

L'étude s'est alors concentrée sur l'observation des signes et des manifestations extérieures tels que l'existence des branches mortes, le décollement des écorces, la lente cicatrisation pour pouvoir avoir une idée sur l'état de développement des individus de tamarinier (KRAMER ET KOZLOWSKI, 1960). Néanmoins, cette approche est incomplète, la détermination de la phase de développement d'un arbre devrait à la fois se baser sur la connaissance de l'âge et les modifications internes et externes de l'espèce. Subséquemment, les résultats sur le taux d'individus de tamarinier en phase de vieillissement sont encore discutables.

Lors des enquêtes, la plupart des paysans ont été un peu réticents et très méfiants, surtout quand il s'agit de la Réserve Spéciale. La période de descente sur terrain pour la récolte des données de la présente étude coïncidait aussi à la saison de culture (maïs, patate douce) de la région, la majorité de la population était alors occupée au champ durant la journée, ainsi lors de notre passage dans les villages, la majorité des gens n'était pas disponible. Pour pallier à cela, la plupart des entretiens ont été effectués sur les champs de culture.

La descente sur terrain pour la réalisation de ce travail coïncidait également aux perturbations cycloniques (Cyclone HARUNA en Février 2013), dont notre zone d'étude était fortement touchée. Le temps alloué au travail sur terrain a alors été diminué. Les dégâts provoqués par le cyclone ont rendus certaines zones difficilement pénétrables comme dans certains endroits de l'extension Nord et Sud de la forêt galerie. La perturbation cyclonique pourrait avoir des effets sur les résultats de l'analyse des régénérations, des individus coupés ou des arbres morts (RANDRIANJANAHARY, 2011).

### 1.2 Discussion sur les résultats

#### 1.2.1 La régénération de *Tamarindus indica*

Les résultats de l'inventaire ont permis de déterminer que *Tamarindus indica* régénère mal dans la Réserve de Bezà Mahafaly. La régénération de l'espèce est d'autant plus faible dans les zones non protégées que dans les zones protégées, et cela à cause de la divagation des bétails et de la pression anthropique qui s'exerce sur les jeunes plants dans les zones non protégées (forêt de transition et extension de la forêt galerie).

Dans la forêt de transition, la faible épaisseur de la litière ne favorise pas la germination des graines dû au fait que les graines du tamarinier ont besoin d'une quantité suffisante de litière et d'eau pour pouvoir germer (BENJAMIN, 2010). Les jeunes tiges qui arrivent à germer font ensuite face à une autre menace car elles peuvent être broutés par les chèvres et les moutons (ATTOUMANE, 1999). Dans la forêt galerie, la majorité des graines de tamarinier qui tombent sur le sol arrivent à germer car la ressource en eau y est abondante et la couche de litière non négligeable, mais le manque de lumière dû à l'ombrage des arbres de grandes dimensions, les chutes des débris tel que les branches mortes provoque la mort des jeunes tiges de tamarinier avant même de passer la première année.

*Tamarindus indica* est une essence héliophile de type nomade, c'est-à-dire que l'espèce exige une certaine quantité de lumière directe et de chaleur pour germer et pousser mais aussi tout au long de son cycle de vie, elle ne supporte pas non plus l'ombrage des autres arbres. Dans la réserve, certaines espèces se trouvant à l'étage supérieur dont le tamarinier étale leurs cimes de façon à faire barrage à la lumière, la totalité de la lumière n'arrive pas alors à pénétrer jusqu'à la strate inférieure de la forêt, ce qui limite la régénération naturelle de plusieurs espèces malgré une litière bien épaisse qui retient suffisamment l'eau. Ce phénomène entraîne l'absence de strate inférieure en plusieurs endroits de la forêt ce qui peut compromettre l'avenir des espèces ayant besoin d'une quantité assez suffisante de lumière pour germer et se développer en l'occurrence le tamarinier.

D'après les études réalisées par ATTOUMANE en 1999, le nombre de tiges de tamarinier (diamètre >1cm et hauteur >1m) est de 1.186 tiges à l'hectare dans la forêt galerie et 1.033 tiges à l'hectare dans l'extension Nord et Sud de la forêt galerie. Comparé à notre étude : 518 tiges à l'hectare pour la forêt galerie et à 535 tiges à l'hectare pour son extension Nord et Sud, on peut dire que *Tamarindus indica* décroît en nombres dans la Réserve de Bezà Mahafaly et ses environs. Cette diminution est due au fait

que le nombre de tamarinier mort et de tamarinier en phase de vieillissement dépasse le nombre de nouvelles pousses. En moyenne dans les trois zones d'inventaires, le nombre de régénération de tamarinier est de 45 tiges/ha et le nombre d'individus en phase de vieillissement de 60 tiges/ha. Il est donc possible que dans la Réserve de Bezà Mahafaly l'espèce *Tamarindus indica* décroît encore en nombre chaque année si des mesures telles que l'enrichissement et la plantation, la création d'une pépinière, la gestion des arbres morts, ne sont pas prises en compte.

De plus, les différentes pressions et menaces n'ont cessés d'augmenter dans la Réserve avec l'augmentation de la population entraînant l'accroissement des demandes en ressources tel que le bois de feu. L'expansion des activités agricoles surtout le long de la rivière Sakamena a diminué le nombre de *Tamarindus* le long de la rivière. A cela s'ajoute l'élevage des animaux domestiques (zébus, ovin et caprin) qui est l'une des principales activités de la population dans la région de Bezà Mahafaly et occupe une place importante du point de vue socioéconomique et culturelle (LANTOVOLOLONA, 2010). Par ailleurs, la forêt assure la protection matérielle et alimentaire des troupeaux c'est-à-dire fournit à la fois un abri et de la nourriture pour les animaux, ce qui constitue un réel menace pour la forêt surtout pour les espèces y prospérant dont *Tamarindus indica* qui est très apprécié par le bétail (RAZAFINDRAIBE, 2008).

### 1.2.2 Le vieillissement et sénescence de *Tamarindus indica*

Le vieillissement et la sénescence désignent l'ensemble des changements métaboliques dont la conséquence à brève ou à longue échéance sera la mort de tout ou partie de l'organisme. La sénescence peut être définie comme étant le processus de détérioration qui entraîne la mort naturelle de l'individu (LEOPOLD, 1980). Et le vieillissement est associé aux changements qui se produisent lorsque l'arbre croit (KRAMER ET KOZLOWSKI, 1960).

Dans la présente étude, l'analyse s'est limitée sur des simples observations de l'état de santé et des signes et manifestations du vieillissement des individus de tamarinier. Toutefois, ces observations ont permis que dire le nombre d'individus de *Tamarindus indica* en phase de vieillissement est non seulement considérables dans l'ensemble de la réserve de Bezà Mahafaly, mais aussi supérieur au nombre d'individus de régénération. Le nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement varie de 20 à 93 individus par hectares dans les trois zones. Dans la forêt de transition, le nombre d'individus en phase de vieillissement est le plus faible (20 individus à l'hectare) car dans cette zone les populations riveraines coupent et abattent les pieds de tamarinier se trouvant dans un état critique pour avoir du bois de feu. Le nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement est abondant dans la forêt galerie car aucun éclaircie sélective ni gestion des vieux arbres n'est effectuée sur les individus de tamariniers dans cette zone de la Réserve.

En comparant les données de notre étude à celles collectées par ATTOUMANE en 1999, on peut en déduire que la dominance, le volume total et le volume exploitable de *Tamarindus indica* dans la

## Discussions et Recommandations

Réserve de Bezà Mahafaly ont augmenté (cf. tableau 16). Le volume total de la biomasse pour le tamarinier a augmenté en moyenne de 19% dans la Réserve de Bezà Mahafaly, tandis que pour le volume exploitable, l'augmentation est de 37%. Ces taux d'augmentations sont normaux car durant la phase de maturité de l'arbre, l'accroissement en volume de l'arbre est favorisé par rapport à l'accroissement en diamètre et en hauteur. L'augmentation en volume total et en volume exploitable ainsi que de la dominance de l'essence *Tamarindus* dans la Réserve de Bezà Mahafaly est le résultat de l'accroissement annuel en volume, en diamètre et en hauteur des individus de tamariniers.

Au contraire, le nombre de tiges de tamariniers à l'hectare a diminué en moyenne de 60% dans la Réserve de Bezà Mahafaly. Cette diminution de l'abondance peut être due au fait que le nombre de tamariniers morts dépasse le nombre de nouvelles pousses, en plus les tamariniers présentent des difficultés de régénération dans la Réserve. Etant donné que le nombre de régénérations et de jeunes tiges n'arrivent pas à compenser les individus de tamarinier mort ou en phase de vieillissement, on peut dire alors que le peuplement de tamarinier dans la Réserve tend vers un vieillissement de la population.

Les différences de valeurs peuvent être aussi expliquées par le fait que, les plots qui ont été utilisés pour la collecte de données en 1999 sont différents de ceux utilisés dans la présente étude, et il est à noter qu'il peut y avoir différentes situations dans un même habitat, de ce fait le nombre d'individus par hectare d'une même espèce peut alors varier d'une zone à une autre et ceux dans un même habitat.

**Tableau 16 : Comparaison des données d'inventaire sur *Tamarindus indica*, Année 1999 et 2013**

Année	Forêt galerie		Extension Nord Sud de la forêt galerie	
	1999	2013	1999	2013
Nombre de tiges à l'hectare	1876	535	1033	518
Dominance (G) (m <sup>2</sup> /ha)	30,58	32,26	39,01	40,47
Volume totale (m <sup>3</sup> /ha)	213,92	254,75	285,32	339,32
Volume exploitable (m <sup>3</sup> /ha)	108,02	149,64	129,02	175,6
Hauteur moyenne (m)	10,69	11,08	12,19	13,5
Diamètre moyen (cm)	23,1	25,84	25,6	29,01

(Source : ATTOUMANE, 1999 et RAMALANJAONA, 2013)

L'observation des manifestations extérieures ne suffit pas à dire que l'espèce est en phase de déclin. La connaissance de l'âge de l'arbre ainsi que des différentes modifications internes sont nécessaires pour affirmer la phase de développement ou le stade de vie d'un arbre. La compréhension des mécanismes impliqués dans le déclenchement puis dans la régulation de la sénescence nécessite une étude au niveau moléculaire, c'est-à-dire au niveau des gènes et cellules qui composent l'espèce. Les problèmes sont complexes, surtout pour la plante entière, mais, après une longue période d'approche physiologique, les recherches de biologie moléculaire apportent actuellement des résultats intéressants et ouvrent des perspectives qui paraissent très prometteuses (MANON, 2001).

### 1.2.3 Les menaces sur *Tamarindus indica*

La divagation des animaux domestiques dans la forêt est une des origines de la perturbation de la régénération dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, et les zones non protégées (forêt de transition et extension galerie) y sont les plus touchées. En effet, les animaux qui divagent dans la forêt se nourrissent de jeunes pousses, les piétinent, et compromettent la régénération de ces dernières. Les jeunes plants de *Tamarindus indica* se trouvent parmi les espèces les mieux appréciés par les bétails (zébus, chèvre et mouton) avec d'autres espèces dont *Albizia* sp. (Avoha), *Grewia leucophylla* (Tratramborondreo), *Grewia franciscana* (Tainkafotse), *Crateva excelsa* (Akaly) et *Enterospermum pruinatum* (Mantsake). Les bétails qui divagent dans la forêt se nourrissent aussi des gousses immatures de *Tamarindus* ce qui compromet aussi le taux de germination du tamarinier dans la Réserve (RAZAFINDRAIBE, 2008).

L'utilisation de bois de chauffage constitue également une menace, principalement pour *Cedrelopsis grevei* et *Tamarindus indica* qui se distingue par leur valeur calorifique, ainsi que beaucoup d'autres espèces arbustives ligneuses (RAZAFINDRAIBE, 2008).

Durant la saison sèche, les éleveurs coupent les branches du tamarinier pour affourager leurs bétails, les branches coupées une fois sèche vont ensuite servir de bois de feu. Mais la réelle menace est que, parfois la coupe des branches pour affourager le bétail est vitale pour le tamarinier si elle n'est pas bien faite, dès fois l'éleveur coupe l'arbre tout entier surtout les jeunes bois ( $5\text{cm} < \text{diamètre} \leq 10\text{cm}$ ) sans se soucier si l'individu aura ensuite la capacité de se renouveler et se développer encore. La majorité des individus de tamarinier victime de ces coupes n'arrivent plus ensuite à survivre et meurt.

### 1.3 Vérification des hypothèses

**Hypothèse 1 : La régénération de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly est faible.**

La détermination du taux de régénération (TR) de *Tamarindus indica* dans les trois zones d'études ont données les résultats suivants : TR = 27,86 % pour la forêt galerie ; 2,04 % pour l'extension de la forêt galerie et 2,72% pour la forêt de transition.

Le taux de régénération est strictement inférieur à 100% dans les trois zones, ainsi en se référant à l'échelle de ROTHE (1964), on peut en déduire que le taux de régénération est mauvaise pour *Tamarindus indica*, l'espèce présente une forte difficulté de régénération. De ce fait la première hypothèse est validée. La régénération de *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly est faible.

**Hypothèse 2 : Le nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement est supérieur au nombre de régénérations de tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly.**

Lors de la descente sur terrain, la réalisation de ce travail coïncidait aux perturbations cycloniques (Cyclone HARUNA), ainsi certains impacts du cyclone ont pu être observés surtout pour *Tamarindus indica*. Chez le tamarinier, ce sont les gros arbres (diamètre  $\geq 15\text{cm}$ ) qui ont été les principales

## Discussions et Recommandations

victimes de déracinement provoquant ensuite leur chute. L'observation a aussi montré que les individus présentant des signes tels que la présence de nombreuses branches mortes, le décollement des écorces ont été le plus touchés. Les jeunes bois ( $5\text{cm} \leq D_{1,3} < 10\text{cm}$ ) de tamarinier quant à eux n'ont été pour la plupart que victime de défoliation et de perte de quelques petites branches.

En se basant sur l'état de santé ainsi que sur les signes de dépérissement et de vieillissement chez le tamarinier, on peut dire qu'en moyenne 60 individus/ha de tamarinier sont en phase de vieillissement dans les trois zones (forêt galerie, extension forêt galerie et forêt de transition) de la Réserve de Bezà Mahafaly. Le nombre d'individus de régénération quant à lui est de 45 individus/ha de tamarinier dans les trois zones de la Réserve de Bezà Mahafaly. Le nombre de régénération est alors inférieur au nombre d'individus en phase de vieillissement car l'essence *Tamarindus* nécessite une certaine condition (quantité de lumière directe, et de chaleur suffisante) pour pouvoir germer et croître, alors que dans la forêt de la Réserve, ces conditions ne sont pas remplies surtout dans la strate inférieure où se développent les régénérations de tamarinier à cause de l'ombrage des autres arbres.

On peut donc conclure que la deuxième hypothèse est validée. Le nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement est supérieure au nombre de régénération de tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly.

### **Hypothèse 3 : La collecte de bois de feu et la divagation des bétails dans la forêt menace la survie de l'espèce.**

Le tamarinier figure au 4<sup>ème</sup> rang des espèces les plus utilisées par la population en guise de bois de feu après *Cedrelopsis grevei*, *Acacia bellula* et *Grewia leucophylla*. Le bois de Tamarinier possède un fort pouvoir calorifique, ainsi la population locale préfère l'utiliser comme bois de feu (ATTOUMANE, 1999). Mais il est aussi utilisé comme charbon de bois dans des localités un peu plus éloignées de la Réserve comme à Betioky (LANTOVOLOLONA, 2010).

La divagation des animaux provoque des perturbations et effets négatifs sur la régénération du tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly dont la diminution de l'effectif des régénérations car les jeunes pousses et les feuilles du tamarinier sont très appréciées par les bétails (zébus, chèvre et mouton). La mort des jeunes pousses peut être aussi provoquée par le piétinement des bétails. La divagation des bétails dans la forêt entraîne et provoque des perturbations sur le développement de *Tamarindus indica*, et cela constitue alors une menace non négligeable. De ce fait, l'hypothèse 3 est aussi validée. La collecte de bois de feu et la divagation des bétails dans la forêt menace la survie du tamarinier.

### 2 RECOMMANDATIONS

Etant donné que la forêt de Bezà Mahafaly est considérée par la population locale comme une ressource indispensable à leurs survies et à ceux de leurs bétails, le prélèvement et la production devraient être équilibrés pour que le massif forestier se maintienne mais aussi pour assurer la pérennisation des ressources tel que *Tamarindus indica*.

Pour pouvoir résoudre les problèmes liés à la ressource *Tamarindus indica* dans la Réserve de Bezà Mahafaly, les principales recommandations sont axées sur :

- Axe 1 : Conservation de la forêt galerie de la Réserve
- Axe 2 : Réduction des impacts des bétails dans la forêt,
- Axe 3 : Amélioration de la gestion de la ressource *Tamarindus indica*.

#### 2.1 Conserver la forêt galerie de la Réserve de Bezà Mahafaly

Le maintien de la forêt consiste à rendre efficace et à renforcer les mesures de conservation et les différents suivi écologiques déjà entrepris à Bezà Mahafaly. La forêt de Bezà Mahafaly sera maintenue si le nombre d'infractions et de coupes illicites sont diminués et la diversité biologique conservée.

**Sous objectifs 1** : Diminuer le nombre d'infraction et de coupe illicite dans la forêt de la Réserve de Bezà Mahafaly

Pour pouvoir diminuer le nombre d'infraction et de coupe illicite dans la forêt, il faut améliorer les contrôles déjà existant. Ainsi le nombre de patrouilles et de surveillances par les agents de la Réserve et les agents KASTI<sup>5</sup> dans la forêt doivent être plus fréquent, au minimum 2 à 3 patrouilles par semaine. Sa mise en œuvre nécessite une forte appuie technique de l'ESSA et une appuie matériels des bailleurs de fonds (tenue, botte, etc.).

Pour améliorer et faciliter la gestion de la Réserve, l'implication même des communautés dans la gestion est une condition primordiale. Toutes solutions alternatives doivent être émanant de la communauté pour avoir son efficacité. Ainsi, la prévision d'une structure de concertation locale dans laquelle toutes les entités concernées, avec les sociétés civiles et les autorités locales et étatiques est utile.

---

<sup>5</sup> KASTI : Komitin'ny Ala sy ny Tontolo Iainana, élu auprès des communautés locales dans les Fokotany environnants la Réserve et qui ont pour rôles de surveiller les entrées et les utilisations des ressources dans la Réserve

**Sous objectifs 2** : Conserver la diversité biologique de la forêt de la Réserve de Bezà Mahafaly

La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly constitue un site de première importance pour la conservation de la biodiversité malagasy, étant donné la richesse de sa flore et de sa faune (RATSIRARSON et *al.* 2001). Ainsi pour préserver et maintenir la diversité biologique de la Réserve, il faut :

- Enrichir chaque année la forêt par les espèces les plus vulnérables et les plus menacées surtout dans les zones dégradées. Les efforts de conservation devraient se centrer sur les espèces les plus vulnérables aux actions anthropiques et à la variabilité climatique dont *Tamarindus indica*, *Terminalia fatrae*, *Acacia bellula*, *Rhigozum madagascariensis*, *Grewia franciscana*, *Commiphora* sp., et *Uncarina grandidieri*, (RASAMIMANANA, 2011). Pour cela, il est nécessaire de rétablir la pépinière de Bezà Mahafaly, pour soutenir la demande en jeunes plants. Les espèces élevées en pépinière seraient choisies par rapport à leur degré d'exploitation et à leur état (menacé et vulnérable) dans la forêt.
- Renforcer le travail de suivi de la faune et de la flore déjà existant dans la Réserve. Le suivi de l'état de la faune et de la flore est un meilleur moyen facilitant le choix des actions à entreprendre pour la conservation adéquate de la biodiversité. Il est alors important de désigner un remplaçant temporaire en cas d'absence de l'agent responsable du suivi de la faune et de la flore (le remplaçant peut être un contractant avec l'agent lui-même) pour obtenir une série continue de donnée. Les agents en question doivent fournir un rapport régulier garantissant ainsi l'assiduité des agents mais aussi la qualité des résultats.
- Renouveler et gérer les pieds d'arbres morts et les pieds d'arbres en phase de déclin. Les arbres en phase de déclin ou mort provoquent lorsqu'il tombe des dégâts sur ses alentours. Les régénérations et la végétation dans la strate inférieure sont les principales victimes lorsque les arbres morts ou les branches mortes tombent sur le sol. Ainsi, il est important d'effectuer une éclaircie sélective régulière chaque année dans la Réserve. Elle consiste à sélectionner et à couper les arbres que l'on juge en phase de déclin (arbre vieillissant en phase de sénescence) avant qu'elle ne tombe et s'abatte sur la végétation de la strate inférieure, c'est-à-dire les récoltés avant leur mortalité naturelle. Toutefois il est aussi utile de laisser des surfaces dans la forêt dans lesquelles les pieds d'arbres âgées, et les arbres en phase de déclin ou sénescents sont laissés délibérément jusqu'à leurs morts et leurs décompositions complètes, on parle « d'îlots de sénescence<sup>6</sup> ». La taille de l'îlot de sénescence doit garantir en continu la présence de vieux arbres et de bois mort sur une partie de sa surface. Toutes les phases de la sylvigénèse, de la phase de régénération à la phase de déclin, devraient donc y être présentes.

<sup>6</sup> Îlot de sénescence : Dans la forêt, c'est une zone où le peuplement y existant est abandonné à sa libre évolution, où on renonce à toute exploitation et les arbres sont laissés jusqu'à leur mort et leur décomposition, aucune intervention n'est réalisée dans la régénération naturelle éventuelle qui se met en place.

Dans les différentes zones de la forêt de la Réserve de Bezà Mahafaly, des îlots de moyenne à grande taille (>4ha) (LACHAT T. et BÜTLER R. 2007) peuvent remplir ces conditions.

- Intensifier l'éducation environnementale. L'éducation environnementale doit être un moyen pour sensibiliser la population à mieux gérer et protéger les ressources forestières. De ce fait, des séances d'éducatives, d'informations et de communications sur l'environnement devraient être effectuées au niveau de la population riveraine au moins deux (2) fois chaque année dans les villages aux alentours de la Réserve et cela devraient se faire avec l'étroite collaboration des responsables administratifs de chaque village. Les thèmes de l'éducation devront se tourner autour de la protection et la gestion durable des ressources dans la forêt. L'éducation environnementale peut être effectuée soit par les agents de la Réserve ayant reçus des formations, soit par les étudiants de l'ESSA/Forêt lors des séances de travaux pratiques dans la zone.

### 2.2 Réduire les impacts du bétail dans la forêt

**Sous objectifs 1** : Réduire la divagation des bétails dans la Réserve

Malgré le statut de la Réserve qui devrait en interdire légalement l'accès par le bétail, le passage est toléré en raison de l'importance sociale et économique pour la population locale. La forêt assure la protection matérielle et alimentaire des troupeaux. Aussi, durant la période de soudure et période sèche, les pâturages sont difficiles à trouver et seule la forêt est la seule ressource verte où les troupeaux peuvent se pâturer. Ainsi et surtout durant ces périodes, les éleveurs laissent divaguer leurs bétails dans la forêt de la Réserve pour s'alimenter. Or, cette divagation des bétails dans la forêt est très néfaste, surtout pour les régénérations et les jeunes bois de nombreuses espèces de plantes qui sont très appréciés par le bétail. Pour y remédier, la solution serait de matérialiser les limites de la Réserve. En plus des patrouilles effectuées par les agents de la Réserve, la mise en place de clôture dans les différentes zones de conservation de la forêt (extension de la forêt galerie, forêt de transition) diminuerait la pénétration des bétails dans la Réserve.

**Sous objectifs 2** : Améliorer la production de pâturage par les éleveurs

Pour réduire les impacts des bétails sur la forêt, il est important d'améliorer et de gérer les pâturages afin d'avoir une production suffisante même lors des périodes de soudure. Pour améliorer la gestion, la qualité et la productivité des pâturages dans la Réserve de Bezà Mahafaly, il faut :

- Restaurer la forêt dégradée dans les zones périphériques en y plantant : des arbustes et des arbres fourragers (comme *Tamarindus indica*, *Salvadora angustifolia*.), des herbes améliorées ou à haute qualité de valeur fourragère et qui s'adaptent facilement au climat semi-aride comme *Pennisetum purpureum* (Fohiombazaha), *Stylosanthes humili*.

- Former et entraîner les éleveurs à planter des arbres et des plantes fourragères. Il est aussi suggéré d'améliorer la gestion des terres abandonnées ou des défrichements abandonnés par l'intensification de la production d'espèce et d'arbre fourragères afin d'améliorer le rendement en fourrage et de freiner la divagation des bétails dans la forêt. La technique consiste à l'utilisation des moyens disponibles localement comme les fumiers issus de l'élevage. Les éleveurs peuvent aussi introduire des espèces fourragères dans leurs végétations ou leurs cultures déjà en place en les semant ou en les plantant.
- Sensibiliser les éleveurs à pratiquer la technique de transhumance c'est-à-dire la migration périodique des bétails aux alentours de la Réserve vers d'autres zones est suggérée pour être appliquée par les éleveurs afin d'éviter la rupture écologique dans l'espace et dans le temps de la forêt de Bezà Mahafaly.

La mise en œuvre de ces programmes nécessite une forte appuie technique de l'ESSA par formation technique (sur le choix des variétés cultivées, la date de plantation, technique de culture associées, dosage et épandage d'engrais organiques, technique de stockage des produits, etc.) et appuie matériels des bailleurs de fonds (arrosoir, semence, etc.).

### **Sous objectifs 3** : Renforcer les autres types d'élevage tel que l'élevage avicole

A Bezà Mahafaly, l'élevage des bovins et des petits ruminants (chèvre et mouton) permet principalement, aux paysans d'avoir un statut social dans la société, mais aussi sert comme un moyen de travail, de transport et d'épargne (RAHENDRIMANANA, 2012). En outre, il serait intéressant de renforcer l'élevage avicole (élevage des poules, dinde, canard) par la formation et l'appuie en matériels des paysans. Cela permettrait de minimiser les pressions sur l'avifaune mais aussi pour augmenter les moyens de survie de la population. L'élevage avicole contribue effectivement à la sécurité alimentaire et la multiplication des activités sources de revenu (RAHENDRIMANANA, 2012). Ainsi, la promotion et la formation des paysans à l'élevage des espèces adaptées à la sécheresse (poulet, dinde, etc) seraient à la fois un moyen pour améliorer la subsistance de la communauté mais aussi pour la conservation de la forêt. Sa mise en œuvre consiste alors à la promotion et à la formation des paysans sur l'élevage des espèces adaptées à la sécheresse (poulet, dinde, etc.) mais aussi par l'appuie en matériel des bailleurs de fonds.

### **2.3 Améliorer la gestion de la ressource *Tamarindus indica***

Bien que le tamarinier reste une espèce dominante dans la Réserve de Bezà Mahafaly, elle n'a cessée de diminuer en nombre d'individus au sein de la Réserve au cours des années passées. Ainsi, pour améliorer sa gestion et assurer sa pérennité dans la localité, plusieurs solutions sont suggérées.

## Discussions et Recommandations

**Sous objectifs 1** : Augmenter le nombre de Régénération de *Tamarindus indica* dans la Réserve

Pour pouvoir augmenter le nombre d'individus de régénération de tamarinier dans la Réserve de Bezà Mahafaly, il est recommandé d'installer une pépinière destinée aux jeunes plants de *Tamarindus indica*. Les graines qui serviront pour la germination seront collectées dans la forêt même de la Réserve durant la période de fructification de l'espèce (entre Janvier et Août). Les graines doivent être choisies parmi les arbres viables avec une bonne production et de bonne qualité. Il faut alors collecter les fruits mûrs sur les arbres viables avec une bonne production et une bonne qualité, puis les faire sécher pour ensuite récupérer les graines. Les graines conservent leur capacité de germination après plusieurs mois, si gardée au sec (BENJAMIN, 2010). Les graines peuvent être scarifiées ou plongées rapidement dans l'eau bouillante, pour en améliorer la germination. Il faut ensuite planter les graines à 1 à 1,5 cm de profondeur dans des récipients. La germination est meilleure lorsque les graines sont couvertes par 1,5 cm de mélange de terreau et de sable. Les plants devraient atteindre au moins 60 à 80 cm d'hauteur avant d'être transplantées à leur emplacement définitif (zones ouvertes ou dégradées) au début de la saison de pluie (Novembre à Décembre). Les jeunes arbres devraient être ensuite plantés dans de grands trous (1m de longueur x 1m de largeur x 1m de profondeur) pour accueillir le système racinaire (BENJAMIN, 2010). L'espacement peut être de 10-20 m entre les arbres dans chaque sens, en fonction de la fertilité du sol. Les différents soins devraient être apportés tels que le désherbage et l'élagage. Les jeunes arbres de tamarinier devront être élagués pour ne laisser que 3 à 5 branches bien espacées pour se développer dans la structure principale de l'arbre. Le suivi des jeunes plants est aussi indispensable jusqu'au stade où la survie de l'espèce est assurée. Chaque année, il est primordial d'enrichir la forêt de Bezà Mahafaly en tamarinier afin d'assurer un bon résultat.

**Tableau 17 : Calendrier de la plantation du tamarinier**

Mois	J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
Récolte des graines												
Préparation de la pépinière												
Germination												
Transplantation												

(Source : RAMALANJAONA, 2013)

**Sous objectifs 2** : Gérer l'équilibre entre les individus de régénération et les individus en phase de vieillissement

Il est aussi recommandé de gérer les arbres morts et les arbres sénescents de tamarinier pour assurer la pérennité et l'équilibre de l'espèce dans la Réserve. Puisque le tamarinier est apprécié comme bois de feu par les populations aux alentours de la Réserve, les gros arbres de *Tamarindus* en phase de déclin peuvent être prélevés par la population riveraine pour assurer leurs besoins en bois d'énergie. Les

## **Discussions et Recommandations**

---

agents de la Réserve avec les agents KASTI seront les premiers responsables à juger les arbres en phase déclin qui méritent d'être abattus et collectés. Le prélèvement des arbres morts sur pied cause moins de dégâts et peut éviter la propagation de la pourriture au sein du peuplement tout entier (MANON, 2001). Ainsi il est suggéré de ne prélever et de n'abattre que les arbres en voie de déclin ou en phase de sénescence qui risquent de provoquer des dégâts comme la mort des régénérations ou des plantes se trouvant dans l'étage inférieur du peuplement. Ce procédé constitue à la fois à des soins sylvicoles dont l'éclaircie sélective qui peuvent favoriser la régénération des espèces assurant ainsi la dynamique de la forêt. Toutefois, il est à noter que de nombreuses espèces comme les champignons, les insectes xylophages (mangeur de bois) dépendent des arbres senescents et des arbres morts. Il est alors essentiel de laisser certains arbres (au maximum 10 arbres/ha) jusqu'à leur mort et leur décomposition sur place. Le bénéfice écologique est donc maximisé (LACHAT T. et BÜTLER R. 2007). Il faut aussi s'assurer que le nombre de régénérations soit toujours supérieur au nombre d'individus de tamarinier morts ou abattus dans la Réserve. Les données annuelles de suivi de la flore est un outil essentielle pour assurer cette équilibre. Les éleveurs dans la Réserve pratiquent déjà la taille d'entretien dans un but d'affourager leurs bétails mais aussi pour renouveler les feuilles disponibles. Mais le plus souvent, les tailles qu'ils effectuent sont vitales pour l'espèce. Ainsi il est aussi recommandé de former les éleveurs aux alentours de la Réserve à la taille d'entretien des arbres surtout pour celui du tamarinier. L'institut de recherche et de formation (ESSA-Forêt) et les agents de la Réserve seront les responsables de la formation et du renforcement de capacité, octroyés aux éleveurs.

2.4 Plan d'action :

Tableau 18 : Plan d'action

<b>Axe 1 : Conserver la forêt galerie de Bezà Mahafaly</b>					
<b>Objectif 1</b> : Diminuer le nombre d'infractions et de coupes illicites dans la forêt de la Réserve de Bezà Mahafaly					
<b>Résultat attendu</b> : Le nombre d'infractions et de coupes illicites diminue de 75% en 2018					
Activités	Sous activités	Echéance	Responsables	IOV	Source de vérification
Augmenter le nombre de patrouille et de surveillance dans la forêt	Augmenter le nombre d'agents de la Réserve qui effectue les patrouilles	LT	Institut de recherche : ESSA/ Forêt MNP	Nombre d'agents engagés	Rapport sur le nombre de personnels engagés
	Former les agents et les personnels de la Réserve	LT	ESSA/ Forêt MNP	Nombre de formation effectué	Rapport des activités de formation
	Mettre à la disposition des agents les matériels adéquats pour les patrouilles et les surveillances : tenue, bottes,...	CT à LT	Bailleurs de fonds MNP	Nombre des matériels octroyés (tenue, bottes...)	Inventaires des matériels octroyés
Impliquer la population locale dans la protection de la forêt	Sensibiliser et former les populations locales à la protection de la forêt	CT à LT	ESSA/ Forêt MNP Responsables et personnel du site	Nombre de paysans qui ont assisté à la formation et sensibilisation	Rapport des activités de formation et sensibilisation
	Renforcer la connaissance de la population locale sur les zones d'extension de la forêt	LT	ESSA/ Forêt Responsables et personnel du site	Nombre de paysans qui ont assisté à la sensibilisation	Rapport des activités de formation
	Mettre en place des barrières de contrôle et de surveillance sur la Route menant vers Betioky	CT	Responsables et personnel du site	Nombre de barrière de contrôle mise en place	Rapport sur les activités de mise en place des barrières
<b>Objectif 2</b> : Conserver la diversité biologique de la forêt de la Réserve de Bezà Mahafaly					
<b>Résultat attendu</b> : La Biodiversité existant dans la Réserve est maintenue à 100 % en 2018					
Activités	Sous activités	Echéance	Responsables	IOV	Source de vérification
Effectuer des plantations d'enrichissements	Identifier et décrire les espèces menacées et vulnérables dans la Réserve	LT	Responsables et personnel du site	Nombre d'espèces menacées inventoriées	Rapport d'activité

## Discussions et Recommandations

	Créer une pépinière	CT à MT	Responsables et personnel du site	Pépinière installée	Rapport d'activité
	Planter les jeunes plants issus de la pépinière dans les zones ouvertes et dégradées	LT	Responsables et personnel du site	Nombre de jeunes plants plantés	Rapport d'activité
Renforcer le suivi de la faune et de la flore.	Former l'ensemble des agents de la Réserve à être capable de faire le suivi de la faune et de la flore	CT à LT	ESSA/ Forêt MNP	Nombre d'agent capable d'effectuer le suivi de la faune et de la flore	Rapport de formation
	Fournir un rapport régulier	LT	Les agents de la Réserve	Le nombre de rapport fournis	Rapport d'activité
Gérer les pieds d'arbres morts et les arbres sénescents	Effectuer une éclaircie sélective	CT à LT	Responsables et personnel du site	Nombre d'éclaircies effectués	Rapport d'activité
	Délimiter la zone à définir comme « îlot de sénescence »	CT à MT	ESSA/ Forêt MNP Responsables et personnel du site	Surface de la zone considérée comme îlot de sénescence	Rapport d'activité
Réaliser des séances de sensibilisation, d'éducation et d'information.	Former les agents de la Réserve à propos de l'éducation environnementale	CT	ESSA/ Forêt MNP	Nombre d'agent formé	Rapport de formation
	Effectuer des séances d'éducation environnementales et de formation dans les villages aux alentours de la Réserve	LT	Responsables et personnel du site	Nombre de paysans qui ont assisté à la formation et à l'éducation environnementale	Rapport d'activité
<b>Axe 2 : Réduire les impacts du bétail dans la forêt</b>					
<b>Objectif 1 : Réduire la divagation des bétails dans la Réserve</b>					
<b>Résultat attendu : La pénétration et la divagation des bétails dans la Réserve sont réduites à 50% en 2018</b>					
Activités	Sous activités	Echéance	Responsables	IOV	Source de vérification
Clôturer les parcelles dans la Réserve	Mettre en place des clôtures dans les différentes zones de la Réserve (forêt de transition, extension de la forêt galerie)	CT	Responsables et personnel du site	Nombre de clôtures mise en place	Rapport d'activité

## Discussions et Recommandations

	Mettre en place des panneaux indiquant l'interdiction d'accès dans les différentes zones de la Réserve	CT	Responsables et personnel du site	Nombre de panneaux mise en place	Rapport d'activité
<b>Objectif 2</b> : Améliorer la production de pâturage par les éleveurs					
<b>Résultat attendu</b> : 75 % des éleveurs effectuent la plantation d'arbre ou d'espèce fourragère en 2018					
Activités	Sous activités	Echéance	Responsables	IOV	Source de vérification
Former et entraîner les éleveurs à planter des arbres et des plantes fourragères	Regrouper et former les éleveurs de bétails dans les villages avoisinants la Réserve sur la plantation d'espèce et d'arbre fourragère.	MT à LT	ESSA/ Forêt	Nombre de formation effectué	Rapport de formation
	Effectuer des séances de pratique et de démonstration dans les zones défrichées.	CT	ESSA/ Forêt Responsables et personnel du site	Nombre de pratique effectué	Rapport d'activité
	Distribuer des semences d'espèces fourragère et jeunes plants d'arbre fourragère aux éleveurs.	CT à MT	ESSA/ Forêt Bailleurs de fonds	Nombre de semences et de jeunes plants distribués	Rapport d'activité
	Sensibiliser les éleveurs à pratiquer la technique de transhumance	CT à LT	ESSA/ Forêt, MNP Responsables et personnel du site	Nombre de sensibilisations effectuées	Rapport d'activité
Planter et restaurer la forêt dans les zones ouvertes et dégradées	Effectuer des séances de reboisement collectif	MT à LT	Responsables et personnel du site et Communauté de Base	Nombre de jeunes plants plantés	Rapport d'activité
<b>Objectif 3</b> : Renforcer l'élevage avicole					
<b>Résultat attendu</b> : La pratique de l'élevage avicole dans les villages aux alentours de la Réserve augmente de 100% en 2018					
Activités	Sous activités	Echéance	Responsables	IOV	Source de vérification
Former les éleveurs à l'élevage des espèces adaptées à la sécheresse (poule et dinde)	Créer des séances de formation sur l'élevage avicole	CT à MT	ESSA/ Forêt, Responsables et personnel du site	Nombre d'éleveurs ayant assisté aux formations	Rapport de formation
	Créer une association d'éleveur de volaille dans les villages	MT à LT	Communauté locale	Nombre de groupements et d'associations créés	Cahier de charge et rapport

<b>Axe 3: Améliorer la gestion de la ressource <i>Tamarindus indica</i></b>					
<b>Objectif 1</b> : Augmenter le nombre de régénération de <i>Tamarindus indica</i> dans la Réserve de Bezà Mahafaly					
<b>Résultat attendu</b> : Le nombre d'individus de régénération de <i>Tamarindus</i> augmente de 100% en 2018.					
Activités	Sous activités	Echéance	Responsables	IOV	Source de vérification
Créer et installer des pépinières destinées à l'espèce <i>Tamarindus</i>	Collecter les graines de <i>Tamarindus</i>	LT	Responsables et personnel du site	Quantité de graine récoltée	Rapport d'activité
	Traiter les graines pour améliorer leur germination et ensuite les planter	LT	Responsables et personnel du site	Nombre de graine ayant germé	Rapport d'activité
Planter les jeunes plants dans les zones dégradées et ouvertes	Effectuer la transplantation des jeunes plants de la pépinière vers leur emplacement définitif	LT	Responsables et personnel du site	Nombre de jeunes plants transplantés	Rapport d'activité
	Effectuer les soins : désherbage et éclaircie	CT à MT	Responsables et personnel du site	Nombre d'éclaircie et de soin effectué par les agents	Rapport d'activité
<b>Objectif 2</b> : Gérer l'équilibre entre les individus de régénération et les individus en phase de vieillissement					
<b>Résultat attendu</b> : Le nombre d'individus de régénération est supérieure à plus de 50% au nombre d'individus en phase de vieillissement en 2015					
Activités	Sous activités	Echéance	Responsables	IOV	Source de vérification
Gérer les arbres morts et les arbres en phase de déclin	Laisser 5 à 10 vieux arbres/ha jusqu'à leur mort et leur décomposition sur place.	LT	Responsables et personnel du site	Nombre de vieil arbre laissé sur place	Rapport d'activité
	Autoriser la population à prélever et à abattre les vieux arbres déjà jugé en voie de déclin en présence des agents de l'ESSA Forêt ou MNP	MT à LT	MNP et ESSA/Forêts Responsables et personnel du site Population locale	Nombre d'arbres en phase de déclin abattu et prélevé	Rapport d'activité
Effectuer des formations sur la taille des arbres	Sensibiliser et former les gens à la technique de la taille d'entretien des arbres	CT à MT	MNP et ESSA/Forêts Responsables et personnel du site	Nombre de paysan ayant assisté à la formation	Rapport de formation
	Sensibiliser les populations à ne récolter que les bois morts dans la forêt.	CT à LT	Responsables et personnel du site	Nombre de paysan ne récoltant que les branches et bois morts	Rapport d'activité

IOV : Indicateurs Objectivement Vérifiables ; CT (Court Terme) < 1 ans ; MT (Moyen Terme) : 1 à 5 ans ; LT (Long Terme) > 5 ans

## **CONCLUSION**

### CONCLUSION

Les écosystèmes naturels du Sud-Ouest de Madagascar sont caractérisés par leur extrême fragilité et sensibilité. Ils sont actuellement menacés principalement par les activités anthropiques, notamment la divagation de bétail et la collecte de bois. *Tamarindus* qui est un élément essentiel de l'écologie de la Réserve spéciale de Bezà Mahafaly n'est pas épargné de ces menaces. L'intérêt particulier qui a dégagé le programme de suivi sur l'importance de *Tamarindus indica* dans la zone de Bezà Mahafaly a conduit à la recherche de solutions et de mesures pour mieux assurer la pérennité de cette essence. Cette espèce joue un rôle socio-économique très important dans la vie quotidienne de la population mais également un rôle écologique non négligeable dans la forêt (ATTOUMANE, 1999).

La présente étude a été menée avec comme objectifs d'évaluer la régénération, la phase de vieillissement ainsi que les rôles écologiques du peuplement de *Tamarindus indica* dans la forêt de Bezà Mahafaly afin de pouvoir contribuer à la recherche des solutions assurant la pérennité de l'espèce dans la Réserve. Pour atteindre ces objectifs, plusieurs méthodes ont été combinées. D'une part, les inventaires des individus de tamarinier ayant un diamètre entre 1 cm et 5cm ont permis de déterminer le taux de régénérations de l'espèce dans la zone d'étude, et d'autre part, les enquêtes et les observations de l'état de santé des individus de tamarinier inventoriés ont permis de définir l'état de développement, les menaces ainsi que les rôles de l'ensemble du peuplement de *Tamarindus* dans la Réserve.

Cette étude a montré que *Tamarindus indica* est une espèce dominante dans la forêt de Bezà Mahafaly. Mais sa capacité de régénération naturelle est faible pour plusieurs raisons : la divagation des bétails dans la forêt compromet l'avenir des jeunes plants, la chute de débris tel que les branches mortes entraîne aussi la mort des jeunes plants. Mais ce faible taux de régénération peut aussi être expliqué par le tempérament de l'espèce lui-même. *Tamarindus indica* est une espèce à tempérament héliophile de type nomade, elle nécessite alors une quantité de lumière directe pour germer et se développer. Sa croissance est lente. Dans différentes zones de la forêt de la Réserve, les gros arbres se trouvant à l'étage supérieur dont le tamarinier étale leurs cimes de façon à limiter la pénétration de la lumière jusqu'à la strate inférieure, entraînant ainsi une réduction du taux de germination et des régénérations naturelles de plusieurs espèces dont le tamarinier malgré une litière bien épaisse qui retient suffisamment l'eau.

*Tamarindus* est une espèce à longue durée de vie. Elle peut vivre jusqu'à plus d'un siècle (MORTON et JULIA, 1987). Dans la Réserve de Bezà Mahafaly, le nombre d'individus de régénération de tamarinier est inférieure au nombre d'individus de tamarinier en phase de vieillissement. En se basant sur l'état de santé ainsi que sur les signes de dépérissement et de vieillissement chez le tamarinier, on peut dire qu'en moyenne 60 individus/ha de tamarinier sont en phase de vieillissement dans les trois zones (forêt galerie, extension galerie et transition) de la Réserve de Bezà Mahafaly. Le nombre

d'individus de régénération quant à lui est de 45 individus/ha de tamarinier dans les trois zones de la Réserve de Bezà Mahafaly. Néanmoins, l'observation des simples manifestations extérieures et de l'état de santé de l'espèce ne suffit pas de dire que l'espèce est en phase de vieillissement ou de déclin. Mais la connaissance de l'âge de l'arbre ainsi que des différentes modifications internes sont nécessaires pour affirmer la phase de développement ou le stade de vie d'un arbre (MANON, 2001).

La comparaison des données de cette étude avec ceux collectées antérieurement a permis de dégager que *Tamarindus* décroît en nombres dans la Réserve de Bezà Mahafaly et ses environs. Cette diminution est due au fait que le nombre de tamarinier mort dépasse le nombre de nouvelles pousses. Les régénérations de tamarinier sont menacées par les différentes pressions et menaces comme la divagation de bétail, les pressions anthropiques (piétinement); ce qui réduit leur nombre, les régénérations n'arrivent plus à compenser en nombre les individus de tamarinier morts, en plus le tamarinier présente des difficultés de régénération dans la Réserve.

Les résultats des enquêtes effectuées auprès des villageois vivant aux alentours de la Réserve ont montré que l'espèce est d'usages multiples pour la population pour diverses et importantes raisons. Bien que le tamarinier reste encore parmi les espèces les plus abondantes dans la Réserve de Bezà Mahafaly et ses environs immédiats, son taux de régénération assez faible ainsi les différentes menaces, peuvent mettre en péril la pérennité de l'espèce si ces menaces ne sont pas prise en compte. Les solutions proposées dans la présente étude sont axées sur trois axes principaux dont le conservation de la forêt, la réduction des impacts des bétails dans la forêt, et l'amélioration de la gestion de la ressource *Tamarindus indica* dans la Réserve (cf. tableau 18).

Toutefois, plusieurs points sur la méthodologie méritent d'être améliorés pour un affinage des résultats. Une augmentation de la surface d'échantillonnage jusqu'à un hectare pour chaque zone d'étude (forêt galerie, extension forêt galerie et forêt de transition), la considération du facteur édaphique ainsi que des autres facteurs, la considération des modifications au niveau des gènes et cellules, liées à la phase de sénescence du tamarinier, la détermination de l'âge de l'arbre par lecture des cernes ou par carottage constituent autant d'amélioration qui peuvent être apportés à cette étude.

Néanmoins, les résultats de cette étude pourront contribuer à la compréhension de l'ensemble de la population de tamarinier dans la Réserve de Bezà-Mahafaly. Les recherches futures pourraient se tourner sur l'étude de la capacité de germination de l'espèce ou encore sur l'analyse de l'âge des individus à partir des cernes ce qui permettrait d'avoir une idée future sur le lien qui existe entre l'âge et l'état de développement de l'espèce.

## **REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES**

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

### BIBLIOGRAPHIE

- ALEXANDRE D., (1983). Régénération naturelle d'un arbre caractéristique de la forêt équatoriale de Côte-d'Ivoire : *Turraeanthus africana* , ORSTOM, tome 12, no 3-1917, 22 p.
- ALEXANDRE D. (1992). Régénération de la forêt du Nazinom {Burkina Faso}, Notes au projet BKP 89/011, Centre ORSTOM de Ouagadougou, 34 p.
- ANDRIAMAMPIANDRISOA T. (2010). Etude du comportement des *Lemur catta* (L., 1758) femelles dans la Réserve spéciale de Bezà Mahafaly pendant les périodes d'allaitement 2005 et 2007. Mémoire de diplôme d'Etudes Approfondies, Faculté des Sciences, Département de Paléontologie et d'Anthropologie biologique, Université d'Antananarivo, 81p.
- ANDRIAMIHAJA M. (2011). Evaluation des stocks de Carbone de la litière de la biomasse hypogée et du sol suivant les modes d'utilisation des terres et la position topographique dans la région d'Ambohitantely. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 70 p.
- ANDRIANANTENAINA H. (2005). Contribution a l'étude de la potentialité d'envahissement d'*Opuntia monacantha* dans la Réserve spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo. 66 p.
- ANDRIANJOHANINARIVO T. (2005). Contribution à la conservation de quelques espèces menacées aux environs de Diego Suarez et proposition de plan de gestion : cas de *A.perrieri*, *A.suarezensis*, *P.decaryi* et *P.windsorii*. Mémoire de diplôme d'Etudes Approfondies, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Départements des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 98 p.
- ATTOUMANE B. (1999). Etude sylvicole de *Tamarindus indica* dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et ses environs immédiats, Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 82 p.
- BALLEUX P., LEMAIRE J., (2002). Orientation sylvicole : Dépérissement des chênes indigènes. Centre de Développement Agroforestier de Chimay, guide n°003, 5p.
- BENJAMIN L. (2010). Fiche présentation d'arbre : *Tamarindus indica*, 10p., in [benjamin.lisan.free.fr/.../Fiche-presentation-tamarinier.pdf](http://benjamin.lisan.free.fr/.../Fiche-presentation-tamarinier.pdf).
- BERTRAND A. (2011). Elaboration d'une méthode de caractérisation de la régénération naturelle en peuplement résineux irrégulier. Rapport de stage pour l'épreuve de soutenance et l'obtention du diplôme de brevet de technicien supérieur agricole, option « gestion forestière », 33 p.
- BLASER J., RAJOELISON G., TSIZA G., RAJEMISON M., RABEVOHITRA R., RANDRIANJAFY H., RAZAFINDRANILANA N., RAKOTOVAO G., COMTET S., (1993). Choix des essences pour la sylviculture à Madagascar. Bulletin du Département des Eaux et Forêts de l'ESSA., Akon'ny Ala N° 12 -13. 166 p.

- BONAVENTURE R., (2010). Ecologie et comportement de *Propithecus verreauxi* dans les zones d'extension de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 78 p.
- BRUNKEN U., SCHMIDT M., DRESSLER S., JANSSEN T., THIOMBIANO A., ZIZKA G., (2008). *Tamarindus indica*, West African plants.
- CLAUDE H. (1992). La sénescence des végétaux. Edition Hermann, Paris, 159 p.
- CIRAD, GRET, (2002). Mémento de l'Agronome. Ministère des affaires étrangères, France. Edition Quae, 1691p.
- COMFORT A., (1979). The biology of senescence. Edition Elsevier, New York, 414 p.
- EDWARD F., DENNIS G., (1994). *Tamarindus indica*. Agricultural Engineering Department, Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida. 3p.
- ELISSALDE L., HORELLOU A., HUMBERT G., MORET J. (2004). Guide méthodologique sur la modernisation de l'inventaire des zones naturelles d'intérêt écologique, faunistique et floristique. Mise à jour 2004. Coll. Patrimoines Naturels. Muséum National d'Histoire Naturelle. Paris, 73 p.
- EYOG M., GANDE G., DOSSOU B., (2002). Réseau « Espèces Ligneuses Alimentaires ». Compte rendu de la première réunion du réseau tenue le 11- 13 Décembre, CNSF Ouagadougou, Burkina Faso. Institut international des Ressources Phytogénétiques, 221p.
- FAUBLEE J. (1942). L'alimentation des Bara (Sud de Madagascar). In: Journal de la Société des Africanistes, tome 12, p. 157-202.
- FOURNIER F., SASSON A. (1983). Ecosystèmes Forestiers Tropicaux d'Afrique. ORSTOM/UNESCO. Paris. France, 473p.
- GOODMAN S. et BENSTEAD J., (2005). Updated estimates of biotic diversity and endemism for Madagascar. *Oryx*, 39: 73-77.
- GUILLAUMET, J.L. (1984). The vegetation: an extraordinary diversity, pp. 27-54 *in* Madagascar Key Environment (Eds) Jolly A., Oberlé P. et Albignac R., IUCN. Pergamon Press, Oxford.
- HAINGOMANANTSOA H. (2009). Etude de la reprise de croissance de trois espèces en régénération naturelle et en plantation d'enrichissement en vue de la reconstitution d'une forêt dense sèche. Cas de la forêt de Kirindy – Morondava. Mémoire de diplôme d'Etudes Approfondies, Départements des Eaux et Forêts, Ecole Supérieure des Sciences Agronomiques, Université d'Antananarivo, 66 p.
- HOTOVOE B. (2006). Étude quantitative de la formation végétale entre la parcelle I et II de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly en vue de son extension. Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondie en Biodiversité et environnement, Option Biologie Végétale, Département des Sciences Biologique Formation Doctorale, Faculté des Sciences-Université de Toliara, 69 p.

## Références bibliographiques

- HOUEREU H., MAYDELL V., (1990). Arbres et Arbustes du Sahel : leurs caractéristiques et leurs utilisations. Editeur : Verlag Josef Margraf, 532p.
- JOELLE D., (2013). Le Tamarinier : Un arbre magique. Edition Quintessence, Paris, 96p.
- JOSETTE R., ALAIN R., (1993). Le Nouveau Petit Robert de la langue française 1993, Dictionnaires Le Robert. Paris, 2551 p.
- KRAMER P., KOZLOWSKI T., (1960). Physiology of trees. McGraw-Hill, New York, 642 p.
- LANTOVOLOLONA F. (2010). Inventaire floristique et caractérisation des usages des ressources végétales dans la zone d'extension de la Réserve de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo. 94p.
- LACHAT T. et BÜTLER R., (2007). Gestion des vieux arbres et du bois mort: Ilots de sénescence, arbres-habitat et métapopulations saproxyliques. Mandat de l'Office fédéral de l'environnement. En ligne: [http://www.wsl.ch/forschung/forschungunits/walddynamik/diversitaet/totholzmanagement/index\\_FR](http://www.wsl.ch/forschung/forschungunits/walddynamik/diversitaet/totholzmanagement/index_FR).
- LEOPOLD A., (1980). Aging and senescence in plant development, pp. 1-12. In: K.V. Thimann, ed. Senescence in plants. CRC Press, Boca Raton, FL. 258 p.
- MANON L. (2001). Caractérisation de la phase de sénescence chez l'épinette noire (*Picea mariana* (Mill.) B.S.P) à partir de l'accroissement annuel en volume de la tige. Mémoire de fin d'étude, Université de Quebec à Chicoutimi, 52 p.
- MINISTERE DE L'AGRICULTURE (2001). Monographie de la région du sud-ouest. Unité de politique pour le développement rural (UPDR).
- MITTERMEIER R., KONSTANT W., HAWKINS F., LEWIS E., LANGRAND O., RATSIMBAZAFY J., RASOLOARISON R., GANZHORN J., RAJAABELINA S., TATTERSALL I. et MEYERS D., (2006). Lemurs of Madagascar. 2nd édition. Conservation International. Tropical Field Guide, Series 23-254
- MITTERMEIER R., MYERS N., THOMSEN J., FONSECA D., OLIEVIERI, (1998). Biodiversity hotspots and major tropical wilderness areas: approaches to setting conservation priorities. Conservation Biology 12: 516-520p.
- MORAT, P. (1973). Les savanes du sud-ouest de Madagascar. Paris, Mémoires ORSTOM, n° 68, 235 p.
- MORTON, JULIA F., (1987). Fruits of Warm Climates. Wipf and Stock Publishers. pp. 115–121.
- MUOK B., ALEM S. (2011). *Tamarindus indica*, tamarinier. Conservation et utilisation durable des ressources génétiques des espèces ligneuses alimentaires prioritaires de l'Afrique subsaharienne. Bioersivity International (Rome, Italie). 8p.
- MYERS N., MITTERMEIER R., MITTERMEIER C., et KENT J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. Nature 40: 853-858.

- NARINDRA R., (2011). Groupes écologiques et régénération naturelle de la forêt dense humide de Betampona (Réserve naturelle intégrale). Mémoire de diplôme d'Etudes Approfondies, Faculté des Sciences Département de biologie et écologie végétales, Université d'Antananarivo, Madagascar. 85p.
- OTTO H., (1998). Ecologie forestière. Institut pour le Développement Forestier, Paris, 397 p.
- PERRIER de la BATHIE H., (1921). La végétation malgache. Annales de l'Institut Botanico-géologique Colonial de Marseille, Sér. 3(9), 268 p
- PRIMACK J., RATSIRARSON J., (2005). Principe de base de la conservation de la biodiversité. Antananarivo, ESSA, CITE.
- RABEZÀNAHARY M., (2011). Etude de la dynamique de régénération après exploitation au niveau de deux sites de transfert de gestion de ressources naturelles renouvelables dans la Commune Rurale de Didy, Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 58 p.
- RAHENDRIMANANA J. (2012). Caractérisation du climat dans la Réserve de Bezà Mahafaly et son influence sur la communauté aviaire. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 70 p.
- RAJOELISON L. (1992). Méthodologie d'analyse sylvicole dans une forêt naturelle. Bulletin de département des Eaux et Forêts de l'ESSA. Akon'ny ala N°8. 28p.
- RAJOELISON L., (1992). Comportement sylvicole de quelques espèces d'intérêt économique dans la forêt dense humide de la montagne d'Ambohitantely (Tampoketsa et Ankazobe). Akon'ny ala N°9. 27p.
- RAJOELISON L. (1997). Etude d'un peuplement, analyse sylvicole, Manuel à usage des techniciens du développement rural, Manuel Forestier n°5. 26 p.
- RAJOELISON L. (2005). Les Forêts Littorales de la Région Orientale de Madagascar : Vestiges à Conserver et à Valoriser, Thèse de Docteur d'Etat ES Sciences physiques, Ecole Supérieure Polytechnique d'Antananarivo, Filière Génie Industrielle, Université d'Antananarivo, 206 p.
- RAKOTOMALALA J. (2008). Etudes des séries évolutives des systèmes agraires en relation avec les changements climatiques, cas des deux villages périphériques de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département Elevage, Université d'Antananarivo, 84 p.
- RAKOTONIAINA M., BLASE C., CHRISTIAN B. (2009). Fiche technique pour promouvoir la plantation des arbres à Madagascar. Ministère de l'Environnement, des Forêts et du Tourisme. 93 p.
- RAMANANJATOVO, (1988). Contribution à l'étude de la végétation de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 79 p.

## Références bibliographiques

- RAMBOANILAINA A., (1996). Contribution à l'étude du système d'élevage bovin aux alentours de la RSBM. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département Elevage, Université d'Antananarivo, 60 p.
- RANDRIAMAHALEO T. (1999). Etude des impacts négatifs de l'élevage sur la forêt de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département Elevage, Université d'Antananarivo, 65p.
- RANDRIANANDRASANA A., YOUSOUF J., RANDRIA Z. (2007). Mise en place de comité de vigilance et « Dina » de conservation, Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly, 70 p.
- RANDRIANJANAHARY M., (2011). Etude des effets de passage de cyclones (cyclone HUDAH en 2000 et cyclone IHARY en 2002) sur les formations forestières de la péninsule de Masoala. Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondie, Option Ecologie Végétale, Faculté des Sciences, Département de Biologie et Ecologie Végétales, Université d'Antananarivo, 99 p.
- RANJATSON, J. P. (1996). Etude de la régénération naturelle et du jeune bois après exploitation sélective dans la forêt de Manangotry et perspectives d'aménagement sylvicole en vue de l'utilisation durable de la forêt classée de Tsitongambarika - Région de Fort-Dauphin. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 70 p.
- RASAMIMANANA N. (2011). Influence de la variabilité climatique sur la phénologie de la forêt de la Réserve spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 59 p.
- RASAMIMANANA N., RATSIRARSON J. et RICHARD A., (2012). Influence de la variabilité climatique sur la phénologie de la forêt de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. *Malagasy Nature*, 6: 67-82.
- RATSIRARSON J. (1987). Contribution à l'étude comparative de l'éco-ethologie de *Lemur catta* dans deux habitats différents de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo. 124 p.
- RATSIRARSON J. (1996). Importance de la recherche au sein du Projet Bezà Mahafaly. Bulletin du Département des Eaux et Forêts de l'ESSA., Akon'ny Ala N°1 :21-24.
- RATSIRARSON J. (2003) *Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly*. In The natural History of Madagascar par Goodman et Benstead. Jonathan P (2003), 1520-1525. The University of Chicago press, Ltd, London.
- RATSIRARSON J., RANDRIANARISOA J., EDIDY E., EMADY J., EFITROARANY, RANAIVONASY J., ELYSE H., RAZANAJAONARIVALONA E., et ALISON F.R. (2001). *Bezà Mahafaly: Ecologie et réalités socio-économiques*. Recherches pour le développement, Séries science biologiques n°18. CIDST-Université d'Antananarivo.
- RAVAOSOLO H. J. (1996). Impact de l'exploitation de sel gemme sur les forêts aux alentours de la RS spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire CAPEN, Ecole Normale Supérieure, Université d'Antananarivo

- RAZAFINDRAIBE M. (2008). Contribution a l'étude de la divagation des animaux domestiques dans la Réserve spéciale de Bezà Mahafaly, en vue du renforcement de sa gestion durable, Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 67 p.
- RAZAFINDRAKOTO M. (1998). Etude de la dynamique d'une forêt galerie dans la Réserve spéciale de Bezà Mahafaly, Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 78 p.
- RAZAFINDRAMANANA J., (2005). Impacts de l'introduction des lemurs bruns (*Eulemur fulvus rufus x Eulemur fulvus collaris*) sur le tamarinier (*Tamarindus indica*) dans la Réserve privée de Berenty. Mémoire en vue de l'obtention du certificat d'aptitude pédagogique de l'école normale (CAPEN), Ecole Normale Supérieure, Département Formation Initiale Scientifique, Université d'Antananarivo, Madagascar, 70p.
- RAZANAKA S., GROUZIS M., MILLEVILLE P., MOIZO B., AUBRY C., (2001). Société paysannes, transitions agraires et dynamiques écologiques dans le Sud-ouest de Madagascar. Actes de l'Atelier CNRE-IRD. 8-10 novembre 1999. Antananarivo.
- RIVOARIVELO N. (2008). Contribution à l'étude de prélèvement des produits végétaux ligneux et non ligneux les plus recherchés par la population locale dans la deuxième parcelle de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique, Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 91 p.
- ROLLET B., (1979). Application de Diverses Méthodes d'Analyses de Données à des Inventaires Forestiers Détaillés : Levés en Forêt Tropicale. Tome 14. Ed. Gauthier-Villars, pp 319-344.
- SOLOARIVELO Z. (2004). Contribution à la conservation de forêt de Tapia-Arivotrimamo II, Etudes de la régénération naturelle d'*Uapaca bojeri* (Euphorbiaceae) et de la valorisation des sous bois. Mémoire de fin d'études, Ecole Supérieure des Sciences Agronomique Département des Eaux et Forêts, Université d'Antananarivo, 70 p.
- SINADOUWIROU T., KIKI M., OUMOROU M. (2008). Structure et la régénération naturelle des populations de *Tamarindus indica* L. et *Vitex doniana* dans le district de Banikoara dans le nord du Bénin. Mémoire d'Ingénieur des Travaux, Aménagement et Protection de l'Environnement, EPAC / Université d'Abomey-Calavi, Bénin, 89 p.
- SWETNAM T.W., THOMPSON M.A. et SUTHERLAND. E.K., (1985). Using dendrochronology to measure radial growth of defoliated trees. Agriculture handbook, no. 639. US Department of agriculture, Forest service, Washington, DC, 39 p.
- TYSON P., (2000). The eight continent-life, death and discovery in the lost world of Madagascar. New York: HarperCollins. 19p.
- WWF, (2007). Fiche 9 : Régénération naturelle et plantation, in : <http://www.wwf.fr/s-informer/.../fiche-9-regeneration-naturelle-et-plantation>. 4p.

## Références bibliographiques

---

- YOUSSEF J. (2004). Bioécologie des *Rattus rattus* dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et ses alentours, Diplôme d'Etude Approfondie en biodiversité et environnement, Option Biologie Animale, Département des Sciences Biologiques, Faculté des Sciences-Université de Tuléar, 126 p.

### WEBOGRAPHIE

- [http://www.ser.org/content/ecological\\_restoration\\_primer.asp](http://www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp).
- <http://www.bj.refer.orgdocument.php?id=805>. ISSN ISSN 1840-5312
- <http://www.hort.purdue.edu/newcrop/morton/tamarind.html>
- <http://fr.wikipedia.org/wiki/Tamarinier>
- <http://gardenbreizh.org/modules/gbdb/plante-328-tamarindus-indica.html>
- <http://www.kew.org/plants-fungi/Tamarindus-indica.htm> : Les plantes utiles de l'Afrique tropicale occidentale 3. Royal Botanic Gardens, Kew
- <http://benjamin.lisan.free.fr/.../Fiche-presentation-tamarinier.pdf>.
- <http://www.wwf.fr/s-informer/.../fiche-9-regeneration-naturelle-et-plantation>

# **ANNEXES**

## Annexe 01: Présentation du milieu d'étude

### 1 Milieu physique

#### 1.1 Historique

La gestion de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly a été confiée à l'ESSA/Forêts en Juillet 1978 par le conseil populaire de la commune rurale d'Ankazombalala (ex-Beavoaha) pour servir de terrain d'application aux étudiants. Elle est instituée en Réserve Spéciale le 04 juin 1986 par le décret n°86-168. C'est depuis 1994, grâce à l'appui financier de la fondation Liz Claiborne/Art Ortenberg, qu'un programme de partenariat a été initié entre ESSA/Forêts, l'Université de Yale, et la population riveraine de la Réserve Spéciale (RATSIRARSON, 2003). Actuellement, la gestion de la Réserve est assurée par Madagascar National Parks dont l'ESSA/forêts est responsable du Volet Education et Recherche. Ce dernier entreprend des recherches fondamentales comme les recherches sur l'écologie et la biodiversité, des recherches appliquées ayant des impacts directs ou indirects sur l'économie des villages. Il effectue aussi des suivis à long terme du climat, de la faune et de la flore afin de suivre l'évolution de l'écosystème et d'adopter par conséquent l'action de conservation y afférente. L'objectif principal du projet Bezà Mahafaly consiste d'une part, à conserver l'écosystème et la biodiversité unique du Sud-Ouest de Madagascar tout en intégrant le développement à la conservation et d'autre part à servir de centre de formation et de recherche pour les étudiants et les chercheurs tant nationaux qu'internationaux (RATSIRARSON, 2003).

La Réserve dispose d'une superficie d'environ 4600 hectares comprenant deux parcelles non contiguës distantes de dix kilomètres. Une première parcelle (cf. carte 5) ayant une superficie de 80 hectares est une forêt galerie longeant la berge de la rivière Sakamena, située près du campement et clôturée par des rangées de fil de fer barbelé, une deuxième parcelle d'une superficie d'environ 520 hectares est une forêt xérophytique dont les parties Sud et Nord ont été matérialisées par des plantations de haies vives de l'espèce *Opuntia* sp. et de l'espèce *Alluaudia procera*, et balisées sur les périphéries par des bornes en pierres. Le couloir forestier reliant les deux parcelles est constitué par une forêt de transition plus ou moins dégradée à cause de son utilisation intensive comme terrain de pâturage et de collecte de produits forestiers des environnants (RATSIRARSON *et al.*, 2001).

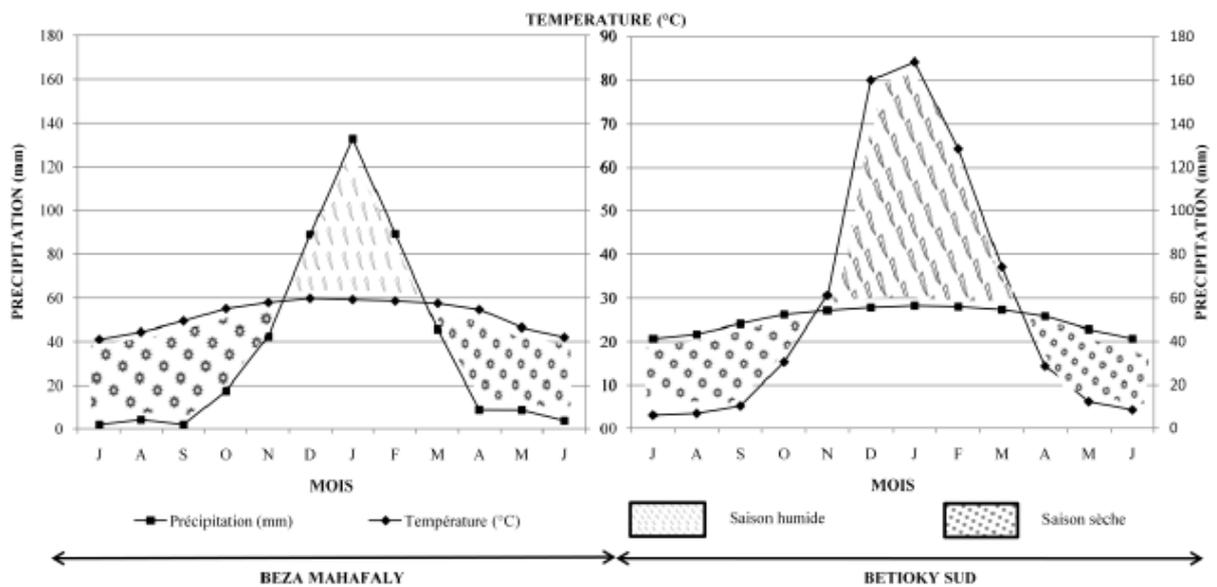
#### 1.2 Situation géographique

La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly se trouve dans la région Atsimo Andrefana de Madagascar. Elle est localisée à 35 km au Nord-Est de Betioky Sud, dans le fokontany de Mahazoarivo, commune rurale d'Ankazombalala (ex-Beavoaha), district de Betioky Sud, et est située entre 23°38'60" et 23°41'20" de latitude Sud et 44°32'20" et 44°34'20" de longitude Est (cf. Carte 5). La zone fait parti du vaste pays Mahafaly qui s'étend de l'Onilahy jusqu'au fin fond de l'Androy, plus précisément à Menarandra (Youssef, 2004). Les villages de Mahazoarivo et d'Analafaly se situent respectivement à

environ 4 km au nord et 2 km à l'est de la Réserve. Ce sont les deux principaux villages à proximité de la Réserve.

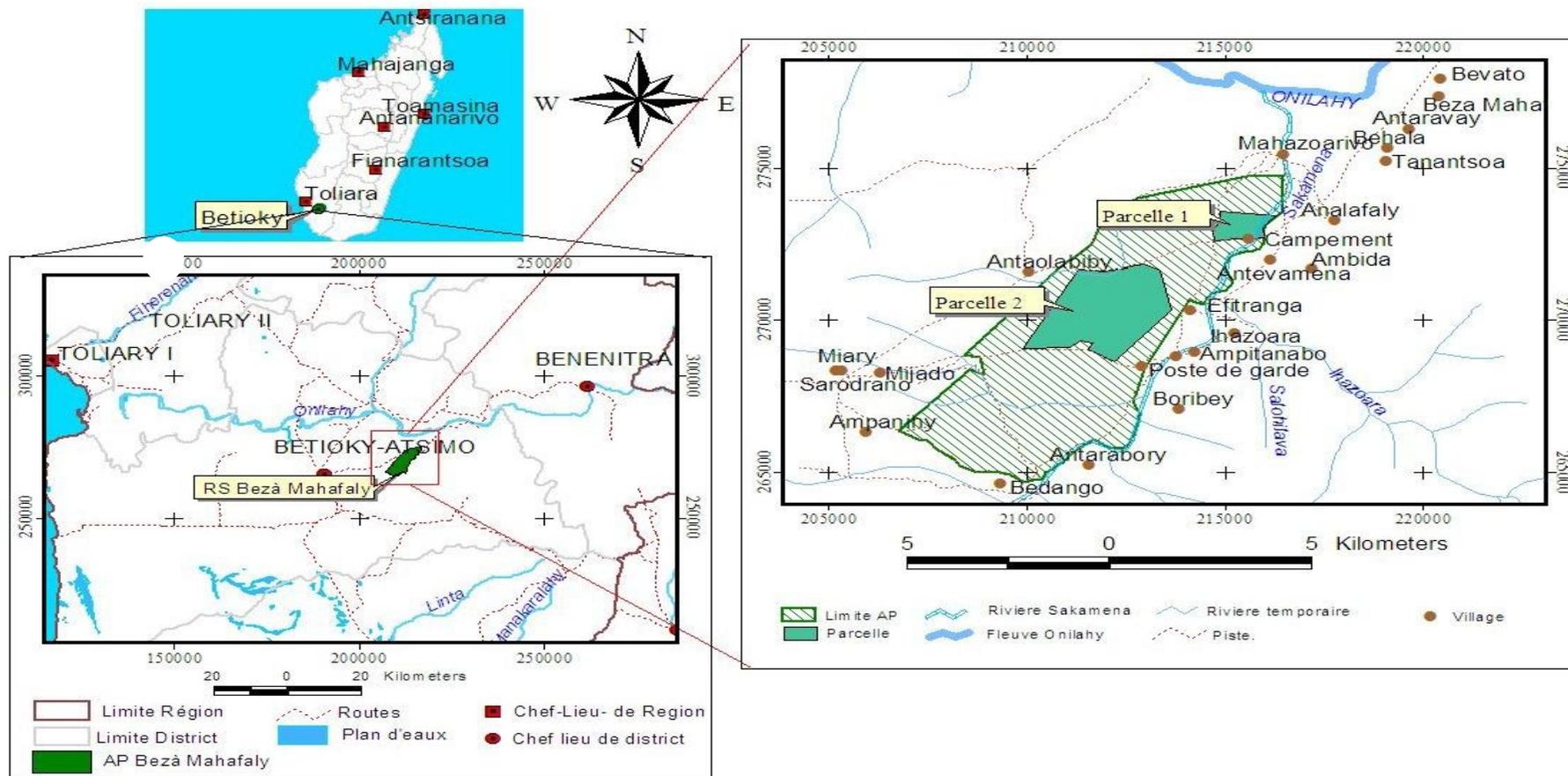
### 1.3 Climat

La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly et ses environs sont soumis à un climat semi-aride (RATSIRARSON, 2003). La région reçoit annuellement en moyenne 502 mm de quantité de pluie et la température moyenne se situe autour de 26 °C (RAHENDRIMANANA, 2012). La courbe de variation moyenne des températures et des précipitations annuelles durant 11 années successives (1999-2010) à partir des relevés journaliers de la station météorologique de Bezà Mahafaly et celle de la station de Betioky Sud durant 30 années (1961-1990) sont représentées sur la figure 14 :



**Figure 14 : Courbes ombrothermiques de Bezà Mahafaly et de Betioky Sud**

(Source : Centre de Recherche de Bezà Mahafaly, donnée 1999-2010 et Service météorologique Ampandrianomby, donnée 1961-1990 in RASAMIMANANA, 2011)



Carte 5 : Localisation géographique de la zone d'étude

(Source : Labo SIG ESSA-Forêts in RAHENDRIMANANA, 2012)

Ces diagrammes ombrothermiques (cf. figure 14) mettent en évidence la présence de deux saisons bien distinctes au niveau de Betioky Sud et de Bezà Mahafaly :

- une saison sèche d'Avril à Octobre, pendant laquelle la courbe de variation de la température est au dessus de celle des précipitations.
- une saison humide de Novembre à Mars, pendant laquelle la courbe de variation des précipitations est au dessus de celle de la température

La frange côtière de la région Sud-Ouest est balayée en permanence par un vent dominant « Tsiok'atsimo » suivant la direction Sud Ouest – Nord Est (MINISTERE de l'AGRICULTURE, 2001).

L'ensoleillement du Sud-Ouest est de l'ordre de 3700h/an avec une moyenne thermique annuelle entre 23°C et 26°C (HOTOVOE, 2006)

### **1.4 Relief et Topographie**

La région de Bezà Mahafaly est dominée par un relief relativement plat avec des successions de plateaux peu nivelés. L'altitude varie de 130 à 170 m, avec une pente faible n'excédant pas 3 %. Sur les collines, cette pente peut atteindre 40 à 50 % et même devenir abrupt (RATSIRARSON *et al.*, 2001).

### **1.5 Hydrographie**

La vallée est traversée par la rivière temporaire de Sakamena qui se déverse dans le fleuve Onilahy à 10 km de la Réserve. Cette rivière possède de nombreux affluents à savoir Ankilifilo, Ihazoara Andranotakatsy, Salohilava, Amborompotsy. En outre, cette rivière est sèche en surface avec un régime souterrain pendant la longue période sèche qui s'étend du mois d'Avril au mois d'Octobre. Et pour chercher de l'eau pendant cette saison, les paysans creusent dans le sable (RATSIRARSON *et al.*, 2001). Par contre, pendant la période des pluies, surtout en cas de forts orages, des variations brusques et journalières du débit de l'eau peuvent être observées, qui sont à l'origine des crues violentes et soudaines.

La déforestation en amont de la rivière provoque l'ensablement des lits, qui, pendant la période estivale, va induire à des effets désastreux tels que le débordement de la rivière se manifestant par l'inondation des zones basses (ANDRIANANTENAINA, 2005).

### **1.6 Sols**

La Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly est marquée par des affleurements schisto-gréseux des séries moyennes et inférieures au système de la Sakamena dans lesquels dominant les sédiments clastiques (RATSIRARSON *et al.*, 2001). Le socle est gréseux, et le sol sableux provient de la dégradation de la roche mère (HOTOVOE, 2006).

En général, deux types de sols sont rencontrés dans la région (RAZAFINDRAIBE, 2008):

- le sol alluvionnaire (ou sol peu évolué d'apport appelé couramment « baiboho ») qui se rencontre au bord de la rivière Sakamena. Ces types de sol sont utilisés pour l'agriculture étant donné la forte proportion en limon. Néanmoins, sur ces sols, la teneur en sable augmente au fur et à mesure que l'on s'éloigne du lit de la rivière Sakamena;
- le sol ferrugineux tropical sur des matériaux d'origines gréseuses constitués par un sol rocailleux à sable roux résultant de la décomposition des roches ou d'apports par les eaux de pluie et par les vents, qui se rencontre surtout dans la deuxième parcelle de la Réserve.

## 2 Milieu biologique

### 2.1 La flore

La végétation de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly est caractérisée par l'originalité floristique et l'adaptation à la sécheresse : espèces microphylles ou aphylls, xérophytiques, crassulescentes, pachycaules et épineuses (RATSIRARSON, 2001). La Réserve abrite environ 211 espèces floristiques appartenant à 53 familles (YOUSSOUF, 2004). La formation forestière y est de type climacique climatique. Certaines parties bordant la rivière Sakamena, est toutefois de type climacique édaphique, c'est la forêt galerie. Trois types de forêts sont distingués dans cette région : la forêt galerie, la forêt de transition et le fourré xérophytique (RATSIRARSON *et al.*, 2001).



**Photo 11 : Forêt galerie**

(Source : RAMALANJAONA, 2013)



**Photo 12 : Forêt de Transition**

(Source : RAMALANJAONA, 2013)



**Photo 10 : Forêt Xérophytique**

(Source : RAMALANJAONA, 2013)

### 2.1.1 La Forêt galerie

Ce type de forêt se trouve sur le long de la rivière Sakamena avec une altitude moyenne de 130 m. Elle est caractérisée par des arbres à grande taille avec une couverture fermée en période de pluie et semi-ouverte en saison sèche. Cette forêt est dominée par les espèces de *Tamarindus indica* et d'*Acacia polyphylla* (RATSIRARSON *et al.*, 2001). Plusieurs lianes s'entremêlent sur les arbres. En général, les arbres les plus hauts jusqu'à 23 m de hauteur sont dans la forêt galerie. Les arbres de plus de 15 m de hauteur dans la forêt galerie sont constitués par : *Tamarindus indica*, *Euphorbia tirucallii*, *Acacia polyphylla* et *Acacia bellula* (RATSIRARSON *et al.*, 2001). En général, cette forêt est divisée en trois (3) strates :

- une strate supérieure arborée composée de quelques arbres de grandes dimensions (DHP<sup>7</sup> supérieure à 35cm), d'une vingtaine de mètres de hauteur, est dominée par *Tamarindus indica*, et *Acaccia polyphylla*,
- une strate intermédiaire de 3 à 15 m de hauteur, formée par des espèces de faible diamètre (DHP inférieure à 15 cm), est constituée par *Commiphora* spp., *Euphorbia tirucallii*, *Grewia* spp., *Syregada chauvetia*,
- une strate inférieure, de moins de 3m de hauteur, est formée par les régénérations des essences de la strate intermédiaire et d'autres espèces comme *Dichrostachys humbertii*.

### 2.1.2 La forêt de transition

Il s'agit d'une forêt de transition entre la forêt xérophile et la forêt galerie. Cette formation forestière est localisée au niveau du couloir forestier entre les deux parcelles de la Réserve. La forêt de transition est dominée par *Grewia* spp. (RATSIRARSON *et al.*, 2001). Cette formation est composée de trois strates :

- une strate supérieure clairsemée d'une hauteur supérieure à 10m, dominée par *Tamarindus indica* et *Salvadora angustifolia* ;
- une strate intermédiaire de 2 à 10 m de hauteur constituée surtout de *Grewia* spp., *Syregada chauvetia* et des arbustes de différentes tailles ;
- une strate basse très dense et de pénétration difficile, d'une hauteur inférieure à 2m, dominée par des espèces épineuses.

La forêt de transition est de deux catégories : la forêt de transition à tendance galerie et la forêt de transition à tendance xérophytique. Ces deux formations se distinguent par les espèces floristiques rencontrées. La forêt de transition à tendance galerie abrite encore des espèces caractéristiques de la forêt galerie comme *Tamarindus indica* et *Acacia bellula*. Quant à la forêt galerie à tendance xérophytique, elle se distingue par la présence des espèces caractéristiques des fourrés xérophiles comme *Alluaudia procera*, *Gyrocarpus americanus* et *Terminalia seyrigii*

<sup>7</sup> Diamètre à hauteur de la poitrine

### 2.1.3 La forêt xérophytique

La forêt xérophytique inclut la deuxième parcelle de la Réserve. Elle est constituée des espèces spécifiques, adaptées à la longue saison sèche comme la présence des espèces à feuilles caduques (*Commiphora* spp.), des espèces épineuses (*Alluaudia procera*, *Acacia* spp.), des espèces microphylls (*Cedrelopsis grevei*), des espèces à feuilles cladodes, des espèces crassuléscentes (*Kalanchoe* sp., *Xerocysios* sp.), des espèces sous formes de bouteilles (*Pachypodium* spp.) et des espèces avec des tubercules (*Discorea* spp.) (RATSIRARSON *et al.*, 2001). Cette forêt est formée de trois strates :

- une strate supérieure de faible densité, composée surtout de l'espèce *Alluaudia procera*,
- une strate moyenne, constituée par les espèces *Euphorbia* spp.,
- une strate des petits arbres qui est très abondante, dominée par l'espèce *Cedrelopsis grevei*.

## 2.2 La Faune

La forêt de Bezà Mahafaly présente une diversité faunistique importante et très spécifique. Elle concerne les mammifères, les oiseaux, les reptiles, les amphibiens et les insectes.

**Tableau 19 : Résumé de la Biodiversité faunique de Bezà Mahafaly**

Ordres	Nombre	
Insectes	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 105 Espèces de Lépidoptères appartenant à 16 familles dont</li> <li>- 46 espèces de Coléoptères appartenant à 17 familles,</li> <li>- 28 espèces d'Hyménoptères appartenant à 9 familles ont été découvertes.</li> </ul>	 <p><b>Photo 13 : <i>Catopsilia florella</i></b> (Source : WIKIPEDIA, 2013)</p>
Mammifères	<p>21 espèces de mammifères dont :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 espèces de lémurien : 2 diurnes (<i>Lemur catta</i> et <i>Propithecus Verreauxi</i>) et 3 nocturnes (<i>Lepilemur leucopus</i>, <i>Microcebus murinus</i> et <i>Microcebus griseorufus</i>)</li> <li>- 6 espèces d'Afrosoricida dont le <i>Tenrec eucaudatus</i> l'espèce la plus rare dans la RS</li> <li>- 3 espèces de Carnivora dont <i>Cryptoprocta ferox</i></li> <li>- 3 espèces de rongeurs : <i>Mus musculus</i>, <i>Rattus rattus</i> et <i>Eliurus myoxinus</i></li> <li>- 4 espèces de Chiroptère (<i>Pteropus rufus</i>, <i>Hipposideros commersoni</i>, <i>Tadarida jugularis</i> et <i>Taphozous mauritanus</i>)</li> <li>- 1 espèce d'ongulés <i>Potamocheirus larvatus</i></li> </ul>	 <p><b>Photo 14 : <i>Lemur catta</i></b> (Source : RAMALANJAONA, 2013)</p>

Oiseaux	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 43 familles et 102 espèces inventoriées dont 27 sont endémiques telles <i>Coua gigas</i></li> </ul>	 <p><b>Photo 15 : Coua gigas</b> (Source : LEGRAND, 1995)</p>
Reptiles	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 15 espèces d'Ophidiens dont <i>Leioheterodon modestus</i></li> <li>- 2 espèces de Chéloniens</li> <li>- 18 espèces de Sauriens</li> <li>- 1 espèce de Crocodilia dont <i>Crocodylus niloticus</i></li> </ul>	 <p><b>Photo 16 : Leioheterodon modestus</b> (Source : WIKIPEDIA , 2013)</p>
Amphibiens	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 espèces de grenouilles dont <i>Ptychadena madagascariensis</i></li> </ul>	 <p><b>Photo 17 : Ptychadena mascariensis</b> (Source : RÖDEL <i>et al.</i>, 2008)</p>

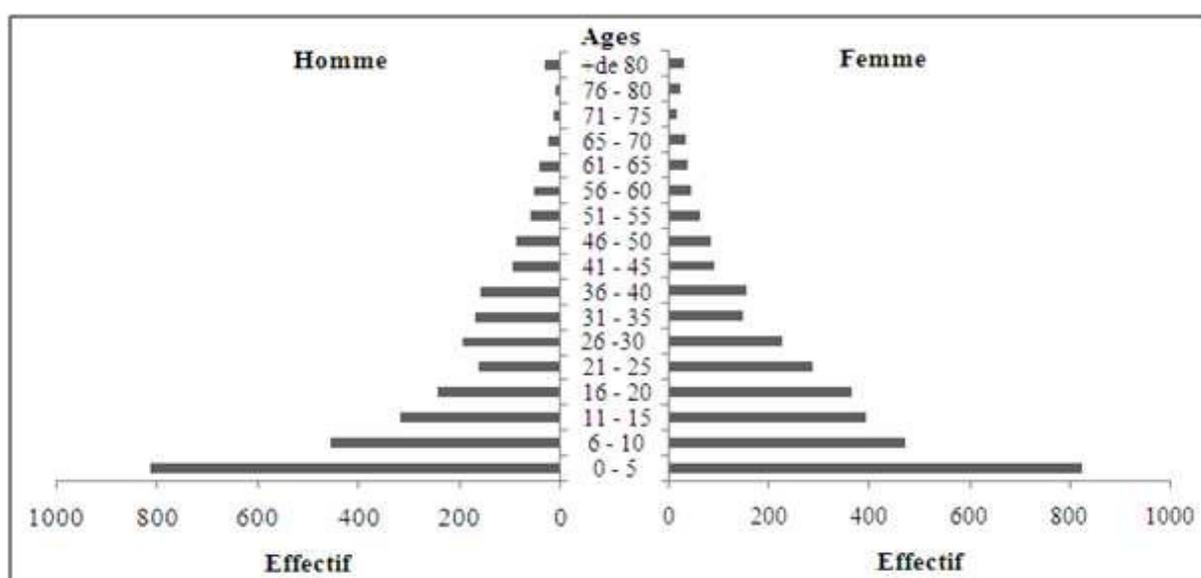
Source : RATSIRARSON *et al.*, 2001

### 3 Milieu humain

#### 3.1 Démographie

La population locale est composée surtout de Mahafaly, d'Antadroy et de Tanala. Les Mahafaly sont les plus nombreux et comprennent plusieurs clans, y compris les Tefandry, Temohita, Karimbola, Tetsilany, Temaromainty, Temarofotsy, Temaromasy, et Talamay (RATSIRARSON *et al.*, 2001).

En 2009, la population dans les 5 Fokontany les plus proches de la Réserve comptait 5561 habitants (Rasamimanana, 2011). En 2011, selon l'enquête démographique effectuée par le CFR-Bezà Mahafaly, le nombre de la population est estimé à 6158 habitants. Un taux d'accroissement démographique de l'ordre de 5,23 % par an a été alors perçu. Le résultat de cette enquête montre aussi que la population est majoritairement jeune avec 76,96 % représentés par des jeunes moins de 30 ans (Figure ) et elle est dominée par les femmes avec un pourcentage de 53,17%.



**Figure 15 : Pyramide des âges de la population riveraine de la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly en 2011.**

(Source: CFR-Bezà Mahafaly in RAHENRIMANANA, 2012)

### 3.2 Mode de vie

La plupart des villageois de la région de Bezà Mahafaly, 76% d'après RATSIRARSON *et al.* (2001), sont illettrés. Les quelques individus qui ont passé l'école se sont presque arrêtés au primaire. Très peu ont passé le secondaire. Presque la totalité de la population se consacre surtout à l'élevage et à l'agriculture. Mais à part cela, ils pratiquent des activités secondaires comme l'artisanat, le commerce, la fabrication du sel gemme ou « sira-tany ». Les zébus jouent un rôle social, culturel et économique très important pour eux.

Les perceptions économiques et culturelles des villageois se focalisent sur la possession d'un grand nombre de bétail, en particulier les zébus et les chèvres, considérés comme un moyen d'épargne et un signe de prestige social (RAMBOANILAINA, 1996).

Les villageois ont comme aliments de base le maïs, manioc et patate douce. Le riz et la viande sont occasionnellement consommés. Les moyens de déplacement les plus courants dans la région, à part la marche à pied, sont les charrettes à bœufs (RATSIRARSON *et al.*, 2001).

Le marché joue un rôle très important dans la région car c'est non seulement un lieu d'échange des biens, mais surtout un lieu social pour se rencontrer et se courtiser pour les jeunes. La société Mahafaly est de type patriarcal : les notables et les représentants des autorités locales sont des hommes (YOUSOUF, 2004).

### **3.3 Activité économique**

L'agriculture est l'élevage constituent les principales activités économiques de la population vivant aux alentours de la Réserve de Bezà Mahafaly.

#### **3.3.1 Agriculture :**

L'agriculture est à la fois source de revenu mais aussi d'alimentation pour la population locale. Les cultures vivrières telles que la culture de maïs, manioc, patate douce et du riz sont les plus répandues dans cette région et représentent les 80% des cultures vivrières pratiqués dans la localité. La productivité des exploitations demeure faible généralement due à la qualité du labour (« l'angady » comme principal moyen de production), à l'absence de la fertilisation, à l'utilisation de semences non sélectionnées (RAKOTOMALALA, 2008).

Les cultures de rentes sont constituées d'oignon, d'haricot, de tomate et d'arachide. Une partie de la production est consommée.

#### **3.3.2 Elevage**

La population locale pratique l'élevage des chèvres, des zébus, des moutons et des volailles. L'élevage est en général de type extensif : un minimum d'intervention humaine dans le seul but de posséder le maximum d'animaux (RAZAFINDRAIBE, 2008). L'élevage de bovin tient la place importante dans la région. Deux types de conduite d'élevage de bovins existent dans la région (RATSIRARSON *et al.*, 2001), à savoir :

- Le « midada » qui consiste à laisser le bétail divaguer dans la forêt sans bouviers, le propriétaire les réunit dans un parc ou le visite après un certain nombre de jour ;
- Le « miarakandrovy » avec lequel le bétail est gardé par un ou des bouviers pendant la journée et est amené dans le parc du village pendant la nuit.

#### **3.3.3 Autres activités**

La collecte des produits forestiers, ligneux et non ligneux, et la fabrication de planches font partie des autres activités des habitants riverains de la Réserve. En outre, les activités artisanales (la sculpture et le tissage) et la chasse sont aussi observées dans la région, les produits obtenus sont destinés à la vente et/ou à la consommation. L'exploitation de sel gemme (siratany) est aussi une activité prometteuse dans la région. Elle est exclusivement faite par les femmes (RATSIRARSON et RAVAOSOLO, 1998). La plupart des exploitants la considère comme principale source de revenu, mais d'autres le pratiquent comme un complément de l'élevage et de l'agriculture (RAVAOSOLO, 1996).

La pratique des ces activités interfère souvent à la conservation de l'Aire Protégée : l'élevage promeut la divagation des bétails et l'implantation des parcs à bœufs dans la forêt (RANDRIAMAHALEO, 1999). Le manque de terre arable pousse la population à défricher et à opter pour des activités alternatives rémunératrices telles le commerce du bois pour la fabrication de planches souvent issu des coupes illicites (RIVOARIVÉLO, 2008). Ces pressions sont les principales menaces de la forêt. Le faible rendement de l'agriculture contribue à la collecte des PFNL dans la forêt, mais celle-ci n'a pas trop d'effet sur l'intégrité globale de l'écosystème (RANDRIANANDRASANA et *al.*, 2007). Une pression plus récente est l'envahissement des plantes colonisatrices telles *Cynanchum mahafalense* et *Opuntia sp.* (RANDRIANANDRASANA et *al.*, 2007).

## Annexe 02: Liste des espèces floristiques dans la Réserve Spéciale de Bezà Mahafaly

### 1- Liste des espèces floristiques dans la Forêt Galerie

Numéro	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille
1	Akaly	<i>Crateva excelsa</i>	CAPPARIDACEAE
2	Angalora	<i>Secamone</i> sp.	ASCLEPIADACEAE
3	Avoha	<i>Albizia</i> sp.	FABACEAE
4	Bakoa	<i>Strychnos madagascariensis</i>	LOGANIACEAE
5	Bokabe	<i>Marsdenia verrucosa</i>	APOCYNACEAE
6	Dango	<i>Talinella grevea</i>	PORTULACACEAE
7	Daromangily	<i>Commiphora grandifolia</i>	BURSERACEAE
8	Darosiky	<i>Commiphora marchandii</i>	BURSERACEAE
9	Famata	<i>Euphorbia tirucalli</i>	EUPHORBIACEAE
10	Fandriandambo	<i>Physena sessiliflora</i>	FLACOURTIACEAE
11	Farihasy	<i>Byttneria voulily</i>	STEREULIACEAE
12	Fatra	<i>Terminalia fatrae</i>	COMBRETACEAE
13	Filofilo	<i>Azima tetracantha</i>	SALVADORACEAE
14	Halimboro	<i>Albizia polyphylla</i>	FABACEAE
15	Hary	<i>Bridolia pervilleana</i>	EUPHORBIACEAE
16	Hazombalala	<i>Syregada chauvetiae</i>	EUPHORBIACEAE
17	Hazontaha	<i>Rhigozum madagascariensis</i>	BIGNONIACEAE
18	Hento	Inconnu	Inconnu
19	Karembolamitsy	<i>Dialium madagascariensis</i>	FABACEAE
20	Katrafay	<i>Cedrelopsis grevei</i>	RUTACEAE
21	Kelehagnitse	<i>Croton geayi</i>	EUPHORBIACEAE
22	Kibaintsihotse	<i>Diospyros sakalavarum</i>	EBENACEAE
23	Kililo	<i>Mataporana parvifolia</i>	CONVOLVULACEAE
24	Kily	<i>Tamarindus indica</i>	FABACEAE
25	Kotipoke	<i>Grewia grevei</i>	TILIACEAE
26	Lamotimboay	<i>Xerophis</i> sp.	RUBIACEAE
27	Maintifototse	<i>Grewia tuleariensis</i>	TILIACEAE
28	Malimatse	<i>Grewia</i> sp.	TILIACEAE
29	Mampisaraka	<i>Excoecaria</i> sp.	EUPHORBIACEAE
30	Mantsake	<i>Enterospermum pruinatum</i>	RUBIACEAE
31	Mantsandrano	<i>Noronhia</i> sp.	OLAECEAE

32	Maroanake	<i>Ocotea tricanta</i>	LANTACEAE
33	Mia	Inconnu	Inconnu
34	Ndriamainty	<i>Cadaba virgata</i>	BURSERACEAE
35	Piravola	<i>Landolphis</i> sp.	APOCYNACEAE
36	Robontsy	<i>Acacia polyphylla</i>	FABACEAE
37	Roihavitse	<i>Capparis chrysomea</i>	CAPPARIDACEAE
38	Roiombalahy	<i>Scutia myrtina</i>	RHAMNACEAE
39	Roy	<i>Acacia minutifolia</i>	FABACEAE
40	Sagnatry	<i>Tragia tiverneana</i>	EUPHORBIACEAE
41	Sakoanakoho	Inconnu	Inconnu
42	Sanira	<i>Phyllanthus angavansis</i>	EUPHORBIACEAE
43	Sarihasy	<i>Byttneria</i> sp.	STERCULIACEAE
44	Sasavy	<i>Salvadora angustifolia</i>	SALVADORACEAE
45	Sely	<i>Grewia triflora</i>	TILIACEAE
46	Somangy	<i>Maerua filiformis</i>	CAPPARIDACEAE
47	Somontsoy	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	BIGNONIACEAE
48	Tainajajamena	<i>Acalypha decaryana</i>	EUPHORBIACEAE
49	Tainkafotse	<i>Grewia franciscana</i>	TILIACEAE
50	Taly	<i>Terminalia seyrigii</i>	COMBRETACEAE
51	Tamenaka	<i>Caloyxis eriantha</i>	COMBRETACEAE
52	Tanjake	<i>Ola</i> sp.	OLACACEAE
53	Tratramborondreo	<i>Grewia leucophylla</i>	TILIACEAE
54	Tratriotse	<i>Acacia bellula</i>	FABACEAE
55	Try	<i>Cynanchum mahafalense</i>	ASCLEPIADACEAE
56	Tsikembakemba	<i>Fluggea obavata</i>	EUPHORBIACEAE
57	Tsikidrakitse	<i>Grewia lavanalensis</i>	TILIACEAE
58	Tsilaitse	<i>Noronhia myrtoides</i>	OLAECEAE
59	Tsiongake	<i>Rhopalocarpus lucidus</i>	RHOPALOCARPACEAE
60	Tsompia	<i>Pentopetia</i> sp.	APOCYNACEAE
61	Vahipinde	<i>Hippocratea angustifolia</i>	HIPPOCRATEACEAE
62	Valiandro	<i>Quivisianthe papinae</i>	MELIACEAE
63	Voafogne	<i>Antidesma petiolare</i>	EUPHORBIACEAE
64	Volivaza	<i>Gardenia</i> sp.	RUBIACEAE

## 2- Liste des espèces floristiques dans la Forêt Galerie Extension Nord

Numero	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille
1	Akaly	<i>Crateva excelsa</i>	CAPPARIDACEAE
2	Angalora	<i>Secamone</i> sp.	ASCLEPIADACEAE
3	Bakoa	<i>Strychnos madagascariensis</i>	LOGANIACEAE
4	Bokabe	<i>Marsdemia verrucosa</i>	APOCYNACEAE
5	Dango	<i>Talinella grevea</i>	PORTULACACEAE
6	Daro	<i>Commiphora aprevalii</i>	BURSERACEAE
7	Daromangily	<i>Commiphora grandifolia</i>	BURSERACEAE
8	Famata	<i>Euphorbia tirucalli</i>	EUPHORBIACEAE
9	Fandriandambo	<i>Physena sessiliflora</i>	FLACOURTIACEAE
10	Filofilo	<i>Azima tetracantha</i>	SALVADORACEAE
11	Halimboro	<i>Albizzia polyphylla</i>	FABACEAE
12	Hazontaha	<i>Rhigozum madagascariensis</i>	BIGNONIACEAE
13	Kapaipoty	<i>Gyrocarpus americanus</i>	HERNANDIACEAE
14	Kelehagnitse	<i>Croton geayi</i>	EUPHORBIACEAE
15	Kibaintsihotse	<i>Diospyros sakalavarum</i>	EBENACEAE
16	Kily	<i>Tamarindus indica</i>	FABACEAE
17	Lamotimboay	<i>Xerophis</i> sp.	RUBIACEAE
18	Maintifototse	<i>Grewia tuleariensis</i>	TILIACEAE
19	Malainarety/Varo	<i>Corydia ainensis</i>	BORAGINACEAE
20	Mampisaraka	<i>Excoecaria</i> sp.	EUPHORBIACEAE
21	Mantsake	<i>Enterospermum pruinatum</i>	RUBIACEAE
22	Mantsandrano	<i>Noronhia</i> sp.	OLAECEAE
23	Maroanake	<i>Ocotea tricanta</i>	LANTACEAE
24	Piravola	<i>Landolphis</i> sp.	APOCYNACEAE
25	Robontsy	<i>Acacia polyphylla</i>	FABACEAE
26	Roiombalahy	<i>Scutia myrtina</i>	RHAMNACEAE
27	Sabonto	<i>Roupellina boivini</i>	APOCYNACEAE
28	Sakoanakoho	<i>Inconnu</i>	Inconnu
29	Sanira	<i>Phyllanthus angavansis</i>	EUPHORBIACEAE
30	Sarihasy	<i>Byttneria</i> sp.	STERCULIACEAE
31	Sasavy	<i>Salvadora angustifolia</i>	SALVADORACEAE
32	Sely	<i>Grewia triflora</i>	TILIACEAE
33	Somangy	<i>Maerua filiformis</i>	CAPPARIDACEAE

34	Somontsoy	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	BIGNONIACEAE
35	Tainajajamena	<i>Acalypha decaryana</i>	EUPHORBIACEAE
36	Tratramborondreo	<i>Grewia leucophylla</i>	TILIACEAE
37	Tsikembakemba	<i>Fluggea obavata</i>	EUPHORBIACEAE
38	Tsilaitse	<i>Noronhia myrtoides</i>	OLAECEAE
39	Tsompia	<i>Pentopetia</i> sp.	APOCYNACEAE
40	Vahipinde	<i>Hippocratea angustifolia</i>	HIPPOCRATEACEAE
41	Valiandro	<i>Quivisianthe papinae</i>	MELIACEAE
42	Voafogne	<i>Antidesma petiolare</i>	EUPHORBIACEAE
43	Voafotake	<i>Gardenia</i> sp.	RUBIACEAE
44	Voamae	<i>Vitex beravinensis</i>	VERBANACEAE

## 3- Liste des espèces floristiques dans la Forêt Galerie Extension Sud

Numero	Nom vernaculaire	Nom scientifique	FAMILLE
1	Akaly	<i>Crateva excelsa</i>	CAPPARIDACEAE
2	Andriambolafotsy	<i>Tabernaemontana coffeoides</i>	APOCYNACEAE
3	Avoha	<i>Albizia</i> sp.	FABACEAE
4	Bakoa	<i>Strychnos madagascariensis</i>	LOGANIACEAE
5	Bokabe	<i>Marsdenia verrucosa</i>	APOCYNACEAE
6	Dango	<i>Talinella grevea</i>	PORTULACACEAE
7	Daromangily	<i>Commiphora grandifolia</i>	BURSERACEAE
8	Darosiky	<i>Commiphora marchandii</i>	BURSERACEAE
9	Famata	<i>Euphorbia tirucalli</i>	EUPHORBIACEAE
10	Fandriandambo	<i>Physena sessiliflora</i>	FLACOURTIACEAE
11	Fatra	<i>Terminalia fatrae</i>	COMBRETACEAE
12	Filofilo	<i>Azima tetracantha</i>	SALVADORACEAE
13	Halimboro	<i>Albizia polyphylla</i>	FABACEAE
14	Kapaipoty	<i>Gyrocarpus americanus</i>	HERNANDIACEAE
15	Karebolamintsy	<i>Dialium madagascariensis</i>	FABACEAE
16	Karimbolavahy	<i>Microsteira diotosti</i>	MALPIGHIACEAE
17	Katrafay	<i>Cedrelopsis grevei</i>	RUTACEAE
18	Kibaintsihotse	<i>Diospyros sakalavarum</i>	EBENACEAE
19	Kililo	<i>Mataporana parvifolia</i>	CONVOLVULACEAE

20	Kily	<i>Tamarindus indica</i>	FABACEAE
21	Kotipoke	<i>Grewia grevei</i>	TILIACEAE
22	Lamotimboay	<i>Xerophis</i> sp.	RUBIACEAE
23	Mantsake	<i>Enterospermum pruinatum</i>	RUBIACEAE
24	Mantsandrano	<i>Noronhia</i> sp.	OLAECEAE
25	Ndriamainty	<i>Cadaba virgata</i>	BURSERACEAE
26	Robontsy	<i>Acacia polyphylla</i>	FABACEAE
27	Roy	<i>Acacia minutifolia</i>	FABACEAE
28	Sanira	<i>Phyllanthus angavansis</i>	EUPHORBIACEAE
29	Sarihasy	<i>Byttneria</i> sp.	STERCULIACEAE
30	Sarisomangy/ Somangy 2	<i>Maerua</i> sp.	CAPPARIDACEAE
31	Sarivoamanga	<i>Allophylus decargi</i>	SAPINDACEAE
32	Sasavy	<i>Salvadora angustifolia</i>	SALVADORACEAE
33	Somangy	<i>Maerua filiformis</i>	CAPPARIDACEAE
34	Somontsoy	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	BIGNONIACEAE
35	Tainajamena	<i>Acalypha decaryana</i>	EUPHORBIACEAE
36	Tainkafotse	<i>Grewia franciscana</i>	TILIACEAE
37	Taly	<i>Terminalia seyrigii</i>	COMBRETACEAE
38	Tanjake	<i>Olax</i> sp.	OLACACEAE
39	Tratramborondreo	<i>Grewia leucophylla</i>	TILIACEAE
40	Tratriotse	<i>Acacia bellula</i>	FABACEAE
41	Tsikidrakitse	<i>Grewia lavanalensis</i>	TILIACEAE
42	Tsiongake	<i>Rhopalocarpus lucidus</i>	RHOPALOCARPACEAE
43	Tsompia	<i>Pentopetia</i> sp.	APOCYNACEAE
44	Valiandro	<i>Quivisianthe papinae</i>	MELIACEAE
45	Voafogne	<i>Antidesma petiolare</i>	EUPHORBIACEAE
46	Volivaza	<i>Gardenia</i> sp.	RUBIACEAE

## 4- Liste des espèces floristiques dans la Forêt de Transition

Numero	Nom vernaculaire	Nom scientifique	Famille
1	Akaly	<i>Crateva excelsa</i>	CAPPARIDACEAE
2	Alokantala	Inconnu	Inconnu
3	Andriambolafotsy	<i>Tabernaemontana coffeoides</i>	APOCYNACEAE
4	Avoha	<i>Albizzia</i> sp.	FABACEAE
5	Bakoa	<i>Strychnos madagascariensis</i>	LOGANIACEAE
6	Dango	<i>Talinella grevea</i>	PORTULACACEAE
7	Daro	<i>Commiphora aprevalii</i>	BURSERACEAE
8	Daromangily	<i>Commiphora grandifolia</i>	BURSERACEAE
9	Darosiky	<i>Commiphora marchandii</i>	BURSERACEAE
10	Famata	<i>Euphorbia tirucalli</i>	EUPHORBIACEAE
11	Fandriandambo	<i>Physena sessiliflora</i>	FLACOURTIACEAE
12	Fatra	<i>Terminalia fatrae</i>	COMBRETACEAE
13	Filofilo	<i>Azima tetracantha</i>	SALVADORACEAE
14	Forimbitike	<i>Clerodendrum</i> sp.	VERBANACEAE
15	Halimboro	<i>Albizzia polyphylla</i>	FABACEAE
16	Halimboromahalao	<i>Albizzia arenicola</i>	FABACEAE
17	Hazombalala	<i>Syregada chauvetiae</i>	EUPHORBIACEAE
18	Hazontaha	<i>Rhigozum madagascariensis</i>	BIGNONIACEAE
19	Kapaipoty	<i>Gyrocarpus americanus</i>	HERNANDIACEAE
20	Karembolaminty	<i>Dialium madagascariensis</i>	FABACEAE
21	Karimbolavahy	<i>Microsteira diotosti</i>	MALPIGHIACEAE
22	Katrafay	<i>Cedrelopsis grevei</i>	RUTACEAE
23	Kelehagnitse	<i>Croton geayi</i>	EUPHORBIACEAE
24	Kibaintsihotse	<i>Diospyros sakalavarum</i>	EBENACEAE
25	Kililo	<i>Mataporana parvifolia</i>	CONVOLVULACEAE
26	Kily	<i>Tamarindus indica</i>	FABACEAE
27	Kotipoke	<i>Grewia grevei</i>	TILIACEAE
28	Lamotimboay	<i>Xerophis</i> sp.	RUBIACEAE
29	Malainarety	<i>Corydia ainensis</i>	BORAGINACEAE
30	Mantsake	<i>Enterospermum pruinatum</i>	RUBIACEAE
31	Rohiavotse	<i>Capparis chrysomea</i>	CAPPARIDACEAE
32	Roy	<i>Acacia minutifolia</i>	FABACEAE

33	Sanira	<i>Phyllanthus angavansis</i>	EUPHORBIACEAE
34	Sarihasy	<i>Byttneria</i> sp.	STERCULIACEAE
35	Sarisomangy	<i>Maerua</i> sp.	CAPPARIDACEAE
36	Sasavy	<i>Salvadora angustifolia</i>	SALVADORACEAE
37	Sely	<i>Grewia triflora</i>	TILIACEAE
38	Sengatse	<i>Commiphora simplicifolia</i>	BURSERACEAE
39	Somangy	<i>Maerua filiformis</i>	CAPPARIDACEAE
40	Somontsoy	<i>Fernandoa madagascariensis</i>	BIGNONIACEAE
41	Tainajajamena	<i>Acalypha decaryana</i>	EUPHORBIACEAE
42	Tainkafotse	<i>Grewia franciscana</i>	TILIACEAE
43	Talivorokoko	<i>Terminalia</i> sp.	COMBRETACEAE
44	Taly	<i>Terminalia seyrigii</i>	COMBRETACEAE
45	Tamboro	<i>Terminaliopsis linearis</i>	ASCLEPIADACEAE
46	Tamenaka	<i>Calopixis eriantha</i>	COMBRETACEAE
47	Tanjake	<i>Olax</i> sp.	OLACACEAE
48	Tratramborondreo	<i>Grewia leucophylla</i>	TILIACEAE
49	Tratriotse	<i>Acacia bellula</i>	FABACEAE
50	Tsiavalike	<i>Croton</i> sp.	COMBRETACEAE
51	Tsikidrakitse	<i>Grewia lavanalensis</i>	TILIACEAE
52	Tsiongake	<i>Rhopalocarpus lucidus</i>	RHOPALOCARPACEAE
53	Tsompia	<i>Pentopetia</i> sp.	APOCYNACEAE
54	Valiandro	<i>Quivisianthe papinae</i>	MELIACEAE
55	Velae	<i>Ipomae majungansis</i>	CONVOLVULACEAE
56	Volivaza	<i>Gardenia</i> sp.	RUBIACEAE

## Annexe 03 : Profil structural

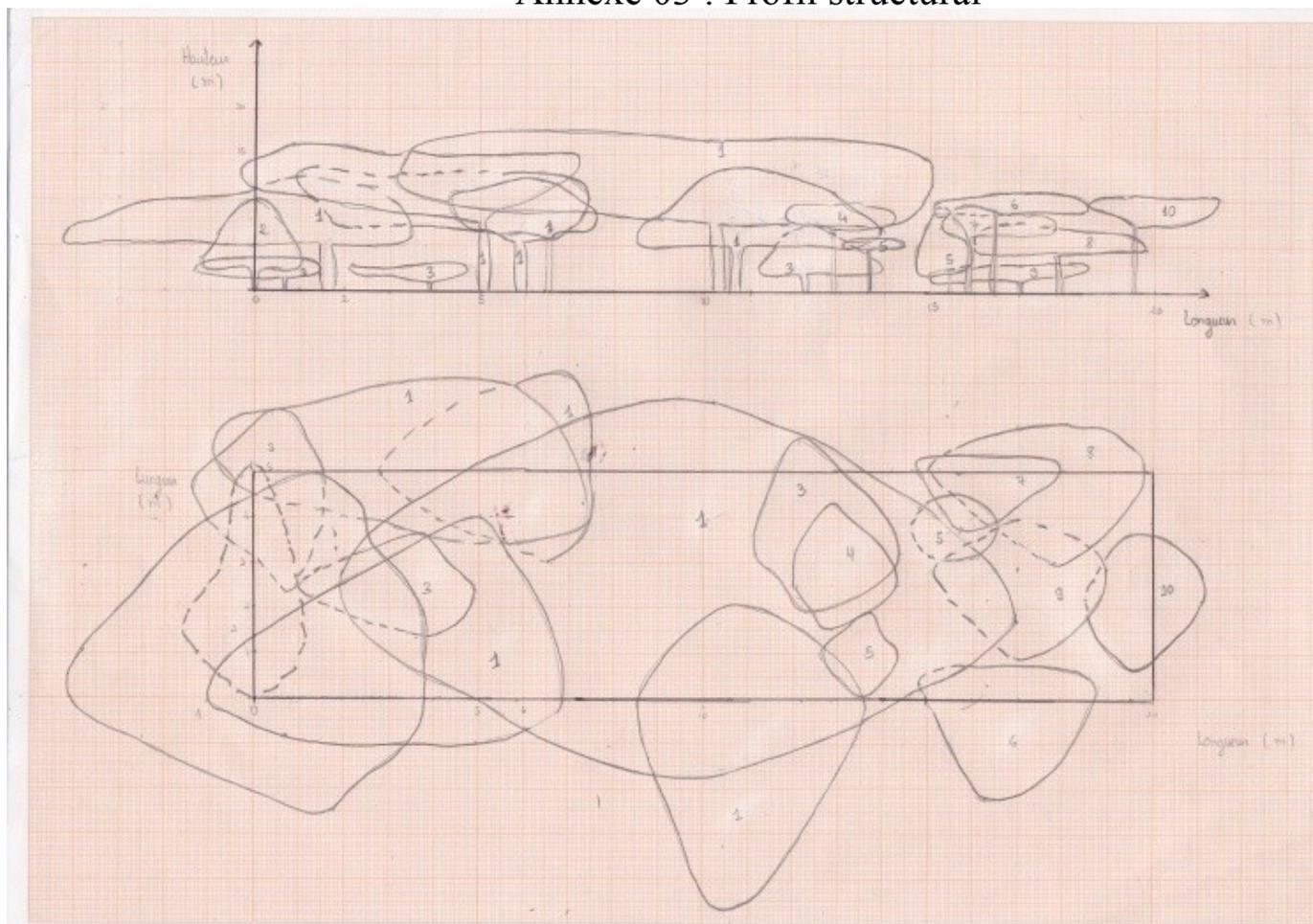
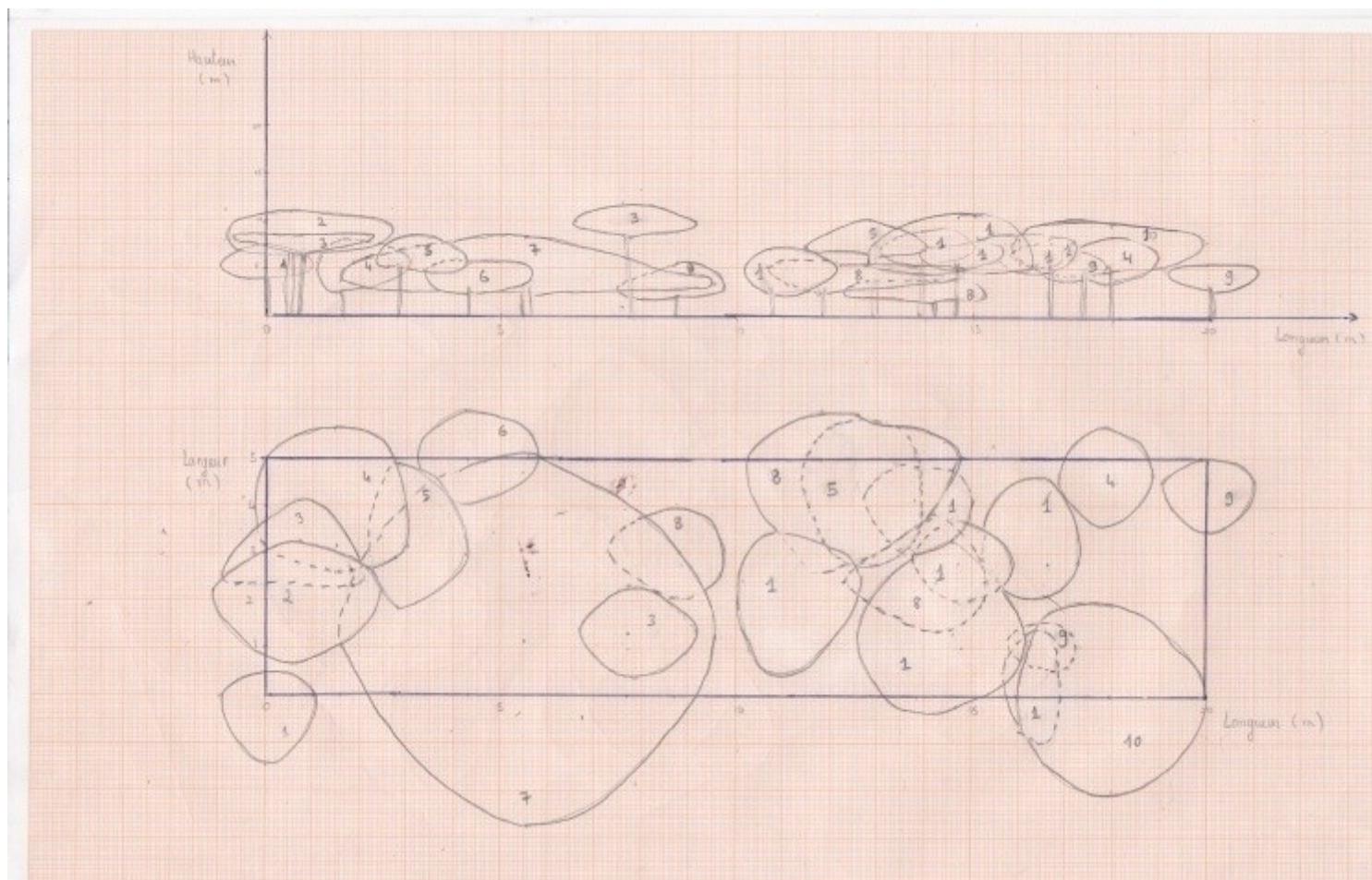


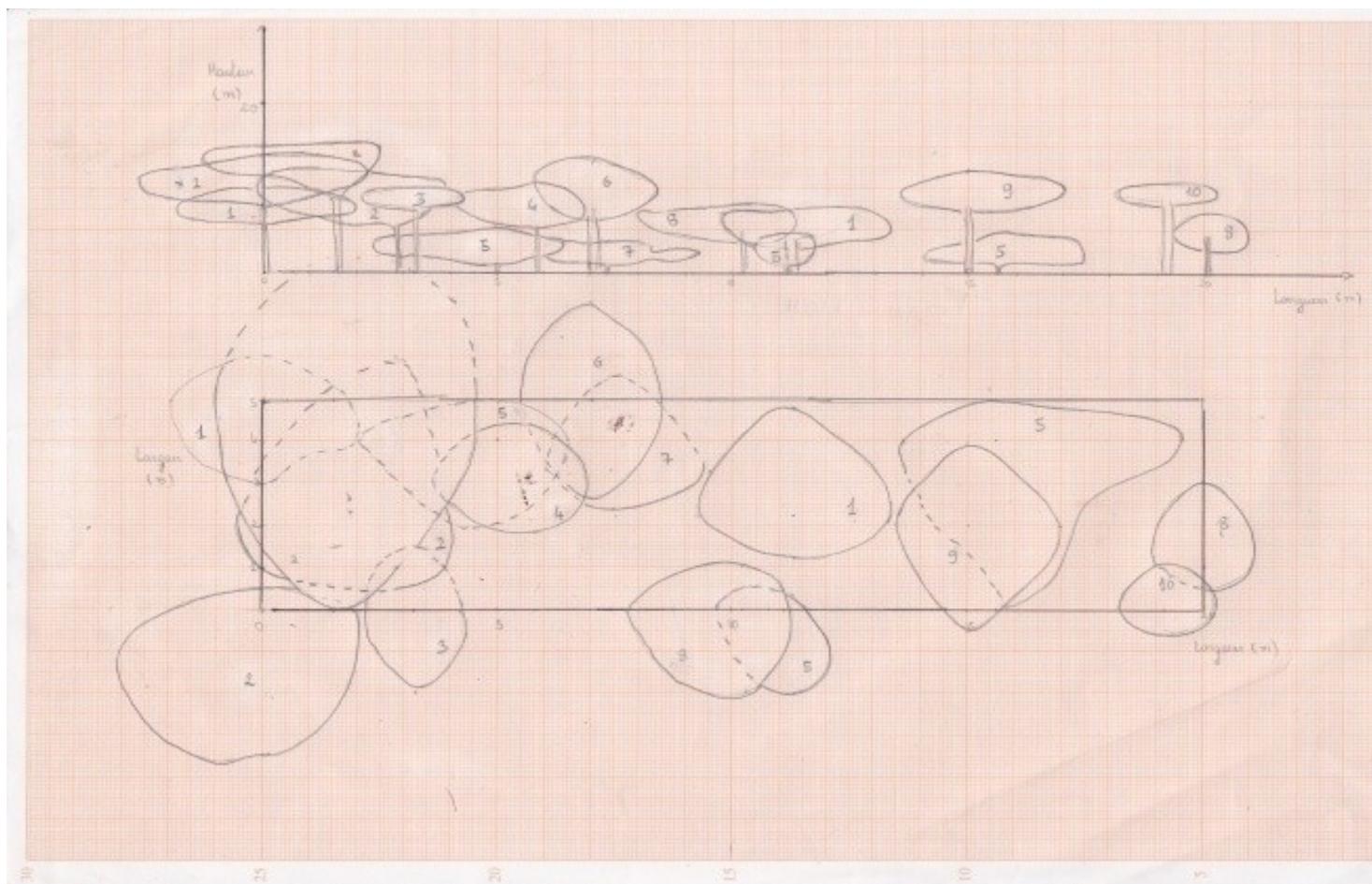
Figure 16 : Profil structural de la forêt galerie extension SUD

1. *Tamarindus indica* ; 2. *Grewia leucophylla* ; 3. *Azima tetraacantha* ; 4. *Grewia grevei* ; 5. *Salvadora angustifolia* ; 6. *Commiphora aprevalii* ; 7. *Crateva excelsa* ; 8. *Euphorbia tirucalii* ; 9. *Talinella grevea* ; 10. *Acacia bellula*



**Figure 17 : Profil structural de la forêt galerie extension NORD**

1. *Grewia grevei* ; 2. *Quivisianthe papinae* ; 3. *Commiphora aprevalii* ; 4. *Grewia franciscana* ; 5. *Grewia leucophylla* ; 6. *Enterospermum pruinatum* ; 7. *Tamarindus indica* ; 8. *Telinella grevea* ; 9. *Gyrocarpus americanus* ; 10. *Corydia ainensis*



**Figure 18 : Profil structural de la forêt de transition**

1. *Tamarindus indica* ; 2. *Acacia bellula* ; 3. *Euphorbia tirucalii* ; 4. *Syregada chauvetiae* ; 5. *Azima tetraacantha* ; 6. *Salvadora angustifolia* ; 7. *Physena sessiliflora* ; 8. *Grewia franciscana* ; 9. *Terminalia seyrigii* ; 10. *Noronhia* sp.

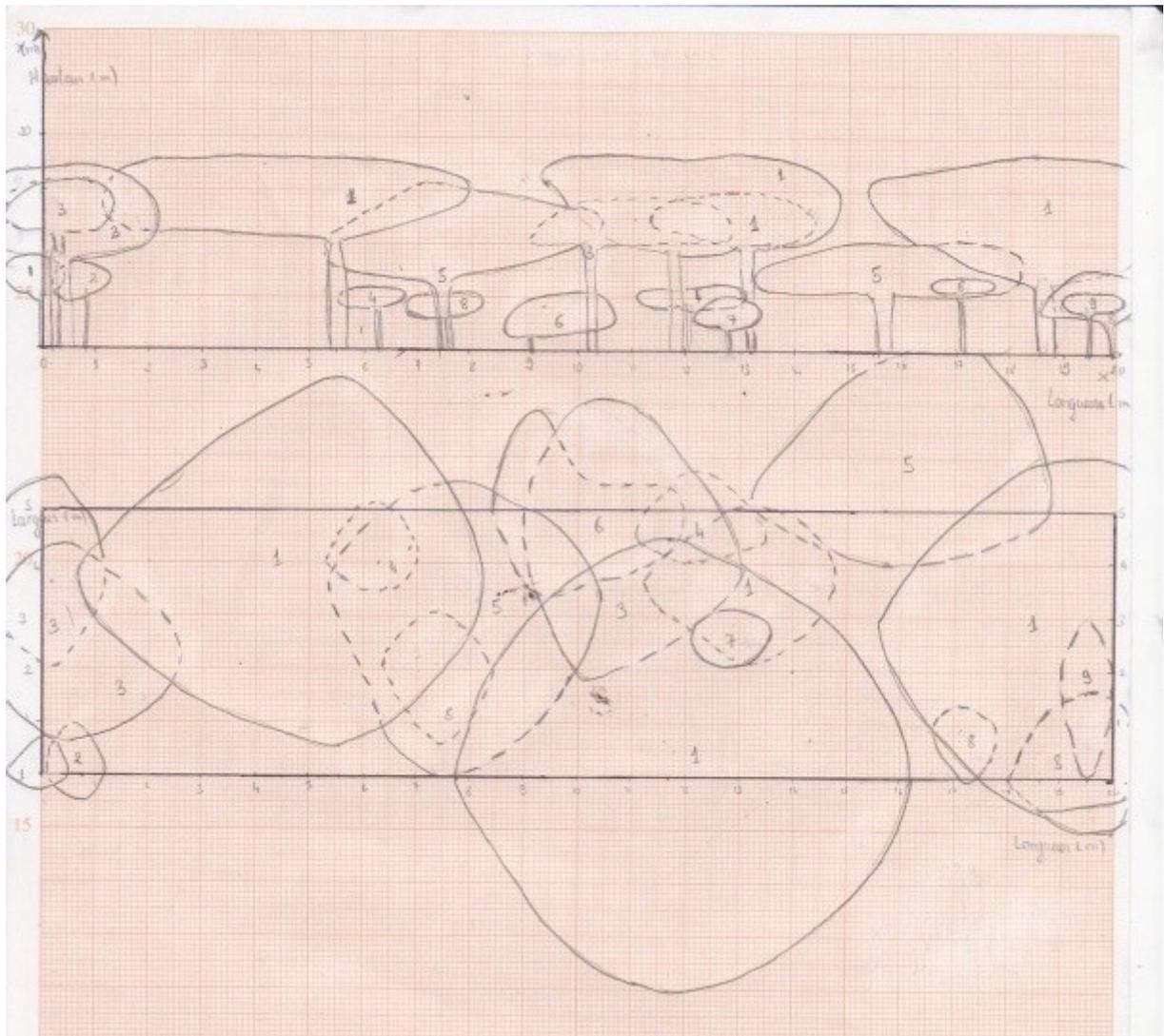


Figure 19 : Profil structural de la forêt galerie

1. *Quivisianthe papinae* ; 2. *Noronhia* sp. ; 3. *Acacia polyphylla* ; 4. *Enterospermum pruinatum* ; 5. *Tamarindus indica*; 6. *Azima tetracantha* ; 7. *Fernandae madagascariensis* ; 8. *Xerophis* sp. ; 9. *Crateva excelsa*

## Annexe 04 : Principales essences dans les trois zones

## Principale essences dans la forêt galerie

Nom vernaculaire	Nom scientifique	[0;5[	[5;10[	[10;15[	[15;20[	[20;25[	[25;30[	≥30	Total
Tainkafotse	<i>Grewia franciscana</i>	163	31	17	0	0	0	0	211
Kily	<i>Tamarindus indica</i>	1	5	17	16	13	24	59	135
Tratramborondreo	<i>Grewia leucophylla</i>	59	21	17	2	0	0	0	99
Mantsake	<i>Enterospermum pruinatum</i>	43	1	0	0	1	0	0	45
Filofilo	<i>Azima tetracantha</i>	8	9	25	0	0	1	0	43
Famata	<i>Euphorbia tirucalii</i>	8	15	12	1	1	0	0	37
Hazombalala	<i>Syregada chauvetiae</i>	18	4	2	4	2	0	0	30
Kotipoke	<i>Grewia grevei</i>	28	0	1	1	0	0	0	30
Akaly	<i>Crateva excelsa</i>	19	2	2	2	2	2	0	29
Sarihasy	<i>Byttneria</i> sp.	28	0	0	0	0	0	0	28
Tratriotse	<i>Acacia bellula</i>	2		0	3	4	7	7	23

## Principale essences dans la forêt galerie extension Nord et Sud

Nom vernaculaire	Nom scientifique	[0;5[	[5;10[	[10;15[	[15;20[	[20;25[	[25;30[	≥30	Total
Kily	<i>Tamarindus indica</i>	0	6	23	38	28	38	96	229
Mantsake	<i>Enterospermum pruinatum</i>	66	3	0	0	0	0	0	69
Tainkafotse	<i>Grewia franciscana</i>	56	13	0	0	0	0	0	69
Akaly	<i>Crateva excelsa</i>	39	11	4	0	1	1	0	56
Valiandro	<i>Quivisianthe papinae</i>	7	8	12	2	1	1	1	32
Tsompia	<i>Pentopetia</i> sp.	27	1	0	0	0	0	0	28
Lamotimboay	<i>Xerophis</i> sp.	22	5	0	0	0		0	27
Tratramborondreo	<i>Grewia leucophylla</i>	19	1	4	0	0	0	0	24
Filofilo	<i>Azima tetracantha</i>	3	5	8	0	0	0	0	16

## Principale essences dans la forêt de Transition

Nom vernaculaire	Nom scientifique	[0;5[	[5;10[	[10;15[	[15;20[	[20;25[	[25;30[	≥30	Total
Kily	<i>Tamarindus indica</i>	6	7	22	26	32	15	68	176
Mantsake	<i>Enterospermum pruinatum</i>	133	1	0	0	0	0	0	134
Akaly	<i>Crateva excelsa</i>	67	19	4	4	0	0	2	96
Valiandro	<i>Quivisianthe papinae</i>	32	11	19	7	4	4	8	85
Tsilaitse	<i>Noronhia myrtoïdes</i>	52	2	1	0	0	0	0	55
Tainkafotse	<i>Grewia franciscana</i>	37	12	3	0	0		0	52
Hazombalala	<i>Syregada chauvetiae</i>	40	4	4	0	0	0		48
Filofilo	<i>Azima tetracantha</i>	21	14	3	0	0	0	0	38
Tratramborondreo	<i>Grewia leucophylla</i>	23	7	4	1	0	0	0	35
Sasavy	<i>Salvadora angustifolia</i>	16	4	1	2	0	0	1	24

## Annexe 05 : Index PHF

Le PHF est un index de 3 chiffres qui résume qualitativement l'état d'un arbre d'une certaine essence forestière, dans un peuplement.

Le premier chiffre, **position du houppier (P)**, exprimé par les valeurs 100, 200, 300, 400 et 500, décrit l'intensité d'insolation sur le houppier.

Le deuxième chiffre, **forme du houppier (H)**, exprimé par les valeurs 10, 20, 30, 40 et 50, tient compte de la projection du houppier et la masse foliaire d'un arbre qui déterminent la capacité de son accroissement.

Le troisième chiffre, **forme du fût (F)**, exprimé par les valeurs 1 à 6, donne des indications sur la qualité probable du bois lors d'une exploitation.

On utilise l'index PHF dans des inventaires de forêts primaires, secondaires et même dans des peuplements équiennes ; il permet, combiné aux données quantitatives, une interprétation sylvicole plus détaillée. Le PHF se révèle intéressant pour les parcelles permanentes d'accroissement, pour juger à long terme la concurrence entre les différents arbres ou espèces.

Le PHF peut être utilisé sans tenir compte de la dimension du fût ou du houppier de l'arbre choisi.

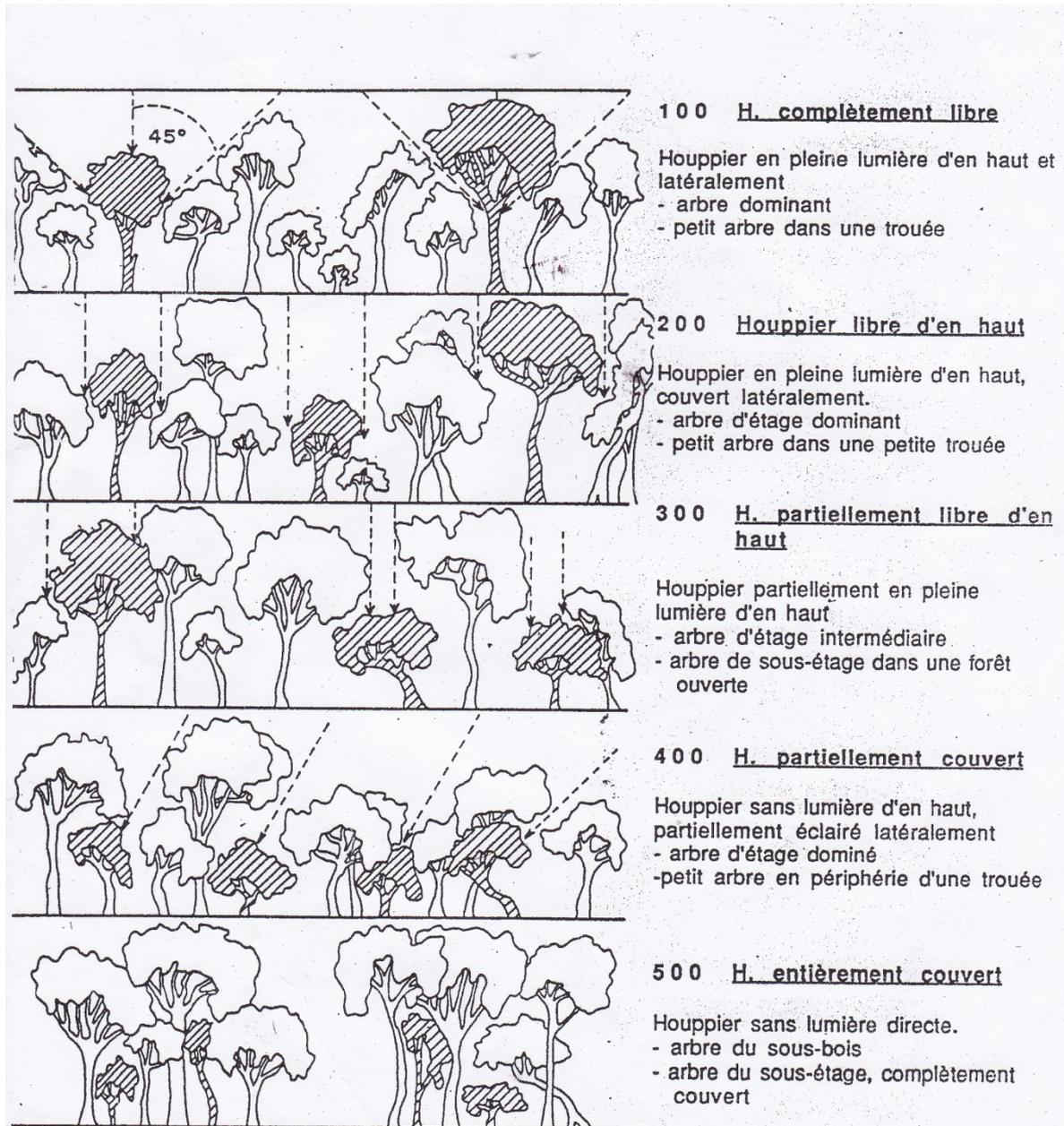
### Exemples PHF

**232** : Arbre dont le houppier est bien ensoleillé d'en haut, avec une forme du houppier tolérable et dont le fût est de qualité supérieure.

**546** : Arbre du sous bois dont le houppier est insuffisamment développé et dont le bois peut servir, lors de l'exploitation uniquement comme bois d'énergie.

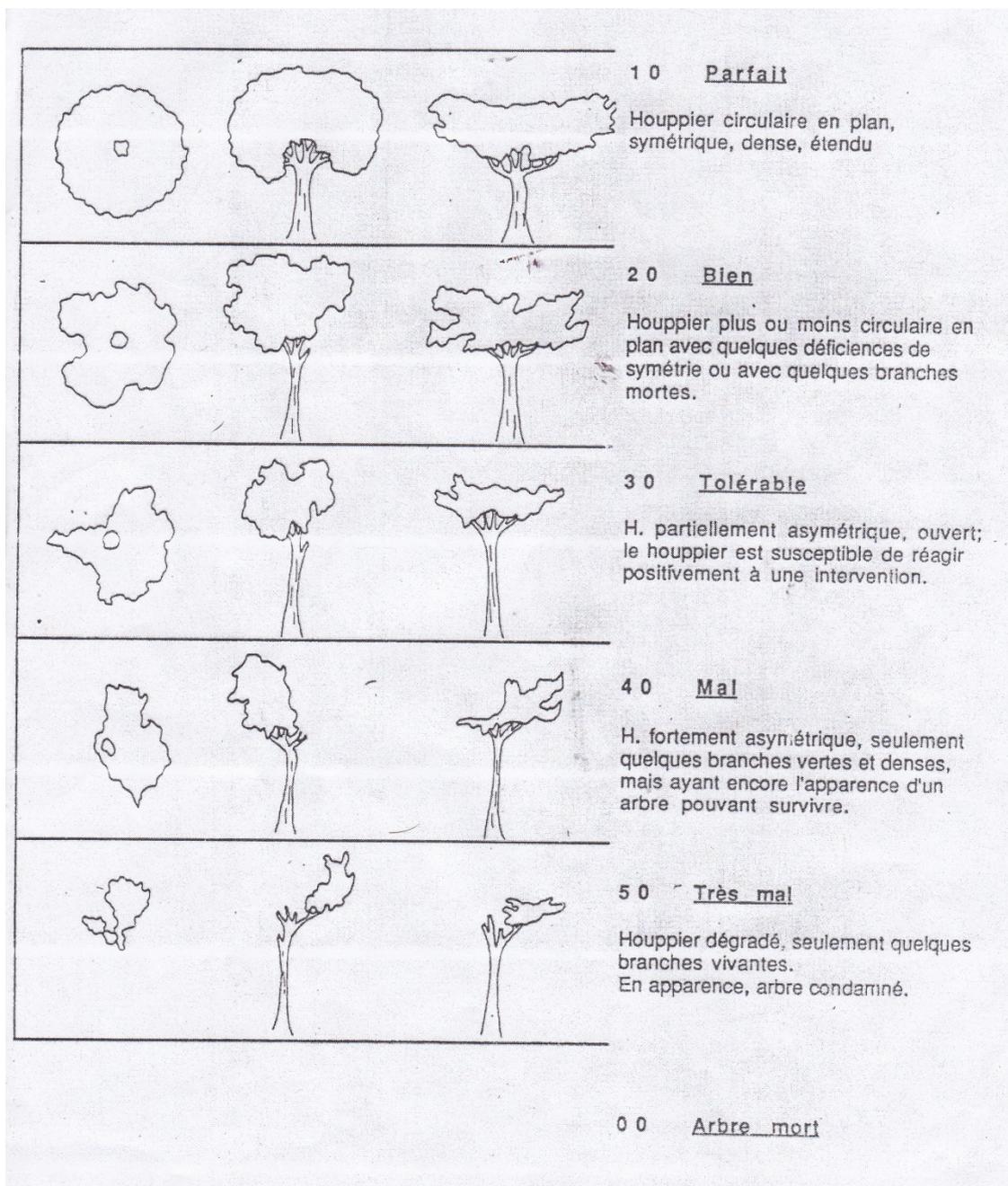
Premier chiffre: POSITION DU HOUPPIER (P)

L'index donne la relation entre la position du houppier d'un arbre considéré et celle des arbres voisins. Il indique la dominance, le stade de compétition ou l'exposition vers l'étage dominant, du houppier.



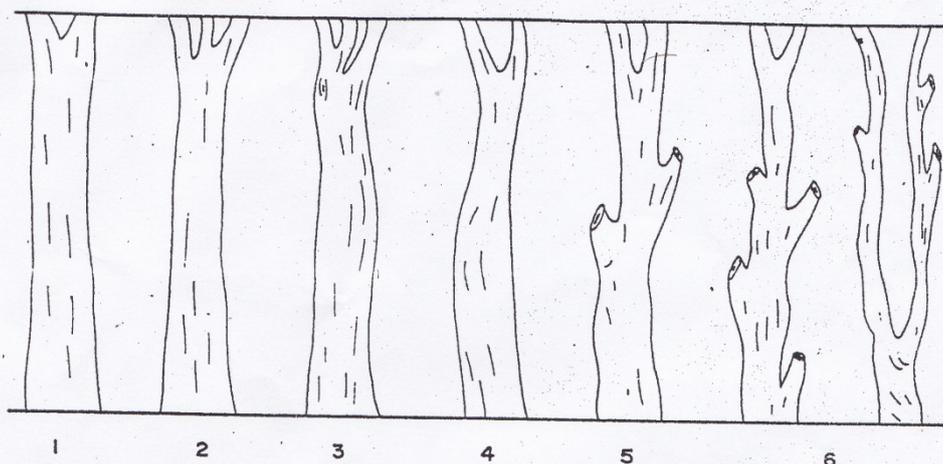
Deuxième chiffre: FORME DU HOUPPIER (H)

En relation avec la dimension et le stade de développement d'un arbre, l'apparence de la qualité du houppier déterminera l'accroissement. La forme du houppier indique qualitativement le développement antérieur d'un arbre et probablement sa potentialité future.



*Troisième chiffre: FORME DU FUT (F)*

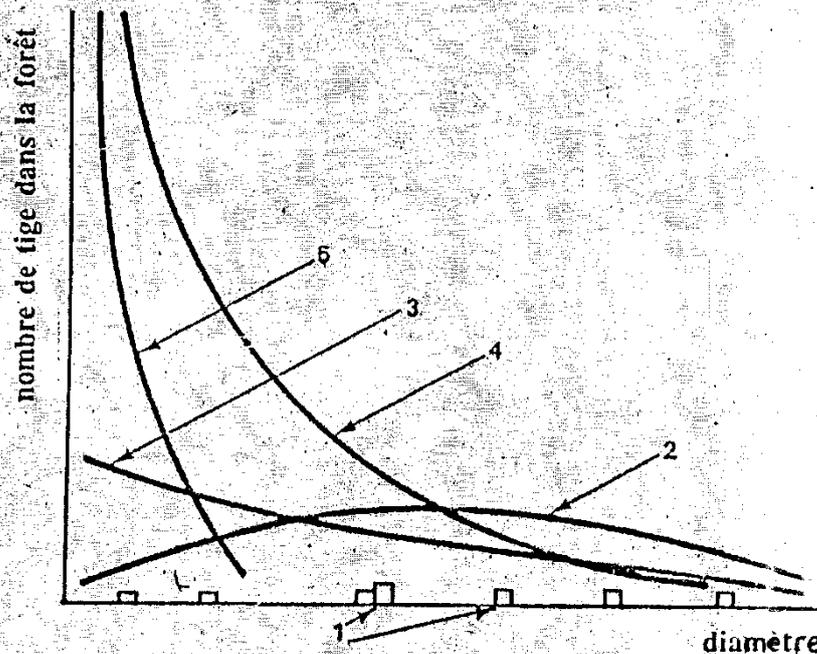
La forme du fût est un index de la qualité et de la quantité du bois de sciage qu'on peut obtenir d'un arbre. Il est important pour estimer la valeur d'une future exploitation. La forme du fût n'est pas liée à l'accroissement, mais elle influence certainement les futures pratiques sylvicoles. Le choix des arbres d'élite se base essentiellement sur la forme du fût.



- 1 Fût droit, rond et plein; cylindrique; sans défauts, sans embranchements. Les gros fûts peuvent fournir du bois de placage; les tiges minces sont utilisées pour les mâts et pylônes; les petits diamètres sont employés comme bois de poteaux.
- 2 Fût droit, cylindrique, légèrement bombé, plein pour une division en sections; sans défauts, sans embranchements. Peut fournir encore, en partie, du bois de placage.
- 3 Fût partiellement droit, bombé jusqu' à 2 m de haut; en partie cylindrique, généralement conique; sans défauts. Bon- bois de sciage.
- 4 Fût droit sur quelques mètres, bombé jusqu'à 4 m de haut, conique; sans défauts sérieux. Une partie utilisée comme bois de sciage, une partie comme bois d'énergie (bois de feu ou bois de charbon).
- 5 Fût irrégulier, tortueux, fortement conique, avec des fourches; en partie défectueux. Probablement utilisable pour traverses et bois de construction.
- 6 Fût très irrégulier, très fourchu et/ou tortueux; conique. Avec défauts nettement visibles. Bois d'énergie.

## Annexe 06 : Schéma de l'interprétation des tempéraments des essences par des tableaux d'inventaires

### Schéma de l'interprétation des tempéraments des essences par des tableaux d'inventaire



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

## Annexe 07 : Guide d'enquête

Fokontany :

N° ménage :

1) Activités de production

Agriculture :

Elevage :

Pêche :

Autres :

2) Est-ce que vous utilisez des produits issus du tamarinier (*Tamarindus indica*)?

3) Si oui, quels parties utilisez vous ?

Bois :

Fruits :

Branches et troncs :

Autres :

4) Quels sont les utilisations de ces produits ?

5) Qui fait la collecte ?

6) Où est ce que vous faites la collecte ?

7) Comment vous faites la collecte ? Avec quels outils?

8) A quel période se fait la collecte ?

9) A quelle fréquence se fait la collecte ?

10) Est qu'il y a un diamètre exigé pour faire la collecte ?

11) Quel quantité collectez-vous ?

12) Quels peuvent être les impacts de ces modes de collecte ?

13) Existe-t-il des règlements qui régissent l'accès à l'utilisation de l'espèce?

14) Vos activités agricoles vous suffisent-ils à subvenir à vos besoins ?

15) Est que vous vendez des fruits du tamarinier ? A quel période ?

16) Si oui, quel quantité vendez vous ? à quel prix ? à quel période ? à quel fréquence ?

17) Vos activités de production nuisent-ils à l'espèce ? Si oui pourquoi ?

18) D'après vous quels peuvent être les raisons de la diminution de l'espèce de tamarinier dans cette région ? Quels sont les menaces et pressions qui pèsent sur le tamarinier ?

20) D'après vous, quels seront les impacts possibles de la diminution/disparition du tamarinier ?



## Annexe 09 : Coordonnée géographique des placettes d'inventaires

Placette	Altitude (m)	Latitude	Longitude
1	146	S23°39'23.8"	EO44°37'43.9"
2	144	S23°39'02.00"	EO44°37'55.6"
3	142	S23°39'11.5"	EO44°37'31.1"
4	164	S23°39'15.0"	EO44°37'59.1"
5	137	S23°39'06.3"	EO44°37'59.08"
6	143	S23°38'56.2"	EO44°38'06.11"
7	147	S23°38'54.1"	EO44°38'12.8"
8	146	S23°38'50.2"	EO44°38'10.8"
9	149	S23°39'03.09"	EO44°37'31.0"
10	131	S23°39'14.3"	EO44°37'36.1"
11	93	S23°39'11.4"	EO44°37'42.4"
12	142	S23°38'50.4"	EO44°37'56.7"
13	142	S23°38'50.4"	EO44°37'56.0"
14	156	S23°38'45.9"	EO44°37'53.8"
15	158	S23°38'42.9"	EO44°37'59.9"
16	160	S23°39'10.1"	EO44°37'52.2"
17	171	S23°39'40.3"	EO44°37'34.7"
18	155	S23°39'50.4"	EO44°37'22.9"
19	146	S23°39'36.2"	EO44°37'22.8"
20	149	S23°39'29.6"	EO44°37'23.6"
21	104	S23°39'29.3"	EO44°37'37.1"
22	144	S23°39'09.4"	EO44°37'34.6"
23	154	S23°40'17.9"	EO44°36'38.6"
24	164	S23°40'08.2"	EO44°36'41.7"
25	140	S23°39'52.9"	EO44°36'39.6"
26	146	S23°39'40.2"	EO44°36'46.4"
27	117	S23°39'32.4"	EO44°36'53.5"
28	150	S23°39'50.7"	EO44°35'58.3"
29	153	S23°39'48.1"	EO44°37'07.4"
30	170	S23°39'38.7"	EO44°37'12.4"
31	152	S23°39'30.6"	EO44°37'44.9"
32	153	S23°38'59.4"	EO44°37'49.2"
33	141	S23°39'31.5"	EO44°36'47.4"
34	157	S23°39'26.5"	EO44°36'42.3"
35	147	S23°39'17.7"	EO44°36'35.2"
36	149	S23°39'27.9"	EO44°36'52.3"