



N° _____

UNIVERSITÉ DE TOLIARA
FACULTÉ DES SCIENCES
FORMATION DOCTORALE BIODIVERSITÉ ET ENVIRONNEMENT

oooooooooooo

MÉMOIRE POUR L'OBTENTION DU
DIPLÔME D'ÉTUDE APPROFONDIE (DEA)
Option : Biologie végétale



Dama, 2015

ÉTUDE DE L'ÉCOLOGIE ET DE LA DYNAMIQUE DES POPULATIONS DE
***DALBERGIA* SP. (PALISSANDRES) DANS LES FORÊTS BEROY ET AMBOHIBOLA**
(DISTRICT DE BEROROHA) DANS UN BUT DE CONSERVATION PÉRENNE

Présenté par

DAMA Moriste

Soutenu le 13 novembre 2015

Membres du Jury: Président : Docteur RATRIMOMANARIVO Fanja
Examineur : Docteur RASOAVOLOLONJANAHARY Myria Flore
Rapporteurs : Professeur REJO-FIENENA Félicitée
Docteur TOSTAIN Serge

10 ème Promotion 2013-2015

Remerciements

J'ai le plaisir de trouver ici l'occasion d'exprimer ma sincère gratitude à tous ceux qui m'ont aidé à la réalisation de ce mémoire. Je tiens tout d'abord à remercier particulièrement :

- **Professeur DINA Alphonse**, Président de l'Université de Toliara de m'avoir donné la permission de réaliser ce mémoire sous l'égide de l'Université de Toliara.
- **Docteur LEZO Hugues**, Doyen de la Faculté des Sciences de l'Université de Toliara, d'avoir accepté la réalisation de ce mémoire et autorisé la soutenance.
- **Professeur REJO-FIENENA Félicitée**, Directeur de l'École Doctorale de Biodiversité et Environnements Tropicaux de l'Université de Toliara pour son éloquente générosité d'avoir bien voulu m'encadrer, me prodiguer et offrir des conseils et de ses temps précieux pour accomplir ce mémoire.
- **Docteur Serge TOSTAIN**, Président de l'Association FORMAD-Environnement qui a consacré beaucoup de temps à améliorer la qualité de ce mémoire et a donné du matériel, une bourse d'études et des directives scientifiques pour l'accomplissement de ces travaux de recherche.
- **Docteur RATRIMOMANARIVO Fanja**, Présidente de Jury d'avoir accepté d'être parmi les membres de Jury et de présider la soutenance.
- **Docteur RASOAVOLOLONJANAHARY Myria Flore**, d'avoir accepté d'être parmi les membres de Jury et surtout d'examiner nos travaux au jour de la soutenance.
- La Direction Régionale de l'Environnement, de l'Écologie, de la Mer et des Forêts (**DREEMF**) et Monsieur **RAKOTONANDRASANA Gilbert**, Chef du Cantonement Forestier de Beroroha leur appui et intervention admirables.
- Toute l'équipe de l'**Association PROJECTEUR** pour leur appui.
- J'adresse également mes sincères remerciements à tous mes collègues de promotion pour leur inoubliable esprit d'unité et d'entraide. Vive notre solidarité !
- Je tiens vraiment à témoigner toute ma reconnaissance à Messieurs **MONJA** à Marolafiky et **RANEHA** à Soatanà (District de Beroroha) pour leur accueil généreux et inoubliable sans qui la réalisation de ces travaux n'aurait pas pu être possible.
- En fin, je n'oublierai jamais à remercier tous ceux qui ont de près et de loin participé à la réalisation de ce mémoire, en particulier mes parents et ma famille pour leur soutien moral et financier, leur amour et surtout les encouragements qu'ils m'ont apportés devant les difficultés rencontrées au cours de l'odyssée de cette recherche.

Merci infiniment. Que Dieu vous récompense pour tout ce que vous m'avez fait !

Résumé

Le genre *Dalbergia* (Fabacée) fait partie des bois précieux de Madagascar, actuellement menacés par toute forme d'exploitation et par la déforestation. Ses espèces ont été étudiées dans les forêts d'Ambohibola et Beroy, district de Beroroha en se basant sur leur écologie et l'état des lieux des populations. Pendant l'étude *in situ*, 10 transects mesurant de 1000 m de long, selon le principe de GENTRY, ont été réalisés dans chaque forêt pour faire l'inventaire floristique, et 25 plots de 100 m² faits autour des arbres de chaque site afin d'inventorier les espèces associées aux *Dalbergia*. Au total, six espèces de *Dalbergia* ont été trouvées dans les deux forêts : *D. purpurascens*, *D. mollis*, *D. pervillei*, *D. trichocarpa*, *D. tricolor* et *D. xerophila*. Seule *D. trichocarpa* n'a pas été rencontrée dans la forêt de Beroy. L'espèce *D. purpurascens* domine avec des fréquences de 76 % et 52 % à l'hectare respectivement dans les forêts d'Ambohibola et Beroy. L'analyse biométrique des classes de diamètres à 1,30 m et des hauteurs, montre que la dynamique des populations du genre *Dalbergia* dans les deux sites est visiblement régressive, marquée par l'abondance de jeunes arbustes et des rejets de diamètre inférieur de 8 cm et de hauteur inférieure à 15 m. Autre que le facteur humain, le genre présente une dynamique des populations contrôlée étroitement par les facteurs édaphiques. Trois types de répartition ont été observés selon leur préférence liée au sol : les espèces forestières, de savanes arborées ou forêts secondaires et de sols rocheux.

Cedrelopsis grevei est une espèce associée à *D. purpurascens* avec une fréquence de 80%.

Mots clés : *Dalbergia*, palissandres, dynamique des populations, écologie, conservation pérenne, Régénération naturelle assistée, District de Beroroha, Région Atsimo-Andrefana, Madagascar.

Abstract

The *Dalbergia* kind (Fabacée) is part of Madagascar precious woods, threatened currently by all shape of exploitation and by the deforestation. Its species have been studied in the forests of Ambohibola and Beroy, district of Beroroha, basing on their ecology and study of the populations. During the study in situ, 10 transects measuring 1000m of long, according to the principle of GENTRY has been adopted in every forest to make the floristic inventory and 25 plots of 100 m² made around the trunk of *Dalbergia spp* by every site of study to inventory the species associated to the *Dalbergia* in this ray. To the total, six species of *Dalbergia* have been found in the two forests : *D. purpurascens*, *D.mollis*, *D.pervillei*, *D.trichocarpa*, *D. tricolor* and *D.xerophila*. Only *D. trichocarpa* has not been met in the forest of Beroy. In general, the species of *D.purpurascens* dominates the populations of the kind respectively with frequency of 76% and 52% to the hectare respectly in the forests of Ambohibola and Beroy. The analysis of the biometric parameters, classes of diameters to 1m30 and heights showed that the kind of *Dalbergia* populations dynamic in the two sites is visibly regressive, marked by the abundance of the young bushes populations and dismissals of diameter inferior of 8 cm and height less 15m. Other the humain factor, the kind presents a population dynamic closely controled by the edaphical factors. Three types of distribution have been observed according to their preference linked to soil : the species of foresty, of the savanna raised or secondary forests and of the rocky. *Cedrelopsis grevei* is a plant very associated accompanist to the species of *D. purpurascens* with a frequency of 80%.

Keywords: *Dalbergia*, populations dynamic, species ecology, species perennial conservation, District of Beroroha, Atsimo-Andrefana region, Madagascar.

Table des matières

Remerciements.....	2
Résumé.....	3
Abstract.....	4
Liste des tableaux.....	9
Liste des figures.....	9
Liste des annexes.....	10
Liste des acronymes	11
INTRODUCTION.....	13
PROBLÉMATIQUE.....	14
I. CADRE D'ÉTUDE	17
I.1 Objectifs et hypothèses	17
I.1.1 Objectifs	17
I.1.2 Hypothèses à vérifier.....	18
I. 2 Aperçu général sur le genre <i>Dalbergia</i>	19
I.2.1 Rappel taxonomique.....	19
I.2.2 Description du genre <i>Dalbergia</i>	20
I.2.3 Répartition géographique.....	21
I.2.4 Influence mycorhizienne et nodulation.....	22
I.3 Milieu d'étude.....	24
I.3.1 Population	24
I.3.2 Situation géographique.....	24
I.3.4 Végétation.....	25
I.3.4.1 La forêt d'Ambohibola.....	26
I.3.4.2 La forêt de Beroy.....	27
I.3.4.3 Déforestation	28
I.3.5 Types de sol.....	29
I.3.6 Climat.....	29
II. MÉTHODOLOGIE	31
II.1 Matériels d'études.....	31
II.1.1 Matériels physiques.....	31
II.1.2 Matériels biologiques.....	31

II.2 Méthodes d'étude.....	32
II.2.1 Collecte des données.....	32
II.2.1.1 Documentation.....	32
II.2.1.2 Utilisation des photos d'herbiers.....	32
II.2.1.3 Étude cartographique	32
II.2.1.4 Investigation géo-spatiale.....	33
II.2.1.4.1 Observation directe des menaces.....	33
II.2.1.4.2 Enquêtes socio-économiques.....	33
II.2.1.4.3 Enquête ethnobotanique.....	33
II.2.1.5 Inventaire floristique	34
II.2.1.5.1 Choix des sites.....	34
II.2.1.5.2 Technique d'inventaire.....	34
II.2.1.5.3 Récolte botanique	35
II.2.1.6 Étude de l'écologie de <i>Dalbergia</i>	35
II.2.1.6.1 Prélèvement des nodules et substrats de mycorhizes.....	36
II.2.1.6.2 Inventaire du cortège floristique.....	36
II.2.1.6.3 Diagnostic des facteurs abiotiques influents.....	37
II.2.2 Analyse des données.....	37
II.2.2.1 Analyse structurale des populations de <i>Dalbergia</i>	37
II.2.2.1.1 Densité.....	38
II.2.2.1.2 Fréquence spécifique.....	38
II.2.2.2 Analyse des paramètres biométriques.....	38
II.2.2.2.1 Surface terrière	38
II.2.2.2.2 Biovolume sur pied.....	39
II.2.2.2.3 Distribution des diamètres à la hauteur de poitrine ou Dhp.....	39
II.2.2.2.4 Distribution des hauteurs.....	39
II.2.2.3 Comparaison des sites	40
II.2.2.3.1 Test du chi-2.....	40
II.2.2.3.2 Comparaison des moyennes des caractères.....	41
II.2.2.3.3 Analyse multivariée des caractères morphologiques.....	41
II.2.2.4 Indices de présence des plantes associées.....	42
III. RÉSULTATS ET ANALYSES.....	44
III.1 Diversité spécifique de <i>Dalbergia</i>	44

III.2 Monographies des espèces trouvées.....	44
III.2.1 <i>Dalbergia purpurascens</i> (Baill, 1884).....	45
III.2.2 <i>Dalbergia trichocarpa</i> (Baker, 1890).....	46
III.2.3 <i>Dalbergia mollis</i> (Bossier & Rabev, 1996).....	47
III.2.4 <i>Dalbergia tricolor</i> var- <i>breviracemosa</i> (Drake, 1903).....	48
III.2.5 <i>Dalbergia pervillei</i> (Vatke, 1881).....	49
III.2.6 <i>Dalbergia xerophila</i> (Bossier & R. Rabev, 1996).....	50
III.3 Dynamique des populations de <i>Dalbergia</i>	52
III.3.1 Analyse structurale des populations.....	52
III.3.2 Analyse des paramètres biométriques.....	53
III. 3.2.1 Surface terrière et biovolume.....	53
III.3.2.2 Distribution des diamètres dans les 2 sites étudiés.....	54
III.3.2.3 Distribution des hauteurs dans les 2 sites étudiés.....	56
III.3.3 Comparaison des palissandres dans les deux forêts.....	59
III.3.3.1 Résultats du test de chi-2.....	59
III.3.3.2 Comparaison des moyennes.....	59
III.3.3.3 Résultats de l'analyse multivariée.....	60
III.3.4 Conclusion partielle.....	61
III.4 Écologie des <i>Dalbergia</i>	62
III.4.1 Répartition écologique des <i>Dalbergia</i>	62
III.4.2 Associations symbiotiques racinaires.....	62
III.4.3 Parasitisme macroscopique.....	63
III.4.4 Plantes associées aux <i>Dalbergia</i>	64
III.5 Résultats des enquêtes.....	65
III.5.1 Le village de Marolafiky.....	65
III.5.2 Le Village de Soatanà.....	66
IV. DISCUSSION.....	69
IV.1 Interprétations des résultats.....	69
IV.1.1 Diversité des populations du genre <i>Dalbergia</i>	69
IV.1.2 Écologie du genre <i>Dalbergia</i>	70
IV.2 Cadre géopolitique des <i>Dalbergia</i> malgaches.....	70
IV.2.1 Trafic de bois précieux : Bois de rose et Palissandre.....	70
IV.2.2 Cadre juridique et la politique écologique malgache actuelle.....	72

IV.3 Utilisations des <i>Dalbergia</i>	73
IV.4 Pressions et menaces sur les espèces de <i>Dalbergia</i>	74
IV.5 La régénération naturelle assistée (RNA).....	76
IV.5.1 Régénération naturelle des <i>Dalbergia</i>	76
IV.5.2 Faisabilité de la RNA dans la zone étudiée.....	77
IV.6 La RNA, modèle de gestion des <i>Dalbergia</i>	78
IV.7 Vérification des hypothèses.....	79
V. CONCLUSION GÉNÉRALE.....	80
VI. RECOMMANDATIONS.....	81
VII. PERSPECTIVES.....	82
VIII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES / SITOGRAPHIES.....	85
ANNEXES : i - xiii	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Modèle du tableau récapitulatif de la distribution des dhp	27
Tableau 2 : Modèle du tableau récapitulatif de la distribution des hauteurs.....	28
Tableau 3 : Caractéristiques et statut de conservation des espèces de <i>Dalbergia</i> trouvées.....	33
Tableau 4 : Densité des populations de chaque espèce de <i>Dalbergia</i> par site.....	41
Tableau 5 : Répartition des surfaces terrières et biovolumes par site.....	42
Tableau 6 : Récapitulation des résultats du test de Khi-2.....	49
Tableau 7 : Écart des variables observés dans les sites 1 et 2.....	49

Liste des figures

Figure 1 : Dessins de quelques <i>Dalbergia</i>	8
Figure 2 : Type de fruits des <i>Dalbergia</i> malgaches.....	9
Figure 3 : Processus de colonisation et de formation des nodules.....	10
Figure 4 : Structure de la symbiose mycorhizienne arbusculaire.....	11
Figure 5 : Carte des deux districts, Ankazoabo et Beroroaha et de la zone d'étude	13
Figure 6 : Carte de la végétation de la zone d'étude avec les forêts d'Ambohibola et Beroy ..	14
Figure 7 : Forêt d'Ambohibola.....	14
Figure 8 : Forêt de Beroy et sa structure.....	15
Figure 9 : Type de pressions existantes dans les forêts de Beroroaha.....	16
Figure 10 : Schéma montrant les parties mesurées sur chaque pied de <i>Dalbergia</i>	23
Figure 11 : Prélèvement des racines à nodules et des sols.....	24
Figure 12 : Schéma montrant la technique des plots sur la ligne de transect.....	25
Figure 13 : Photos de <i>D. purpurascens</i>	34
Figure 14 : Photos de <i>D. trichocarpa</i>	35
Figure 15 : Photos de <i>D. mollis</i>	36
Figure 16 : Photos de <i>D. tricolor</i>	37
Figure 17 : Photos de <i>D. pervillei</i>	38
Figure 18 : Photos de <i>D. xerophila</i>	39
Figure 19 : Répartition des fréquences à l'hectare des espèces de <i>Dalbergia</i> dans les 2 sites.	41
Figure 20 : Histogrammes des distributions de dhp dans le site1.....	43
Figure 21 : Histogrammes des distributions de dhp dans le site 2.....	45
Figure 22 : Histogrammes des distributions de hauteurs dans le site 1.....	46
Figure 23 : Histogrammes des distributions de hauteurs dans le site 2.....	48

Figure 24 : Projection de cinq caractères quantitatifs de <i>D. purpurascens</i> sur les plans factoriels 1 et 2 de l'ACP	50
Figure 25 : Analyse en composantes principales de 485 arbres de <i>D. purpurascens</i>	51
Figure 26 : Racines à nodules prélevées au pied du <i>D. trichocarpa</i>	53
Figure 27 : Plantes parasites fixées sur la tige de <i>D. purpurascens</i>	54
Figure 28 : Modèle d'association <i>D. purpurascens</i> -autres espèces.....	55
Figure 29 : Utilisations locales des <i>Dalbergia</i>	62
Figure 30 : Un pied de <i>D. purpurascens</i> déraciné après le passage du cyclone.....	
Figure 31 : Photos sur la régénération naturelle (asticots parasites et jeunes plantules).....	65
Figure 32 : Schéma résumant le modèle de gestion durable des espèces de <i>Dalbergia</i>	67

Liste des annexes.

Annexe 1 : Moyennes des caractères biométriques par espèce dans le site 1	
Annexe 2 : Moyennes des caractères biométriques par espèce dans le site 2	
Annexe 3 : Moyennes des caractères biométriques par espèce dans les 2 sites	
Annexe 4 : Distribution des fréquences spécifiques à l'hectare de <i>Dalbergia</i>	
Annexe 5 : Distribution des dhp des individus inventoriés dans la forêt d'Ambohibola	
Annexe 6 : Distribution des dhp des individus inventoriés dans la forêt de Beroy	
Annexe 7 : Distribution des hauteurs des individus inventoriés dans la forêt d'Ambohibola	
Annexe 8 : Distribution des hauteurs des individus inventoriés dans la forêt de Beroy	
Annexe 9 : Résultats du Test de KHI-2	
Annexe 10 : Liste des noms de 48 espèces de <i>Dalbergia</i> (in MADCAT, selon CITES en 2013)	
Annexe 11 : Caractéristiques morphologiques de chaque espèce	
Annexe 12 : Synthèse des résultats d'enquêtes paysans dans les 2 villages	
Annexe 13 : Liste des plantes associées aux <i>D. purpurascens</i> dans les 2 sites	
Annexe 14 : Liste des plantes très associées au <i>D. purpurascens</i> (au rayon de 3 m)	
Annexe 15 : Fiche d'inventaire de <i>Dalbergia</i>	
Annexe 16 : Fiche d'inventaire des plantes (arbuste et arbre) associées aux <i>Dalbergia sp.</i>	

Liste des acronymes

CEDRATOM : Centre de documentation et de recherche sur l'art et la tradition orale à Madagascar.

CITES : Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction.

CNOP : Coordination Nationale des Organisations Paysannes

COBA : COmmunauté de BAse

CREAM : Centre de Recherches, d'Études et d'Appui à l'analyse Économique à Madagascar

DBEV : Dignonnet Bécheras Espace Vert

DEF : Direction des Eaux et Forêts

Dhp : Diamètre à la Hauteur de Poitrine

DME : Diamètre Minimum d'Exploitabilité

DREF : Direction Régionale des Eaux et Forêts

DRFP-FOFIFA : Département de Recherches Forestières et Piscicoles du Centre National de la Recherche Appliquée au Développement Rural

EIA : Environmental Investigation Agency

FAO : Food and Agriculture Organization of the United Nations

FOFIFA : Foibe Fikarohana Momba ny Fampanandrosoana eny Ambanivohitra

GCF : Gestion Contractualisée des Forêts ou Gestion Communautaire des Forêts

GELOSE : Gestion Locale Sécurisée

GIZ : Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit

GW : Global Witness

IUCN : International Union for Conservation of Nature

MBG : Missouri Botanical Garden

MINENV : Ministère de l'Environnement

ONE : Office Nationale de l'Environnement

REPC : Réseaux des Éducateurs et Professionnels de la Conservation à Madagascar

RGPH : Recensement Général de la Population et de l'Habitat

RNA : Régénération Naturelle Assistée ou Régénération Naturelle Accélérée.

SAGE : Service d'Appui à la Gestion de l'Environnement

SF : Service Forestier

SSN : Species Survival Network / **TBE** : Tableau de Bord Environnemental.

INTRODUCTION

INTRODUCTION

Madagascar présente une richesse exceptionnelle en matière de biodiversité tant faunistique que floristique, figure parmi les dix « hot spots » de la diversité biologique mondiale et possède l'un des écosystèmes les plus riches du monde (SAGE & FOFIFA, 2006).

Depuis sa séparation du continent africain, de nombreuses familles de plantes et d'animaux ont évolué indépendamment en créant un endémisme insulaire spectaculaire à un taux très élevé (de WIT, 2003). La flore malgache compte environ 12 000 espèces dont 85% sont endémiques (GUILLAUMET, 1984). Sur les 160 à 181 familles d'Angiospermes actuellement reconnues à Madagascar, (les chiffres varient selon le système de classification) huit familles sont considérées comme étant entièrement endémiques de l'île et le taux d'endémisme générique, serait de 20% (PERRIER DE LA BATHIE, 1936). Selon le Département de Recherches Forestières et Piscicoles (DRFP) et la Direction des Eaux et Forêts (DEF), 4181 essences forestières ont été recensées à Madagascar dont 3 982 (93%), 178 genres (25%) et sept familles (25%) sont endémiques (ONE, 2000).

Cette diversité ne se limite pas à l'échelle taxonomique, elle s'observe également au niveau de la végétation. Chaque domaine phytogéographique présente une caractéristique particulière aussi bien en matière de structure de la végétation que de composition floristique. La forêt dense sèche caducifoliée constitue le climax de tout le domaine phytogéographique de l'Ouest et il en restait encore des superficies importantes (GUILLAUMET et KOEHLIN, 1971). La dominance de *Dalbergia* dans ce domaine a été signalée dans la formation végétale à *Dalbergia - Commiphora – Hildegardia* (HUMBERT, COURS DARNE, 1965).

Dalbergia, connu appelé communément sous les noms commerciaux « palissandre et bois de rose » et qui se traduit en malgache par « *manary* ou *andramena* », est un grand genre pantropical qui comprend quelque 250 espèces (cf. www.prota.org) d'arbres, d'arbustes et de lianes (MABBERLEY, 2008). D'autres publications affirment que ce genre représente 125 espèces connues dans le monde dont 48 ont été recensées à Madagascar (BALLETT *et al.*, 2010) qui sont toutes des endémiques (CITES, 2013).

Parmi ces espèces malgaches, sept sont retrouvées dans les forêts denses sèches de l'ouest à savoir *D. purpurascens*, *D. trichocarpa*, *D. pervillei*, *D. greveana*, *D. xerophila*, *D. neoperrieri* et *D. tricolor* (deux variétés *tricolor* et *breviracemosa*) (DU PUY *et al.*, 2002). Elles sont toutes classées parmi des bois précieux malgaches qui sont sujets aujourd'hui au phénomène de déforestation et exportation illicite de bois d'œuvre.

PROBLÉMATIQUE

Madagascar comme tous les pays africains, fait face aujourd'hui à une crise environnementale de plus en plus sérieuse qui, à court terme, met en danger le bien-être et les moyens d'existence de la majorité de la population (BRINKERHOFF, 1993). Sur le plan mondial, de 2000 à 2005, 15,2 millions d'hectares de forêts ont été détruits, soit l'équivalent de 40 terrains de football par minute (www.fao.org). Le taux de déforestation nationale entre 2000 et 2005 est 0,98 % par an (ONE-TBE SUD-OUEST, 2008). Dans la région du sud-ouest, la déforestation a causé la perte de 217 165 ha, soit 18 097 ha par an correspondant à un taux moyen de 0,82% entre 1993 et 2005 sur une couverture forestière de 29,8% du territoire total (ONE-TBE SUD-OUEST, 2008). Pour le cas du district de Beroroha, le taux de déforestation est très alarmant avec un pic de 9,6% entre l'année 1993 et 2005 sur une couverture forestière totale en 2005 égale à 110 115 ha (ONE-TBE SUD-OUEST, 2008). Le zonage forestier régional en 2001 par la DREF Atsimo-Andrefana montre que 89% de la superficie totale des forêts de Beroroha sont des zones de production, soit 79 660 ha. Seulement 6 795 ha de superficie sont des zones écologiques et 2 952 ha des zones de régulation (ONE-TBE SUD-OUEST, 2008).

Face à ce désastre écologique tant à l'échelle nationale, régionale que locale aujourd'hui, on a perdu de vue le fait que notre existence est fondée sur les systèmes vivants (BARBAULT, 2010). De plus, les arbres de bois précieux comme les palissandres, ébènes, bois de rose (*Dalbergia* sp.) qui poussent en grande quantité dans les forêts naturelles malgaches (SAGE & FOFIFA, 2006) se trouvent actuellement très menacées par le phénomène de fragmentation des habitats. Cette menace provient principalement des activités anthropiques à savoir le défrichement par la culture sur brûlis, les feux de brousse pour le renouvellement de pâturage et l'exploitation forestière (REPC, 2006). Quatre causes directes possibles peuvent être identifiées (CASSE *et al.*, 2004) comme le commerce du bois-énergie en quantité massive, l'exploitation massive comme bois de construction, les expansions de l'espace agricole, et des zones de pâturage. Étant donné que la fragmentation d'un écosystème forestier entraîne une perte graduelle de sa biodiversité, il est devenu nécessaire d'évaluer l'état actuel de la dynamique des populations de *Dalbergia*. En d'autres termes, l'état des lieux de la dynamique d'un paysage pour prédire ses évolutions futures dans un contexte où, la pression humaine sur les terres est de plus en plus forte, est maintenant un thème crucial en écologie (RATIARSON *et al.*, 2007).

Or, les caractéristiques biophysiques des forêts résultent de la combinaison de la gestion effective et des dynamiques écologiques (RIVES, 2012). Par exemple, les pratiques agricoles traditionnelles à travers l'abattage sélectif de vieux arbres devenus stériles participent à la dynamique de la forêt (CARRIÈRE, 2002). En définitive, la dynamique des populations des espèces de *Dalbergia* dépend de l'état de son écosystème.

Compte tenu de cette dynamique de l'écosystème forestier, la dynamique des populations du genre *Dalbergia*, doit être affectée.

La perte de diversité génétique associée aux baisses d'effectifs et à l'isolement des populations a des conséquences néfastes sur sa viabilité (THOMPSON, 2010). Il est donc important de connaître la diversité spécifique du genre *Dalbergia* et de son dynamisme actuel notamment sur l'évolution dans le temps et dans l'espace de chacune des espèces. D'où le thème choisi, intitulé : « **Étude de l'écologie et de la dynamique des populations de *Dalbergia sp.* dans les forêts Beroy et Ambohibola (district de Beroroha) dans un but de conservation pérenne** ».

Rares sont les études approfondies sur l'environnement effectuées dans le district enclavé de Beroroha. Tous les problèmes environnementaux répertoriés dans la région sud-ouest s'y observent et donc cette zone doit probablement abriter des potentialités importantes en matière de biodiversité. L'exploitation de bois d'une manière légale ou illicite affecte tous les arbres, en particulier le palissandre et le bois de rose. En 2013, un camion de bois de rose de nature grume et semi-travaillée en provenance de la forêt de Vorognara a été saisi à Iaborano, sur l'axe Sakaraha-Ankazoabo, par la gendarmerie de la brigade d'Andranolava-Sakaraha (Communication personnelle du Chef Cantonnement forestier de Beroroha et la télévision malgache, TVM). Par conséquent, l'existence des flux de bois souvent incontrôlés issus des zones de production définies par la DREF perturbe la dynamique des populations des essences forestières exploitées dont les espèces de *Dalbergia*. D'où l'intérêt de mener une étude dans cette zone afin d'évaluer l'état actuel de la dynamique des populations du genre *Dalbergia* en tenant compte de leur écologie dans des forêts non dégradées et non perturbées.

Dans la réalisation de cette recherche, notre étude s'articulera en quatre parties avec une première partie qui exposera le cadre général de l'étude, la deuxième les matériels et méthodes utilisés, la troisième partie les résultats et interprétations et la dernière partie consacrée à la discussion, pour aboutir à une conclusion générale, des recommandations et des perspectives pour de prochaines études complémentaires.

Partie I

CADRE GÉNÉRAL DE
L'ÉTUDE

I. CADRE D'ÉTUDE

I.1 Objectifs et hypothèses

Des objectifs ont été fixés afin de mieux cadrer l'itinéraire de cette recherche vers l'obtention des résultats précis et fiables. Des hypothèses ont été émises et seront vérifiées.

I.1.1 Objectifs

Cette étude est axée sur deux aspects, à savoir les aspects écologique et floristique du genre *Dalbergia* dont leur combinaison induit un vif intérêt dans la conservation du genre. Dans ce cadre, l'objectif global de l'étude a consisté à trouver des outils de conservation appropriés pour les espèces du genre *Dalbergia* en tenant compte de leurs exigences écologiques et dynamique des populations actuelle.

Les objectifs spécifiques ont donc visé à :

■ Étudier la dynamique des populations de chaque espèce de *Dalbergia*

Cet objectif nous a permis d'évaluer la taille de population de chaque espèce de *Dalbergia* dans les sites étudiés à l'aide de l'étude des paramètres dendrologiques de chaque pied repéré grâce au nom vernaculaire (hauteur de l'arbre, hauteur de fût, diamètre à la hauteur de poitrine, diamètre de l'espace vital occupé par l'arbre) et facteurs de régénération naturelle (nombre de fleurs, dates de floraison, graines viables, nombre de fruits, dates de maturation des fruits, nombre de plantules). L'étude d'abondance et l'estimation de l'âge de chaque pied repéré à partir de l'analyse des classes des diamètres à la hauteur de poitrine ont été pris en compte dans cet objectif en vue d'évaluer l'état actuel de la dynamique des populations de chaque espèce et prédire leur évolution.

■ Étudier les paramètres écologiques régissant la viabilité des espèces de *Dalbergia*

La dynamique des populations d'une espèce dépend de son environnement et des facteurs écologiques y afférents. D'où, l'importance de relever toutes les données écologiques susceptibles de mieux interpréter la dynamique des populations des espèces étudiées. Dans cet objectif, notre étude s'est concentrée plutôt dans l'écologie des espèces. Puisqu'il s'agit d'un domaine large et complexe, quelques paramètres fondamentaux ont été étudiées :

- Analyse du sol et l'association symbiotique au niveau de la racine : nodules formés par l'association *Dalbergia-rhizobium* et mycorhizes,
- Inventaire des plantes associées aux *Dalbergia* dont les plantes parasites, épiphytes et les arbres autour du pied en vue d'évoquer leur interaction

écologique (compétition, facilitation, parasitisme et commensalisme).

■ **Évaluer les menaces des sites susceptibles de porter atteinte sur les populations de *Dalbergia*.**

D'une manière générale, les menaces de la biodiversité résultent de différentes causes que ce soient d'origine anthropique ou des catastrophes naturelles. Cet objectif a consisté à observer toutes les gammes de pressions anthropiques *in situ* et leurs impacts sur les forêts étudiées. Des collectes des données socio-économiques et ethnobotaniques pouvant influencer sur la dynamique des populations des espèces de *Dalbergia* ont été également effectuées. L'intérêt a été d'interpréter les aspects évolutifs de la dynamique des populations des *Dalbergia* à partir des données collectées en permettant l'élaboration définitive d'un schéma de conservation des espèces.

I.1.2 Hypothèses à vérifier

Suivant la situation environnementale du district de Beroroha et les objectifs de l'étude, des hypothèses ont été adoptées :

H₁ : Chaque espèce de *Dalbergia* possède des exigences écologiques spécifiques et présente une dynamique des populations différente. La dynamique des populations est liée aux facteurs écologiques du milieu, abiotiques et biotiques.

Explication : La dynamique des populations de l'espèce est considérée comme liée aux facteurs du milieu où elle vit. Supposons que les exigences écologiques sont spécifiques pour chaque espèce de *Dalbergia*, leur dynamique des populations sera différente. Dans ce cas, les paramètres écologiques du milieu étudié jouent un rôle primordial dans la variation de la dynamique des populations du genre.

H₂ : Les cortèges floristiques du genre *Dalbergia* sont variables en fonction de l'espèce.

Explication : Malgré l'influence des facteurs du milieu, la structure du cortège floristique associée à chaque espèce de *Dalbergia* présente visiblement une dissemblance positive, c'est-à-dire le genre *Dalbergia* possède une gamme de cortège floristique variable.

H₃ : Les activités anthropiques locales constituent à la fois une forte menace pour la population des *Dalbergia* et aussi une base de sa restitution (reboisement, protection des arbres et de leurs descendances, etc.).

Explication : Les activités de la population locale sont présumées comme une menace principale dans les sites étudiés. Bien évident, la déforestation fragmente les habitats

des espèces de *Dalbergia* qui engendrent la régression de leurs populations. Cette hypothèse nous emmène à vérifier que la restitution de la dynamique régressive de ces populations de *Dalbergia* et la restauration de leurs habitats dégradés sont réalisables en préconisant le modèle de gestion basé sur la participation active des communautés locales dans l'approche RNA (régénération naturelle assistée).

I. 2 Aperçu général sur le genre *Dalbergia*

À Madagascar, on distingue deux catégories de *Dalbergia*, les bois de rose et les palissandres. (CITES, 2013). Les noms vernaculaires, assortis de qualificatifs précisant la couleur du bois parfait, sont en général formés de deux mots. Exemple : *Manary mavo* ou *D. purpurascens* à bois parfait jaune, *Manary toloho* ou *D. greveana* à bois parfait violacé et *Manary mena* ou *Dalbergia* sp à bois parfait rouge (SERVICES DES EAUX ET FORÊTS, 1981). Les principaux noms vernaculaires sont :

- Les bois de rose : *Andramena, Bolabola, Hazoambo, Hazovola mena, Hendramena, Hitsika, Manary mainty, Manjakabenitany, Sovoka, Tombobitsy, Tongobitsy, Voamboana, Volombodipona.*
- Les palissandres : *Manary baomby, Manary boraka, Manary fotsy, Manary havoa, Manary kamboty, Manary maroando, Manary mavo, Manary mena, Manary mendoravina, Manary redoto, Manary rekily, Manary sariadabo, Manary taolana, Manary toloho, Manary tombonditotse, Manary tsiandalana, Manary tsiatondro, Manary tsimahamasabary, Manary vazanomby, Manary voanjo.*

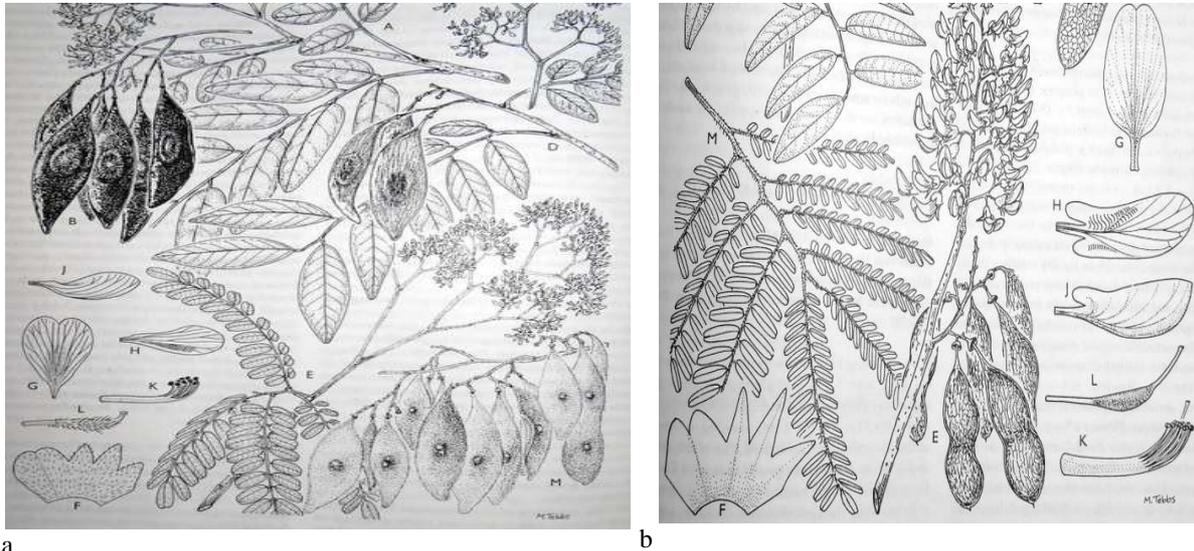
I.2.1 Rappel taxonomique

Le genre *Dalbergia* fait partie de la tribu des fabacées (NORMAND, 1988). Selon la classification classique et phylogénétique (BOSSER & RABEVOHITRA, 1996), on a :

- ➔ **Règne:** Plantae ; **Sous-règne:** Tracheobionta
- ➔ **Embranchement :** Spermaphytes ; **Sous-embranchement :** Angiospermes
- ➔ **Division:** Magnoliophyta
- ➔ **Classe:** Magnoliopsida (*Dicotylédones*) ; **Sous-classe:** Rosidae
- ➔ **Ordre:** Fabales
- ➔ **Famille:** Fabaceae ou legumineae (JUSS, 1789) ; **Sous-famille:** Faboideae
- ➔ **Tribu :** Dalbergiaie, **Genre:** *Dalbergia* (SCHATZ, 2001).

I.2.2 Description du genre *Dalbergia*

Le genre *Dalbergia* est caractérisé par ses feuilles imparipennées, dépourvues de stipelles, avec des folioles alternés. Les inflorescences axillaires ou terminales sont grêles ; elles forment des grappes simples de fleurs espacées (NORMAND, 1988).



Figures 1 : Dessins de quelques *Dalbergia* (DU PUY, 2002), a : *D. purpurascens* (A : feuilles, B : fruits noirs), *D. neoperrieri* (D : fruits avec feuilles), *D. trichocarpa* (E : inflorescence à feuilles, F-G-H-I-J-K-L : organes floraux, M : fruits) ; b : *D. pervillei* (E : fruits et fleurs, F-G-H-I-J-K-L : organes floraux, M : feuilles)

Les bois fournis par les arbres se reconnaissent par leur coloration plus ou moins violacée, les zones circummédullaires de parenchyme bien visibles sur les sections transversales et enfin par la structure étagée très nette qu'on peut reconnaître facilement sur les sections longitudinales tangentielles (LECOMPTE, 1922).

Au point de vue phénologique, la période de floraison des plantes *Dalbergia* s'étale entre septembre et mars (CITES, 2013) suivant le Nord, Est et Sud ou les forêts humides et les forêts sèches.

Les fleurs sont petites, souvent nombreuses, en grappes axillaires ou terminales de calice gamophylle à 5 dents inégales et corolle papilionacée à ailes obliques et à carène obtuse, portant 10 étamines ou monadelphes ou diadelphes et ovaire stipité à ovules peu nombreux (figures 1).

Les graines sont réniformes (figure 2), comprimées, sans albumen (LECOMPTE, 1922).

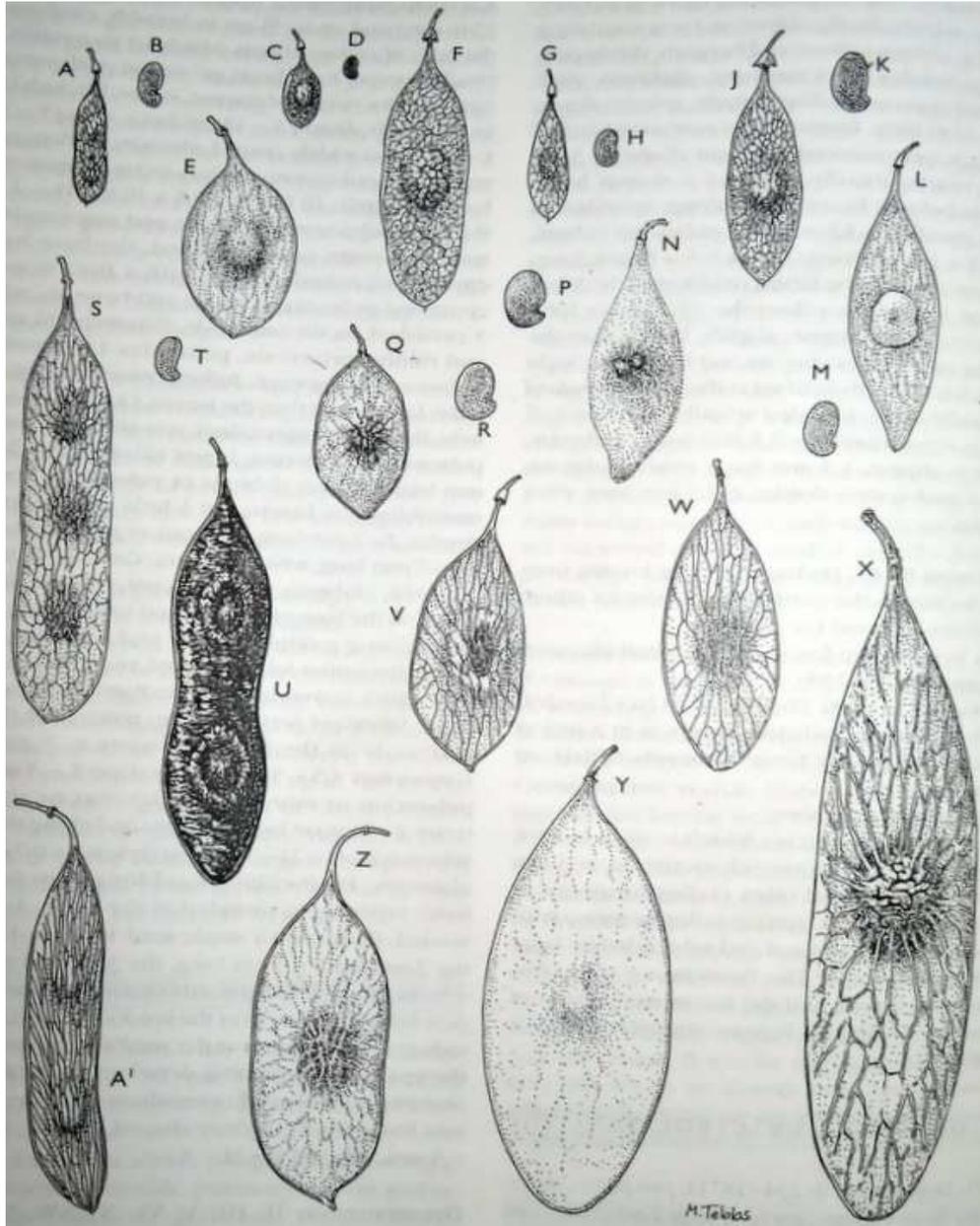


Figure 2 : Type de fruits des *Dalbergia* malgaches (DU PUY, 2002), A-B : *D. peltieri*, C-D : *D. emirnenensis*, E : *D. lemurica*, F : *D. maritima*, G-H : *D. xerophila*, J-K : *D. pervillei*, L-M : *D. bracteolata*, N-P : *D. trichocarpa*, Q-R : *D. baroni*, S-T : *D. monticola*, U : *D. purpurascens*, V : *D. neoperrieri*, W : *D. greveana*, X : *D. humberitii*, Y : *D. glaucocarpa*, Z : *D. chlorocarpa*, A' : *D. mollis*

I.2.3 Répartition géographique

Les *Dalbergia* de Madagascar sont des espèces de zones boisées fermées, semi ouvertes ou dégradées et poussent à une altitude inférieure à 1200 m sauf *D. monticola* et *D. tsaratanensis* que l'on rencontre à plus de 1500 m (MBG, 2009).

Ces espèces occupent différents types de formations végétales telles que les forêts denses humides sempervirentes, les forêts denses sèches semi-caducifoliées, les fourrés et les savanes (CITES, 2013). Certaines sont inféodées à des zones restreintes comme c'est le cas pour *D. aurea*, *D. brachystachya*, *D. davidii*, *D. histicalyx*. D'autres ont une large répartition géographique comme *D. baronii*, *D. greveana* et *D. trichocarpa* (CITES, 2013). Les différentes espèces de *Dalbergia* colonisent des substrats de nature différente : sableux, ferrallitique, basaltique (MBG, 2009). Actuellement, certains comptent au total 48 espèces de *Dalbergia* à Madagascar (MADCAT : www.tropicos.org, voir Annexe 10). Il y aurait pour d'autres, 43 espèces dont 22 espèces typiques de la partie Ouest de Madagascar et 21 espèces dans la partie Est (MBG, 2009). Huit sont retrouvées théoriquement dans la région Sud-Ouest (DU PUY *et al.*, 2002) : *D. trichocarpa*, *D. greveana*, *D. purpurascens*, *D. xerophila*, *D. pervillei*, *D. neoperrieri*, *D. tricolor var. Bravicalyx*, *D. tricolor var. tricolor* et *D. mollis*.

I.2.4 Influence mycorhizienne et nodulation

La symbiose racinaire comprend deux types : les mycorhizes et les nodules (figure 3). Les mycorhizes sont une association symbiotique entre un champignon (mycète) et les racines d'une plante vasculaire. Les nodules sont formés par une association de bactéries nodulantes avec les racines des plantes hôtes (SARASIN, 2011).

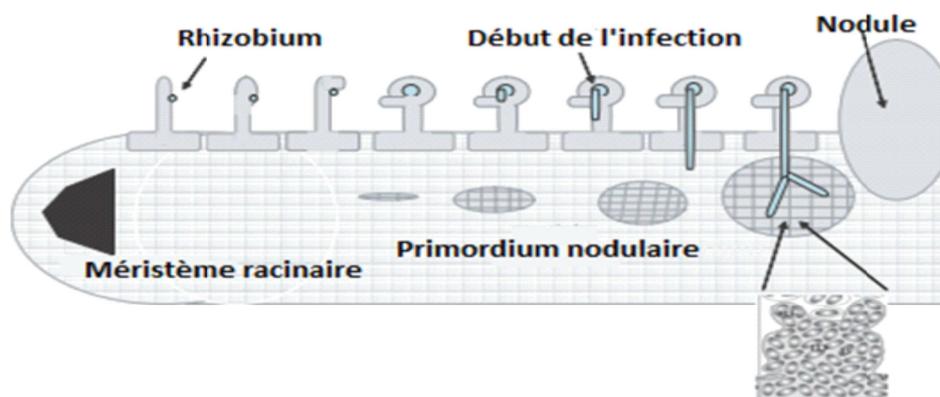


Figure 3 : Processus de colonisation et de formation des nodules (KINKEMA *et al.*, 2006).

Deux principaux types de mycorhizes sont généralement distingués (RAJAONARIMAMY, 2010) :

- Les ectomycorhizes : sont caractérisées par un manteau de mycélium fongique, qui entoure les racines nourricières de la plante hôte et à partir duquel des hyphes pénètrent entre les cellules corticales du végétal pour former le « réseau de Hartig ».

- Les endomycorhizes : ce sont des mycorhizes dont le mycélium colonise les cellules corticales des racines de la plante nurse. On distingue deux groupes : les mycorhizes à arbuscules et les mycorhizes à pelotons d'hyphes cloisonnés.

La symbiose mycorhizienne est considérée comme une composante majeure dans les processus biologiques régissant l'évolution spatio-temporelle des écosystèmes (DUPUNNOIS *et al.*, 2013). Plus de 70% des plantes vasculaires et bryophytes actuelles vivent en symbiose avec les champignons microscopiques hyménomycètes de type arbusculaire (figure 4), opposé au type à pelotons.

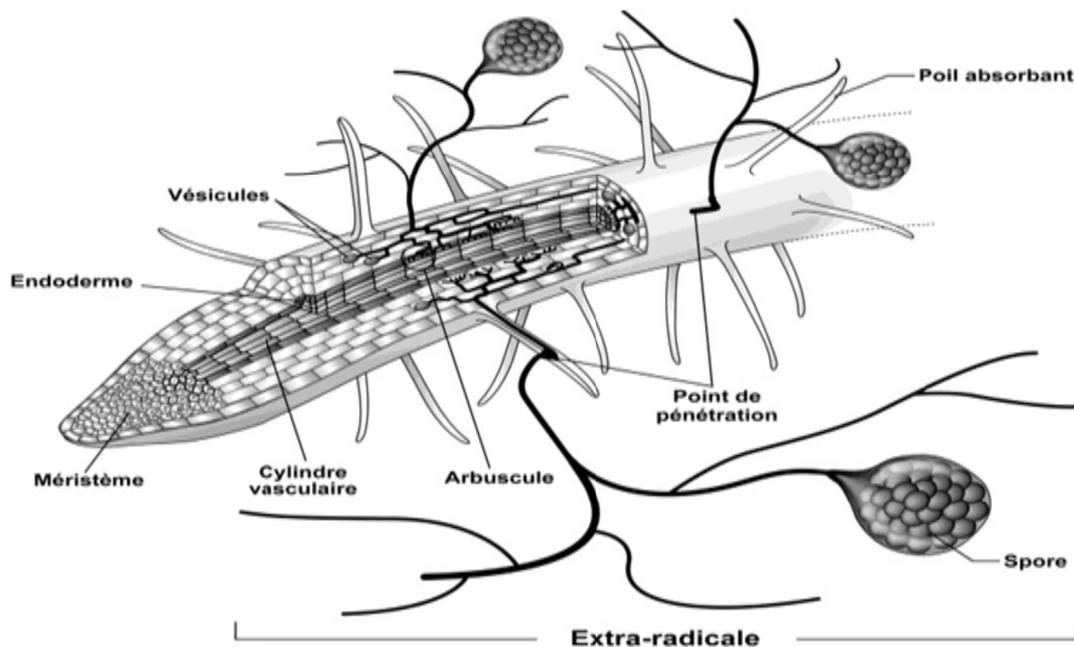


Figure 4 : Structure de la symbiose mycorhizienne arbusculaire (FORTIN *et al.*, 2008)

Dans les milieux arides et semi-arides, les légumineuses sont considérées comme des plantes nurses pouvant faciliter la survie et le développement de certaines essences forestières améliorant la teneur en azote des sols, mais également, du fait de leur haute mycotrophie, en contribuant au maintien du PIM ou Potentiel Infectieux Mycorhizogène (DUPUNNOIS *et al.*, 2013). Pour le cas des *Dalbergia*, elles jouent un rôle écologique important dans la fixation et la fertilité du sol grâce à la présence des nodosités et des mycorhizes (RASOLOMAMPIANINA *et al.*, 2005). La majorité des bactéries isolées à partir des racines de *Dalbergia* dont *D. trichocarpa* et *D. purpurascens* appartiennent au genre *Bradyrhizobium* (RASOLOMAMPIANINA *et al.*, 2005).

I.3 Milieu d'étude

Cette étude a été effectuée dans les communes de Behisatsy, district de Beroroha, région sud-ouest de Madagascar, plus précisément dans les forêts de Beroy, fokontany de Tsiarepioky et Ambohibola, fokontany de Soafasy. Notre campement a été basé au village de Marolafiky à côté de la forêt d'Ambohibola et Soatanà pour le site de Beroy (figures 5).

I.3.1 Population

Le district de Beroroha est peuplé en majorité par les Bara, la population autochtone. La population totale en 1993 étaient d'environ 31 000 habitants dont 12 000 urbains (39%) et 19 000 ruraux (ONE, 2008) et de 62 400 habitants en 2013 soit le double en 20 ans (Communication personnelle de la CISCO Beroroha, 2013). En 2009, ce district constitue seulement 3,7% de la population régionale totale (CREAM, 2014). Sa population est majoritairement des paysans agro-pasteurs. Le flux migratoire vers le début du XX^{ème} siècle en provenance de Sud-est (Antefasy) et du haut-plateau pour le Betsileo et vers les années 1980 pour les Antandroy et Antanosy, a radicalement changé la structure démographique de la région et ses activités agropastorales originelles. En tant que région Bara, ce district figure sur la liste des zones rouges du grand Sud, due à la recrudescence de l'insécurité liée aux vols de zébus.

Cette situation d'insécurité a beaucoup freiné la réalisation de notre étude sur le terrain ces derniers temps.

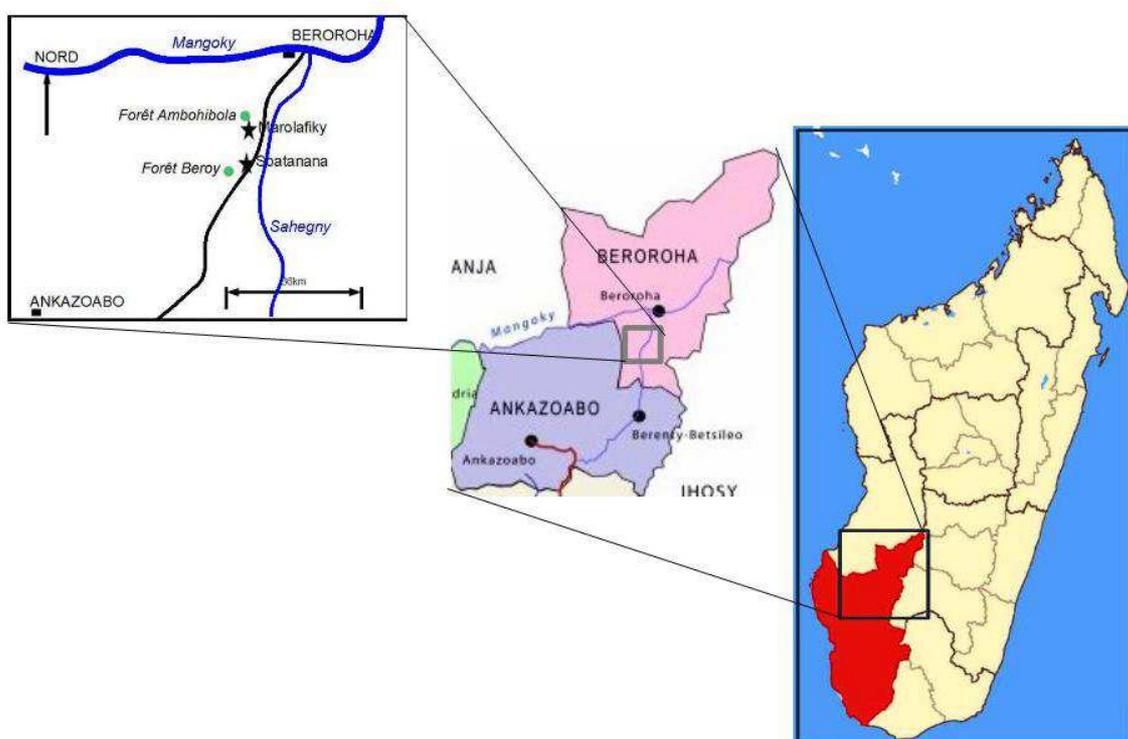
I.3.2 Situation géographique

Le district de Beroroha se trouve dans la partie septentrionale de la région Atsimo Andrefana, entre 21°40' Sud et 45°14'Nord. Il est situé à environ 360 km au Nord-Est de Toliara, délimité par six districts, celui de Mahabo (au Nord), de Manja (à l'Ouest), d'Ankazoabo (Sud-Ouest), Ihosy (Sud-Est), d'Ambalavao (Est) et d'Ikalamavony (Nord-Est). L'altitude moyenne est de 180 m (MAEP/UPDR, 2003). Sa superficie totale est de 6 723 km² soit 10% du territoire total de la région Sud-Ouest (CREAM, 2014).

Au niveau régional, le district de Beroroha est le premier producteur de haricot et exportateur de riz vers Toliara. Les bassins versants et les plaines alluvionnaires argileuses du fleuve de Mangoky et ses affluents constituent les terroirs agricoles potentiels de la zone.

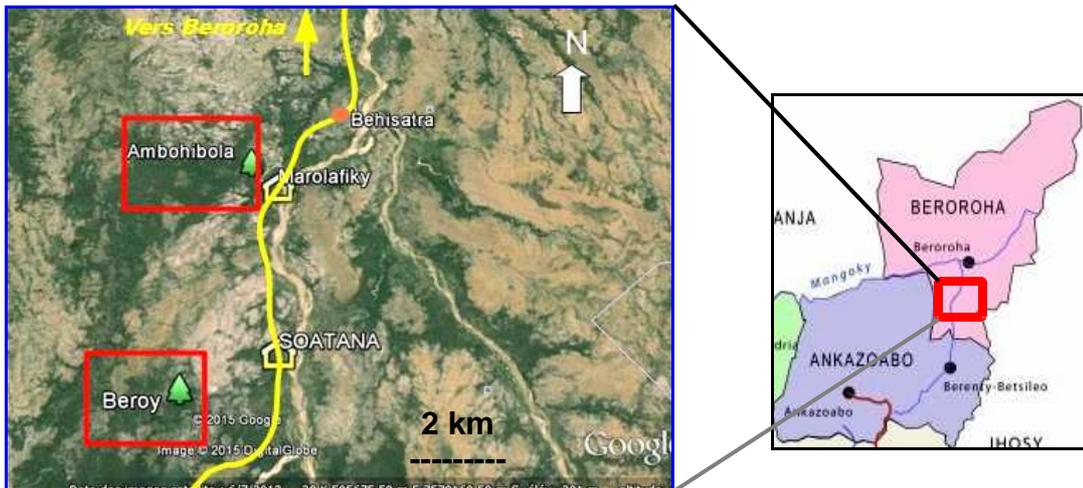
I.3.4 Végétation

Le district de Beroroha abrite quatre types de végétation : forêts sèches dont caducifoliée et forêt de galerie ou forêts sèches sur alluvions, forêt rupicole sur sol rocheux et savanes arborées sur sol latéritique. Les forêts sèches sur alluvions sont retrouvées tout au long du fleuve de Mangoky et de ses affluents et au fond de nombreux canyons du massif du Makay où elles prennent l'allure de formations ombrophiles (SALOMON, 1982). Tandis que les forêts denses sèches caducifoliées se rencontrent dans les forêts de Beroy et Ambohibola où l'on a été effectuée cette étude (figures 6). Ces forêts comme toutes les forêts denses sèches de l'ouest, sont caractérisées par la caducité des feuilles en saison sèche pendant laquelle la végétation entre à l'état de repos et dès les premières pluies de la saison chaude, le réveil est très rapide (HUMBERT, 1965).



Figures 5 : Carte des deux districts, Ankazoabo et Beroroha (encadré sur la carte de l'île de Madagascar) de la Région Atsimo-Andrefana (en rouge). La zone d'étude avec les forêts étudiées (●) et les villages (★) se situe dans l'encadré dans le district de Beroroha (Source : FTM, BD 500).

Il s'agit des forêts denses sèches sur argiles latéritiques, sur des sols relativement pauvres, qui après déforestation se transforment en savanes arborées (ONE 2008). Leur composition floristique est dominée par le genre *Dalbergia*, *Adansonia*, *Commiphora* et l'espèce *Givotia madagascariensis*.



Figures 6 : Carte de la végétation de la zone d'étude avec les forêts d'Ambohibola et Beroy et les villages Soatana et Marolafiky (source GOOGLE EARTH, 2015)

I.3.4.1 La forêt d'Ambohibola

La forêt d'Ambohibola est une forêt de type dense sèche caducifoliée qui s'étale à 3 km à l'ouest du village de Marolafiky dans le fokontany de Soafasy (figures 7). Elle longe la montagne d'Ambohibola en lui donnant son nom (direction nord-sud à l'est).

La composition floristique est caractérisée par la dominance de l'espèce *Adansonia sp* et des *Commiphora sp*.

À l'intérieur de la forêt se trouve une population isolée de l'espèce *Allaudia procerara* (Didieraceae) qui symbolise le domaine de l'Ouest (figure 7b).

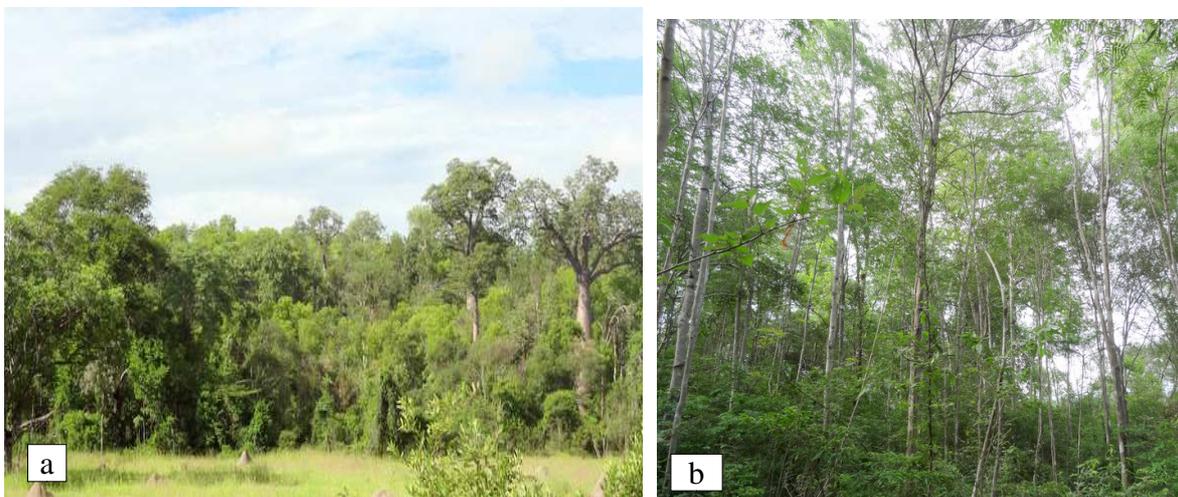


Figures 7 : Forêt d'Ambohibola ; **a :** couverture de la forêt avec une voûte forestière de la montagne d'Ambohibola, vue de loin, **b :** une population de *Allaudia procerara* et *Euphorbia laro* à l'intérieur de la forêt d'Ambohibola symbolisant l'appartenance au domaine du Sud-ouest de cette forêt (DAMA, 2015)

Cette forêt qui mesure environ de 5 km de long et 2 km de large constitue la zone forestière potentielle de production de bois du district de Beroroha. Les charpentiers y fabriquent sur place les coques qu'ils pensent vendre aux piroguiers locaux ou aux Vezo de Morombe et même du littoral par le biais du transport fluvial sur la rivière Sahegny vers Mangoky puis jusqu'à la mer. La forêt couvre une étendue de surface topographiquement invariable, mais pédologiquement différente. Les feux de brousse sont systématiques en lisière de forêt et même à l'intérieur.

I.3.4.2 La forêt de Beroy

Par l'abondance des plantes herbacées de forme lianescente épineuse appelée « Roy », la forêt a été baptisée *Beroy* (figures 8). C'est une forêt dense sèche caducifoliée sur sol sablo-argileux noirâtre-brun, caractérisée par la présence de l'espèce *Adansonia za* et *Dalbergia sp.* Elle mesure environ 15 km de long et 8 km de large, entourée par le village de Tsiarepioky et Sotanà au Nord-est, puis Ankoabe et Ampandra sur l'axe Ouest. Sa structure présente une certaine hétérogénéité au niveau de la composition floristique avec la dominance nette de l'espèce *Cedrelopsis grevei* pour la plupart de la forêt (figure 8b) et de quelques lots de population de *Terminalia mantali*.



Figures 8 : Forêt de Beroy et sa structure ; **a** : lisière de la forêt avec des *Adansonia za*, **b** : structure à l'intérieur de la forêt dominée par l'espèce *Cedrelopsis grevei*, (DAMA, 2015).

Depuis l'installation des migrants venant du sud cité précédemment dans le fokontany de Tsiarepioky et Ankoabe (Antandroy et Antanosy), la forêt a été érodée progressivement à travers la culture du maïs sur brûlis.

Néanmoins, pour la bonne qualité du bois, elle a été choisie comme zone de production potentielle de bois de la région Atsimo-andrefana par la Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts. À l'intérieur de la forêt, les villageois installent leurs zébus afin de les garder à l'abri des voleurs (*malaso*).

I.3.4.3 Déforestation

Depuis ces dernières décennies, les forêts du district de Beroroha, notamment dans la zone étudiée sont sujettes à des phénomènes de déforestation quasiment irréversibles liés à l'exploitation forestière et aux activités agro-pastorales (figures 9). Ces zones forestières ont actuellement subi une forte dégradation due à la pratique de culture sur brûlis de maïs (figure 9a) et le renouvellement annuel des pâturages par des mises à feu successives conduisant vers la perte de biodiversité et la réduction progressive des habitats naturels. Plusieurs hectares, notamment des forêts Beroy et Ambohibola sont brûlés chaque année pour ces raisons (figure 9b). Par ailleurs, l'exploitation irrationnelle et souvent illicite de bois à travers la coupe sélective accentue le processus de dégradation (figure 9d).



Figures 9 : Type de pressions existantes dans les forêts de Beroroha ; **a :** culture de maïs sur brûlis à Soatanà en mars 2015, **b :** feu de brousse due à la chasse des gibiers, **c :** piste du layon pétrolier de la société TULOW OIL dans la forêt d'Ambohibola, **d :** pied de *karabo* coupé par l'exploitant forestier dans la forêt de Beroy. (DAMA, 2015).

À cause de la sécheresse, la régénération naturelle y est très faible voire absente, ce qui conduit à la succession écologique dominée par la formation secondaire herbeuse. Les layons réalisés en 2012 par la société américaine TULOW OIL à l'intérieur des deux forêts de notre zone d'étude pour une prospection pétrolière ont créé une fragmentation de la forêt (figure 9c). Selon l'engagement environnemental, la société a effectué un reboisement en 2015 sur les lignes de layons à l'aide de bouturage des plantes bouturables autochtones pour réhabiliter insuffisamment les zones dégradées.

I.3.5 Types de sol

Le sol se présente en deux types : le sol alluvionnaire sur les bassins versants du fleuve de Mangoky (SALOMON, 1978) et des sols sableux à argiles noires ou rougeâtres rencontrés dans les forêts étudiées. Il s'agit du terrain à roches sédimentaires constitués par du grès ou « *sandstone* » (DU PUY, 2002). Plus l'altitude monte, plus la teinte du sol vire au rouge, du sol sablo-argileux noir au sol latéritique. Ces sols sableux avec sa structure perméable ne retiennent pas l'humidité, ce qui favorise la rapidité d'assèchement du sol. Ils s'appauvrissent irréversiblement après la mise en culture répétitive utilisant de feu.

I.3.6 Climat

Le climat est caractérisé par le type semi-humide et chaud. Il y a 8 mois édaphiquement secs avec la température moyenne du mois qui varie de 25° à 28°C et annuelle 25° C (ONE, 2008). La pluviométrie moyenne annuelle est de 369 mm avec une indice d'efficacité de la saison humide de 6 (ONE, 2008). Comme le reste du pays, la région de Beroroha souffre du changement climatique marqué par les perturbations météorologiques et l'insuffisance de pluie. Dans ce cas, le climat devient néfaste pour l'environnement avec des pluies plus rares et des cyclones destructeurs des écosystèmes.

Partie II

MATÉRIELS ET MÉTHODES

II. MÉTHODOLOGIE

Notre méthodologie a été basée sur les collectes des données à l'aide des matériels appropriés et les techniques de recherches adoptées au préalable. Après collecte, les données ont été traitées et analysées selon la méthode statistique et les paramètres étudiés.

II.1 Matériels d'études

Les matériels d'études se divisent en deux catégories : les matériels physiques et les matériels biologiques. Les matériels physiques constituent des outils de recherche servant à collecter les données tandis que les matériels biologiques regroupent les espèces de *Dalbergia* et les micro-organismes (mycorhizes et nodules).

II.1.1 Matériels physiques

Des matériels ont été utilisés lors de la descente sur le terrain. Ils sont principalement :

- des fiches de collecte utilisées pour le relevé floristique et les enquêtes (Annexe 15),
- un GPS pour déterminer les coordonnées géographiques des lieux,
- un Appareil photo, des bandes de flag pour repérer le pied *Dalbergia* déjà étudié,
- un sécateur et presse-herbiers pour la collecte des échantillons de l'espèce *Dalbergia*,
- une corde de 50 m pour faire la ligne de transect,
- des photos imprimées des herbiers pour déterminer les espèces de *Dalbergia* trouvées,
- un double décamètre pour la mesure dendrométrique des pieds de *Dalbergia*,
- pour l'étude des mycorhizes et nodules, des verres et pots plastiques (figure 11) ont été utilisés pour conserver les échantillons avant de les amener au laboratoire et à la pépinière d'essai. Les analyses n'ont pas pu être faites dans le cadre de ce mémoire.

II.1.2 Matériels biologiques

Cette étude a utilisé comme matériels biologiques les espèces *Dalbergia* et les micro-organismes symbiotiques aux racines telles que les mycorhizes et les nodules.

Théoriquement, huit espèces peuvent être observées dans le Sud de Madagascar d'après l'herbier TEF du Département de Recherches Forestières et Piscicoles du CENRADERU/FOFIFA, FOFIFA-DRFP d'Antananarivo (TOSTAIN et RAZAFIMANDIMDY, 2014 communications personnelles). Ce sont : *D. purpurascens*, *D. trichocarpa*, *D. neoperrieri*, *D. tricolor*, *D. pervillei*, *D. greveana*, *D. mollis* et *D. xerophila*.

II.2 Méthodes d'étude

Notre méthode d'étude s'est effectuée en deux phases : la collecte des données pendant la descente sur le terrain et la phase d'analyse des données collectées.

II.2.1 Collecte des données

Après les missions d'exploration (avril 2014) qui ont permis le choix des forêts à étudier, la collecte des données bibliographiques a été faite. Pour les relevés botaniques, l'étude des menaces et les enquêtes, une mission sur le terrain a eu lieu en janvier 2015 pour tenir compte de l'état de la végétation (les arbres perdent leurs feuilles pendant la saison sèche froide de Madagascar).

II.2.1.1 Documentation

La documentation a constitué la base de cette étude. Elle a consisté à réunir tous les outils de recherche et des idées directrices tirées des expériences des recherches précédentes pour servir de référence et connaître l'orientation de l'étude à entreprendre. C'est une approche qui nous a permis de mieux comprendre le cadre d'étude et la conception de la méthodologie à adopter dans le relevé et les analyse des données, ainsi que la préparation de l'étude *in situ*. La recherche bibliographique s'est faite à travers internet et la lecture des ouvrages des bibliothèques, bibliothèque centrale TSIEBO Calvin de l'Université de Toliara, bibliothèque du Cedratom, bibliothèque de l'Association Antso Avo ou 3A de Beroroha, bibliothèque et archives du GIZ Toliara et auprès de la Direction Régionale de l'Environnement et des Forêts Atsimo-Andrefana de Toliara.

II.2.1.2 Utilisation des photos d'herbiers

Des photos de l'herbier des espèces de *Dalbergia* ont été prises en 2014 au FOFIFA, Service forestier grâce à Mme Harizoly RAZAFIMANDINADY. Les photos de l'ouvrage de DU PUY *et al.*, (2002) ont été aussi utilisées pour répertorier et identifier les espèces de *Dalbergia* trouvées dans notre site. Grâce à ces photos, des reconnaissances botaniques de quelques espèces ont été facilement réalisées au moment de l'inventaire.

II.2.1.3 Étude cartographique

L'étude cartographique s'est effectuée à l'aide de consultation des cartes et les dernières images satellitaires fournies par GOOGLE-EARTH pour repérer les forêts théoriquement

idéales dans le district de Beroroha. Ces images satellitaires nous ont montré la couverture forestière et les aspects de dégradation visiblement détectés par le satellite.

II.2.1.4 Investigation géo-spatiale

Selon les amendements des annexes II de la convention CITES à Madagascar en 2013, les principales menaces qui pèsent sur les espèces de *Dalbergia* sont l'exploitation abusive et illicite, la destruction de l'habitat due aux défrichements, l'extension des zones de culture et aux feux de brousse. Après avoir observé directement l'état des zones forestières étudiées, des enquêtes socio-économiques et ethnobotaniques ont été effectuées auprès des communautés riveraines pour confirmer les menaces par rapport au contexte local et essayer de dégager leur impact sur les *Dalbergia* en particulier. Le remplissage des fiches d'enquêtes a été effectué auprès des habitants des villages Marolafiky et Soatanà de Beroroha (figures 5 et 6).

II.2.1.4.1 Observation directe des menaces

Des observations directes ont été effectuées afin de pouvoir évaluer l'ampleur des menaces locales sur les espèces de *Dalbergia*. Dans l'ensemble de la zone forestière, les pressions ont été observées directement au niveau des différents endroits et évaluées qualitativement et quantitativement par rapport à l'utilisation des espèces et l'occupation agro-pastorale qui sont à l'origine des menaces. Pour ce faire, les branches coupées, les espaces brûlés ou défrichés et d'autres pressions ont été notées.

II.2.1.4.2 Enquêtes socio-économiques

Des fiches d'enquêtes sur des questionnaires autour des activités économiques et la structure socio-culturelle du village ont été dûment remplies auprès des villageois. L'intérêt de l'enquête a été consacré sur les activités principales et secondaires de la population locale et leur impact dans le dynamisme de l'environnement autour d'eux, notamment les zones forestières. Le nombre, la fréquence et l'évolution des différents types des activités assurant la subsistance de la population ont été ainsi notés. La place de l'environnement dans l'économie locale a été également enregistrée. Pour faciliter la collecte, les notables du village ont été contactés.

II.2.1.4.3 Enquête ethnobotanique

L'enquête ethnobotanique a été consacré aux relations entre la population locale et leur forêt. L'objectif de l'enquête a été surtout d'identifier les différentes utilisations locales de la forêt et

les espèces de *Dalbergia* en vue de dégager la valorisation locale de ces espèces, ainsi que les menaces relatives à l'utilisation (voir Annexe 12). Les questionnaires concernent les types, le nombre, la fréquence d'utilisation des espèces par la population. La gestion traditionnelle de la forêt et des espèces de *Dalbergia* a été également notée. L'approche ethnique a été effectuée afin de mieux comprendre le rapport entre la population et leur environnement.

II.2.1.5 Inventaire floristique

Pour l'étude de la dynamique des populations des *Dalbergia*, des méthodes reposant sur l'inventaire floristique ont été utilisées.

II.2.1.5.1 Choix des sites

Le choix de forêts à étudier a été effectué préalablement avant l'étude *in situ* en utilisant les images Google Earth. Comme l'étude devait se faire dans des sites non dégradés, le choix des sites de relevés a été fait dans des parties homogènes des forêts (stations ou parcelles de relevés). Chaque station est caractérisée par des conditions écologiques relativement homogènes (distribution identique des individus) et par une végétation uniforme (GODRON, 1983). Les relevés ont été effectués dans des sites topographiquement presque invariables.

II.2.1.5.2 Technique d'inventaire

Lors de l'inventaire floristique, la méthode des transects linéaires de GENTRY (1993) a été adoptée. Cette technique a été développée suivant l'étendue des forêts à étudier. Par définition, le transect est une coupe linéaire au niveau de la végétation qui constitue une surface-échantillons (IHANITRINIALA, 2006). Chaque surface de transect correspond à une parcelle de relevé ou station dont la structure doit être homogène. Le relevé floristique a été effectué sur la ligne des transects mesurant 1000 m de long et 2 m de large. Au total, 10 transects par site ont été réalisés, soit une superficie de 2 hectares. Des paramètres dendrométriques ont été mesurés (figure 10) : la hauteur de l'arbre (HT ou hauteur totale), la hauteur de fût (HF), diamètre à la hauteur de poitrine (dhp à 1,30 m), le diamètre de l'espace vital occupé par l'arbre ou diamètre du feuillage (DF).

Parallèlement, le nombre de graines dispersés au sol, les jeunes pousses dans l'espace vital du pied étudié et le nombre de branche principale de l'arbre (NBP) ont été également comptées.

Puisque le diamètre du tronc est proportionnel à la hauteur de l'arbre et la hauteur

proportionnelle à l'âge (SAMISOA, 1998), la dynamique de la population de chaque espèce a été évaluée à partir de son abondance par classes de diamètre à 1,30 m et de hauteur.

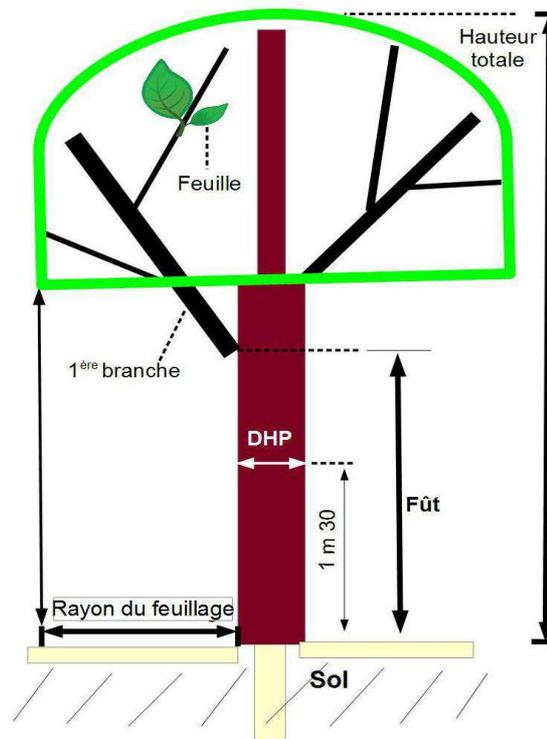


Figure 10 : Schéma montrant les parties mesurées sur chaque pied de *Dalbergia* (DAMA, 2015).

II.2.1.5.3 Récolte botanique

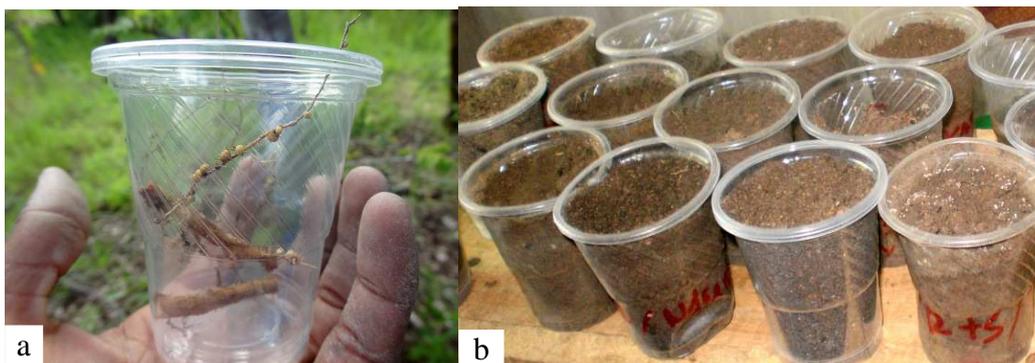
Durant l'inventaire, des échantillons d'herbier de chaque espèce de *Dalbergia* ont été récoltés. Chaque échantillon a été étiqueté par son nom vernaculaire et site de relevé afin de bien repérer les espèces. Les herbiers sont rendus à la disposition de la formation en biodiversité et environnement de l'Université de Toliara et disponibles en permanence au Cedratom en cas de besoin.

II.2.1.6 Étude de l'écologie de *Dalbergia*

Parallèlement à l'étude de la dynamique des populations, nous avons étudié l'écologie du genre *Dalbergia* en faisant l'analyse des facteurs biotiques et abiotiques qui influent sur la survie des espèces. Les facteurs biotiques comprennent la symbiose racinaire, la compétition, la facilitation et le parasitisme, tandis que les facteurs abiotiques concernent le sol, l'eau, le climat et la topographie dans le milieu d'inventaire.

II.2.1.6.1 Prélèvement des nodules et substrats de mycorhizes

Les mycorhizes se trouvent au niveau des racines. Des échantillons de racine et de sol au collet de chaque pied de *Dalbergia* ont été prélevés. Ces échantillons ont été mis dans les verres plastiques tout en gardant l'humidité avant toute manipulation (figures 11). Certaines racines présentent des nodules qui ont été également prélevés et mis dans les verres contenant un peu d'eau pour les maintenir vivants. Les analyses des échantillons sont reportées à une étude ultérieure.



Figures 11 : Prélèvement des racines à nodules et des sols : **a** : nodules de racine de *D. trichocarpa* conservées dans le verre plastique contenant un peu d'eau, **b** : conservation des échantillons des sols prélevés au pied des *Dalbergia* supposés contenant de mycorhizes dans le verre plastique (DAMA, 2015).

II.2.1.6.2 Inventaire du cortège floristique

Les plantes associées autour de quelques pieds ont été inventoriées (figure 12) en se référant à l'étude de RAZANAKA (1996). Un recensement sur une surface de 10 m x 10 m de côté autour du pied de *Dalbergia a* été fait. La présence de plantes parasites ou épiphytes a été notée. Le choix du pied de *Dalbergia* s'est fait en fonction de l'espèce et de la structure du groupement des végétaux autour du pied. Au total, 50 placettes ont été utilisées dont 25 par site. Dans chaque plot, l'état général du pied de *Dalbergia*, le phénotype du fût, le nombre des plantules de *Dalbergia* sous le pied étudié, et la distance *Dalbergia*-plantes ont été notées. Cette technique a pour intérêt d'étudier les interactions écologiques (compétition, facilitation) entre les *Dalbergia* et les plantes proches (voir annexe 16).

Le degré d'association de ces plantes accompagnatrices a été défini par leur fréquence (rapport du nombre des plots où cette espèce a été rencontrée avec le nombre total, N, de plots échantillonnés).

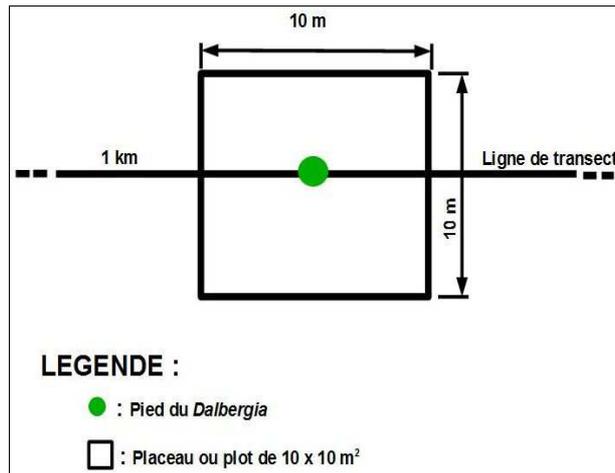


Figure 12 : Schéma montrant la technique des plots sur la ligne de transect (DAMA, 2015).

II.2.1.6.3 Diagnostic des facteurs abiotiques influents

La vie d'une espèce dépend des facteurs écologiques de son milieu (DAJOZ, 1996). Les facteurs abiotiques du milieu tels que l'eau, le sol et le profil topographique ont été étudiés. Pendant l'inventaire, les caractéristiques de ces facteurs abiotiques et leur influence sur la population des *Dalbergia* ont été notées. L'adaptation édaphique par les espèces de *Dalbergia* a été évaluée en fonction du type du sol où elles poussent en rapport avec la disponibilité de l'eau. La topographie peut influencer le dynamique des populations des espèces de *Dalbergia*. C'est pourquoi, le profil topographique du site de relevé a été considéré afin de dégager la répartition des espèces de *Dalbergia* en fonction des types topographiques.

II.2.2 Analyse des données

Après la collecte, les données ont été classifiées et enregistrées dans les logiciels statistiques pour être exploitables et analysées. Les données sont classées en deux catégories à savoir les données qualitatives et données quantitatives. Seules les données quantitatives sont l'objet de l'analyse statistique, tandis que les données qualitatives ont été réservées aux résultats descriptifs.

II.2.2.1 Analyse structurale des populations de *Dalbergia*

La dynamique des populations des *Dalbergia* a été évaluée à partir des résultats de l'analyse statistique paramétrique. La densité et la fréquence de chaque espèce de *Dalbergia* ont été calculées par site.

II.2.2.1.1 Densité

La densité (D) des arbres est une information sur l'abondance de l'espèce. Elle est calculée à partir de l'effectif d'individus présents dans le site étudié, c'est-à-dire le nombre d'individus présents considérés par unité de surface (DAJOZ, 1975). Elle est donnée par la formule :

$D = N/S$, avec **D** : densité des individus des espèces par hectare, **N** : effectif des individus de l'espèce *i* (*Dalbergia sp.*), **S** : Surface des relevés (ha).

II.2.2.1.2 Fréquence spécifique

La fréquence de chaque espèce de *Dalbergia* est calculée par rapport aux populations du genre. C'est le pourcentage du nombre d'individus d'une espèce de *Dalbergia* considérée par rapport au nombre total des individus de toutes les espèces de *Dalbergia*. Elle est calculée selon la formule suivante : $F_i = (n_i/N) 100$, avec F_i : fréquence spécifique exprimée en %, n_i : nombre total d'individus de l'espèce *i* (*Dalbergia sp.*) par hectare ou densité spécifique, **N** : nombre total d'individus par hectare, c'est-à-dire, $N = \sum n_i$.

II.2.2.2 Analyse des paramètres biométriques

Les paramètres biométriques consistent à estimer l'âge des individus et la taille de la population des espèces étudiées à l'aide de la distribution des diamètres et hauteurs. C'est aussi l'évaluation de la surface terrière occupée par les populations de chaque espèce et le biovolume des bois fournies par l'ensemble des espèces entières.

Elles fournissent les informations nécessaires à l'évaluation de la dynamique des populations des *Dalbergia* dans l'ensemble du site étudié.

II.2.2.2.1 Surface terrière

La surface terrière est le recouvrement basal, représenté par la surface occupée par les parties aériennes des individus des espèces au niveau du sol (GOUNOT, 1969). Elle est exprimée par unité de surface et obtenue par la formule : $G_i = \pi/4 d_i$, avec G_i : surface terrière d'un individu de l'espèce *i* (espèce *Dalbergia sp.*) en m²/ha, d_i : dhp d'un individu de l'espèce *i* (m).

La surface terrière **G** (m²/ha) représente la surface occupée par tous les individus de l'espèce de *Dalbergia* trouvée. Elle est calculée par la formule $G = \sum G_i$ et $G_T = \sum G$, avec G_T : surface terrière du genre *Dalbergia*, c'est-à-dire la surface occupée par tous les individus de toutes les espèces trouvées.

II.2.2.2.2 Biovolume sur pied

Il s'agit du volume du bois fourni par des arbres dans une surface donnée (RAHAINGOSON *et al.*, 2013). Il permet d'évaluer la dynamique de populations par rapport à la taille des individus d'une population donnée. Le volume du bois de chaque individu (V_i) peut être calculé par la formule de DAWKINS (1959) : $V_i = 0,53 G_i \times H_i$ avec V_i : volume du bois de chaque individu d'une espèce i , **0,53** : Constante de forme, G_i : Surface terrière d'un individu de l'espèce i (m^2/ha) et H_i : Hauteur d'un individu de l'espèce i (m).

Le biovolume V (m^3/ha) qui représente la somme des volumes en bois de tous les individus d'une espèce de *Dalbergia* peut s'exprimer par la formule : $V = \sum V_i$ et $V_T = \sum V$, avec V_T : biovolume total du genre *Dalbergia*, c'est-à-dire le volume en bois fourni par tous les individus de toutes les espèces trouvées.

II.2.2.2.3 Distribution des diamètres à la hauteur de poitrine ou Dhp

Les diamètres à la hauteur de poitrine des individus ont été rangés par classe d'amplitude 2,5 cm en fonction de l'espèce de *Dalbergia* et du site. Les valeurs de classes des diamètres en fonction de fréquence sont présentées par l'histogramme obtenu à partir du tableau 1.

Tableau 1 : Modèle du tableau récapitulatif de la distribution des dhp.

Classe de dhp (C_i) en cm	Effectif des individus de l'espèce i dans la surface de relevé, noté : n_i	Effectif des individus de l'espèce i à l'hectare, noté : N_i	Fréquence des individus par classe de dhp N_j (%)
[0 ; 2,5]	n_{i1}	N_{i1}	N_{j1}
[2,5 ; 5]	n_{i2}	N_{i2}	N_{j2}
[5 ; 7,5]	n_{i3}	N_{i3}	N_{j3}
....
		Total = N	

Avec, $N_i = 10\ 000\ n_i / S$, où S : surface totale des parcelle-transects dans un site, $N_j = N_i / 100$ (en %), où N : effectif total des individus de l'espèce i à l'hectare dans un site.

II.2.2.2.4 Distribution des hauteurs

Les hauteurs des individus de chaque espèce de *Dalbergia* par site ont été rangées par classe d'amplitude de 2,5 m. Les valeurs de classes sont présentées par l'histogramme en fonction de fréquence. L'histogramme de distribution est obtenu à partir du tableau 2.

Tableau 2 : Modèle du tableau récapitulatif de la distribution des hauteurs.

Classe des hauteurs (H _i) en m	Effectif des individus de l'espèce i dans la surface de relevé, noté : n _i	Effectif des individus de l'espèce i à l'hectare, noté : N _i	Fréquence des individus par classe de dhp N _j (%)
[0 ; 2,5]	n _{i1}	N _{i1}	N _{j1}
[2,5 ; 5]	n _{i2}	N _{i2}	N _{j2}
[5 ; 7,5]	n _{i3}	N _{i3}	N _{j3}
....
Total = N			

Avec, $N_i = 10\ 000\ n_i / S$, où S : surface totale des parcelles-transect dans un site, $N_j = N_i \cdot 100/N$ (en %), où N : effectif total des individus de l'espèce i à l'hectare dans un site.

II.2.2.3 Comparaison des sites

La comparaison des sites se fait par l'analyse des variables gaussiennes. Le test du chi-2 a été utilisé pour comparer les moyennes des caractères des deux sites étudiés.

II.2.2.3.1 Test du chi-2

Par rapport à la diversité spécifique et à l'abondance du genre *Dalbergia*, les sites étudiés ont été comparés. L'intérêt de la comparaison est d'identifier le site important pour la population de *Dalbergia*. Pour ce faire, le test de chi-2 a été utilisé pour vérifier si l'abondance de *Dalbergia* est lié au caractère du site étudié. On prend l'hypothèse nulle H_0 : « Il n'y a pas de liaison entre l'abondance des espèces dans les différents sites ».

Avec un degré de liberté $ddl = (n_i - 1)(n_j - 1)$ où n_i : effectif total de ligne, n_j : effectif total de colonne et valeur calculée $C = n_i n_j / N$ où N : effectif total des individus du genre *Dalbergia* inventoriés dans les 2 sites étudiés.

On calcule le chi-2 (χ^2_c) à partir du tableau de contingence et détermine le chi-2 de la table χ^2_t à l'aide de la valeur seuil $\alpha=0,05$. Le chi-2 calculé est obtenu par la formule :

$$\chi^2_c = \sum \chi^2_i \quad \text{avec,}$$

$$\chi^2_i = (O - C)^2 / C, \text{ où } O : \text{effectif observé ou relevé de chaque espèce de } Dalbergia.$$

Après comparaison de ces deux valeurs de chi-2, deux cas possibles peuvent être obtenus :

- 1er cas : si le chi-2 calculé est inférieur à celui de la table, le test est non significatif, c'est-à-dire l'hypothèse nulle est acceptée. Il y a une liaison entre l'abondance spécifique du genre avec la nature du site.
- 2ème cas : si le chi-2 calculé est supérieur à celui de la table, le test est significatif, c'est-à-dire, l'hypothèse nulle est rejetée. Il n'y a aucune liaison entre l'abondance

spécifique du genre avec la nature du site.

II.2.2.3.2 Comparaison des moyennes des caractères

La comparaison des moyennes et écart-types des variables a été effectuée par chaque espèce d'un site à l'autre. Les variables à analyser comprennent les dhp, la hauteur de fut, la hauteur totale et le diamètre de feuillage de tous les individus d'une espèce donnée dans un site considéré. L'intérêt est de savoir si les deux forêts étudiées sont identiques au point de vue structural et floristique par rapport aux espèces de *Dalbergia*. Les deux forêts étant très proches géographiquement, les arbres de *Dalbergia* devraient présenter les mêmes caractéristiques.

Le principe de l'analyse est basé sur l'évaluation des écarts des variables observés (dhp, hauteur,...) entre les deux sites selon la formule suivante :

$$\text{Écart}_{\text{variable } i} = |\mathbf{X}_{i1} - \mathbf{X}_{i2}|, \text{ avec } \mathbf{X}_i = \mathbf{M}_i + \mathbf{E}_i$$

Où, \mathbf{X}_i : somme de la moyenne de variable i d'une espèce donnée du site considéré avec son écart-type (\mathbf{X}_{i1} pour le site 1 et \mathbf{X}_{i2} pour le site 2).

\mathbf{M}_i : moyenne de variable i d'une espèce donnée,

\mathbf{E}_i : écart-type du variable i d'une espèce donnée.

Deux cas sont possibles :

- *1^{er} cas* : Si les écarts des variables sont faibles, c'est-à-dire négligeables, les 2 forêts sont identiques.
- *2^{ème} cas* : Si les écarts des variables sont importants, c'est-à-dire les variables s'éloignent entre elles en fonction des espèces et du site, les deux forêts sont différentes.

Il est à noter que les écarts des variables s'expriment toujours en positif.

II.2.2.3.3 Analyse multivariée des caractères morphologiques

Une analyse en composantes principales (ACP) des caractères morphologiques a été réalisée avec le logiciel STATISTICA v10 sur 485 arbres de l'espèce *D. purpureascens* mesurés dans les deux forêts. Il s'agit d'une analyse des données qui permet de regrouper dans un espace à deux dimensions les individus présentant une ressemblance en fonction des sites et des variables étudiées (dhp, diamètre de feuillage, hauteur de fut, et hauteur totale). Elle permet également le regroupement des variables proches statistiquement.

II.2.2.4 Indices de présence des plantes associées

Pour définir les indices de présence des plantes associées aux *Dalbergia* dans les plots d'inventaire, nous nous sommes référés à la fréquence utilisée par GROUZIS (1988). La fréquence spécifique (F.S.) d'une espèce associée représente le nombre de plots où cette espèce a été rencontrée.

Sa fréquence (F.C.) est égale au rapport de sa fréquence spécifique (F.S) au nombre total de plots échantillonnés (N) : $F.C = F.S / N \times 100 (\%)$. Elle permet de classer le degré d'association des plantes accompagnatrices au *Dalbergia*.

En se basant sur la méthode de GANABA (1994), la classification de degré d'association en fonction de leur fréquence centésimale a été adoptée :

- espèces très associées : 100 à 50% de F.C.,
- espèces moyennement associées : 50 à 10% de F.C.,
- espèces non associées : 10 à 0% de F.C.

Partie III

RÉSULTATS ET ANALYSES

III. RÉSULTATS ET ANALYSES

Dans les deux sites étudiés, six espèces de *Dalbergia* ont été inventoriées. 760 individus ont été recensés dont 400 dans le site d'Ambohibola et 360 pour le site de Beroy. Certaines des espèces présentent une faible répartition ou sont absentes dans un des sites.

III.1 Diversité spécifique de *Dalbergia*

Seules les espèces relevées dans les transects ont été considérées dans notre étude. En effet, en dehors des transects où ont été faits l'inventaire d'autres espèces de *Dalbergia* ont été rencontrées ou signalées par les habitants. Ces espèces sont *Magnary trattram-bobaky* (ou cf *D. neoperrieri*), *Magnary toloho* et *Magnary magnaliky* dont l'une d'elles doit être *D. greveana*.

Les espèces observées sont avec leur nom vernaculaire :

- *D. purpurascens* ou *Magnary mavo* (palisandre),
- *D. trichocarpa* ou *Manipiky* (bois de rose),
- *D. mollis* ou *Magnary mendoravy* (palissandre),
- *D. pervillei* ou *Tombobitotsy* (bois de rose),
- *D. tricolor var-breviracemosa* ou *Hazomboatango* (palissandre),
- *D. xerophila* ou *Magnary tsiatondro* (bois de rose).

Parmi les six espèces trouvées dans les deux sites, *D. trichocarpa* n'a pas été observée dans le site de Beroy.

III.2 Monographies des espèces trouvées

Le genre *Dalbergia* présente des attributs communs à toutes les espèces. Néanmoins, chaque espèce possède des caractéristiques propres qui constituent la base de sa reconnaissance (tableau 3). Nos observations, ajoutées aux descriptions botaniques (DU PUY *et al.*, 2002) et aux herbiers, ont permis de décrire les espèces trouvées dans les transects.

Tableau 3 : Caractéristiques et statut de conservation des espèces de *Dalbergia* (Annexe II de la CITES).

Scientifique	Noms		Statut IUCN (Du Puy, 2002)	Floraison (Du Puy, 2002)	Caractères
	Vernaculaire	Commercial			
<i>D. purpurascens</i>	<i>Magnary mavo</i>	Palissandre	Vulnérable	Janvier-mars	Écorce blanche, folioles rectangulaires
<i>D. trichocarpa</i>	<i>Manipiky</i>	Palissandre	Moins de risque	Janvier-août	Fruits rougeâtres duveteux
<i>D. mollis</i>	<i>Magnary mendoravy</i>	Palissandre	Vulnérable	Déc-février	Grandes folioles huileuses
<i>D. tricolor</i>	<i>Hazomboatango</i>	Palissandre	Vulnérable	Sept-novembre	Écorce noire, folioles pointues
<i>D. xerophila</i>	<i>Magnary tsiatondro</i>	Bois de rose	En danger	Oct-janvier	Petite taille, tige en zig-zag
<i>D. pervillei</i>	<i>Tombobitotsy</i>	Bois de rose	Moins de risque	Juin-décembre	Folioles rondes, folioles en forme de cœur encochées

III.2.1 *Dalbergia purpurascens* (Baill, 1884)

D. purpurascens est un palissandre endémique de Madagascar. C'est un arbre de taille 8 à 22 m de haut dont l'écorce est grise verdâtre et lisse pour le jeune pied et grisâtre tachée blanche à blanchâtre à écorce légèrement rugueuse pour les arbres âgés.

En moyenne, deux branches principales donnent un feuillage dense mesurant 4 m en moyenne. Les feuilles sont composées imparipennées de 13-15 cm de long, à 15-17 folioles alternées dont le pétiole et rachis sont glabres ou pubescents.

Les folioles ont de forme elliptique à rectangulaire, glabre sur 2 faces, à texture mince, noircit et cassant (fragile) à l'état sec, à apex fin ou rond légèrement entaillé (encoché), de taille 2-3 cm x 1-1,5 cm (figures 13).

Les fruits de *D. purpurascens* sont noirs de type gousse obovale, elliptique à rectangulaire, pointue à la base, à apex rond, portant 1-2 (rare 3) graines entourées par un péricarpe peu coriace, lisse, glabre, noirâtre-brun à noir, brillant à l'état sec ou mûr.



Figures 13 : Photos de *D. purpurascens* : **a** : feuilles (DAMA, 2015), **b** : feuilles et inflorescence (herbiers du FOFIFA), **c** : feuilles et fruits piqués (DAMA, 2014), **d** : feuilles et fruits (DU PUY, 2002), **e** : fruits piqués (DAMA, 2014), **f** : tronc à écorce grise à blanchâtre (DAMA, 2015).

III.2.2 *Dalbergia trichocarpa* (Baker, 1890)

D. trichocarpa est une espèce endémique de l'ouest de Madagascar (DU PUY *et al*, 2002). Elle porte un tronc à écorce blanchâtre à grisâtre, lisse pour le jeune pied, mais devenant fortement desquamée pour le pied adulte dont le bois parfait est de couleur brune foncée à violacée au centre (figures 14). En moyenne, trois branches principales possèdent un feuillage dense de 3,2 m en moyenne. C'est un arbre caducifoliée de petite à moyenne taille atteignant jusqu'à 16 m de haut portant des jeunes rameaux à poils brun roux. Les feuilles sont caduques. Elles sont de 9-10 cm de long, disposées en spirale, composées imparipennées à 17-21 folioles avec des stipules petites. Les pétioles et rachis sont densément couverts d'une pubescence brune roue. Les folioles de taille 1,5 cm - 1,7 cm × 0,7 cm - 1 cm sont alternes, parfois presque opposées, facilement détachables, elliptiques à oblongues ou obovales, à apex nettement encoché.

Le fruit est de type gousse plate, obovale à oblongue, densément couverte d'une pubescence brune rougeâtre à brune jaunâtre, de 3 cm-7,5 cm × 1,0 cm-1,5 cm, à stipe court de 2 à 5 mm de long, indéhiscente, renfermant 1-2 graines.



Figures 14 : Photos de *D. trichocarpa* : **a** : fruits (DU PUY M346, 2002), **b** : feuilles et fruits (DAMA, 2015), **c** : feuilles et fruits (Herbier du FOFIFA,1987), **d** : tronc à écorce fortement desquamée (DAMA, 2015), **e** : pied mort à cœur brun foncé à violacé (DAMA, 2015), **f** : cœur brun foncé à violacé (CITES, 2012).

III.2.3 *Dalbergia mollis* (Bossler & Rabev, 1996)

D. mollis est une espèce endémique de Madagascar, répartie dans la région occidentale (CITES, 2012). C'est un arbuste ou un arbre caducifolié de petite taille à moyenne atteignant jusqu'à 18 m de haut, à écorce lisse grisâtre à blanchâtre portant des rayures grises verticales. Le bois a un aubier jaune, un cœur brun foncé à violacé. Les jeunes rameaux sont densément couverts d'une pubescence brun jaunâtre. Le tronc se ramifie en donnant en moyenne 4 branches principales dont le feuillage est dense mesurant en moyenne 4 m et portant des feuilles caduques composées imparipennées de 13-15 cm de long. Le pétiole et le rachis a une pubescence veloutée. Les feuilles composées ont 7 à 9 folioles alternes, finement coriaces, à pubescence veloutée sur les deux faces. Les folioles sont de forme lancéolée à ovale ou circulaire avec un apex légèrement pointu de taille 2,5– 9 cm × 1,5–5,5 cm (figures 15).

Exposée à la lumière, la face supérieure présente un aspect grasseux brillant comme de l'huile qui explique son nom vernaculaire « *mendoravy* » (foliole grasseuse).

Son infructescence est terminale portant des fruits de type gousse plate, glabre, grise à brune à péricarpe portant des veines lignifiées et parallèles surélevé au-dessus des graines ; taille 5–7 × 1–1,5 cm², renfermant de 1-2 graines brunes rougeâtres.



Figures 15 : Photos de *D. mollis* ; **a :** feuilles et fruits (DAMA, 2015) **b :** pied mort à cœur brun foncé à violacé et centré, **c :** fruits (DU PUY, 2002), **d :** fruits (DAMA, 2015), **e :** cœur brun foncé à violacé (CITES, 2012).

III.2.4 *Dalbergia tricolor* var-*breviracemosa*(Drake, 1903)

D. tricolor fait partie des espèces endémiques de l'Ouest de Madagascar. Elle présente deux variétés : *D. tricolor* var-*tricolor* et *D. tricolor* var-*breviracemosa*. Cette dernière a été trouvée dans notre site. C'est un arbuste ou un arbre de petite à moyenne taille de 7 à 18 m de haut. Son écorce est noire à noirâtre tachée blanche, lisse pour le jeune pied et fortement rugueuse avec des sillons verticaux pour le pied adulte (figures 16).

Le feuillage est dense mesurant de 3,04 m recouvrant 2 à 3 branches principales par des feuilles composées imparipennées de 9-18 cm de long, portant 7-15 folioles oviformes, pointues et acuminées à l'apex, de taille 2-3,5 cm x 1,2-2,5 cm.

Le bois parfait est typiquement de couleur brune foncée à noirâtre.

Les fleurs et les fruits n'ont pas pu être identifiés par défaut.



Figures 16 : Photos de *D. tricolor* : **a et d** : feuilles (Herbier du FOFIFA,1996), **b et c** : feuilles (DAMA, 2015), **e** : tronc à écorce noire à noirâtre tachée blanche (DAMA, 2015), **f** : cœur brun foncé à noirâtre (CITES, 2012).

III.2.5 *Dalbergia pervillei* (Vatke, 1881)

D. pervillei est une espèce endémique de Madagascar, répartie dans le domaine occidental sous le nom commercial de « bois de rose ». Son bois de cœur de couleur rose rougeâtre violacée présente une valeur économique et thérapeutique considérable. Il s'agit d'un arbuste de 3 à 4 m ou un arbre de 8 à 10 m (moins de 15 m). Son aubier est jaune. Son écorce est de couleur verdâtre tachée de noir et blanc (figures 17). La densité de feuillage est moyenne. Les feuilles mesurent de 12-15 cm de long avec généralement un pétiole et un rachis pubescent ou glabres. Les feuilles composées ont 13 à 15 folioles de taille variable, en moyenne 2,0-2,5 cm x 1,0-1,5 cm, de forme ovale à rhombique. La foliole terminale est en forme du cœur avec une encoche à l'apex. La face inférieure est pubescente, parfois avec des parties sèches formant de petites taches roses éparpillées.

La floraison est tardive. Au moment où l'on a effectué l'inventaire il n'y avait pas de fruit. Ils sont de type gousse elliptique à apex plus ou moins rond ou fin, pointu à la base portant 1 à 2 graines (DU PUY, 2002).

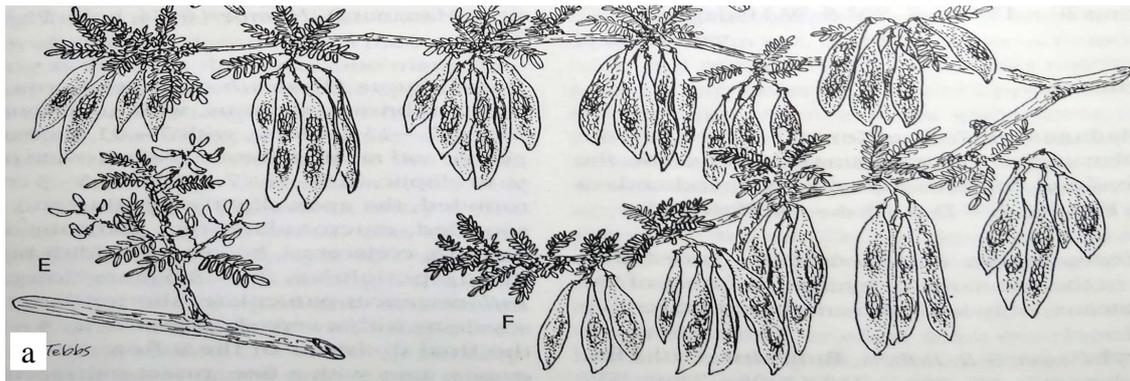


Figures 17 : Photos de *D. pervillei* : **a** : feuilles (DU PUY, 2002), **b** : feuilles (Herbier du Fofifa Service Forestier, 1952), **c** : feuilles à folioles tachées de rose (DAMA, 2015), **d** : aubier jaune et cœur brun foncé à rougeâtre (DAMA, 2015).

III.2.6 *Dalbergia xerophila* (Bossier & R. Rabev, 1996)

D. xerophila est une espèce de bois de rose endémique du Sud-ouest de Madagascar. C'est un arbuste ou un arbre de petite taille de 3 à 4 m, atteignant jusqu'à 9 m de haut. Son écorce est lisse de couleur grisâtre à blanchâtre. La ramification comporte en moyenne trois branches principales avec un feuillage plus ou moins clair. Le tronc porte un bois à aubier jaune ou blanchâtre avec un cœur brun à noir clair.

L'espèce est reconnaissable par sa tige en zigzag typique des plantes xérophytiques (figures 18). Les rameaux sont gris clair, pubescents puis glabres.



Figures 18 : Photos de *D. xerophila* : **a** : feuilles et fruits (DU PUY, 2002), **b et c** : feuilles groupées sur une tige en zigzag (DAMA, 2015), **d** : cœur brun à noir clair (CITES, 2012), **e** : tronc à écorce grise et taches blanchâtres (DAMA, 2015).

Les feuilles sont caduques, composées imparipennées, de petite taille mesurant 1 cm – 2 cm à 7 cm de long, en disposition verticillée, groupées au sommet de rameaux courts et au niveau du nœud en 3 à 4 feuilles. Les feuilles portent 7 à 9 - 13 petites folioles (0,4 cm - 0,7 cm - 2,5 cm x 0,3 cm – 0,4 cm - 1,4 cm) à limbe coriace et acuminé à apex fin, obovales à oblongues. Leur face supérieure est glabre alors que leur face inférieure a des poils blancs.

Les pétioles et les rachis sont pubescents.

L'infructescence est axillaire portant des fruits de type gousse, groupés au niveau des nœuds, portant 2 à 3 graines.

III.3 Dynamique des populations de *Dalbergia*

La dynamique des populations des espèces de *Dalbergia* a été évaluée en fonction de la structure de la population et des paramètres biométriques de chaque individu de chaque espèce.

III.3.1 Analyse structurale des populations

Le genre présente 760 individus dans l'ensemble de deux sites, soit 200 individus à l'hectare dans le site 1 et 180 individus dans le site 2 (tableau 4). Dans les deux sites, *D. purpurascens* présente un effectif très élevé avec 305 individus au total dans la forêt d'Ambohibola, soit 153 ind/ha et 187 dans la forêt de Beroy, soit 94 ind/ha (tableau 4).

Cette espèce est donc plus abondante dans les deux sites. *D. tricolor* est rare dans le site 1, soit 3 individus à l'hectare, par contre, elle présente 78 individus à l'hectare dans le site 2.

D. trichocarpa est absente dans le site 2.

Tableau 4 : Densité des populations de chaque espèce de *Dalbergia* par site.

Espèces	Site 1 (Ambohibola)		Site 2 (Beroy)	
	Effectif (ni)	Densité (ind/ha)	Effectif (ni)	Densité (ind/ha)
<i>D. purpurascens</i>	305	153	187	94
<i>D. mollis</i>	35	18	1	1
<i>D. pervillei</i>	25	13	7	4
<i>D. trichocarpa</i>	22	11	0	0
<i>D. tricolor</i>	5	3	155	78
<i>D. xerophila</i>	8	4	10	5
TOTAL	400	200	360	180

D. purpurascens est l'espèce la plus fréquente dans les deux sites dont 76,5% des individus à l'hectare dans le site 1 et 52% des individus à l'hectare pour le site 2 (figure 19).

L'espèce de *D. tricolor* est rare dans le site 1 (1,5% des individus à l'hectare), par contre, elle représente 43% des individus dans le site 1 (soit 78 ind/ha). *D. trichocarpa* est absente dans le site 2.

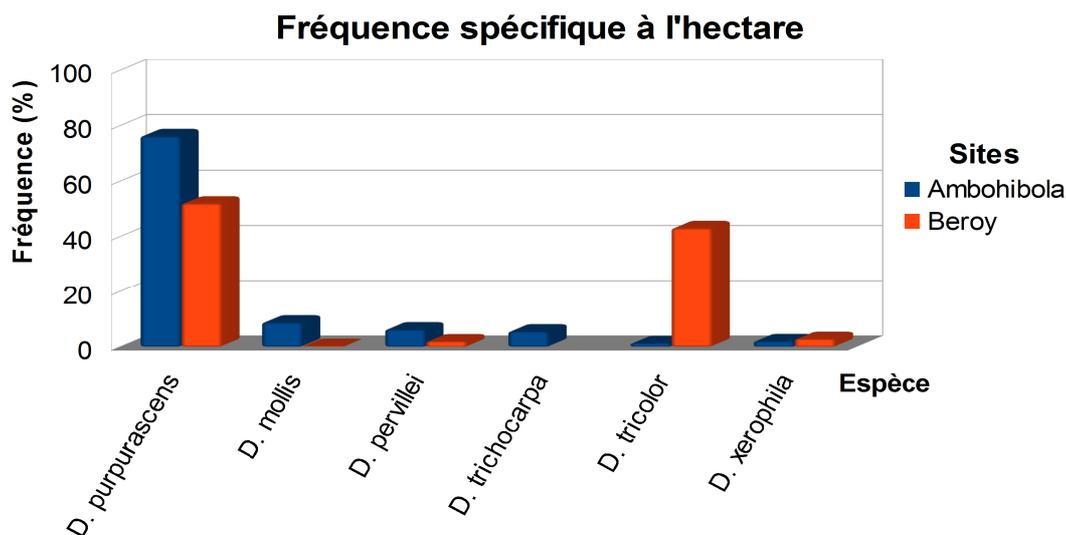


Figure 19 : Répartition des fréquences spécifiques à l'hectare de chaque espèce de *Dalbergia* dans les 2 sites

III.3.2 Analyse des paramètres biométriques

Les paramètres biométriques permettent d'évaluer les populations de chaque espèce en considérant son occupation du sol par pied, le volume de bois fourni à l'hectare proportionnel à la hauteur et au diamètre de chaque pied.

III. 3.2.1 Surface terrière et biovolume

Au total, par rapport à l'ensemble des 2 sites étudiés, le genre *Dalbergia* occupe une surface totale au sol égale à 45,9 m²/ha et fournit un volume total de bois égal à 280,3 m³ à l'hectare (Tableau 5).

Le site 2 présente une surface terrière et un biovolume importants, malgré la plus faible densité d'arbres (respectivement 22,4 m²/ha et 140,5 m³/ha) par rapport au site 1 qui occupe au sol une surface terrière totale égale à 23,5 m²/ha et un biovolume total sur pied égal à 139,8 m³/ha (tableau 5).

L'espèce *D. purpurascens* occupe une surface terrière et un biovolume sur pieds plus importants dans les deux sites par rapport aux autres espèces (tableau 5). L'espèce de *D. xerophila* occupe la surface terrière et biovolume les plus faibles dans le site 1 (0,2 m²/ha et 0,6 m³/ha). Pour le site, *D.mollis* occupe la surface terrière et biovolume les plus faibles, soit respectivement 0,1m²/ha et 0,5 m³/ha (tableau 5).

L'espèce de *D. tricolor* occupe presque 30 % de la surface terrière totale du genre, soit 7 m²/ha, dans le site 2 et fournit un volume total de bois à 31,5 m³ à l'hectare (tableau 5).

Tableau 5 : Répartition des surfaces terrières et biovolumes sur pied de chaque espèce par site.

Espèces	Site 1		Site 2	
	Surface terrière (m ² /ha)	Biovolume sur pied (m ³ /ha)	Surface terrière (m ² /ha)	Biovolume sur pied (m ³ /ha)
<i>D. purpurascens</i>	18,5	116,9	14,8	106,81
<i>D. mollis</i>	1,8	9,9	0,1	0,50
<i>D. pervillei</i>	1,2	3,0	0,2	0,80
<i>D. trichocarpa</i>	1,4	6,2	0,0	0,00
<i>D. tricolor</i>	0,4	3,1	7,0	31,46
<i>D. xerophila</i>	0,2	0,6	0,3	0,96
TOTAL	23,5	139,8	22,4	140,5

III.3.2.2 Distribution des diamètres dans les 2 sites étudiés

La forêt d'Ambohibola

Les histogrammes des distributions de diamètres montrent les classes modales de fréquences relatives à l'hectare qui sont bien représentées sur les graphiques (figures 20).

On distingue :

- la classe de diamètre [2,5 ; 5[cm qui représente 29% des individus à l'hectare de l'espèce de *D. purpurascens* (figure 20a) et 27% à l'hectare pour l'espèce de *D. trichocarpa* (figure 20d),
- la classe de [5 ; 7,5[cm pour *D. mollis* représentée en 26% des individus à l'hectare (figure 20b), soit 52% des individus à l'hectare pour *D. pervillei* représentés par cette classe (figure 20c).
- Les classes [10 ; 12,5[cm et [12,5 ; 15[cm sont des classes modales pour l'espèce de *D. tricolor* ayant la même fréquence relative à 40% des individus à l'hectare (figure 20e), de même :
- les classes de [0 ; 2,5[cm et [5 ; 7,5[cm pour l'espèce de *D. xerophila* représentant la même fréquence de 37,5% individus à l'hectare (figure 20f).

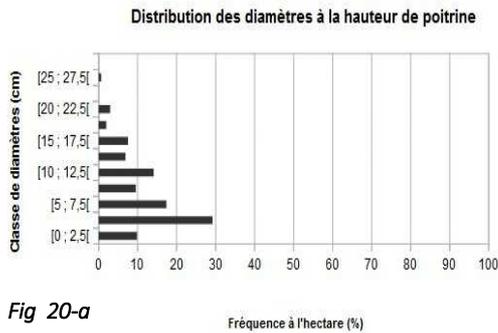


Fig 20-a

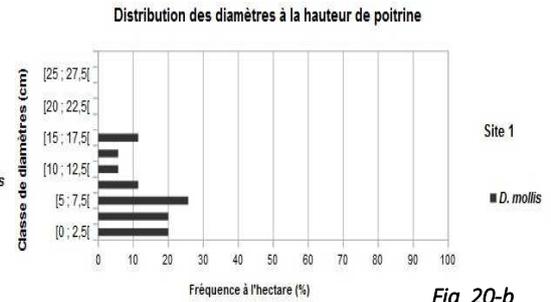


Fig 20-b

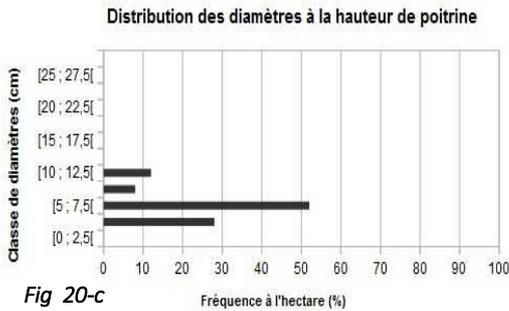


Fig 20-c

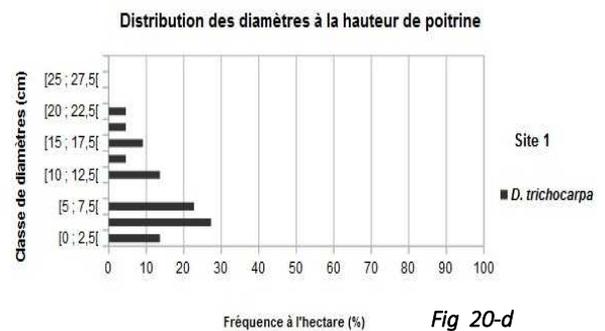


Fig 20-d

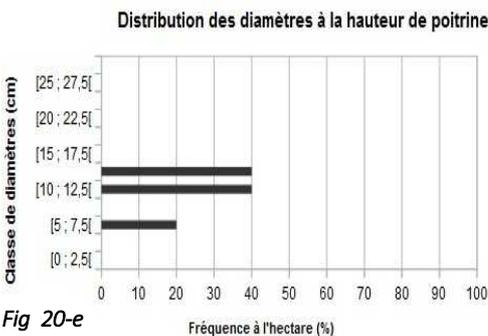


Fig 20-e

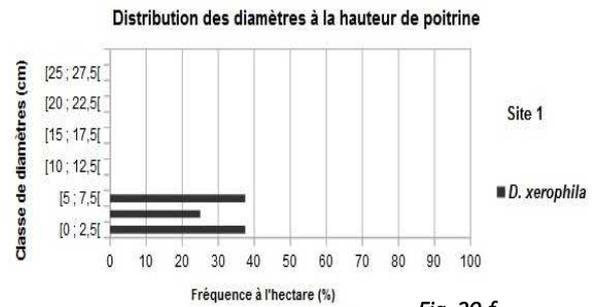


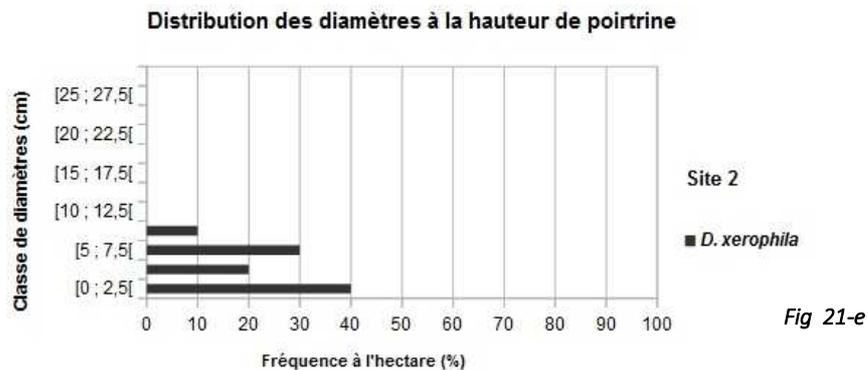
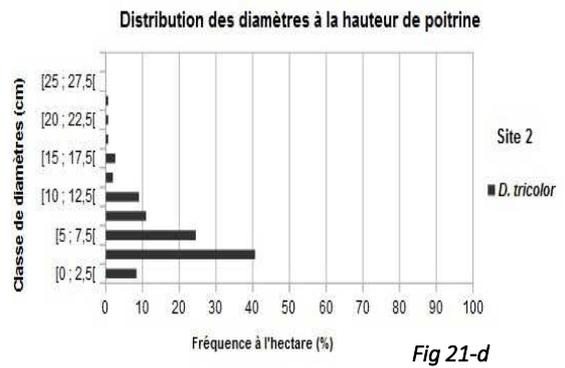
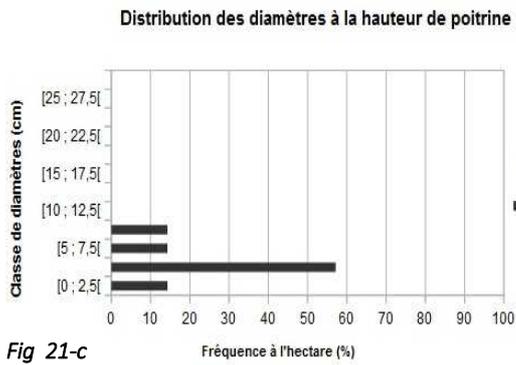
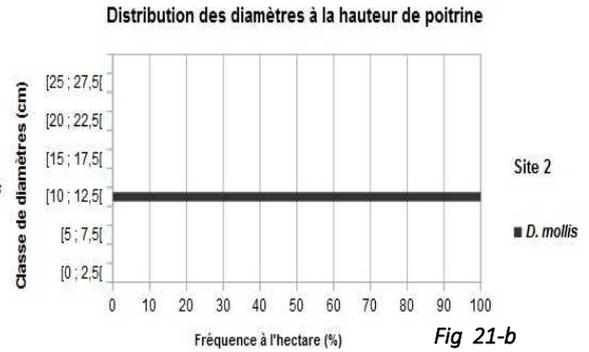
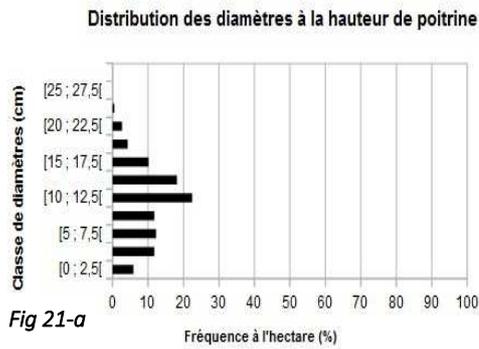
Fig 20-f

Figures 20 : Histogrammes des distributions de diamètres à la hauteur de poitrine dans le site 1 (forêt d'Ambohibola)

La forêt de Beroy

Les diamètres (dhp) de tous les individus de *Dalbergia* ne dépassent guère 25 cm dans la forêt de Beroy (figures 21). Les classes modales de fréquences relatives à l'hectare se trouvent entre [0 ; 2,5[et [12,5 ; 15[cm dont la classe de [10 ; 12,5[cm, soit 22% des individus à l'hectare pour *D. purpurascens* (figure 21a) et 100% pour *D. mollis* (figure 21b). La classe de [2,5 ; 5[cm est la classe modale commune de *D. pervillei* et *D. tricolor*, qui représente respectivement 57% (figure 21c) et 41 % (figure 21d) des individus à l'hectare de ces espèces dans le site 2.

Pour *D. xerophila*, sa classe modale [0 ; 2,5[cm représente 40% des individus à l'hectare (figure 21e). *D. trichocarpa* n'a pas été trouvée dans le site 2.



Figures 21 : Histogrammes des distributions de diamètres à la hauteur de poitrine dans le site 2 (forêt de Beroy)

III.3.2.3 Distribution des hauteurs dans les 2 sites étudiés

La forêt d'Ambohibola

Les histogrammes des distributions de hauteurs montrent que les arbres de *Dalbergia* dans la forêt d'Ambohibola ne dépassent pas une hauteur de 22,5 m (1 m de hauteur minimale).

Les classes modales des hauteurs sont situées entre les classes de [0 ; 2,5[m et [15 ; 17,5[mètres (figures 22). Pour *D. purpurascens*, la classe modale est [5 ; 7,5[m qui représente 26% des individus à l'hectare (figure 22a). La classe de [0 ; 2,5[m représente la classe modale commune pour *D. trichocarpa*, *D. xerophila* et *D. mollis*, respectivement avec la fréquence relative de 27% , 50% et 20% des individus à l'hectare dans le site 1 (figures 22b,

22d, 22f). Tandis que, la classe de [2,5 ; 5[m représente la classe modale commune pour *D. pervillei* et *D. mollis* avec des fréquences respectives de 56 % et 20 % des individus à l'hectare (figures 22c, 22b). Enfin, la classe de [15 ; 17,5[m représente 60% des individus à l'hectare pour *D.tricolor*, qui est l'unique classe modale ayant une fréquence maximale dans le site 1 (figure 22e).

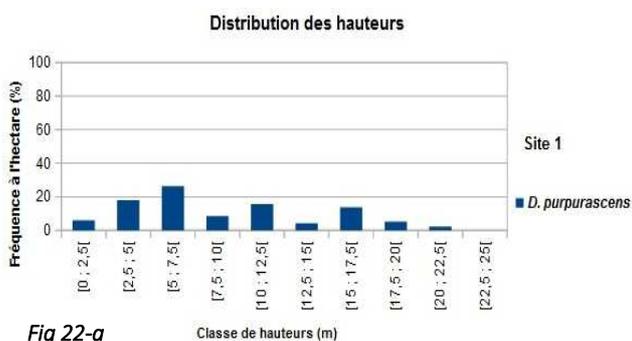


Fig 22-a

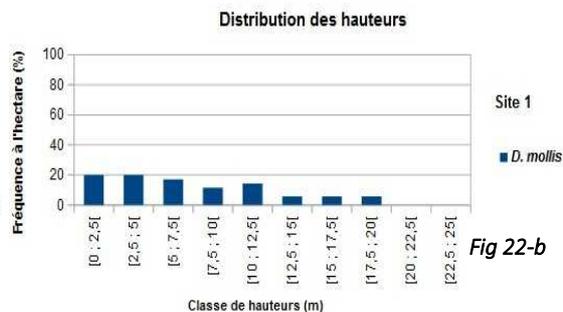


Fig 22-b

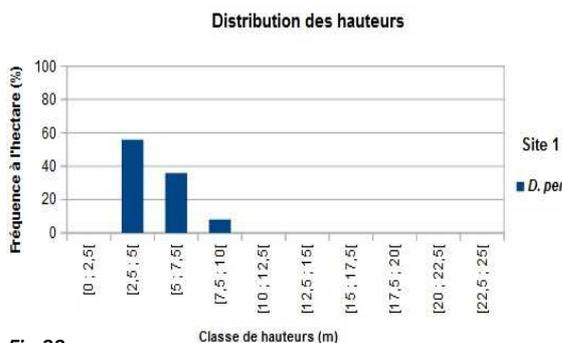


Fig 22-c

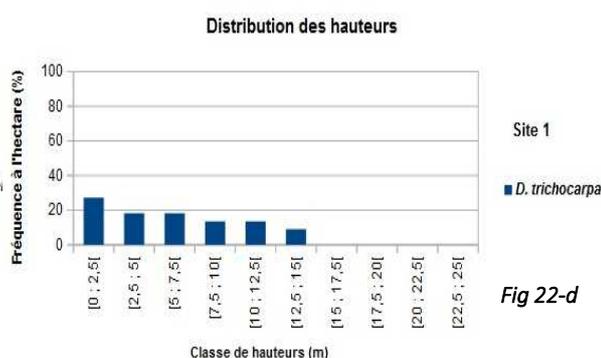


Fig 22-d

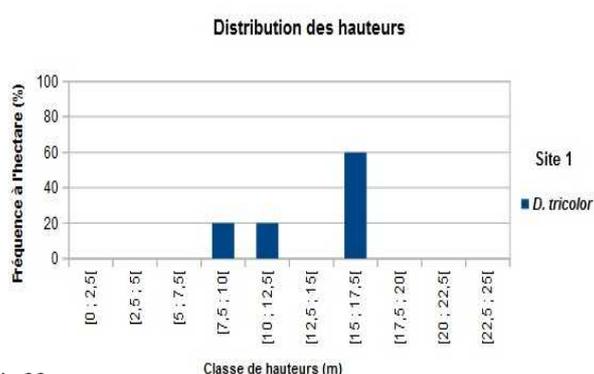


Fig 22-e

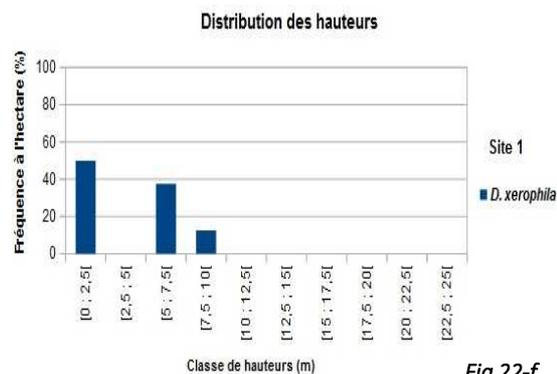


Fig 22-f

Figures 22 : Histogrammes des distributions de hauteurs dans le site 1

La forêt de Beroy

Les histogrammes de la figure 23 montrent des populations différentes selon leurs hauteurs. La hauteur maximale ne dépasse pas 22,5 m à Beroy. La bande unique de l'histogramme de l'espèce de *D. mollis* représente le seul individu trouvé dans cette forêt ayant une hauteur de 12 m (figure 23b).

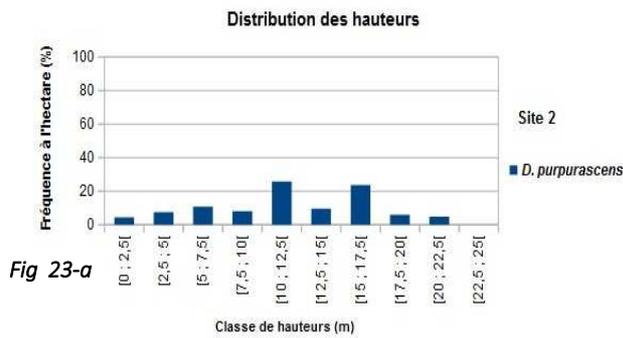


Fig 23-a

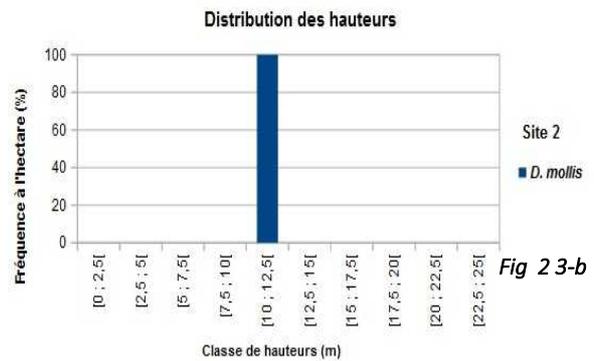


Fig 23-b

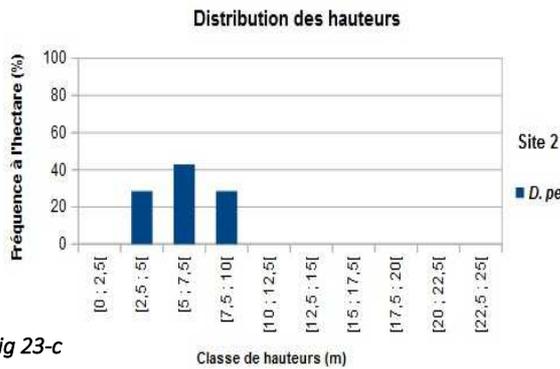


Fig 23-c

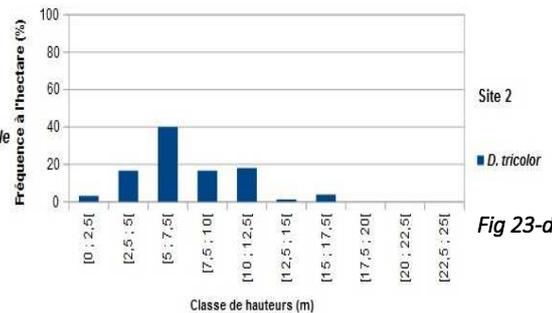


Fig 23-d



Fig 23-e

Figures 23 : Histogrammes des distributions de hauteurs dans le site 2

Les classes modales des hauteurs sont comprises entre $[0 ; 2,5[$ m et $[10 ; 12,5[$ mètres. Si l'on regarde la distribution des populations de chaque espèce, l'histogramme de la figure 23a montre deux populations majoritaires, représentées par les classes de $[10 ; 12,5[$ m et $[15 ; 17,5[$ m qui étant les classes modales de l'espèce de *D. purpurascens*, respectivement avec des fréquences de 26 % et 24 % des individus à l'hectare. Pour les autres espèces, la majorité des individus se trouve dans les hauteurs comprises entre 5 à 7,5 m pour *D. pervillei* et *D. tricolor*, respectivement de fréquence de 43% et 40 % des individus à l'hectare (figures 23c, 23d) et 0 à 2,5 m pour *D. xerophila* avec de fréquence de 40 % des individus à l'hectare (figure 23e).

III.3.3 Comparaison des palissandres dans les deux forêts

Les deux sites ont été comparés par comparaison des moyennes des mesures. Une analyse des composantes principales des individus de *D. purpurascens* a été effectuée.

III.3.3.1 Résultats du test de chi-2

Le test a été fait avec Calc Open Office 4.1.1 (tableau 6). L'hypothèse nulle était : « **Il n'y a pas de liaison entre l'abondance des espèces dans les différents sites** ». Avec le degré de liberté ddl=5 et au seuil de probabilité $\alpha=0,005$, la valeur de khi-2 observée est inférieure à celle du khi-2 calculée. Le résultat du test est hautement significatif et l'hypothèse nulle rejetée. En conclusion, il existe une liaison significative entre l'effectif de chaque espèce et le site étudié avec ses facteurs de milieu (écologiques et/ou humains). En se référant au niveau de chaque espèce, le *D. tricolor* présente une valeur de khi-2 calculé maximale $\chi^2_c = 82,7 > \chi^2_t$ dans le site 2, donc cette espèce préfère les conditions de la forêt Beroy.

Tableau 6 : Récapitulation des résultats du test de Khi-2

Caractère	Valeur et interprétation
ddl	5
Seuil α	0,05
χ^2_c	231,92
χ^2_t	11,07
Comparaison	$\chi^2_t < \chi^2_c$
Signification	Test hautement significatif
Hypothèse nulle	Rejetée

III.3.3.2 Comparaison des moyennes

Les écarts de dhp des individus observés dans les 2 sites sont faibles pour toutes les espèces sauf pour *D. tricolor* qui présente un écart de dhp à 4,9 cm (tableau 7). Quant au diamètre de feuillage, les écarts des valeurs sont faibles pour toutes les espèces sauf pour *D. mollis* avec l'écart des valeurs de 1 m.

Les écarts de hauteurs de fut observées dans les 2 sites présentent des valeurs importantes pour toutes les espèces sauf pour *D. xerophila* dont l'écart de hauteur de fut est égal à 1,1 m.

Pour la hauteur totale des individus, les écarts des valeurs observées dans les deux sites sont faibles pour les espèces de *D. mollis*, *D. xerophila* et importants pour *D. purpurascens*, *D. pervillei* et surtout *D. tricolor* dont l'écart des valeurs est de 6,8 m.

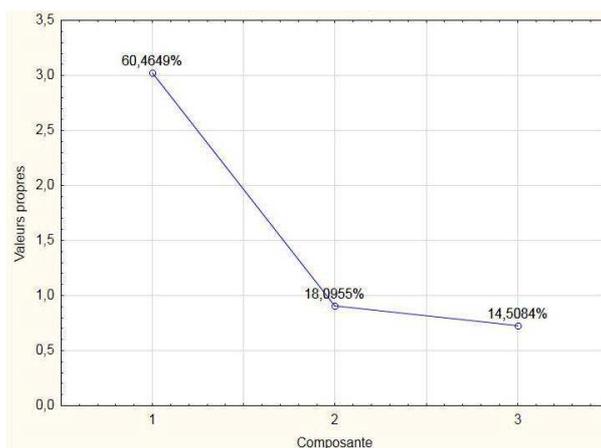
Tableau 7 : Écarts entre les moyennes des variables observés dans les sites 1 et 2.
DF : diamètre de feuillage, **HF** : hauteur de fut, **HT** : hauteur totale,
NBP : nombre des branches principales)

Espèce	Dhp (cm)	DF (m)	HF (m)	HT (m)
<i>D. purpurascens</i>	2,10	0,46	2,67	2,46
<i>D. mollis</i>	2,00	1,00	3,00	0,00
<i>D. pervillei</i>	2,02	0,61	4,00	2,26
<i>D. tricolor</i>	4,91	0,46	5,73	6,81
<i>D. xerophila</i>	1,13	0,17	1,10	0,53

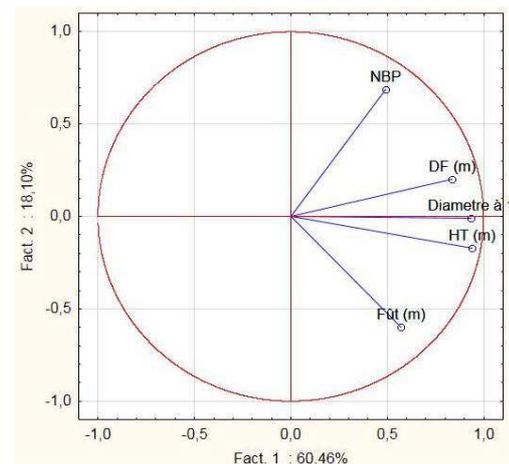
En conclusion, les palissandres des 2 forêts étudiées sont généralement différents par rapport aux quatre variables quantitatives.

III.3.3.3 Résultats de l'analyse multivariée

Dans cette analyse multivariée, seule *D. purpurascens* a été prise en compte pour son abondance dans les deux sites A (Ambohibola, Ap) et B (Beroy, Bp) par rapport aux autres espèces, considérées comme négligeables. L'analyse en composantes principales (ACP) des cinq variables (Dhp, diamètre de feuillage, hauteur de fut, hauteur totale et branchage) et des 485 arbres permet de placer dans le plan des facteurs 1 (60,5% de la diversité totale) et 2 (19%) les variables ou les arbres suivant leur ressemblance (les facteurs 1 et 2 représentent 79,% de la diversité totale). Le facteur 3 ne représente que 14,5% de la diversité totale (figure 24a).



24a



24b

Figures 24 : 24a : Pourcentage de la diversité totale des trois premiers facteurs (94%) ;
24b : Projection de cinq caractères quantitatifs de *D. purpurascens* sur les plans factoriels 1 et 2 (78,5% de la diversité totale)

La projection des cinq variables sur les plans factoriels 1 et 2 (figure 24b) montre logiquement

une forte corrélation entre trois variables : diamètre à hauteur de poitrine, hauteur totale des arbres et rayon du feuillage.

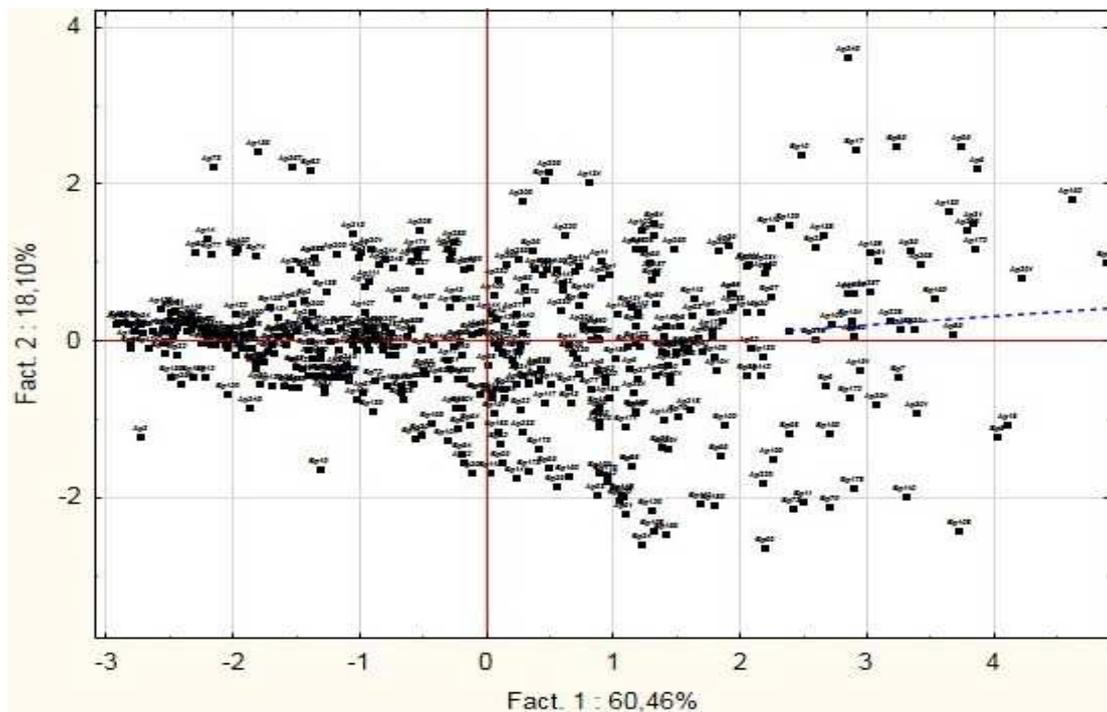


Figure 25 : Analyse en composantes principales de 485 arbres de *D. purpurascens*. Représentation graphique dans les plans factoriels 1 et 2 (78% de la diversité totale de 5 caractères morphologiques)

La projection des 485 arbres de *D. purpurascens* dans le plan des facteurs 1 et 2 (figure 25) ne montre pas de structure entre les arbres de la forêt d'Ambohibola et ceux de la forêt de Beroy (mélange des Ap et Bp). Ceci est logique puisque ces deux forêts sont seulement distantes de quelques kilomètres. L'espèce a ainsi les mêmes caractéristiques dans les deux forêts comme l'a montré le test du Khi2.

III.3.4 Conclusion partielle

D'après ces résultats, on peut conclure que la dynamique des populations du genre *Dalbergia* est en général régressive dans les deux sites sous les pressions anthropiques et l'influence des facteurs écologiques locales.

Les populations de *D. purpurascens* sont déséquilibrées par rapport à celles des autres espèces due à l'exploitation et aux cyclones. De même, le *D. mollis* présente une structure des populations perturbées dans la forêt d'Ambohibola à cause de la dégradation partielle de la forêt par les feux de brousse. Les autres espèces semblent exemptées de pressions anthropiques mais se régénèrent faiblement à cause notamment de la mauvaise pluviométrie.

La reconstitution des populations du genre *Dalbergia* dans ces deux forêts pourrait être possible si ces forêts sont rapidement mises en gestion et que la régénération naturelle des rejets et des jeunes pousses soit protégée et assistée.

III.4 Écologie des *Dalbergia*

Comme toutes les espèces végétales, les espèces du genre *Dalbergia* exigent certaines conditions écologiques. Il est donc important de connaître l'écologie de ces espèces en se basant sur leur environnement et les facteurs écologiques locaux.

III.4.1 Répartition écologique des *Dalbergia*

Selon nos observations et l'analyse des facteurs du milieu, les espèces de *Dalbergia* peuvent être divisées en trois groupes selon le type de sol :

- **Groupe I** : Les espèces forestières ou « *Magnarinala* », qui préfèrent le type de sol argilo-humique ou sablo-argileux ou sableux à ferrallitique : *D. purpurascens*, *D. tricolor* et *D. xerophila*.
- **Groupe II** : Les espèces de savanes ou « *Magnary atazoa* » observées sur des sols ferrallitiques de couleur rougeâtre des savanes ou des forêts secondaires. Elles peuvent se retrouver également dans les forêts primaires mais en faible densité. Ce sont *D. mollis*, *D. trichocarpa* et *D. pervillei*.
- **Groupe III** : Les espèces de milieu rocheux ou « *Magnarim-bato* », qui sont observées sur des sols roccailleux ou des sols ferrallitique à rochers : *D. trichocarpa* et *D. pervillei*.

À noter que les espèces du groupe II et III disposent une large distribution et peuvent s'entrecroiser dans un même milieu.

III.4.2 Associations symbiotiques racinaires

Après prélèvement des racines de *Dalbergia*, les espèces portant des nodules ont été notées. Seules les espèces *D. trichocarpa* et *D. purpurascens* présentent des nodules au niveau des racines. Les nodules sont très denses pour *D. trichocarpa* (figure 26) par rapport à celles du *D. purpurascens*. Pour les mycorhizes, l'analyse devrait se faire ultérieurement.



Figure 26 : Racines à nodules prélevées au pied d'un arbre de *D. trichocarpa* (DAMA, 2015)

III.4.3 Parasitisme macroscopique

Comme certaines essences forestières (*Cedrelopsis grevei*, etc.), les *Dalbergia* vivent avec des plantes parasites (espèce non déterminée). *D. purpurascens* est la seule espèce appréciée par une plante parasite ligneuse qui fructifie avec des fruits en bouton (figures 27). Elles ont été trouvées seulement dans la forêt d'Ambohibola sur le tronc de 3,6 % (soit 11 sur 305) des individus inventoriés de *D. purpurascens*. Donc, ce parasitisme n'est pas préjudiciable à l'espèce *D. purpurascens*.



28a



28b

Figures 27 : Plantes parasites fixées sur la tige de *D. purpurascens* : **27a** : implantation sur la tige, **27b** : rameaux avec des fruits (DAMA, 2015).

III.4.4 Plantes associées aux *Dalbergia*

Outre les plantes parasites et les lianes, les espèces d'arbres dans un rayon de 5 m autour de 50 pieds de *Dalbergia* sp. ont été inventoriées, dont 30 autour de *D. purpurascens* et 20 au niveau des autres espèces. Faute de densité faible et d'une mauvaise répartition dans les forêts étudiées des autres espèces, seule *D. purpurascens* a été prise en compte dans l'étude avec 30 plots d'observations.

Au total, 60 espèces d'arbres ont été répertoriées autour de *D. purpurascens* parmi lesquelles 23 ont été répertoriées dans un rayon de 3 m autour des pieds, donc très proches :

- **Espèces très associées :**
 - *Cedrelopsis grevei*, (Baillon), (Katrafay), Rutaceae : 77 %
 - *Croton sp1*, (Ndrembolafotsy), Euphorbiaceae : 57 %
 - *Terminalia fatrae* Poir. (Fatra), Combretaceae : 53 %
- **Espèces les plus proches (recensées dans un rayon de 3 m autour des pieds) :**
 - *Cedrelopsis grevei*, (Baillon), (Katrafay), Rutaceae : 80 %
 - *Terminalia fatrae* (Poir., (Fatra), Combretaceae : 40 %

Les espèces *Suregada chauvetiae* (Hazopasy), Euphorbiaceae (47 %) et *Euphorbia laro*, (*Samata laro*), Euphorbiaceae (47 %) peuvent être également considérées comme des plantes associées au *D. purpurascens* car leurs fréquences avoisinent 50 % (figures 28). Ces plantes associées n'entrent pas sévèrement en compétition avec *D. purpurascens*. Il pourrait même exister une association au niveau des racines.

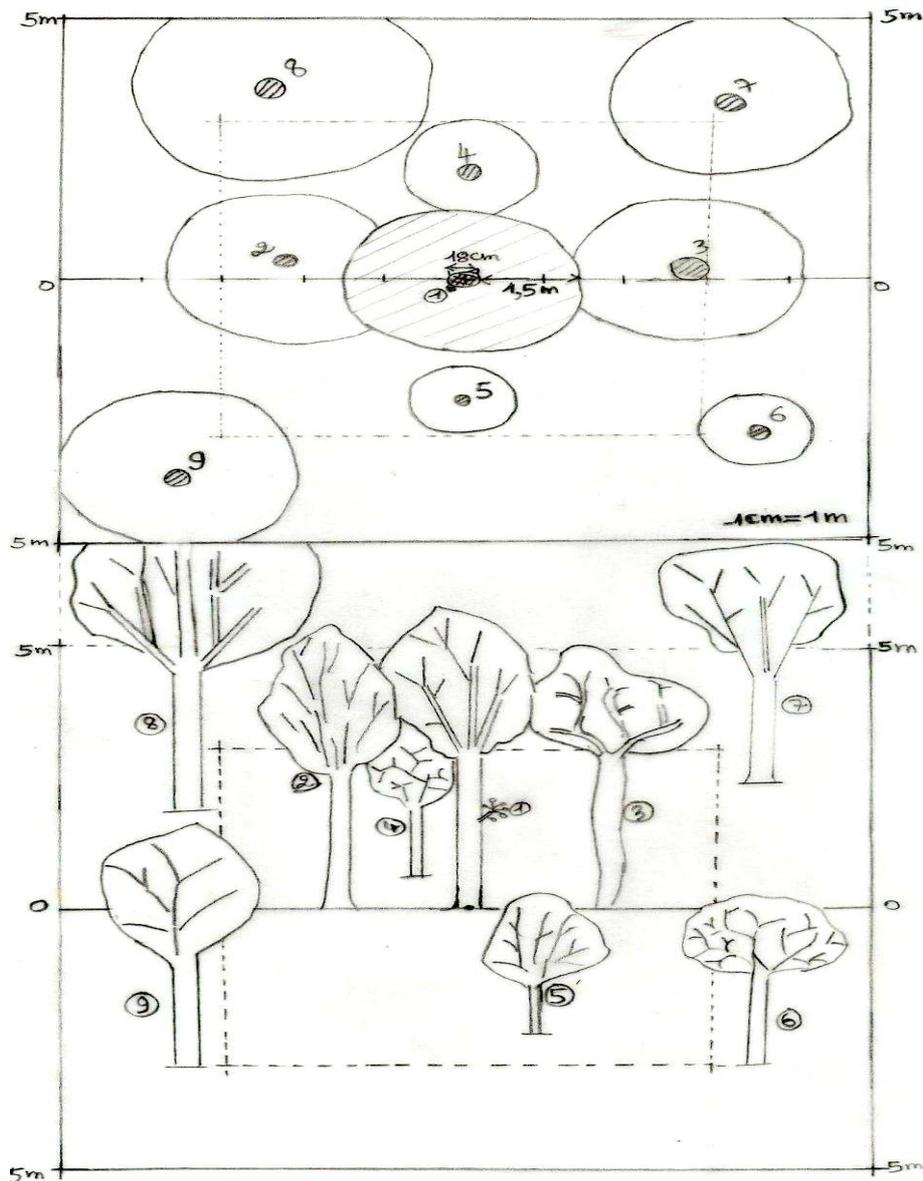


Figure 28 : Modèles d'association *D. purpurascens* - autres espèces : **1** : plante parasite sur *D. purpurascens*, **2** : *Cedrelopsis grevei*, **3** : *Commiphora lamii*, **4** : *Terminalia fatrae*, **5** : *Croton* sp, **6** : *Euphorbia laro*, **7** : *Terminalia mantaliopsis*, **8** : *Pourpartia silvatica*, **9** : *Gyrocarpus americanus*.

III.5 Résultats des enquêtes

Des enquêtes ont été menées auprès des paysans des deux villages proches des forêts étudiées dont le village de Marolafiky (près d'Ambohibola) et Soatanà (à coté de Beroy).

III.5.1 Le village de Marolafiky

Le village de Marolafiky se trouve environ à 3 km au Sud-est de la forêt d'Ambohibola, fokontany de Soafasy, Commune rurale de Behisatsy. Il y a au total 90 habitants d'une

vingtaine de ménages. Vingt chefs de ménages agro-pasteurs ont été enquêtés, tous de l'ethnie Bara. D'après l'enquête, deux sur 20 cultivent du maïs sur Hatsaky (culture sur brûlis). La raison pour la quelle ils pratiquent cette culture n'a pas été précisée, mais ils ont affirmé que la forêt a été brûlée par un inconnu, probablement un braconnier après le passage d'un cyclone qui a créée une ouverture dans cette forêt, tout en favorisant une formation herbeuse idéale pour le feu en période sèche.

Toutes les personnes enquêtées connaissent bien les *Dalbergia* sous le nom de *Magnary* et utilisent ces espèces pour subvenir leurs besoins en bois de chauffe, manche d'outils (sagaie, hache, pelle,...) et bois de construction. La population de ce village ne fabrique pas de charbon, mais elle utilise la forêt comme une zone de chasse du gibier, de prélèvement des ignames sauvages (*Dioscorea* sp.) et de pâturage. La forêt joue aussi le rôle de protection des zébus contre les *Malaso* ou voleurs de zébus.

En matière de perspective de gestion de la forêt, seulement 65 % des personnes enquêtées seraient favorables à une protection. Les autres sont contre par peur de conflits face au sabotage des mécontents.

Par contre, ils ont été tous d'accord pour protéger la forêt d'une manière traditionnelle avec des *fady*, *taninaomby* et pour constituer une association communautaire de base (COBA).

III.5.2 Le Village de Soatanà

Le village de Soatanà se trouve dans le fokontany de Tsarepioky, Commune rurale de Behisatsy. Il s'agit d'un petit village, installé un peu loin de la forêt de Beroy, à environ 5 km à l'Est. Les activités de la population sont liées en partie à la forêt. Il est habité par 60 personnes, homme et femme dont 14 ont été interviewées. La population est mixte répartie dans trois ethnies à savoir les Bara, dits autochtones ou *Tompotany* et majoritaires, les Vezo et les Antefasy. D'après l'enquête, tous les habitants du village pratiquent la culture du maïs sur brûlis dans l'ancienne forêt de Sorodalamahity qui se trouve près du village.

Actuellement détruite, la forêt est devenue une zone de culture de maïs très vaste après le passage d'un cyclone en 2010 qui a déraciné beaucoup d'arbres.

Ils ne cultivent pas dans la forêt de Beroy, mais y mettent de feu pour renouveler l'herbe de pâturage ou pour la chasse.

Comme pour le village de Marolafiky, les villageois ne fabriquent pas de charbon, mais utilisent plutôt leur forêt pour la chasse du gibier, le prélèvement des ignames sauvages (*oviala*) et comme une zone de protection des zébus idéale contre le vol.

Toutes les personnes enquêtées connaissent les espèces de *Dalbergia* toutes confondues sous le nom de *Magnary*. Certaines personnes arrivent à distinguer les différentes espèces. Ils utilisent les espèces comme bois de chauffe (très apprécié par leur bonne combustibilité) et comme bois de construction de meuble.

Pour la conservation de la forêt Beroy, une seule personne parmi les 14 enquêtées a été favorable à une protection. Les autres étaient contre ou n'étaient pas intéressés. Pourtant, ils ont tous encouragé la reforestation à travers la gestion traditionnelle au profit de leur besoin de financement. Concernant l'application de l'approche RNA (ou régénération naturelle assistée), toutes les personnes enquêtées n'ont pas exprimé une volonté de protéger les rejets et les jeunes pousses contre le feu et la divagation des zébus. Pour eux, la forêt constitue un espace de liberté.

Néanmoins, ils seraient prêts à constituer une association pour gérer leur forêt mais à condition qu'il y ait une formation et que leurs intérêts soient pris en compte.

Partie IV
DISCUSSIONS,
CONCLUSIONS,
RECOMMANDATIONS ET
PERSPECTIVES

IV. DISCUSSION

Outre les menaces locales, les espèces de *Dalbergia* sont actuellement confrontées à la situation géopolitique du pays. Pour conserver ces espèces, il est important de connaître les populations par rapport aux techniques de régénération naturelle, les facteurs écologiques et les menaces existantes en vue de la valorisation des espèces et d'une politique forestière nationale adéquate.

IV.1 Interprétations des résultats

Notre recherche personnelle permet d'interpréter la dynamique des populations du genre *Dalbergia* et les facteurs écologiques influant la survie des espèces dans notre zone d'étude.

IV.1.1 Diversité des populations du genre *Dalbergia*

En regardant d'une manière générale les résultats, les arbres de *D. purpurascens* sont les plus abondants dans les transects des deux forêts. Par contre, *D. tricolor* présente des effectifs plus importants dans la forêt Beroy. Il existe une préférence particulière de cette espèce pour cette forêt. Les arbres des espèces *D. trichocarpa*, *D. pervillei* et *D. mollis* sont moins représentés. Or, *D. mollis* était encore une espèce abondante et bien représentée dans les forêts sèches de Beroroha en 2010 avec la densité 220 ind/ha, surface terrière 2,6 m²/ha et biovolume 24,7 m³/ha (DBEV, 2010).

D. purpurascens occupe une surface terrière faible dans les sites 1 et 2 par rapport à son abondance, ce qui signifie que tous les pieds atteignant un gros diamètre ont été coupés. D'où, l'importance des arbres jeunes formés souvent de rejets après exploitation ou de jeunes arbustes issus de la régénération naturelle. Le sous-effectif de *D. purpurascens* dans le site 2 par rapport à celui du site 1, avec des classes modales de diamètres et hauteurs faibles peut s'expliquer par une surexploitation. Ceci est confirmé en comparant ces résultats avec la recherche effectuée (DBEV, 2010) qui disait que *D. purpurascens* était abondante dans les forêts de district de Beroroha avec la densité de 320 individus à l'hectare. Actuellement, sa densité a diminué presque à moitié (153 ind/ha Ambohibola et 94 ind/ha Beroy), ce qui implique l'ampleur de pression dans cette zone.

Pour l'ensemble des espèces du genre *Dalbergia*, la surface terrière totale occupée par le genre et le biovolume du bois fourni à l'hectare sont presque identiques dans les deux sites.

Ceci est confirmé par les histogrammes des diamètres et des hauteurs qui montrent que les classes modales ne dépassent pas de [10 ; 12,5[cm pour le dhp et de [10 ; 12,5[m pour la

hauteur, rarement [15 ; 17,5[cm de diamètre.

IV.1.2 Écologie du genre *Dalbergia*

Le test du khi-2 confirme que l'effectif des individus au sein d'une espèce de *Dalbergia* est fortement lié aux conditions pédologiques du milieu ainsi que les facteurs écologiques et humains des sites. D'où l'absence de *D. trichocarpa* et l'abondance de *D. tricolor* à Beroy contrôlée par le type de sol. De même, la rareté des espèces *D. pervillei* et *D. mollis* dans le site 2 est étroitement liée au type de sol car ces deux espèces préfèrent plutôt les sols sableux et rocheux qui n'existent pas dans la forêt de Beroy. L'observation *in situ* montre que *D. mollis* est observée dans des sites dégradés. D'où, son abondance dans le site 1. Ce site est marqué par la dominance de plantes jeunes avec des classes de diamètres et hauteurs faibles.

Les populations de *D. trichocarpa*, *D. pervillei*, *D. tricolor* et *D. xerophila* ne semblent pas être perturbées dans les deux sites (histogrammes à 3 bandes en escalier décroissant ou en cascade avec des classes maximales bien représentées). Ceci indique une structure normale de la population avec des individus qui atteignent la taille maximale de l'espèce (10 m de hauteur par exemple pour *D. xerophila*). Notre enquête confirme également que la population locale n'exploite pas abusivement ces espèces sauf pour des besoins ponctuels.

La rareté de *D. xerophila* dans les 2 sites est due probablement à la faible régénération naturelle de cette espèce (espèce en danger) car les rejets de souches ont une vitesse de croissance plus rapide que les régénérations naturelles dans les aires protégées (RAMAMONJY, 2006).

IV.2 Cadre géopolitique du *Dalbergia* malgache

Le genre *Dalbergia*, connues sous les noms commerciaux de palissandre et bois de rose se trouve actuellement au cœur de la politique commerciale et environnementale du pays. Le trafic illicite de ce bois précieux, notamment le bois de rose est lié à la conjoncture géopolitique nationale. Malgré l'existence de la politique écologique nationale, l'État malgache est absent dans la lutte contre ce crime. Pourtant, au fil de temps, des mesures juridiques ont été prises et adoptées, mais la situation semble persister et s'aggraver.

IV.2.1 Trafic de bois précieux : *Bois de rose et Palissandre*

On entend par bois précieux toutes les essences connues qui se prêtent à l'ébénisterie et à la menuiserie fine, au déroulage et au tranchage pour usage décoratif et à la confection d'objet d'art (SERVICES DES EAUX ET FORÊTS, 1981).

Les bois précieux malgaches comprennent les espèces nobles des forêts naturelles, appartenant à deux genres, *Dalbergia* (palissandre et bois de rose) et *Diospyros* ou bois d'ébène (SAGE & FOFIFA, 2006). Historiquement, l'exportation de bois précieux notamment le palissandre et bois de rose de Madagascar a déjà existé depuis l'époque coloniale (LECOMPTE, 1922). Actuellement, le trafic de bois de rose s'affiche parmi les actualités à la mode dans les pages quotidiennes des médias nationaux. Ce crime écologique est liée étroitement à la crise politique nationale. Depuis l'année 2009, début du régime de la transition à Madagascar, l'exportation de bois de rose a pris une grande ampleur (MADAPLUS, 2012 : [//www.madapplus.fr/madagascar-traffic-de-bois-de-rose_a6299.html](http://www.madapplus.fr/madagascar-traffic-de-bois-de-rose_a6299.html)).

Selon un observateur, les trafiquants chinois qui commercent dans le bois de rose sont en relation directe avec de hautes personnalités de l'État (<http://www.tananews.com/2011/10/alexander-von-bismarck-enquete-en-foret-tropicale>),.

La lutte contre le trafic ne peut donc pas être efficace.

Ce trafic a empiré depuis l'année 2009 jusqu'à aujourd'hui (EXPRESS de MADAGASCAR du 25 août 2014 : <http://www.lexpressmada.com/blog/actualites/quatre-gros-porteurs-chargent-du-bois-de-rose-16378>). « Les personnes impliquées dans cette histoire ne se cachent plus » a dit en 2014 l'ancien député de Mananara-Nord, ZAKAHELY Boniface (ANDRIAMAROHASINA, 2014). (<http://www.lexpressmada.com/blog/actualites/mananara-nord-les-trafiquants-controlent-le-bois-de-rose-saisi-12658>).

En 2009, le pic d'exportation de bois de rose de Madagascar a atteint plus de 35 000 tonnes à destination de la Chine (RANDRIAMALALA *et al.*, 2010). Après le régime de la transition, une nouvelle promesse de lutte contre le trafic est apparue dès le discours du Président de la 4^{ème} République lors de son investiture du 25 janvier 2014.

Malgré l'existence d'un comité de pilotage spécialisé dans cette lutte, les infractions continuent. Selon la lettre en date du 8 avril 2014 adressée au président de la République par ce comité, au moins 12 714 rondins de bois de rose ont été saisis dans le pays depuis le mois de février 2014 dans les villes du nord-est de Madagascar à savoir à Mananara, Antalaha, Soanierana Ivongo, à Makira, à Ambalabe Cap Est, dans le Sud-Est, à Fort Dauphin et dans l'Ouest à Belo sur mer, ainsi que 3 090 tonnes saisies à Singapour et au Mozambique grâce à l'implication et à la collaboration au niveau international des pays qui sont membres de la CITES.

Le flou des textes a déjà provoqué plusieurs abandons de poursuites contre des exportateurs

de la part du ministère des Eaux et Forêts (GW & EIA, 2009). Après presque un an de silence, l'État malgache se réveille actuellement face au trafic de bois de rose par l'intermédiaire du nouveau Premier-ministre, RABEARINARIVO Jean. Ce dernier, après sa nomination a lancé une nouvelle promesse à travers le « quota zéro » et la mise en place d'une chaîne spéciale prévue le 30 juin 2015. Ce tribunal qui s'occupera spécifiquement la juridiction des affaires « bois de rose » semble encore actuellement au cœur de discussion après la contestation de l'Assemblée nationale, surtout par les députés élus du Nord (Communication du journal *Madagascar-Tribune.com* du 23 juin 2015).

IV.2.2 Cadre juridique et la politique écologique malgache actuelle

L'interdiction de l'exploitation et d'exportation des bois précieux existe depuis les années 1970. Cette législation a subi des amendements répétitifs face aux conventions internationales et à l'évolution de la politique environnementale nationale. On peut citer :

- le décret n°74-078 du 22 février 1974 portant réglementation de l'exportation des produits forestiers sur proposition du Directeur des Eaux et Forêts et de la Conservation des Sols (SERVICE DES EAUX ET FORÊT, 1981),
- l'arrêté interministériel n°11 - 832 / 2000 du 30 avril 2000,
- l'arrêté interministériel n°17 - 939 / 2004 du 21 septembre 2004,
- l'arrêté interministériel n° 16 - 030 / 2006 du 14 septembre 2006 et
- l'arrêté interministériel n° 10 - 885 / 2007 du 3 juillet 2007 (BALLET *et al.*, 2010).

Malgré l'existence de ces législations, l'exploitation illicite de ces bois reste toujours d'actualité. La hiérarchie des textes est également fréquemment violée (RANDRIAMALALA *et al.*, 2010).

Par ailleurs, sur le plan international, Madagascar a ratifiée en août 1975 une convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction ou CITES, adoptée à Washington en mars 1973 (MINENV & ONE, 2001). Cette convention a pour objectif de garantir la survie des espèces animales et végétales sauvages menacées d'extinction par une stricte réglementation des exportations et des importations de leurs spécimens vivants ou morts et de toute partie ou tout produit qu'on peut en obtenir. Depuis 12 juin 2013, suite à la conférence des parties de la CITES en mars 2013, toutes espèces de *Dalbergia* malgaches ont été inscrites aux annexes II de la CITES (REIMER, 2014).

La politique forestière malgache connaît aujourd'hui une mutation importante compte tenu des expériences nationales et des autres conventions et sommets mondiaux. D'après TRANS-MAD'DÉVELOPPEMENT-COOPÉRATION FRANCO-MALGACHE FSP GDRN, le cadre de la politique forestière malgache actuelle consiste à augmenter la superficie et le potentiel forestier en transférant la gestion des ressources de l'Administration vers la collectivité locale : GELOSE ou GCF. Pour faire face à la dégradation à une vitesse alarmante de la surface forestière, lors du Sommet de la Terre à Durban en 2003, Madagascar s'est engagée à augmenter la surface des aires protégées jusqu'à 6 000 000 ha (RAZAFIMANDIMBY, 2009). Cette politique du Gouvernement malgache consistant à multiplier par 3 la surface des Aires Protégées contribuera à la conservation des espèces de *Dalbergia* (CITES, 2013). Paradoxalement, la campagne de coupe 2009 a consacré l'échec de la Vision de Durban et du Plan National d'Action Environnementale (RANDRIAMALALA *et al.*, 2010).

IV.3 Utilisations des *Dalbergia*

À l'échelle internationale et nationale, les espèces de palissandre ou bois de rose sont commercialisées en avivés ou équarris pour des utilisations de haut de gamme, l'ébénisterie, la menuiserie fine et de luxe, la marqueterie, la parqueterie de luxe, la lutherie, la tournerie, les placages tranchés, les moulures, les lambris, la sculpture, le revêtement extérieur, les boîtes à cigare et les instruments de musique (RABEVOHITRA *et al.*, 2012).

À cause de leur combustibilité, les espèces de *Dalbergia*, notamment *D. trichocarpa* et *D. purpurascens*, sont utilisées par la population locale pour servir de bois de cuisson très apprécié (figure 29a).

Au niveau local, les *Dalbergia* notamment *D. trichocarpa*, *D. pervillei* et *D. purpurascens* sont utilisées pour faire des manches d'outils comme des haches (figure 29b), sagaies, bûches grâce à leur dureté et à l'esthétique des couleurs. *D. purpurascens* est également utilisé dans la fabrication des meubles. Suivant l'enquête, *D. pervillei* présente des vertus thérapeutiques : la moelle est utilisée contre les maladies intestinales comme les diarrhées, la bilharziose, la fièvre typhoïde, etc.

L'huile essentielle issue de cette espèce pourrait guérir certaines de maladies comme les maladies de la peau, des douleurs dorsales à l'aide de massage, etc. (communication personnelle).



29a



29b

Figures 29 : Utilisations locales des *Dalbergia* : **29a** : tas de bois de chauffe pour servir de cuisson (DAMA, 2015), **29b** : manche de hache faite du cœur du *D. trichocarpa* (DAMA, 2015),

IV.4 Pressions et menaces sur les espèces de *Dalbergia*

Les principales menaces qui pèsent sur les espèces de *Dalbergia* sont l'exploitation abusive et illicite, la destruction de l'habitat due aux défrichements, l'extension des zones de culture et aux feux de brousse (CITES, 2013). D'après notre enquête et analyse personnelle issue de l'observation locale, cette affirmation est avérée dans les sites étudiés et deux principales causes de menace ont été identifiées telles que les pressions anthropiques et les cataclysmes naturels. Les pressions anthropiques se manifestent par le défrichement au profit d'une culture sur brûlis de maïs, l'exploitation illicite et irrationnelle de bois (palissandre et bois de rose) à travers la coupe sélective et enfin le feu de brousse annuel lié à la chasse aux petits gibiers ou pour le renouvellement des pâturages. La forêt défavoriserait la chasse pour les braconniers en cachant les gibiers comme les pintades, les sangliers, les tenrecs.

Concernant les cataclysmes naturels, on distingue les cyclones et le changement climatique. Les cyclones constituent chaque année une menace pour les *Dalbergia* car les espèces peuvent atteindre de grande taille, jusqu'à la canopée et sont donc vulnérables aux déracinements par le vent (figure 30).



Figure 30 : Un pied de *D. purpurascens* déraciné après le passage d'un cyclone (DAMA, 2015)

En plus, après le passage du cyclone, les grands arbres abattus créent une ouverture dans la forêt qui mène à l'apparition de la formation herbeuse à l'intérieur. En période sèche, les herbes deviennent du combustible qui même avec une petite étincelle d'origine volontaire ou involontaire peut brûler une grande surface de forêt. Tel est le cas de l'ancienne forêt *Sorodalamahity* (plus d'un km² de superficie) à l'Ouest de Soatanà, devenue actuellement une savane désertique. C'est aussi le cas de la partie Est de la forêt d'Ambohibola qui a perdu presque environ 4 km² de superficie brûlée.

Le changement climatique perturbe la biologie des espèces de *Dalbergia* à travers le changement du régime des pluies. L'insuffisance de pluie rend difficile leur régénération. Par ailleurs, les pluies tardives perturbent le cycle de vie des espèces. La période de floraison des *Dalbergia* devrait s'étaler de septembre à mars (MBG, 2009). Or la pluie dans le district de Beroroha ne dévient abondante qu'à partir de mois de février.

Tous ces phénomènes, anthropiques ou naturels, constituent des menaces pour les espèces de *Dalbergia* en affectant la dynamique de leurs populations. D'après les études précédentes dans le district de Beroroha (DBEV, 2010), les populations de *Dalbergia* étaient bien représentées avec des densités de 220 ind/ha pour *D. mollis*, 320 ind/ha pour *D. purpurascens* et 240 in/ha pour *D. xerophila*. Tous ces chiffres nous amènent à confirmer que les espèces de *Dalbergia* dans cette zone sont actuellement menacées par rapport au passé.

IV.5 La régénération naturelle assistée (RNA)

La régénération naturelle assistée ou RNA est une approche d'agroforesterie actuellement très répandue dans le monde entier avec des expériences fructueuses et exemplaires en Afrique et en Asie. Il s'agit d'une technique d'agroforesterie qui consiste à protéger et gérer les repousses naturelles (pousses) que produisent les souches d'arbres et arbustes dans les champs (BOTONI *et al.*, 2010). C'est une approche d'agroforesterie de reforestation qui a pour but de provoquer ou de stimuler la régénération naturelle des espèces ligneuses (LE PAYS, 2010). D'une manière générale, elle suit deux règles, selon FRIDAY *et al.*, (1999) :

- Utilise la régénération naturelle des arbres forestiers en protégeant les arbres qui par exemple produisent beaucoup de fleurs et de fruits,
- Assiste la régénération naturelle par la prévention de feu de brousse et favorise la croissance rapide des plantes régénérées. Dans ce cas, la RNA est aussi appelée « régénération naturelle accélérée ».

Les étapes de la réalisation de la RNA à partir des souches existantes sont, selon BOTONI *et al.* (2010) :

- ▶ le repérage et la sélection des rejets à protéger,
- ▶ la coupe des rejets non sélectionnés,
- ▶ l'entretien et l'élagage des rejets sélectionnés chaque année,
- ▶ l'exploitation raisonnée des branches issues des arbres régénérées en fonction des espèces et des besoins (bois, matière organique, ...).

La régénération naturelle assistée exige une action minutieuse et entretien périodique des arbres car la gestion des repousses consiste à éliminer les branches latérales pour ne conserver que quelques tiges principales, ce qui permet une meilleure allocation des éléments nutritifs. Elle exige une protection contre les animaux et les incendies. L'utilisation du bois contribue à la participation des populations riveraines et à la réussite de cette méthode de reforestation.

IV.5.1 Régénération naturelle des *Dalbergia*

Pour pouvoir appliquer l'approche RNA dans la gestion des espèces de *Dalbergia*, il faut bien connaître sa régénération naturelle et les facteurs qui régissent cette régénération (nombre d'arbres adultes florifères, nombre de fruits produits, nombre de plantules, etc.).

En général, le taux de régénération naturelle des espèces de *Dalbergia* est faible, de 16 à 17% (DBEV, 2010).

Si l'on regarde le résultat de notre inventaire, seulement 5 % (soit 39 individus sur 760) de tous les individus du genre *Dalbergia* inventoriés dans les deux forêts ont fourni des graines en donnant au total 151 jeunes plantules de taille moyenne inférieure 50 cm (figure 31a). Donc, la régénération naturelle dans ces forêts est faible.



a



b

Figures 31 : Photos sur la régénération naturelle : **31a :** Jeunes plantules sous un pied de *D. purpurascens* ; **31b :** Parasite des fruits : asticot dévorant les graines de *Dalbergia*, (DAMA, 2015)

Le changement climatique joue un rôle de facteurs limitants de cette régénération à travers les pluies tardives et l'insuffisance de la pluviométrie totale.

À ceci s'ajoute des asticots parasitant les fruits de *Dalbergia* (figure 31b) qui piquent environ la moitié des graines (mesures à poursuivre pour confirmer les dégâts) et aussi le piétinement des zébus en divagation dans la forêt qui écrasent les jeunes plantules au pied des arbres . Tous ces facteurs diminuent le taux de régénération naturelle.

IV.5.2 Faisabilité de la RNA dans la zone étudiée

Des expériences précédentes en Afrique et en Asie disent que la RNA est une approche très adaptée à la reforestation. Elle permet également d'enrichir la biodiversité à l'aide des ensemencements par semis directs (BOTONI *et al.*, 2010). Elle exige la participation vigoureuse des paysans locaux à travers les travaux d'entretien des arbres semenciers porteurs de nombreuses graines viables et le suivi de leur régénération. Ils sont récompensés par la reconstitution de la forêt et l'exploitation du bois régénéré.

Selon notre enquête, les paysans des villages près des forêts étudiées sont en majoritairement non motivés à cette pratique faute de temps et de manque d'intérêt financier.

L'application des RNA demande une protection de la forêt du feu. Or, ceci est encore loin d'être la pratique locale (le feu de brousse constitue le moyen facile pour les gens ruraux d'utiliser leur espace forestier).

En bref, l'approche de la RNA est actuellement inapplicable dans cette zone notamment l'entretien des jeunes pousses sauf avec une sensibilisation des paysans sur la protection de la forêt contre le feu et la divagation des zébus. L'exploitation des arbres est totalement libre, sans contraintes par l'État ou les collectivités locales (inexistantes), ce qui ne motive pas les paysans. Par contre, elle est possible pour les rejets observés dans les sites dégradés à travers le principe de zéro feu.

IV.6 La RNA, modèle de gestion des *Dalbergia*

Actuellement, sur 40 espèces de *Dalbergia* endémiques à Madagascar évaluées par l'UICN, 10 sont en danger critique d'extinction, 14 en danger d'extinction, 10 vulnérables (SSN, 2013). Ces espèces sont désormais exposées aux risques d'extinction si le rythme de dégradation des habitats naturels et l'exploitation abusive de bois continue toujours graduellement. Face à la gravité de la dégradation des sites, comme c'est le cas de Beroroha, une restauration forestière pourrait être possible dans la mesure où les populations riveraines reconnaissent leur responsabilité et n'exploitent plus d'une manière irrationnelle leurs forêts mais plutôt en participant activement à l'aménagement de ces zones à travers la technique de la régénération naturelle assistée.

Pour l'application de cette approche, on peut utiliser les zébus comme participants à la régénération de *Dalbergia* en donnant à brouter aux animaux les gousses des arbres dont les graines ainsi consommées serontensemencées à travers les bouses déposées directement dans les forêts (SAHEL ECO & CNOP, 2010). Puisque, généralement la végétation autochtone a une faible capacité de régénération (ONE, 2000) et face au changement climatique, la pratique de RNA est idéale pour la gestion de la forêt car il s'agit d'une innovation paysanne qui permet de s'adapter aux changements climatiques (SAHEL ECO & CNOP, 2010). Par ailleurs, si l'exploitation du bois de palissandre et du bois de rose (bois précieux) est soumis à un permis légal et suit la norme de coupe internationale avec le DME (Diamètre Minimum Exploitable) respecté, qui est de 30 cm avec une hauteur de 15 m (ANDRIAMBOLOLONERA *et al.*, 2012), la dynamique des populations des espèces de *Dalbergia* sera progressive. Or, les espèces de *Dalbergia* présentent généralement une croissance en épaisseur très lente de l'ordre de 1,5 mm/an en moyenne (RAZAFIMAMONJY *et al.*, 2013).

Donc, les *Dalbergia* dans le district de Beroroha, avec le diamètre en moyenne inférieur de 10 cm devraient attendre encore 133 ans (c'est-à-dire en 2148) pour atteindre le diamètre minimal d'exploitabilité (DME=30 cm) légal dans l'Ouest.

En tenant compte des différents facteurs, un modèle de gestion des espèces de *Dalbergia* peut être élaboré en prenant comme exemple le cas de notre zone d'étude (figure 32).

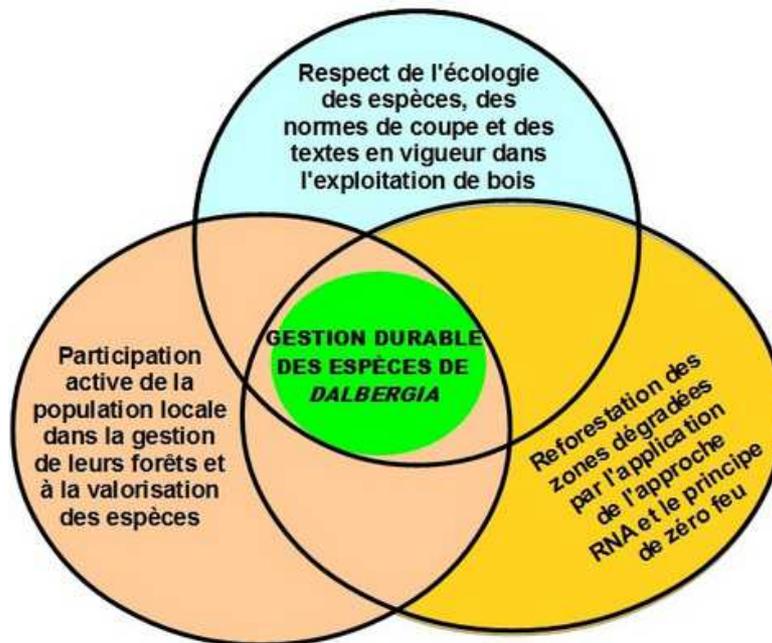


Figure 32 : Schéma résumant le modèle de gestion durable des espèces de bois précieuses du genre *Dalbergia* (DAMA, 2015)

IV.7 Vérification des hypothèses

Les 3 hypothèses de départ ont été vérifiées d'après les résultats obtenus :

H₁ : *Chaque espèce du genre Dalbergia posséderait ses exigences écologiques spécifiques et présente une dynamique des populations différentes. Autrement dit, la dynamique des population des espèces de Dalbergia est lié aux facteurs écologiques du milieu.*

Vérification : *Hypothèse confirmée.* Chaque espèce de *Dalbergia* présente une préférence écologique liée au sol et leur dynamique des populations sont liée aux facteurs anthropiques et écologiques du milieu.

H₂ : *En termes de l'interaction écologique, les cortèges floristiques du genre Dalbergia seraient variables en fonction de l'espèce.*

Vérification : *Hypothèse confirmée.* Puisque les espèces de *Dalbergia* se répartissent en fonction des facteurs édaphiques, donc, leur cortège floristique varie également suivant ces conditions.

H₃ : Les activités anthropiques locales constitueraient à la fois une forte menace pour la population des *Dalbergia* et aussi une base de sa restitution.

Vérification : Hypothèse rejetée. Il est confirmé que la population locale dégrade leurs forêts, mais l'application de l'approche RNA dans la reforestation semble difficile sauf à force de sensibilisation auprès des communautés due au manque d'intérêt de la population locale à l'entretien des arbres.

V. CONCLUSION GÉNÉRALE

En conclusion, la zone d'étude abrite six espèces de *Dalbergia* sur les huit décrites (DU PUY, 2002). On a *D. purpurascens*, *D. mollis*, *D. pervillei*, *D. trichocarpa*, *D. tricolor* et *D. xerophila*. L'espèce de *D. purpurascens* est la plus fréquente dans les deux sites d'étude avec une densité de 153 ind/ha, soit 76 % des individus à l'hectare dans le site 1 et de 94 ind/ha, soit 52 % des individus de cette espèce à l'hectare dans le site 2.

En général, les deux sites, distants de quelques kilomètres, présentent des similarités au niveau de la structure végétale et du type de sol sablo-argileux qui favorisent *D. purpurascens* et *D. xerophila*.

Tous les deux présentent un rythme de dégradation graduelle due aux feux de brousse et à l'exploitation forestière qui affecte la dynamique des populations de *Dalbergia*.

D'après notre étude, ce genre présente une dynamique des populations régressive dans les 2 sites, due aux facteurs anthropiques et naturels, marquée par l'insuffisance des grands arbres et l'abondance des arbustes ou de plantes jeunes. Les individus atteignant les diamètres de 20 cm et de hauteur de plus de 15 m ont été exploités et sont devenus très rares notamment pour *D. purpurascens*. Les jeunes arbustes et les rejets dominent les populations. *D. mollis* est observée le plus souvent dans des sites dégradés marqués par l'abondance des rejets et des recrues (cas de la forêt d'Ambohibola). *D. pervillei*, *D. tricolor* et *D. trichocarpa* ont des populations contrôlées par le type de sol. D'où la rareté de *D. pervillei* et l'absence de *D. trichocarpa* dans la forêt de Beroy faute de sol ferrallitique à rocheux dans cette forêt et l'abondance de *D. tricolor* à Beroy liée aux sols sableux à faiblement argileux.

Le phénotype des pieds de *D. purpurascens* étudiés est un fut droit (73 %). Les autres pieds sont inclinés ou courbés ou sec à moitié dues aux fourmis. La hauteur moyenne du tronc est de 6 m avec un diamètre moyen de 14 cm (maximum 22 cm) et une hauteur totale moyenne de 16 m (atteignant jusqu'à 20 m).

En matière de symbiose racinaire, seulement deux espèces de *Dalbergia* ont comporté des

nodules sur leur racines, *D. trichocarpa* fortement nodulée et *D. purpurascens*.

Au niveau du groupement des végétaux, *Cedrelopsis grevei* (*katrafay*) est une espèce fortement associée la plus proche des *Dalbergia* (à quelques mètres). L'étude doit être poursuivie pour déterminer si cette espèce est facilitatrice ou une plante nurse.

Face aux différentes pressions d'origine anthropique ou naturelle, toutes les espèces de *Dalbergia* semblent menacées.

La restitution de leur dynamique pourrait être possible si les populations locales présentaient une volonté de gérer les forêts en les protégeant et en pratiquant la régénération naturelle assistée qui est une approche d'agroforesterie efficace pour la reforestation et la survie des espèces arborées.

VI. RECOMMANDATIONS

Pour conserver l'habitat forestier d'une manière pérenne tant au niveau local que régional et donc les espèces de *Dalbergia*, nous proposons suite à notre étude limitée à deux petites forêts du district de Bereroha, les recommandations suivantes :

- Tout d'abord, il faut conserver les forêts abritant des *Dalbergia* en créant des aires protégées à statut communautaire.
- Il faut également mettre à jour le zonage forestier dans le district de Bereroha en augmentant les zones écologiques et en diminuant les zones de production.
- Il est urgent de contrôler et surveiller de près les exploitants forestiers ayant l'autorisation légale dans ce district au cours de leur exploitation par l'administration compétente. Selon notre enquête, ils coupent des arbres en dehors de leur lots autorisés par la Direction Régionale de l'Environnement, des Forêts, de l'Écologie et de la Mer et exploitent des bois précieux comme du palissandre et du bois de rose à titre de produits secondaires embarqués en dessous des produits primaires dans le camion de transport.
- Il faut entreprendre une série de séances de sensibilisation auprès des paysans locaux sur la valorisation des espèces de *Dalbergia* et surtout sur la gestion rationnelle de leurs forêts d'une manière traditionnelle ou classique.
- Il faut appliquer l'approche RNA dans les sites dégradés pour garantir la reforestation basée sur le principe de « **zéro feu** ».

- Il faut réaliser une étude microbiologique des associations symbiotiques racinaires (symbioses et nodules) au sein des six espèces de *Dalbergia* et des espèces associées. Nous n'avons pas pu exploiter la terre prélevée au pied des palissandres faute de graines viables. Pourtant la connaissance approfondie des espèces de rhizobium et de mycorhizes liées au système racinaire des palissandres doit permettre une meilleure compréhension de leur développement et de leur conservation dans les forêts du district de Bereroha.
- Il faudrait continuer notre étude par l'observation des espèces de *Dalbergia* dans d'autres forêts du Sud-ouest de Madagascar (région Atsimo-Andrefana) pour mieux définir les conditions écologiques de chacune des espèces et les relations avec d'autres arbres. Par exemple, contrairement aux deux forêts étudiées, *D. greveana* serait plus fréquente dans la forêt de Mikea (observation directe en décembre 2015).

VII. PERSPECTIVES

Certes, notre étude n'a pu cerner tous les axes de recherche possibles autour de *Dalbergia* à l'échelle de ce présent mémoire. Elle a été limitée à un espace géographiquement restreint. Deux espèces n'ont pas été observées dans cet espace.

Nous savons par ailleurs que dans d'autres forêts, l'espèce *D. purpurascens* n'est pas l'espèce dominante. *D. greveana* serait plus fréquente dans les forêts de Ranobe et Mikea (S.A. FIDIARISOAVONINARIVO communication personnelle).

Les perspectives consisteraient à poursuivre l'étude à l'échelle régionale avec l'approfondissement des certains points non détaillés et en se basant sur les axes suivant :

- d'abord, il est important d'étudier d'autres forêts dans la région notamment celles où il y a de nouvelles espèces ou d'autres espèces dominantes, les comparer avec les forêts du Nord et de l'Ouest (Bereroha, forêt de Ranobe ou Mikea),
- confirmer notre détermination botanique des espèces par l'observation des fleurs (savoir quand elles fleurissent précisément et comparer les données de la littérature pour mettre en évidence une adaptation au changement climatique),
- mesurer les taux de germinations, tout pour mieux définir les conditions écologiques de régénération de chacune des espèces dans les forêts sèches du domaine sud-ouest
- approfondir les relations avec d'autres espèces d'arbres ou d'arbustes,

- observer de près les très jeunes arbres pour mettre en évidence des plantes nurses protectrices au stade jeune (grandes herbes comme cela a été observé pour des palmiers en Équateur (IRD, 2015).
- Pour l'étude des relations symbiotiques racinaires, la prochaine recherche devrait tenir compte de l'analyse microbiologique des nodules et mychorizes au niveau des racines des *Dalbergia* et inventorier les plantes nurses associées comme facilitatrice afin d'évaluer le PIM (Potentiel Infectueux Mychorizogène) au profit de reforestation et au service conjugué de l'approche RNA dans les forêts en péril de la région Sud-ouest.
- Il faudrait approfondir les objections à la RNA et chercher les arguments pour convaincre et motiver les jeunes à la protection de leur patrimoine.
- Il faudrait aussi observer à l'aide d'images satellitaires l'évolution des forêts étudiées.

RÉFÉRENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

VIII. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES / SITOGRAPHIES

- ANDRIAMAROHASINA S.** 2014. Mananara-Nord: Les trafiquants contrôlent le bois de rose saisi. Journal d'Express de Madagascar. <http://www.lexpressmada.com/blog/actualites/mananara-nord-les-trafiquants-controlent-le-bois-de-rose-saisi-12658>.
- ANDRIAMBOLOLONERA S., ANDRIANARIVELO S., RAVOLOLOMANANA N., ANDRIAMBOLOLOMAMONJY O.** 2012. Rapport de l'étude sur les taxons de bois précieux *Diospyros spp.* et *Dalbergia spp.* en vue de leur inscription dans l'annexe II de la CITES. 16 p.
- ANDRIANOELINA ANDRIANAIVO O.** 2009. Diversité génétique physiologique de reproduction et étude d'impact de la fragmentation sur *Dalbergia monticola* de la forêt orientale de Madagascar. Thèse en sciences agronomiques, Université d'Antananarivo. 140 p.
- BALLET J., LOPEZ P., RAHAGA N.** 2010. L'exportation de bois précieux (*Dalbergia* et *Diospyros*) « illégaux » de Madagascar : 2009 et après ? Madagascar conservation et développement 5 : 110-116.
- BARBAULT R.** 2010. On a perdu de vue que notre existence est fondée sur les systèmes vivants. Interview par E. PATRIARCA in Libération.fr, Press index. 2 p. Site web : <http://www.liberation.fr/terre/0109613435-on-a-perdu-de-vue-que-notre-existence-est->
- BOSSER J., RABEVOHITRA R.** 1996. Taxa et noms nouveaux dans le genre *Dalbergia* à Madagascar et aux Comores. Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle 4^e série, 18, section B, Adansonia 3-4 : 171-212.
- BOTONI E., LARWANOU M., REIJ C.** 2010. La régénération naturelle assistée (RNA) : Une opportunité pour reverdir le Sahel et réduire la vulnérabilité des populations rurales. Dans : Le projet majeur africain de la Grande Muraille Verte. Concepts et mise en œuvre. A. DIA, R. DUPONNOIS (éds). IRD Éditions. Pp : 151-162.
- BRINKERHOFF W.** 1993. Plan d'Action Environnemental de Madagascar/PAEN phase II : perspective de mise en œuvre de la politique. 68 p.
- CARRIÈRE S.M.** 2002. L'abattage sélectif : une pratique agricole ancestrale au service de la régénération forestière. Bois et forêts des tropiques 272 : 45-62.

- CASSE T., MILHOJ A., RANAIVOSON S., RANDRIAMANARIVO J.R. 2004.** Causes of deforestation in southwestern Madagascar: What do we know ? Forest Policy and Economics 6: 33- 48.
- CENTRE DE RECHERCHES, D'ETUDES ET D'APPUI A L'ANALYSE ECONOMIQUE À MADAGASCAR (CREAM).** 2014. Monographie région Atsimo Andrefana 2013. Édition août 2014. 216 p.
- CITES. 2012.** Proposition d'intégration des bois précieux (*Dalbergia sp., Diospyros sp.*) dans l'annexe II de la CITES. 20ème session du comité pour les plantes Dublin (Irlande). 83 p.
- CITES. 2013.** Examen des propositions d'amendement des Annexes I et II. Seizième session de la Conférence des Parties pour la 63ème Proposition d'amendement (CoP16 Prop.63), Bangkok (Thaïlande). 23 p.
- CORNET A., GUILLAUMET J.L. 1976.** Divisions floristiques et étages de végétation à Madagascar. Cahiers ORSTOM, sér, biol, 9 : 35-40.
- DAJOZ R.** 1975. Précis d'écologie. Gauthier-Villars.534 p.
- DAJOZ R.** 1996. Précis d'écologie. Dunod, Paris. 551 p.
- DAWKINS H.C.** 1959. The management of natural tropical high forest to Uganda. Commonwealth forestry. Institute University of Oxford. England. 155 p.
- DBEV. 2010.** Évaluation écologique de quelques espèces de bois précieux les plus commercialisées à Madagascar (bois d'ébène, palissandre et bois de rose), Rapport final WWF. 97 p.
- DE WIT M.J. 2003.** Madagascar: Heads it's a continent, tails it's an island. Annual review of Earth & Planetary Sciences, 31: 213-248.
- DU PUY D.J., LABAT J.N., RABEVOHITRA R., VILLIERS J.F., BOSSER J., MOAT J. 2002.** The Leguminosae of Madagascar. Royal Botanic Gardens, Kew, Richmond, United Kingdom. 750 p.
- DUPONNOIS R., RAMANANKIERANA H., HAFIDI M., BAOHANTA R., BAUDOIN E., THIOULOUSE J., SANGUIN H., AMADOU, GALIANA A., BALLY R., LEBRUN M., PRIN Y. 2013.** Des ressources végétales endémiques pour optimiser durablement les opérations de réhabilitation du couvert forestier en milieu méditerranéen et tropical : exemple des plantes facilitatrices vectrices de propagation des champignons mycorhiziens. Colloque panafricain Dakar, 2012. Comptes Rendus Biologies 336 : 265–272.

- EXPRESS DE MADAGASCAR. 2014.** Site : <http://www.lexpressmada.com/blog/actualites/quatre-gros-porteurs-chargent-du-bois-de-rose-16378>. 3p.
- FORTIN J.A., PLENCHETTE Ch., PICHÉ Y. 2008.** Les mycorhizes : La nouvelle révolution verte. Editions Multimondes. 132 p.
- FRIDAY K.S., DRILLING M.E., GAMTY D.P. 1999.** Assisted Natural Regeneration. In : *Imperata* Grasslands Rehabilitation using Agroforestry and Assisted Natural Regeneration. Chap. 5. International Centre for Research in Agroforestry (ICRAF), Southeast Asian Regional Research Programme, Bogor, Indonesia. Pp 103-167.
- GANABA S. 1994.** Rôle des structures racinaires dans la dynamique du peuplement ligneux de la région de la Mare d'Oursi (Burkina Faso) entre 1980 et 1992. Université de Ouagadougou. Faculté des sciences et techniques. Laboratoire de botanique et biologie végétale. Thèse. 198 p.
- GODRON M. 1983.** Code pour la relevé méthodique de la végétation et du milieu. Principe et transcription sur cartes perforées. CNRS, Montpellier. 29 p.
- GOUNOT M. 1969.** Méthode d'étude quantitative de la végétation. Masson, Paris. 314 p.
- GUILLAUMET J.L. 1984.** The vegetation: an extraordinary diversity. In: Key environments. Madagascar. JOLLY A. OBERLÉ P., ALBIGNAC E.R. (eds). Pergamon press Oxford. Pp 27-54.
- GUILLAUMET J.L., KOECHLIN J. 1971.** Contribution à la définition des types de végétation dans les régions tropicales (exemple de Madagascar). *Candollea* 6 : 263-277.
- GROUZIS M. 1988.** Structure, Productivité et Dynamique des systèmes écologiques sahéliens (mare d'Oursi, Burkina Faso). Études et Thèses de l'ORSTOM, Paris, 336 p.
- GW & EIA. 2009.** Investigation into the illegal felling, Transport and Export of Precious Wood in SAVA Region Madagascar. Unpublished report to the Government of Madagascar. 30 p.
- HUMBERT, H. 1965.** Description des types de végétation. Dans notice de la carte de Madagascar. Édité par HUMBERT & G. COURS DARNE. Travaux de la Section Scientifique et Technique de l'Institut Français de Pondichéry, hors série 6 : 46-78.
- HUMBERT H., COURS DARNE G. 1965.** Carte internationale du tapis végétal et des conditions écologiques. Trois coupures au 1 000 000^e et notice de la carte. Travaux de la Section Scientifique et Technique de l'Institut Français de Pondichéry, hors série, 3 cartes.

- IHANITRINIALA A.R. 2006.** Étude floristique et structurale de la forêt d'Ankodia et utilisations des ressources végétales. Mémoire de Diplôme d'Étude Approfondie, Biologie végétale, Faculté des sciences, Université de Toliara. 66 p.
- IRD. 2015.** Des palmiers sauvés par des graminées. Sciences au Sud - Le journal de l'IRD 79 page 5.
- LE PAYS, 2010.** Régénération naturelle assistée. Extrait des Archives Les Éditions Le Pays N4635. 2 p. Site : <http://lepays.bf>
- LECOMPTE H.1922.** Madagascar : Les bois de la forêt d'Analamazaotra. 328 p.
- MADAGASCAR (MENF). 2013.** Propositions d'amendement des annexes II. 21 p.
- MADAPLUS. 2012.** Http://www.madaplus.fr/madagascar-traffic-de-bois-de-rose_a6299.html. Consulté le 30 septembre 2014. 2 p.
- MAEP/UPDR. 2003.** Monographie de la région du Sud-Ouest. Antananarivo, Madagascar. 40 p.
- MALAGASY NATURE. 2008.** Les forêts sèches de Madagascar. Journal International sur l'histoire naturelle de Madagascar et des Îles voisines 1 : 189 p.
- MABBERLEY D.J. 2008.** Mabberley's plant book. A portable dictionary of plants, their classifications and uses. 3rd Edition, University of Washington Botanic Gardens. Seattle. 1040 p.
- MBG. 2009.** L'analyse écologique et économique des bois importants dans le complexe forestier de Makirovana – Tsihomanaomby dans la région de SAVA. Rapport de mission. 57 p.
- MINENV & ONE. 2001.** Stratégie nationale pour la gestion durable de la biodiversité (SNGDB). 52 p.
- NORMAND D. 1988.** À propos des bois de rose de Madagascar. Bois et forêts des tropiques 217 : 89-94.
- ONE. 2000.** Monographie nationale sur la diversité biologique de Madagascar. 68 p.
- ONE. 2008.** Rapport de synthèse sur l'état de l'environnement, région Atsimo Andrefana. 51 p.
- ONE. 2008.** Tableau de Bord Environnemental, Région Atsimo-Andrefana (TBE-008). 248 p.
- PERRIER de La BÂTHIE H. 1936.** Biogéographie des plantes à Madagascar. Paris, 156 p.
- RABEVOHITRA A.R., RAKOTOVAO G. 2012.** Atlas de bois de Madagascar. Guide pratique. 413 p.

- RAHAINGOSON F., RAKOTOARIMANANA V., ROGER E. 2013.** Analyse structurale et floristique de la végétation selon les différents types de gestion sur le plateau calcaire Mahafaly. Dans : Actes du colloque « Rôle et place des transferts de gestion des ressources naturelles renouvelables dans les politiques forestières actuelles à Madagascar ». HAL Id : Cirad-00933717. 8 p.
- RAJAONARIMAMY E. 2010.** Influence de la diversité mycorhizienne sur la symbiose *Dalbergia trichocarpa-rhizobia* et sur la structure de la microflore tellurique. Mémoire pour l'obtention de Diplôme d'Études Approfondies en sciences de la vie, Option : Biotechnologie-microbiologie. Université d'Antananarivo, Faculté des sciences, Département de Biochimie fondamentale et appliquée. 60 p.
- RAMAMONJY H.Z. 2006.** Études écologiques de six espèces endémiques et menacées (*Dalbergia baronii* Baker., *D. monticola* Bosser & Rabev., *D. chapelieri* Baill., *D. orientalis* Bosser & Rabev., *Masoala kona* Beentje. et *Revenea dransfieldii* Beentje.) dans la partie orientale du Corridor (Ranomafana-Andringitra) en vue de l'élaboration d'un plan de conservation. Mémoire de DEA, option Écologie Végétale, Université d'Antananarivo. 92p.
- RANDRIAMALALA H., LIU Z. 2010.** Bois de rose de Madagascar : Entre démocratie et protection de la nature. Madagascar Conservation & Development 5: 11-22. Supplementary Material. 56 p.
- RASOLOMAMPINANINA R., BAILLY X., FETIARISON R., RABEVOHITRA R., BÉNA G., RAMAROSON L. , RAHERIMANDIMBY M., MOULIN L., DE LAJUDIE P., DREYFUS B., AVARRE J.C. 2005.** Nitrogen-fixing nodules from rose wood legume trees (*Dalbergia* spp.) endemic to Madagascar host seven different genera belonging to α - and β -Proteobacteria. Molecular Ecology 14: 4135-4146.
- RATIARSON V., TRUEIL J.P., RAMAMONJISOA B.O., CARRIÈRE S.M., RANDRIAMALALA J., HERVÉ D. 2007.** Simulation stochastique de l'historique de parcelles forestières depuis leur première défriche : le cas du couloir forestier de Fianarantsoa, Madagascar. Chap. 10 : 117-125.
- RAZAFIMAMONJY N., BAKOLIMALALA R. 2013.** Accroissement en diamètre des trois espèces de palissandre (*D. chlorocarpa*, *D. lemurica*, *D. purpurascens*, Fabaceae) dans la forêt dense sèche de Kirindy, Morondava (Madagascar). Scripta Botanica Belgica 50 : 349-355.

- RAZAFIMANDIMBY H. 2009.** Études écologiques et ethnobotaniques de *Tsiperifery* (*Piper sp*) de la forêt de Tsiazompaniry pour une gestion durable. Mémoire de diplôme d'études approfondies (DEA) en Foresterie, Environnement et Développement. École supérieure des sciences agronomiques, Département des Eaux et Forêts. Université d'Antananarivo. 44 p.
- RAZANAKA S. J. 1996.** Répartition des espèces xérophiles dans le sud-ouest de Madagascar. *Biogéographie de Madagascar*. Pp. 171-176.
- REIMER J. 2014.** Liste des bois soumis aux dispositions de la convention de Washington (CW/CITES) sur les espèces de faune et de la flore menacées d'extinction. CSCB (Centrale Suisse du Commerce de Bois). 12 p.
- REPC. 2006.** Perte et fragmentation des écosystèmes. 70 p.
- RIVES F. 2012.** Gestion des forêts sèches à Madagascar et au Niger, Vulnérabilité et Fonctions des systèmes socio-écologiques pour comprendre les réformes forestières et leurs effets. Thèse, Institut des Sciences et Industries du vivant et de l'environnement (Agro Paris Tech). 302 p.
- SAGE & FOFIFA. 2006.** État des lieux de la Conservation et de l'Utilisation de la Diversité Biologique Agricole à Madagascar. Activités habilitantes dans le cadre de la convention sur la biodiversité. Composante (2) Agrobiodiversité. 101 p.
- SAHEL ECO & CNOP, 2010.** Reverdir le Sahel par la régénération naturelle assistée. Dépliant. 2 p.
- SALOMON J.N. 1978.** Fourrés et forêts sèches du sud-ouest malgache. *Mad. Rev. Géogr.*, Antananarivo 32 : 19-39.
- SALOMON J.N. 1982.** Réalités et conséquences de la déforestation dans l'Ouest malgache. *Mad. Rev. Géogr.* Antananarivo 40 : 7-13.
- SAMISOA G. 1998.** Contribution à l'étude de la dynamique de la population de *Cedrelopsis grevei* (katrafay) dans la forêt de Zombitse et sa régénération artificielle. Mémoire de Diplôme d'Études Approfondies (D.E.A.) en sciences biologiques appliquées, option physiologie végétale. Faculté des sciences, Département de biologie et écologie végétales. Université d'Antananarivo. 61 p.
- SARASIN G. 2011.** Biotechnologie des symbioses racinaires en restauration écologique des écosystèmes dégradés à Madagascar. Mémoire de maîtrise en Agroforesterie au département des sciences du bois et de la forêt faculté de foresterie, de géographie et de géomatique, Université Laval, Québec. 92 p.

SERVICE DES EAUX ET FORÊT. 1981. Bois précieux de Madagascar. 35 p.

SSN. 2013. Les espèces *Dalbergia* - une crise mondiale de la conservation. 3p.
www.SSN.org

THOMPSON J.D., RONCE O. 2010. Fragmentation des habitats et dynamique de la biodiversité. Regards, Société Française d'Écologie (SFE). 4 p.
(<https://www.sfecologie.org/regard/regards-6-thompson-ronce/>)

**TRANS-MAD'DÉVELOPPEMENT-COOPÉRATION FRANCO-MALGACHE FSP
GDRN. nd.** La filière de construction de goélettes des chantiers navals de Belo sur mer et les problématiques d'approvisionnement en matière première. Rapport de synthèse bibliographique. 49 p.