

## TABLE DES MATIERES

<b>1. INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2. METHODOLOGIE .....</b>	<b>2</b>
2.1.    Problématique et hypothèses .....	2
2.2.    Etat des connaissances .....	3
2.2.1.        Espèces envahissantes .....	3
2.2.2. <i>Grevillea banksii</i> .....	4
2.3.    Milieux d'étude .....	7
2.3.1.        Situation géographique.....	7
2.3.2.        Climat.....	8
2.3.3.        Hydrographie.....	9
2.3.4.        Pédologie.....	9
2.3.5.        Flore et végétation.....	9
2.3.6.        Faune .....	10
2.3.7.        Milieu humain .....	10
2.4.    Méthodes .....	12
2.4.1.        Cartographie .....	12
2.4.2.        Observations.....	12
2.4.3.        Enquêtes .....	12
2.4.4.        Inventaire.....	12
2.4.5.        Analyse sylvicole .....	14
2.4.6.        Observations pédologiques.....	14
2.4.7.        Analyse des données .....	15
2.4.8.        Cadre opératoire .....	20
2.4.9.        Démarche méthodologique.....	20
<b>3. RESULTATS .....</b>	<b>21</b>
3.1.    Etat d'invasion de <i>Grevillea banksii</i> .....	21
3.1.1.        Caractéristiques d'une espèce envahissante.....	21
3.1.2.        Taux d'invasion de <i>Grevillea banksii</i> .....	22
3.2.    Répartition géographique de <i>Grevillea banksii</i> .....	25
3.3.    Conditions régulant l'installation de <i>Grevillea banksii</i> .....	27
3.3.1.        Conditions biologiques .....	27
3.3.2.        Conditions écologiques.....	28
3.4.    Caractéristiques sylvicoles des forêts de <i>Grevillea banksii</i> .....	31
3.5.    Forces, faiblesses, opportunités et menaces de la forêt et de l'espèce <i>Grevillea banksii</i> .....	45

<b>4. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS.....</b>	<b>47</b>
4.1.    Discussions.....	47
4.2.    Recommandations .....	53
<b>5. CONCLUSION.....</b>	<b>55</b>
 Références bibliographiques .....	56
Références webographiques .....	58

## LISTE DES ILLUSTRATIONS

### **Liste des cartes**

Carte 1: Localisation de la zone d'étude (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016).....	7
Carte 2 : Localisation des placettes dans la région de Toamasina (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016)..	13
Carte 3 : Localisation des placettes dans la région de Farafangana (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016).	14
Carte 4 : Répartition de <i>Grevillea banksii</i> (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016) ..	25
Carte 5 : Pressions sur <i>Grevillea banksii</i> dans les sites d'étude (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016). ....	43

### **Liste des figures**

Figure 1 : Climadiagramme de Brickaville (selon le modèle Walter et Lieth). .....	8
Figure 2: Climadiagramme de Toamasina (selon le modèle Walter et Lieth). .....	8
Figure 3: Climadiagramme de Farafangana (selon le modèle Walter et Lieth). .....	8
Figure 4 : Unité d'échantillonnage.....	13
Figure 5 : Démarche pour le choix de test statistique. ....	19
Figure 6 : Démarche méthodologique .....	20
Figure 7 : Cycle biologique de <i>Grevillea banksii</i> d'après GOMEZ-POMPA, 1974, cité par UNESCO, 1979, modifié. .....	27
Figure 8 : Profil structural de la strate à abondance forte.....	34
Figure 9 : Profil structural de la strate à abondance faible. ....	34
Figure 10 : Profil structural de la strate à abondance zéro. ....	34
Figure 11 : Structure totale à Brickaville.      Figure 12 : Structure totale à Andranotsara. ....	36
Figure 13 : Structure totale à Ambonivato.....	36
Figure 14 : Structure totale à Manombo.      Figure 15 : Structure totale à Amibasy.....	36
Figure 16 : Structure totale de la région Toamasina. ....	38
Figure 17 : Structure totale dans la région Farafangana.....	38
Figure 18 : Tempérament de <i>Grevillea banksii</i> .....	40

### **Liste des photos**

Photo 1 : Pied de <i>Grevillea banksii</i> (Kull, 2016). .....	4
Photo 2 : Planche de description de <i>Grevillea banksii</i> (Bauer, 1760-1826).....	5
Photo 3 : Four à charbon de <i>Grevillea banksii</i> sur la route de Soanierana Ivongo (Kull, 2016). ....	11
Photo 4 : <i>Grevillea banksii</i> longeant la route entre Manakara et Farafangana (Auteur, 2016).....	26
Photo 5 : Régénération abondante de <i>Grevillea banksii</i> après feu (Auteur, 2016). .....	30
Photo 6 : Forêt de <i>Grevillea banksii</i> à Andranotsara (Auteur, 2016).....	35
Photo 7 : Forêt de <i>Grevillea</i> à Manombo (Auteur, 2016). .....	37
Photo 8 : Pieds de <i>Grevillea banksii</i> couchés à Ambonivato (Kull, 2016). .....	42
Photo 9 : Forêt de <i>Grevillea</i> transformée en champ de riziculture à Andranotsara (Auteur, 2016).....	44

Photo 10 : Forêt de <i>Grevillea</i> transformée en champ de manioc à Amibasy (Auteur, 2016) .....	44
Photo 11 : Ruche traditionnelle dans une forêt de <i>Grevillea</i> à Manombo (Auteur, 2016).....	46
Photo 12 : Paysage non-boisé repeuplé par <i>Grevillea banksii</i> à Brickaville (Auteur, 2016).....	52

## **Liste des tableaux**

Tableau 1: Systématique de <i>Grevillea banksii</i> .....	4
Tableau 2: Compartimentation par unité d'échantillonnage .....	13
Tableau 3 : Diagnostic Tactile de la Texture (INRA 2006) .....	15
Tableau 4 : Cadre opératoire de l'étude .....	20
Tableau 5 : Caractéristiques de <i>Grevillea banksii</i> selon définitions des espèces envahissantes.....	21
Tableau 6 : Distance entre les placettes de $S_{ab>50}$ et les placettes $S_{ab<50}$ .....	22
Tableau 7 : Abondance et taux d'invasion (Ti) de <i>Grevillea banksii</i> .....	23
Tableau 8: Dominance et taux d'invasion (Ti) de <i>Grevillea banksii</i> .....	23
Tableau 9 : Comparaison des taux d'invasion dans les deux régions. ....	24
Tableau 10 : Texture de sols dans les forêts de <i>Grevillea</i> .....	29
Tableau 11 : Espèces associées à <i>Grevillea banksii</i> dans les sites d'étude. ....	31
Tableau 12 : Diversité floristique dans les différentes strates.....	32
Tableau 13 : Structure horizontale. ....	33
Tableau 14 : Taux de régénération dans les deux régions.....	39
Tableau 15 : Taux de régénération de <i>Grevillea banksii</i> dans les deux régions. ....	40
Tableau 16 : Biomasse et taux de carbone stocké par les forêts de <i>Grevillea banksii</i> . ....	41
Tableau 17 : Biomasse et taux de carbone stocké par les forêts de <i>Grevillea banksii</i> dans les deux régions.....	41
Tableau 18 : Analyse FFOM de la forêt et de l'espèce <i>Grevillea banksii</i> . ....	45
Tableau 19 : Comparaison des critères d'installation de <i>Grevillea banksii</i> à Guadeloupe et à Madagascar. ....	49
Tableau 20 : Comparaison du taux de carbone stocké dans différentes formations de Madagascar....	51
Tableau 21 : Stratégie pour la gestion durable des forêts de <i>Grevillea banksii</i> .....	54

## LISTE DES ACRONYMES

<b>CM</b>	: Coefficient de mélange
<b>CNRE</b>	: Centre National de Recherche en Environnement
<b>EEE</b>	: Espèces exotiques envahissantes
<b>FAO</b>	: Food and Agriculture Organization
<b>INRA</b>	: Institut National pour la Recherche Agronomique
<b>IS</b>	: Indice de Shannon
<b>ISSG</b>	: Invasive Species Specialist Group
<b>MBG</b>	: Missouri Botanical Garden
<b>MEEFM</b>	: Ministère de l'Ecologie, Environnement, Forêts et Mer
<b>MEFT</b>	: Ministère de l'Environnement, des Forêts et du Tourisme
<b>ONE</b>	: Office National pour l'Environnement
<b>ONG</b>	: Organisme non gouvernementale
<b>S<sub>ab&lt;50</sub></b>	: Strate à abondance inférieure à 50 %
<b>S<sub>ab=0</sub></b>	: Strate à abondance zéro
<b>S<sub>ab&gt;50</sub></b>	: Strate à abondance supérieure à 50 %
<b>Ti</b>	: Taux d'invasion
<b>TR</b>	: Taux de régénération
<b>UICN</b>	: Union International pour la Conservation de la Nature
<b>WHH</b>	: Welt Hunger Hilfe
<b>WWF</b>	: Wildlife World Fund

## 1. INTRODUCTION

En 2005, UICN a énoncé que les invasions biologiques constituent la deuxième cause d'érosion de la biodiversité à l'échelle mondiale, après la destruction et la dégradation des habitats naturels. Egalement, d'après la liste rouge, les espèces exotiques envahissantes (EEE) sont la troisième menace des espèces en danger d'extinction (UICN, 2008). Le nombre d'espèces qui deviennent envahissantes et l'envergure des habitats envahis se sont beaucoup accrues ces dernières décennies. Ceci est principalement attribué à l'augmentation du commerce international et à la mondialisation.

A une échelle plus réduite, l'Afrique abrite plusieurs centaines d'espèces exotiques envahissantes. En général, les écosystèmes aquatiques sont les plus vulnérables face à ce phénomène. Les espèces envahissantes y constituent la première cause de la perte d'habitat. Mais elles sont rencontrées dans tous types d'écosystèmes : les savanes, les forêts tropicales, le littoral, etc. (Chenje, 2006).

A Madagascar, la déforestation et les feux de brousse restent les principales causes de la dégradation de la biodiversité de la Grande Ile. Néanmoins, les invasions biologiques commencent à être considérées en tant que menace majeure sur l'environnement, notamment *Duttaphrynus melanostictus*, le crapaud buffle et *Eichhornia crassipes*, la jacinthe d'eau. Concernant les plantes envahissantes, des études ont montré que ces dernières augmentent la destruction des habitats dans les zones de forêts perturbées (MEFT, 2012). A cause de l'insularité du pays, les écosystèmes sont très fragiles face à ces invasions (Loope & Mueller-Dombois in Gimeno et al, 2006). Comme la majorité de la population malagasy est tributaire des ressources naturelles, ces invasions menacent les écosystèmes locaux mais aussi l'économie (Andrianandrasana et al, 2014). En 2013, une étude a permis de faire l'état des lieux des plantes envahissantes à Madagascar. Ainsi, 110 espèces végétales envahissantes ont pu être identifiées (MEEFM, 2014).

*Grevillea banksii* est une espèce introduite à Madagascar. Il s'agit d'une plante d'embroussaillage dont l'utilisation a été particulièrement à vocation agroforestière. L'essence s'est aisément adaptée aux conditions écologiques dans les forêts dégradées de la partie orientale de l'île. Ainsi, elle s'est répandue dans plusieurs sites et présente actuellement une large zone d'occupation dans le Nord-est et le Sud-est de la Grande Ile.

Le présent mémoire essaie de répondre à la problématique : l'espèce introduite *Grevillea banksii* constitue-t-elle, à l'état actuel, une espèce envahissante pour les habitats naturels et la biodiversité dans les formations orientales de Madagascar ? Par conséquent, l'objectif principal est de déterminer les impacts écobiologiques de l'invasion de *Grevillea banksii* dans la région orientale de Madagascar. Les hypothèses se concentrent sur la définition du caractère invasif de l'espèce et sur les rôles écologiques que jouent les peuplements de *Grevillea banksii*. La méthodologie est constituée essentiellement d'inventaires écologiques et d'observations.

La présente étude est subdivisée en quatre (4) grandes parties : la première partie développe la méthodologie en décrivant la problématique et les hypothèses à vérifier. La deuxième partie expose les résultats des investigations, la troisième partie présente les discussions et recommandations. Et la quatrième partie donne une conclusion générale de l'étude.

## 2. METHODOLOGIE

### 2.1. Problématique et hypothèses

A Madagascar, la première introduction de *Grevillea banksii* répertoriée, a été réalisée en tant qu'essence d'embroussaillement, vers 1958 (Andriamiharimana, 2011). C'est également une espèce vulgarisée lors des campagnes de reboisement vers les années 80. L'espèce s'est ensuite répandue sur plusieurs sites, grâce à des actions anthropiques et à une dispersion naturelle. Et de par son caractère pyrophyte, sa propagation a été favorisée par le passage fréquent de feu.

Dans la région orientale de l'île, la culture sur-brûlis, ou « *tavy* », fait partie des méthodes de culture traditionnelles. Ce qui a causé la disparition flagrante des forêts humides. Suite à l'importance des feux de forêt, les responsables forestiers ont décidé d'effectuer un épandage de graines de *Grevillea banksii* afin de boiser les steppes et d'approvisionner la population en bois de chauffe. La grande capacité d'adaptation et de prolifération de l'essence lui a permis d'occuper de vastes zones. Par ailleurs, les graines ailées de *Grevillea banksii* facilitent la dissémination par anémochorie permettant l'installation de forêt dans les espaces déboisées (Rajoelison, 1987).

De ces faits, la présente étude s'est posé la problématique générale suivante : **« L'espèce introduite *Grevillea banksii* constitue-t-elle, à l'état actuel, une espèce envahissante pour les habitats naturels et la biodiversité dans les formations orientales de Madagascar ? »**

Les questions de recherche qui en découlent sont :

1. *Grevillea banksii* est-elle une espèce envahissante à Madagascar ?
2. Comment se présente la zone de répartition géographique de l'espèce ?
3. Quelles sont les conditions bioécologiques qui régulent l'installation de l'essence ?
4. Quelles sont les caractéristiques sylvicoles des nouvelles forêts constituées par l'essence ?
5. Quelles stratégies sont à préconiser pour la gestion optimale de l'espèce ?

Subséquemment, deux (2) hypothèses sont émises :

1. Hypothèse 1 : *Grevillea banksii* a une tendance envahissante dans les écosystèmes de la région orientale et menace la biodiversité locale.

La dissémination par anémochorie, la régénération profuse après passage de feu et la rusticité de l'espèce, lui permettent de s'installer commodément dans les écosystèmes forestiers dégradés et les steppes. Ainsi, l'abondance de l'essence, l'étendue des aires de répartition et les impacts de son installation permettent de déterminer si cette plante constitue une menace pour les écosystèmes locaux.

2. Hypothèse 2 : L'espèce est à usages multiples et contribue aux services écosystémiques, en particulier aux fonctions de protection, de régulation et à l'amélioration du sol en tant qu'espèce d'embroussaillement.

Effectivement, l'essence a été utilisée dans le cadre d'un programme de défenses et restauration des sols (Tassin et al., 2009) et en tant qu'espèce préalable au reboisement. Ceci suppose que bien qu'espèce exotique, *Grevillea banksii* s'est naturalisée, et elle joue un rôle dans la restauration des écosystèmes naturels. Egalement, c'est une essence à vocation agroforestière.

## 2.2. Etat des connaissances

### 2.2.1. Espèces envahissantes

L’Union Internationale pour la Conservation de la Nature (IUCN, 2008) définit les espèces envahissantes comme des animaux, plantes ou autres organismes introduits par l’Homme dans une zone autre que son habitat naturel, où ils s’installent et se dispersent, générant des impacts négatifs sur les écosystèmes et espèces locaux. Les espèces exotiques envahissantes ou EEE peuvent également nuire à la santé humaine, à l’économie.

La FAO (2009) décrit les espèces envahissantes comme des espèces non indigènes pour un écosystème déterminé dont l’introduction et la propagation occasionnent, ou sont susceptibles d’occasionner, des dommages socioculturels, économiques ou environnementaux, ou qui peuvent nuire à la santé humaine.

Une espèce est dite *envahissante* quand, à la suite de son introduction, elle prolifère, s’étend et persiste au détriment des écosystèmes et des espèces indigènes (Mack *in* Tassin et al., 2009).

Les espèces envahissantes ont été groupées en trois (3) catégories selon les impacts et la vitesse de propagation de chaque espèce. La catégorie 1 regroupe les espèces introduites *potentiellement* envahissantes. Ce sont les espèces qui se régénèrent localement mais dont la potentialité de dispersion est limitée ou inconnue. La catégorie 2 rassemble les espèces *modérément* envahissantes, soit les espèces qui se propagent rapidement mais ne sont pas encore considérées comme une menace immédiate. La catégorie 3 est pour les espèces *fortement* envahissantes c’est-à-dire les espèces qui sont devenues dominantes ou codominantes dans une zone envahie et qui sont considérées comme une réelle menace pour la flore indigène et l’écosystème (Binggeli *in* Andriamiharimana, 2011).

Pour le cas de Madagascar, Kull et al. (2014) ont adopté trois (3) critères pour définir l’état d’invasion d’une espèce: a) son origine, b) son comportement au sein de son nouvel habitat, et c) les effets de son introduction.

a) *Origine* : l’insularité de Madagascar lui offre une vaste barrière écologique qui est l’Océan Indien. Cette barrière a permis à la biodiversité de se développer et de s’authentifier. Mais elle autorise également l’introduction des espèces exotiques.

b) *Comportement* : il s’agit surtout de l’abondance et de la dominance de l’essence dans les écosystèmes « envahis ». Aussi, l’évolution de l’extension de la zone de répartition de l’espèce est un paramètre à considérer, ainsi que le comportement du peuplement dans le temps.

c) *Effets de l’introduction* : ces effets incluent les points négatifs et les points positifs. Et la détermination de ces aspects aide à la gestion de l’espèce. Principalement, les impacts sont évalués dans le domaine économique et le domaine écologique.

Les espèces exotiques envahissantes, présentent souvent les caractéristiques suivantes : *croissance rapide, cycle de vie court, maturité précoce, grande production de graines, graines à longue période de dormance, grande capacité de dispersion et pollinisation facile, tolérance à de larges variations écologiques, modes de reproduction variés* ([www.issg.org](http://www.issg.org), 2016).

### 2.2.2. *Grevillea banksii*

L'espèce *Grevillea banksii* est originaire de Queensland en Australie. Elle est, en général, une plante d'ornementation, héliophile, pionnière et résistante au feu (pyrophyte).

- *Classification taxonomique de l'espèce*

Tableau 1: Systématique de *Grevillea banksii*

<b>Règne</b>	Plantae
<b>Embranchement</b>	Phanérogames
<b>Sous-embranchement</b>	Angiospermes
<b>Classe</b>	Equisetopsida
<b>Ordre</b>	Protérales
<b>Famille</b>	Proteaceae
<b>Genre</b>	<i>Grevillea</i>
<b>Espèce</b>	<i>Banksii</i>
<b>Noms communs</b>	Grevillea de Banks, grévilleaire multiplant, grévilleaire rouge, grévillée, grévillée blanc, chêne soyeux rouge, chêne nain soyeux.

(Source : Tropicos, 2016)



Photo 1 : Pied de *Grevillea banksii* (Kull, 2016).

- *Caractéristiques botaniques*

*Grevillea banksii* est un arbre pouvant atteindre jusqu'à 10 m de hauteur et de 20 cm à 25 cm de diamètre à l'âge adulte. Son écorce est de couleur gris foncé avec un aspect fissuré. Les feuilles sont alternées, simples et lobées autour des nervures latérales. Elles mesurent entre 10 cm et 24 cm de long et entre 8 cm et 15 cm de large et possèdent un pétiole de 3 cm à 5 cm de long. Le limbe est glabre en face supérieur et grisâtre tomenteux en face inférieur. Il est très réduit et paraît même inexistant autour de la nervure médiane. Les lobes sont linéaires ou étroitement elliptiques. Ils mesurent entre 5 cm et 11 cm et sont généralement obtus à l'apex. Les fleurs sont groupées le long de l'axe des branches, avec une longueur d'environ 10 cm. Elles sont caractérisées par un style pouvant atteindre 5 cm de long, courbé et pendent. Elles possèdent également un stigmate claviforme jaunâtre. Les fruits sont ovoïdes, obliques et comprimés, d'environ 2 cm. Ils sont de couleur vert puis brun et sont poilus. Ils sont surmontés d'un style sec et contiennent 2 graines brunes, ovales, comprimées, de 1 cm à 2 cm de long, enveloppées d'une aile étroite. Les graines sont brunes, plates, ovales et comprimées. Elles sont de petite taille et sont entourées d'une aile étroite. Un follicule contient deux (2) graines (Le Bourgeois et al., 2006).



Photo 2 : Planche de description de *Grevillea banksii* (Bauer, 1760-1826).

- *Caractéristiques écologiques*

Selon Blaser et al. (1993), *Grevillea banksii* s'adapte à un climat de type tropical, subtropical ou humide modéré. La pluviométrie annuelle est comprise entre 2000 mm et 3000 mm. La saison sèche est peu marquée, au plus trois (3) mois. Et la température mensuelle est entre 23°C et 25°C.

La plante est héliophile nécessitant un intense ensoleillement. Elle résiste également à l'air salé marin, supporte les vents forts et aussi le gel léger. Elle présente un caractère pionnier. Le développement de *Grevillea banksii* est favorable jusqu'à 300 m d'altitude à Madagascar. Généralement, l'espèce se développe sur un sol sableux, mais s'adapte également aux sols acides, aux sols dégradés et podzoliques. Elle s'installe essentiellement sur les formations végétales dégradées, dans des savoka à *Ravenala* et sur des steppes.

- *Utilisation de l'espèce*

La première utilisation de cette essence à Madagascar fût l'embroussaillage. Vers les années 60, elle a été vulgarisée dans le cadre d'un programme de défense et restauration des sols dans la région d'Alaotra (Tassin et al., 2009). Elle est également une espèce de reboisement. Des essais ont été menés dans plusieurs circonscriptions : Toamasina, Fénérive Est, Ambatondrazaka, Fianarantsoa, Ihosy, Morondava, Toliary, Taolagnaro (Ramamonjisoa, 1999). L'arbre est utilisé en ornementation. Le bois est exploité en tant que bois de chauffe ou charbon de bois dont le rendement est de 15 m<sup>3</sup> à 18m<sup>3</sup>/ha/an (Blaser et al. 1993). Il peut également servir de clôture, de haies vives ou de jachères forestières. Les fleurs sont mellifères et l'écorce peut être utilisée comme tannin.

- *Grevillea banksii – espèce envahissante*

Sur le plan international, *Grevillea banksii* a été identifiée en tant qu'espèces envahissantes avec d'importants impacts sur l'environnement et des dégâts possibles sur l'agriculture et sur le domaine social à Hawaï et aux Antilles (Le Bourgeois et al., 2006).

D'un point de vue national, déjà en 1968, Chauvet a énoncé que parmi les espèces introduites à Madagascar, nombreuses sont devenues envahissantes dont *Grevillea banksii*. En 1995, Tassin et al. ont remarqué que l'espèce colonisait les lavaka du lac Alaotra suite à un programme de défenses et de restauration des sols. Binggeli a évoqué la vaste étendue des peuplements monospécifiques que forme l'espèce sur la côte Ouest d'Ambila Lemaintso. Tassin a énoncé en 2007 que l'essence présente des risques d'invasion majeurs (Tassin et al., 2009).

*Grevillea banksii* est cité parmi les espèces végétales envahissantes par le Département de la Biologie et Ecologie Végétale et al. en 2005 (ONE, 2008). Elle est écologiquement néfaste et étrangle les autres végétaux (MBG, 2005). Aussi en 2013, l'espèce a fait objet d'une communication particulière lors d'un colloque international sur les espèces exotiques envahissantes dans les îles du Sud-ouest et de l'Océan Indien. Et des études menées par le Centre National de Recherche en Environnement (CNRE) ont démontré que la propagation de *Grevillea banksii* dans la région orientale de Madagascar menace les espèces autochtones en modifiant les propriétés du sol (Andrianandrasana et al., 2014).

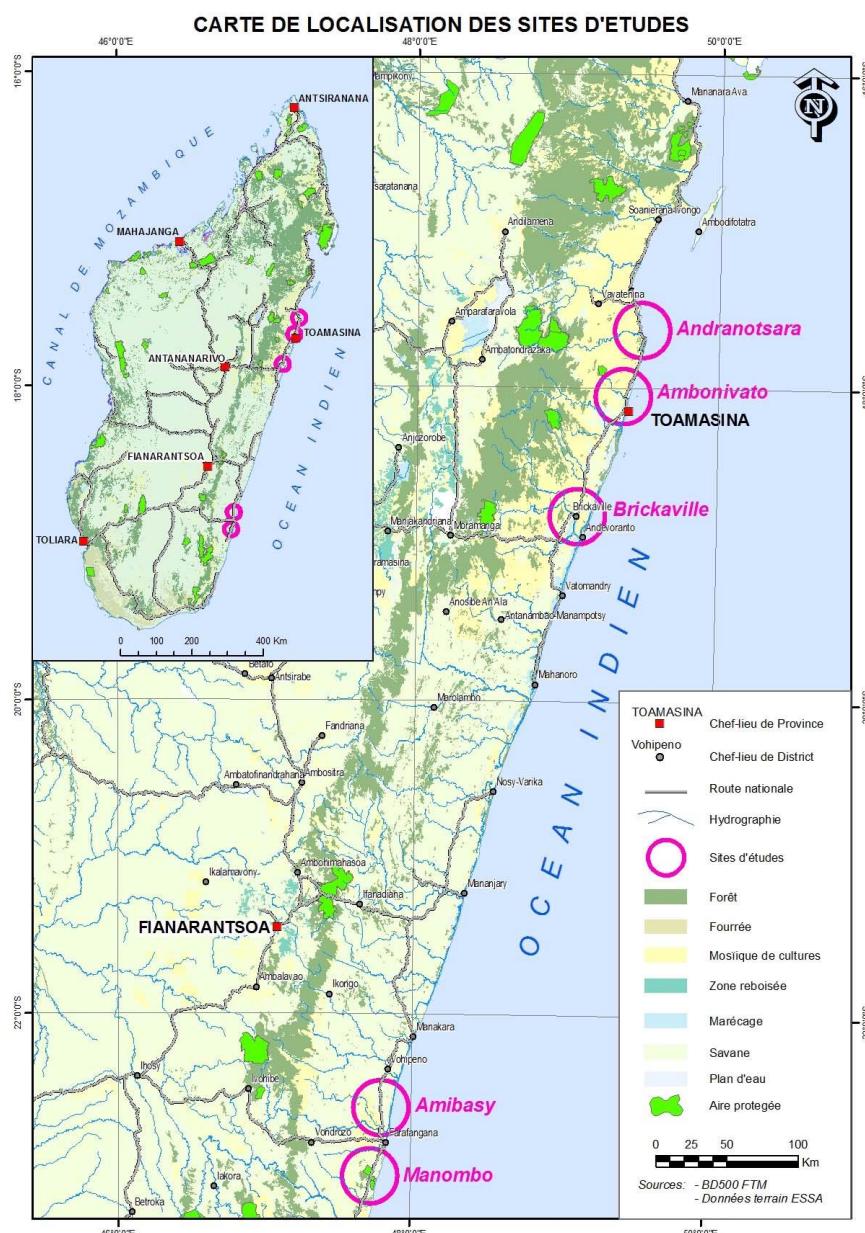
## 2.3. Milieux d'étude

### 2.3.1. Situation géographique

Les zones d'étude sont situées dans la région orientale de Madagascar. Précisément, ils sont localisés aux alentours de Toamasina et Brickaville (dans le secteur Nord) et aux environs de Farafangana (dans le secteur Sud).

Les coordonnées géographiques des sites d'étude se présentent comme suit :

- Brickaville :
  - Tanambao : 18°47' Sud et 49°48' Est
  - Befamoha : 18°49' Sud et 49°4' Est
- Toamasina :
  - Andranotsara : 17°41' Sud et 49°31' Est
  - Ambonivato : 18°04' Sud et 49°24' Est
- Farafangana :
  - Manombo : 22°59'40.10" Sud et 47°45'22.80" Est
  - Amibasy : 22°36' Sud et 47°48' Est



Carte 1: Localisation de la zone d'étude (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016).

### 2.3.2. Climat

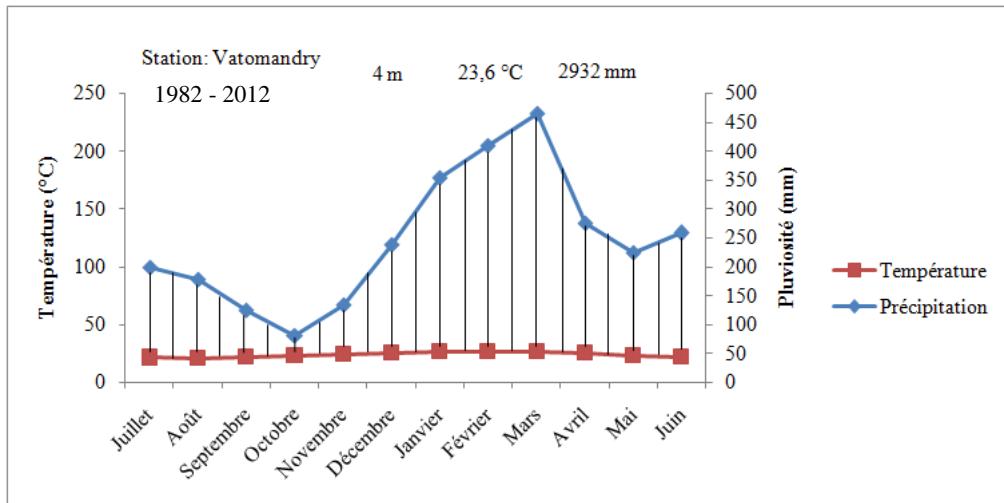


Figure 1 : Climadiagramme de Brickaville (selon le modèle Walter et Lieth).

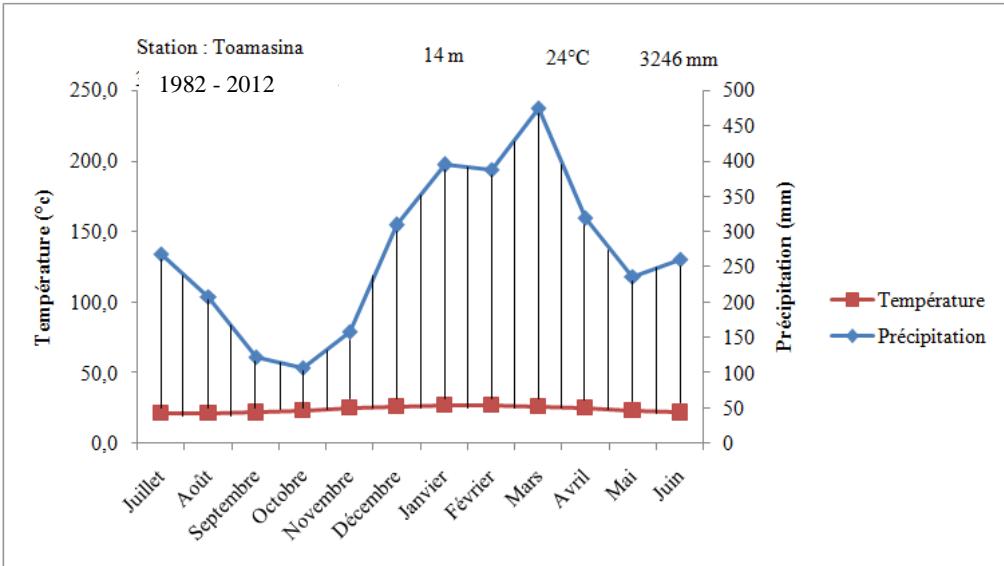


Figure 2: Climadiagramme de Toamasina (selon le modèle Walter et Lieth).

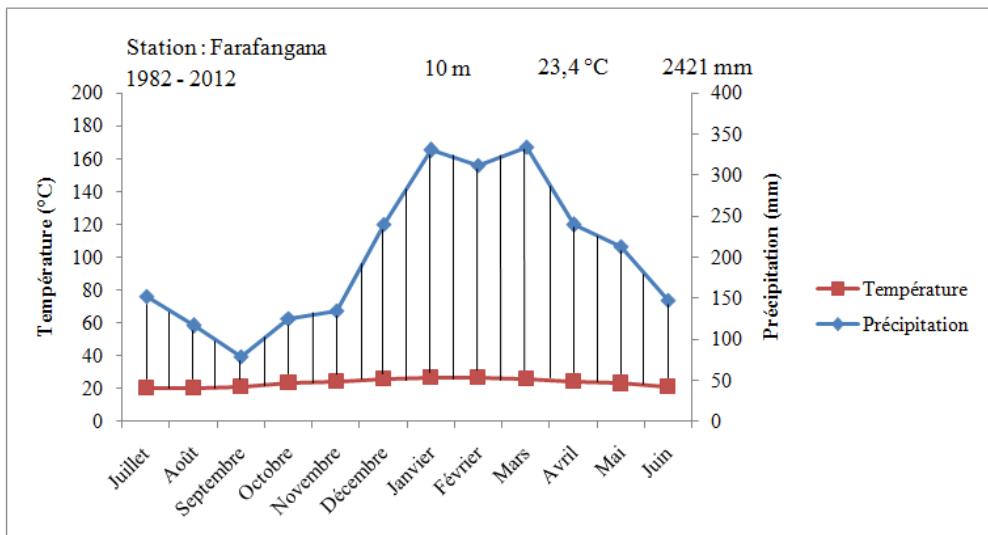


Figure 3: Climadiagramme de Farafangana (selon le modèle Walter et Lieth).

Les données climatiques ont été obtenues sur le site <http://fr.climate-data.org> le 08 juin 2016.

D'après les figures 1, 2 et 3, il ressort que :

- *Pluviométrie*

Pour les trois (3) zones, aucune saison sèche n'est perçue. Le mois le plus pluvieux est le mois de mars avec une précipitation moyenne de 464 mm pour Brickaville, 475 mm pour Toamasina et 334 mm pour Farafangana. Par contre, le mois le plus sec est le mois d'octobre pour Brickaville (80 mm) et Toamasina (107 mm), et le mois de septembre pour Farafangana (78 mm).

- *Température*

Les mois les plus chauds observés dans la zone d'étude sont janvier pour Brickaville (26,2°C), janvier et février pour Toamasina (26,7°C) et février pour Farafangana (26,8°C). Tandis que le mois le plus frais est le mois d'août à Brickaville (20,7°C) et Toamasina (21°C), le mois de juillet à Farafangana (20,1°C).

- *Vent*

La région orientale de Madagascar est soumise aux influences de l'Alizé toute l'année. Généralement, la saison cyclonique commence vers le mois de mi-décembre et se termine en mi-avril. En moyenne, le nombre de cyclones prévus passer à Madagascar pour la saison 2015-2016 est réduit de un à 2, au lieu de 3 à 4 (MTM, 2015).

Ainsi, les sites d'étude sont soumis à un climat de type tropical per humide et chaud.

### **2.3.3. *Hydrographie***

La zone d'étude est traversée par le Canal des Pangalanes de Toamasina à Farafangana.

La rivière Rianala passe à Brickaville. Le village d'Ambonivato est bordé par la Rivière Ivoloina. Le lac Fulgence, dans le parc Ivoloina, constitue également une ressource en eau. Le ruisseau Ranotsara, qui a donné son nom au village, et le fleuve Omibe, traversent le fokontany Mahatsara1. Trois rivières, Sahanalaostra, Menatsimba, Takoandra, prennent source à Bemelo, dans la Réserve Spéciale Manombo. Quant à Ambasy, le canal d'Andranamby passe par le village.

### **2.3.4. *Pédologie***

La côte Est de Madagascar présente un sol de type ferrallitique. Ces sols sont profonds, caractérisés par une décomposition marquée des minéraux primaires. Ils ont une forte teneur en sesquioxydes de fer et d'aluminium (Henintsoa, 2013). Les sols des zones d'étude sont à texture sableuse, pour les régions littorales (Tanambao, Andranotsara et Manombo). Plus loin de la mer, la présence d'argile est notée. Ce cas est observé à Befamoha, Ambonivato et Ambasy.

### **2.3.5. *Flore et végétation***

Concernant la flore, le paysage dans les trois (3) sites est généralement composé de steppes herbeuses ou arborées, de savoka à *Ravenala*, de forêts de plantation (*Eucalyptus*, *Pinus* et *Acacia*), des champs d'agriculture et d'agroforesterie et quelques vestiges de forêts naturelles. Ce dernier type de végétation n'a pas été observé à Brickaville.

A Ambonivato, le Parc Zoologique et Botanique d'Ivoloina, anciennement station forestière d'Ivoloina, constitue un site d'essai pour des projets de conservation des espèces endémiques.

A Mahatsara 1, la station forestière présente les caractéristiques de forêt littorale. La flore est caractérisée par des espèces appartenant aux familles LAURACEAE, RUBIACEAE, SARCOLAENACEAE avec une espèce endémique locale *Leptolaena raymondii*.

La Réserve Spéciale Manombo se trouve à Bemelo. La végétation y est subdivisée en deux types de forêt distincts : forêt littorale à prédominance de *Hintsia bijuga* et forêt humide de basse altitude.

A Amibasy, des îlots de forêts naturelles ont été rencontrés. Ils sont essentiellement composés de cafés sauvages (famille des RUBIACEAE) et des espèces du genre *Uapaca*.

### 2.3.6. Faune

Dans la région de Toamasina, le Parc Zoologique et Botanique d'Ivoloina est un refuge pour les lémuriens saisis dans des trafics illicites. Des espèces de reptiles et d'amphibiens y sont également prises en charge. Dans la station forestière de Mahatsara, les espèces faunistiques sont caractérisées par des reptiles (familles des BOIDAE et des LAMPROPHIIDAE), des oiseaux (familles des ANATIDAE, des COLUMBIDAE).

Celle de Farafangana, la Réserve Spéciale Manombo abrite 8 espèces de lémuriens, 52 espèces d'escargots terrestres, des espèces de poissons d'eau douce. A Amibasy, aucune étude officielle n'y a été réalisée. Mais selon les villageois, des lémuriens, des oiseaux et des insectes y sont observés.

### 2.3.7. Milieu humain

#### • Démographie

A Brickaville et à Toamasina, l'ethnie Betsimisaraka compose la majorité de la population. La Commune Urbaine de Brickaville a recensé 30 135 habitants en 2013. A Toamasina, le fokontany Mahatsara 1 a compté 950 habitants en 2009, et le fokontany Ambonivato, 1 706 habitants en 2014. Ambonivato est plus peuplé que Mahatsara 1 en raison de sa proximité de la ville de Toamasina et de la diversité des activités économiques. Aussi, la présence du Parc Ivoloina permet le développement d'activités relatives au tourisme.

A Farafangana, la population est constituée principalement d'Antaifasy. Le fokontany Manombo a inscrit 1 415 habitants en 2016. La même année, à Amibasy, 1 040 habitants ont été recensés. Les deux (02) fokontany sont traversés par la route nationale n°12. La Réserve Spéciale de Manombo sollicite les services de la population locale dans la protection de la biodiversité. Ceci peut influencer le nombre de population dans cette localité.

#### • Activités socio-économiques

A Brickaville, le charbonnage est une source de revenu importante. Les fokontany de Tanambao et Befamoha approvisionnent principalement la ville de Toamasina en charbon. L'agriculture y est aussi exercée. Elle concerne surtout la riziculture, la culture maraîchère et les arbres fruitiers. La population locale pratique l'élevage, mais il est de type contemplatif.

A Toamasina, pour Mahatsara 1, la pêche maritime est la principale activité économique. Le type de culture dominant est la culture vivrière qui intéresse la riziculture et la culture de manioc. En outre, les filières café, letchis, coco et pastèque sont aussi valorisées.

L'élevage y est aussi pratiqué : l'élevage bovin, l'élevage porcin et l'élevage de volailles. A Ambonivato, la majorité de la population travaillent dans l'exploitation minière (granite). La culture vivrière et culture maraîchère sont observées. La rivière d'Ivoloina est exploitée à travers l'extraction de sables et les balades sur des radeaux en bambous. En outre, une part importante des habitants riverains travaillent au sein du Parc Botanique et Zoologique d'Ivoloina. La communauté locale bénéficie également des appuis de l'ONG Madagascar Fauna and Flora Group dans les activités économiques, comme des formations en compostage et en techniques améliorées en riziculture.

Dans le District de Farafangana, à Befamoha, l'agriculture est l'activité la plus pratiquée. Elle concerne surtout la culture vivrière, la culture de rente et les vergers. La plupart de la population a bénéficié d'un appui technique de Welt Hunger Hilfe (WHH) en agriculture. Néanmoins, l'exploitation de bois, y compris le charbonnage, joue aussi un rôle majeur dans les revenus familiaux. La pêche maritime y est aussi exercée. En outre, la fabrication d'alcool artisanal participe aux frais ménagers. Une partie de la communauté locale travaille au sein de la Réserve Spéciale de Manombo en tant qu'agents de contrôle et de patrouille. Pour le cas d'Amibasy, la riziculture est la première activité économique. L'agriculture concerne aussi la culture maraîchère et les arbres fruitiers. L'exploitation des produits forestiers, en tant que matériaux de construction, est également une activité importante. Sur la route nationale n°12, cette escale est reconnue pour le rhum de bois de rose et le miel. Ces produits sont vendus au bord de la route. Le rhum de bois de rose est une boisson alcoolique dans laquelle de la poudre de bois de rose a été versée. Les ressources halieutiques sont aussi exploitées bien qu'elles ne soient pas régulières.



Photo 3 : Four à charbon de *Grevillea banksii* sur la route de Soanierana Ivongo (Kull, 2016).

## 2.4. Méthodes

### 2.4.1. Cartographie

La cartographie a pour but de localiser et de délimiter les zones d'étude. Elle a permis de circonscrire les sites d'étude avec les coordonnées géographiques nécessaires sur carte et relevées sur terrain à l'aide d'un GPS.

### 2.4.2. Observations

Les observations ont pour but de confirmer ou rectifier les informations acquises. Elles ont été axées notamment sur les états des peuplements existants en l'occurrence celui de *Grevillea* et ceux des forêts naturelles avec comme critères la situation topographique, le type de sol et les conditions environnementales (facteurs abiotiques et biotiques). Les menaces et pressions sur les forêts de *Grevillea* ainsi que leurs impacts, ont été également notés.

### 2.4.3. Enquêtes

Les enquêtes ont eu pour objectif de collecter les informations nécessaires à l'étude et qui n'ont pas été obtenues lors des observations. Elles ont été effectuées simultanément avec une étude qui se concentre sur les impacts socio-économiques de *Grevillea banksii*. Les enquêtes pour cette étude sont de type informel. Les personnes ressources sont notamment les guides, les autorités locales et les agents forestiers ayant participé à l'épandage de l'essence étudiée. Un guide d'enquête a été élaboré (Annexe 1) et a été orienté sur les aspects écologiques et environnementaux. Les informations concernant l'espèce et l'écosystème, ainsi que la biodiversité locale, ont été recueillies tout comme les connaissances locales et les utilisations potentielles de l'espèce.

### 2.4.4. Inventaire

L'inventaire forestier a pour but de relever des données dendrométriques (fiche de relevé en Annexe 2) qui ont permis la réalisation de l'analyse sylvicole. Il a été effectué par échantillonnage dans deux (2) secteurs et cinq (5) localités : 1) Brickaville, 2) Andranotsara et 3) Ambonivato pour le secteur Nord (Toamasina), 4) Manombo et 5) Amibasy pour Farafangana.

A cet effet, une stratification a été réalisée dans chaque localité. Cette démarche consiste à subdiviser la zone d'étude en unités homogènes en se basant sur un critère de différenciation qui est l'abondance de *Grevillea banksii* par rapport aux espèces associées. Le taux d'abondance de 50 % a été pris comme référence car à partir de ce seuil l'espèce prédomine dans la placette. Ainsi, trois (03) strates ont été définies : 1) strate à abondance zéro ou  $S_{ab=0}$ , 2) strate à abondance faible ou  $S_{ab<50}$  (inférieure à 50%) et, 3) strate à abondance forte ou  $S_{ab>50}$  (supérieure à 50%).

Pour une représentativité de l'échantillonnage, trente (30) parcelles ont été mises en place dans chaque localité : dix (10) placettes dans la strate  $S_{ab>50}$ , dix (10) placettes dans la strate  $S_{ab<50}$  et dix (10) placettes dans la strate  $S_{ab=0}$ .

Chaque unité d'échantillonnage est constituée par une placette de 20m x 20m, soit 400m<sup>2</sup>, divisée en trois (03) compartiments.

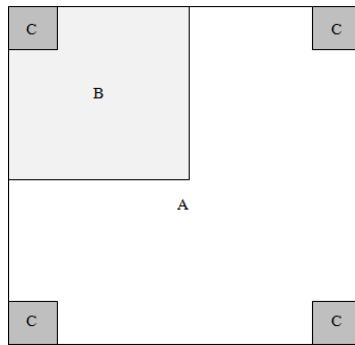


Figure 4 : Unité d'échantillonnage

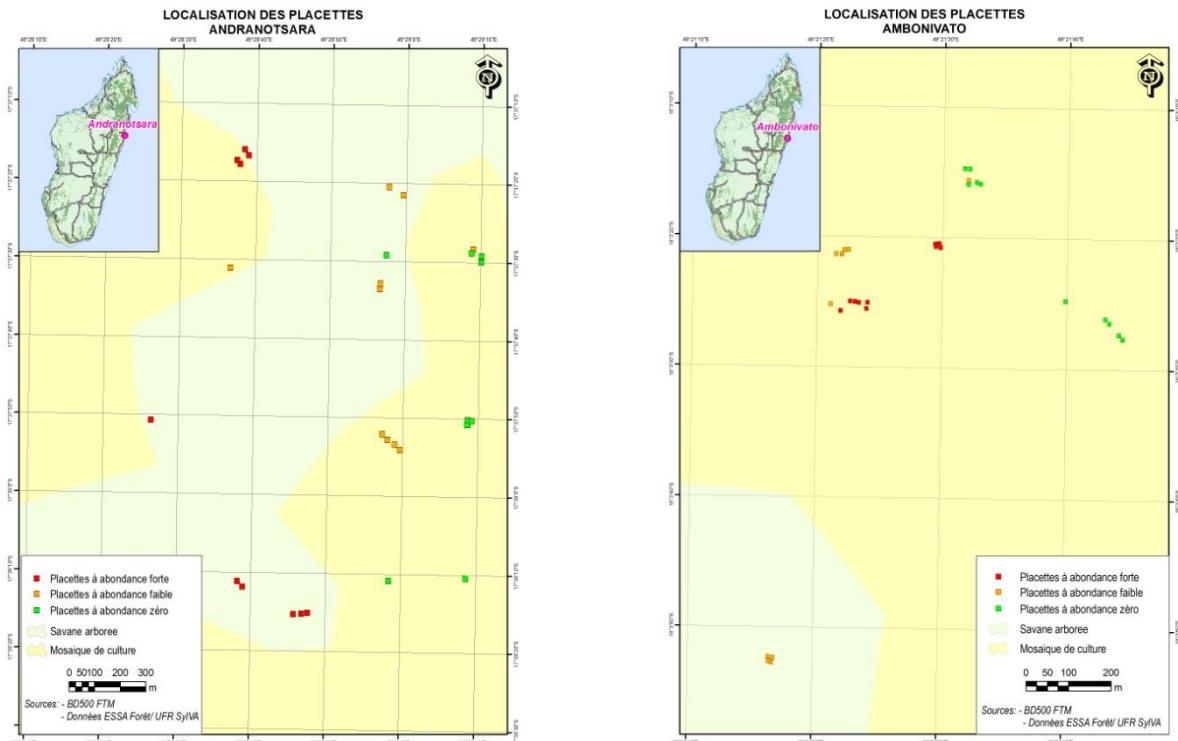
La compartmentation suivante, a été réalisée selon la méthode de Brun (1976).

Tableau 2: Compartimentation par unité d'échantillonnage

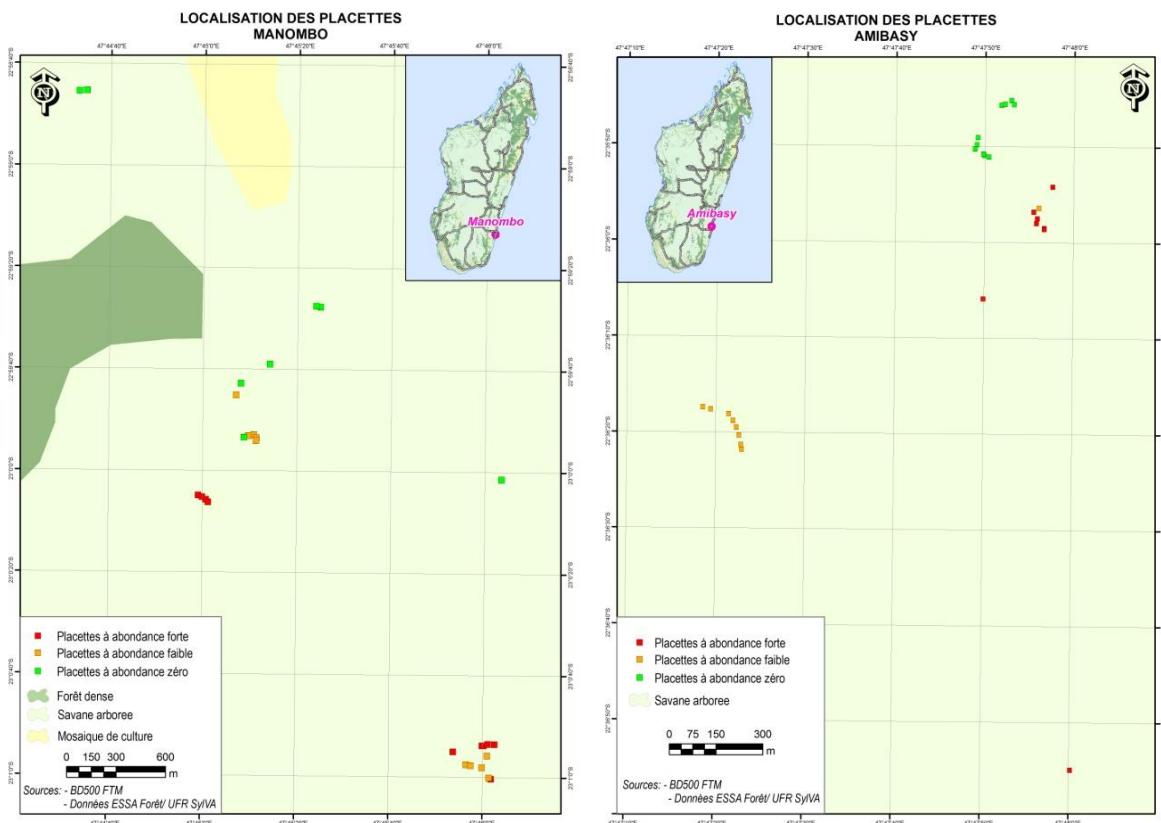
Compartiment	Dimensions	Paramètres relevés
Compartiment A	20m x 20m	$d > 10\text{cm}$
Compartiment B	10m x 10m	$5\text{cm} < d \leq 10\text{cm}$
Compartiment C	1m x 1m	$d \leq 5\text{cm}$

Où :  $d$  : diamètre à 1,3 m du sol

Les cartes 2 et 3 illustrent la disposition des placettes d'inventaire dans les quatre (4) localités : Andranotsara, Ambonivato, Manombo et Amibasy ( coordonnées géographiques en Annexe 3). Il est à signaler que les sites d'études sont très éloignés des villages. Ce qui ne permet pas leur localisation sur les cartes 2 et 3.



Carte 2 : Localisation des placettes dans la région de Toamasina (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016).



Carte 3 : Localisation des placettes dans la région de Farafangana (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016).

#### 2.4.5. Analyse sylvicole

L’analyse sylvicole consiste à décrire un peuplement à partir des observations des caractéristiques phisyonomiques. Elle étudie ainsi la composition floristique, les structures spatiale et totale permettant de définir les potentialités du peuplement. Par la suite, elle oriente la gestion de la ressource future, en tant qu’écosystème ou espèce ainsi que l’aménagement sylvicole à préconiser.

En général, l’analyse sylvicole comprend quatre étapes : 1) l’analyse du présent qui concerne l’état actuel du peuplement avec la détermination des limites écologiques, 2) l’analyse du passé qui consiste à connaître les anciens évènements, 3) l’analyse du futur qui consiste à prédire la tendance évolutive, et 4) la prise de décision sylvicole en terme de stratégie (Rajoelison, 1997).

#### 2.4.6. Observations pédologiques

Afin de pouvoir comparer le composant pédologique dans les trois (03) strates étudiées, des observations pédologiques ont été effectuées. A cet effet, des fosses pédologiques de 40cm de côté et de 40cm de profondeur, ont été mises en place. Les paramètres évalués ont été principalement la couleur, la teneur en matière organique, la structure (éléments fins plus ou moins agrégés), la texture (granulométrie) et l’enracinement à différents niveaux. La couleur a été observée à l’œil nu et le résultat, noté dans une fiche d’observation pédologique (Annexe 4). Le diagnostic tactile de la texture a permis de déterminer la texture du sol (Annexe 5).

Tableau 3 : Diagnostic Tactile de la Texture (INRA 2006)

Eléments constitutifs	Proportion	Méthodes d'estimation
Sable (quand le matériau reste plastique)	Moins de 15%	Aucune sensation de rugosité entre les doigts
	Plus de 50%	Forte sensation de rugosité, des grains visibles à l'œil nu, effritement rapide de l'échantillon entre les doigts
Argile (quand le matériau s'assèche)	Moins de 18%	Une partie du sol tache les doigts en noir (matière organique). Le reste forme une poudre fine flottant dans l'air.
	Entre 18% et 30%	Le sol se détache des doigts et forme de fuseaux fins et nets d'environ 1 à 2 mm de diamètre et de 0,5 à 1 cm de long.
	Plus de 30%	Le sol forme une plaquette, souvent brillante, à la surface de l'un des doigts sur lequel il colle.

#### 2.4.7. Analyse des données

- *Données cartographiques*

Les coordonnées géographiques relevées sur terrain ont été rapportées sur des cartes. L'élaboration des différentes cartes (localisation des sites, disposition des placettes d'inventaire et répartition de *Grevillea banksii*) a été effectuée avec le logiciel ArcGis 9.3 avec les bases de données de Foiben'ny Taontsary Malagasy.

- *Données d'inventaire*

- Capacité de dispersion de *Grevillea banksii*

La capacité de dispersion des graines *Grevillea banksii* a été appréciée à partir de la distance entre les placettes dans la strate  $S_{ab<50}$  et celles dans la strate  $S_{ab>50}$ . Ceci en supposant implicitement que les placettes à abondance supérieure à 50 % constituent les forêts semencières des placettes à abondance inférieure à 50 %. La distance entre ces forêts a été obtenue à partir des coordonnées géographiques de chaque placette (distance entre placette 1 de  $S_{ab<50}$  et placette 1 de  $S_{ab>50}$ , etc.). Et la moyenne entre les 10 distances constituent la distance moyenne pour la localité.

- Taux d'invasion

Le taux d'invasion (Ti) de *Grevillea* est apprécié par son abondance et sa dominance dans la strate  $S_{ab<50}$  par rapport à celles évaluées dans la strate  $S_{ab>50}$ . Il a été calculé pour chaque localité.

Ainsi, en se basant sur l'hypothèse que les forêts de la strate  $S_{ab<50}$  sont régénérés à partir des forêts de la strate  $S_{ab>50}$ , l'équation suivante a été adoptée :

$$Ti (\%) = \frac{\text{Abondance (ou dominance) dans la strate } S_{ab<50}}{\text{Abondance (ou dominance) dans la strate } S_{ab>50}} \times 100 \quad (\text{Équation 1})$$

Ce taux exprime l'état de *Grevillea banksii* dans les forêts de la strate  $S_{ab<50}$  par rapport à celui dans la strate  $S_{ab>50}$ . Ainsi, en fonction de la valeur de Ti, l'état d'invasion de l'essence sera défini.

Pour les deux (02) paramètres, l'échelle adoptée est :

- $0 \% < Ti \leq 35 \%$  : l'espèce est considérée comme peu envahissante. L'abondance et/ou la dominance de *Grevillea* dans la strate  $S_{ab<50}$  représentent moins de 35 % de celles dans la strate  $S_{ab>50}$ . Cela signifie que *Grevillea banksii* commence à s'installer dans la végétation et elle ne constitue pas encore une menace majeure.
- $35 \% < Ti \leq 75 \%$  : l'essence est moyennement envahissante. L'état de *Grevillea banksii* dans la strate  $S_{ab<50}$  commence à être similaire à celui dans la strate  $S_{ab>50}$ .
- $75 \% < Ti \leq 100 \%$  : le risque d'invasion est élevé. L'état de *Grevillea banksii* dans la strate  $S_{ab<50}$  se rapproche de celui dans la strate  $S_{ab>50}$ .

- Analyse sylvicole

Les données collectées lors des inventaires ont servi de base pour l'analyse sylvicole qui comprend : a) une analyse structurale, b) une analyse de la régénération naturelle et c) une analyse de la principale essence *Grevillea banksii* (Rajoelison, 1997).

- a) Analyse structurale

Elle a pour but d'étudier la structure floristique et la structure spatiale du peuplement, afin d'obtenir des indications sur les caractéristiques des essences, le composant et sur son potentiel d'exploitabilité.

- ✓ *Structure floristique*

Elle étudie : a) la composition floristique qui consiste à analyser toutes les espèces existantes dans la forêt, b) la richesse floristique indiquée par le nombre d'espèces présentes dans une surface donnée et c) la diversité floristique qui montre la répartition des espèces entre les individus présents.

La détermination de la diversité floristique a utilisé deux (2) indicateurs : coefficient de mélange et indice de Shannon.

- Le *Coefficient de mélange* (CM) est exprimé par le rapport (Rajoelison, 1997):

$$CM = \frac{S}{N} \quad (\text{Équation 2})$$

Où  $S$  : nombre d'espèces et  $N$  : nombre total de tiges

- L'*Indice de Shannon* est donné par la formule (Rajoelison, 1997) :

$$H' = - \sum_{i=1}^x p_i \ln p_i \quad (\text{Équation 3})$$

Où  $p_i$  : probabilité qu'une plante choisie au hasard appartienne à l'espèce  $i$

- ✓ *Structure spatiale*

Elle comprend l'analyse horizontale et l'analyse verticale.

- Analyse horizontale*

L'analyse horizontale étudie les paramètres structuraux qui permettent d'évaluer le statut d'invasion d'une espèce dans un écosystème donné. Ces caractères sont l'abondance, la dominance et le volume.

L'abondance donne le nombre de tiges par unité de surface (N/ha).

La dominance est exprimée par la surface terrière donnée par la formule (Rajoelison, 1997) :

$$G = \sum_{i=1}^N \left( \frac{\pi}{4} d_i^2 \right) \quad (\text{Équation 4})$$

Où  $d_i$  : diamètre à 1,3 m du sol

Le volume est donné par l'équation (Rajoelison, 1997) :

$$V = \sum 0,53 \times g_i \times h \quad (\text{Équation 5})$$

Où  $0,53$  : coefficient de forme ;  $g_i$  : surface terrière et  $h$  : hauteur totale

#### *Analyse verticale*

L'analyse verticale permet d'étudier la structure verticale du peuplement. Cette structure est illustrée par le profil structural qui donne une visualisation de l'architecture, du recouvrement et du remplissage du type de forêt étudié.

##### ✓ *Structure totale*

La structure totale d'une formation forestière reflète les caractéristiques générales du peuplement. La courbe correspondante désigne la distribution du nombre de tiges par classe de diamètre, toutes les espèces réunies et tous types biologiques représentés.

##### b) Analyse de la régénération naturelle

L'inventaire consiste à répertorier les jeunes bois dans le compartiment C. Les jeunes bois sont les individus (arbres et arbustes) ayant un diamètre compris entre 1 cm et 5 cm. Ces dimensions ont été choisies car à partir de 1 cm de diamètre, l'arbre peut survivre aux perturbations. La régénération naturelle reflète les caractéristiques du peuplement à venir. Et par conséquent, elle sert de base pour l'élaboration d'un plan de gestion des nouvelles forêts de *Grevillea*.

Afin de calculer le taux de régénération, la formule suivante a été adoptée (Rothe, 1964) :

$$TR = \frac{\text{Nombred'individus régénérés}}{\text{Nombred'individus semenciers}} \times 100 \quad (\text{Équation 6})$$

Où  $TR$  : taux de régénération ; *Individus semenciers* : ceux ayant un diamètre supérieur à 5 cm et *Individus régénérés* : ceux ayant un diamètre inférieur à 5 cm.

Le taux de régénération est ensuite interprété par le biais de l'échelle de Rothe (1964) :

- $TR < 100\%$  : difficulté de régénération ;
- $100 < TR < 1000\%$  : régénération moyenne ;
- $1000\% < TR$  : bon potentiel de régénération.

c) Analyse des principales essences

La principale essence est *Grevillea banksii*. L'objectif de cette analyse est d'étudier la répartition spatiale, le comportement et le tempérament de l'espèce étudiée. Ainsi, l'analyse consiste plus précisément à déterminer le tempérament sylvicole et la capacité de régénération de cette espèce afin d'optimiser son utilisation dans les différents types d'aménagement. A cet effet, l'analyse de la distribution du nombre de tiges par classe de diamètre et par classe de hauteur a été réalisée.

L'analyse de l'allure des courbes de distribution des tiges a permis d'une part, de définir le tempérament de *Grevillea banksii* ; et d'autre part, de connaître l'état actuel des peuplements (pression, pérennité), observé à partir de l'équilibre entre les régénéérations et les individus exploitables.

• **Données pédologiques**

Les données pédologiques ont permis de connaître le type de sol dans les différents sites d'étude. Aussi, la comparaison du composant pédologique dans les différentes strates a pu être réalisée afin de déterminer entre autres l'effet de l'installation de *Grevillea banksii* sur la texture et la structure du sol.

• **Biomasse aérienne et stock de carbone**

L'évaluation du taux de carbone stocké par les forêts de *Grevillea* a été réalisée afin de contribuer à la définition des fonctions écosystémiques de l'essence et de l'écosystème. Le taux de carbone stocké par la forêt est donné par la formule (Brown et al., 2005) :

$$\text{Carbone (t/ha)} = 0,5 \times \text{Biomasse (t/ha)} \quad (\text{Équation 7})$$

La biomasse a été calculée en trois (3) étapes selon Brown et al. (1997) :

*Etape 1* : Calcul de la biomasse du volume inventorié (BV).

$$BV = VOD \times WD \quad (\text{Équation 8})$$

Où :  $BV$  en t/ha ;  $VOD$  : volume en  $m^3/ha$  ;  $WD$  : densité de l'espèce.

*Etape 2* : Calcul du facteur d'expansion de la biomasse (BEF) selon la valeur de BV

$$- \quad BEF = 1,74, \text{ si } BV \geq 190 \text{ t/ha} \quad (\text{Équation 9})$$

$$- \quad BEF = \exp\{3,213 - 0,506 \times \ln(BV)\}, \text{ si } BV < 190 \text{ t/ha} \quad (\text{Équation 10})$$

*Etape 3* : Calcul de la biomasse

$$\text{Biomasse} = VOD \times WD \times BEF \quad (\text{Équation 11})$$

Où  $Biomasse$  en t/ha ;  $VOD$  : volume en  $m^3/ha$  ;  $WD$  : densité de l'espèce.

- **Analyse comparative**

L'analyse comparative a utilisé les tests statistiques (Fig.5). Elle a consisté à effectuer la comparaison entre les peuplements étudiés dans les différentes strates, également les variations entre les deux (2) secteurs étudiés. Dans ce sens, afin de déterminer le type de test à utiliser, des tests de normalité ont été réalisés, au préalable.

Ces analyses statistiques ont permis de mettre en évidence la différence entre les localités dans une région et la différence entre les deux (2) secteurs (Toamasina et Farafangana). De ce fait, de divers paramètres ont été comparés statistiquement, comme : les taux d'invasion, les coefficients de mélange et indices de Shannon, les abondances, les dominances et les volumes du bois, les taux de régénération, ainsi que les taux de carbone stockés dans les forêts de *Grevillea banksii*.

Les tests statistiques utilisés sont notamment : Test T-student, Test de Kruskal-Wallis et le Test de Kolomogorov-Smirnov.

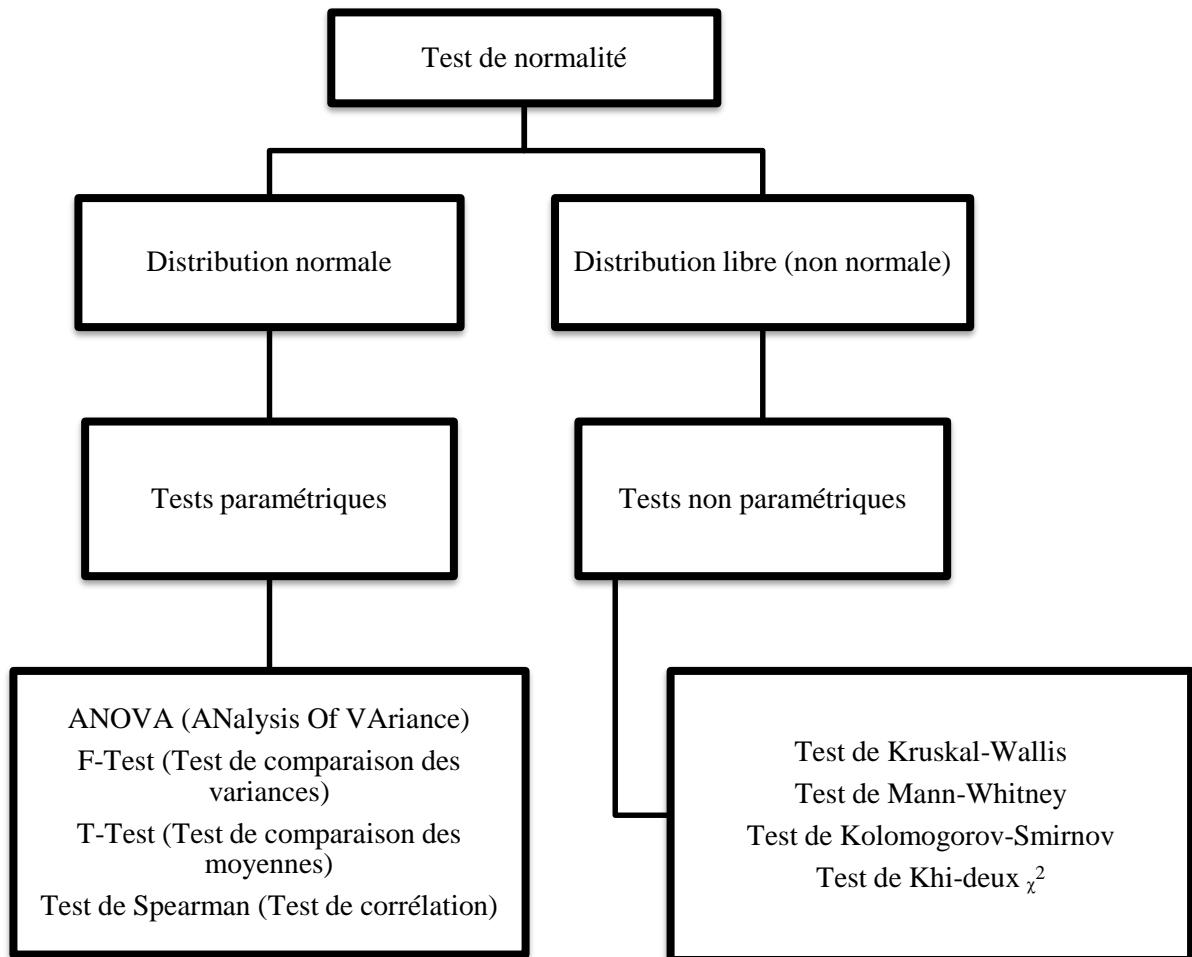


Figure 5 : Démarche pour le choix de test statistique.

#### 2.4.8. Cadre opératoire

Tableau 4 : Cadre opératoire de l'étude

Problématique	Hypothèses	Indicateurs	Méthode objective
L'espèce introduite <i>Grevillea banksii</i> constitue-t-elle, à l'état actuel, une espèce envahissante pour les habitats naturels et la biodiversité dans les formations orientales de Madagascar ?	<p>H1 : <i>Grevillea banksii</i> a une tendance envahissante dans les écosystèmes de la région orientale et menace la biodiversité locale.</p> <p>H2 : L'espèce est à usages multiples et contribue aux services écosystémiques, en particulier aux fonctions de protection, de régulation et à l'amélioration du sol en tant qu'espèce d'embroussaillement.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Taux d'invasion</li> <li>• Dominance</li> <li>• Abondance</li> <li>• Taux de régénération</li> <li>• Impacts négatifs</li> <li>• Caractéristiques biologiques</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Production de bois</li> <li>• Stabilité du sol</li> <li>• Taux de carbone stocké</li> <li>• Fertilité du sol</li> <li>• Utilité de l'espèce en tant que bois de service</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Observations.</li> <li>• Enquêtes.</li> <li>• Inventaire et analyse sylvicole.</li> </ul> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Inventaire et analyse sylvicole.</li> <li>• Observation pédologique.</li> <li>• Observations.</li> <li>• Enquêtes.</li> </ul>

#### 2.4.9. Démarche méthodologique

La démarche méthodologique adoptée pour la réalisation de cette étude est résumée par la figure 6.

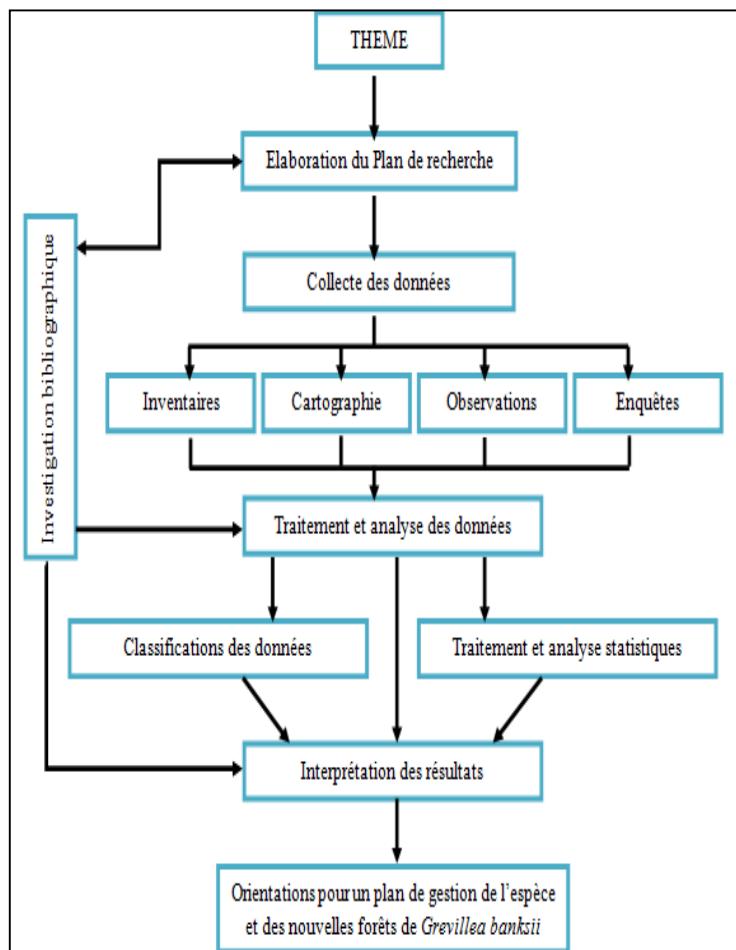


Figure 6 : Démarche méthodologique

### 3. RESULTATS

#### 3.1. Etat d'invasion de *Grevillea banksii*

L'état d'invasion de *Grevillea banksii* a été estimé selon deux (2) critères : caractéristiques d'une espèce envahissante et taux d'invasion de l'espèce.

##### 3.1.1. Caractéristiques d'une espèce envahissante

Le caractère envahissant de *Grevillea banksii* a été déterminé avec les critères définis par Kull et al. (2014) et ceux définis par ISSG en 2016.

Tableau 5 : Caractéristiques de *Grevillea banksii* selon définitions des espèces envahissantes.

	Critères	Indicateurs	Evaluation
Kull et al. (2014)	1. Origine	Australie	+
	2. Comportement au sein du nouvel habitat	Régénération abondante et embroussaillement rapide	+
	3. Effets de l'introduction	Positifs : Adaptation et naturalisation facile, amélioration du sol	+
		Négatif : allélopathie	+
ISSG, 2016	4. Croissance rapide	30 cm à 50 cm de hauteur à l'âge de 3 mois	+
	5. Cycle de vie court	Espèce héliophile et pionnière (*)	+
	6. Maturité précoce	Fructification à l'âge de 6 mois, environ 1 m de hauteur (**)	+
	7. Production de graines	50 000 à 55 000 graines / kg (*)	+
	8. Période de dormance des graines	Période de dormance prolongée	+
	9. Capacité de dispersion	Graines ailées, par anémochorie	+
	10. Tolérance à des variations écologiques	Espèce rustique	+
	11. Modes de reproduction variés	Semis direct par graines, par rejet de souche, par drageon.	+

(\*) Blaser et al., 1993.    (\*\*) Selon les observations de la population locale.

D'après le tableau 5, les 11 critères définis ont été vérifiés pour *Grevillea banksii*. De ces faits, l'espèce peut être considérée comme envahissante.

L'espèce est originaire d'Australie et d'Hawaï. Elle a été introduite à Madagascar en 1958. Au sein de son nouvel habitat, elle se régénère abondamment et rapidement, particulièrement sur un terrain brûlé. Par conséquent, elle contribue à un embroussaillement rapide des terrains dénudés et déboisés. Son introduction a des effets positifs parce qu'elle permet de restaurer un sol dégradé par sa grande capacité de rétention d'eau. Par ailleurs, l'espèce est allélopathique et sélectionne par conséquent sa flore associée.

Son développement très rapide car elle peut atteindre 30 cm à 50 cm de hauteur en 3 mois. Sous un fort ensoleillement, elle croît rapidement et présente un cycle de vie court. Selon les observations de la population locale, l'espèce arrive déjà à maturité à l'âge de 6 mois. Les graines sont de petite taille. 50 000 à 55 000 graines pèsent 1 kg. Elles sont dispersées facilement par le vent (anémochorie). *Grevillea banksii* s'adapte à de grande variation écologique, ce qui témoigne sa rusticité. Elle est rencontrée sur les collines, les dunes et au bord des plans d'eau.

#### • Capacité de dispersion de *Grevillea banksii*

La dissémination naturelle est favorisée par les graines ailées et anémochores c'est-à-dire dispersion par le vent.

Tableau 6 : Distance entre les placettes de  $S_{ab>50}$  et les placettes  $S_{ab<50}$ .

Secteur	Localité	Coordonnées géographiques	Distance (m)	Moyenne (m)
Toamasina	Andranotsara	S 17°38'11.7" E 49°28'55.2"	778,7	743,7 ± 49
	Ambonivato	S 18°03'25.7" E 49°21'21.6"	708,7	
Farafangana	Manombo	S 23°00'02.1" E 47°46'03.6"	2 086,3	1 510 ± 815
	Amibasy	S 22°59'40.1" E 47°45'22.8"	933,7	

L'alizé joue un rôle important dans la dispersion des graines de *Grevillea*. Comme ce vent souffle du littoral vers la zone centrale, l'espèce a de forte chance de s'installer sur ces dernières. Par ailleurs, une dispersion anthropique a également été réalisée au moyen de plantation de *Grevillea banksii* comme espèce ornementale, haie vive ou espèce de reboisement.

A Toamasina, la distance moyenne de dispersion est plus courte avec  $743,7 \pm 49$  m. La valeur la plus élevée est observée à Andranotsara avec 778,7 m contre 708,7 m à Ambonivato. Avec une *p-value* supérieure à alpha ( $0,719 > 0,05$ ), la différence entre la distance dans les deux (2) localités n'est pas significative.

A Farafangana, la distance est plus longue, à raison de  $1 510 \pm 815$  m. Elle est de 2 086,3 m à Manombo et 933,7 m à Amibasy. Pour ces deux (2) sites, *p-value* est inférieure à alpha ( $0,002 < 0,05$ ). Par conséquent, il y a une différence significative entre les distances observées.

#### 3.1.2. Taux d'invasion de *Grevillea banksii*

Pour chaque localité et pour chaque région, le taux d'invasion a été apprécié selon deux (2) critères sylvicoles : l'abondance exprimée en nombre de tiges à l'hectare (N/ha) et la dominance représentée par les surfaces terrières par hectare (m<sup>2</sup>/ha).

- **Selon l'abondance**

Le tableau 7 affiche le taux d'invasion de *Grevillea banksii* selon son abondance dans les deux (2) secteurs.

Tableau 7 : Abondance et taux d'invasion (Ti) de *Grevillea banksii*.

Secteur	Localité	Abondance (N/ha)		Ti (%)	Ti moyen (%)
		S <sub>ab&lt;50</sub>	S <sub>ab&gt;50</sub>		
Toamasina	Brickaville	10 388	11 600	90	43
	Andranotsara	9 208	43 825	21	
	Ambonivato	6 538	36 013	18	
Farafangana	Manombo	3 813	51 820	7	22
	Amibasy	14 675	40 465	36	

A Toamasina, l'abondance la plus élevée est observée à Andranotsara dans la strate S<sub>ab>50</sub> avec 43 625 tiges/ha. La strate S<sub>ab<50</sub> à Ambonivato présente le moins d'individus, à raison de 6 538 tiges/ha. A Farafangana, la strate S<sub>ab>50</sub> à Ambonivato compte le plus de tiges avec 51 820 tiges/ha.

Dans le secteur Nord, le risque d'invasion le plus élevé est observé à Brickaville où le taux est égal à 90 %. L'espèce est encore considérée peu envahissante à Andranotsara et à Ambonivato avec des taux d'invasion respectifs de 21 % et de 18 %. La différence entre les taux d'invasion de ces trois (3) localités est significative avec une *p-value* inférieure à alpha (0,028 < 0,05). Dans le secteur Sud, *Grevillea banksii* est moyennement envahissante à Amibasy avec un taux de 36 %, alors que le risque d'invasion est faible à Manombo avec un taux de 7 %. Les taux d'invasion présentent également une différence significative avec une *p-value* inférieure à alpha (0,049 < 0,05).

A Toamasina, le taux d'invasion moyen est de 43 %, *Grevillea banksii* y est moyennement envahissant. Pour Farafangana, l'espèce est encore peu envahissante avec un taux d'invasion de 22 %.

Dans les cinq (5) localités, *Grevillea banksii* est plus abondante à Manombo (51 820 tiges/ha), qui est 5 fois plus que ce qui est observé à Brickaville (11 600 tiges/ha). Par contre, l'espèce est très envahissante à Brickaville avec un taux de 90 %, tandis qu'elle n'est pas encore considérée comme envahissante à Manombo, où le taux est de 7 %.

- **Selon la dominance**

La dominance et le taux d'invasion de *Grevillea banksii* dans les deux (2) secteurs sont résumés par le tableau 8.

Tableau 8: Dominance et taux d'invasion (Ti) de *Grevillea banksii*.

Secteur	Localité	Dominance (G/ha)		Ti (%)	Ti moyen (%)
		S <sub>ab&lt;50</sub>	S <sub>ab&gt;50</sub>		
Toamasina	Brickaville	5,54	3,87	143	58
	Andranotsara	5,15	18,38	28	
	Ambonivato	4,56	154,87	3	
Farafangana	Manombo	3,26	28,32	12	9
	Amibasy	4,91	69,79	7	

Dans le secteur Nord, *Grevillea banksii* est très dominante dans la strate  $S_{ab>50}$  à Ambonivato avec 154,87 m<sup>2</sup>/ha contre 3,87 m<sup>2</sup>/ha dans la strate  $S_{ab>50}$  à Brickaville. En outre, dans le secteur Sud, la dominance est plus élevée dans la strate  $S_{ab>50}$  à Amibasy avec 69,79 m<sup>2</sup>/ha, mais plus faible dans la strate  $S_{ab<50}$  à Manombo avec 3,26 m<sup>2</sup>/ha.

A Toamasina, le risque d'invasion est très élevé à Brickaville où le taux est de 143 %. Et il est minime à Ambonivato avec un taux de 3 %. Ces taux d'invasion ne présentent pas de différence significative (*p-value* 0,028 < alpha 0,05). Pour Farafangana, *Grevillea banksii* n'est pas encore envahissante dans les deux (2) localités avec un taux égal à 12 % à Manombo et 7 % à Amibasy. Et il y a également une différence significative entre les taux des deux (2) localités, *p-value* inférieure à alpha (0,049 < 0,05).

Pour les cinq (5) sites, la strate  $S_{ab>50}$  à Ambonivato affiche la dominance la plus élevée (154,87 m<sup>2</sup>/ha) contre la strate  $S_{ab<50}$  à Manombo (3,26 m<sup>2</sup>/ha).

Le tableau 9 illustre la comparaison des taux d'invasion dans les deux (2) secteurs d'étude selon les deux (2) critères : abondance et dominance.

Tableau 9 : Comparaison des taux d'invasion dans les deux régions.

Secteur	Taux d'invasion (%)	
	Critère abondance	Critère dominance
Toamasina	43	58
Farafangana	22	9
<i>p-value</i>	0,062 > $\alpha$	0,002 < $\alpha$
<i>Degré de signification</i>	NS	S

Avec :  $\alpha=0,05$  ; NS : différence non significative et S : différence significative.

Pour l'abondance, il est observé un taux d'invasion plus élevé à Toamasina (43 %) par rapport à Farafangana (22 %). La différence est pourtant non significative pour les deux (2) secteurs, *p-value* est supérieure à alpha.

En ce qui concerne la dominance, le secteur Nord (Toamasina) présente encore le taux le plus élevé avec 58 % contre seulement 9 % dans le secteur Sud (Farafangana). Et la différence est significative pour les deux (2) secteurs avec une *p-value* inférieure à alpha (0,002 < 0,05).

En se basant aux critères de définition établis par Kull et *al.* (2014) et par ISSG (2016), *Grevillea banksii* peut être considérée comme une espèce envahissante. Effectivement, les 11 critères sont vérifiés pour l'espèce. Le risque d'invasion est élevé à Brickaville avec un taux de 90 % selon l'abondance et de 143 % selon la dominance. Par contre, l'essence ne représente pas encore de menace majeure dans les quatre (4) autres localités. Dans le secteur Nord, *Grevillea banksii* est moyennement envahissante avec un taux égal à 43 % selon l'abondance et égal à 58 % selon la dominance. Dans le secteur Sud, le risque d'invasion est encore faible, le taux est de 22 % selon l'abondance et de 9 % selon la dominance.

### 3.2. Répartition géographique de *Grevillea banksii*

La zone de répartition géographique de *Grevillea banksii* a été établie avec la délimitation de la zone d'occupation actuelle et celle de la zone d'occurrence ou d'extension potentielle et future.



Carte 4 : Répartition de *Grevillea banksii* (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016).

L'espèce *Grevillea banksii* a été introduite dans la station forestière d'Ivoloina vers 1958. Des essais de plantation ont été réalisés plus tard dans les formations secondaires de la région orientale depuis Maroantsetra jusqu'à Fort-Dauphin et dans quelques stations forestières de Kianjasoa, Betroka, Nosy Be et Sainte Marie. Ces actions forestières ont été confortées par des plantations de *Grevillea banksii* comme haies vives ou plantes ornementales dans cette région bioclimatiques (zone d'occupation).

Par ailleurs, la pratique de la culture itinérante sur brûlis (ou *tavy*) a favorisé la dissémination de l'espèce après le feu et a contribué, dans une large part, à l'extension spatiale des forêts de *Grevillea*. Dans la région de Toamasina, suivant la route nationale n°5 (RN5), l'espèce a été observée jusqu'à Soanierana Ivongo. Dans cette région, les peuplements de *Grevillea banksii* forment des îlots dans les savoka à *Ravenala*. Quelques pieds bordent la route en association avec *Melaleuca quinquenervia* (MYRTACEAE). Aussi, des peuplements ont été rencontrés de part et d'autre de la route nationale n°2 (RN2), depuis Toamasina à Ambavaniasy (155 km d'Antananarivo, à plus de 1 044 m d'altitude). A partir de cette zone, seuls quelques pieds ont été observés jusqu'à Ampasimpotsy (131 km d'Antananarivo). D'autre part, il a été remarqué que le paysage suivant la route vers Vatomandry (RN11a) est prédominé par des forêts de *Grevillea banksii*, transformées en zones agroforestières après brûlis.

Concernant la région de Farafangana, les premiers peuplements de *Grevillea banksii* observés sont localisés à partir de 30 km après Ifanadiana, sur 6 km longeant la route nationale n°12 (RN12). Dans cette zone, la présence de *Ravenala madagascariensis* (STRELITZIACEAE) est remarquée dans les peuplements de *Grevillea*. Aussi, les peuplements sont constitués notamment d'individus jeunes. En suivant cette route vers Farafangana, l'espèce est rencontrée à partir d'Irondro (1 049 km d'Antananarivo) jusqu'à 36 km de Farafangana en allant vers Vangaindrano.

De ces faits, la zone d'occupation actuelle de *Grevillea banksii* est la région bioclimatique orientale. Toutefois, avec les modes de dissémination naturels et anthropiques, la zone d'occurrence pourrait s'étendre vers les Hautes Terres centrales (région centrale) et au Moyen-Ouest de Madagascar.

La zone d'occurrence a été définie selon les conditions écobiologiques régulant l'installation de *Grevillea banksii* et selon les observations sur terrain. Généralement, les paysages de Madagascar sur la côte orientale, sont constitués de savoka à *Ravenala* ou de steppes à *Pteridium*. Ils sont soumis régulièrement au passage de feu. La dissémination des graines ailées par le vent détermine la direction de la zone d'occurrence. Sous l'influence de l'Alizée, l'extension de l'espace couverte par *Grevillea banksii* se fait de la côte vers le centre de l'île.



Photo 4 : *Grevillea banksii* longeant la route entre Manakara et Farafangana (Auteur, 2016).

### 3.3. Conditions régulant l'installation de *Grevillea banksii*

#### 3.3.1. Conditions biologiques

Les conditions biologiques sont relatives au cycle de vie de la plante et aux caractéristiques de chaque étape de ce cycle.

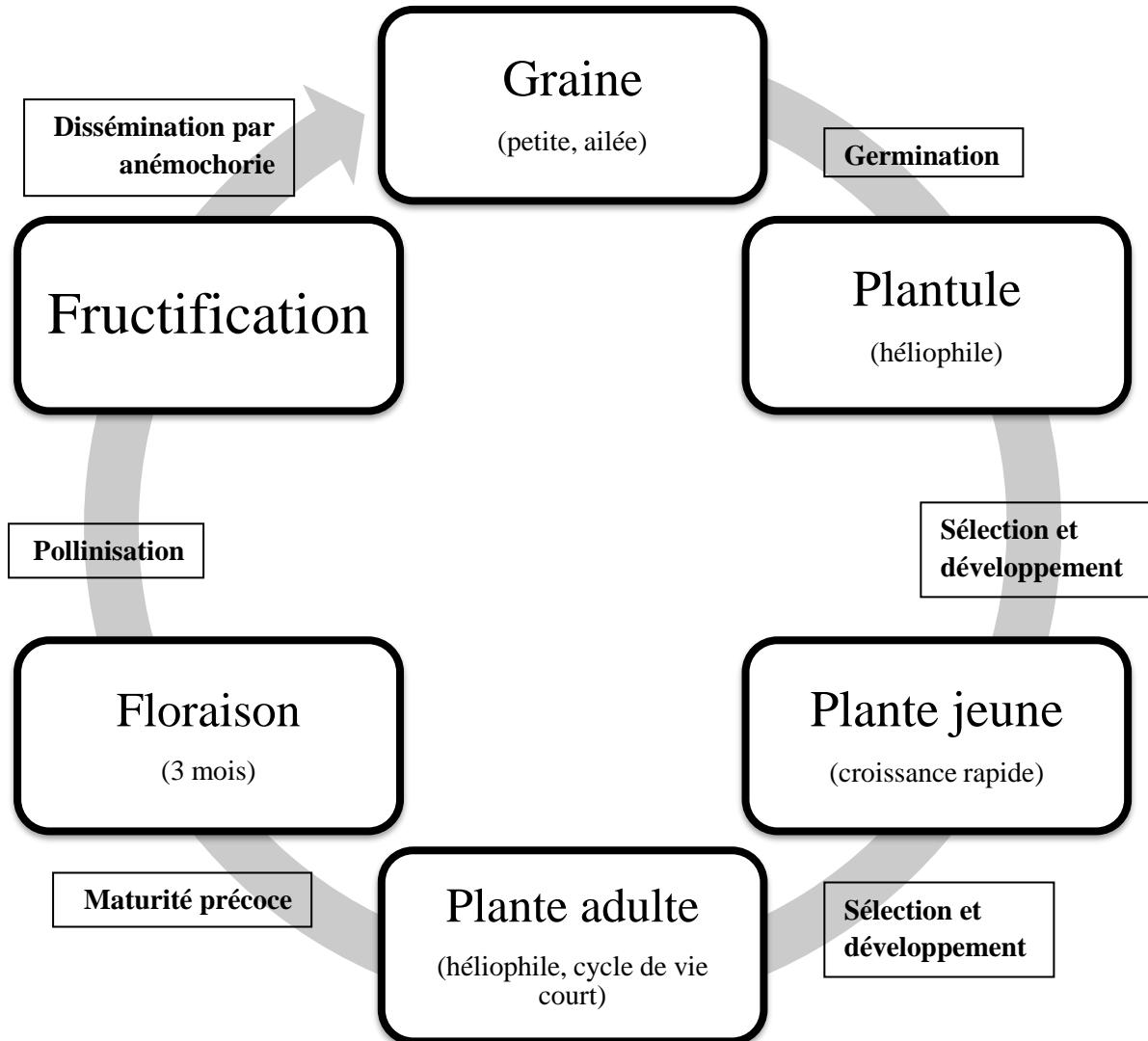


Figure 7 : Cycle biologique de *Grevillea banksii* d'après GOMEZ-POMPA, 1974, cité par UNESCO, 1979, modifié.

- **Graine**

Les graines de *Grevillea banksii* sont de petite taille et produites en grande quantité. De plus, la période de dormance est prolongée et sa viabilité est étendue. Les graines sont ailées, anémochores, facilement dispersées par le vent. La germination est provoquée par la lumière et la chaleur. L'espèce est pyrophyte : le feu favorise sa germination d'où son développement et son abondance dans les zones de cultures sur-brûlis. La germination n'exige pas une forte humidité.

- **Plantule**

Les plantules sont rapidement indépendantes des réserves des graines. L'essence présente un tempérament héliophile pionnier, et se développe aisément sous un fort ensoleillement et en cas de forte ouverture de la canopée forestière. Ainsi, elle est également une essence cicatricielle.

- **Plante jeune**

La période de croissance chez *Grevillea banksii* est relativement courte. Effectivement, un peuplement âgé de 3 mois peut atteindre déjà 30 cm à 50 cm de hauteur. Et la maturité est précoce car un pied d'environ 1 m de haut, soit environ 6 mois d'âge est déjà en fleur.

- **Plante adulte**

L'espèce s'affirme en tant qu'espèce héliophile par la compétition pour la lumière. Aussi, les individus adultes ont une courte longévité. De par leur bois tendre, les individus adultes flétrissent facilement, arrivés à un certain diamètre (diamètre supérieur à 15 cm).

- **Floraison**

La saison de floraison de *Grevillea banksii* est assez longue. Elle commence généralement au mois de juillet et se termine vers la fin du mois de septembre (soit environ 3 mois).

- **Fructification**

La fructification de *Grevillea* dure environ 2 mois, les mois d'août et septembre.

### 3.3.2. *Conditions écologiques*

Les conditions écologiques regroupent les facteurs abiotiques et biotiques pouvant influencer l'installation de l'espèce.

- **Facteurs abiotiques**

- **Climat**

Il a été remarqué que *Grevillea banksii* se développe principalement sous un climat tropical perhumide chaud avec une saison sèche peu marquée. Elle s'adapte notamment à une précipitation élevée, comprise entre 2 421 mm et 3 246 mm par an, et à une température entre 23,4°C et 24°C.

- **Relief et topographie**

*Grevillea banksii* est observé sur une grande diversité de reliefs. Ce qui témoigne la rusticité de l'espèce. Effectivement, elle peut s'installer sur les collines et les versants comme à Brickaville, sur les dunes sableuses et dans les lavaka (à Farafangana) et même au bord des cours d'eau (à Ambonivato). Généralement, l'essence a été rencontrée à une altitude entre 10 m (Brickaville) et 1044 m (Ambavaniasy).

- **Hydrographie**

Il a été distingué que les sites d'études sont riches en cours d'eau. De plus, la pluviométrie est très élevée dans la partie orientale de l'île. Le cas observé à Ambonivato témoigne du besoin en humidité de l'espèce.

- **Pédologie**

Généralement, le sol observé dans les zones d'étude est de type ferrallitique.

Tableau 10 : Texture de sols dans les forêts de *Grevillea*.

Localité	Teneur en sable (%)	Teneur en argile (%)	Texture	Epaisseur humus (cm)
Andranotsara	> 50 %	18 % - 30 %	Sableuse	4 - 15
Ambonivato	< 15 %	> 30 %	Argileuse	4,7 - 10
Manombo	> 50 %	18 % - 30 %	Sableuse	2,7 - 6,7
Amibasy	< 15 %	> 30 %	Argileuse	4,7 - 6

Généralement, le sol favorable à l'installation de *Grevillea banksii* présente une texture sableuse (à Manombo et à Ambonivato), argileuse (à Ambonivato et à Amibasy). Il a été remarqué que l'humus pouvait atteindre jusqu'à 15 cm d'épaisseur, comme le cas observé à Andranotsara.

- **Facteurs biotiques**

- **Flore associée**

*Grevillea banksii* s'installe facilement dans les formations secondaires présentant des trouées et soumises à un ensoleillement important comme les *savoka* à *Ravenala* peu denses.

Dans les deux (2) régions, elle s'installe le plus souvent sur les steppes herbeuses à *Aristida stricta* (POACEAE) ou à *Pteridium aquilianum* (DENNSTAEDTIACEAE), dans les *savoka* à *Ravenala madagascariensis* (STRELITZIACEAE) et dans les parcelles de reboisement de *Eucalyptus* (MYRTACEAE), de *Pinus* (PINACEAE) ou de *Acacia* (FABACEAE).

- **Faune**

Très peu d'animaux ont été rencontrés dans les forêts de *Grevillea*. Il s'agit des insectes (*Vespa vulgaris* et *Apis mellifera*) et de *Tenrec eucaudatus*. La population locale observe également des oiseaux tels que *Foudia madagascariensis*. D'ailleurs, la population associe souvent cette espèce avec l'essence. En outre, il a été remarqué que des *Pseudococcus longispinus* effectuent leur mutation sur les feuilles de *Grevillea banksii*.

- **Interface Homme et forêts de *Grevillea banksii***

Les forêts de *Grevillea banksii* prennent de plus en plus de valeur auprès de la population locale. Effectivement, elles constituent une réserve foncière. D'autre part, la communauté riveraine aux forêts affirme apprécier un paysage prédominé de *Grevillea banksii*. Aussi, de par sa capacité à améliorer le sol, les peuplements de *Grevillea* servent de forêt d'ombrages, en agroforesterie. Les forêts offrent entre autres une sécurité alimentaire à la communauté locale par le biais du miel. Elles contribuent également à large part à l'amélioration de la situation financière des ménages par l'exploitation des produits ligneux en bois d'énergie et la production en alvéoles de guêpes.

*Grevillea banksii* est très prisée en tant que bois d'énergie. La construction n'est pas vraiment rentable avec le bois de *Grevillea*. Néanmoins, une part de la population l'utilise en charpente bien que sa dureté est de deux (2) ans maximum. Egalement, les feuilles sont médicinales, bien que leur utilisation ne soit pas encore vulgarisée.

Des activités anthropiques favorisent l'installation de *Grevillea banksii*. Il s'agit surtout de la pratique de feu et du charbonnage. Dans cette dernière, le procédé consiste à couper les individus de petit diamètre (environ 5 cm), et à brûler la zone de coupe. Par conséquent, la régénération de l'espèce est abondante. Ce cas a surtout été observé à Brickaville.

En outre, l'élevage est aussi un facteur de propagation de l'espèce. Le bétail passe souvent par les forêts de *Grevillea* pour rejoindre les lieux de pâturage. Les graines peuvent être transportées par ces animaux. En raison de leur petite taille et des graines ailées, en passant par les forêts, le bétail bouscule les pieds de *Grevillea* et pourrait faire tomber les graines sur leur dos.

Ainsi, les facteurs régulant l'installation de *Grevillea banksii* relèvent des conditions biologiques et écologiques de l'espèce. Les conditions biologiques concernent notamment la dispersion des graines par anémochorie, les caractères héliophile et pyrophyte de l'espèce.

En ce qui concerne les conditions écologiques, il s'agit des facteurs abiotiques et biotiques. Pour les facteurs abiotiques, le climat favorable à l'introduction de l'espèce est de type per humide chaud. *Grevillea* nécessite une humidité considérable et s'installe facilement sur un sol ferralitique de texture sableuse ou argileuse. Pour les facteurs biotiques, l'espèce s'introduit surtout dans les formations secondaires dégradées ou dans les forêts de plantation (*Pinus*, *Eucalyptus* etc.).

Par ailleurs, les activités socio-économiques relatives aux forêts de *Grevillea banksii* favorisent son extension et son développement. Le charbonnage et la pratique de la culture sur-brûlis sont les premiers facteurs anthropiques favorisant l'installation de l'espèce.



Photo 5 : Régénération abondante de *Grevillea banksii* après feu (Auteur, 2016).

### 3.4. Caractéristiques sylvicoles des forêts de *Grevillea banksii*

#### 3.4.1. Structure floristique

##### • Composition floristique

Les inventaires effectués ont montré que *Grevillea banksii* est souvent associée à d'autres espèces. Le nombre total des espèces inventorierées dans les strates  $S_{ab<50}$  et  $S_{ab>50}$ , est de 46 espèces, réparties dans 24 familles. Les familles les plus représentées sont Moraceae et Myrtaceae avec 6 espèces chacune (Annexe 6).

Dans le secteur Toamasina, Ambonivato est la localité qui compte le plus de familles et d'espèces, à raison de 16 familles et de 22 espèces. A Brickaville et à Andranotsara, le nombre d'espèces et de familles est respectivement de 10 familles, 14 espèces et 10 familles, 15 espèces.

Dans la région de Farafangana, 14 espèces réparties dans 12 familles ont été recensées à Manombo tandis qu'à Amibasy, 13 espèces et 10 familles ont été observées.

Le tableau 11 montre les espèces communes à au moins deux (2) localités.

Tableau 11 : Espèces associées à *Grevillea banksii* dans les sites d'étude.

Espèces	Région Toamasina			Région Farafangana	
	Brickaville	Andranotsara	Ambonivato	Manombo	Amibasy
<i>Acacia mangium</i>					
<i>Ambora purpurea</i>					
<i>Campylospermum obtusifolium</i>					
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>					
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>					
<i>Eucalyptus robusta</i>					
<i>Macaranga obovata</i>					
<i>Melaleuca quinquenervia</i>					
<i>Pachytrophe dimepate</i>					
<i>Pinus kesiya</i>					
<i>Psidium cattleyanum</i>					
<i>Ravenala madagascariensis</i>					
<i>Strychnos spinosa</i>					

Dans la région de Toamasina, Ambonivato compte 10 espèces communes aux autres localités contre 7 espèces à Brickaville. Les trois (3) sites abritent 5 espèces communes : *Ambora purpurea* (MONIMIACEAE), *Eucalyptus camaldulensis* (MYRTACEAE), *Pinus kesiya* (PINACEAE), *Psidium cattleyanum* (MYRTACEAE) et *Ravenala madagascariensis* (STRELITZIACEAE).

Dans la région de Farafangana, Manombo partage 10 espèces avec les autres localités, tandis qu'Amibasy en compte 9 espèces. Ces deux (2) sites ont 7 espèces en commun : *Ambora purpurea* (MONIMIACEAE), *Eucalyptus camaldulensis* (MYRTACEAE), *Macaranga obovata* (EUPHORBIACEAE), *Pachytrophe dimepate* (MORACEAE), *Psidium cattleyanum* (MYRTACEAE), *Ravenala madagascariensis* (STRELITZIACEAE) et *Strychnos spinosa* (LOGANIACEAE).

Quatre (4) espèces sont communes aux cinq (5) localités : *Ambora purpurea* (MONIMIACEAE), *Eucalyptus camaldulensis* (MYRTACEAE), *Psidium cattleyanum* (MYRTACEAE) et *Ravenala madagascariensis* (STRELITZIACEAE).

- **Diversité floristique**

La diversité floristique est appréciée par le coefficient de mélange et l'indice de Shannon.

Tableau 12 : Diversité floristique dans les différentes strates.

Secteur	Localité	S <sub>ab&lt;50</sub>			S <sub>ab&gt;50</sub>		
		Nb d'espèces	CM	IS	Nb d'espèces	CM	IS
Toamasina	Brickaville	6	1/7	1,48	13	1/7	1,48
	Andranotsara	15	1/18	1,71	16	1/40	0,83
	Ambonivato	13	1/15	1,69	10	1/20	0,79
Farafangana	Manombo	6	1/33	1,45	13	1/40	0,42
	Amibasy	7	1/88	1,06	11	1/42	0,47

Avec *Nb d'espèces* : nombre d'espèces ; *CM* : coefficient de mélange ; *IS* : indice de Shannon.

Dans le secteur Toamasina, pour la strate S<sub>ab<50</sub>, Andranotsara présente le plus d'espèces à raison de 15 espèces contre 6 espèces à Brickaville. Pour la strate S<sub>ab>50</sub>, Andranotsara compte 16 espèces tandis qu'Ambonivato n'en abrite que 10. En se référant au coefficient de mélange (CM), la strate S<sub>ab<50</sub> à Andranotsara est le plus homogène avec un CM égal à  $\frac{1}{18}$  et la strate à Brickaville est la plus hétérogène avec un CM égal à  $\frac{1}{7}$ . Pour la strate S<sub>ab>50</sub>, Andranotsara est la plus homogène ( $\frac{1}{40}$ ) contre Brickaville avec un CM de  $\frac{1}{7}$ . Par ailleurs, en se basant sur la valeur de l'indice de Shannon (IS), dans la strate à abondance faible, Andranotsara est la plus diversifiée avec un IS égal à 1,71 et Brickaville est la moins diversifiée avec 1,48. Dans la strate à abondance forte, Brickaville est la plus diversifiée avec 1,48 contre 0,79 à Ambonivato.

Dans le secteur Farafangana, le nombre élevé d'espèces dans la strate S<sub>ab<50</sub> est observé à Amibasy avec 7 espèces. Cette localité est également la moins diversifiée avec un CM  $\frac{1}{88}$  et un IS égal à 1,067

Dans la strate S<sub>ab>50</sub>, Manombo compte le plus d'espèce avec 13 espèces. La localité la plus homogène selon le CM est Amibasy ( $\frac{1}{42}$ ) et selon l'IS, il s'agit de Manombo avec un IS égal 0,42.

Le coefficient de mélange dans les deux (2) secteurs présente une différence significative, *p-value* 0,01 inférieure à alpha 0,05. Pour l'indice de Shannon, *p-value* est égale 0,6 supérieure à alpha. Il en ressort qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux (2) régions.

### 3.4.2. Structure spatiale

- **Structure horizontale**

Les résultats sont ceux collectés dans les forêts à abondance supérieure à 50%, soit dans les strates S<sub>ab>50</sub>.

Tableau 13 : Structure horizontale.

Secteur	Localité	Abondance (N/ha)	Dominance (m <sup>2</sup> /ha)	Volume (m <sup>3</sup> /ha)
Toamasina	Brickaville	24 239	12	35
	Andranotsara	37 372	21	69
	Ambonivato	44 127	179	328
Farafangana	Manombo	8 038	16	62
	Amibasy	43 186	33	102

Le tableau 13 montre que :

○ **Abondance**

Dans la région de Toamasina, les forêts de *Grevillea* à Ambonivato sont la plus abondante avec 44 127 tiges/ha contre 24 239 tiges/ha à Brickaville. Aucune différence significative n'a été perçue entre l'abondance dans les trois (3) localités, la *p-value* est 0,349 largement supérieure à alpha (0,05).

Dans le secteur Farafangana, l'abondance à Manombo (43 186 tiges/ha) est cinq fois plus élevée que celle observée à Amibasy (8 038 tiges/ha). Pourtant, ces valeurs ne présentent pas de différence significative avec une *p-value* égale à 0,372 supérieure à alpha 0,05.

La région de Toamasina compte en moyenne  $35\ 246 \pm 10\ 113$  tiges/ha. L'abondance moyenne dans la région de Farafangana est de  $25\ 612 \pm 24\ 853$  tiges/ha. L'abondance entre les deux (2) secteurs n'a pas de différence significative avec une valeur de *p-value* égale à 0,073 > alpha 0,05.

○ **Dominance**

A Toamasina, la plus grande couverture forestière est observée à Ambonivato avec 179 m<sup>2</sup>/ha contre 12 m<sup>2</sup>/ha à Brickaville. La dominance dans cette région n'a pas de différence significative. La *p-value* est supérieure à alpha (0,514 > 0,05).

A Farafangana, la dominance est plus élevée à Amibasy, à raison de 33 m<sup>2</sup>/ha par rapport à Manombo avec 16 m<sup>2</sup>/ha. Avec une *p-value* de 0,562 supérieure à alpha (0,05), il n'y a pas de différence significative entre la dominance dans les deux (2) localités.

La dominance moyenne à Toamasina est de  $71 \pm 94$  m<sup>2</sup>/ha et elle est de  $25 \pm 12$  m<sup>2</sup>/ha à Farafangana. Au niveau de la dominance, les deux (2) régions présentent une différence significative, *p-value* est inférieure à alpha (0,039 < 0,05).

○ **Volume**

Dans le secteur Toamasina, Ambonivato affiche la contenance en bois la plus importante, 328 m<sup>3</sup>/ha contre 35 m<sup>3</sup>/ha à Brickaville. Les valeurs des volumes en bois dans les trois (3) localités ne sont pas différentes statistiquement avec une *p-value* supérieure à alpha (0,564 > 0,05).

Dans le secteur Farafangana, le volume en bois le plus élevé est observé à Amibasy à raison de 102 m<sup>3</sup>/ha par rapport à 62 m<sup>3</sup>/ha à Manombo. Ces deux valeurs ne présentent pas de différence significative avec une *p-value* égale à 0,656 supérieure à alpha 0,05.

La contenance moyenne dans la région de Toamasina équivaut à  $144 \pm 161$  m<sup>3</sup>/ha. A Farafangana, elle est en moyenne  $81 \pm 28$  m<sup>3</sup>/ha. Une différence significative a été perçue entre ces deux (2) régions, la *p-value* est inférieure à alpha (0,017 < 0,05).

- **Structure verticale**

La structure verticale peut être appréciée par les profils structuraux et la structure des hauteurs.

- **Profil structural**

Les figures 7, 8 et 9 illustrent les profils structuraux des trois (3) strates inventoriées.

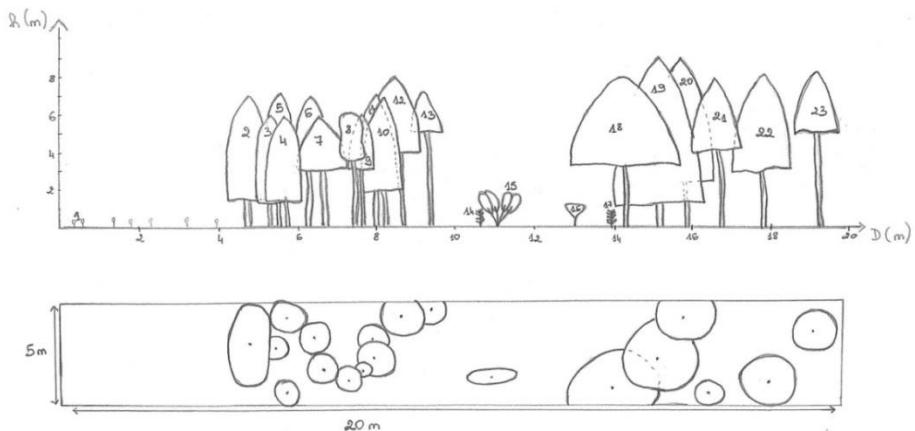


Figure 8 : Profil structural de la strate à abondance forte.

1 : *Clidemia hirta* ; 14, 17 : *Dianella ensifolia* ; 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 10, 11, 12, 13, 18, 19, 20, 21, 22, 23 : *Grevillea banksii* ; 8 : *Pachytrophe dimepate* ; 16 : *Psidium cattleanum* ; 15 : *Ravenala madagascariensis*.

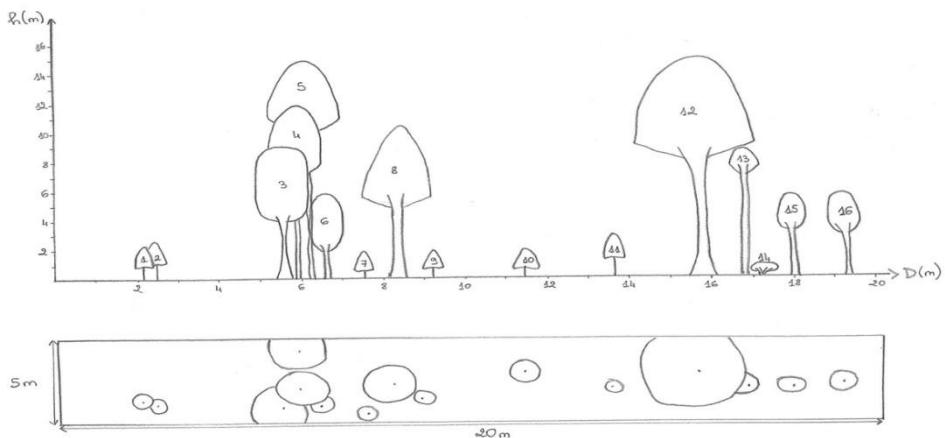


Figure 9 : Profil structural de la strate à abondance faible.

3, 6, 15, 16 : *Acacia mangium* ; 4, 5, 8, 12, 13 : *Eucalyptus globulus* ; 1, 2, 7, 9, 10, 11 : *Grevillea banksii* ; 14 : *Strychnos spinosa*.

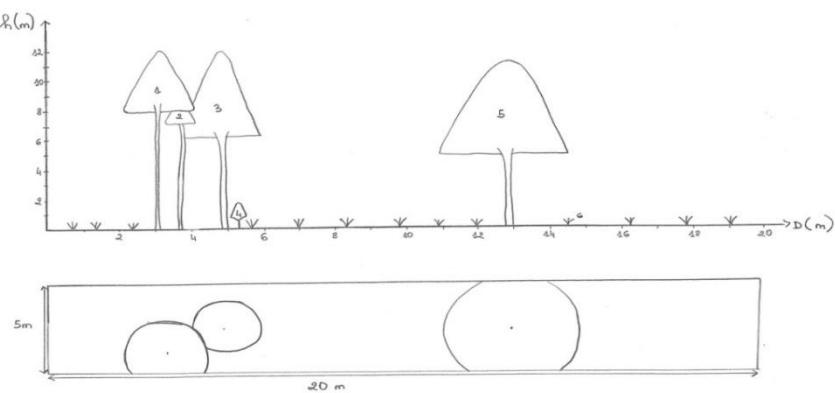


Figure 10 : Profil structural de la strate à abondance zéro.

4 : *Eucalyptus globulus* ; 1, 2, 3, 5 : *Pinus kesiya* ; 6 : *Pteridium sp.*

D'après les figures 7, 8 et 9, il en ressort que :

Dans les forêts de *Grevillea banksii*, les individus présentent une hauteur plus ou moins identique. La canopée forestière n'est pas fermée mais la voûte se situe entre 7 m et 8 m de hauteur. Le degré de couverture est de 33,5 %. Et la plus grande hauteur est observée à 9 m. En raison de l'allélopathie de *Grevillea*, peu d'espèces sont rencontrées dans les forêts à abondance forte. Il s'agit de *Pachytrophe dimepate* (MORACEAE), *Psidium cattleianum* (MYRTACEAE), *Ravenala madagascariensis* (STRELITZIACEAE), *Clidemia hirta* (MELASTOMATACEAE) et de *Dianella ensifolia* (ASPHODELACEAE).

Pour la strate à abondance faible ( $S_{ab<50}$ ), la structure est très espacée. Le degré de fermeture est 9,6 %. Les individus sont de grande taille par rapport à la forêt de *Grevillea*, ils peuvent atteindre 15 m de hauteur. La forêt est composée essentiellement de *Eucalyptus globulus* (MYRTACEAE), de *Acacia mangium* (FABACEAE) et de quelques pieds de *Strychnos spinosa* (LOGANIACEAE). Ces essences constituent la flore associée de *Grevillea banksii*. Les individus de *Grevillea* sont de petite taille et ne dépasse pas 3 m de hauteur.

La strate à abondance zéro représente l'écosystème où *Grevillea banksii* pourrait s'installer. Ce type de végétation est peu boisé. Les individus de grande taille (entre 9 m et 12 m), peuvent être rencontrés. Le degré de couverture est de 26,75 %. Il s'agit notamment des steppes à prédominance de *Pteridium* sp.. Néanmoins, quelques pieds de *Pinus kesiya* (PINACEAE) et de *Eucalyptus globulus* (MYRTACEAE) ont été inventoriés.



Photo 6 : Forêt de *Grevillea banksii* à Andranotsara (Auteur, 2016).

- **Structure des hauteurs**

Les figures 11, 12, 13, 14 et 15 affichent les structures totales des strates  $S_{ab<50}$  et  $S_{ab>50}$  dans les deux (2) d'étude.

- **Secteur Toamasina**

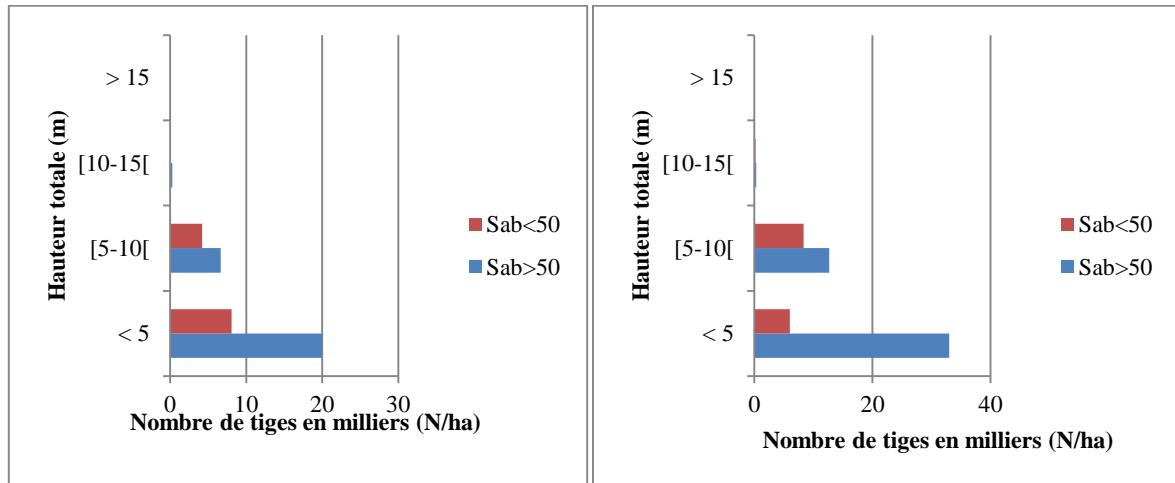


Figure 11 : Structure totale à Brickaville.

Figure 12 : Structure totale à Andranotsara.

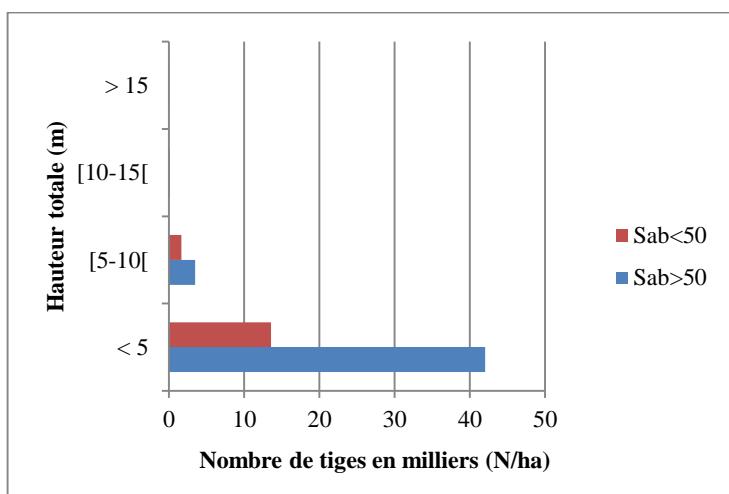


Figure 13 : Structure totale à Ambonivato.

- **Secteur Farafangana**

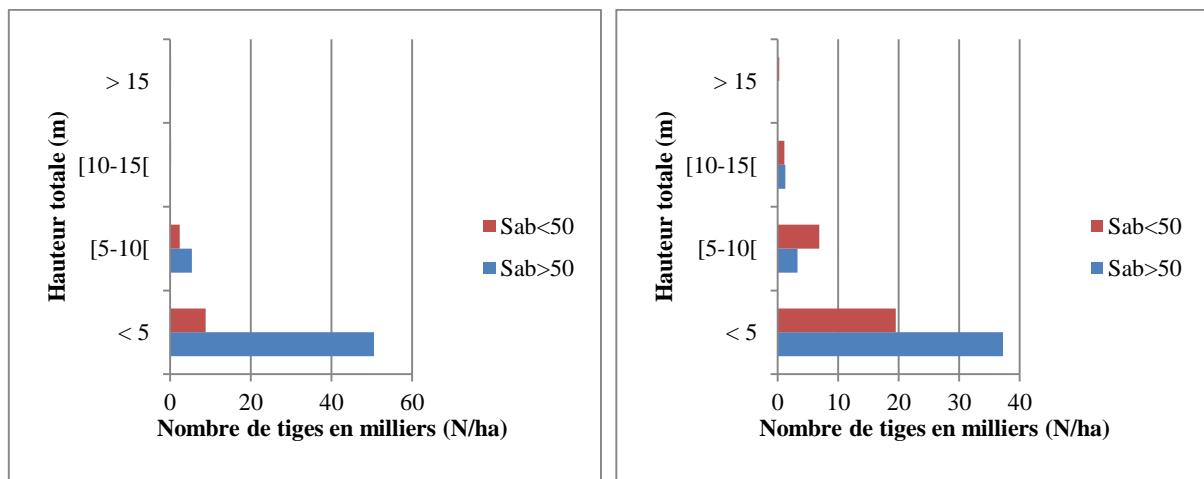


Figure 14 : Structure totale à Manombo.

Figure 15 : Structure totale à Amibasy.

Dans le secteur Toamasina, il a été remarqué que pour toutes les classes de hauteur, la strate  $S_{ab>50}$  est plus abondante que la strate  $S_{ab<50}$  sauf pour les individus à hauteur supérieure à 15 m et que les individus ayant une hauteur inférieure à 5 cm sont les plus abondants dans les deux (2) strates. A une hauteur inférieure à 5 m, l'abondance la plus élevée est observée dans la strate  $S_{ab>50}$  à Ambonivato avec 42 048 tiges/ha par rapport 6 020 tiges/ha dans la strate  $S_{ab<50}$  à Andranotsara. Les individus ayant une hauteur comprise entre 5 m et 10 m sont plus nombreux dans la strate  $S_{ab>50}$  à Andranotsara avec 12 698 tiges/ha et la forêt la moins abondante est la strate  $S_{ab<50}$  à Ambonivato avec 1 663 tiges/ha. A une hauteur entre 10 m et 15 m, les individus les plus nombreux sont relevés dans la strate  $S_{ab>50}$  à Andranotsara (315 tiges/ha) tandis qu'ils sont moins nombreux dans la strate  $S_{ab<50}$  à Brickaville avec seulement 25 tiges/ha. Pour les grands arbres (hauteur supérieure à 15 m), 38 individus ont été inventoriés dans la strate  $S_{ab<50}$  à Ambonivato et seuls 3 pieds ont été rencontrés dans la strate  $S_{ab>50}$  de la même localité. Par contre, aucun individu de hauteur supérieure à 15 m n'a été inventorié dans la strate  $S_{ab>50}$  à Brickaville.

Dans la région de Farafangana, les individus ayant une hauteur inférieure à 5 m sont les plus abondants. A une hauteur inférieure à 5 m, la strate  $S_{ab>50}$  à Manombo est la plus abondante à raison de 50 515 tiges/ha contre 8 780 tiges/ha dans la strate  $S_{ab<50}$  du même site. Les individus ayant une hauteur entre 5 m et 10 m sont plus abondants dans la strate  $S_{ab<50}$  à Amibasy avec 6 843 tiges/ha tandis que dans la même strate à Manombo, leur abondance est de 2 395 tiges/ha. Entre 10 m et 15 m de hauteur, la strate  $S_{ab>50}$  à Amibasy est la plus abondante avec 1 263 tiges/ha alors que la même strate à Manombo a une abondance égale à 23 tiges/ha. Les individus à hauteur supérieure à 15 m sont plus abondants dans la strate  $S_{ab<50}$  à raison de 248 tiges/ha contre 25 tiges/ha dans la strate  $S_{ab>50}$  du même site.

Parmi les cinq (5) localités d'étude, pour la strate  $S_{ab>50}$ , celle de Manombo est la plus abondante avec 55 911 tiges/ha contre 26 963 tiges/ha à Brickaville. Par contre, pour la strate  $S_{ab<50}$ , Amibasy compte le plus d'individus à raison de 27 714 tiges/ha et Manombo compte le moins d'individus avec 11 540 tiges/ha.



Photo 7 : Forêt de *Grevillea* à Manombo (Auteur, 2016).

### 3.4.3. Structure totale

La structure totale regroupe le nombre d'individus inventoriés dans les deux (2) strates où *Grevillea banksii* est présent. Ces tiges inventoriées ont été ordonnées suivant des classes de diamètre dont l'intervalle est de 2 cm.

#### - Région Toamasina

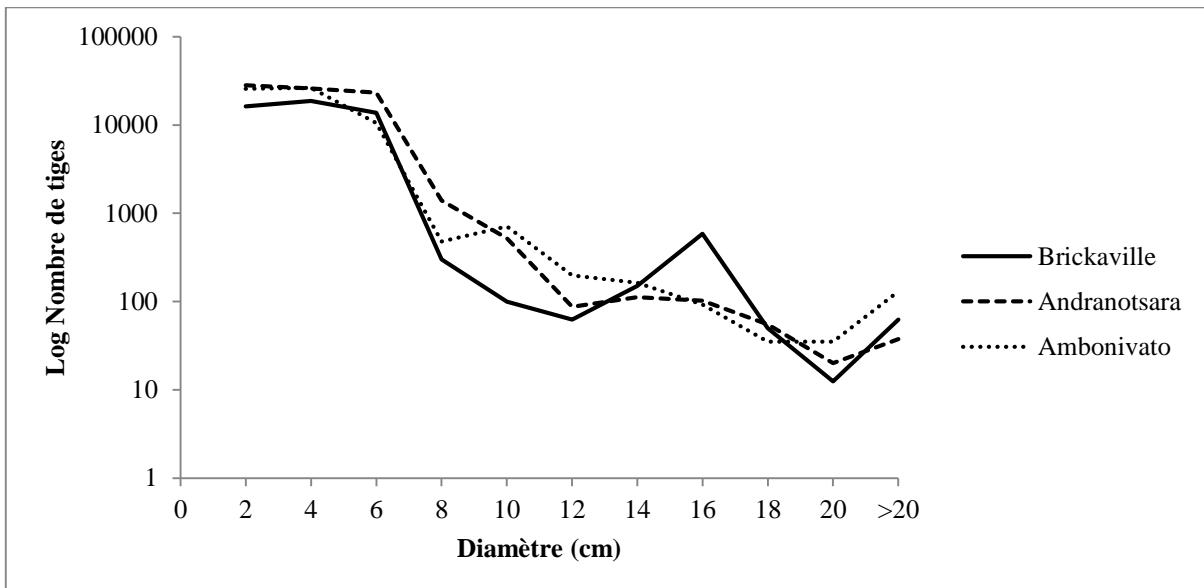


Figure 16 : Structure totale de la région Toamasina.

Dans le secteur Nord, les individus de petit diamètre sont plus nombreux que ceux de gros diamètre. Ce qui témoigne l'équilibre de la forêt. Malgré la forte demande en bois, certains pieds atteignent de grand diamètre (supérieur à 20 cm). Il s'agit essentiellement de *Eucalyptus robusta* (MYRTACEAE) à Brickaville et Andranotsara, et de *Melaleuca quinquenervia* (PINACEAE) pour Ambonivato.

#### - Région Farafangana

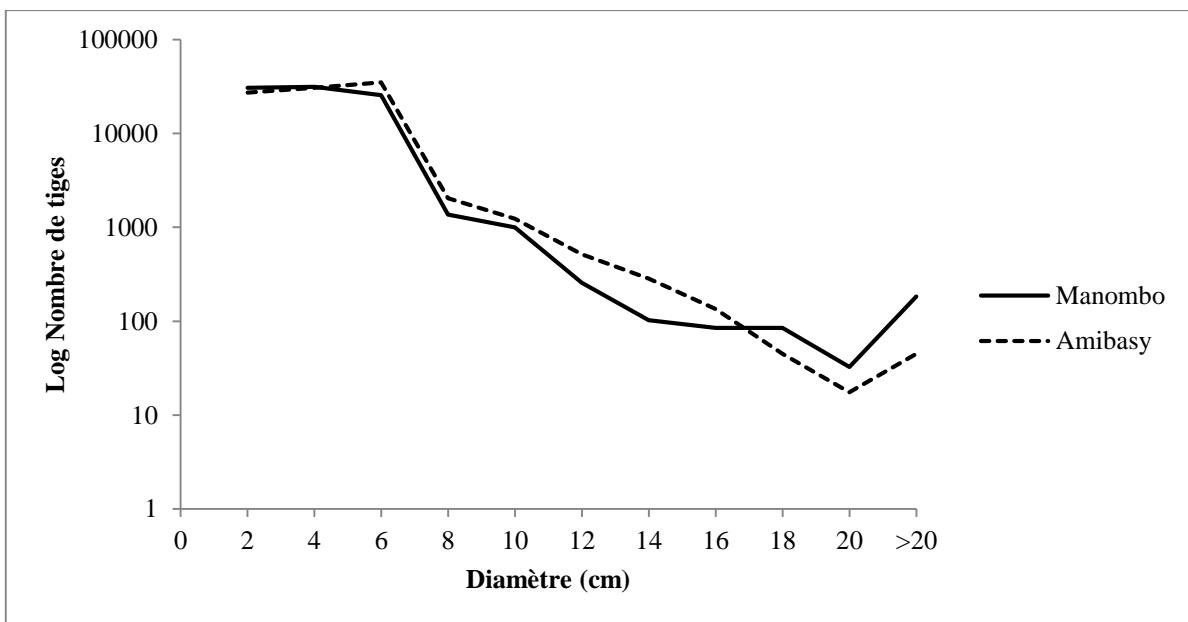


Figure 17 : Structure totale dans la région Farafangana.

Pour la région Farafangana, Amibasy affiche une densité plus élevée entre 8 cm et 16 cm de diamètre. Cette forêt est également en équilibre car les individus de petit diamètre sont plus abondants que ceux ayant un diamètre plus élevé. Des individus ayant un diamètre supérieur à 20 cm ont également été rencontrés. Il s'agit de pieds de *Eucalyptus camaldulensis* (MYRTACEAE), *Pinus kesiya* (PINACEAE) et *Acacia mangium* (FABACEAE) à Manombo ; et seulement *Eucalyptus camaldulensis* (MYRTACEAE) pour Amibasy.

### 3.4.4. Régénération naturelle

- **Composition floristique**

L'analyse de la régénération naturelle a été menée dans les deux strates où *Grevillea banksii* est présente. La localité la plus riche floristiquement est Ambonivato. Ceci s'explique par le statut du parc Ivoloina et par les actions qui y sont entreprises. Tandis que la localité la plus pauvre est Brickaville. Les espèces communes aux cinq (5) localités sont : *Grevillea banksii* (PROTEACEAE) et *Eucalyptus camaldulensis* (MYRTACEAE). 17 espèces sont propres à la région Toamasina et 8 à la région Farafangana (Annexe 7).

- **Taux de régénération**

Le tableau 14 résume les taux de régénération (TR) dans chaque localité.

Tableau 14 : Taux de régénération dans les deux régions.

Région	Localité	TR (%)	p-value	Degré de signification
Toamasina	Brickaville	7 282	0,53 > $\alpha$	NS
	Andranotsara	2 058		
	Ambonivato	5 796		
Farafangana	Manombo	3 722	0,491 > $\alpha$	NS
	Amibasy	1 383		
<i>p-value des deux régions</i>			0,531 > $\alpha$	
<i>Degré de signification entre les deux régions</i>				NS

Avec  $\alpha = 0,05$  ;

TR : taux de régénération et

NS : différence non significative.

Dans la région de Toamasina, les trois (3) localités présentent toutes un bon potentiel de régénération (taux de régénération supérieur à 1 000 %). Le taux de régénération est plus élevé à Brickaville à raison de 7 282 % contre 2 058 % à Andranotsara. La *p-value* est égale à 0,53 supérieure à alpha 0,05. Par conséquent, il n'y a pas de différence significative entre les taux de régénération des trois (3) sites. Dans la région de Farafangana, les taux de régénération dans les deux (2) localités sont supérieurs à 1 000 %. Ce qui affirme une bonne capacité de régénération. Néanmoins, le taux de régénération est plus important à Manombo à raison de 3 722 % contre 1 383 % à Amibasy. Les taux de régénération ne présentent pas de différence significative avec une *p-value* de 0,491 supérieure à alpha (0,05). Les taux de régénération évalués dans les deux (2) régions n'affichent pas de différence significative. La *p-value* est supérieure à alpha, 0,531 > 0,05.

### 3.4.5. Analyse des principales essences

La principale essence est *Grevillea banksii*. Ainsi, son tempérament, sa capacité de régénération naturelle, la biomasse ainsi que le taux de carbone stocké dans les forêts de *Grevillea* ont été déterminés.

- **Tempérament sylvicole**

Le tempérament de *Grevillea banksii* est évalué selon l'allure de la courbe de distribution des tiges par classe de diamètre.

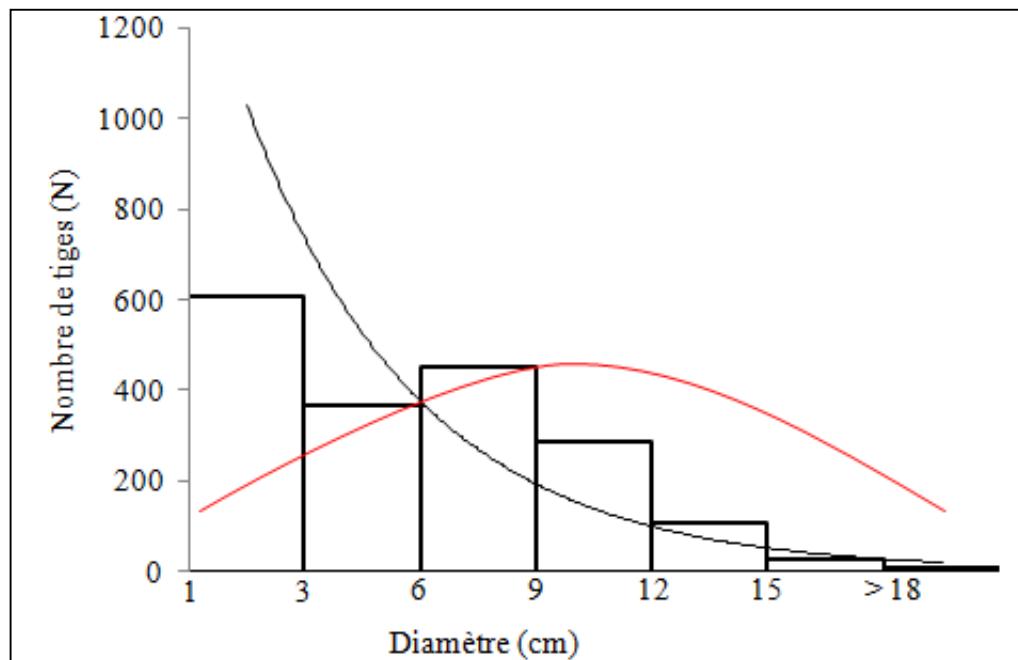


Figure 18 : Tempérament de *Grevillea banksii*.

En se référant au modèle de Rollet (1979), l'allure de la courbe de tendance de *Grevillea banksii* devrait se présenter en cloche en raison de son caractère héliophile de type pionnier (courbe en rouge). Mais influencée par la culture sur-brûlis et le charbonnage, la régénération est abondante (courbe en noir). Par conséquent, l'espèce présente plusieurs individus de régénération et peu de grands arbres.

- **Régénération naturelle**

Tableau 15 : Taux de régénération de *Grevillea banksii* dans les deux régions.

Région	Localité	TR %	p-value	Degré de signification		
Toamasina	Brickaville	2 690	0,162> $\alpha$	NS		
	Andranotsara	2 909				
	Ambonivato	3 441				
Farafangana	Manombo	1 718	0,572> $\alpha$	NS		
	Amibasy	3 841				
<b>p-value</b>		0,853> $\alpha$				
<b>Degré de signification entre les deux régions</b>		NS				

Avec  $\alpha = 0,05$  et NS : différence non significative.

Dans la région Toamasina, *Grevillea banksii* présente un bon potentiel de régénération, les taux de régénération sont supérieurs à 1 000 %. Néanmoins, le taux le plus élevé est évalué à Ambonivato à raison de 3 441 %, contre 2 690 % à Brickaville. La différence entre les taux de régénération des trois (3) localités n'est pas significative, la *p-value* est supérieure à alpha ( $0,162 > 0,05$ ).

A Farafangana, la capacité de régénération de *Grevillea banksii* est relativement bonne. Le taux est plus élevé à Amibasy (3 841 %). Avec une *p-value* de 0,572 supérieure à alpha 0,05, il n'y a pas de différence significative entre les taux de régénération dans les deux (2) localités.

Les taux de régénération de *Grevillea* dans les deux (2) secteurs ne présentent pas de différence significative avec une *p-value* de 0,853 supérieure à alpha.

- **Biomasse et taux de carbone**

Le tableau 16 affiche la biomasse et le taux de carbone stockés par les forêts de *Grevillea banksii* inventoriées,  $S_{ab>50}$  et  $S_{ab<50}$ .

Tableau 16 : Biomasse et taux de carbone stocké par les forêts de *Grevillea banksii*.

Région	Localités	Biomasse (T/ha)	Carbone (T/ha)
Toamasina	Brickaville	113	56
	Andranotsara	228	114
	Ambonivato	434	217
Farafangana	Manombo	214	107
	Amibasy	263	131

Dans la région de Toamasina, les forêts de *Grevillea* à Ambonivato renferme le plus de biomasse (434 T/ha) et de taux de carbone (217 T/ha). Par ailleurs, les peuplements à Brickaville ont une biomasse (113 T/ha) et un taux de carbone (56 T/ha) faibles. L'inégalité des variances de la biomasse et des variances du taux de carbone dans les localités de la région Toamasina est hautement significative avec une *p-value* inférieure à 0,0001.

Dans la région Farafangana, les valeurs observées à Amibasy sont plus élevées (biomasse de 263 T/ha et taux de carbone de 131 T/ha) qu'à Manombo (biomasse égale à 214 T/ha et taux de carbone égal à 107 T/ha). Il n'y a pas de différence significative entre ces deux (2) localités avec une *p-value* de 0,824 supérieure à alpha (0,005).

Tableau 17 : Biomasse et taux de carbone stocké par les forêts de *Grevillea banksii* dans les deux régions.

Région	Biomasse (T/ha)	Carbone (T/ha)
Toamasina	774	387
Farafangana	476	238
<i>p-value</i>	$0,871 > \alpha$	$0,871 > \alpha$
<i>Degré de signification</i>	NS	NS

Avec  $\alpha = 0,05$  ; NS : différence non significative.

Les forêts de la région Toamasina stockent plus de biomasse (774 T/ha) et de carbone (387 T/ha) que celles de la région Farafangana (biomasse : 476 T/ha et carbone : 238 T/ha).

Statistiquement, aucune différence significative n'a été perçue entre les valeurs de biomasse et de carbone dans les deux (2) secteurs avec une *p-value* égale à 0,871 supérieure à alpha (0,05).

- **Pressions**

- **D'origine naturelle**

Les pressions d'origine naturelle ont été observées surtout à Ambonivato. Dans cette localité, les peuplements de *Grevillea banksii* sont rencontrés sur des collines et au bord du Lac Fulgence. La majorité des pieds sont couchés et/ou déracinés. Le système racinaire de l'espèce est de type fasciculé. Par conséquent, sous l'effet du vent et de la texture argileuse du sol, les racines ne fixent plus les arbres de gros diamètre.

Par ailleurs, dans la région de Farafangana, le déracinement des arbres a également été observé, ainsi que la torsion du tronc. Comme le bois de *Grevillea banksii* est tendre, arrivé à un certain diamètre (environ 15 cm), l'arbre se fléchit.

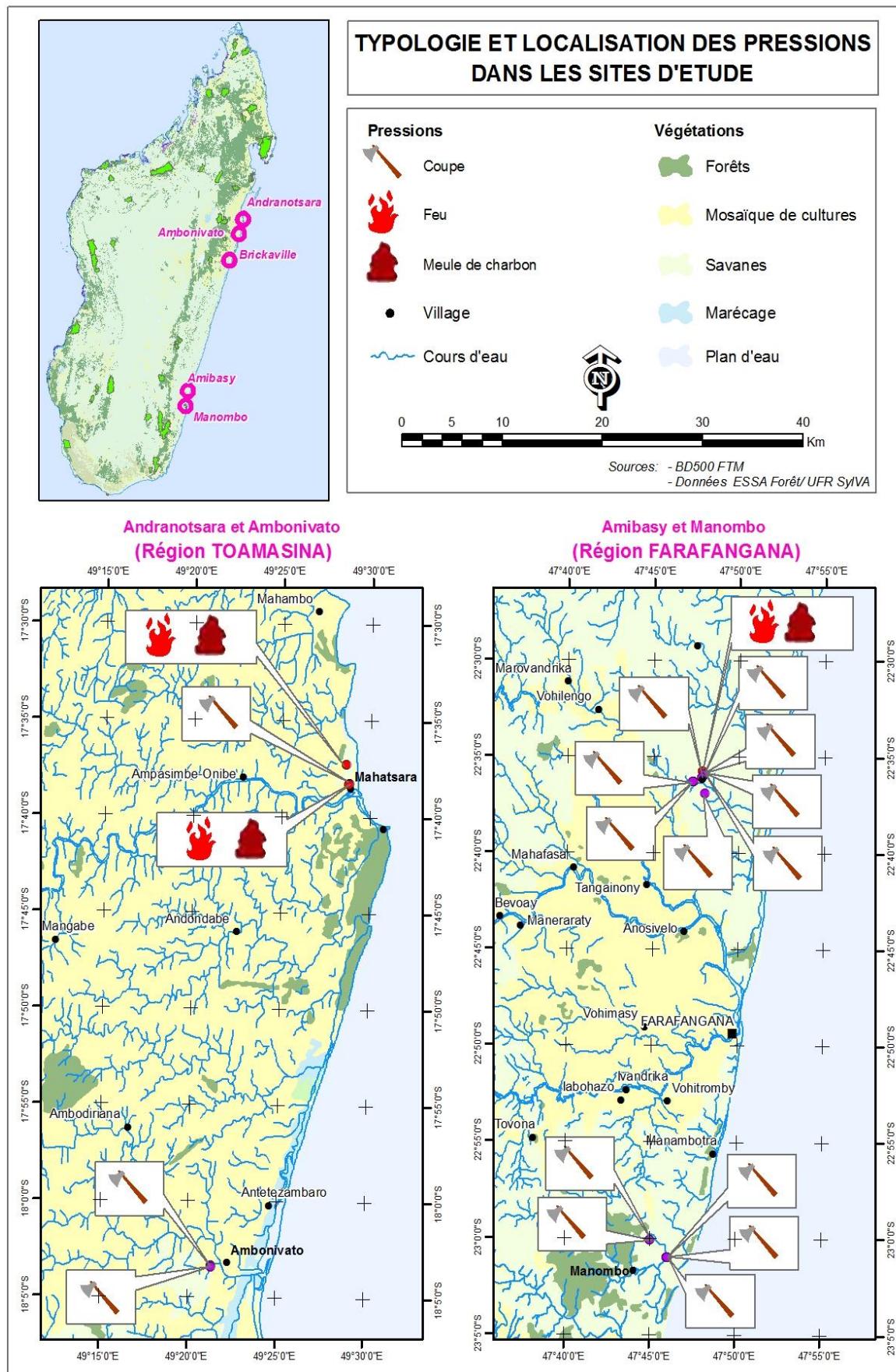
- **D'origine anthropique**

La principale utilisation de *Grevillea banksii* est en tant que bois d'énergie. A cet effet, les jeunes arbres sont les plus prisés, à un diamètre inférieur ou égal à 6 cm. Ce qui est confirmé par l'observation de nombreuses souches à diamètre compris entre 5 cm et 13 cm lors des inventaires. Dans certains sites, à défaut de disponibilité de bois, l'espèce est également utilisée en tant que bois de construction, bien qu'elle ne soit pas durable. Egalement, l'aptitude de *Grevillea banksii* à améliorer la qualité de sol incite la population locale à transformer les forêts de *Grevillea* en champs de culture telle que la riziculture et la culture de manioc.



Photo 8 : Pieds de *Grevillea banksii* couchés à Ambonivato (Kull, 2016).

La carte 7 illustre les pressions sur les forêts de *Grevillea banksii* dans les sites d'étude.



Carte 5 : Pressions sur *Grevillea banksii* dans les sites d'étude (UFR SylvA/ESSA Forêts, 2016).

Les caractéristiques sylvicoles des nouvelles forêts de *Grevillea banksii* regroupent à la fois celles des forêts à abondance supérieure à 50 % et celles des forêts à abondance inférieure à 50 %. La localité présentant le plus grand nombre d'espèces et de familles est Ambonivato. Parmi les espèces associées à *Grevillea banksii*, quatre (4) espèces sont communes aux cinq (5) sites d'études. Les forêts à Ambonivato sont les plus riches tandis que les strates à abondance inférieure à 50 % à Amibasy et les strates à abondance supérieure à 50 % à Manombo sont les plus homogènes.

Pour la structure horizontale, aucune différence significative n'est perçue entre les paramètres (abondance, dominance et volume) des localités à Toamasina, ni entre ceux des localités à Farafangana.

L'abondance dans les deux (2) régions ne présente pas de différence significative. Tandis que la dominance ainsi que le volume des deux (2) secteurs sont différents d'un point de vue statistique. Les trois (3) strates, les deux (2) sites présentent tous une abondance des individus ayant une hauteur inférieure à 5 m et une abondance des individus ayant un diamètre inférieur à 5 cm. La régénération dans les sites d'étude a deux (2) espèces en communes et le taux de régénération le plus élevé est observé à Brickaville.



Photo 9 : Forêt de *Grevillea* transformée en champ de riziculture à Andranotsara (Auteur, 2016).



Photo 10 : Forêt de *Grevillea* transformée en champ de manioc à Amibasy (Auteur, 2016).

### 3.5. Forces, faiblesses, opportunités et menaces de la forêt et de l'espèce *Grevillea banksii*

Tableau 18 : Analyse FFOM de la forêt et de l'espèce *Grevillea banksii*.

		FORCES	FAIBLESSES
<b>Forêt</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Production et approvisionnement : bois d'énergie et de construction, miel, alvéoles de <i>Vespula vulgaris</i>.</li> <li>Régulation : rétention d'eau, cycle de carbone.</li> <li>Protection : amélioration du sol et stabilisation des lavaka, couverture des espaces dénudées et non boisées.</li> <li>Social : agroforesterie, source de revenu, approvisionnement en bois d'œuvre et de service.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restriction de l'utilisation des terres.</li> <li>Allélopathie : sélection d'espèces associées.</li> <li>Homogénéité floristique.</li> <li>Tendance envahissante.</li> </ul>
<b>Espèce</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Essence mellifère.</li> <li>Bois d'énergie apprécié par rapport à <i>Acacia</i>.</li> <li>Régénération facile et abondante : espèce pyrophyte, croissance rapide.</li> <li>Espèce rustique : s'adapte à de grandes variations écologiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Bois tendre.</li> <li>Allélopathie : inhibition du développement d'autres espèces.</li> <li>Non durable en tant que bois de construction (2 ans maximum).</li> </ul>
		OPPORTUNITES	MENACES
<b>Forêt</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Réserve de terre.</li> <li>Approvisionnement à long terme en bois.</li> <li>Stockage de carbone.</li> <li>Variabilité climatique.</li> <li>Restauration du sol et agroforesterie.</li> <li>Restauration du paysage forestier.</li> <li>Création d'activités génératrices de revenu.</li> <li>Pharmacopée.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Paysage monospécifique</li> <li>Réduction de la biodiversité</li> </ul>
<b>Espèce</b>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Préalable au reboisement.</li> <li>Ombrage pour culture de rente.</li> <li>Solution au passage de feu.</li> <li>Exploitation en bois de chauffe.</li> <li>Substitut au charbon de <i>Eucalyptus</i>.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Tendance envahissante</li> <li>Incitation à la pratique de feu</li> </ul>

Les forêts de *Grevillea* permettent d'augmenter la capacité de rétention d'eau dans le sol et par conséquent, elles améliorent la qualité de ce dernier. Elles sont également utilisées afin de stabiliser les *lavaka* et contribuent au stockage de carbone. Aussi, l'espèce est caractérisée par une régénération abondante, favorisée par le passage de feu. Ce qui facilite le renouvellement de l'espèce. La pharmacopée est également un domaine envisageable pour *Grevillea banksii*. Bien que l'utilisation de l'espèce en tant que plante médicinale ne soit pas encore courante, certaine communauté locale utilise les feuilles comme tisane.

Par contre, les espèces associées au *Grevillea banksii* sont restreintes en raison de l'allélopathie de l'espèce. Cela tend vers une homogénéité floristique.

Les caractères biologiques et écologiques de l'espèce permettent de l'exploiter afin de reboiser les terrains dénudés et déboisés. Aussi, les forêts représentent une réserve de terre et un puits de carbone important. *Grevillea banksii* est pyrophyte, elle est une solution à la pratique de la culture sur-brûlis. D'autre part, l'extension des forêts de *Grevillea* peut conduire à un paysage monospécifique et à une perte de la biodiversité. L'abondance de la régénération après passage de feu pourrait inciter la population locale à une pratique abusive du feu.



Photo 11 : Ruche traditionnelle dans une forêt de *Grevillea* à Manombo (Auteur, 2016).

## 4. DISCUSSIONS ET RECOMMANDATIONS

### 4.1. Discussions

#### a. Sur la méthodologie

La méthodologie adoptée est pertinente car il y a une suite logique des actions. Elle est constituée de trois (3) étapes bien distinctes à savoir les études préliminaires, les descentes sur terrain et les traitements des données. Les études préliminaires sont constituées essentiellement par l'investigation bibliographique qui a beaucoup aidé pour l'élaboration du plan de recherche et des fiches d'enquête, et surtout la détermination des sites à étudier. L'investigation bibliographique menée d'une façon continue durant l'étude a facilité le traitement des données collectées avec les différentes formules et l'interprétation des résultats obtenus. Les descentes sur terrain sont très importantes. Les enquêtes menées, les inventaires et les observations ont permis de savoir si le développement de l'espèce *Grevillea banksii*, constitue une menace pour l'habitat naturel, avec l'élaboration des cartes d'occupation et la connaissance de l'état actuel des peuplements de *Grevillea banksii* (à abondance supérieure à 50% et à abondance inférieure à 50%) et des peuplements sans *Grevillea banksii* dans les sites d'étude de la région orientale de Madagascar. Le choix des localités s'est surtout basé sur la présence de forêts de *Grevillea* et l'état des écosystèmes alentours, idéalement ayant des caractéristiques proches de celles formations végétales naturelles.

L'étude de Shackleton et *al.* (2015) sur les invasions de *Prosopis* en Afrique du Sud, présente également une période de collecte de données plus courte, de juin à septembre 2013. Et afin d'assurer que l'historique de l'utilisation des terres ne compromette pas les résultats, les chercheurs ont choisi les sites d'étude présentant des surfaces « envahies » et des surfaces « non envahies ». Deux (2) strates ont été définies selon la surface terrière de *Prosopis* : a) strate non envahie à peu envahie, ayant une dominance inférieure à 2 m<sup>2</sup>/ha ; b) strate moyennement à très envahie, ayant une dominance supérieure à 2 m<sup>2</sup>/ha. Pour la présente étude, le critère de stratification est l'abondance de *Grevillea banksii* par rapport aux autres espèces.

Une analyse effectuée par Hernandez et *al.* (2014), en Espagne a utilisé des informations spatio-temporelles obtenues des suivis forestiers afin d'évaluer l'invasion de deux espèces d'*Acacia* dans une forêt en Espagne. Les données exploitées ont été collectées entre 1998 et 2008. Les résultats sont notamment la dynamique des peuplements, l'évolution des zones d'occupation et la détermination des conditions régulant l'extension des espèces. Par contre, lors de cette étude, les données ont été collectées à une période précise. Par conséquent, elle ne peut analyser les évolutions des peuplements et de l'invasion.

En outre, la formule adoptée pour le calcul du taux d'invasion (*Equation 5*) a permis de définir comment se présente les forêts dans les strates à abondance inférieure à 50 % ou  $S_{ab<50}$  par rapport à celles de la strate à abondance supérieure à 50 % ou  $S_{ab>50}$ . Mais cette équation est utilisée avec une certaine réserve. Elle est surtout basée sur l'hypothèse que les forêts de  $S_{ab<50}$  sont une extension ou une régénération des forêts de  $S_{ab>50}$ . Or, cette affirmation nécessite une vérification.

Pour le calcul de la biomasse, aucune formule n'a été définie pour *Grevillea banksii*. Par conséquent, l'estimation de la biomasse et du taux de carbone renfermés par les forêts de *Grevillea* a été faite en trois (3) étapes (Equations 7, 8, 9, 10 et 11) selon le procédé de Brown et al. (1997).

Par ailleurs, ces méthodes présentent quelques limites. Concernant les enquêtes, le nombre des personnes enquêtées a été limité. Il s'agit des guides, des autorités locales et des personnes ressources telles que les « propriétaires » de forêt de *Grevillea* et les agents forestiers ayant participé à l'épandage des graines. Et les données d'enquêtes ont été utilisées en tant qu'appui aux données d'inventaire.

Il est à noter qu'une étude socio-économique menée simultanément avec la présente étude se focalise davantage sur les perceptions des populations locales ainsi que sur les avantages socio-économiques de l'espèce.

## b. Sur les résultats

### • L'état d'invasion

En évaluant les critères de définition d'espèces envahissantes selon Kull et al. (2014) et ISSG (2016), il a été constaté que *Grevillea banksii* présente les caractères principaux d'espèces envahissantes. Aussi, en définissant le taux d'invasion, il a été révélé que l'espèce est moyennement envahissante à Toamasina et que le risque d'invasion est encore limité à Farafangana. Aussi, l'extension des peuplements est régulée par l'exploitation massive pesant sur l'espèce. Cette étude a permis d'effectuer l'état des lieux de la situation actuelle des forêts et de *Grevillea banksii* à Madagascar.

En considérant la catégorisation de Binggeli (in Andriamiharimana, 2011), *Grevillea banksii* est une espèce modérément envahissante. Effectivement, elle se propage rapidement (par le vent) mais elle n'est pas encore considérée comme une menace immédiate à la diversité biologique.

Une analyse de risque phytosanitaire a été réalisée à Guadeloupe - Antilles par Le Bourgeois et al. (2006). Elle a été basée sur le « système pour l'évaluation du risque phytosanitaire ». A cet effet, les caractéristiques biologiques de l'espèce ainsi que les caractéristiques écologiques de son aire naturelle ont été comparés avec les facteurs existants dans la zone d'étude. La conclusion de l'étude a stipulé que *Grevillea banksii* présente un risque d'introduction élevé aux Antilles et elle pourrait également s'adapter aux conditions locales. Les impacts susceptibles d'être causés par son introduction sont forts et le degré d'incertitude de l'étude est faible. Pour le cas de Madagascar, l'invasion de *Grevillea* est principalement conditionnée par le feu. Effectivement, à Brickaville (région Toamasina) où le charbonnage et la culture sur-brûlis sont des activités courantes, les taux d'invasion sont très élevés (90 % pour l'abondance et 143 % pour la dominance).

### • Zone de répartition

Actuellement, *Grevillea banksii* est observée sur la partie orientale de Madagascar, de Maroantsetra à Fort-Dauphin. Des essais de reboisement ont été également menés dans des stations forestières telles qu'à Kianjasoa, Betroka, Nosy Be et Sainte Marie. En considérant les conditions écobiologiques de l'espèce, la zone d'occurrence pourrait s'étendre vers les hautes terres centrales (carte 6). Cette extension est particulièrement basée sur la dispersion par le vent.

Notamment, elle pourrait être d'origine anthropique. Dans la plupart des zones observées, *Grevillea* est utilisée comme haie vive et espèce d'ornementation. Cela pourrait contribuer à l'augmentation des surfaces occupées par l'essence. Les coordonnées des zones observées sur les routes nationales n'ont pas pu être relevées. La référence pour la localisation a été les points kilométriques.

- **Conditions éco-biologiques régulant l'installation de l'espèce**

L'installation de *Grevillea banksii* est conditionnée par certains critères relevant des caractères biologiques et écologiques de l'espèce. La connaissance de ces conditions constitue des données de base pour l'élaboration d'une stratégie de gestion des forêts et de l'espèce. Certaines informations telles que le cycle de vie et la croissance rapide n'ont pas été définies d'une manière précise. Mais elles ont été appuyées par les résultats des enquêtes.

L'étude réalisée par Le Bourgeois et *al.* en 2006 a défini les similitudes climatiques entre la zone étudiée et l'aire de répartition de l'espèce, les aspects biologiques pouvant favoriser son établissement, les milieux à risque dans la zone d'étude, c'est-à-dire les zones présentant les conditions d'installation de *Grevillea*.

Tableau 19 : Comparaison des critères d'installation de *Grevillea banksii* à Guadeloupe et à Madagascar.

Critères	Guadeloupe	Madagascar
<b>Climat</b>	Tropical à subtropical	Tropical perhumide chaud
<b>Sol</b>	Nombreux types de sol (même très pauvres) mais de préférence sols bien drainés.	Sols ferralitiques à texture sableuse ou argileuse.
<b>Conditions biologiques</b>	Croissance végétative rapide Graines anémophiles Autofécondation Espèce héliophile et pyrophyte	Régénération abondante Croissance rapide Graines ailées, dispersion par anémochorie Mode de reproduction par semis et par drageons Tempérament héliophile et pyrophyte
<b>Flore et végétation</b>	Milieux naturels perturbés ouvert à semi-ouvert, secs à humides et pâturages peu entretenus.	Formations secondaires présentant des trouées et soumises à un fort ensoleillement : steppes herbeuses, savoka à <i>Ravenala</i> et plantation forestière.

Aussi, Blaser et *al.* (1993) ont énoncé que l'espèce s'installe à une altitude comprise entre 0 m et 300 m à Madagascar et est observée entre 0 m et 400 m d'altitude dans son aire naturelle. Lors des observations sur terrain ont permis de constater que l'espèce s'installe également à plus de 700 m d'altitude, comme le cas d'Ambavaniasy (769 m d'altitude).

- **Caractéristiques sylvicoles des nouvelles forêts de *Grevillea banksii***

Les inventaires floristiques ont révélé que malgré son caractère relativement allélopathique en état de massif monospécifique, *Grevillea banksii* peut s'associer à 46 espèces réparties dans 24 familles (Annexe 6). Parmi ces 46 espèces, 4 sont communes aux cinq (5) localités. La diversité floristique (Tableau 12) révèle que les forêts à Brickaville sont hétérogènes selon le coefficient de mélange et l'indice de Shannon alors qu'elles présentent le moins d'espèces. Or, les peuplements à Brickaville sont composés de peu d'individus (24 239 tiges/ha). Le dénominateur du coefficient de mélange est faible.

La structure horizontale a démontré que les forêts de *Grevillea* à Ambonivato sont les plus abondantes à raison de 44 127 tiges/ha par rapport à 8 038 tiges/ha Manombo. A Ambonivato, les peuplements de *Grevillea* constituent des forêts d'ombrage où des activités d'enrichissement et de reboisement d'espèces cibles de conservation sont menées (régénération semi-naturelle). D'où le nombre élevé des individus. Ce qui n'est pas le cas à Manombo où les peuplements sont denses et la régénération naturelle.

La structure totale des deux (2) strates à *Grevillea banksii*, montre une abondance des individus de régénération et un nombre faible des individus de gros diamètre (supérieur à 20 cm). Ces grands arbres sont surtout des pieds de *Eucalyptus robusta* (MYRTACEAE), *Eucalyptus camaldulensis* (MYRTACEAE), *Pinus kesiya* (PINACEAE), *Melaleuca quenquinervia* (PINACEAE) et *Acacia mangium* (FABACEAE). Ces espèces sont exploitées en tant que bois de construction, ce qui nécessite un gros diamètre. Par ailleurs, le bois de *Grevillea banksii* est tendre et il n'est pas rentable en tant que bois de service à un diamètre élevé. Par conséquent, il est exploité à 6 cm de diamètre.

Concernant la régénération naturelle, Brickaville présente le taux de régénération le plus élevé avec 7 282 %. Ceci est expliqué par le nombre faible d'individus de gros diamètre, dû à une forte exploitation des produits ligneux.

L'allure de la courbe de distribution des tiges de *Grevillea banksii* par classe de diamètre (Figure 18) est de type exponentiel négatif, ce qui reflète le tempérament d'une essence semi-sciophile, édificatrice de la forêt. Or, *Grevillea banksii* est une espèce héliophile de type pionnier, représentée généralement par une courbe en cloche. Les inventaires ont recensé une abondance d'individus de régénération (diamètre inférieur à 5 cm) suite à la mise en feu (culture sur-brûlis). Ce qui a influencé la courbe de tendance.

L'analyse de la régénération naturelle de *Grevillea banksii* a permis de réaffirmer que l'espèce se renouvelle facilement et abondamment après passage de feu. Aussi, les types de végétation observés dans les sites d'étude sont favorables à son installation. Les taux de régénération sont élevés parce que la plupart des individus rencontrés ont un diamètre compris entre 1 cm et 3 cm, et les grands arbres de *Grevillea* sont peu nombreux. Ces faits confirment la grande production de graines et la maturité précoce de l'espèce.

L'estimation de la biomasse aérienne et du taux de carbone séquestrés par les forêts de *Grevillea* a permis de constater que les forêts de *Grevillea banksii* dans la région de Toamasina stockent plus de carbone que celles de la région de Farafangana. Les forêts sont plus denses à Toamasina qu'à Farafangana (tableau 13). L'analyse du taux de carbone et de l'ampleur des pressions permet de déduire que la densité des peuplements résulte de l'ampleur des pressions. Au niveau des localités, Ambonivato renferment le plus de carbone avec 217 T/ha contre 107 T/ha à Manombo. Des études sur le taux de carbone séquestré par différentes formations végétales à Madagascar ont été effectuées, dont les valeurs sont présentées par le tableau 20.

Tableau 20 : Comparaison du taux de carbone stocké dans différentes formations de Madagascar.

Formations	Carbone (T/ha)	Auteurs
Forêts humides	90	WWF Madagascar et al., 2013.
Forêts épineuses du Sud	15	
Formation ligneuse à prédominance de giroflier ( <i>Eugenia caryophyllus</i> )	16,05	Razakararimo J.T.I., 2011.
Formation humide du corridor Zahamena	15,67 à 82,08	Andriamalala F. et al., 2010.
Forêts de <i>Uapaca bojeri</i>	10	Rakoto Ratsimba H. et al., 2013.
Forêts de <i>Grevillea banksii</i>	107 à 217	Radaniela Andrianoro A., 2016.

Comparées aux différentes formations végétales de Madagascar, les forêts de *Grevillea banksii* présentent le taux de carbone le plus important à raison de 107 T/ha, contre 10 T/ha pour les forêts de *Uapaca bojeri*. Cependant, le taux de carbone stocké dans les forêts de *Grevillea* est proche de celui stocké dans les forêts humides. Ces deux (2) formations sont rencontrées dans la partie orientale de Madagascar.

La carte des pressions (carte 7) montre que le site d'Ambonivato est soumis à peu de pressions, de moindre coupe et aucun passage de feu. La pratique du feu est rare à Manombo, mais les coupes sont courantes. De plus, les peuplements à Ambonivato ont une densité plus élevée (176 m<sup>2</sup>/ha) par rapport à ceux de Manombo (16 m<sup>2</sup>/ha).

### c. Sur les hypothèses

La première hypothèse stipule que « **L'espèce *Grevillea banksii* présente une tendance envahissante dans les écosystèmes forestiers de la région orientale et menace la biodiversité locale** ». Les onze (11) critères de définition selon Kull et al. et ISSG ont été vérifiés pour *Grevillea banksii* (tableau 5).

Les taux d'invasion selon l'abondance (43 % à Toamasina et 22 % à Farafangana) et selon la dominance (58 % à Toamasina et 9 % à Farafangana) ont démontré que l'espèce est moyennement envahissante à Toamasina et peu envahissante à Farafangana. Par conséquent, la tendance envahissante de *Grevillea banksii* a été vérifiée.

Par contre, il a été confirmé que l'essence présente un tempérament héliophile. Elle s'installe aisément dans les formations secondaires dégradées et dans les steppes. Elle ne pourrait s'introduire dans les forêts naturelles que si cette dernière est dégradée. Ainsi, la menace que *Grevillea banksii* pèse sur la biodiversité locale n'est pas encore vérifiée.

De ces faits, l'hypothèse est mi-confirmée. *Grevillea banksii* présente les caractéristiques d'une espèce envahissante mais elle ne constitue pas encore une menace majeure pour les écosystèmes forestiers naturels.

La seconde hypothèse énonce que « **L'espèce est à usages multiples et contribue aux services écosystémiques, en particulier aux fonctions de protection, de régulation et à l'amélioration du sol en tant qu'espèce d'embroussaillement** ». *Grevillea banksii* est une excellente espèce d'embroussaillement, elle recouvre les sols déboisés et dénudés. Elle est également utilisée comme haie vive. Les forêts de *Grevillea* contribuent à l'amélioration du sol par leur capacité de rétention d'eau et à la régulation de l'émission de carbone en stockant jusqu'à 387 T/ha de carbone. Aussi, les produits issus de ces écosystèmes sont variés. *Grevillea banksii* est une plante mellifère et un bois d'énergie très apprécié en tant que bois de chauffe et charbon. L'analyse des forces, faiblesses, opportunités et menaces (FFOM) a permis de déduire que les avantages de cet écosystème sont plus nombreux que les impacts négatifs et les menaces.

Par conséquent, la seconde hypothèse est vérifiée. *Grevillea banksii* est à usage multiple et offre des avantages écobiologiques en tant qu'écosystème et en tant qu'espèce.



Photo 12 : Paysage non-boisé repeuplé par *Grevillea banksii* à Brickaville (Auteur, 2016).

## 4.2. Recommandations

Cette recherche se finalise par la proposition de stratégie de gestion des forêts de *Grevillea banksii*, en considérant les intérêts écologiques et écologiques de l'espèce, ainsi que ceux de l'écosystème.

### 4.2.1. Axes d'orientation

L'objectif principal est de « **gérer durablement les forêts de *Grevillea banksii*** ». A cet effet, deux (2) axes stratégiques sont avancés ainsi que les activités et les acteurs y correspondants.

- **Axe stratégique 1 : Etendre la zone d'occupation de *Grevillea banksii***

Les caractères biologiques et écologiques régulant l'installation de *Grevillea banksii* lui confèrent une bonne qualité en tant qu'espèce de reboisement. Il s'agit alors de promouvoir la plantation de *Grevillea banksii* en vue de reboiser les terres dénudées et non boisées. Aussi, *Grevillea* est une solution à la pratique régulière de feu. Or, une campagne de reboisement de grande envergure nécessite la mobilisation de toute partie, notamment de la population locale. Ceci permettra de responsabiliser les communautés locales.

Les actions proposées sont :

- Contrôle du feu,
- Reboisement de *Grevillea banksii*,
- Sensibilisation de la population locale,
- Vulgarisation des techniques de reboisement,
- Renforcement de capacité.

- **Axe stratégique 2 : Favoriser la gestion durable des forêts de *Grevillea banksii*.**

Les forêts de *Grevillea banksii* jouent un rôle important en tant qu'écosystème. Outre les fonctions de production, les fonctions sociales et culturelles, elles participent également à la régulation et à la protection de l'environnement. Effectivement, l'espèce contribue à l'amélioration de la qualité du sol. Ainsi, il est suggéré de promouvoir et de développer la multifonctionnalité de l'espèce et de forêts dans le cadre de l'agroforesterie afin de diversifier les produits issus des forêts de *Grevillea banksii*.

Des activités d'aménagement et de gestion sont à préconiser afin de favoriser la gestion rationnelle.

Les actions y afférentes sont :

- Gestion de la régénération naturelle,
- Vulgarisation de l'agroforesterie sous *Grevillea banksii*,
- Elaboration d'un plan d'aménagement et de gestion des forêts de *Grevillea banksii*,
- Maintien de l'intégrité écologique et des services écosystémiques des forêts.

#### 4.2.2. Plan d'action

Tableau 21 : Stratégie pour la gestion durable des forêts de *Grevillea banksii*

Axe stratégique 1 : Etendre la zone d'occupation de <i>Grevillea banksii</i> .						
Résultat attendu	Actions nécessaires	Actions souhaitables	Acteurs	Indicateurs Objectivement Vérifiables (IOV)	Source de vérification	Échéances
Les surfaces occupées par <i>Grevillea banksii</i> sont augmentées.	Contrôle de la pratique de feu	Sensibilisation de la population locale sur les bienfaits de <i>Grevillea banksii</i> .	Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts (MEEF) Collectivités territoriales décentralisées (CTD) ONG Chercheurs Communauté locale de base (CLB)	Nombre de pare-feu, Nombre de feux détectés, Nombre de feux contrôlés	Rapport d'activités	MT
	Reboisement de <i>Grevillea banksii</i>	Vulgarisation des techniques d'exploitation rationnelle de la forêt.		Surface reboisée, Nombre de plants mis en terre, Taux de réussite de reboisement	Rapport d'activités	LT
		Formation des techniciens et de la communauté locale sur les techniques de reboisement				
Axe stratégique 2 : Favoriser la gestion durable des forêts de <i>Grevillea banksii</i> .						
Résultat attendu	Actions nécessaires	Actions souhaitables	Acteurs	IOV	Source de vérification	Échéances
Les forêts de <i>Grevillea banksii</i> sont gérées durablement	Gestion de la régénération naturelle	Maintien de l'intégrité écologique et des services écosystémiques	MEEF CTD ONG Chercheurs CLB	Taux de régénération Nombre d'individus régénérés	Rapport d'activités	MT
	Vulgarisation de l'agroforesterie			Surface de terrain agroforestier	Rapport d'activités	MT
	Elaboration de PAG de <i>Grevillea banksii</i>			Document de plan d'aménagement et de gestion	Document de plan d'aménagement et de gestion	CT

CT : court terme, 1 an

MT : moyen terme, 1 an à 5 ans

LT : long terme, plus de 5 ans

PAG : Plan d'Aménagement et de Gestion

## 5. CONCLUSION

Le concept des espèces envahissantes à Madagascar commence à attirer l'attention des chercheurs. Les menaces que causent ces dernières sur la richesse biologique de l'île deviennent de plus en plus alarmantes. Ces dernières décennies, nombreuses sont les espèces identifiées comme envahissantes dont *Grevillea banksii*.

La présente étude a pour objectif principal de déterminer si *Grevillea banksii* est une espèce envahissante pour la biodiversité et les écosystèmes locaux. A cet effet, plusieurs méthodes ont été utilisées dont l'investigation bibliographique, la cartographie, les inventaires floristiques, l'observation sur terrain et les enquêtes. Et les données acquises à partir de ces méthodes ont fait objet d'analyses sylvicoles et statistiques.

Les résultats ont permis de déduire que *Grevillea banksii* présente une tendance envahissante mais elle ne présente pas de menace majeure envers les écosystèmes naturels et les espèces autochtones. L'espèce s'installe dans les formations dégradées et sur les steppes herbeuses. Le taux d'invasion indique un risque d'invasion moyen à Toamasina et faible à Farafangana. La zone de répartition de l'essence s'étend dans la partie orientale de l'île et sa propagation pourrait se faire dans les hautes terres centrales. Le caractère héliophile et pionnier de l'espèce, ainsi que ses graines ailées facilement transportées par le vent favorisent son installation. Pour la richesse floristique, la strate  $S_{ab>50}$  est plus riche que la strate  $S_{ab<50}$ , sauf à Andranotsara (région de Toamasina). L'analyse structurale des forêts dans les deux (2) régions ont démontré une différence significative pour la dominance et le volume mais non significative pour l'abondance. L'abondance des jeunes arbres, ayant un diamètre inférieur à 5 cm et ceux ayant une hauteur inférieure à 5 m, est également remarquée. *Grevillea banksii* a un bon potentiel de régénération, qui est abondante après passage de feu. Et les forêts de *Grevillea* dans la région de Toamasina renferment 387 T/ha de carbone et celles dans la région de Farafangana en stockent 238 T/ha.

Il est nécessaire de souligner que *Grevillea banksii* contribue à l'amélioration des conditions de vie de la population locale. Le charbonnage est une source de revenu importante dans certaines localités. L'écosystème est soumis à une exploitation massive. Afin d'assurer la durabilité de l'écosystème, une stratégie de gestion des forêts est nécessaire et elle implique toute partie. Elle consiste à contrôler la tendance envahissante de l'espèce. La valorisation des produits et la gestion rationnelle des forêts permettent la pérennité des ressources.

Malgré que les critères biologiques définissant les espèces envahissantes soient vérifiés pour *Grevillea banksii*, de nombreuses pressions sont observées sur les forêts existantes. Ceci mène à se demander si ces pressions pourront influencer sur l'état d'invasion de l'espèce et par conséquent la déclasser de la catégorie des espèces envahissantes à Madagascar ?

## Références bibliographiques

1. Andriamiharimana J. N., 2011. Dynamique spatio-temporelle des espèces envahissantes à Madagascar: cas de *Grevillea banksii* dans la forêt littorale de Vohibola. 61p.
2. Andrianandrasana M. D., R. H. Baohanta, H. Randriambanona, M. Raherimandimby, D. Khasa, R. Duponnois et H. Ramanankierana, 2014. Propagation of *Grevillea banksii* Affects the Dynamic of Mycorrhizal Fungi Communities Associated with Native Tree Species of Madagascar. Journal of Life Sciences, ISSN 1934-7391, USA, June. 2014, Vol. 8, No. 6, pp. 511-516.
3. ANGAP, 2001. Plan de Gestion du Réseau National des Aires Protégées de Madagascar. 112p.
4. Blaser J., L. G. Rajoelison, G. Tsiza, M. Rajemison, R. Rabevoohitra, H. Randrianjafy, N. Razafindrianilana, G. Rakotovao, S. Comtet, 1993. Choix des essences pour la sylviculture à Madagascar, Akon'ny Ala Tome 2, 90p.
5. Brown, 1997. Estimating biomass and biomass change of tropical forests, A primer. FAO Forestry Paper 134, Rome 1997, 37p.
6. Brown S., T. Pearson, N. Moore, A. Parveen, S. Ambagis, D. Shoch, 2005. Impact of selective logging on the carbon stocks of tropical forests: Republic of Congo as a case study. Deliverable 6: Logging impacts on carbon stocks, Report to USAID, 2005, 21p.
7. Chenje M., J. Mohamed-Katerere, 2006. Envahissante Alien Species. Africa Environment Outlook 2 • Our Environment, Our Wealth, UNEP 2006, Chap 10, pp. 331-349.
8. Delaunois A., 2006. Guide simplifié pour la description des sols. Chambre d'Agriculture TARN, 37p.
9. FAO, 2009. Les forêts et la faune sauvage de l'Afrique: réponse aux défis des systèmes des moyens d'existence durables, Commission des Forêts et de la Faune Sauvage pour l'Afrique, dix-septième session, 28p.
10. Gimeno I., M. Vila, P. E. Hulme, 2006. Are islands more susceptible to plant invasion than continents ? A test using *Oxalis pes-caprae* L. in western Mediterranean. Journal of Biogeography 33, pp. 1559-1565.
11. Henintsoa M., 2013. Disponibilité et dynamique du carbone, de l'azote et du phosphore sous association culturale Riz-Haricot soumise à différents types de fertilisation phosphatée apportée à dose croissante. Cas de l'expérimentation agronomique de Lazaina sur sol ferralitique de "tanety". 71p.
12. Hernandez L., J. Martinez-Fernandez, I. Canellas, A. Vasquez de la Cueva, 2014. Assessing spatio-temporal rates, patterns and determinants of biological invasions in forest ecosystems. The case of *Acacia* species in NW Spain. Forest Ecology and Management : 329 (2014), pp 206-213.
13. Hequet V., M. Le Corre, F. Rigault, V. Blanfort, 2009. Les espèces exotiques envahissantes de Nouvelle-Calédonie. Institution de Recherche pour le Développement. Conventions Province Sud : n° C153-08 / Province Nord : n° 09C037 / Etat : n° 1344/2008. Convention IRD n° 3700.
14. INSTAT, 2014. Enquête nationale sur le suivi des indicateurs des OMD, ENSOMD 2012-2013, 60p.

- 15.Kull C. A., J. Tassin, S. M. Carrière, 2014. Approaching invasive species in Madagascar. *Madagascar Conservation and Development*, volume 9, issue 2, december 2014, pp. 60-70.
- 16.Le Bourgeois T., R. Camou, 2006. Analyse de Risque Phytosanitaire, Version simplifiée adaptée aux plantes envahissantes, *Grevillea banksii* R.Br. Proteaceae, Zone Antilles, 06p.
- 17.Mabberley, D. J., & Moore, D. T. (1999). Catalogue of the holdings in The Natural History Museum (London) of the Australian botanical drawings of Ferdinand Bauer (1760-1826) and cognate materials relating to the Investigator voyage of 1801-1805. *Bulletin of the Natural History Museum. Botany series*.
- 18.Missouri Botanical Garden, 2005. Ravintsara Volume 3, Issue1/ 3ème Volume,1<sup>er</sup> Numéro, Mars 2005, 15p.
- 19.Ministère de l'Environnement, des Forêts et du Tourisme, United States Agency for International Development et Conservation International, 2009. Evolution de la couverture des forêts naturelles à Madagascar, 1990-2000-2005, 132p.
- 20.Ministère de l'Environnement et des Forêts, 2012. Ecosystèmes terrestres. Rapport sur l'Etat de l'Environnement à Madagascar, 2012, Chap 5, pp. 132-163.
- 21.Ministère de l'Environnement et des Forêts, 2014. Cinquième rapport national de la Convention sur la Diversité biologique Madagascar, 204p.
- 22.Office National pour l'Environnement, 2008. Rapport de synthèse sur l'état de l'environnement Région Atsinanana, 36p.
- 23.Rajoelison L. G., 1987. Etude monographique du *Grevillea banksii* et tentative de recherche sur la possibilité de l'utiliser en semis direct par avion, Mémoire de fin d'études, EESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, Madagascar.
- 24.Rajoelison L. G., 1997. Etude sylvicole de la forêt tropicale humide malagasy. La série du Département des Eaux et Forêts, vol 4, 138p.
- 25.Rakoto Ratsimba H., Z. H. Rabemananjara, A. T. Rabefarihy, F. M. Rabenilalana, T. De Haulleville, J. F. Bastin, J. Bogaert, B. S. Ramamonjisoa, 2013. Pertinence de la mise en œuvre des initiatives de Réductions des Emissions dues à la Déforestation et à la Dégradation des forêts (REDD) pour les communautés locales. Cas des formations de *tapia* dans la région d'Itasy. Les vers à soie malgaches. Enjeux écologiques et socio-économiques. Presses agronomiques de Gembloux. pp. 219-231.
- 26.Ralainasolo F. B., J. H. Ratsimbazafy, V. H. Jeannoda, R. Letsara, 2005. Etude comportementale et nutritionnelle de *Varecia variegata variegata* dans la forêt de Manombo, Madagascar. *Lemur News* Vol. 10, 2005, pp. 22-25.
- 27.Ramamonjisoa B., 1999. Etat des plantations villageoises et familiales malgaches d'aujourd'hui. Rapport de compilation et d'analyse des données existantes sur le secteur des plantations forestières de Madagascar.Commission Européenne, 38p.

28. Razakaratrimo J.T.I., 2011. Empreinte carbone de différents types d'exploitations agricoles à bas de système agroforestiers. Mémoire de fin d'études, ESSA-Forêts, Université d'Antananarivo, Madagascar, 108p.
29. Roger E., C. Rajeriarison, B. Rakouth, 2005. Tohiravina 1, Recueil de documents pour suivi écologique du programme environnemental, pp. 16-21.
30. Shackleton R.T., D.C. Le Maitre, D.M. Richardson, 2015. *Prosopis* invasions in South Africa: Population structures and impacts on native tree population stability. Journal of Arid Environments 114 (2015), pp. 70-78.
31. Soubeyran Y., UICN, 2008. Espèces exotiques envahissantes dans les collectivités françaises d'outre-mer. Etat des lieux et recommandations, 55p.
32. Tassin J., R. Bellefontaine, E. Roger, C. Kull, 2009. Evaluation préliminaire des risques d'invasion par les essences forestières introduites à Madagascar. Bois et Forêts des Tropiques, 2009, N°299 (1), pp. 27-36.
33. WWF Madagascar, GoodPlanet, Sophie C., 2013. REDD + à Madagascar : le carbone qui cache la forêt. Etudes de cas à Madagascar – Juillet 2013, 2013, 44p.

### Références webographiques

1. <http://fr.climate-data.org/location/4029/>, consulté le 08 juin 2016.
2. <http://fr.climate-data.org/location/50598/>, consulté le 08 juin 2016.
3. <http://fr.climate-data.org/location/717581/>, consulté le 08 juin 2016.
4. <http://fr.getamap.net/cartes/madagascar/toamasina/ambavaniasy/>, consulté le 01 septembre 2016.
5. <http://fr.getamap.net/cartes/madagascar/toamasina/brickaville/>, consulté le 30 mai 2016.
6. [http://www.hear.org/pier/species/grevillea\\_banksii.htm](http://www.hear.org/pier/species/grevillea_banksii.htm), consulté le 07 septembre 2015.
7. <http://www.issg.org>, consulté le 29 mai 2016.
8. <http://www.transport.gov.mg/blog/2015/11/10/saison-cyclonique-2015-2016-un-ou-deux-cyclones-passent-a-madagascar/>, consulté le 08 juin 2016.
9. <http://www.tropicos.org/Name/26500829>, consulté le 27 mai 2016.

# Annexes

**Annexe 1 : Guide d'enquêtes**

1. Quand/Depuis combien d'années avez-vous remarqué pour la première fois la présence de *Grevillea banksii* dans cette zone ?
2. Connaissez-vous l'historique et la raison de son introduction ?
3. Savez-vous jusqu'où/dans quelle partie de Madagascar *Grevillea banksii* peut-elle être rencontrée ?
4. Avez-vous remarqué des changements au niveau du sol, de la faune et flore, du paysage après l'installation de l'espèce ?
5. Quels sont les avantages et les inconvénients de l'abondance de l'espèce dans cette zone ?
6. Quelles sont les conditions qui favorisent son installation ? Type de sol ? Climat ? Ensoleillement du terrain ? Végétation existante ? Topographie ?
7. Quelles espèces, animales et végétales, peuvent-être rencontrées dans les forêts de *Grevillea banksii* ?
8. Quelle est l'âge de maturité de l'espèce ? La période de floraison ? La période de fructification ?
9. Quels facteurs sont nécessaires à son développement ?
10. Quelles sont les conditions de sa régénération ? Cultivez-vous l'espèce ?
11. Connaissez-vous la définition d'espèces envahissantes ?
12. Caractérissez-vous *Grevillea banksii* comme une espèce envahissante ?
13. Quels sont les critères d'une espèce intéressante pour vous ? *Grevillea* en fait-elle partie ?
14. Quels sont les atouts et les faiblesses de *Grevillea banksii* par rapport à d'autres espèces exotiques telles que *Eucalyptus* sp., *Melaleuca quinquenervia* ?
15. Avez-vous essayé d'éliminer *Grevillea banksii* ? Par quel moyen ? Et quels résultats avez-vous obtenu ?
16. Quelles sont les potentielles utilités de l'espèce ?
17. Quels produits pouvez-vous collecter dans les forêts de *Grevillea* ?
18. A partir de combien de mois exploitez-vous l'espèce ?
19. Que cultivez-vous dans les forêts de *Grevillea* ? Ou après brûlis ?
20. Croyez-vous que l'exploitation de *Grevillea banksii* soit une activité de subsistance satisfaisante ?

## Annexe 2 : Fiche de relevés dendrométriques

**Annexe 3** : Coordonnées géographiques des placettes d'inventaire.

**Annexe 3.1** : Coordonnées géographiques des placettes dans la région de Toamasina.

Localités	N° placette	Strates		
		A abondance forte	A abondance faible	A abondance zéro
Andranotsara	1	S 17° 37' 50,69"	S 17° 37' 53,4"	S 17° 37' 29,2"
		E 49° 28' 26,20"	E 49° 28' 58,7"	E 49° 29' 09,9"
	2	S 17° 38' 15,1"	S 17° 37' 52,1"	S 17° 38' 10,9"
		E 49° 28' 47,4"	E 49° 28' 57,0"	E 49° 28' 57,2"
	3	S 17° 38' 15,2"	S 17° 37' 52,84"	S 17° 37' 50,26"
		E 49° 28' 46,6"	E 49° 28' 57,74"	E 49° 29' 08,96"
	4	S 17° 38' 15,32"	S 17° 37' 54,12"	S 17° 37' 50,8"
		E 49° 28' 45,52"	E 49° 28' 59,39"	E 49° 29' 08,30"
	5	S 17° 38' 11,9"	S 17° 37' 21,53"	S 17° 37' 49,64"
		E 49° 28' 38,7"	E 49° 28' 57,72"	E 49° 29' 08,39"
	6	S 17° 38' 11,2"	S 17° 37' 28,31"	S 17° 37' 50,17"
		E 49° 28' 38,0"	E 49° 29° 08,81"	E 49° 29' 07,61
Ambonivato	7	S 17° 37' 17,36"	S 17° 37' 33,54"	S 17° 38' 10,43"
		E 49° 28' 37,14"	E 49° 28' 56,43"	E 49° 28' 56,71"
	8	S 17° 37' 17,82"	S 17° 37' 32,85"	S 17° 38' 10,87"
		E 49° 28' 37,57"	E 49° 28' 56,47"	E 49° 28' 58,15"
	9	S 17° 37' 15,97"	S 17° 37' 31,11"	S 17° 37' 29,94"
		E 49° 28' 38,15"	E 49° 28' 36,48"	E 49° 29' 09,88"
	10	S 17° 37' 16,73"	S 17° 37' 20,5"	S 17° 37' 28,82"
		E 49° 28' 38,70"	E 49° 28' 57,50"	E 49° 29' 08,59"
	1	18°03'20.70" S	18°03'25.20" S	18°03'15.9" S
		49°21'29.16" E	49°21'20.80" E	49°21'31.7" E
	2	18°03'20.51"S	18°03'52.3" S	18°03'14.7" S
		49°21'29.11" E	49°21'16.2" E	49°21'31.4" E
	3	18°03'20.77" S	18°03'52.65" S	18°03'14.72" S
		49°21'29.54" E	49°21'16.23" E	49°21'31.8" E
	4	18°03'20.46" S	18°03'52.72" S	18°03'15.73" S
		49°21'29.43" E	49°21'16.46" E	49°21'32.36" E
	5	18°03'25.7" S	18°03'52.36" S	18°03'15.87" S
		49°21'21.6" E	49°21'16.57" E	49°21'32.67" E
	6	18°03'24.97" S	18°03'21.02" S	18°03'24.78" S
		49°21'22.36" E	49°21'22.20" E	49°21'39.60" E
	7	18°03'24.99 S	18°03'21.02" S	18°03'26.13" S
		49°21'22.74 S	49°21'21.85" E	49°21'42.80" E
	8	18°03'25.07" S	18°03'21.37" S	18°03'26.46" S
		49°21'23.05" E	49°21'21.64" E	49°21'43.11" E
	9	18°03'25.52" S	18°03'21.35" S	18°03'27.32" S
		49°21'23.66" E	49°21'21.19" E	49°21'43.90" E
	10	18°03'25.04" S	18°03'15.59" S	18°03'27.65" S
		49°21'23.75" E	49°21'31.72" E	49°21'44.21" E

## Annexe 3.2 : Coordonnées géographiques des placettes dans la région de Farafangana.

Localités	N° placette	Strates		
		Abondance forte	Abondance faible	Abondance zéro
Manombo	1	23°00'55.00" S	23°00'55.8" S	22°58'45.3" S
		47°45'53.4" E	47°46'00.7" E	47°44'34.4" E
	2	23°01'0.34" S	22°59'54.1" S	22°58'45.4" S
		47°46'1.54" E	47°45'11.0" E	47°44'32.9" E
	3	23°00'53.5" S	22°59'53.5" S	22°58'45.3" S
		47°46'02.2" E	47°45'11.1" E	47°44'34.5" E
	4	23°00'53.5" S	22°59'52.9" S	22°59'39.0" S
		47°46'00.8" E	47°45'10.5" E	47°45'13.8" E
	5	23°00'53.8" S	22°59'53.1" S	22°59'53.4" S
		47°45'59.9" E	47°45'09.3" E	47°45'08.4" E
	6	23°00'53.8" S	22°59'45.1" S	22°59'42.8" S
		47°45'59.6" E	47°45'06.7" E	47°45'07.7" E
Amibasy	7	23°00'06.2" S	23°01'00.1" S	23°00'01.4" S
		47°45'00.9" E	47°46'01.1" E	47°46'03.2" E
	8	23°00'05.7" S	23°00'58.1" S	23°00'01.4" S
		47°45'00.4" E	47°45'59.6" E	47°46'03.2" E
	9	23°00'05.2" S	23°00'57.7" S	22°59'27.5" S
		47°44'59.6" E	47°45'57.2" E	47°45'23.6" E
	10	23°00'04.9" S	23°00'57.5" S	22°59'27.7" S
		47°44'58.8" E	47°45'56.2" E	47°45'24.5" E
	1	22°36'05.9" S	22°35'56.4" S	22°35'50.28" S
		47°47'49.7" E	47°47'55.9" E	47°47'48.64" E
	2	22°36'05.9" S	22°35'56.4" S	22°35'49.84" S
		47°47'49.7" E	47°47'55.9" E	47°47'48.86" E
	3	22°35'56.8" S	22°36'17.4" S	22°35'49.1" S
		47°47'55.3" E	47°47'18.3" E	47°47'48.96" E
	4	22°35'56.4" S	22°36'17.6" S	22°35'50.8" S
		47°47'55.9" E	47°47'19.2" E	47°47'49.6" E
	5	22°36'54.94" S	22°36'18.1" S	22°35'50.93" S
		47°47'59.91" E	47°47'21.21" E	47°47'49.7" E
	6	22°35'57.5" S	22°36'18.8" S	22°35'51.1" S
		47°47'55.7" E	47°47'21.7" E	47°47'50.2" E
	7	22°35'58.0" S	22°36'19.5" S	22°35'45.6" S
		47°47'55.6" E	47°47'22.1" E	47°47'53.0" E
	8	22°35'58.5" S	22°36'20.3" S	22°35'45.2" S
		47°47'56.5" S	47°47'22.4" E	47°47'52.7" E
	9	22°35'58.6" E	22°36'21.3" S	22°35'45.6" S
		47°47'56.5" S	47°47'22.6" E	47°47'52.0" E
	10	22°36'54.2" E	22°36'21.8" S	22°35'45.7" S
		47°47'57.4" S	47°47'22.7" E	47°47'51.6" E

**Annexe 4 :** Fiche de relevé pédologique

Station					
Placette			<b>S<sub>ab</sub>&gt;50</b>	<b>S<sub>ab</sub>&lt;50</b>	<b>S<sub>ab</sub>=0</b>
Date					
Horizon	Epaisseur	Couleur	Structure	Teneur sable	Teneur argile

**Annexe 5 :** Procédé de diagnostic tactile de la texture selon INRA, 2006.

Le diagnostic tactile de la texture :

- Amener le sol à l'état plastique (comme une pâte à modeler) en y ajoutant si besoin un peu d'eau ;
- Bien malaxer cette pâte pour y détruire toute agrégation naturelle des particules du sol ;
- Prendre un volume de l'ordre d'un haricot de cette pâte et le serrer fermement entre pouce et index en faisant glisser ces deux doigts l'un contre l'autre ;
- Observer le comportement de cet échantillon au fur et à mesure de son dessèchement entre les doigts.

Annexe 6 : Composition floristique des strates  $S_{ab<50}$  et  $S_{ab>50}$  dans les deux (2) régions.

Famille	Région Toamasina			Région Farafangana		Nombre d'espèces
	Brickaville	Andranotsara	Ambonivato	Manombo	Amibasy	
Annonaceae			1			1
Aphloiaceae				1		1
Apocynaceae	1			2	1	4
Asparagaceae	1	1				2
Burseraceae			1			1
Dennstaedtiaceae			1			1
Euphorbiaceae	1		1	1	1	1
Fabaceae	1	1	2	1	1	4
Flacourtiaceae		2				2
Hypericaceae					1	1
Lauraceae		1	1		1	2
Loganiaceae		1		1	1	1
Meliaceae			1	1		2
Menispermaceae			1			1
Monimiaceae	1	1	1	1	1	1
Moraceae	1	2	2	1	2	6
Myrtaceae	5	3	3	2	3	6
Ochnaceae		1	1	1		2
Phyllanthaceae			2			2
Pinaceae	1	1	1	1		1
Pittosporaceae			1			1
Rubiaceae			1			1
Salicaceae	1					1
Strelitziaaceae	1	1	1	1	1	1
<b>Nombre de familles</b>	10	10	16	12	10	<b>24</b>
<b>Nombre d'espèces</b>	14	15	22	14	13	<b>46</b>

## Annexe 7 : Composition floristique de la régénération dans les deux (2) régions.

Espèce	Famille	Région Toamasina			Région Farafangana	
		Brickaville	Andranotsara	Ambonivato	Manombo	Amibasy
<i>Acacia mangium</i>	Fabaceae					
<i>Ambora purpurea</i>	Monimiaceae		*	*	*	
<i>Aphloia theaformis</i>	Aphloiaceae				*	
<i>Artocarpus heterophyllus</i>	Moraceae	*				
<i>Astrotrichilia</i> sp	Meliaceae				*	
<i>Burasaia madagascariensis</i>	Menispermaceae			*		
<i>Campylospermum obtusifolium</i>	Ochnaceae			*	*	
<i>Okoumea klaineana</i>	Burseraceae					
<i>Carissa edulis</i>	Apocynaceae	*				
<i>Casearia nigrescens</i>	Flacourtiaceae		*			
<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Lauraceae			*		*
<i>Diporidium thouvenotii</i>	Ochnaceae		*			
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Myrtaceae			*		
<i>Eucalyptus robusta</i>	Myrtaceae					
<i>Eugenia quadriflora</i>	Myrtaceae	*				
<i>Gomphocarpus fruticosus</i>	Apocynaceae					*
<i>Grevillea banksii</i>	Proteaceae	*				
<i>Litsea tersa</i>	Lauraceae					
<i>Macaranga obovata</i>	Euphorbiaceae	*		*	*	
<i>Mapouria ankarensis</i>	Rubiaceae			*		
<i>Melaleuca quinquenervia</i>	Pinaceae					
<i>Melia azedarach</i>	Meliaceae			*		
<i>Pachytrophe dimepate</i>	Moraceae				*	
<i>Pachytrophe obovata</i>	Moraceae					
<i>Pandaca retusa</i>	Apocynaceae				*	
<i>Pinus kesiya</i>	Pinaceae			*		
<i>Pittosporum ochrosiaefolium</i>	Pittosporaceae			*		
<i>Psidium cattleyanum</i>	Myrtaceae	*			*	*
<i>Pteridium aquilinum</i>	Dennstaedtiaceae			*		
<i>Rauvolfia confertiflora</i>	Apocynaceae				*	
<i>Uapaca thouarsii</i>	Phyllanthaceae			*		
<i>Xylopia buxifolia</i>	Annonaceae			*		
Nombre total d'espèces		7	8	17	12	8
Nombre total de familles		5	7	16	10	6

\* Espèces qui ne présentent que des individus régénérés (diamètre inférieur à 5 cm).