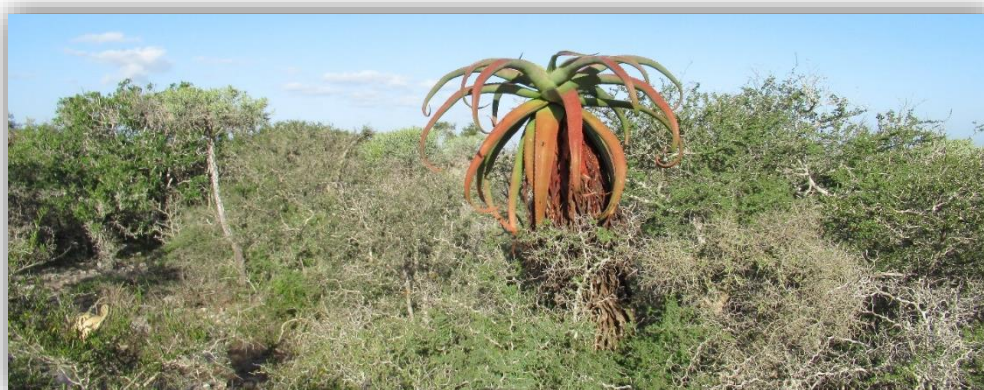




DIRECTION DE LA VALORISATION DES RESSOURCES FORESTIERES (DVRF)



RAPPORT FINAL INTEGRANT LA BIOMASSE DE L'ECOSYSTEME DES FORETS EPINEUSES DU SUD DEMADAGASCAR

Juillet 2022



DIRECTION DE LA VALORISATION DES RESSOURCES FORESTIERES (DVRF)



RAPPORT FINAL INTEGRANT LA BIOMASSE DE L'ECOSYSTEME DES FORETS EPINEUSES DU SUD DE MADAGASCAR

Rédigé par

RAZAFINDRAHANTA Hanitriniaina

Email : hrazafindrahanta@gmail.com, Tel : 0340562101

ANDRIAMANAITRA Setra

Email : andriamanaitra@gmail.com, Tel : 0340433329

Résumé

La disponibilité des données fiables fait partie des tâches des institutions œuvrant dans le domaine de l'environnement et des forêts. Pour ce qui est des ressources forestières, des techniques de collecte de données sont déjà acquises et n'attendent que d'être appliquées. Les données ainsi collectées servent de base de traitement, d'analyse et donc, de base de discussions pour les prises de décisions.

Dans le cadre de ce travail, un inventaire forestier dans les écorégions des Forêts épineuses du Sud (3 Régions concernées) a été effectué par le Ministère en charge des forêts entre le mois de Mars et Avril 2019. Cet inventaire entre dans le cadre de l'évaluation de la biomasse des écosystèmes forestiers de Madagascar. Pour atteindre les objectifs, les paramètres noms vernaculaires, diamètre à hauteur poitrine et hauteurs ont été pris. Après saisie et traitement des données, des bases de données relatives aux espèces végétales forestières ont été formées.

A l'issus des analyses, la forêt de l'écorégion Epineuse a été caractérisée par 65 familles végétales, 150 genres, 238 espèces forestières avec un DHP moyen de 15,32 cm, d'une hauteur totale de 4,21 m, surface terrière de 0,29m²/ha, d'un biovolume de 0,97m³/ha et potentialité de 0,41m³/ha. En termes de biomasse, la forêt de l'ecorégion Epineuse dispose de 197,10 tms/ha en biomasse aérienne, de 55,1 tms/ha en biomasse souterraine, de 180,68 tms/ha en biomasse de bois mort sur pied et enfin, 0,12 tms/ha en biomasse des débris (bois mort couché).

Mots clés : Espèces, biomasse, Ecorégion des Forêts Epineuses du Sud, Madagascar

TABLE DES MATIERES

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Introduction | 7 |
| 1.1 | Objectifs..... | 7 |
| 1.2 | Localisation et caractéristiques des zones d'inventaire | 8 |
| 2 | Matériels et méthodes | 11 |
| 2.1 | Matériels utilisés | 11 |
| 2.2 | Dispositif d'inventaire : Unité d'échantillonnage | 11 |
| 2.2.1 | Grille d'inventaire | 11 |
| 2.2.2 | Placette d'inventaire | 12 |
| 2.2.3 | Taux d'échantillonnage et répartition des points d'inventaire..... | 13 |
| 2.2.4 | Protocole de matérialisation des placettes d'inventaire | 14 |
| 2.2.5 | Collecte de données sur terrain..... | 16 |
| 2.3 | Composition et répartition de l'équipe | 23 |
| 2.3.1 | Composition de l'équipe d'inventaire | 23 |
| 2.3.2 | Répartition des équipes dans la zone d'inventaire..... | 23 |
| 2.4 | Traitement des données | 24 |
| 2.4.1 | Richesse floristique | 24 |
| 2.4.2 | Fréquence des espèces | 24 |
| 2.4.3 | Densité des espèces | 24 |
| 2.4.4 | Dominance des espèces | 25 |
| 2.4.5 | Importance des espèces | 25 |
| 2.4.6 | Surface terrière G..... | 25 |
| 2.4.7 | Volume (total et fût) des arbres sur pied..... | 25 |
| 2.4.8 | Régénération naturelle | 26 |
| 2.4.9 | Densité spécifique des espèces (DHP \geq 5cm)..... | 26 |
| 2.4.10 | Biomasse souterraine..... | 27 |
| 2.4.11 | Biomasse des espèces à DHP \geq 5cm | 28 |
| 2.4.12 | Facteur d'échelle | 30 |
| 2.5 | Analyse statistique | 31 |
| 2.5.1 | Moyenne arithmétique..... | 31 |
| 2.5.2 | Ecartype..... | 31 |
| 2.5.3 | Erreur standard (90%)..... | 31 |
| 2.5.4 | Intervalle de confiance (90%) et estimation minimale de confiance | 31 |
| 3 | Résultats | 32 |
| 3.1 | Itinéraire dans des placettes d'inventaires | 32 |
| 3.2 | Base de données de l'inventaire forestier et floristique | 34 |
| 3.3 | Richesse floristique..... | 34 |
| 3.4 | Richesse faunistique..... | 35 |
| 3.5 | Couverture de la canopée..... | 36 |
| 3.6 | Paramètres sylvicoles des zones d'inventaire des Forêts Epineuses du Sud de Madagascar..... | 37 |
| 3.7 | Fréquence, Densité, Dominance, Importance des espèces | 38 |
| 3.8 | Taux et capacité de régénération..... | 41 |
| 3.9 | Biomasses | 41 |
| 3.10 | Biomasses par placette | 43 |
| 4 | Conclusions et recommandations..... | 44 |
| | Documents consultés | 45 |

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1: Caractéristiques géographiques des 03 Régions d'études..... | 10 |
| Tableau 2: Caractéristiques climatiques des 3 Régions d'inventaire | 10 |
| Tableau 3: Sous placettes d'inventaire | 13 |
| Tableau 4: Les points à considérer pour la corde N°1 | 15 |
| Tableau 5: Les points à considérer pour la corde N° 2 | 15 |
| Tableau 6: Correction des pentes..... | 15 |
| Tableau 7: Catégorie d'état de décomposition des bois mort..... | 18 |
| Tableau 8: Classe de taille de bois prélevé..... | 20 |
| Tableau 9: Classification des souches..... | 20 |
| Tableau 10: Classe de canopée..... | 21 |
| Tableau 11: Information sur la qualification des Chefs d'équipe..... | 23 |
| Tableau 12: Répartition des placettes d'inventaire | 23 |
| Tableau 13 : Valeurs d'infradensité du bois par genre botanique issues des travaux de laboratoire..... | 27 |
| Tableau 13: Quotients racinaire/foliacé (RSR) | 28 |
| Tableau 14 : Caractéristiques des différents types de végétation de l'écorégion des forêts épineuses..... | 28 |
| Tableau 15: Equations allométriques des espèces de forêts épineuses..... | 29 |
| Tableau 17: Facteur de réduction de la biomasse et de la densité selon les catégories d'état de décomposition des bois morts (DRGPF, 2020) | 30 |
| Tableau 18: Description des placettes | 30 |
| Tableau 19 : Richesse floristique des Forêts épineuses du Sud de Madagascar | 34 |
| Tableau 20: Richesse faunistique des forêts épineuses | 35 |
| Tableau 21: Paramètres sylvicoles des formations végétales des zones d'inventaires..... | 37 |
| Tableau 22 : Paramètres sylvicoles des espèces dans les différentes formations végétales..... | 37 |
| Tableau 23: Biomasse des espèces à de DHP>5cm (LRA, 2021) dans la forêt épineuse | 42 |
| Tableau 24: Biomasse des espèces supérieures à de DHP>5cm (LRA, 2021) par Région dans la forêt épineuse | 42 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: Grille d'inventaire forestier 4µ4km de côté | 11 |
| Figure 2 : Dispositif d'inventaire des arbres des forêts épineuses..... | 12 |
| Figure 3 : Dispositif d'inventaire de la faune..... | 13 |
| Figure 4 : Identification des arbres à mesurer..... | 17 |
| Figure 5: Mesure de Diamètre des arbres morts gisants | 19 |
| Figure 6: Transect de débris de bois tombé selon la méthode d'interception linéaire..... | 19 |
| Figure 7: Transect de mesure des arbres morts gisants..... | 20 |
| Figure 8: Transect pour la couverture de la canopée | 21 |
| Figure 9: PLacette pour le prélèvement des données petite faune suivant les axes A et C | 22 |
| Figure 10: Répartition des espèces de faune de la forêt épineuse par classe | 36 |
| Figure 11: Famille des espèces de faune dominante dans la forêt épineuse de Madagascar | 36 |
| Figure 12: Couverture de la canopée de l'écosystème des forêts épineuses de Madagascar..... | 37 |
| Figure 13: Fréquence, dominance et abondance des espèces de forêts épineuse de Madagascar | 38 |
| Figure 14: Répartition des 10 (dix) espèces importantes dans la forêt Epineuse du Sud | 39 |
| Figure 15: : Proportion de la densité (en %) par rapport au nombre total de tige de l'espèce (DHP ≥ 2,5cm) ; proportion des biovolumes (en %) par rapport au volume total (DHP ≥ 5cm) selon les classes de diamètre pour les espèces vegetales importantes de la forêt épineuse | 41 |

| | |
|---|----|
| Figure 16:Taux de régénération naturelle des espèces forestières de l'écorégion des forêts épineuses..... | 41 |
| Figure 17: Biomasse des forêts épineuses par Région..... | 43 |

Liste des cartes

| | |
|--|----|
| Carte 1 : Ecorégion des Forêts épineuses de Madagascar..... | 8 |
| Carte 2 : Répartition des placettes d'inventaire de l'écorégion des forêts épineuses | 14 |
| Carte 3 : Itinéraire des placettes d'inventaire des forêts épineuses | 33 |
| Carte 4 : Carte de biomasse des placettes d'inventaire | 44 |

Liste des photos

| | |
|--|---|
| Photo 1 : Plantes épineuses, caractéristiques des forêts épineuses | 9 |
| Photo 2 : Forêts claires à arbustes succulents | 9 |
| Photo 3: Forêts de transition entre épineuse et humide..... | 9 |

1 Introduction

Les forêts tropicales contiennent 40 à 50 % du carbone terrestre et jouent un rôle majeur dans le cycle global du carbone (Pan et al., 2011). La perte du couvert forestier résultant de la déforestation et de la dégradation de ces forêts contribue à environ 10-15 % des émissions mondiales annuelles de gaz à effet de serre (Van der Werf et al., 2009). Pour éviter le pire, la Convention-Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques a examiné la possibilité de réduire ces émissions à travers l'initiative internationale REDD+ (Réduction des Émissions dues à la Déforestation et la Dégradation des forêts). Le mécanisme REDD+ vise à encourager les pays en développement à préserver les massifs forestiers moyennant des compensations financières issues des crédits de carbone (Angelsen et al., 2013). Toutefois, sa mise en œuvre dépend d'un système de Mesure, Notification et Vérification (MNV ou MRV en anglais) concernant l'estimation de la biomasse et des stocks de carbone contenus dans les forêts (Gibbs et al., 2007 ; Saatchi et al., 2011 ; Baccini et al., 2012 ; Clark et al., 2012). Dans les écosystèmes forestiers, le carbone est stocké dans la biomasse vivante (biomasse aérienne et biomasse souterraine), le bois mort, la matière organique du sol et la litière (GIEC, 2003).

Madagascar dispose d'une large couverture forestière. Cependant, à l'heure actuelle, le pays ne dispose pas de données suffisantes sur l'état de stock de bois pour estimer la biomasse et la capacité de séquestration de carbone. Aussi, le dernier inventaire écologique et forestier national (IEFN) date de 1996. Plusieurs ONG nationales et internationales concourent actuellement sur les inventaires écologiques et forestiers à des fins de conservation et de gestion des ressources naturelles. Toutefois, l'approche méthodologique adoptée lors de ces inventaires n'est pas uniforme, les résultats ainsi obtenus sont fonctions des objectifs de ces ONG. De plus, les données issues de ces inventaires sont souvent peu exploitées et ne peuvent être servies comme bases de données nationales.

Malgré cela, Madagascar n'est pas encore en mesure de prouver sa situation car elle ne dispose pas de données suffisantes sur l'état de ses stocks forestiers. De ce fait, elle est dans l'incapacité d'estimer le stock de bois, la biomasse et la capacité de séquestration de carbone de ses ressources forestières. Constatant cette situation, le Ministère en charge des forêts s'est arrangé avec ses bailleurs de fonds et ce à travers le projet REDD+ de conduire un inventaire forestier dans les écorégions de l'Épineuse du Sud de Madagascar. Cela afin de disposer des données spatiales, de diagnostic de l'état des écosystèmes forestiers ainsi que les indices de dégradation de ces zones. Pour cela, le Ministère responsable a mobilisé ses ressources pour conduire l'inventaire national notamment la Direction de la Valorisation des Ressources Forestières (DVRF), les Directions Régionales de l'Environnement et du Développement Durable et les Cantonnements de l'Environnement et du Développement Durable.

Le présent rapport constitue le rapport d'inventaire de l'écorégion de l'Épineuse du Sud de Madagascar et une estimation de la biomasse des espèces à DHP supérieur à 5cm. Une base de données d'inventaire forestier de ces écorégions a été élaborée. Les données collectées ont été traitées et analysées dans le but de calculer la biomasse globale afin d'estimer la capacité de séquestration de carbone de ces forêts.

1.1 Objectifs

L'objectif général de l'inventaire est d'établir l'état écologique, la valeur de la biomasse et la capacité de séquestration de carbone de la forêt de l'Écorégion des forêts épineuses de l'Ouest de Madagascar. Les objectifs spécifiques sont de :

- Disposer des placettes permanentes de suivi systématique de changements de stock de carbone de la biomasse ;

- Reconstituer les bases de données dendrométriques des forêts épineuses ;
- Evaluer le stock de carbone des forêts épineuses ;
- Etablir une carte de biomasse/carbone des forêts épineuses de Madagascar

1.2 Localisation et caractéristiques des zones d'inventaire

Trois Régions ont été concernées pour l'inventaire des forêts épineuses Il s'agit de Atsimo andrefana, Androy et Anosy.

Carte 1 : Ecorégion des Forêts épineuses de Madagascar



Source : DVRF 2018

Les zones d'inventaires des forêts épineuses appartiennent à trois types de zonation :

Les fourrées épineux de Madagascar sont caractérisés par des espèces à épines, adaptés à la sécheresse. À dominance de famille endémique de *Didieraceae*. Certaines des plantes endémiques sont extrêmement rares et ont des aires de répartition très restreintes, telles que l'*Aloe suzannae* et le palmier, *Dypsis decaryi*, ainsi que de minuscules herbes *Euphorbia*, *Pachypodium* spp. et arbustes d'*hibiscus*.



Photo 1 : Plantes épineuses, caractéristiques des forêts épineuses

Tandis que les forêts claires succulentes de Madagascar, à dominance d'arbuste à caractère succulent. Des blocs de forêt relativement intacte subsistent dans la partie nord-ouest de l'écorégion et à l'extrême sud-est. Une grande partie de la zone intérieure a été remplacée par des prairies secondaires et des prairies boisées.



Photo 2 : Forêts claires à arbustes succulents

Une forêt de transition entre forêt épineuse et forêt humide de l'Est, laquelle des espèces à feuilles apparaissent progressivement. Elle est très restreinte dans la Région Anosy.



Photo 3: Forêts de transition entre épineuse et humide

Les caractéristiques des zones de forêts épineuses sont respectivement présentées dans le tableau 1 et le tableau 2. La précipitation varie en fonction des Régions, Androy a été la plus basse avec un minimum de l'ordre de 68mm par an dans le district de Bekily. La température varie dans l'ensemble entre 12°2 et 30° C.

Tableau 1: Caractéristiques géographiques des 03 Régions d'études

| Régions | Géographie | | Superficie forêts épineuses (ha) |
|-------------------------|---|----------|----------------------------------|
| | Districts | Communes | |
| Androy | Ambovombe, Beloha androy, Bekily, Tsiombe | 22 | 367.401 |
| Anosy | Amboasary atsimo, Betroka, Taolagnaro | 08 | 273.379 |
| Atsimo Andrefana | Toliara I, Toliara II, Betioky Sud, Benenitra, Ampanihy Ouest, Morombe, Ankazoabo Sud, Sakaraha | 26 | 931.125 |

Source : TBE, 2015, DVRF 2018

Tableau 2: Caractéristiques climatiques des 3 Régions d'inventaire

| Région | Climat | Précipitation moyenne annuelle (mm) | Température moyenne annuelle (°C) |
|-------------------------|--|---|-----------------------------------|
| Anosy | Climat semi-aride, une précipitation en moyenne de 400 mm mal répartie dans l'année. D'autant plus, une irrégularité pluviométrique en combinant aux variations et à l'importance des amplitudes thermiques, qui favorisent très souvent la dégradation du sol, la Région est soumise à une présence quasi permanente de vent fort et desséchant de l'Androy « TIOMENA ». | 400mm | 20 à 26 |
| Androy | Appartenant au domaine sub-aride du Sud de Madagascar, la Région Androy est soumise à un climat de type tropical semi-aride à aride avec deux saisons tranchées : saison humide (été) et saison sèche (hiver). | 68 mm (Bekily)- 536,5 mm (Ambovombe) | 12°2 C en août à 28 °C |
| Atsimo Andrefana | Climat semi-aride. Une alternance de deux saisons est remarquée dans la région à savoir la saison sèche, plus longue qui s'étale de 7 à 9 mois | 600 | 24,6 à 30 |

2 Matériels et méthodes

2.1 Matériels utilisés

Pour la réalisation de cet inventaire, cinq équipes techniques issues de différentes Directions du Ministère de l'Environnement et du Développement Durable ont été impliquées. Elles ont été formées pour collecter les données forestières de l'écorégion de l'Epineuse du Sud de Madagascar. Chaque équipe a été constituée d'un chef d'équipe, de techniciens (forestiers et écologistes) et d'un représentant du cantonnement dans les Districts. Des personnes locales ont été recrutées pour accompagner l'équipe dans les zones d'inventaires pour servir de guide, de para taxonomiste et de porteur. Pour atteindre les zones d'inventaire, des voitures tout terrain, ou tous autres matériels roulants adaptés ont été utilisés pour respecter le délais impartis et surtout, pour arriver dans les zones d'inventaire. La durée des travaux d'inventaire a été de l'environ de 60 jours.

Les matériels suivant ont été utilisés par l'équipe :

- Fiche de collecte des données d'inventaire forestier;
- Fiche d'information stationnelle et d'autres observations supplémentaires ;
- GPS pour la localisation du centre des placettes ;
- Boussole pour l'orientation du transect et pour le respect des azimuts ;
- Appareils photos pour la photographie de la couverture forestière ;
- Décamètre pour la délimitation des placettes;
- Ruban dendrométrique et OSM pour la mesure du diamètre à hauteur poitrine (DHP130).

2.2 Dispositif d'inventaire : Unité d'échantillonnage

2.2.1 Grille d'inventaire

La grille nationale de 4km x 4km de côté élaborée par les équipes de la DVRF et du BNCCC-REDD+ durant l'inventaire des forêts de mangroves a été utilisée. Le nœud de la grille constitue le centre de la placette. L'objectif étant d'avoir les informations correspondantes au centre de la placette de CollectEarth. Ce qui va permettre par la suite le suivi en permanence à partir de la télédétection. Les informations obtenues sur terrain sont liées à ces points.

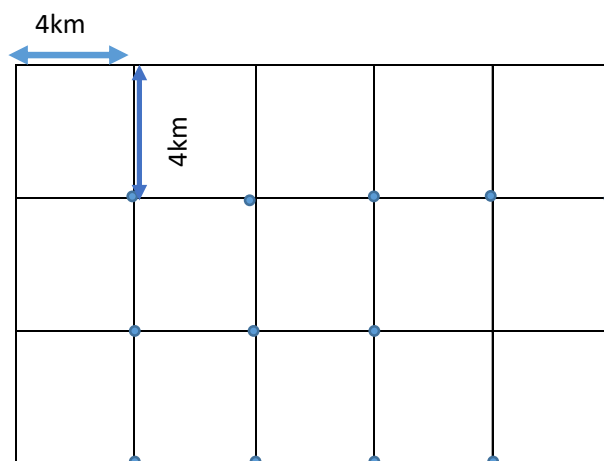


Figure 1: Grille d'inventaire forestier 4x4km de côté

2.2.2 Placette d'inventaire

Le dispositif d'inventaire est formé par une placette carrée de 50m de côté. Chaque placette est composée de trois sous placettes carrées de 50m, 20m et 10m de côté. Quatre placeaux de 1m² sur les quatre coins de la placette, orienté vers l'intérieur sont mis en place pour les régénérations et les débris fines. Cf figure 2 et la figure 3.

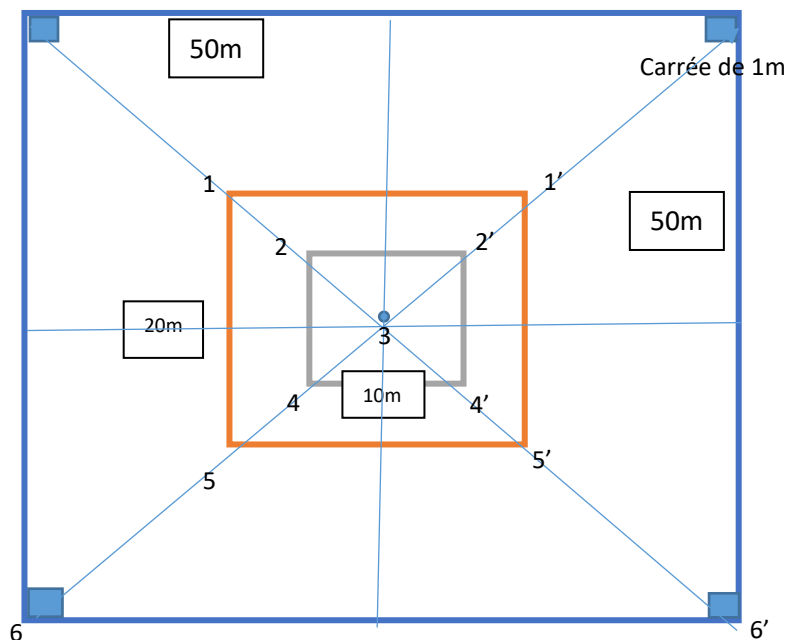


Figure 2 : Dispositif d'inventaire des arbres des forêts épineuses

A noter que tous les arbres, les arbustes, les gaules et les plants situés dans les sous-placettes de 50m, 20m et 10m de côté ont été comptés et mesurés suivant leur diamètre à hauteur poitrine ou DHP et/ou Diamètre de base à 30cm du sol. Pour ce dernier types les diamètres au collets est également mesurés ainsi que les nombre de tiges sur un pied d'arbre. Ainsi, les plantules ont été dénombré dans les placeaux de 1m² sur les quatre coins de la placette.

Une placette carrée de 50m de côté a été adoptée pour l'inventaire des ressources forestières.

- Elle présente une proportionnalité avec la grille de 4km*4km de côté et disposant d'une surface de 0,25ha. Avec cette placette, il est facile d'avoir le 0,5ha relatif à la définition de la forêt pour l'évaluation de stock de carbone.
- Les erreurs relatives sont bonnes par rapport à la placette ronde et le traitement des données sera plus facile. Il y aura donc plus de précision.
- La répétition de la placette est plus importante qu'avec les grappes. En effet, l'emplacement des grappes ne donne pas une bonne répartition par rapport à la placette indépendante.

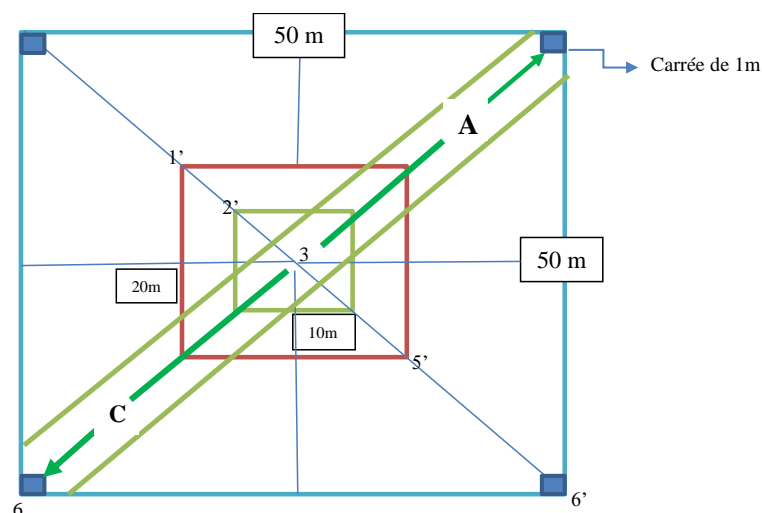


Figure 3 : Dispositif d'inventaire de la faune

L'unité d'échantillonnage est constituée par trois sous placettes correspondants aux intervalles de diamètre des arbres, et, quatre petits placeaux pour les régénérations et sous-bois. Ces placeaux sont répartis sur les quatre coins de la sous-placette des gros arbres pour avoir une idée de variation de l'ensemble dont les détails sont récapitulés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 3: Sous placettes d'inventaire

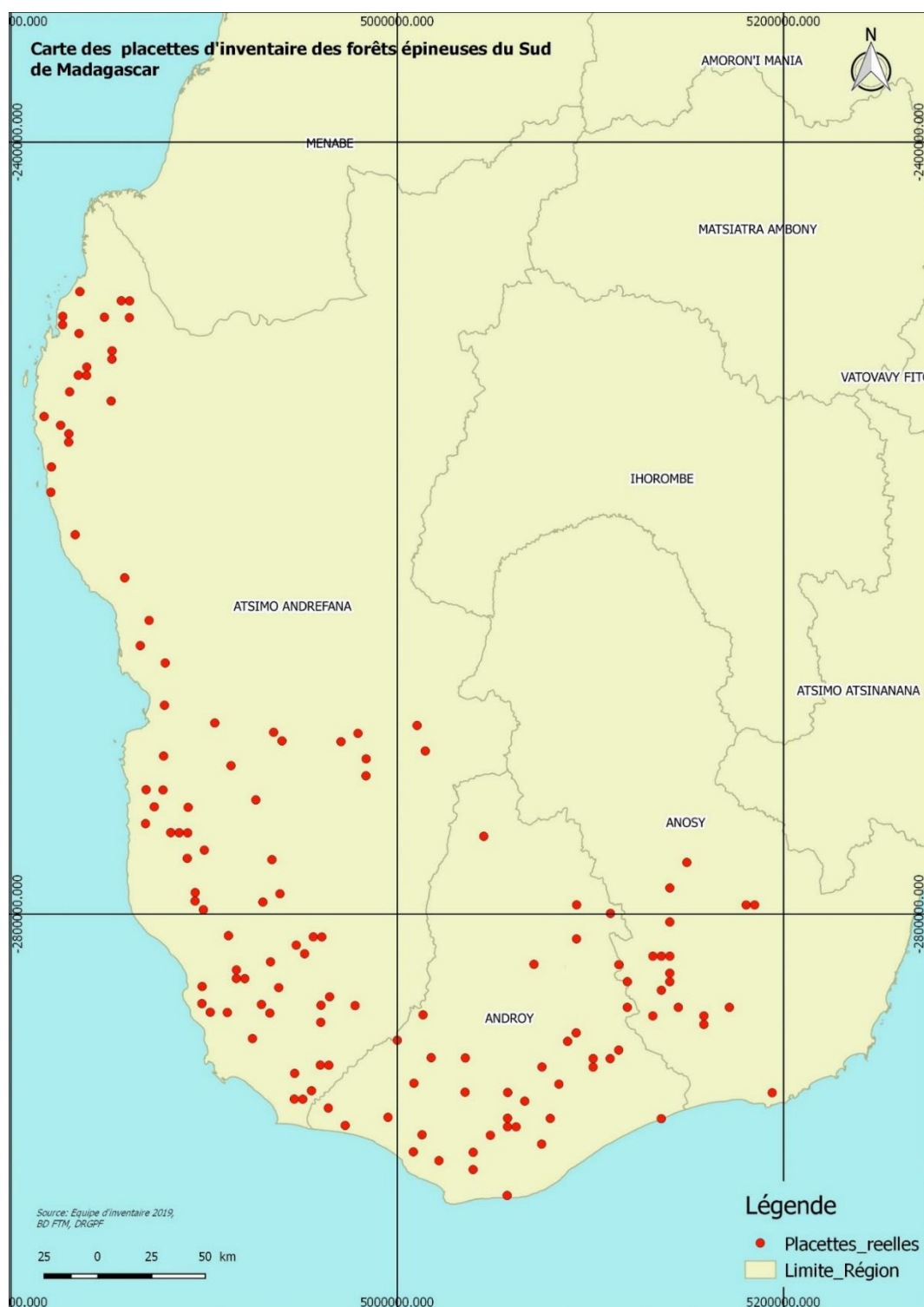
| Taille | Type | DHP | Paramètres à mesurer |
|---------|---------------|---------------------------------------|----------------------|
| 50mx50m | Gros arbres | $DHP \geq 20\text{cm}$ | DHP, HT, HF |
| 20mx20m | Arbres moyens | $10\text{cm} \leq DHP < 20\text{cm}$ | DHP, HT, HF |
| 10mx10m | Jeunes arbres | $2,5\text{cm} \leq DHP < 10\text{cm}$ | DHP, HT, HF |
| 1mx1m | Régénération | $DHP < 2,5\text{cm}$ | Dénombrement |

2.2.3 Taux d'échantillonnage et répartition des points d'inventaire

Après la délimitation de l'écorégion des forêts épineuses, 1315 points réguliers ont été identifiés, sur lesquels 140 placettes ont été réparties d'une manière aléatoire. Le taux d'échantillonnage de l'inventaire est donc de 10,65%.

Cent quarante (140) placettes ont été réparties sur les trois régions.

Carte 2 : Répartition des placettes d'inventaire de l'écorégion des forêts épineuses



Source : DVRF 2018

2.2.4 Protocole de matérialisation des placettes d'inventaire

Deux (2) cordes de 75 m croisés au centre de la placette ont été utilisées. Pour ce faire, ces deux cordes ont été calibrés avec les points définis dans les tableaux 2 et 3 afin d'avoir des sous placettes carrés, respectivement de 10 m, 20 m et 50 m.

Tableau 4: Les points à considérer pour la corde N°1

| N° | Distance (m) | Angles | Décamètre 1 |
|-----|--------------|--------|------------------------------------|
| 0 | 0 | 45° | Coin Nord-Est de la carrée de 50m |
| 0-1 | 21,2 | 45° | Coin Nord-Est de la carrée de 20m |
| 0-2 | 28,3 | 45° | Coin Nord-Est de la carrée de 10m |
| 0-3 | 35,4 | 0° | Centre de la placette |
| 0-4 | 42,4 | 225° | Coin Sud-Ouest de la carrée de 10m |
| 0-5 | 49,5 | 225° | Coin Sud-Ouest de la carrée de 20m |
| 0-6 | 70,7 | 225° | Coin Sud-Ouest de la carrée de 50m |

Tableau 5: Les points à considérer pour la corde N° 2

| N° | Distance (m) | Angles | Décamètre 2 |
|-------|--------------|--------|----------------------------------|
| 0' | 0 | 315° | Coin Nord-Ouest carrée de 50m |
| 0'-1' | 21,2 | 315° | Coin Nord-Ouest carrée de 20m |
| 0'-2' | 28,3 | 315° | Coin Nord-Ouest carrée de 10m |
| 0'-3' | 35,4 | 0° | Centre de la placette |
| 0'-4' | 42,4 | 135° | Coin Sud-Est de la carrée de 10m |
| 0'-5' | 49,5 | 135° | Coin Sud-Est de la carrée de 20m |
| 0'-6' | 70,7 | 135° | Coin Sud-Est de la carrée de 50m |

Sur chaque quatre coins de la carrée de 50m, une petite carrée de 1m dirigé vers l'intérieur de la placette est matérialisée. Les deux côtés suivent les lignes de 50m et les deux à l'intérieur de la placette. Pour les placettes qui se trouvent sur des pentes, des corrections de pentes seront apportées par le tableau ci-après et les cordes sont calibrées à chaque fois qu'on change de placette. L'objet est d'avoir une distance horizontale.

Tableau 6: Correction des pentes

| Pente | Degrés | Facteur | Distances horizontales | | | | | | | | | | Pente |
|-------|--------|---------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| % | o | fs | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 125 | 245 | % |
| 15 | 9 | 10,112 | 5,1 | 10,1 | 15,2 | 20,2 | 25,3 | 30,3 | 40,4 | 50,6 | 126,4 | 247,7 | 15 |
| 20 | 11 | 10,198 | 5,1 | 10,2 | 15,3 | 20,4 | 25,5 | 30,6 | 40,8 | 51,0 | 127,5 | 249,9 | 20 |
| 25 | 14 | 10,308 | 5,2 | 10,3 | 15,5 | 20,6 | 25,8 | 30,9 | 41,2 | 51,5 | 128,8 | 252,5 | 25 |
| 30 | 17 | 10,440 | 5,2 | 10,4 | 15,7 | 20,9 | 26,1 | 31,3 | 41,8 | 52,2 | 130,5 | 255,8 | 30 |
| 35 | 19 | 10,595 | 5,3 | 10,6 | 15,9 | 21,2 | 26,5 | 31,8 | 42,4 | 53,0 | 132,4 | 259,6 | 35 |
| 40 | 22 | 10,770 | 5,4 | 10,8 | 16,2 | 21,5 | 26,9 | 32,3 | 43,1 | 53,9 | 134,6 | 263,9 | 40 |
| 45 | 24 | 10,966 | 5,5 | 11,0 | 16,4 | 21,9 | 27,4 | 32,9 | 43,9 | 54,8 | 137,1 | 268,7 | 45 |
| 50 | 27 | 11,180 | 5,6 | 11,2 | 16,8 | 22,4 | 28,0 | 33,5 | 44,7 | 55,9 | 139,8 | 273,9 | 50 |
| 60 | 31 | 11,662 | 5,8 | 11,7 | 17,5 | 23,3 | 29,2 | 35,0 | 46,6 | 58,3 | 145,8 | 285,7 | 60 |
| 70 | 35 | 12,207 | 6,1 | 12,2 | 18,3 | 24,4 | 30,5 | 36,6 | 48,8 | 61,0 | 152,6 | 299,1 | 70 |
| 80 | 39 | 12,806 | 6,4 | 12,8 | 19,2 | 25,6 | 32,0 | 38,4 | 51,2 | 64,0 | 160,1 | 313,8 | 80 |
| 90 | 42 | 13,454 | 6,7 | 13,5 | 20,2 | 26,9 | 33,6 | 40,4 | 53,8 | 67,3 | 168,2 | 329,6 | 90 |
| 100 | 45 | 14,142 | 7,1 | 14,1 | 21,2 | 28,3 | 35,4 | 42,4 | 56,6 | 70,7 | 176,8 | 346,5 | 100 |
| 110 | 48 | 14,866 | 7,4 | 14,9 | 22,3 | 29,7 | 37,2 | 44,6 | 59,5 | 74,3 | 185,8 | 364,2 | 110 |
| 120 | 50 | 15,620 | 7,8 | 15,6 | 23,4 | 31,2 | 39,1 | 46,9 | 62,5 | 78,1 | 195,3 | 382,7 | 120 |
| 130 | 52 | 16,401 | 8,2 | 16,4 | 24,6 | 32,8 | 41,0 | 49,2 | 65,6 | 82,0 | 205,0 | 401,8 | 130 |
| 140 | 54 | 17,205 | 8,6 | 17,2 | 25,8 | 34,4 | 43,0 | 51,6 | 68,8 | 86,0 | 215,1 | 421,5 | 140 |

| Pente | Degrés | Facteur | Distances horizontales | | | | | | | | | | Pente |
|-------|--------|---------|------------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------|-------|-------|
| 150 | 56 | 18,028 | 9,0 | 18,0 | 27,0 | 36,1 | 45,1 | 54,1 | 72,1 | 90,1 | 225,3 | 441,7 | 150 |

2.2.5 Collecte de données sur terrain

Des informations générales relatives à la placette d'inventaire ont été collectées pour avoir des idées sur les prochains aménagements et utilisations futures de la forêt. Il s'agissait :

2.2.5.1 Informations générales de la placette

- Informations administratives
 - Nom d'identité de la placette et la sous-placette concernée : nom de la forêt, numéro de la placette (déjà partagée aux équipes d'inventaire), du numéro de la sous-placette et de toute autre information importante d'identification
 - Localisation administrative de la placette : Région, district, commune et fokontany
 - Date d'inventaire
 - Membres de l'équipe présents
 - Coordonnées GPS et précision ($\pm X$ m)
- Informations du site
 - Position topographique, pente, exposition,
 - Itinéraire jusqu'à la sous-placettesous forme de croquis,
 - Catégorie de site : strate d'appartenance (altitude) Aperçu général de la forêt
 - Etat écologique et occupation du sol : intact (pour la plupart des arbres vivants ont des troncs et des tiges non endommagées et ont une canopée intacte/fermée à 80-100%), dégradé (présence de perturbation dans la forêt ; ex : dommages causés par les insectes, les maladies, les animaux, les typhons) ou déboisé
 - Description de la nature du sol : texture, structure, couches
 - Photos de la placette pour illustration et sert de référence pour les prochaines observations.

2.2.5.2 Paramètres dendrométriques des arbres sur pied

Les arbres constituant objets de collecte de données sont ceux qui se trouvaient à l'intérieure de la limite des sous placettes. Pour les arbres qui sont placés aux lisières, on a considéré les pieds dont plus de la moitié inclut dans la limite.

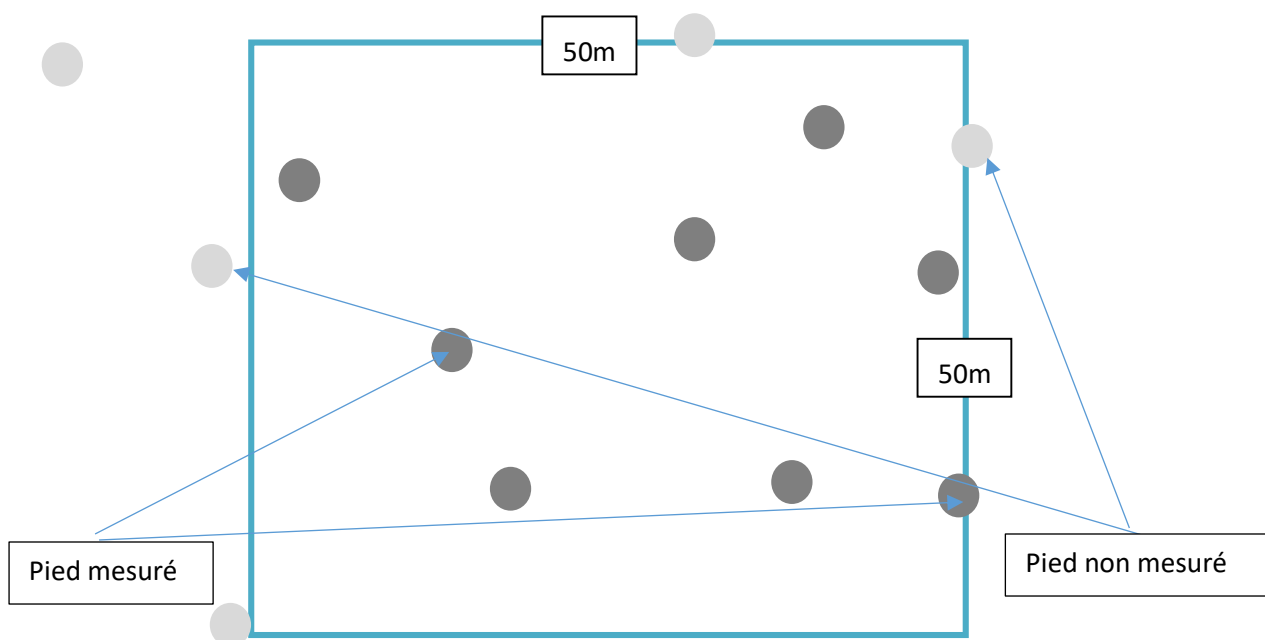


Figure 4 : Identification des arbres à mesurer

➤ **Arbres vivants :**

- Identification botanique : nom de l'espèce

Pour chaque espèce inventoriée, le nom de l'espèce où elle appartient est primordial. L'identification des noms vernaculaires des espèces s'est effectuée avec des botanistes locaux. Une pré-liste est accompagnée aux équipes au début mais au fur et à mesure l'équipe a enrichie la liste. Le choix du botaniste local est très pertinent. De ce fait, une investigation est effectuée auprès des fokontany/village les plus proches pour avoir un homme habitué sur l'identification des espèces végétale dans la forêt. En cas de doute sur l'identification des noms des espèces, un prélèvement d'une partie de la plante est effectué pour une identification ultérieure par des botanistes confirmés.

- Mesure de DHP et/ou Diamètre au collet

Les diamètres (DHP) sont mesurés à la hauteur de la poitrine (1,30m) avec un ruban circonférentiel (ou avec un compas forestier). Afin de faciliter l'identification de la hauteur de mesure du DHP, le mesureur / mensurateur a procuré un stick de 1,30 mètres qu'il a accolé au tronc de l'arbre à mesurer.

Il est à noter que la plus part des arbres dans l'écorégion épineuse ont rarement atteindre la hauteur fut supérieur à 1,30m. Ils s'agissent des arbustes à multi-tronc. De ce fait, le diamètre au collet est à considérer. Et pour les arbres à multi-tronc, trois diamètres au collet ont été choisis (grand, moyen et petit) et le nombre de tige à partir de ce collet est compté.

- Mesure de Hauteur : hauteur total, hauteur fut et/ou hauteur au collet

D'une manière générale, deux types de hauteur sont relevées : hauteur total et hauteur fut¹. Pourtant, comme les espèces dans l'écorégion épineuses sont réputées par des espèces naines (hauteur inférieur à 1,3.m), les hauteurs aux collets sont ainsi considérées à la place de la hauteur fut.

¹ Hauteur fut est la hauteur où se trouve la première grosse branche

Pour tous les arbres de plus de 2,5cm de DHP/Dcollet, les deux mesures sont prises. En outre, aucune hauteur n'est mesurée sur un arbre couché, cassé ou fortement penché. De même, les mesures relatives aux arbres morts sont décrites dans le paragraphe suivant.

La hauteur sera mesurée à l'aide d'un vertex, en suivant les instructions de l'instrument.

- Identification de stade phénologique :

Le stade phénologique de l'espèce au moment d'inventaire est à identifier. Ainsi durant l'inventaire, il est déterminé si l'espèce est en feuillaison, en fructification, en floraison, en chute de fruit ou même en perte de feuille.

- Cas des espèces particulières:

Pour les espèces autres que les arbres où la tige/tronc peut être inobservé, le nombre de stipe est à dénombrer et prélever si possible la hauteur stipe (point où le stipe commence à observer).

➤ **Arbres morts sur pied et/ou souche d'arbre:**

On peut classer les arbres mort sur pied en deux types : les arbres morts naturellement et les arbres mort suite à l'abattage ou « souche d'arbre ». Pour la première, les paramètres dendrométrique à prélever sont identique que les arbres vivants. Par contre, pour les souches d'arbre, la hauteur totale et le diamètre du tronc sont mesurées. De ce fait, si la souche est inférieure à 4m, la hauteur totale et le diamètre à la moitié de la hauteur sont prélevés.

Différemment à l'arbre vivant, la classe de décomposition de l'arbre est estimée (sain – intermédiaire – pourri)

Estimation de la décomposition : la méthode « de la lame » avec un couteau est utilisée pour établir l'état de décomposition de l'arbre. Pour déterminer à quelle classe de densité appartient un morceau de bois mort, chaque morceau a reçu un coup de scie ou de machette.

- ✓ Si la lame n'a pas entamé la pièce (rebondit sur la surface), le morceau est considéré sain.
- ✓ Si la lame a pénétré partiellement, et qu'il y ait une perte de bois, le morceau est classifié comme intermédiaire.
- ✓ Si la lame a enfoncé dans le morceau, qu'il y ait une plus grande perte de bois et que le morceau s'est effrité, on l'a classifié comme pourri.

Tableau 7: Catégorie d'état de décomposition des bois mort

| Classe | Catégorie de décomposition | État de décomposition | Facteur de réduction de la biomasse | Facteur de réduction de la densité |
|--------|---|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Arbres qui ont perdu les feuilles et les brindilles. Ressemble presque à un arbre vivant. | | 0.975 | |
| 2 | Arbres qui ont perdu les feuilles, les brindilles et les petites branches (<10cm) | | 0.8 | |
| 3 | Arbres sans feuilles, brindilles, petites branches (<10cm) et grandes branches (≥10cm) | Sain | | 1 |
| 4 | | Intermédiaire | | 0.8 |
| 5 | | Pourri | | 0.45 |

2.2.5.3 Mensuration des arbres morts gisants et débris

Tout au long des quatre transects de 35,4m (axe diagonal de la placette carré de 50m), nommé A, B, C et D, les troncs, branches, débris, ... qui sont détachés au sol (détachés à l'arbre) et ont intercepté sur l'un des transects pré-élaborés sont mesurés et comptés.

Les bois mort gisants et débris sont catégorisés en quatre classes de taille: particule de bois fine, petite, moyenne et grosse (Tableau 6.). Pour déterminer la classe de taille de chaque pièce interceptée, une jauge à bois est confectionnée et un mètre ruban ont été utilisées pour mesurer le diamètre des morceaux de bois supérieur à 20cm. Le point de mesure est le point d'intersection de l'arbre avec la transect.

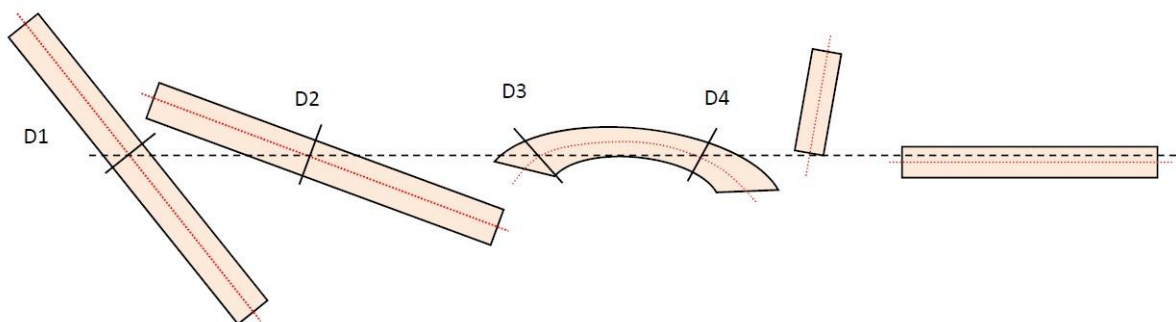


Figure 5: Mesure de Diamètre des arbres morts gisants

Les paramètres suivants ont été à tenir compte pour le mesure/comptage des bois morts gisants et les débris :

- ✓ Dans la méthode d'interception linéaire, les arbres morts sur pied et les branches mortes encore rattachées à des arbres sur pied n'ont pas été mesuré. Le bois n'est tombé que lorsqu'il s'est détaché de l'arbre.
- ✓ Le ruban de transect devrait croiser l'axe central d'une pièce pour qu'elle soit comptabilisée. En d'autres termes si le ruban ne croisait que l'angle au bout d'un rondin, celui-ci ne sera pas comptabilisé.
- ✓ Une pièce qui croisait le ruban plus d'une fois est enregistrée autant de fois (ex : pièce courbe ou intersection au niveau de la branche et du tronc d'un arbre abattu).

La figure 6 et le tableau 7 ci-après montrent les repères (distances) par rapport à la transect (A et C) dans laquelle les paramètres ont été prélevés par classe de taille.

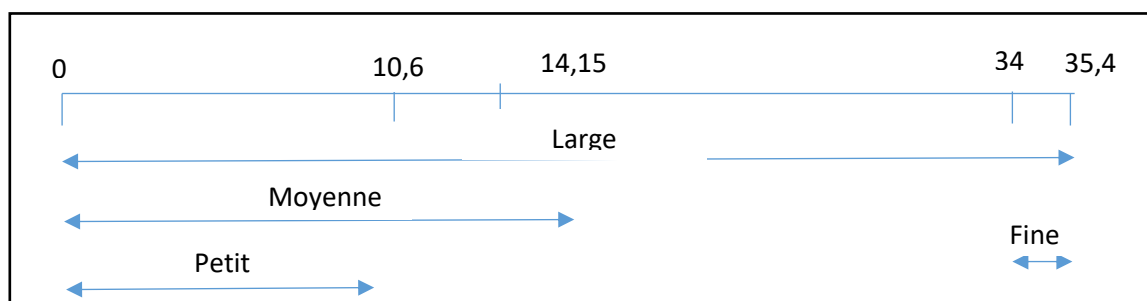


Figure 6: Transect de débris de bois tombé selon la méthode d'interception linéaire

Tableau 8: Classe de taille de bois prélevé

| Classe de taille | Largeur du débris | Transect | Paramètre à mesurer |
|------------------|-------------------|---------------------------|--------------------------------|
| Fine | inf à 2,5 cm | ½ diagonale carrée de 1m | Nombre |
| Petite | [2,5cm - 10cm[| ½ diagonale carrée de 10m | Nombre |
| Moyenne | [10cm –20cm[| ½ diagonale carrée de 20m | Nombre, décomposition |
| Large | Sup à 20 cm | ½ diagonale carrée de 50m | Nombre, diamètre,décomposition |

En outre, chaque morceau de bois mort gisant et débris est catégorisé en trois sous classes de décomposition : sain, intermédiaire et pourri.

La figure ci-après représente les emplacements des quatre transects matérialisés pour le prélèvement des données.

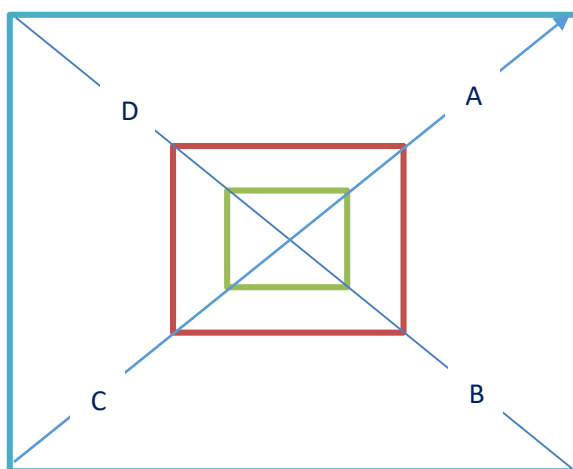


Figure 7: Transect de mesure des arbres morts gisants

2.2.5.4 Mensuration des souches

Si la souche est < 4m, mesurer le diamètre à la moitié de la hauteur.

Si la souche est ≥ 4m, mesurer le DHP et la hauteur de la souche.

Estimer la classe de décomposition de la souche.

Tableau 9: Classification des souches

| Classe | État de décomposition | Facteur de réduction de la densité |
|--------|-----------------------|------------------------------------|
| 1 | Sain | 1 |
| 2 | Intermédiaire | 0.8 |
| 3 | Pourri | 0.45 |

2.2.5.5 Couverture de la canopée

La couverture de la canopée est mesurée suivant deux diagonales partant du centre de la placette. Le premier diagonal prend la direction Nord Est et le second la direction Sud-Ouest sur un transect de 35,4m de chaque.

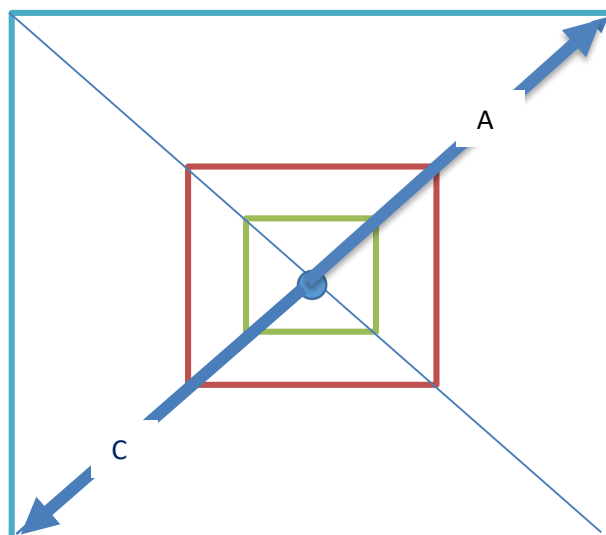





Figure 8: Transect pour la couverture de la canopée

A partir du centre de la placette, prendre les points d'ouverture, considérer l'espace non couvert par des sous-bois et que la lumière puisse atteindre le sol.

Sur chaque sous placette, la canopée a été estimée à partir du transect A et C par la mesure de la projection du houppier sur le sol. Le taux de couverture a été obtenu par le rapport entre les ouvertures enregistrées et la longueur du transect. Une moyenne de la placette donne l'indice de couverture de la canopée ramené à l'hectare.

Quatre classes de canopées ont été déterminées selon le tableau ci-dessous

Tableau 10: Classe de canopée

| Classes | Description | Photo | Nombre |
|--------------------------------|---|--|--------------|
| Canopée fermée | Ouverture de la canopée >60%, stade de maturation, haut |  | 36 placettes |
| Canopée ouverte | Stade jeune, bois moyen, Ouverture de la canopée 30 à 60% Végétation sur sol calcaire avec plantes succulentes et des quelques pieds d'arbres épineux, dominées par des bois de taille moyenne |  | 40 placettes |
| Forêt épineuse dégradée | Ouverture de la canopée <30% Mosaïque de forêts avec des arbres rabougris, broussailles et plantes |  | 60 placettes |

Source : JONES et *al.*, 2014

2.2.5.6 Données sur la faune

Les données de la faune sont prélevées le long des axes A et C de largeur 8m (4m de part et d'autre de l'axe). Dans cette zone, les espèces identifiées sont prélevées que ce soit directe ou indirect (des traces, chant, ...). Cette transecte rectangulaire est réservée pour les animaux ayant

une large occupation de territoire comme les mammifères, reptiles, oiseaux, insectes ailés, ... Par contre, pour les espèces occupant des territoires restreint, comme les insectes non ailés, gastéropode,....d'autre unité d'échantillonnage est adoptée dans cette transecte afin de les dénombrés. Il s'agit de matérialiser une surface de 1m² tous les 10m de part et d'autre le long des axes A et C. Il est à noter que l'un des côtés est affleuré à l'axe.

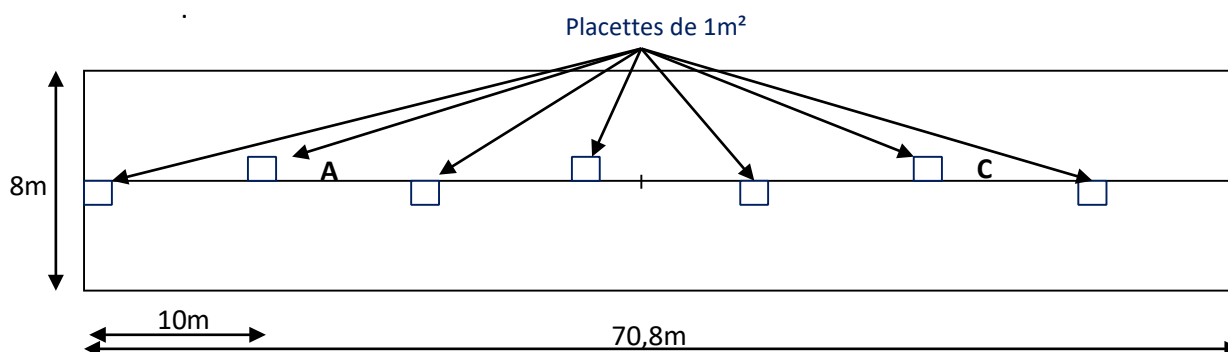


Figure 9: Placette pour le prélèvement des données petite faune suivant les axes A et C

Aucun dispositif de capture biologique n'est prévu pour l'inventaire de la faune. Des observations directes / indirectes de certains insectes, reptiles, mammifères, gastéropodes et oiseaux, constituant des indicateurs d'intégrité écologique de la forêt, sont effectuées. Trois paramètres seront pris lors de l'inventaire de la faune : nom local de l'espèce, spécimen observé (corps, fèces, plume, ...) et nombre d'observation.

2.2.5.7 Données sur le sol

Une fosse de 40cmx40cmx40cm est effectuée à l'intérieur de la carrée de 10mx10m. L'épaisseur (à chaque changement d'horizon), la couleur, les textures, les structures de chaque horizon sont observées dans la fosse afin qu'on puisse identifier la capacité d'absorption d'eau qui joue un rôle important sur la viabilité des espèces de fourrée. Aucun échantillon de sol n'est prélevé durant la mission.

2.2.5.8 Informations sur les facteurs externes

Outre l'inventaire des paramètres dendrométriques, des facteurs socioéconomiques sont aussi pris en compte pour déterminer l'importance des pressions et menaces locales qui pèsent sur les ressources forestières. Deux grands paramètres sont collectés durant la descente sur terrain :

- Utilisation de la ressource par la population riveraine permettant d'estimer les besoins à satisfaire pendant une période déterminée
- Occupation de l'espace comme la présence de culture, chasse, exploitation illicite, campement, carrière minière, divagation des animaux, ...

La tendance de dégradation peut être mesurée à partir de ces éléments en donnant des indices sur les modes de gestion probable face aux situations actuelles, les renforcements de capacité à faire si la zone est intégrée dans des structures de gestion.

2.2.5.9 Données pour l'élaboration de l'équation allométrique

L'idéal est de construire des équations allométriques reliant biomasse et paramètres dendrométriques pour toutes les espèces présentes mais ce n'est pas réaliste. De ce fait, les quatre espèces les plus abondantes sont considérées (>10% de l'abondance totale par plateau). Avant et après l'abattage de ces arbres, les paramètres suivants sont à relever :

- Position géographiques de l'arbre
- Concernant l'arbre sur pied : hauteur totale, diamètre à 30 cm du sol, DHP des 03 plus gros tronc, diamètre des houppiers selon 02 directions opposées dont l'une vers la valeur maximale
- Longueur de l'arbre après abattage,

L'arbre abattu est débité en deux compartiments (tronc > 1 cm, branche et feuilles ≤ 1 cm). Chaque compartiment est pesé à l'aide d'une balance. Et pour permettre l'identification ultérieure des noms scientifiques de l'espèce, un herbier a été faite pour chaque espèce afin de comparer des feuilles récoltées aux collections d'herbiers du parc zoologique et botanique de Tsimbazaza.

Des prélèvements et pesage à l'état frais des échantillons (avec une balance d'une précision 10-2 g) par compartiment ont été réalisés de telle sorte que le prélèvement est fait sur le plateau diamétral, c'est-à dire de la moelle à l'écorce. Il s'agit de :

- Un échantillon de bois prélevé à la base du fût,
- Un échantillon de bois prélevé en haut du fût,
- Echantillon de branches et feuilles.

2.3 Composition et répartition de l'équipe

2.3.1 Composition de l'équipe d'inventaire

Cinq équipes ont réalisé l'inventaire des forêts épineuses. Chaque équipe est composée d'un chef d'équipe ingénieur forestier ; de 3 agents forestiers de la Direction Générale en charge des Forêts, 01 chef cantonnement (ou son représentant) de la zone concernée et un agent de la Direction Régionale en charge des Forêts concernée.

Tableau 11: Information sur la qualification des Chefs d'équipe

| Equipe | Chef d'équipe | Provenance |
|--------|----------------------------|---------------------|
| 1 | Andrianoelina Livarimbola | SRC Itasy |
| 2 | Randriambinintsoa Emmanuel | SRF Alaotra Mangoro |
| 3 | Andrianantenaina Fabien | SRC Menabe |
| 4 | Rakotonanahary Tovoniaina | SRC Atsinanana |
| 5 | Arison Jean Alain | SRC Vakinankaratra |

2.3.2 Répartition des équipes dans la zone d'inventaire

L'inventaire des forêts épineuses a été réalisé dans les régions d'Atsimo andrefana, Anosy, et Androy. Cent quarante (140) placettes d'inventaire ont été réparties sur 12 Districts et 50 communes rurales.

Tableau 12: Répartition des placettes d'inventaire

| Equipe | Grappes | Région | District | Communes |
|--------|---------|------------------|-------------|--|
| 1 | 29 | Atsimo andrefana | Toliary II | Tsianisiha, Ankilimalinika, Saint Augustin, Soalara, Behompy, Maromiandra, Manombo Sud |
| | | | Morombe | Basibasy, Befandefa, Morombe |
| | | | Betioky Sud | Soalara, Betioky Sud |
| | | Androy | Bekily | Ambahita |

| Equipe | Grappes | Région | District | Communes |
|--------------|------------|------------------|------------------|---|
| 2 | 28 | Atsimo andrefana | Betioky Sud | Masiaboay, Soalara, Soamanonga, Tameantsoa, Beheloka, Betioky Sud, Beantake |
| | | | Ampanihy, | Itampolo, Beahitse, Ejeda |
| | | | Benenitra | Ianapera |
| 3 | 30 | Androy | Beloha | Beloha, Marolinta, Tranoroa |
| | | Atsimo andrefana | Ampanihy | Tsihombe Ampanihy Androka Ankiliabo Ejeda Itampolo |
| 4 | 27 | Androy | Beloha | Ikopoky, Tranoroa, Tranovaho, Beloha |
| | | | Ambovombe | Antanimora Atsimo, Jafaro, Marovato, Sihanamaro, Andalatanosy |
| | | | Tsihombe | Faux cap, Marovato, Tsihombe |
| 5 | 26 | Androy | Ambovombe Androy | Imanombo, Ambanisarike, Ambovombe, Andalatanosy, Antanimora atsimo |
| | | Anosy | Amboasary Sud | Ifotaka, Maromby, Mahaly, Beara, Ebelo, Marotsiraka |
| | | | Tolagnaro | Analapatsa 1 |
| Total | 140 | 03 | 12 | 50 |

2.4 Traitement des données

2.4.1 Richesse floristique

Les noms vernaculaires sont différents d'une région à l'autre. Ainsi les espèces recensées suivant l'appellation locale sont regroupées par genre et par famille et déterminer ensuite ses noms scientifiques. La première étape a été de :

- D'uniformiser les données et les appellations (locales)
- De déterminer le nom de l'espèce, le genre et la famille.

2.4.2 Fréquence des espèces

La fréquence des espèces exprime la répartition ou l'observation d'une espèce dans chaque placette inventoriée. Elle exprime la présence/absence d'une espèce dans chaque placette. La fréquence relative correspond à la part en pourcent où l'espèce considérée a été relevée.

- Une fréquence relative élevée signifie que l'espèce est bien répartie dans le massif forestier inventorié ou l'espèce se trouve dans un grand nombre de placette.
- Une fréquence relative basse indique par contre que l'espèce est relativement rare. L'espèce ne se rencontre que dans quelques-unes des placettes.

Lors de l'analyse des données d'inventaire, la fréquence des espèces a été analysée sur les arbres, arbustes, plantules à DHP $\geq 2,5$ cm.

2.4.3 Densité des espèces

La densité absolue d'une espèce indique le nombre de tige moyen à l'hectare de l'espèce. Elle exprime le nombre de tiges à l'hectare de l'espèce et son rapport avec le nombre de tiges total toutes espèces confondues. La densité relative d'une espèce correspond au pourcentage du nombre de tiges par hectare de l'espèce considérée par rapport au nombre total de tiges par hectare toutes espèces confondues.

- Une densité relative élevée signifie que l'espèce est présente en grand nombre dans une seule zone d'inventaire ;
- Une densité relative basse indique le contraire.

Dans cette analyse, le calcul de la densité concerne les espèces de ligneuses, plantules et arbustes à DHP $\geq 2,5$ cm.

2.4.4 Dominance des espèces

La dominance d'une espèce désigne la surface terrière moyenne à l'hectare d'une espèce. La dominance relative d'une espèce correspond au pourcentage de la surface terrière par hectare de l'espèce considérée par rapport à la surface terrière totale par hectare toutes espèces confondues.

- Une dominance relative élevée indique que l'espèce atteint un degré de couverture élevé parmi l'ensemble des espèces.
- Une dominance relative basse signifie que l'espèce est mal représentée dans les peuplements inventoriés.

Dans cette analyse, la dominance concerne toutes les espèces ligneuses, plantules et arbustes inventoriées à DHP $\geq 2,5$ cm.

2.4.5 Importance des espèces

L'importance d'une espèce ou d'un groupe d'espèces est utilisée comme indice pour déterminer les rangs des espèces relevées lors d'un inventaire. Elle correspond à la somme de la fréquence, de la densité et de la dominance relative de l'espèce considérée. L'importance relative est exprimée en pourcentage selon la formule ci-dessous.

$$\text{Importance (\%)} = \text{Fréquence (\%)} + \text{Densité (\%)} + \text{Dominance (\%)} \quad (1)$$

2.4.6 Surface terrière G

La surface terrière a été obtenue par le calcul de la surface terrière de chaque arbre sur pied. La somme des surfaces donne la valeur de la surface terrière totale des grappes d'inventaires. Les valeurs trouvées ont été ramenées en hectare. La surface terrière a été calculée suivant la formule ci-après :

$$G \text{ (m}^2\text{)} = Pi * \frac{DHP^2}{4} \quad (2)$$

où G (m²) est la surface terrière et,

DHP (m) le diamètre à hauteur poitrine

2.4.7 Volume (total et fût) des arbres sur pied

La formule de Dawkins (in CAILLIEZ, 1980) pour le cubage des arbres de diamètre inférieur à 23 cm a été utilisée selon la formule 5 :

$$V = 0,53 * \pi * DHP^2 * \frac{L}{4} \quad (3)$$

Pour les arbres supérieurs à 23 cm de diamètre, le volume a été calculé par la formule de HUBER (in MASSENET 2006, LEEMANN, 1989.) :

$$V = \pi * DHP^2 * \frac{L}{4} \quad (4)$$

Les unités sont :

0,53 est le coefficient de forme,
Volume (V) en m³,
Diamètre à hauteur poitrine (DHP) en m et,
Hauteur (L) en m.

2.4.8 Régénération naturelle

C'est l'ensemble des processus par lesquels les plantes se multiplient naturellement sans intervention sylvicole. La régénération permet de calculer le taux de régénération et de déterminer les différentes classes d'âges présentes dans une population.

Les individus ayant un DHP entre 2,5 – 10 cm ont été pris comme individus de régénération et ils ont été comptés dans les placettes. Les individus ayant un DHP > 2,5 cm seulement ont été pris en compte. En dessous de cette taille, la majorité des individus ne supportent pas les effets des différents paramètres (biotiques et abiotiques) et meurent facilement. Selon Rothe (1964), le taux de régénération est donné par la formule suivante :

$$TR (\%) = 100 * \frac{Nr}{Ns} \quad (5)$$

Où

TR : taux de régénération en %

Nr : le nombre d'individus régénérés (2,5≤DHP≤10 cm)

Ns : est le nombre des semenciers (DHP>10 cm).

2.4.9 Densité spécifique des espèces (DHP ≥ 5cm)

Pour l'évaluation de la biomasse des sites/espèces, la recherche des densités spécifiques, générique et au niveau famille a été primordiale. Pour cela, les bases de données de Vielledent et al (2012), de Zane et al (2009), de Zane et al (2009) Madagascar, de Perr-FH et de LRA (2021) ont été utilisées.

La figure ci-après a été respectée lors de la recherche des densités spécifiques.

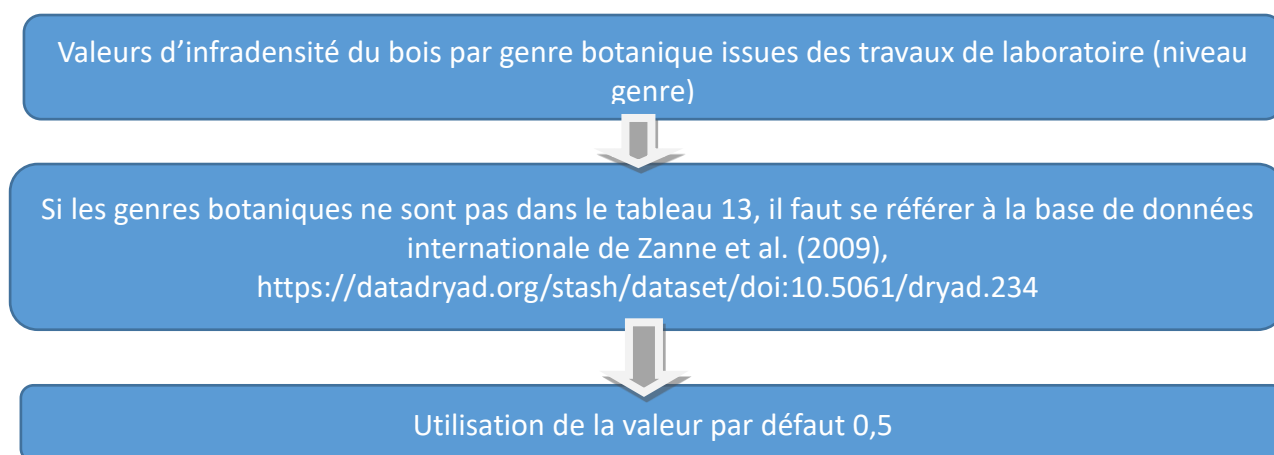


Figure 9 : Processus de décision d'attribution des densités spécifiques

La densité spécifique des bois sur pieds (DHP ≥ 2,5cm) est définie comme la qualité de ce qui est dense. C'est aussi le rapport de la masse d'un liquide ou d'un solide à la masse d'eau occupant le même volume à la température de 4°C. La valeur de la densité spécifique de chaque espèce est donnée dans le tableau 13.

L'étude effectuée par LRA a pu identifier la densité spécifiques de quelques genres.

Tableau 13 : Valeurs d'infradensité du bois par genre botanique issues des travaux de laboratoire

| Genre botanique | Nom vernaculaire | Infradensité du bois (g.cm ⁻³ ou t.m ⁻³) |
|-------------------------|-------------------------------------|--|
| Alantsilodendron | Avoa | 0,56 |
| Alluaudia | Fatsiolitra, Somodradraky | 0,27 |
| Capurodendron | Nanto | 0,76 |
| Cedrelopsis | Katrafay, Katrafaidobo | 0,69 |
| Chadsia | Remoty | 0,66 |
| Commiphora | Boifoty, Daro, Darosiky, Vingovingo | 0,22 |
| Dichrostachys | Ambilazao | 0,954 |
| Euphorbia | Rohodroho, Famanta | 0,35 |
| Grewia | Tainkafotra, Kapaipoty, Hazofoty | 0,60 |
| Gyrocarpus | Kapaipoty | 0,32 |
| Neobeguea | Andy, Handy | 0,786 |
| Operculicarya | Jabihiy | 0,22 |
| Ormocarpum | Farifarilahy | 0,498 |
| Pachypodium | Vontaka | 0,16 |
| Poupartia | Sakoa | 0,506 |
| Rhigozum | Hazotaha | 0,618 |
| Sclerocarpa | Handim-bohitse | 0,53 |
| Securinea | Hazomena | 0,906 |
| Stereospermum | Somontsoy | 0,786 |
| Suregada | Hazombalala | 0,49 |
| Tamarindus | Kily | 0,82 |
| Terminalia | Taly, Fantramanty | 0,67 |
| Tetrapterocarpon | Vaovy | 0,642 |
| Vitex | Forimbitike | 0,554 |

Source : LRA, T., Ramamantoandro et al., Février 2021

La recherche de la densité a été faite en premier lieu au niveau genre selon la valeur d'infradensité identifiée par LRA pour Madagascar. En cas d'échec, il faut se référer à la base de données internationale de Zanne et al. (2009). Si le genre ou la famille n'a pas été répertoriée dans les bases de données disponibles, la valeur de densité par défaut 0,5 a été attribuée.

2.4.10 Biomasse souterraine

La biomasse souterraine a été estimée en utilisant un quotient racinaire/foliacé (root shoot ratio, RSR).

Tableau 14: Quotients racinaire/foliacé (RSR)

| Catégorie de végétation | Correspondance avec les écorégions du nerf | Root – Shoot ratio | Intervalle de confiance à 90% | Intervalle de confiance à 90% (%) |
|--|---|--------------------|-------------------------------|-----------------------------------|
| Forêt tropicale/subtropicale | Forêt sèche Forêt épineuse > 20tms/ha | 0,275 | +/- 0,02 | +/- 6,89% |
| Forêt sèche tropical/subtropicale | Forêt épineuse Non-forêt des écorégions des forêts sèches < 20tms/ha Forêts sèches et épineuses | 0,563 | +/- 0,20 | +/- 35,95% |

Source: Mokany et al. (2006)

2.4.11 Biomasse des espèces à DHP \geq 5cm




2.4.11.1 Arbres vivants

Le calcul de la biomasse aérienne de l'Ecorégion de l'Epineuse a été effectué à partir des données issues des placettes d'inventaires définies en avance.

La formule/allométrie élaborée par le LRA (2021) issue des données d'inventaires des forêts Epineuses du Sud de Madagascar a été utilisée pour l'estimation de la biomasse aérienne. L'une des raisons pour le retard de la production de ce rapport est l'attente de ces résultats de l'élaboration de l'équation allométrique propre pour Madagascar, élaborée par LRA et qui est sortie officiellement en Février 2021. Les formules sont les suivants:

Pour le calcul de la biomasse des bois vivants, les équations allométriques établit par LRA ont été utilisées (Tableau 13). La première étape consiste à la distinction du type d'arbre selon la classification établit par LRA. L'application des formules dépend de ces types.

Tableau 15 : Caractéristiques des différents types de végétation de l'écorégion des forêts épineuses

| Type | Type 1 | Type 2 | Type 3 |
|--------------------|--|--|---|
| Description | <i>Arbustes monobases, multi troncs se ramifiant pour la première fois en dessous de 1,3 m</i> | <i>Arbustes multi bases et multi troncs</i> | <i>Arbustes monobases, se ramifiant pour la première fois au-dessus de 1.3 m</i> |
| Photo type |  |  |  |

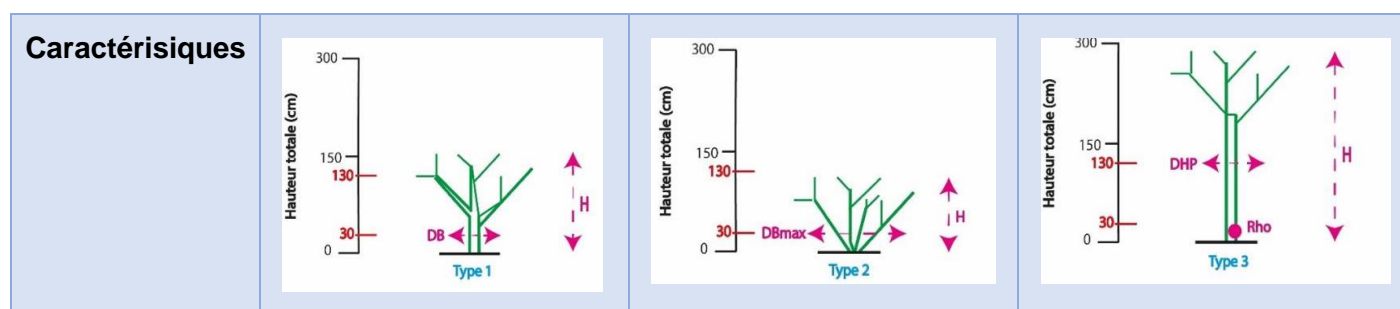


Tableau 16: Equations allométriques des espèces de forêts épineuses

| Type | Formules | Indication |
|--------|--|---|
| Type 1 | $AGB = EXP(-2,621 + 2,179 * \ln(D_{30}) + 1,062 * \ln(H) + 1,537 * \ln(\rho) - 1,470 * \ln(D_{30}) * \ln(\rho) * \ln(N_c))$ | Avec AGB biomasse aérienne (kg de matière sèche), EXP exponentielle, D_{30} diamètre à 30 cm du sol, \ln logarithme népérien, H hauteur totale, ρ infradensité du bois au niveau genre (t/m^3), N_c nombre de tiges au-dessus de 1 m de hauteur |
| Type 2 | $AGB = EXP(-0,768 + 2,016 * \ln(D_{30max}) + 2,441 * \ln(\rho) - 2,33 * \ln(\rho) * \ln(N_c) - 0,682 * \ln(D_{30max}) * \ln(H) * \ln(\rho) + 1,468 * \ln(D_{30max}) * \ln(\rho) * \ln(N_c))$ | Avec AGB biomasse aérienne (kg de matière sèche), EXP exponentielle, \ln logarithme népérien, H hauteur totale, ρ infradensité du bois au niveau genre (t/m^3), D_{30max} diamètre maximal à 30 cm du sol, N_c nombre de tiges au-dessus de 1 m de hauteur |
| Type 3 | $AGB = EXP(-1,398 + 2,95 * \ln(DHP) - 0,637 * \ln(H) + 1,704 * \ln(DHP) * \ln(\rho) - 0,568 * \ln(DHP) * \ln(H) * \ln(\rho))$ | Avec AGB biomasse aérienne (kg de matière sèche), EXP exponentielle, \ln logarithme népérien, DHP diamètre à hauteur de poitrine (à 1,3 m du sol), H hauteur totale |

2.4.11.2 Bois morts sur pied

Les équations allométriques sur les bois morts sur pied sont les mêmes que celles utilisées sur les arbres vivants, selon le type d'architecture des arbres (type 1, type 2 ou type 3), mais en appliquant un facteur de réduction (de la biomasse et de la densité) selon l'état de décomposition des bois morts. Le facteur de réduction à utiliser est indiqué dans DVRF (2020) et résumé dans le tableau 10 ci-dessous.

Tableau 17: Facteur de réduction de la biomasse et de la densité selon les catégories d'état de décomposition des bois morts (DRGPF, 2020)

| Classe | Catégorie de décomposition | État de décomposition | Facteur de réduction de la biomasse | Facteur de réduction de la densité |
|--------|---|-----------------------|-------------------------------------|------------------------------------|
| 1 | Arbres qui ont perdu les feuilles et les brindilles. Ressemble presque à un arbre vivant. | | 0.975 | |
| 2 | Arbres qui ont perdu les feuilles, les brindilles et les petites branches (<10cm) | | 0.8 | |
| 3 | Arbres sans feuilles, brindilles, petites branches (<10cm) et grandes branches (≥10cm) | Sain | | 1 |
| 4 | | Intermédiaire | | 0.8 |
| 5 | | Pourri | | 0.45 |

2.4.11.3 Bois morts couchés au sol

Il faut d'abord calculer le volume de bois morts selon la formule (Waren et Olsen, 1964)

$$V = \frac{\pi^2(\sum D_i^2)}{8L} \quad (9)$$

Avec V : volume de débris ligneux ($m^3.m^{-2}$) ; D_i : diamètre de chaque débris ligneux échantillonné (m) ; L : longueur du transect (m) qui, dans le cas des données de l'équipe d'inventaire, $L = 70,7 m$ pour les gros débris de diamètre $> 20 cm$, $L = 14,2 m$ pour les débris moyens de diamètre $10 cm \leq D < 20 cm$, $L = 7,1 m$ pour les petits débris $2,5 cm \leq D < 10 cm$.

Puis ensuite, il faut convertir ce volume en masse en utilisant la densité moyenne du bois de $500 kg.m^{-3}$.

$$N = 500 * V \quad (10)$$

Avec N nécromasse ou poids de débris ligneux (kg de matière sèche), V volume ($m^3.m^{-2}$)

Enfin, il faut ramener la valeur N à l'hectare pour avoir le poids à l'hectare des débris ligneux.

2.4.12 Facteur d'échelle

Un facteur d'échelle a été appliqué pour mettre à l'échelle de 1ha les valeurs calculées au niveau de chaque arbre. Etant donné que chaque placette est constituée de 04 sous-placettes, différents facteurs d'échelles ont été attribués en fonction du DHP de chaque arbre. Le tableau 5 indique les facteurs d'échelle pour les sous-placettes de dimension fixe.

Tableau 18: Description des placettes

| DHP [cm] | Côtés | Surface (Côté*côté) en m^2 | Facteur d'échelle | DHP (cm) |
|---------------|-----------|------------------------------|-------------------|-------------------------|
| Petits arbres | 10 | 100 | 100 | $2,5cm \leq DHP < 10cm$ |
| Arbres moyens | 20 | 400 | 25 | $10cm \leq DHP < 20cm$ |
| Gros arbres | 50 | 2500 | 4 | $DHP \geq 20cm$ |
| Régénérations | $(1*1)*4$ | 4 | 2500 | $DHP < 2,5cm$ |

Le DHP (cm), la hauteur totale (m), la qualité des arbres morts ont été relevés.

2.5 Analyse statistique

2.5.1 Moyenne arithmétique

L'échantillonnage ne donne pas des valeurs réelles. Les résultats des échantillonnages sont toujours des estimations par rapport à l'ensemble de la population étudiée. De ce fait, la moyenne a été calculée à partir de la formule suivante.

$$\bar{y} = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} \quad (11)$$

Où y_i est la valeur du paramètre pour le i ème échantillon et n est le nombre total d'échantillons relevés. Le calcul de la moyenne arithmétique est automatisé sur le tableur Excel.

La moyenne a été utilisée pour connaître la valeur moyenne de la hauteur totale, de la hauteur fût ainsi que du diamètre à hauteur poitrine à 1,30m du sol. L'analyse de la valeur des surfaces terrières, des volumes ainsi que de la biomasse ont également été réalisées vu l'utilisation de la moyenne arithmétique. Enfin, elle a été utilisée pour savoir la tendance générale des arbres sur pieds ou de la formation en générale dans les zones d'inventaires.

2.5.2 Ecartype

L'écartype détermine la variation absolue selon la formule

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}{n-1}} \quad (12)$$

où $n-1$ est le nombre de degrés de liberté.

A chaque fois que la moyenne des variables a été calculée, la valeur de l'écartype l'a été également. L'écartype a été calculé pour connaître la distribution des variables par rapport à la moyenne.

2.5.3 Erreur standard (90%)

L'incertitude de la moyenne arithmétique estimée par les échantillons diminue avec l'augmentation du nombre d'échantillons. Cette incertitude est exprimée par l'erreur standard de la moyenne arithmétique suite à son importance ou erreur standard et donnée par la formule ci après.

$$E = \frac{S}{\sqrt{n}} \quad (13)$$

Se basant de cette formule, l'erreur standard relative se calcule avec la même formule, mais par rapport au coefficient de variation au lieu de l'écartype. Il est donné par

$$E\% = \frac{S\%}{\bar{y}} \quad (14)$$

2.5.4 Intervalle de confiance (90%) et estimation minimale de confiance

Elle est la zone des deux côtés de la moyenne arithmétique qui contient avec une certaine probabilité la moyenne réelle. L'intervalle de confiance se calcule par :

$$\text{Borne supérieure} = \bar{y} + tE$$

$$\text{Borne inférieure} = \bar{y} - tE$$

$$(15)$$

Concernant l'estimation minimale de confiance, l'intervalle de confiance détermine les limites inférieure et supérieure qui seront dépassées avec une certaine probabilité ou dépassement bilatéral. Dans le cas de cet inventaire forestier, il est normal d'indiquer la valeur qui représente un minimum nécessaire et atteint avec une certaine probabilité. Sa valeur est calculée par la formule :

$$ECM = \bar{y} - tE \quad (16)$$

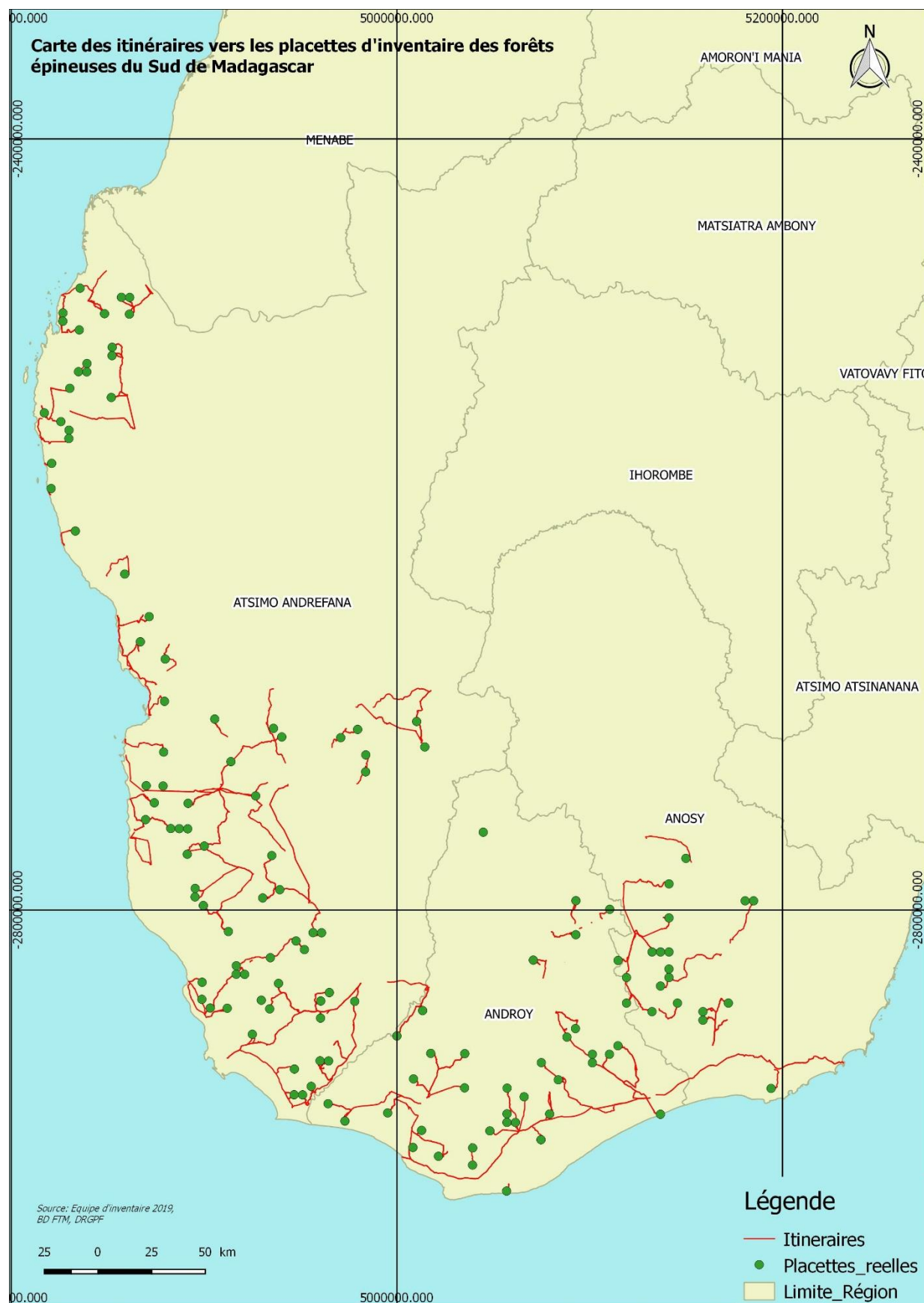
Où \bar{y} est la moyenne arithmétique et t la valeur de t de Student dans la table.

3 Résultats

3.1 Itinéraire dans des placettes d'inventaires

La collecte des données a été effectuée dans les placettes définies d'avance. Les itinéraires pour atteindre les placettes sont transcrits par la carte ci-après avec la localisation des points réels d'inventaire.

Carte 3 : Itinéraire des placettes d'inventaire des forêts épineuses



Les Régions d'inventaire de la forêt de l'écorégion de l'Epineuse du Sud se trouvaient à Anosy, Androy et Atsimo-Andrefana.

3.2 Base de données de l'inventaire forestier et floristique

Elle est constituée par une base de données brute issue des résultats de compilation des fiches d'inventaires de la partie aérienne (version Excel). Une version structurée est présentée après le traitement de toutes les informations.

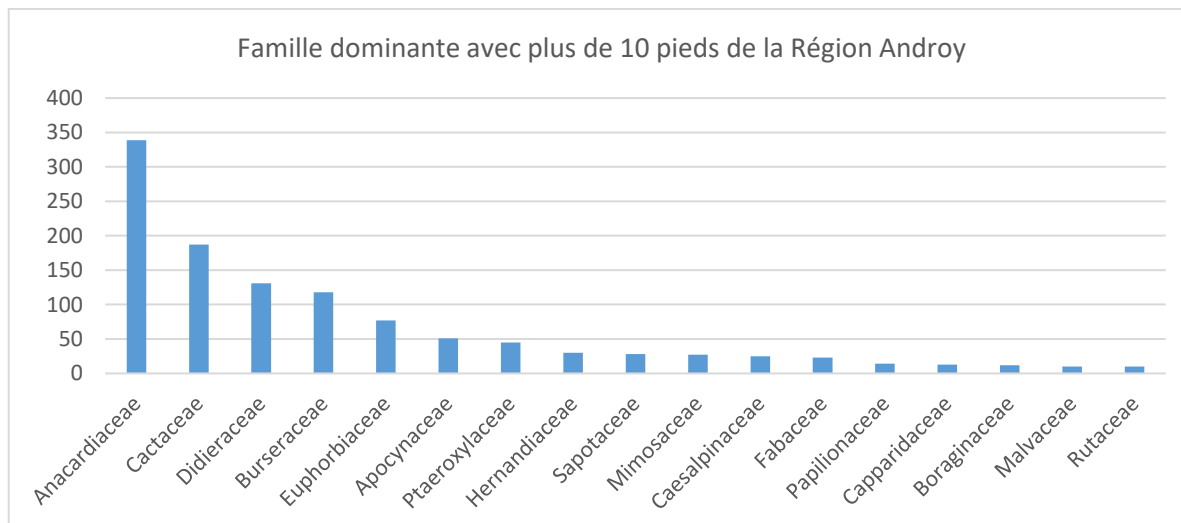
3.3 Richesse floristique

Au total, 65 familles, 150 genres et 238 espèces ont été inventoriées dans l'écorégion des forêts épineuses du Sud de Madagascar.

Tableau 19 : Richesse floristique des Forêts épineuses du Sud de Madagascar

| Région | Famille | Genre | Espèces |
|-------------------------|---------|-------|---------|
| Androy | 44 | 71 | 97 |
| Anosy | 31 | 48 | 62 |
| Atsimo andrefana | 58 | 115 | 174 |
| NATIONAL | 65 | 150 | 238 |

La famille dominante varie selon les Régions. Pour la Région Androy, les plus observées sont les Anacardiaceae, Cactaceae et Didieraceae, tandis que pour la Région Anosy, il s'agit d'abord de Burceraceae suivi des Anacardiaceae et des Didieraceae, et la Région Atsimo andrefana, les familles Burceraceae, Euphorbiaceae et Ptaeroxylaceae.



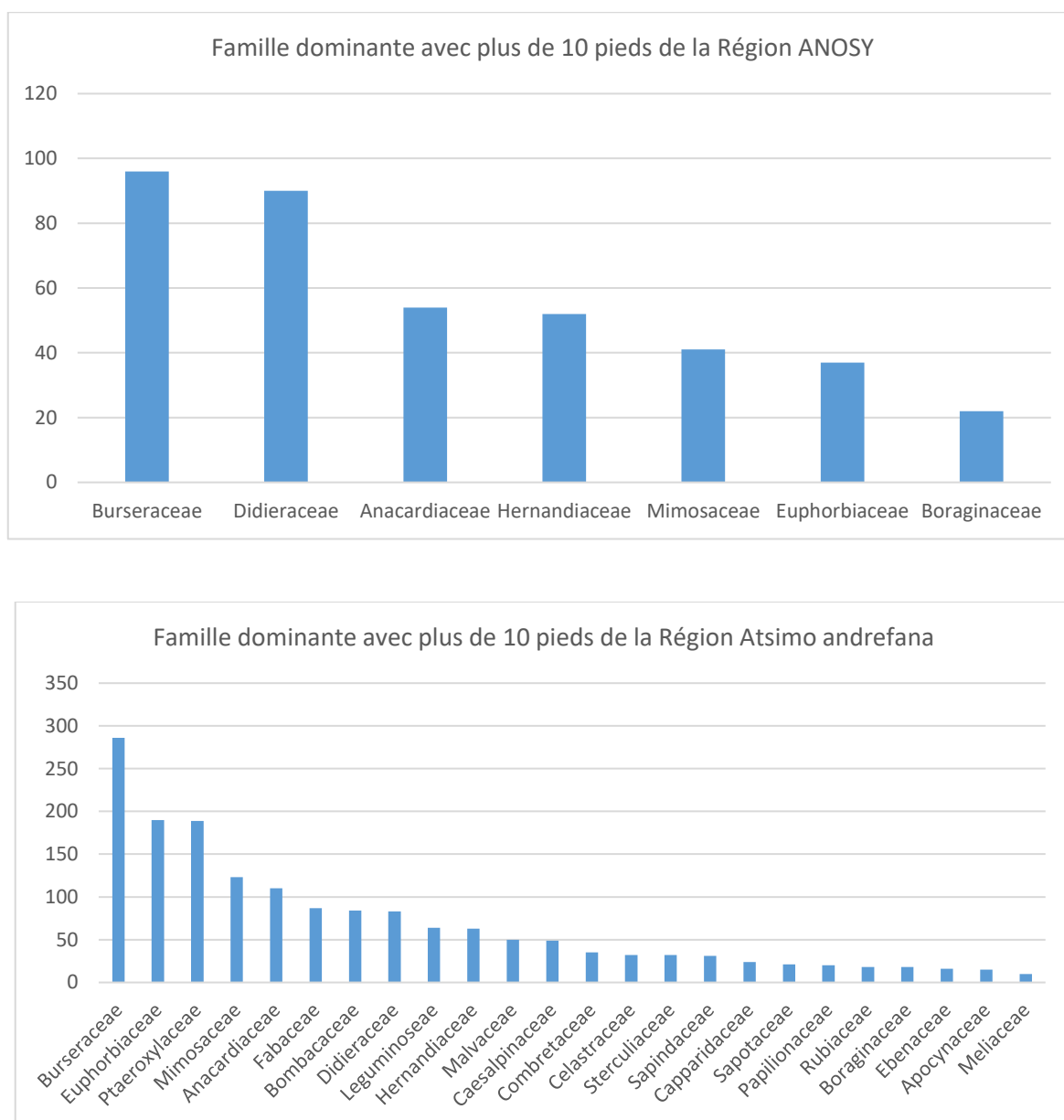


Figure 11 : Familles dominantes des Régions des Forêts Epineuses du Sud de Madagascar

3.4 Richesse faunistique

Les classes de faune le plus fréquentes dans la forêt épineuse ont été les insectes, observé sur 116 placettes, ensuite les reptiles, observé sur 96 placettes, suivi des oiseaux sur 82 placettes.

Sur les 171 espèces observées, 89 appartiennent à la classe des insectes, 54 oiseaux et 18 reptiles. Les restes sont réparties sur les 6 classes.

Tableau 20: Richesse faunistique des forêts épineuses

| Espèce | Famille | Classe |
|--------|---------|--------|
| 171 | 64 | 9 |

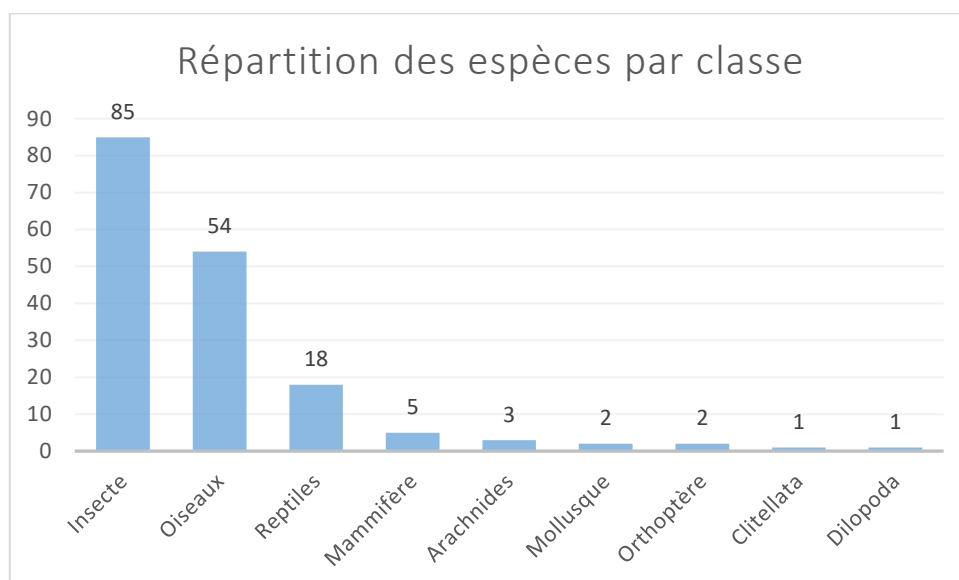


Figure 10: Répartition des espèces de faune de la forêt épineuse par classe

La classe des insectes sont les plus dominant dans la forêt épineuse de l'écorégion du Sud, ensuite les oiseaux et les reptiles. Et les fammiles des Papillonidae, Fourmicidae, Néophamoidae, Gerrhosauridae sont les plus observées avec plus de 50 individus. Le temps d'observation de ces espèces est limité par la période d'inventaire et réduit au moment de passage des équipes.

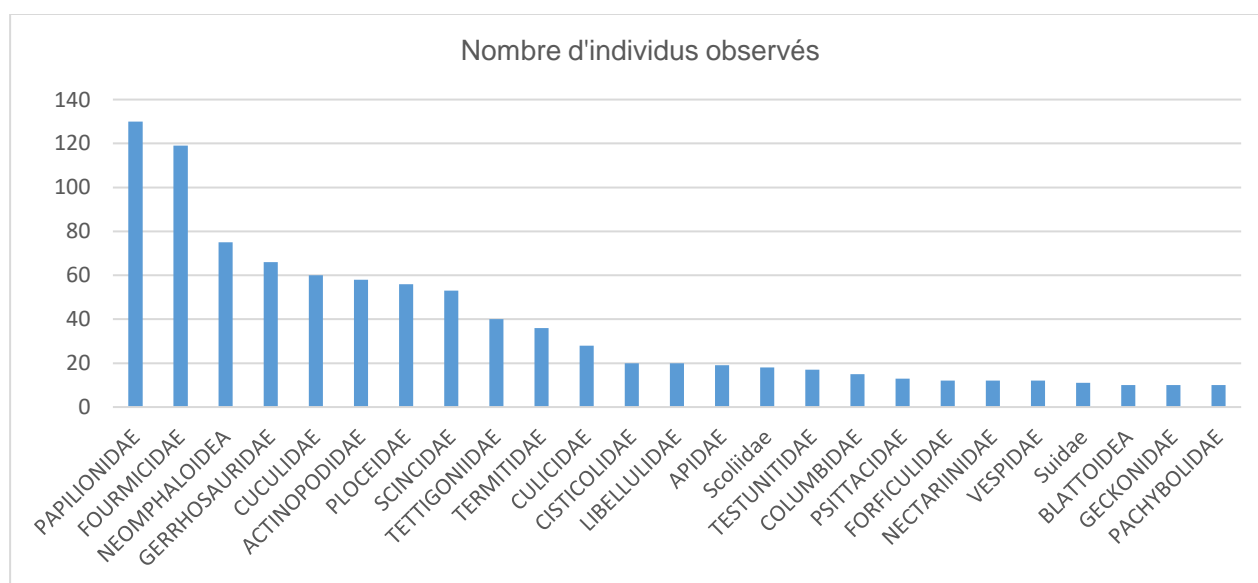


Figure 11: Famille des espèces de faune dominante dans la forêt épineuse de Madagascar

3.5 Couverture de la canopée

Dans son ensemble, la couverture de la canopée des zones forestières de l'Ecorégion des Forêts Epineuses du Sud de Madagascar dépasse encore les 41%. Cette couverture de la canopée a été élevée notamment dans les Régions Anosy (51,08%), suivi de Androy (45,13%) et Atsimo andrefa (36,70%).

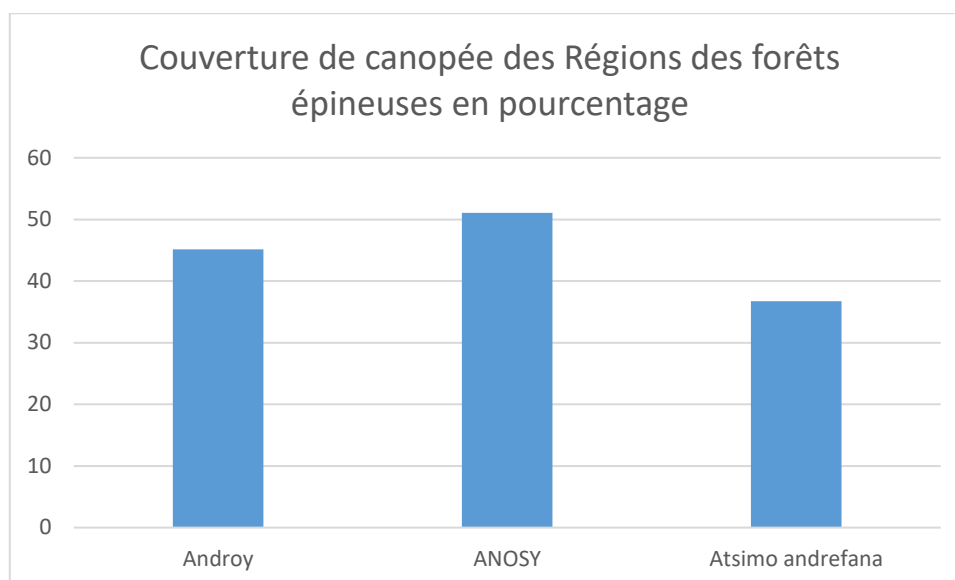


Figure 12: Couverture de la canopée de l'écosystème des forêts épineuses de Madagascar

3.6 Paramètres sylvicoles des zones d'inventaire des Forêts Epineuses du Sud de Madagascar

La moyenne des DHP a été de 15,32 cm avec une hauteur totale de 4,21 m, de hauteur fût 2,67 m, de surface terrière 0,29 m²/ha et de volume total de l'ordre de 0,97 m³/ha et un volume fût de 0,41 m³/ha. Ces paramètres sylvicoles ont été rencontrés à plusieurs reprises lors de l'inventaire et explique largement la valeur des coefficients de variation (cf tableau 19)

Tableau 21: Paramètres sylvicoles des formations végétales des zones d'inventaires

| Forêt épineuse | Densité (Nb/ha) | DHP (cm) | HT (m) | HF (m) | ST (m ²) | VT (m ³) | VF (m ³) |
|---------------------------------|-----------------|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Moyenne | 1 270,98 | 15,32 | 4,21 | 2,67 | 0,29 | 0,97 | 0,41 |
| Ecart-type | 1 160,46 | 6,85 | 1,59 | 0,85 | 0,14 | 1,20 | 0,41 |
| Coefficient de variation | 91,30 | 44,72 | 37,69 | 31,75 | 48,18 | 123,62 | 99,76 |
| IC (90%) | 169,38 | 1,02 | 0,23 | 0,14 | 0,02 | 1,20 | 0,07 |
| Erreur statistique 90% | 13,33 | 6,63 | 5,50 | 5,27 | 7,03 | 123,62 | 16,41 |
| Borne inférieure de l'IC | 1 101,60 | 14,30 | 3,98 | 2,53 | 0,27 | 127,00 | 0,35 |
| Borne supérieure de l'IC | 1 440,35 | 16,33 | 4,45 | 2,81 | 0,32 | 0,18 | 0,48 |

Selon les espèces, la valeur moyenne du DHP des espèces a été de 13,78 cm avec une hauteur totale de 4,25 m, de surface terrière 0,32 m²/ha et de volume total de 0,73 m³/ha. Ces espèces peuvent être observées facilement dans les zones d'inventaires (cf tableau 14).

Tableau 22 : Paramètres sylvicoles des espèces dans les différentes formations végétales

| Forêt épineuse | Densité (Nb/ha) | DHP (cm) | HT (m) | HF (m) | ST (m ²) | VT (m ³) | VF (m ³) |
|---------------------------------|-----------------|----------|--------|--------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Moyenne | 5,34 | 13,78 | 4,25 | 2,53 | 0,32 | 0,91 | 0,31 |
| Ecart-type | 12,91 | 8,58 | 1,65 | 0,89 | 0,16 | 1,30 | 0,44 |
| Coefficient de variation | 241,70 | 62,26 | 38,76 | 35,00 | 49,07 | 142,59 | 141,63 |
| CI (90%) | 1,38 | 0,97 | 0,18 | 0,11 | 0,02 | 0,14 | 0,05 |
| Erreur statistique (90%) | 25,77 | 7,03 | 4,13 | 4,28 | 5,53 | 15,23 | 15,13 |
| Borne inférieure de l'IC | 3,96 | 12,82 | 4,07 | 2,42 | 0,30 | 0,77 | 0,26 |
| Borne supérieure de l'IC | 6,72 | 14,75 | 4,43 | 2,64 | 0,33 | 1,05 | 0,36 |

3.7 Fréquence, Densité, Dominance, Importance des espèces

Les espèces *Cedrelopsis grevei*, *Operculicarya decaryi* et *Commiphora* sp. ont été les espèces les plus importantes avec plus de 30% de fréquence d'observation. Elles ont été distinguées par les valeurs élevées d'importance (+10%).

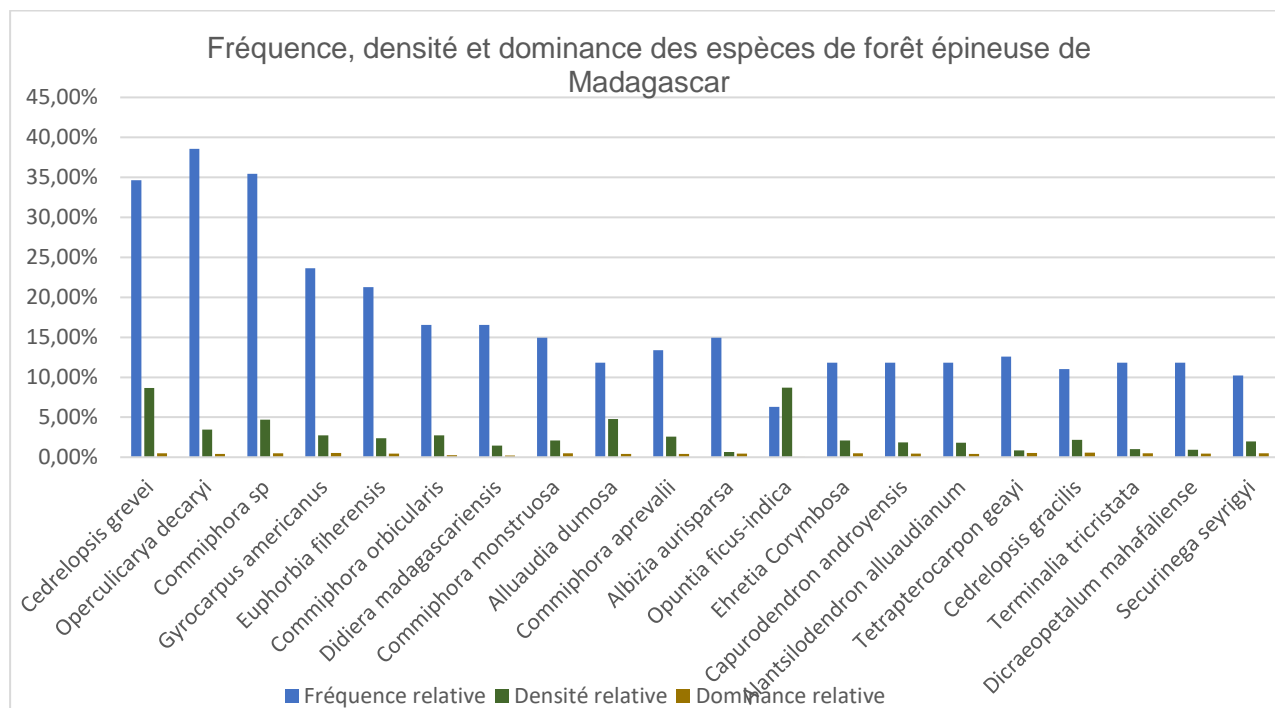


Figure 13: Fréquence, dominance et abondance des espèces de forêts épineuse de Madagascar

- *Cedrelopsis grevei* a une densité de 109 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,32 m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 43,78%
- *Operculicarya decaryi* a une densité de 43 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,28m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 42,45%
- *Commiphora* sp. a une densité de 59 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,32m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 40,62%
- *Gyrocarpus americanus* a une densité de 34 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,35m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 26,89%
- *Euphorbia fiherensis* a une densité de 29 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,30m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 24,06%
- *Commiphora orbicularis* a une densité de 34 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,17m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 19,51%
- *Didiera madagascariensis* a une densité de 18 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,14m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 19,21%
- *Commiphora monstrosa* a une densité de 26 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,33m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 17,54%
- *Alluodia dumosa* a une densité de 60 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,29m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 17,04%

- *Commiphora aprevalii* a une densité de 32 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,28m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 16,39%
- *Albizia aurisparsa* a une densité de 8 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,31m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 16,10%
- *Opuntia ficus-indica* a une densité de 110 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,02m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 15,01%
- *Ehretia Corymbosa* a une densité de 26 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,33m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 14,39%
- *Capurodendron androyensis* a une densité de 23 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,29m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 14,11%
- *Alantsilodendron alluaudianum* a une densité de 22 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,28m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 14,02%
- *Tetrapterocarpon geayi* a une densité de 11 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,35m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 13,98%
- *Cedrelopsis gracilis* a une densité de 27 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,37m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 13,95%
- *Terminalia tricristata* a une densité de 12 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,34m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 13,33%
- *Dicraeopetalum mahafaliense* a une densité de 12 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,30m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 13,20%
- *Securinega seyrigyi* a une densité de 25 tiges/ha, d'une surface terrière de 0,32m²/ha, et d'une importance de l'ordre de 12,70%

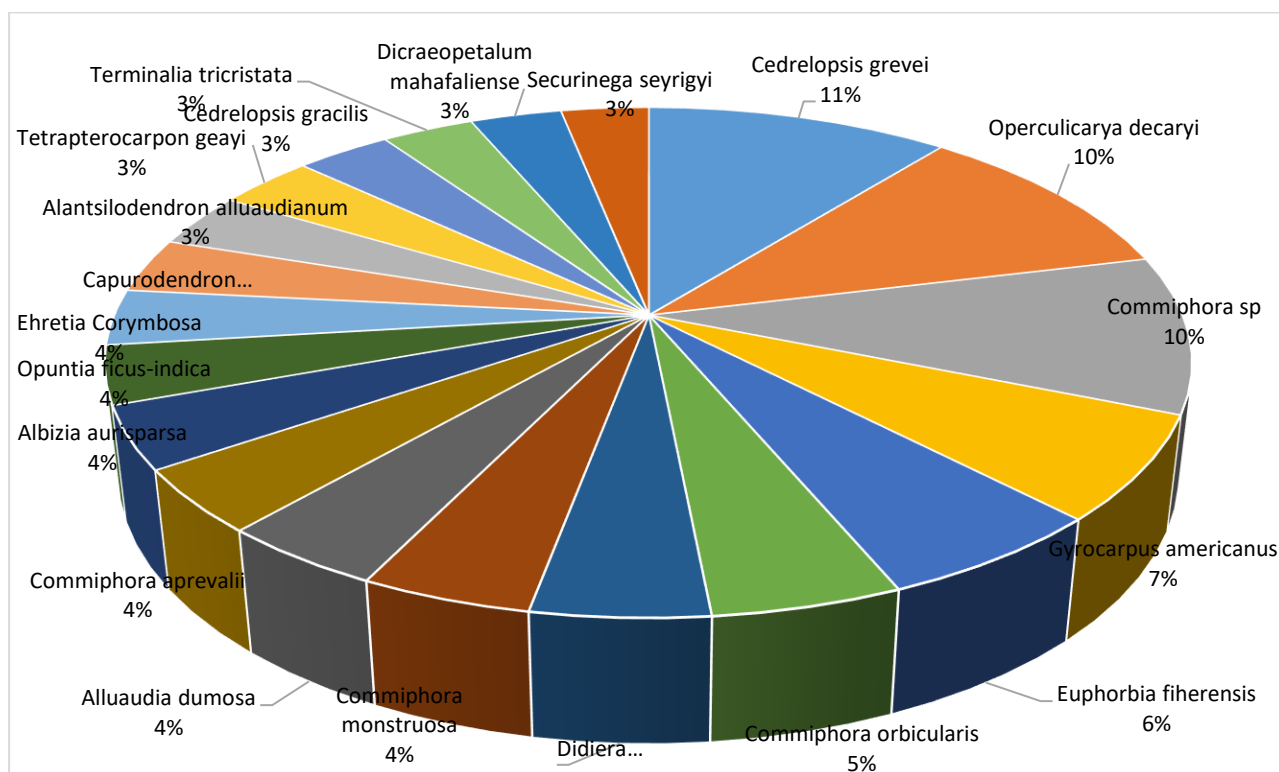
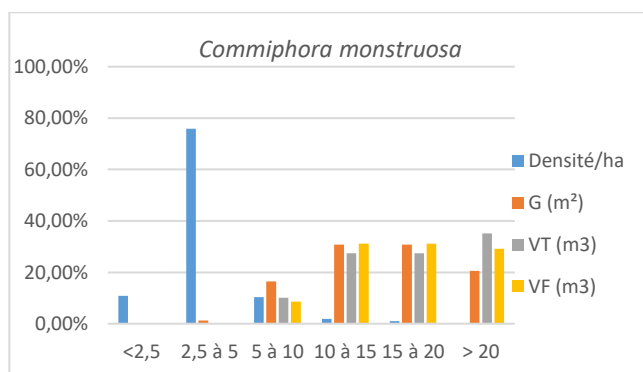
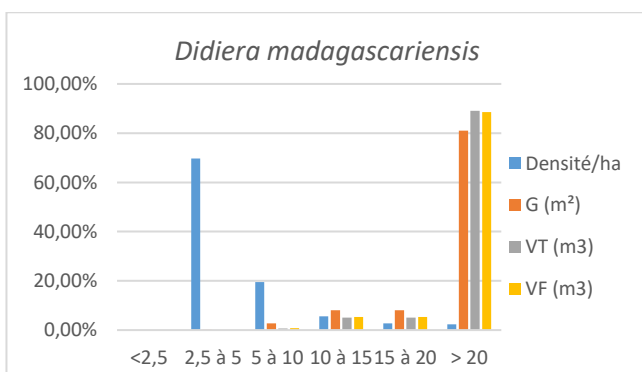
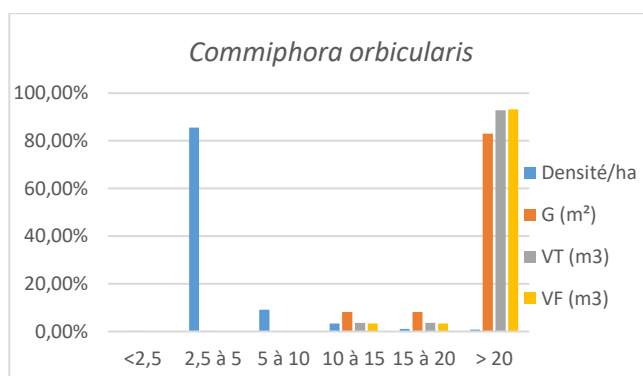
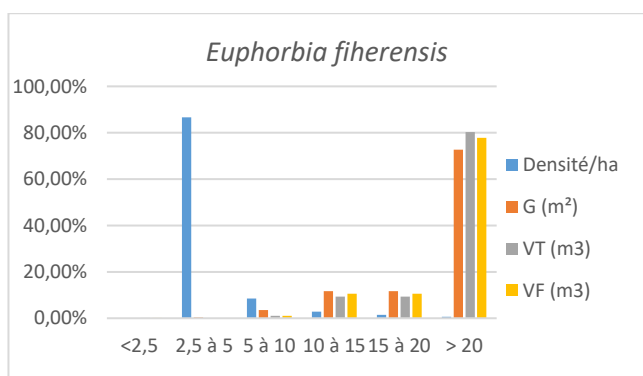
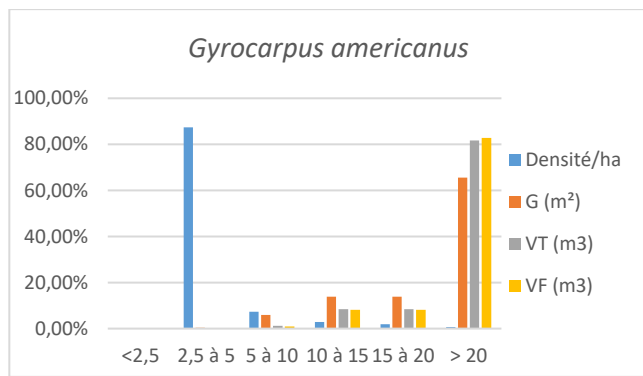
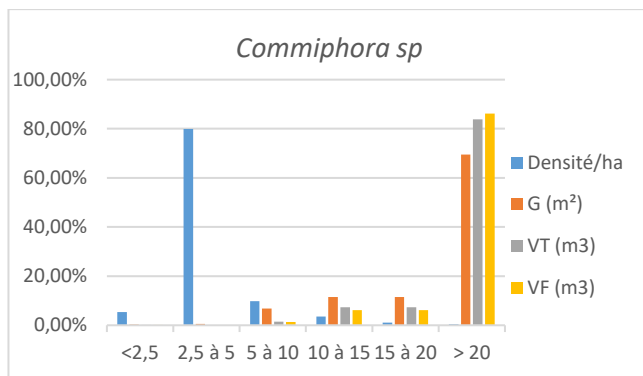
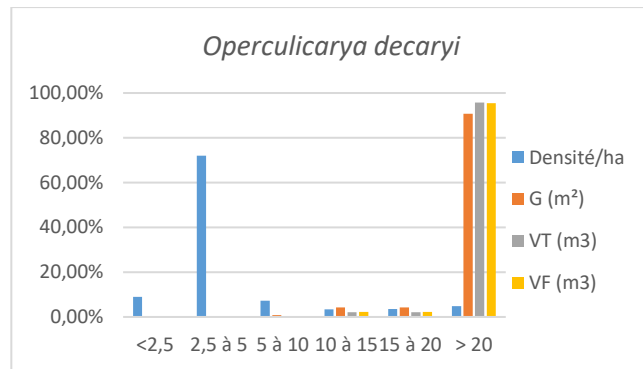
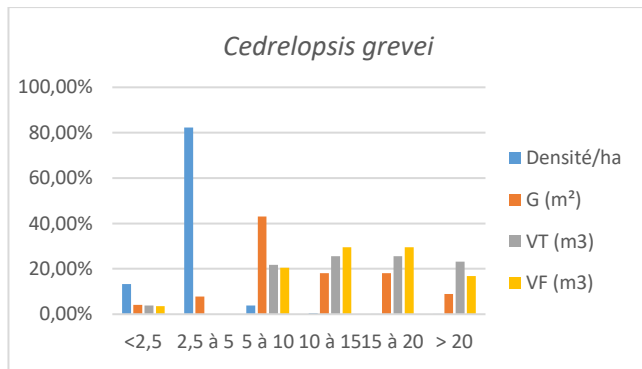


Figure 14: Répartition des 10 (dix) espèces importantes dans la forêt Epineuse du Sud

Les espèces importantes ont présenté une abondance des individus de moins de 5cm de diamètre. Ce qui veut dire que les relèves sont disponibles dans ces zones d'occupation forestière. Mais la densité des individus supérieurs à 15 cm ont été faible sauf chez *Operculicarya decaryi*, *Didiera madagascariensis* et *Alluaudia dumosa*. Ces classes de diamètre correspondent en effet à la classe de diamètre la plus exploitée, utilisée et commercialisée. La situation témoigne également de l'exploitation abusive des espèces, en particulier les *Commiphora* et *Cedrelopsis*.



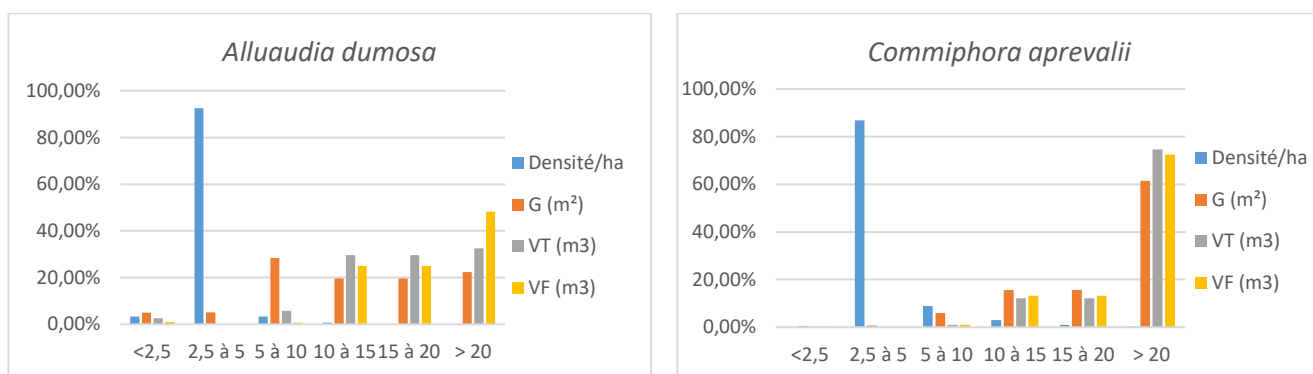


Figure 15: : Proportion de la densité (en %) par rapport au nombre total de tige de l'espèce (DHP \geq 2,5cm) ; proportion des biovolumes (en %) par rapport au volume total (DHP \geq 5cm) selon les classes de diamètre pour les espèces végétales importantes de la forêt épineuse

3.8 Taux et capacité de régénération

Selon les résultats de l'inventaire, la capacité de regeneration de l'ecorégion des Forêts Epineuses par Région est présenté comme suit :

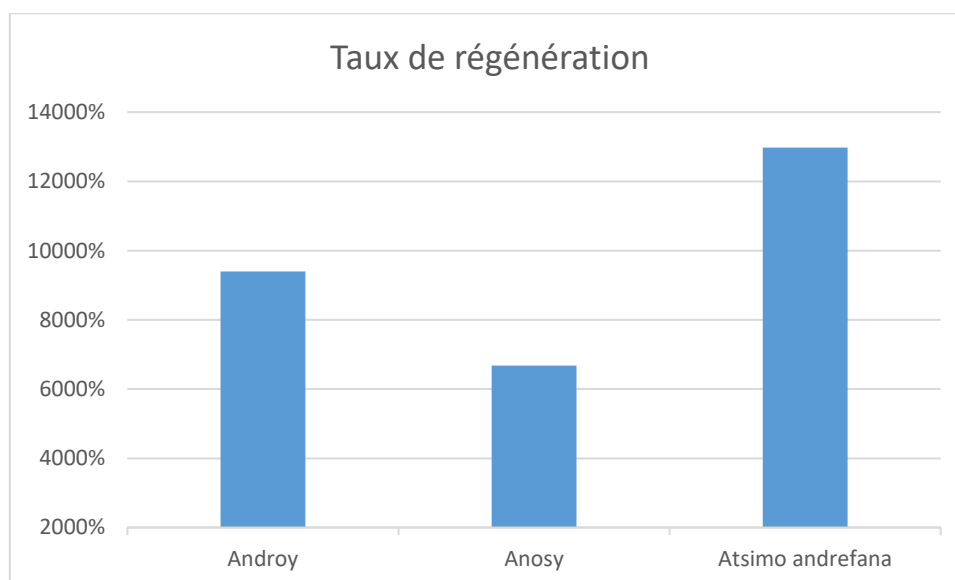


Figure 16: Taux de régénération naturelle des espèces forestières de l'écorégion des forêts épineuses

3.9 Biomasses

En termes de biomasse, la forêt épineuse du Sud dispose de 197,10 tms/ha en biomasse aérienne, de 55,10 tms/ha en biomasse souterraine, une quantité élevée (180,68 tms/ha) en biomasse de bois mort sur pied et enfin, 0,12 tms/ha en biomasse des débris.

Il est à remarquer que la présence de la Famille de Didieraceae qui présente des espèces à gros diamètre, notamment l'espèce Sono a un impact sur la quantité élevée de la biomasse aérienne des forêts épineuses et celle de bois mort sur pied.

Tableau 23: Biomasse des espèces à de DHP>5cm (LRA, 2021) dans la forêt épineuse

| Forêt Epineuse | Aérienne | Souterraine | Bois mort sur pied | Débris |
|----------------------------------|-------------|-------------|--------------------|--------|
| Mean [tdm/ha] | 197,10 | 55,10 | 180,68 | 0,12 |
| Min [tdm/ha] | 0,18 | | 0,27 | 0,00 |
| Max [tdm/ha] | 3914,19 | | 2349,77 | 4,26 |
| STD [tdm/ha] | 540,88 | 148,43 | 448,95 | 0,48 |
| N | 127,00 | | 29 | 138 |
| 90% confidence interval [tdm/ha] | 78,94 | 21,66 | 137,12 | 0,06 |
| 90% confidence interval [%] | 40,05 | 39,30 | 0,75 | 0,53 |
| Lower bound 90% CI [tdm/ha] | 118,16 | 33,46 | 43,55 | 0,05 |
| Upper bound 90% CI [tdm/ha] | 276,05 | 76,79 | 317,81 | 0,19 |

Tableau 24: Biomasse des espèces supérieures à de DHP>5cm (LRA, 2021) par Région dans la forêt épineuse

| Forêt Epineuse | Aérienne | Souterraine | Bois mort sur pied | Débris |
|----------------------------------|-------------|-------------|--------------------|--------|
| Région Androy | | | | |
| Mean [tdm/ha] | 365,42 | 101,1 | 5,17 | 0,23 |
| Min [tdm/ha] | 2,87 | | 1,05 | 0,00 |
| Max [tdm/ha] | 3914,19 | | 10,35 | 4,26 |
| STD [tdm/ha] | 888,03 | 243,97 | 3,86 | 0,73 |
| N | 36,00 | | 5 | 39 |
| 90% confidence interval [tdm/ha] | 243,45 | 66,88 | 2,84 | 0,19 |
| 90% confidence interval [%] | 66,62 | 66,18 | 0,54 | 0,83 |
| Lower bound 90% CI [tdm/ha] | 121,97 | 34,18 | 2,33 | 0,03 |
| Upper bound 90% CI [tdm/ha] | 608 ,87 | 167,95 | 8,02 | 0,42 |
| Région Anosy | | | | |
| Mean [tdm/ha] | 28,67 | 9,8 | 11,54 | 0,00 |
| Min [tdm/ha] | 0,88 | | 11,54 | 0,00 |
| Max [tdm/ha] | 117,03 | | 11,54 | 0,00 |
| STD [tdm/ha] | 28,95 | 7,17 | - | 0,00 |
| N | 16,00 | | 1 | 18 |
| 90% confidence interval [tdm/ha] | 11,90 | 2,95 | - | 0,00 |
| 90% confidence interval [%] | 41,51 | 30,21 | - | 0,34 |
| Lower bound 90% CI [tdm/ha] | 16,77 | 6,82 | - | 0,00 |
| Upper bound 90% CI [tdm/ha] | 40,58 | 12,72 | - | 0,00 |
| Région Atsimo Andrefana | | | | |
| Mean [tdm/ha] | 152,24 | 42,8 | 226,19 | 0,10 |
| Min [tdm/ha] | 0,18 | | 0,27 | 0,00 |
| Max [tdm/ha] | 2152,27 | | 2349,77 | 2,01 |
| STD [tdm/ha] | 320,95 | 87,89 | 496,04 | 0,36 |
| N | 75,00 | | 23 | 81 |
| 90% confidence interval [tdm/ha] | 60,96 | 16,69 | 170,13 | 0,06 |
| 90% confidence interval [%] | 40,04 | 39,04 | 0,75 | 0,64 |
| Lower bound 90% CI [tdm/ha] | 91,29 | 26,06 | 56,06 | 0,03 |
| Upper bound 90% CI [tdm/ha] | 213,20 | 59,44 | 396,32 | 0,17 |

Ainsi, les Régions Androy (365,42 tdm/ha de biomasse aérienne) et Atsimo-Andrefana (152,24 tdm/ha) ont disposé plus de stock de biomasse aussi bien aérienne que souterraine (101,1 tdm/ha pour Androy et 42,8 tdm/ha pour Atsimo-Andrefana). Par contre, la Région Atsimo-Andrefana (226,19 tdm/ha) et Anosy (11,54 tdm/ha) présentent de biomasse élevée en bois mort sur pied.

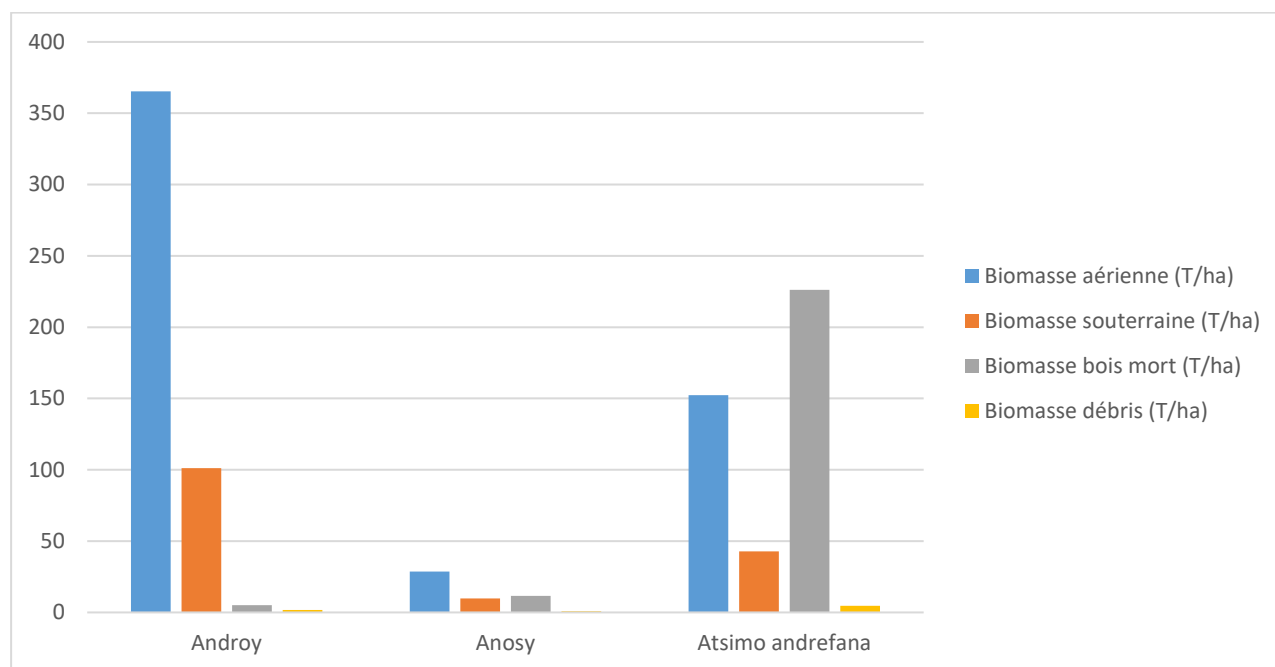
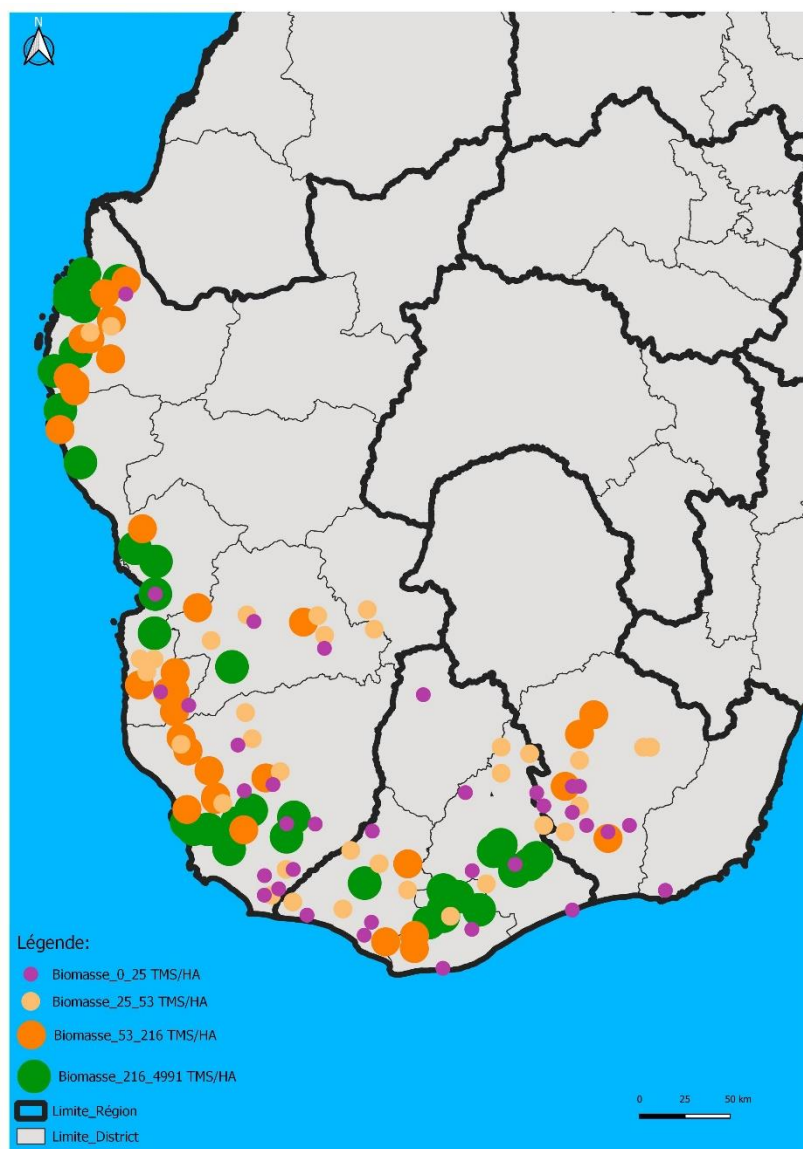


Figure 17: Biomasse des forêts épineuses par Région

3.10 Biomasses par placette

Selon les résultats obtenus, les biomasses par placettes de la forêt épineuse du Sud sont présentées dans la carte ci après. Elle montre la quantité totale de biomasse par hectare des placettes, c'est-à-dire la biomasse aérienne, souterraine, bois morts et necromasse.

Carte 4 : Carte de biomasse des placettes d'inventaire



4 Conclusions et recommandations

L'inventaire forestier réalisé dans l'écorégion des Forêts Epineuses a relevé les caractéristiques des fourrés xérophytes de Madagascar. Les arbres sont en général de taille rabougris, adaptés aux conditions climatiques arides. Cependant, la forêt inventoriée est assez riche en espèces variant d'une région à l'autre. Néanmoins, les différents types d'interventions anthropiques d'exploitations amplifiés par l'effet du changement climatique ont impacté les formations forestières et qui ont entraîné la diminution en nombre de plusieurs essences typiques de fourrés xérophytes telles que le *Alluaudia procera* et les *Commiphora* sp.. En matière de stock de carbone, la forêt de l'écorégion de l'Epineuse dispose d'une quantité non négligeable de 436,26 tdm/ha de biomasse à l'ha équivalent à 218,13 tms/ha de carbone. Les résultats néanmoins sont différents selon les Régions et dans le futur proche, peuvent changer selon les infractions pouvant survenir dans les zones. Enfin, des efforts doivent être fournis car la perte en ces ressources seraient irréversibles.

Documents consultés

1. Angelsen A., Brockhaus M., Sunderlin W.D. & Verchot L.V., 2013. Analyse de la REDD+ : les enjeux et les choix. Bogor, Indonésie : CIFOR.
2. Baccini A. et al., 2012. Estimated carbon dioxide emissions from tropical deforestation improved by carbon-density maps. Nat. Clim. Change, 2(3), 182-185.
3. CITES 2007. Convention on International Trades in Endangered Species of Wild fauna and flora. Appendices I, II & III <http://www.cites.org> (12/02/2008).
4. Clark D.B. & Kellner J.R., 2012. Tropical forest biomass estimation and the fallacy of misplaced concreteness. J. Veg. Sci., 23, 1191-1196.
5. Gibbs H.K. et al., 2007. Monitoring and estimating tropical forest carbon stocks: making REDD a reality. Environ. Res. Lett., 2(4), 045023.
6. GIEC, 2003. Good practice guidance for land use, land-use change and forestry. GIEC.
7. Ramanantoandro et al, 2021. Élaboration d'équation allométrique des fourrés xérophi les (forêts épineuses) et forêts sèches de l'Ouest de Madagascar
8. Cailliez Francis. 1980. Estimation des volumes et accroissement des peuplements forestiers : avec référence particulière aux forêts tropicales, Estimation des volumes. Rome : FAO, 98 p. (Etude FAO : Forêts, n. 22/1) ISBN 92-5-200923-X
9. Corlett, R.T. & Primack, R.B. 2011 - « Tropical Rain Forests, an ecological and biogéographique comparison – Second Edition ». Association Vahatra, Antananarivo, Madagascar.
10. IEFN, 1996 - Inventaire Ecologique Forestier National.
11. K. MOKANY et al., 2016 - Critical analysis of root : shoot ratios in terrestrial biomes – Global Change Biology , 2016- 12 , 84 - 96
12. Méthodologie d'inventaire des produits forestiers ligneux valorisables pour une gestion durable (FFEM-Biodiversité septembre 2007).
13. Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, Direction de la Valorisation des Ressources Forestières, Mai 2018. Résultats des travaux d'inventaire forestier et évaluation de l'intégrité écologique de l'écosystème forestier sèche de l'Ouest de Madagascar dans le cadre du REDD+. 55 pages
14. PERR-FH- Consortium WCS, ONE, Etcetra et MNP, 2014 - Extension du projet de définition d'un niveau de référence et du système MRV de l'écorégion des forêts humide de l'Est.
15. Goodman S.M. and Benstead, J. 2003 - Natural History of Madagascar -, The University of Chicago Press,.
16. Pan Y. et al., 2011- A large and persistent carbon sink in the world's forests. Science, 333, 988-993. ,
17. Résultats des travaux d'inventaire forestier et évaluation de l'intégrité écologique de l'écosystème forestier sèche de l'Ouest de Madagascar dans le cadre du REDD+ - Ministère de l'Environnement de l'Ecologie et Des Forêts– Direction de la Valorisation des Ressources Forestières – Mai 2018 - 55 pages
18. ROELOF (A.A) et al, 1996, « gestion et futur des forêts tropicales : une mise en perspective des systèmes d'amélioration et de valorisation ». MAE/ADPF, 9p

19. "Surveying natural populations Quantitative Tools for Assissing Biodiversity Columbia University Press" Publishers since 1893, copyright 2010, the Smithsoman institution.
20. Van der Werf et al., 2009 - Effects of land use on the Soil Organic Carbon storage potentiality and soil edaphic factors in Tripura, Northeast India - CO2 Emissions from Forest Loss. Nature Geoscience, 2, 737-738.
21. Vieilledent G, Vaudry R, Andriamanohisoa SFD, et al (2012) A universal approach to estimate biomass and carbon stock in tropical forests using generic allometric models. Ecol. Appl. 22:572–583. doi: 10.1890/11-0039.1
22. https://fr.qaz.wiki/wiki/Madagascar_spiny_forests