



Université de Mahajanga

REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA  
*Fitiavana – Tanindrazana – Fandrosoana*

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



Ecole Doctorale sur les  
Ecosystèmes Naturels

UNIVERSITE DE MAHAJANGA

**ÉCOLE DOCTORALE SUR LES ÉCOSYSTÈMES NATURELS**

THÈSE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT

Équipe d'accueil Biodiversité, Agroécologie, Evolution et Systématique des  
Embryophytes

Spécialité : Économie écologique et Conservation

Réf et N°005/2024/DOC/EDEN/UMG

# Dynamique écologique et Analyse économique de l'écosystème à mangrove : Cas de Boanamary et de Soalala

Présentée par : **RAZANAJATOVO Kanto Ingotiana**

Soutenue le 04 Juillet 2024, devant les membres du jury composés de :

**Président** : **Madame Ranarijaona Hery Lisy Tiana**  
(Professeur titulaire, Université de Mahajanga)

**Examineurs** : **Madame Rasoamananjara Jeanne Angelphine**  
(Professeur titulaire, Université de Mahajanga)  
**Monsieur Raharinaivo Liva Jackson**  
(Maître de conférences, Université de Mahajanga)

**Rapporteur interne** : **Monsieur Rabibisoa Nirhy Harinelina Christian**  
(Professeur, Université de Mahajanga)

**Rapporteur externe** : **Monsieur Ravalison James**  
(Professeur titulaire, Université d'Antananarivo)

**Directeur de thèse** : **Monsieur Rabesa Zafera Antoine**  
(Professeur titulaire, Université de Mahajanga)

Année 2024





Université de Mahajanga

REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA  
*Fitiavana – Tanindrazana – Fandrosoana*

MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT  
SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE MAHAJANGA



Ecole Doctorale sur les  
Ecosystèmes Naturels

ÉCOLE DOCTORALE SUR LES ÉCOSYSTÈMES NATURELS

THÈSE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME DE DOCTORAT

Équipe d'accueil Biodiversité, Agroécologie, Evolution et Systématique des  
Embryophytes

Spécialité : Économie écologique et Conservation

Réf et N°005/2024/DOC/EDEN/UMG

# Dynamique écologique et Analyse économique de l'écosystème à mangrove : cas de Boanamary et de Soalala

Présentée par : **Razanajatovo Kanto Ingotiana**

Soutenue le 04 Juillet 2024, devant les membres du jury composés de :

- Président** : **Madame Ranarijaona Hery Lisy Tiana**  
(Professeur titulaire, Université de Mahajanga)
- Examineurs** : **Madame Rasoamananjara Jeanne Angelphine**  
(Professeur titulaire, Université de Mahajanga)  
**Monsieur Raharinaivo Liva Jackson**  
(Maître de conférences, Université de Mahajanga)
- Rapporteur interne** : **Monsieur Rabibisoa Nirhy Harinelina Christian**  
(Professeur, Université de Mahajanga)
- Rapporteur externe** : **Monsieur Ravalison James**  
(Professeur titulaire, Université d'Antananarivo)
- Directeur de thèse** : **Monsieur Rabesa Zafera Antoine**  
(Professeur titulaire, Université de Mahajanga)

Année 2024

## DÉCLARATION SUR L'HONNEUR

Je, soussignée, **Razanajatovo Kanto Ingotiana** étudiante inscrite régulièrement en **3<sup>ème</sup> année de thèse**, au sein de l'École Doctorale Ecosystèmes Naturels de l'Université de Mahajanga, déclare sur l'honneur que durant la période de préparation de ma thèse en vue de l'obtention du **Diplôme de Doctorat**, je n'ai pas fait de plagiat.

Fait à Mahajanga le 19 Février 2024

La doctorante,

Razanajatovo Kanto Ingotiana

## REMERCIEMENTS

Nous remercions profondément les personnes et entités suivantes pour leur contribution de près comme de loin dans la réalisation de nos travaux de recherche et dans l'édition de cette thèse :

- Les membres de jury de la soutenance, composé du directeur de thèse, Monsieur Rabesa Zafera Antoine, Professeur titulaire de l'Université de Mahajanga et de Madame Ranarijaona Hery Lisy Tiana, Présidente du jury, Professeur titulaire de l'Université de Mahajanga. Nous tenons également à remercier Monsieur Rabibisoa Nirhy Harinelina Christian (rapporteur interne), Professeur de l'Université de Mahajanga ; Monsieur Ravalison James (rapporteur externe), Professeur titulaire de l'Université d'Antananarivo. Nous adressons pareillement nos gratitude à Madame Rasoamananjara Jeanne Angelphine (examineur), Professeur titulaire de l'Université de Mahajanga et directrice de l'Ecole Doctorale Nutrition-Environnement-Santé (EDNES) ainsi qu'à Monsieur Raharinaivo Liva Jackson (examineur), Maître de conférences de l'Université de Mahajanga.
- Les membres du comité de lecture, composé de Monsieur Razafimahefa, Professeur de l'Université de Mahajanga, Monsieur Mananjara Pamphile, Professeur titulaire de l'Université de Mahajanga, et Monsieur Rabibisoa Nirhy Harinelina Christian, Professeur de l'Université de Mahajanga;
- Le président de l'Université de Mahajanga, Professeur Randrianambinina Blanchard, de nous avoir acceptés au sein de l'Université ;
- Le directeur de l'École Doctorale Ecosystèmes Naturels, professeur Rasoloharijaona Solofonirina, de nous avoir octroyé l'opportunité de conduire notre recherche au sein de cette entité tout au long de ces années ;
- L'équipe d'accueil Biodiversité, Agroécologie, Evolution et Systématique des Embryophytes, de nous avoir acceptés en son sein afin qu'on puisse conduire notre recherche ;
- Le directeur de thèse, Professeur titulaire, Rabesa Zafera Antoine, pour nous avoir guidés tout au long de cette thèse depuis sa conception jusqu'à ce jour ;
- L'équipe de l'Association Tanjona, grâce à qui la conduite de ces recherches a été possible ;
- Le staff de l'EDEN Project pour le financement des travaux écologiques à Boanamary et Soalala de cette thèse ;
- Madagascar National Parks – Baie de Baly, Soalala, pour leur soutien pendant la réalisation des travaux sur terrain à Soalala ;

- L'ONG DELC Mizàna Maitso pour nous avoir permis de participer à de nombreux travaux socioéconomiques dans la zone de Boanamary ;
- Professeur Rabibisoa Nirhy Harinelina Christian, pour sa rigueur et ses précieux enseignements sur la biostatistique qui nous a permis d'améliorer la qualité de notre recherche ;
- Professeur titulaire Ranarijaona Hery Lisy Tiana, pour nous avoir donné l'opportunité de profiter pleinement de notre parcours de doctorante ;
- Docteur Randriamahatantsoa Bernard, pour ses conseils dans l'amélioration de ce livre ;
- Monsieur Oninjatovo Radonirina Herizo, pour ses conseils et mentoring très précieux sans quoi ce travail manquerait de sens ;
- A mes parents et ma sœur pour leur soutien financier et soutien moral tout le long de mon parcours.

# TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS .....	i
LISTE DES FIGURES .....	vii
LISTE DES TABLEAUX .....	ix
LISTE DES ANNEXES .....	xi
LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES .....	xii
GLOSSAIRE .....	xiii
<b>I. Introduction</b> .....	1
<b>II. Méthodologie</b> .....	9
II.1. Sites d'études .....	9
II.1.1. Boanamary .....	9
II.1.2. Soalala .....	10
II.2 Matériels .....	11
II.2.1. Matériels biologiques .....	11
II.2.1.1. Généralités sur la mangrove .....	12
II.2.1.2. Palétuviers de Madagascar .....	13
II.2.1.3. Economie écologique et valorisation du capital naturel .....	16
II.2.2. Matériels physiques .....	19
II.3. Méthodes d'études .....	20
II.3.1. Choix des sites d'échantillonnage .....	20
II.3.2. Collectes de données .....	20
II.3.2.1. Phase préparatoire .....	20
II.3.2.2. Travaux sur terrain .....	21
II.4. Traitement et analyse de données .....	24
II.4.1 Analyses des caractéristiques écologiques des mangroves .....	25
II.4.1.1. Abondance relative .....	25
II.4.1.2. Analyse de diversité biologique .....	25
II.4.1.3. Analyse de similarité de Jaccard .....	26
II.4.1.4. Densité .....	27
II.4.1.5. Fréquence .....	27
II.4.1.6. Etude de potentialité .....	27
II.4.1.7. Taux de régénération naturelle .....	28
II.4.1.8. Test de normalité des données de Shapiro-Wilk .....	29
II.4.1.9. Test de khi-deux .....	29
II.4.1.10. Test de Kruskal-Wallis (Zar, 1999) .....	30
II.4.1.11. Test ANOVA .....	31
II.4.2. Analyse des pressions et menaces .....	32

II.4.2.1. Identification des pressions et menaces .....	32
II.4.2.2. Evaluation des pressions .....	33
II.4.3. Analyse socioéconomique .....	33
II.4.3.1. Analyse descriptive des enquêtés.....	33
II.4.3.2. Préférence locale des espèces .....	34
II.4.3.3. Importance relative de la forêt de mangrove (IR) .....	34
II.4.3.4. Indice d'utilisation des espèces.....	35
II.4.3.5. Utilisation des palétuviers .....	35
II.4.4. Valorisation économique .....	35
II.4.4.1. Techniques de valorisation économique .....	35
II.4.4.2. Classification des services écosystémiques.....	36
II.4.4.3. Exploitation des bois.....	36
II.4.4.4. Pêche artisanale .....	37
II.4.4.5. Sériciculture.....	38
II.4.4.6. Protection côtière.....	39
II.4.4.7. Séquestration de carbone.....	40
II.4.4.8. Valeur médicinale .....	41
II.4.4.9. Apiculture .....	41
II.4.5. Télédétection.....	42
II.4.6. Modélisation de la dynamique de système .....	42
<b>III.Résultats</b> .....	44
III.1. Mangrove et palétuviers.....	44
III.1.1. Richesse spécifique.....	44
III.1.2. Distribution par famille .....	46
III.1.3. Abondance relative .....	47
III.1.4. Analyse de diversité de Shannon (S).....	49
III.1.5. Analyse de similarité.....	49
III.1.6. Potentialité en palétuvier .....	50
III.1.7. Diamètre et hauteur des palétuviers .....	51
III.1.8. Régénération naturelle .....	53
III.2. Pressions et menaces.....	55
III.3. Evolution de la mangrove.....	57
III.4. Modélisation de la dynamique du système mangrove-socio-économie .....	64
III.5. Utilisateurs de l'écosystème à mangrove .....	69
III.5.1. Profil socioéconomique.....	69
III.5.2. Classification des services écosystémiques .....	71
III.5.3. Revenu principal mensuel par site d'étude .....	72

III.5.4. Activité génératrice de revenu secondaire .....	73
III.5.5. Contribution de la mangrove dans le revenu.....	74
III.5.6. Analyse de l'inégalité des revenus dans les zones d'études .....	75
III.5.7. Préférence locale.....	76
III.5.8. Importance relative de la forêt de mangrove.....	77
III.5.9. Indice d'utilisation des espèces .....	80
III.5.10. Utilisation des palétuviers par site.....	81
III.6. Valeur économique et capital naturel .....	82
III.6.1. Valeur des bois de palétuviers.....	82
III.6.1.1. Type de palétuviers commercial .....	82
III.6.1.2. Composition de bois exploitables dans les sites d'étude.....	82
III.6.1.3. Valeur monétaire des bois commerciaux .....	85
III.6.2. Activité de pêche artisanale.....	86
III.6.3. Protection des côtes .....	88
III.6.4. Soie sauvage.....	89
III.6.5. Séquestration de carbone.....	89
III.6.6. Valeur médicinale .....	93
III.6.7. Valeur du miel de mangrove .....	93
III.6.8. Valeur économique totale de la mangrove.....	94
<b>IV. Discussion</b> .....	96
IV.1. Méthodologie.....	96
IV.2. Caractéristiques des populations vivant près des mangroves et utilisation .....	97
IV.3. Potentialité en palétuvier entre les sites.....	101
IV.4. Ecologie et distribution des palétuviers .....	102
IV.5. Dynamique de la forêt de mangrove .....	103
IV.6. Valeur économique des palétuviers .....	105
IV.6.1. Valeur des bois de palétuviers .....	105
IV.6.2. Miel de mangrove.....	106
IV.6.3. Valeur de la pêche traditionnelle .....	107
IV.6.4. Valeur de carbone séquestrée .....	108
IV.6.5. Valeur de protection des côtes .....	109
IV.6.6. Valeur de la soie sauvage et valeur médicinale.....	111
IV.7. Lois sur l'exploitation de la mangrove .....	112
<b>V. Recommandations</b> .....	114
V.1. Promotion de l'approche basée sur l'écosystème (EbA) :.....	114
V.2. Mise en place d'une chaîne de valeur pro-pauvre et investissement dans les valeurs directes non-destructives .....	114

V.3. Favoriser l'importance des traditions et des croyances d'essence culturelle .....	115
V.4. Révision approfondie des lois sur la gestion de la mangrove.....	115
V.5. Favoriser le Paiement des Services Ecosystémiques .....	116
<b>VI.Conclusion</b> .....	<b>118</b>
<b>VII.Bibliographie</b> .....	<b>122</b>

## LISTE DES FIGURES

<b>Figure 1.</b> Localisation des sites d'étude Boanamary .....	10
<b>Figure 2.</b> Localisation des sites d'études dans la zone de Soalala.....	11
<b>Figure 3.</b> Combinaison des différentes dimensions dans l'économie écologique .....	16
<b>Figure 4.</b> Economie écologique et économie de l'environnement.....	17
<b>Figure 5.</b> Cadre conceptuel pour l'évaluation économique totale des écosystèmes.....	18
<b>Figure 6.</b> Dispositif de transect .....	24
<b>Figure 7.</b> Dispositif de Braun-Blanquet .....	24
<b>Figure 8.</b> Nombre des individus de palétuviers dans les zones d'études.....	45
<b>Figure 9.</b> Répartition des familles de palétuviers dans les zones d'études.....	46
<b>Figure 10.</b> Répartition des nombres des individus par famille dans les sites étudiés.....	47
<b>Figure 11.</b> Dendrogramme de similarité des espèces de palétuviers dans les six sites d'échantillonnage dans la zone de Boanamary et de Soalala. ....	50
<b>Figure 12.</b> Répartition des espèces de palétuviers par classe de DBH et site d'étude. ....	54
<b>Figure 13.</b> Taux de régénération naturelle des palétuviers par site d'étude. ....	55
<b>Figure 14.</b> Evolution de la mangrove de Bombetoka entre 1996 et 2017. ....	58
<b>Figure 15.</b> Evolution de la mangrove de Bombetoka entre 2017 et 2021. ....	58
<b>Figure 16.</b> Evolution de la mangrove de Soalala entre 1996 et 2017. ....	59
<b>Figure 17.</b> Evolution de la mangrove de Soalala entre 2017 et 2021. ....	60
<b>Figure 18.</b> Perte et gain de mangrove de Bombetoka entre 2017 et 2021. ....	61
<b>Figure 19.</b> Evolution du recouvrement de la mangrove de Bombetoka de 2017 à 2021.....	62
<b>Figure 20.</b> Perte et gain de mangrove à Soalala entre 2017 et 2021. ....	63
<b>Figure 21.</b> Evolution du recouvrement de mangrove de Soalala de 2017 à 2021.....	64
<b>Figure 22.</b> Représentation de la dynamique du système population-mangrove. ....	65
<b>Figure 23.</b> Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 25 ans à Boanamary. ..	66
<b>Figure 24.</b> Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 50 ans à Boanamary. ..	66
<b>Figure 25.</b> Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 75 ans à Boanamary. ..	67
<b>Figure 26.</b> Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 25 ans à Soalala.....	68
<b>Figure 27.</b> Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 50 ans à Soalala.....	68
<b>Figure 28.</b> Taille des ménages par site d'échantillonnage.....	71
<b>Figure 29.</b> Classe de revenu mensuel des enquêtés selon les sites étudiés.....	73
<b>Figure 30.</b> Part de revenu moyen attribuée à la mangrove suivant les sites d'échantillonnage .....	75
<b>Figure 31.</b> Illustration graphique de répartition des revenus au sein de la population dans les deux zones étudiées par la Courbe de Lorenz. ....	76

<b>Figure 32.</b> Fréquence de fréquentation des points de collectes de ressources à Boanamary (A) et Soalala (B).....	78
<b>Figure 33.</b> Types et fréquence de collecte des ressources selon les points de collectes à Boanamary.....	79
<b>Figure 34.</b> Types et fréquence de collecte des ressources selon les points de collectes à Soalala. ....	79
<b>Figure 35.</b> Abondance des bois exploitables à Soalala.....	83
<b>Figure 36.</b> Abondance des bois exploitables à Boanamary.....	84
<b>Figure 37.</b> Pourcentage de biomasse aérienne et souterraine à Boanamary .....	91
<b>Figure 38.</b> Pourcentage de biomasse aérienne et souterraine à Soalala .....	92
<b>Figure 39.</b> Contribution de chaque fonction dans la valeur économique totale de la mangrove de Boanamary et Soalala. ....	94

## LISTE DES TABLEAUX

<b>Tableau 1.</b> Population et superficie par fokontany dans la commune de Boanamaray.....	10
<b>Tableau 2.</b> Systématique des palétuviers ;.....	11
<b>Tableau 3.</b> Superficie de mangrove à Madagascar .....	14
<b>Tableau 4.</b> Coordonnées et localisation des sites d'échantillonnage.....	20
<b>Tableau 5.</b> Techniques de valorisation économique.....	36
<b>Tableau 6.</b> Dimensions standards de bois commercialisables sur le marché selon leur diamètre. ....	37
<b>Tableau 7.</b> Equation allométrique .....	40
<b>Tableau 8.</b> Liste des espèces de palétuviers inventoriées à Boanamaray et à Soalala.....	44
<b>Tableau 9.</b> Effectif et abondance relative des espèces au niveau des sites .....	48
<b>Tableau 10.</b> Indice de Shannon-Weaver (H') et Equilibre de Pielou (E) des espèces de palétuvier dans les trois sites d'échantillonnages de Boanamaray. ....	49
<b>Tableau 11.</b> Tableau des indices de similarité entre les six sites d'échantillonnages. ....	50
<b>Tableau 12.</b> Surface terrière et biovolume dans les zones de Boanamaray et Soalala. ....	51
<b>Tableau 13.</b> Résumé statistique des diamètres de palétuviers dans les zones d'études.....	52
<b>Tableau 14.</b> Résumé statistique de la hauteur des palétuviers dans les sites d'études.....	53
<b>Tableau 15.</b> Evaluation des menaces et pressions aux espèces de palétuviers de Boanamaray. ....	56
<b>Tableau 16.</b> Evaluation des menaces et pressions aux espèces de palétuviers de Soalala.....	57
<b>Tableau 17.</b> Répartition et catégorie socioprofessionnelle des enquêtés par zone d'étude. ....	69
<b>Tableau 18.</b> Classification des services écosystémiques par zone d'étude.....	72
<b>Tableau 19.</b> Activité génératrice de revenu secondaire et liaison à la mangrove.....	74
<b>Tableau 20.</b> Préférence locale des espèces à Boanamaray .....	77
<b>Tableau 21.</b> Préférence locale des espèces à Soalala.....	77
<b>Tableau 22.</b> Indice d'utilisation des espèces de palétuviers. ....	80
<b>Tableau 23.</b> Fréquence d'utilisation des palétuviers selon les sites.....	81
<b>Tableau 24.</b> Palétuviers commerciales à Boanamaray et Soalala.....	82
<b>Tableau 25.</b> Résumé de la valeur économique des bois de palétuvier à Boanamaray et Soalala .....	85
<b>Tableau 26.</b> Composition des prises et prix moyens .....	86
<b>Tableau 27.</b> Coût d'exploitation lié à la pêche artisanale dans les deux zones d'études (en Ariary). ....	87
<b>Tableau 28.</b> Valeur économique de la pêche traditionnelle .....	88
<b>Tableau 29.</b> Récapitulation de la valeur monétaire de la protection des côtes par la mangrove. ....	88

<b>Tableau 30.</b> Valeur de l'exploitation sauvage au niveau de la population locale de Boanamary .....	89
<b>Tableau 31.</b> Biomasse totale de la surface d'étude à Boanamary .....	90
<b>Tableau 32.</b> Biomasse totale de la surface d'étude à Soalala .....	91
<b>Tableau 33.</b> Valeur économique de la séquestration de carbone à Boanamary et Soalala. .	93
<b>Tableau 34.</b> Valeur économique de l'apiculture liée à la mangrove.....	93
<b>Tableau 35.</b> Valeur économique totale de la mangrove de Boanamary et Soalala par classe d'usage (ha/an). .....	95

## **LISTE DES ANNEXES**

<b>Annexe I-</b> Extrait de code Python pour la télédétection de l'évolution de la mangrove.....	I
<b>Annexe II-</b> Extrait de la fiche d'enquête socioéconomique.....	III
<b>Annexe III-</b> Tableaux de contingence pour la réalisation des tests Khi-deux.....	IV
<b>Annexe IV-</b> Evolution de la mangrove de Boanamary entre 1996 et 2017.....	VI
<b>Annexe V-</b> Evolution annuelle de la mangrove de Boanamary entre 2017 et 2021.....	VII
<b>Annexe VI-</b> Evolution de la mangrove de Soalala entre 1996 et 2017.....	VIII
<b>Annexe VII-</b> Evolution annuelle de la mangrove de Boanamary entre 2017 et 2021.....	IX
<b>Annexe VIII-</b> Photos des pressions et menaces.....	X
<b>Annexe IX-</b> Faune des mangroves.....	XIV
<b>Annexe X-</b> Post test de Tukey de comparaison multiple des DBH par site pour chaque espèce.....	XV
<b>Annexe XI-</b> Post test de Tukey de comparaison multiple des hauteurs par site pour chaque espèce.....	XVI
<b>Annexe XII-</b> Photos des biens issus de la mangrove.....	XVII
<b>Annexe XIII-</b> Arrêté interministériel n° 32100-2014 du 24 octobre 2014 portant interdiction d'exploitation de bois de mangroves au niveau du territoire national.....	XX
<b>Annexe XIV -</b> Description de Boanamary.....	XXII
<b>Annexe XV-</b> Description de Soalala.....	XXV
<b>Annexe XVI-</b> Descriptif des palétuviers inventoriés dans les zones d'études.....	XXVIII
<b>Annexe XVII -</b> Liste des articles et communications.....	XXXII

## **LISTE DES ABRÉVIATIONS ET ACRONYMES**

<b>Abréviations</b>	<b>Signification</b>
<b>AGB</b>	Above Ground Biomass
<b>AGR</b>	Activité Génératrice de Revenu
<b>ALOS</b>	Advanced Land Observing Satellite
<b>ANOVA</b>	Analysis Of Variance
<b>BAU</b>	Business As Usual
<b>BGB</b>	Below Ground Biomass
<b>COS</b>	Construction d'Œuvre et de Service
<b>DBH</b>	Diameter Breast Height
<b>DUV</b>	Direct Use Value
<b>FAO</b>	Food and Agriculture Organization
<b>GMW</b>	Global Mangrove Watch
<b>GPS</b>	Garmin Position System
<b>IUCN</b>	International Union for Conservation of Nature
<b>MEA</b>	Millenium Ecosystem Assessment
<b>MGA</b>	Malagasy Ariary
<b>NAP</b>	Nouvelle Aire Protégée
<b>NUV</b>	Non Use Value
<b>PALSAR</b>	Phased Array L-band Synthetic Aperture Radar
<b>PIB</b>	Produit Intérieur Brut
<b>PNUE</b>	Programme des Nations Unies pour l'Environnement
<b>PU</b>	Prix Unitaire
<b>RGPH</b>	Recensement Général de la Population et de l'Habitation
<b>SAC</b>	Schéma d'Aménagement des Communes
<b>TEV</b>	Total Economic Value
<b>USD</b>	United States Dollar
<b>UV</b>	Use Value
<b>ZICOMA</b>	Zone d'Importance pour la Conservation des Oiseaux de Madagascar

## GLOSSAIRE

**Biocénose** : Ensemble des êtres vivants qui peuplent un écosystème donné. Elle se compose de trois groupes écologiques fondamentaux d'organismes : les producteurs (végétaux), les consommateurs (animaux), et les décomposeurs (bactéries, champignons, etc.).

**Dynamique de système** : La dynamique des systèmes est une approche assistée par ordinateur pour la conception de stratégies et de politiques. L'approche fournit des méthodes et des outils pour modéliser et analyser les systèmes dynamiques. Les résultats des modèles peuvent être utilisés pour communiquer des conclusions essentielles afin d'aider chacun à comprendre le comportement du système. Elle utilise la modélisation de simulation basée sur la théorie des systèmes de rétroaction qui complète les approches de la pensée systémique. Elle s'applique aux problèmes dynamiques qui se posent dans les systèmes sociaux, managériaux, économiques ou écologiques complexes (System Dynamics Society, 2023).

**Économie écologique** : L'économie écologique est un domaine transdisciplinaire. Il ne s'agit pas d'une sous-discipline de l'économie ou d'une sous-discipline de l'écologie, mais plutôt d'un pont entre l'écologie et l'économie, mais aussi la psychologie, l'anthropologie, l'archéologie et l'histoire (Robert Costanza, 2010).

**Ecopreneuriat** : L'éco-entrepreneuriat, ou l'écopreneuriat est un comportement adopté par les personnes souhaitant créer une entreprise « verte ».

**Externalité** : L'externalité caractérise le fait qu'un agent économique crée, par son activité, un effet externe en procurant à autrui, sans contrepartie monétaire, une utilité ou un avantage de façon gratuite, ou au contraire une nuisance, un dommage sans compensation (coût social, coût écosystémique, pertes de ressources pas, peu, difficilement, lentement ou couteusement renouvelables...).

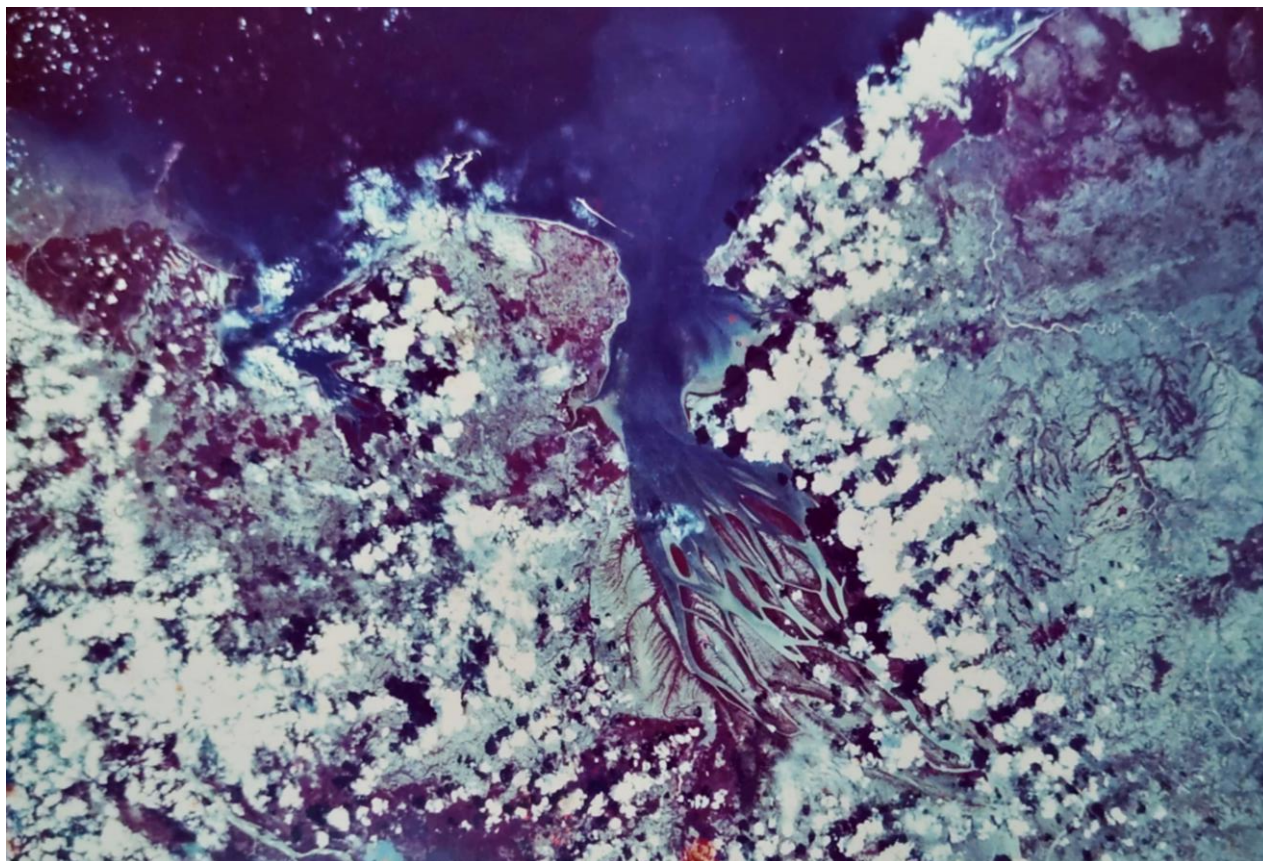
**Mangrove** : Les écosystèmes de mangrove sont des communautés tropicales ou subtropicales composées principalement d'espèces d'arbres que l'on trouve dans les zones côtières basses, vaseuses et généralement intertidales. Les communautés de mangroves sont d'une grande importance écologique en raison du rôle qu'elles jouent en tant que bâtisseurs d'habitats et de stabilisation du littoral. Elles poussent généralement sur des sols côtiers salins, qui se développent grâce à la combinaison de deux processus : le dépôt de sédiments minéraux et l'accumulation de matière organique (Metras, 2011).

**Taxe pigouvienne** : Une taxe pigouvienne est une taxe payée par le pollueur par unité de pollution produite, égale au coût du dommage environnemental provoqué. Ce type de taxe a donc pour objectif d'inclure dans le coût de production d'un bien ou d'un service le coût

environnemental induit par la dégradation du milieu (pollutions, perte de productivité des sols, etc.).

**Théorie malthusienne :** C'est une théorie élaborée par l'économiste anglais Thomas Robert Malthus (1766-1834) affirmant que la population progresse plus vite que les subsistances » ce qui engendre un « déséquilibre croissant ». Il part d'un constat pour lui évident qui est que les surfaces cultivables s'additionnent alors que les bouches à nourrir se multiplient.

**Valeur économique totale :** Le cadre de la valeur économique totale est le cadre le plus couramment utilisé pour l'évaluation environnementale. Il est anthropocentrique, car il est basé sur la façon dont la société évalue les biens et les services et fournit une conceptualisation simple des différents types de valeurs économiques. Il sert de base à la catégorisation des différentes méthodes d'évaluation et peut aider à mesurer les services écosystémiques qui n'ont pas de prix de marché, mais qui jouent néanmoins un rôle indirect sur le marché.



**Novembre 1989** - Baie de Bombetoka. Photo prise depuis la navette spatiale Discovery par l'astronaute américain, le Colonel Gregory (dont l'un des aïeux, Mohamed Ali, était malgache, embarqué comme esclave à Mahajanga en 1811). Source : archive personnelle du Professeur Rabesa Zafera Antoine



**Juin 2021** - Baie de Bombetoka. Photo prise depuis la Station Spatiale Internationale par l'astronaute français Thomas Pesquet. Source : archive personnelle du Professeur Rabesa Zafera Antoine

## I. Introduction

Les mangroves font partie des composants les plus importants des zones côtières (Sina *et al.*, 2017). La valorisation économique des services écosystémiques issus des mangroves sert de guide aux gestionnaires dans les décisions qu'ils doivent faire (Börger *et al.* 2014). Les études antérieures relatives à la monétarisation de l'écosystème à mangrove ont fait l'objet d'une répartition géographique et spatiale asymétrique. En Afrique, seulement 7% de la surface totale des mangroves ont fait l'objet d'une monétarisation des services écosystémiques (Vegh *et al.*, 2014).

Ces valeurs de l'écosystème à mangrove s'arrêtent souvent sur le stade de l'extraction des biens et services au profit des activités humaines. Elles sont traductibles en valeur monétaire et aisément compréhensible. Par conséquent, les dégradations massives et la conversion des zones humides sont de plus en plus fréquentes (Barbier *et al.*, 1997). En effet, lorsque les réels bénéfiques issus du service écosystémique sont incompris par l'Homme par manque d'information, les incitations sont moins précises et la dégradation se perpétue (Louhaichi *et al.*, 2016; Martínez-Alier & Muradian, 2015; Repetto, 1987).

La place occupée par les ressources naturelles est importante dans la production des biens économiques (produits finis) qui en découlent. En fait, tous les types de ressources naturelles, même ceux qui ne contribuent pas directement comme matière première, doivent être considérés comme facteur de production, en termes de capital. C'est le cas, par exemple, de la composante non vivante, inerte d'un écosystème (le biotope) sur laquelle se développe la composante vivante (la biocénose), cette dernière faisant l'objet d'exploitation humaine. Au même titre que les ressources financières des firmes, les ressources naturelles constituent la base de toute une chaîne de production et demeurent l'élément primordial assurant le démarrage de toute exploitation. En ce sens, cette exploitation devrait se faire avec de grande précaution et précision pour assurer la durabilité. Ce qui n'est pas toujours le cas.

Avec la croissance démographique, les besoins s'accroissent exponentiellement, entraînant une exploitation effrénée des ressources, laquelle sera à l'origine de leur inexorable destruction. Comment préserver de telles ressources naturelles tout en garantissant la durabilité de leurs exploitations par les communautés humaines ? Comment disposer d'outils d'indices économétriques permettant de présumer du devenir d'un écosystème dont notamment la composante vivante, support des activités anthropiques ? Bien plus, contrairement aux capitaux classiques des firmes, les ressources naturelles écosystémiques ne présentent pas toujours aux yeux de la communauté humaine une valeur comptabilisable dans la mesure où elles sont considérées comme « don du ciel », donc disponible en permanence et accessible à tous (Bann, 1998). Cette perception innée, « simpliste », voire superficielle des ressources naturelles, confère une acception malsaine de gratuité de ce

« capital » naturel puisque sa mise en place plurimillénaire n'a pas nécessité une quelconque intervention humaine.

Nous nous sommes alors demandé dans quelle mesure serait-il envisageable d'appréhender un écosystème naturel en l'occurrence l'écosystème à mangrove, à travers ce qu'il peut recéler comme valeur économique objective ? Valeur objective utile pour la pérennité de l'exploitation qui en est faite par la communauté humaine et valeur objective nécessaire pour la sauvegarde de la biodiversité qui le compose. Un tel regard sur les ressources naturelles nous semble être un outil de premier plan indispensable pour les autorités chargés de la gestion des écosystèmes naturels, d'une part, pour bien connaître un écosystème donné et, d'autre part, pour mieux comprendre les communautés humaines qui en dépendent, et enfin, pour concevoir et ajuster sereinement les mesures justes pour préserver la biodiversité.

De toutes ces considérations a germé en nous l'idée de nous initier à la recherche scientifique combinant les principes de l'économie appliquée à l'écologie, mettant en relation les domaines de la science sociale et économique avec celui de la science écologique. Autrement dit : analyser le lien entre l'Homme et l'écosystème pour trouver un point d'équilibre ralliant les intérêts de chaque partie. D'où le titre de ce travail qui s'intitule : « Analyse économique de l'écosystème à mangrove : cas de Boanamary et de Soalala ». Pourquoi l'écosystème à mangrove et pourquoi les sites de Boanamary et de Soalala ? En effet, le choix s'oriente à la mangrove par la place prépondérante qu'elle occupe dans l'économie locale et sa contribution au quotidien des habitants de la côte ouest malagasy. Une étude de WWF et Save Our Mangrove Now ! (WWF *et al.*, 2022) a permis de savoir que la surface occupée par la mangrove s'étend à 277 567 ha avec une perte de 21% entre les années 1990 et 2010 (Jones *et al.*, 2016).

La mangrove est un écosystème riche et productif. Elle est localisée dans les zones tropicales et subtropicales du globe, notamment entre le 30° Nord et le 30° Sud. Composée principalement des forêts de palétuviers, la mangrove abrite une faune et une flore travaillant en symbiose avec une interaction continue, d'où l'appellation d'écosystème. Elle couvre des centaines de milliers de kilomètres carrés à travers les continents africains, asiatiques, américains et océaniques (Vieillefon) Elle borde 8% des côtes mondiales et couvre une superficie d'environ 181 000 km<sup>2</sup> (Spalding, 2010).

La mangrove de Madagascar possède une origine phytogéographique indopacifique et représente 2% de la mangrove mondiale (Arias-Ortiz *et al.*, 2021). De ce fait, les palétuviers recensés sont moins diversifiés comparés à d'autres régions géographiques. Les inventaires ont seulement démontré sept à neuf espèces en tout dans toute l'île (Giri & Muhlhausen, 2008; Clausen *et al.*, 2010). Elles sont présentes en majeure partie sur la côte ouest de Madagascar aux taux de 98% contre seulement 2% sur la côte est. Les mangroves possèdent des fonctions bien spécifiques matérialisées par les nombreux services écosystémiques. Notons que

l'écosystème à mangrove de Madagascar a subi diverses pressions à travers des décennies, notamment d'origine humaine. La population des zones côtières s'appuie sur la disponibilité de cet écosystème pour y puiser leurs matières premières (Noel *et al.*, 2017). Ces dernières servent en même temps de subsistance et de produit de commercialisation.

Partout, sur la côte ouest de Madagascar, des cas de dégradation ont été détectés (Dave, 2006; Andriamalala, 2007; Virginie & Faustin, 2014; Witt, 2016; Scales *et al.*, 2018). Le décroissement de la surface occupée par les palétuviers dans les zones humides en témoigne longuement sur l'histoire des exploitations de la mangrove par l'Homme d'une surexploitation et de dégradation intense de telle sorte qu'elles tarissent (Virginie & Faustin, 2014). Le décroissement de la surface occupée par les palétuviers dans les zones humides en témoigne longuement sur l'histoire des exploitations de la mangrove par l'Homme. Il faut admettre que nul ne peut réfuter l'utilité des ressources issues de la mangrove dans le quotidien des habitants littoraux, et encore plus des états insulaires comme Madagascar. Par contre, ce rythme de dégradation pourrait ne pas être similaire d'une région à une autre.

D'ailleurs, le poids de la variable démographique ne fait que confirmer la théorie Malthusienne sur le rapport entre l'Homme et la disponibilité des ressources naturelles. En effet, Thomas Malthus, dans son ouvrage *An essay on the Principle of Population* (Malthus, 1986), observe qu'un accroissement de la productivité d'une nation induit au bien-être de sa population, mais à un effet relativement court terme, car cela aura pour conséquence une explosion démographique. Par conséquent, une forte concentration démographique conduit à la raréfaction des ressources et donc la nation est exposée à des catastrophes comme la famine. Les économistes ont nommé cette situation « Catastrophe Malthusienne ».

Aussi, s'avère-t-il que les deux cas de mangrove retenus pour ce travail représentent deux exemples d'intensité d'exploitation dans l'Ouest malagasy :

- Le cas de Boanamary, située à 30 km de Mahajanga, illustre la menace imminente d'une destruction totale de la végétation, faisant apparaître des surfaces dénudées à cause de modifications majeures de l'écosystème.
- Le cas de Soalala (160km de Mahajanga) révèle un modèle de mangrove hypothétiquement plus ou moins sain, en dépit d'une exploitation effective en croissance régulière pour les besoins urbains essentiellement de la ville de Mahajanga.

Et qu'en est-il de la littérature sur l'économie écologique des écosystèmes en général et de l'écosystème à mangrove en particulier ? Entreprendre une valorisation de l'écosystème équivaut à traduire ce dernier en sa valeur monétaire (UNEP, 2014). Bien qu'il existe différentes manières de valoriser les services écosystémiques, la valorisation monétaire occupe une place importante par le fait qu'elle permet de dégager des indicateurs primordiaux à la prise de décision. Avec les différents types de fonctions que procure l'écosystème, comme le service d'approvisionnement et le service de régulation (Barbier *et al.*, 1997; United Nations

Environment Programme, 2014), la valorisation économique concerne à la fois les éléments (biens) disponibles sur le marché et les éléments (services) n'ayant pas de valeur sur le marché.

Le besoin d'inclure constamment l'Homme au centre des programmes de conservation, de gestion et toute autre activité visant à protéger la nature est devenu évident. Dès lors, cette évidence a fait naître d'autre discipline plus hybride issue des autres disciplines fondamentales que sont l'écologie et l'économie. C'est la discipline de l'économie écologique<sup>1</sup>. Cette étude transdisciplinaire est par extension un approfondissement de la relation existante entre l'écologie et l'Homme à travers ses activités économiques, d'où la trilogie écologie-social-économie. De nombreux sujets se sont formés autour de cette discipline récente comme le problème de la recherche de l'optimum.

Quand bien même, la valeur monétaire est perçue comme propre aux biens disponibles sur le marché, ces derniers ne représentent qu'une moindre partie des services rendus par l'écosystème. Les services de régulation et de support sont les cœurs de l'écosystème. Afin d'assigner une valeur monétaire aux écosystèmes naturels, le moyen commun à toutes les littératures est l'adoption de la valeur économique. Elle permet de dégager les valeurs d'usage par fonction des éléments de l'écosystème. Le cadre méthodologique le plus répandu est le *TEV* ou Valeur Economique Totale.

Dès lors, de nombreuses littératures s'orientent vers la dimension économique des éléments écologiques et se sont concentrées vers l'étude de la valorisation économique des mangroves asiatiques (Hema & Devi, 2015; T. Q. Vo *et al.*, 2015; Rizal *et al.*, 2018). Une grande partie des valorisations sont concentrées dans le secteur de la pêche (Salem & Mercer, 2012; Vegh *et al.*, 2014). Il existe de nombreuses littératures proposant la classification des services écosystémiques. Néanmoins, les plus connues sont celles proposées par Millenium Ecosystem Assessment (2005) et celle du TEV (Nicolas & Molu, 2013). La valeur économique totale ou TEV rend la catégorisation des éléments de l'écosystème aisément compréhensible par le fait de catégoriser les éléments par valeurs d'usage.

Les études à travers les pays bordés par les mangroves n'ont cessé de continuer depuis le 20<sup>ème</sup> siècle (Andriamalala, 2007). Au fur et à mesure que ces recherches s'intensifient, les fonctions, les attributions et les valeurs de celles-ci sont devenues plus évidentes (Macintosh & Ashton, 2002). L'octroi d'une dimension monétaire et économique aux écosystèmes est devenu des sujets de recherches importants à l'heure actuelle. Cette valorisation monétaire de l'environnement possède ses origines, ses principes et ses méthodes à laquelle différents chercheurs continuent à apporter de contributions.

---

<sup>1</sup> *Ecological economics* dans le terme anglo-saxon. Voir Glossaire

L'écosystème à mangrove fait partie de ces éléments de la nature à posséder de valeurs monétaires prépondérantes.

De date, les recherches sur la valorisation économique de l'écosystème à mangrove à Madagascar les plus prépondérantes ont été menées dans la baie d'Ambaro (Witt, 2016) et celle dans la baie des Assassins au Sud-Ouest (Scales *et al.*, 2018; Scales & Friess, 2019). Bien que des résultats de valorisation commencent à être publiés (WWF *et al.*, 2022), la littérature concernant la valeur économique des services écosystémiques de la mangrove n'est pas encore nombreuse en Afrique, et surtout à Madagascar, soit seulement 7% de l'ensemble des recherches mondiales sur ce domaine (Vegh *et al.*, 2014).

De ce fait, la présente étude a pour finalité de pallier le manque de moyen de mesure des services écosystémiques ne possédant pas de valeur vénale (protection des côtes, séquestration des carbones...). La principale prémisse étant que l'absence d'une valeur monétaire entraîne la dégradation d'un écosystème donné. Cette prémisse étant largement acceptée par de nombreux grands chercheurs de cette discipline telle que Barbier (1997), De Groot (2002) ou R. Costanza (1996). Ce dernier insiste davantage sur le besoin de (re)intégrer l'Homme dans tout projet ayant pour finalité une durabilité des ressources naturelles. Ce travail s'aligne aux multiples Objectifs de Développement Durable, notamment les actions climatiques (ODD13), la préservation de la faune et flore aquatiques (ODD14) et terrestres (ODD15), sans oublier la consommation responsable (ODD12)..

En tant que jeune discipline, l'économie écologique s'impose comme une science carrefour mettant en relation la science sociale et la science « dure ». La finalité de cette discipline complète, et en même temps complexe, est de tracer le lien mettant en rapport l'Homme et les ressources naturelles autour de lui pour, finalement, élaborer des projets de gestion/conservation efficace (Costanza, 1996; Martínez-Alier & Muradian, 2015). De ce fait, l'écosystème à mangrove n'échappe pas à cette étude, car celui-ci a servi de source de matières premières pour la population des zones côtières depuis longtemps. A l'heure actuelle où le développement durable rime avec les prises de décisions et les lois y afférentes, de nombreuses littératures s'orientent vers la dimension économique des éléments écologiques. Tibor Vegh *et al.* (2014) ont identifié cette orientation vers la valorisation économique dans tous les continents du monde où les mangroves existent.

En effet, la division par valeur d'usage permet de placer le « social » et le bien-être humain dans le contexte avec les valeurs écologiques. De son côté, la classification avancée par MEA, ne mettant pas directement la valeur économique en exergue, mais favorise pour autant le dégagement de la valeur économique (Masiero *et al.*, 2019). Cette seconde

classification met en valeur les différents services écosystémiques en indiquant leur fonction. Elle est complémentaire à la classification du TEV car, si la première permet d'identifier en avance les différentes fonctions existantes des services écosystémiques, la seconde offre la possibilité de dégager la valeur économique de ces services écosystémiques. De ce fait, selon MEA, quatre grandes catégories de services peuvent être observées de l'écosystème.

L'octroi d'une dimension économique à un élément renforce les engagements sociaux et environnementaux. En ce sens, trois grandes analyses peuvent être menées (UNEP, 2014) pour mettre en exergue cette importance économique. D'abord, des analyses de types catégoriques contribuent à la collecte de données qualitatives. Elles permettent d'allouer une catégorie économique à un site. Ensuite, les données quantitatives, pour caractériser et quantifier les milieux. Enfin, les données monétaires pour octroyer une valeur monétaire à l'écosystème. L'écosystème à mangrove de Madagascar a subi diverses pressions à travers des décennies, notamment d'origine humaine.

Bien que la tendance générale de la mangrove en matière d'abondance soit positive (Global Mangrove Watch, 2016), une exploitation échappant à la régulation menace encore cet écosystème, laissant ainsi des surfaces dénudées ayant subi des modifications majeures à travers le temps (Giri & Muhlhausen, 2008). C'est le cas de Boanamary. Les demandes en matières premières s'accroissent régulièrement dans les grandes villes, dès lors l'exploitation des zones à haute potentialité de mangrove (Virginie & Faustin, 2014), jusqu'ici plus ou moins bien conservée, serait à craindre. C'est le cas de Soalala.

La mise en place d'un système effectif, cherchant le juste équilibre entre les intérêts socioéconomiques et les intérêts écologiques, est la finalité de cette recherche, et par extension, de toutes les recherches dans le domaine de l'économie écologique. Les produits de telles recherches appuient les dirigeants, les responsables dans la mise en place des lois, des décisions visant la gouvernance des ressources naturelles de la mangrove pour leur gestion optimale.

La problématique centrale de cette recherche est donc de savoir quel niveau de prépondérance occupe l'écosystème à mangrove dans le bien-être humain à Madagascar, en étudiant les cas de Boanamary et de Soalala. Autrement dit, la présente étude cherche à mieux cerner, voire quantifier, les relations complexes qui lie la communauté à l'écosystème à mangrove et ses services, à mieux cerner les limites au-delà de laquelle la notion de durabilité ne serait plus applicable et que d'autres alternatives devraient être mises en œuvre. La finalité de la recherche tend à offrir un appui à la décision aux responsables pour la gestion durable de l'écosystème à mangrove en maintenant un équilibre entre les intérêts écologique-économique-social.

L'objectif général de cette recherche consiste à analyser l'éventuelle dépendance entre les services écosystémiques de la mangrove pour dégager la durabilité et la viabilité de

l'écosystème à mangrove en s'appuyant sur sa valeur économique en tant qu'approche de gestion et de conservation. La recherche se focalise sur l'aspect du bien-être humain et sa relation avec l'environnement. De ce fait, les trois importants aspects de cette recherche concernent l'économie, le social et surtout l'environnement. En ce sens, afin de satisfaire cet objectif général, trois objectifs spécifiques sont mis en place :

- Objectif spécifique 1 : Identifier et analyser les services écosystémiques issus de la mangrove et les caractéristiques de celle-ci dans les deux communautés de Boanamary et Soalala par leur aspect socioculturel, économique et écologique. À travers ce sous-objectif, l'écosystème à mangrove est caractérisé à travers les services qu'il offre. Puis, une analyse de la dépendance de la communauté d'étude à l'écosystème est faite pour finir à la valorisation et l'analyse économique de cet écosystème.
- Objectif spécifique 2 : Analyser et modéliser la relation entre les aspects environnementaux – économique – sociaux afin d'en déduire la viabilité et la durabilité des écosystèmes à mangroves exposés aux activités anthropiques. Une étude a été auparavant menée par Razakanirina (2016) avançant une hypothèse relative à la dépendance de la population locale et la mangrove à proximité. De nombreuse littérature soutient cette idée en insistant du côté de la production obtenue à partir des services écosystémiques issus de la mangrove (Nicolas & Molu, 2013; Masike, 2014). La modélisation de la viabilité et de la durabilité se fera à partir des paramètres écologiques, économiques et sociaux du contexte étudié en se basant sur les théories (Braat & Van Lierop, 1987; Hritonenko & Yatsenko, 2013).
- Objectif spécifique 3 : Identifier le mode de gestion optimum considérant le bien-être humain et les services écosystémiques. Dans le but d'accroître et promouvoir l'usage durable et viable et d'éviter les conversions et les coupes massives des mangroves, de nombreuses recherches ont été précédemment proposées. Aussi, le meilleur moyen d'assurer cette viabilité et cette durabilité c'est de parvenir à équilibrer la gestion et la conservation. Selon Bann (Bann, 1998), il existe une matrice qui permet de vérifier le degré de dégradation contre le type d'activité menée sur une zone. La proposition de projet d'envergure comme les crédits carbone sont également des options envisageables profitables à la communauté entière (Witt, 2016).

Quatre grandes hypothèses gouvernent l'ensemble de la présente étude, à savoir :

- Les sources de revenus de la communauté locale s'appuient à la présence de la mangrove ;

- Une relation existe entre les activités anthropiques, la productivité de l'écosystème à mangrove et la potentialité économique de celui-ci ;
- Les valeurs d'usage indirectes de la mangrove possèdent une valeur économique prépondérante par rapport aux valeurs d'usage directes ;
- La croissance des besoins socioéconomiques influence la durabilité de l'écosystème à mangrove ;

Ainsi, ce travail traite plusieurs disciplines ayant des interrelations. Chacune des disciplines contribue à la détermination de la durabilité de l'écosystème à mangrove et sa santé. En d'autres termes, des paramètres importants seront déduits de ces disciplines. Ainsi pour déduire cette durabilité, les paramètres sont traités un à un en tant que composant avant que l'ensemble soit intégré dans un modèle mathématique adapté au résultat attendu.

La logique d'intervention se base tout d'abord sur la potentialité des services écosystémiques, ensuite sur la place que ces services occupent dans la société et leurs contributions au bien-être humain. La mise en disponibilité des biens de la nature sur le marché par les agents économiques et le fait de bénéficier des bienfaits de l'écosystème font appel à la détermination de la valeur économique. Cette logique suit celle de plusieurs auteurs pionniers dans la grande discipline de l'économie écologique (Passet, 1979; Martínez-Alier & Muradian, 2015). En ce sens, dans un premier temps la méthodologie adoptée au cours de l'étude sera relatée. Elle est suivie de la présentation des résultats concernant l'état de référence écologique et de conservation. Les résultats sur l'étude socioéconomique, la valorisation monétaire ainsi que le modèle de dynamique de système seront ensuite évoquées puis discutées.

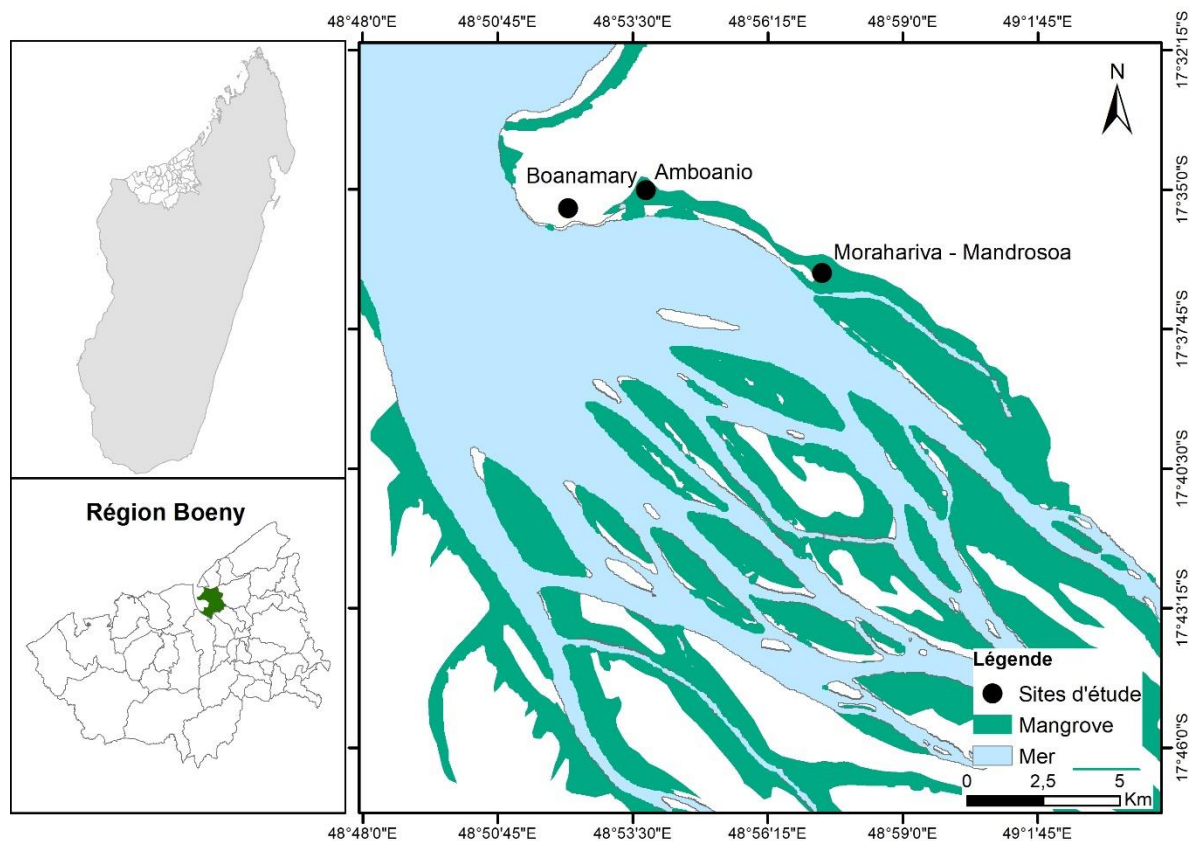
## II. Méthodologie

### II.1. Sites d'études

Les zones d'études ont été choisies selon plusieurs critères combinés. D'abord, les zones d'étude doivent être à la proximité des mangroves. Ensuite, en tant qu'étude de la relation entre l'écologie, l'économie et le bien-être humain, les mangroves de la zone d'étude doivent répondre aux utilités de la population locale. En d'autres termes, les mangroves étudiées sont sujettes à des activités d'exploitation d'origine anthropique. Ainsi, les communes de Boanamaray et de Soalala ont été retenues.

#### II.1.1. Boanamaray

Boanamaray est une commune rurale de la région Boeny<sup>2</sup> bordée par des mangroves. Cette commune est composée de sept fokontany. Le chef-lieu de la commune est le fokontany de Boanamaray. La commune de Boanamaray est bordée au nord par la forêt de Marohogo, à l'ouest par la commune de Marovoay banlieue et de Manaratsandry du district de Marovoay, à l'est et au sud par les villages de la commune rurale de Bemarivo (district de Marovoay). Elle



<sup>2</sup> Description détaillée à l'annexe XIV

est située à 36 km de la ville de Mahajanga et sa superficie s'élève à 326 km<sup>2</sup> comme l'indique la figure 1 suivante.

**Figure 1.** Localisation des sites d'étude Boanamaray (source : Auteure, 2024)

La répartition de la population dans la commune de Boanamaray est représentée dans le tableau (Tableau 1) ci-après.

**Tableau 1.** Population et superficie par fokontany dans la commune de Boanamaray

<b>Fokontany</b>	<b>Population</b>	<b>Superficie</b>
Boanamaray	1427	10,7
Amboanio	942	10
Ambatomalama	719	67
Morahariva-Mandrosoa	760	174,3
Maromiandra	936	53,3
Tsararivotra	781	1,7
Ambalatany	735	8,1
<b>Total</b>	<b>6300</b>	<b>325,1</b>

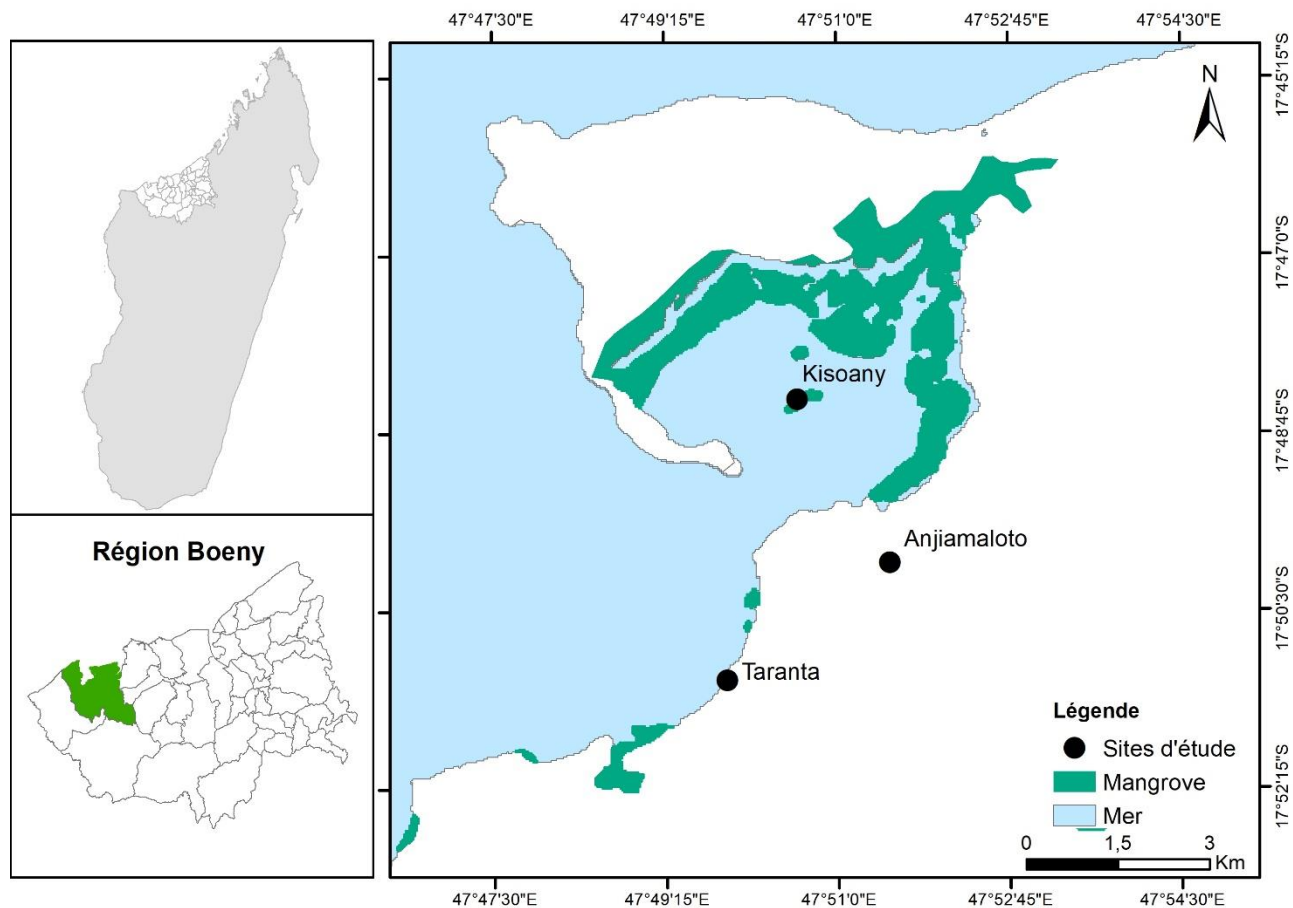
(Source : Région Boeny, 2015a)

Le recensement de 2015 a permis de compter un total de 6300 individus répartis sur 325,1 ha. La plus large population est observée à Boanamaray tandis que la plus faible est à Ambatomalama.

### **II.1.2. Soalala**

La commune de Soalala, dans le district de Soalala<sup>3</sup> est située au sud de la région Boeny. Au nord, la limite est le Canal de Mozambique, à l'est, il y a le district de Mitsinjo, à l'ouest, il y a la commune d'Ambohipaky (du district de Soalala) et enfin au sud, il y a la commune d'Andranomavo, toujours dans le même district. Elle est située à 114,19 km de la ville de Mahajanga et possède une superficie de 1350,27 km<sup>2</sup>, subdivisée en 186 villages qui sont composés dans 13 Fokontany dont celui d'Anjiamaloto. Chaque village comporte 5 à 8 hameaux en moyenne selon l'étude des experts lors de l'élaboration du Schéma d'Aménagement Communal (Région Boeny, 2015b). Le Fokontany d'Anjiamaloto comprend plusieurs hameaux incluant Anjiamaloto, Kisoany et Taranta comme l'indique la figure ci-après (figure 2).

<sup>3</sup> Description détaillée à l'annexe XV



**Figure 2.** Localisation des sites d'études dans la zone de Soalala. (Source : Auteure, 2024)

## II.2 Matériels

### II.2.1. Matériels biologiques

L'étude se focalise sur le rapport entre l'écosystème à mangrove et l'Homme de part de ses activités. En premier lieu, la compréhension de l'essence de la mangrove, sa distribution, sa végétation et toutes les caractéristiques générales qui la concernent sont abordées avant d'approfondir davantage dans l'étude. En second lieu, il y a lieu de caractériser l'école de pensée dans laquelle cette étude s'est inscrite, celle de l'économie écologique.

Le tableau suivant (Tableau 2) informe sur les palétuviers fréquemment rencontrés selon R.Ricklefs & R.Latham (1993).

**Tableau 2.** Systématique des palétuviers ;

Sous-classe	Ordre	Famille	Genre
Arecidae	Arecales	ARECAEAE	<i>Nypa</i>
Hamamelidae	Plumbaginales	PLUMBAGINACEAE	<i>Aegialitis</i>
Dilleniidae	Malvales	BOMBACEAE	<i>Camptostemon</i>
		STERCULACEAE	<i>Heritiera</i>
		MYRSINACEAE	<i>Aegiceras</i>
Rosidae	Theales	THEACEAE	<i>Pelliciera</i>
	Euphorbiales	EUPHORBIACEAE	<i>Excoecaria</i>

Sous-classe	Ordre	Famille	Genre
	Myrtales	COMBRETACEAE	<i>Laguncularia</i>
		COMBRETACEAE	<b><u>Lumnitzera</u></b>
		LYTHRACEAE	<i>Pemphis</i>
		MYRTACEAE	<i>Osbornia</i>
		RHIZOPHORACEAE	<b><u>Bruguiera</u></b>
		RHIZOPHORACEAE	<b><u>Ceriops</u></b>
		RHIZOPHORACEAE	<i>Kandelia</i>
		RHIZOPHORACEAE	<b><u>Rhizophora</u></b>
	Sapindales	SONNERATIACEAE	<b><u>Sonneratia</u></b>
	Myrtales	MELIACEAE	<b><u>Xylocarpus</u></b>
	Lamiales	ACANTHACEAE	<b><u>Avicennia</u></b>
Asteridae	Rubiales	RUBIACEAE	<i>Scyphiphora</i>

*Les genres soulignés et gras représentent ceux présent à Madagascar.*

Source: Adapté de R.Ricklefs & R.Latham ,1993 ; Herisoa, 2016

### II.2.1.1. Généralités sur la mangrove

La mangrove est une communauté rassemblant principalement des palétuviers. Ces derniers sont des espèces d'arbres et d'arbustes poussant sur les zones côtières entre terre et mer et subissent les mouvements des marées constantes. Leur caractéristique halophyte leur confère une capacité de tolérance de la salinité maritime quelquefois aérobique et acide (Rizal *et al.*, 2018). En d'autres termes, ces végétations supportent des conditions exceptionnelles comme le manque d'oxygène, les températures élevées et les balancements de marées (Millar *et al.*, 2019).

En effet, dans la littérature anglo-saxonne, il n'est fait aucune distinction entre les palétuviers et la mangrove en tant qu'habitat, ces deux sont réunis sous l'appellation « mangrove » (Ricklefs & Latham, 1993). L'appellation « mangal » est également utilisée par certains scientifiques (Kathiresan & Bingham, 2001) pour désigner l'interaction entre les palétuviers et les organismes qui en dépendent (champignons, microbes, animaux et autres plantes) sans oublier les facteurs abiotiques. Ceux-ci forment donc une communauté, d'où la naissance de l'écosystème.

Le balancement de marées, les précipitations, la disponibilité d'eau douce et des nutriments, le taux d'érosion, la salinité ainsi que la qualité du sol sont autant de facteurs écologiques qui jouent des rôles sur la végétation de la mangrove. Ces plantes sont réputées par leur haute capacité d'adaptation autour des régions tropicales. Les terrains constamment inondés et en même temps avec une capacité de drainage excellente du sol constituent une zone propice pour la végétation luxuriante de mangrove. La couverture de mangrove évolue positivement avec l'amplitude des marées et la faible pente des zones intertidales (Winterwerp *et al.*, 2005).

Concernant la salinité, elle joue un rôle considérable dans la santé de la mangrove, notamment dans la distribution des espèces de palétuviers (Twilley *et al.*, 1999). Les palétuviers tolèrent une teneur en sel relativement élevé par rapport aux autres espèces quoique cette tolérance varie entre chaque espèce de palétuvier et celle-ci réagit différemment à la variation de la salinité. Kathiresan et Thangam (1990) ont prouvé que l'espèce *Rhizophora mucronata* supporte une salinité de 30‰ tandis que chez *Bruguiera gymnorhiza*, une réduction de la biomasse est constatée (Naidoo, 1990).

Outre la variation de la salinité, la fréquence de précipitation et la disponibilité de l'eau douce contribuent pareillement à l'écologie de la mangrove. La mangrove doit être assurée par une quantité et fréquence suffisante d'eau douce pour réguler la salinité. Par conséquent, l'abondance de précipitation influence la distribution et la composition des espèces. En effet, grâce à la précipitation, la salinité concentrée dans les sols peut être balancée.

### II.2.1.2. Palétuviers de Madagascar

Approximativement, plus d'une quinzaine de genres de palétuviers sont recensés mondialement (Ricklefs & Latham, 1993; Millar *et al.*, 2019). Deux grandes répartitions sont reconnues pour la caractérisation de la mangrove mondialement. La première regroupe les mangroves orientales (Asie du sud, Australie, Inde et Pacifique Est) abritant 40 espèces. La seconde regroupe les zones occidentales qui n'abritent que huit espèces au maximum (Sitnik, s. d.).

Par contre, les genres les plus communs à chaque pays, sont *Avicennia*, *Acrostichum* et *Rhizophora* (Vegh *et al.*, 2014), sachant qu'approximativement, il existe 100 pays où la mangrove est présente (Friess & Webb, 2014). Pour le cas de Madagascar, seules sept à huit espèces ont été généralement recensées (Cooke *et al.*, 2003; Andriamalala, 2007; Clausen *et al.*, 2010). Ce sont *Ceriops tagal*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Avicennia marina*, *Sonneratia alba*, *Lumnitzera racemosa* et *Xylocarpus granatum*, (Herisoa, 2016).

La mangrove, possède une distribution limitée sur la zone géographique entre la latitude 30°N et 30°S (Valiela *et al.*, 2001), c'est-à-dire entre la zone tropicale et subtropicale. (Valiela *et al.*, 2001) ont également estimé une couverture mondiale de la mangrove à 1,7 x 10<sup>5</sup> km<sup>2</sup> le long des côtes à partir de la combinaison de plusieurs travaux où les données à travers plusieurs années ont été disponibles. Les plus grands territoires de mangrove sont recensés en Asie selon le World Atlas of Mangrove (Spalding, 2010). Quant à la distribution spatiale des palétuviers à Madagascar elle peut être divisée en deux parties bien distinctes. Les zones à mangroves de l'Ouest de Madagascar en sont composées de 98% contre seulement 2% à l'Est (ILTIS, 1995). L'évolution de la superficie de la mangrove de Madagascar est représentée par le tableau 3 suivant.

**Tableau 3. Superficie de mangrove à Madagascar**

Année	Surface (ha)	Source
1990	429 850	Lebigre, J – M .1990
1995	310 452	Shapiro <i>et al</i> , 2018
2000	294 387	Shapiro <i>et al</i> , 2018
2005	279 618	Shapiro <i>et al</i> , 2018
2010	258 340	Shapiro <i>et al</i> , 2018
2015	239 152	Shapiro <i>et al</i> , 2018
2020	277 567	Save Our Mangrove Now, 2022

Au début des années 1990 la couverture en mangrove de Madagascar s'est élevée à 429 850 ha. En 1995, elle s'étend à 310 452 ha (Shapiro *et al.*, 2018). Elle poursuit alors un rythme de dégradation de presque 2% par an jusqu'en 2020 où les travaux menés par Save Our Mangrove Now ! ont permis d'observer une étendue de 277 567 ha. Jacques Ittis (1995) a recensé plus d'une trentaine de marais maritime à mangrove dans tout Madagascar en s'adaptant des travaux de Kiener en 1972. D'importantes répartitions spatiales de la mangrove sont localisées dans les baies de Bombetoka, de Mahajamba, du sud de Mahavavy et enfin de Baly pour la région Boeny (ILTIS, 1995; FAO, 2005; Giri & Muhlhausen, 2008).

- **Végétation et caractéristique**

Bien que la majeure partie de la mangrove se trouve à la partie ouest de Madagascar, les peuplements ne sont pas les mêmes au sein de cette partie. En effet de grandes étendues de mangroves sont recensées autour des baies de Baly, baie de Mahajamba, baie de Bombetoka, à Morondava et à Mahavavy (ILTIS, 1995; FAO, 2005). Ces zones sont toutes localisées dans le nord et le nord-ouest. Leur hauteur totale atteint les 20 mètres de long (Ricklefs & Latham, 1993; FAO, 2005). Le climat semi-humide de ces places favorise la végétation des palétuviers. Par contre un peu plus bas dans le Sud, le climat aride et le manque de pluie pour l'alimentation des cours d'eau rendent la végétation des palétuviers difficiles. Elles sont moins longues que celles de la partie Nord (FAO, 2005).

En effet pour se développer, les palétuviers requièrent de nombreuses conditions quoique ces conditions se diffèrent légèrement entre chaque espèce. D'abord, les palétuviers sont caractérisés par leur nature à s'adapter à l'inondation. D'ailleurs, Lebigre (Lebigre, 1990) a proposé une classification des mangroves de Madagascar selon ce besoin en inondation de chaque espèce. Cette recherche place l'espèce *Sonneratia alba* et *Avicennia marina* comme étant les plus tolérants contre *Lumnitzera racemosa* une espèce ne tolérant pas une submersion longue.

- **Services écosystémiques de la mangrove**

L'écosystème à mangrove offre de nombreux services au profit des faunes (annexe IX) et flores associés ainsi qu'à l'Homme. La protection contre les radiations solaires (UV-B) et la

contribution à la réduction des gaz à effet de serre, la protection contre les tempêtes et inondations sont des fonctions que la mangrove assure constamment parmi tant d'autres.

Les espèces à l'image d'*Avicennia*, constamment exposé à la lumière solaire et à des conditions spécifiquement arides possèdent des mécanismes adaptés à l'exposition solaire constante (Metras, 2011). De leur côté, les espèces de *Rhizophora* s'adaptent aux expositions à l'aide de leurs feuilles générant des phénols et flavonoïdes.

À travers la photosynthèse, la mangrove absorbe une quantité importante de CO<sub>2</sub>. Néanmoins, cette habilité à capter et emprisonner les carbones dans le sol varie en fonction des espèces de palétuviers. Fujimoto *et al.* (1999) avance une séquestration de 116 kg/m<sup>2</sup> de carbone pour un palétuvier âgé de 20 ans. Twilley *et al.* (1992) affirment que la mangrove mondiale possède un total de biomasse s'élevant à 8 gigatonnes (poids secs) et peut accumuler jusqu'à 4 gigatonnes de CO<sub>2</sub> suggérant alors l'importance de la mise en place de programme de reboisement dans les plans de gestion. Kathiresan (2013) indique que le taux de carbone séquestré par la mangrove est estimé approximativement à 15 tonnes C /ha/an une étude d'Alongi (2012) suggère que ce taux de séquestration s'élève à 174 tonnes C /m<sup>2</sup>/an. Néanmoins, les données précises sur le carbone séquestré par la mangrove restent incomplètes (Van Oudenhoven *et al.*, 2015). Les espèces *Sonneratia* et *Avicennia* captent 954 tonnes C/ha/année et 105 tonnes C/ha/année (Poungparn & Komiyama, 2013) pour *Rhizophora* sp..

Dans le monde, mais surtout en Asie, le rôle de la mangrove en tant que barrière naturelle aux intempéries (cyclones et tsunamis) est de plus en plus reconnu (Asari *et al.*, 2021). L'étude menée par Kathiresan (2011) démontre qu'un hectare de forêt de mangrove possède une capacité de protection deux fois plus élevée qu'un terrain dégradé. Cette propriété de la mangrove tient déjà une place considérable dans l'économie, car elle réduirait le niveau de dommage significativement. *Sonneratia spp.* est indiqué comme espèce pionnière sur le front des zones à mangroves réduisant l'intensité des vagues de 50% (Mazda *et al.*, 2006).

- **Pressions et menaces**

L'implication de l'étude des palétuviers dans la recherche sur la monétarisation de l'écosystème à mangrove est importante. Principaux composants de l'écosystème les palétuviers sont les piliers de celui-ci. A travers de nombreuses littératures on constate que la diminution de la surface forestière est corrélée à la diminution des services écosystémiques et il s'en suit de la production de biens (annexe XII) et services (Masike, 2014; Friess *et al.*, 2020).

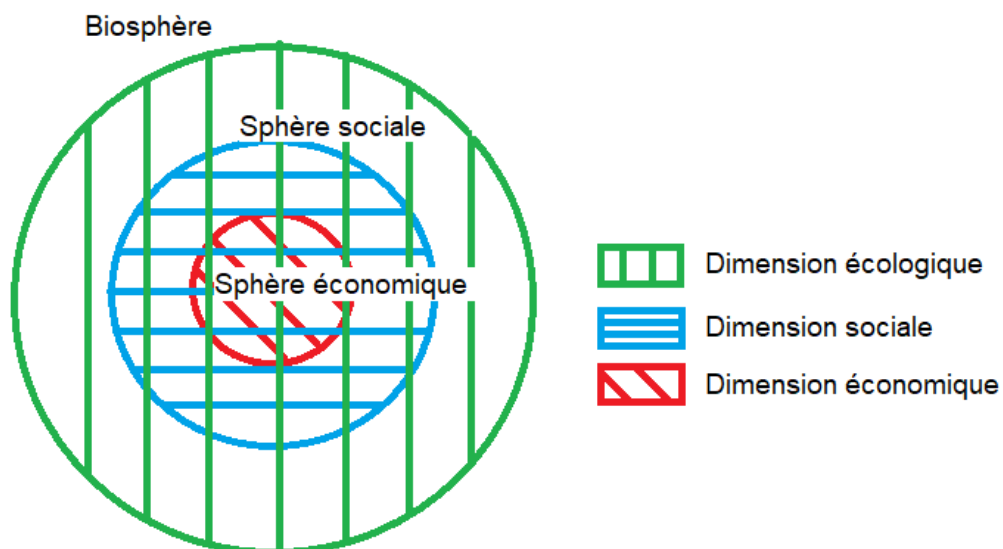
- **Cadre règlementaire**

Dans le cadre de la gestion de la mangrove de Madagascar des arrêtés ont été mis en place. Il s'agit notamment des arrêtés n°32100-2014 du 24 Octobre 2014 portant interdiction

d'exploitation de bois de mangroves au niveau du territoire national. Cet arrêté interdit la coupe la collecte le transport et la vente de bois de mangrove au niveau du territoire national. En plus d'autres arrêtés suscitent également l'interdiction d'exploiter les crabes de mangroves (*Scylla serrata*) entre le mois de Juillet et le mois d'Octobre. Ces arrêtés résultent d'un consensus entre le Ministère de la Pêche et celui de l'Environnement de l'époque.

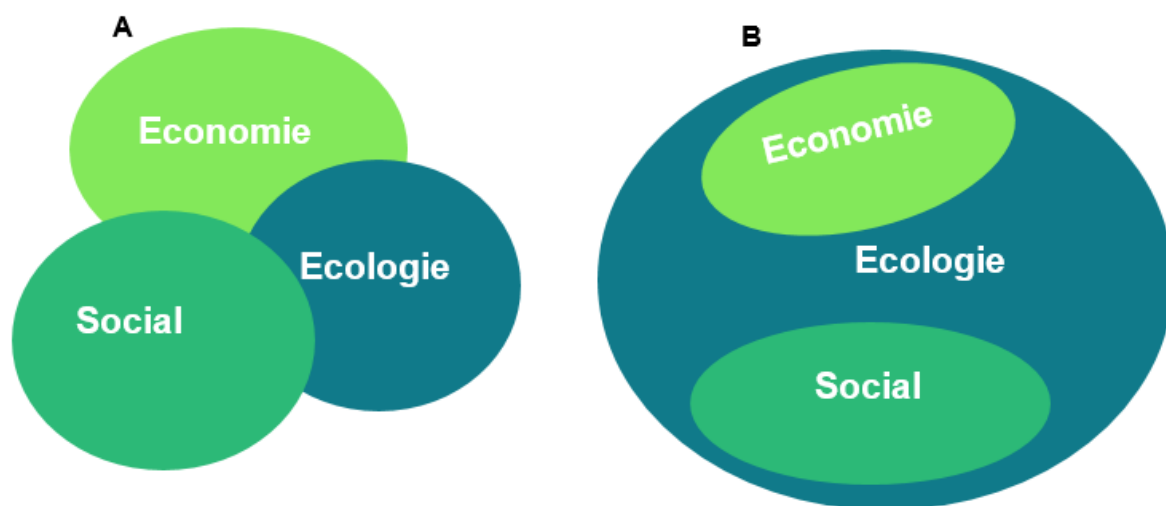
### II.2.1.3. Economie écologique et valorisation du capital naturel

Étant une branche carrefour entre plusieurs disciplines, l'économie écologique se pose comme un domaine proposant l'étude de la relation voire de l'interaction entre l'Homme et son entourage dans une optique de développement durable. Cette discipline assez jeune ne s'impose ni comme une sous-branche de l'écologie dans un sens où elle étudierait la faune et la flore ni comme un sous-branche de l'économie, car elle ne possède pas dans son essence une fin purement économique. L'économie écologique se veut de mettre en place une gestion optimale des ressources naturelles et des services écosystémiques d'une manière à induire le développement durable. En ce sens, elle englobe les trois dimensions illustrées par la figure 3, notamment celle de l'écologie, l'économie et le social en même temps.



**Figure 3.** Combinaison des différentes dimensions dans l'économie écologique (Source : Joan & Roldan, 2015).

Tandis que l'économiste de l'environnement considère les trois éléments (écologie – économie sociale) à part égal l'économiste écologique pose l'écologie comme étant la source principale de l'existence du développement des deux autres dimensions. Autrement dit la nature englobe tous les autres dimensions comme l'indique la figure 4. D'autre chercheur (Voinov, 2008) propose un autre schéma mettant la nature au cœur de l'existence des deux autres dimensions tout en indiquant la différence majeure entre la pensée en économie de l'environnement et celle en économie écologique.



**Figure 4.** Economie écologique et économie de l'environnement.

(A : économie de l'environnement ; B : économie écologique)

(Source : adaptée de Voionov 2008.)

La méthodologie de valorisation économique des biens et services environnementaux la plus appliquée est celle développée par E.Barbier (1997) rassemblant la Valeur Economique Totale (TEV)<sup>4</sup>. Ce concept a été adopté par de nombreux chercheurs dans le monde (Bann, 1998; UNEP, 2011; Masike, 2014; Hema & Devi, 2015; Rizal *et al.*, 2018; Purida & Patria, 2020). Elle est centrée sur l'Homme et l'utilisation des biens et services issus de l'écosystème. À cet effet elle tente d'assigner une valeur à chaque élément du service écosystémique avec différentes méthodes selon que celui-ci possède ou non une valeur sur le marché. Le départ du concept étant le constat que les écosystèmes en particulier celui de la mangrove sont dégradés au fur et à mesure que l'activité anthropique s'abat sur ceux-ci.

Le concept de TEV suggère le regroupement des biens et services selon leur usage. De ce fait il en existe deux biens distinctement. D'abord les biens et services procurant des valeurs d'usages à la population ou UV<sup>5</sup>. Cette première catégorie inclue les produits possédant ou non de valeurs sur le marché. En ce sens deux sous-groupes sont présents dans cette première catégorie.

La première, DUV<sup>6</sup>, rassemble les éléments qui possèdent des valeurs d'usages directes comme les produits du bois, de la pêche, du tourisme et de l'utilisation des plantes médicinales...Elle regroupe les produits et services facilement convertible en monnaie par l'Homme ou encore des produits ayant une tangibilité et une nécessité directe.

La seconde, IUV<sup>7</sup>, rassemble les éléments résultants de la fonction écologique de l'écosystème étudié. Ce sont les valeurs indirectes. Cette sous-catégorie regroupe toutes les

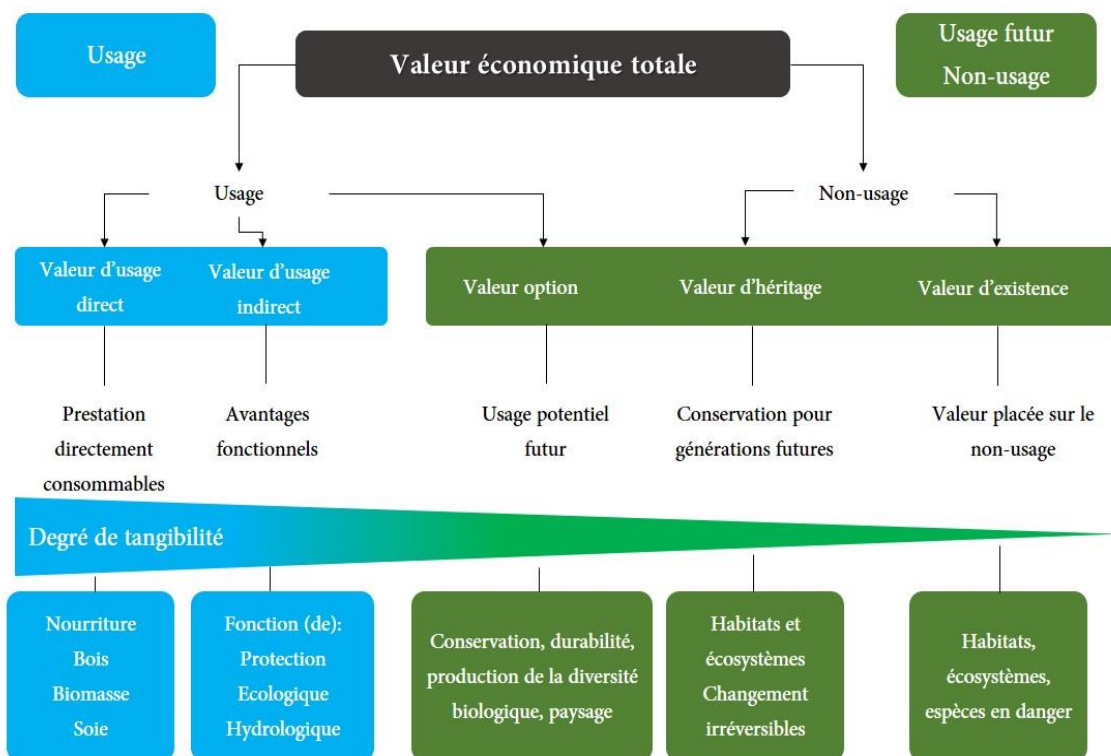
<sup>4</sup> Total Economic Value dans le sens original.

<sup>5</sup> Use Value : Valeur à Usage

<sup>6</sup> Direct Use Value : Valeur à Usage Direct

<sup>7</sup> Indirect Use Value : Valeur à Usage Indirect

valeurs fonctionnelles de l'écosystème à mangrove. Pour le cas de la mangrove, il peut s'agir de la fonction de protection de la côte contre les tempêtes et les érosions de la fonction de nurserie pour abriter les générations de ressources halieutiques (poissons et crustacés). Les valeurs indirectes sont une sous-catégorie des valeurs utilisables de l'écosystème à mangrove avec les valeurs directes d'usage. Néanmoins, les fonctions écologiques de l'écosystème à mangrove ne se limitent pas à celles-ci. La figure suivante (figure 5) illustre les différentes catégories comprises dans la considération de la valeur économique totale des services écosystémiques de la mangrove.



**Figure 5.** Cadre conceptuel pour l'évaluation économique totale des écosystèmes.

(Source : adaptée de Somda & Awaiss, 2013)

Les valeurs indirectes sont alors des valeurs de l'écosystème à mangrove ayant une fonction écologique vitale (Rizal *et al.*, 2018) pour la production de biens et services contribuant au bien-être de l'Homme. En ce sens, cette fonction écologique vitale est étroitement liée à la valeur directe d'usage de la mangrove (pêche par exemple) car elle sert de support ou de protection aux activités économiques (Barbier *et al.*, 1997; Bann, 1998). De ce fait, le point le plus important dans le maintien des services écosystémiques de la mangrove demeure dans cette catégorie de valeur qui se trouve également entre la frontière de l'économie et de l'écologie.

Toutefois, la perception de la mangrove et de la nature en général comme un bien public gratuit d'accès (Eleanya, 2015) modifie constamment la santé de celle-ci. C'est d'après

ce constat que Barbier *et al.* (1997) décrivent les zones humides actuelles comme des terrains de détérioration. En effet, là où la gratuité ou le zéro prix se fait constater l'exploitation massive et excessive prend place. Il n'y a de ce fait aucune considération des importances écologiques et faisant primer l'importance économique. La valorisation monétaire des valeurs indirectes d'usage de l'écosystème à mangrove trouve dès lors son essence par le fait que cette fonction de support ou de protection assure la pérennité des activités économiques. Elle permet également d'offrir un élément de base pour la prise de décision pour les autorités compétentes qui s'appuient davantage dans le côté économique et financier que celui de l'écologie (Barbier *et al.*, 1997).

La deuxième principale catégorie est celle qui regroupe les non-valeurs liées à l'usage d'un écosystème *NUV*<sup>8</sup>. Cette catégorie abrite un seul sous-groupe qui est dit de Valeur d'Existence *EV*<sup>9</sup>. Ce concept illustre que certains individus n'utilisent pas directement la mangrove par exemple, mais pose une importance particulière à la préservation et la conservation de celle-ci. À cette optique, la mangrove est appréciée pour ses valeurs intrinsèques. La mangrove est protégée exclusivement pour sa biodiversité et l'héritage culturel qu'elle représente. Il n'existe pas beaucoup de recherches se focalisant sur cette seconde catégorie selon les études menées par Barbier *et al* (1997). Les études se concentrent plutôt sur les valeurs utilisables (UV) des écosystèmes.

Afin de mener à bien l'ensemble de la recherche et de parvenir à une valorisation économique effective, l'étude ne doit pas se satisfaire d'une simple collecte de données économiques. En effet dans l'optique d'obtenir un résultat optimal sur la Valeur Economique Totale de la mangrove, cette recherche a suivi la méthode destinée aux chercheurs de Camille Bann (Bann, 1998). L'ouvrage indique l'importance d'une collaboration avec les chercheurs des autres disciplines, notamment des écologistes afin d'obtenir des données biophysiques. En plus, l'obtention des données d'ordres sociaux a été également préconisée.

## **II.2.2. Matériels physiques**

Plusieurs matériels ont été sollicités pour la réalisation de chaque section spécifique de cette étude.

- Carnet de note et crayons : pour la prise de note lors des descentes sur terrain
- Fiche d'enquête : pour le recueil des données des enquêtes<sup>10</sup>
- Appareil photo : pour la prise des photos
- Dictaphone : pour le recueil des données audios durant les enquêtes
- GPS : pour la prise des coordonnées géographiques

---

<sup>8</sup> *Non-Use Value* : Valeur à Non Usage

<sup>9</sup> *Existence Value*

<sup>10</sup> Annexe II

- Mètre : pour mesurer le DBH
- Corde : pour la mise en place des placeau
- Flags : pour marquer l'emplacement des placeau

## II.3. Méthodes d'études

### II.3.1. Choix des sites d'échantillonnage

La principale condition du choix de ces sous-sites repose sur l'existence de mangrove compte tenu de sa dégradation. La seconde condition se base sur l'utilité de la mangrove en terme socioéconomique et sa proximité par rapport à la population environnante. Les sites d'échantillonnage choisi dans la présente étude sont mentionnés par le tableau 4 ci-après.

**Tableau 4.** Coordonnées et localisation des sites d'échantillonnage

Sites	Sous-sites	Coordonnées	Localisation
Boanamary	Boanamary	-15,832865 ; 46,316571	Baie de Bombetoka
	Amboanio	-15,824749 ; 46,344214	
	Morahariva	-15,847374 ; 46,402922	
Soalala	Taranta	-16,067799 ; 45,386448	Baie de Baly
	Kisoany	-16,024658 ; 45,396920	
	Anjiamaloto	-16,040579 ; 45,417691	

### II.3.2. Collectes de données

Les données collectées au cours de cette étude relèvent de collecte à occasion multiple. Pour la première descente, elles ont été conduites du 20 mai au 20 juin 2018 à Soalala, et du 25 juillet au 19 aout 2018 pour Boanamary. La seconde descente est du 04 juillet 2020 au 04 aout 2020 à Boanamary, et du 06 septembre au 08 octobre 2020 à Soalala. Plusieurs techniques ont été mises en œuvre dans le cadre de la collecte de données en fonction des objectifs attendus. En ce sens, cette étude se subdivise en trois parties :

- Phase préparatoire : étude bibliographique et élaboration des questionnaires.
- Travaux sur terrain : visite de courtoisie, enquêtes et observations personnelles et inventaire des palétuviers
- Traitement et analyse des données.

#### II.3.2.1. Phase préparatoire

Pour atteindre notre objectif d'étude, nous allons entamer deux principales étapes. D'abord, il y a la préparation intellectuelle consistant à recueillir les données nécessaires préalables aux travaux de terrain et après à fixer définitivement les objectifs d'étude. Ensuite la préparation matérielle, il s'agit de l'élaboration des questionnaires.

- **Documentation et bibliographie**

C'est le recueil des données qui consistent à consulter les documents ayant une relation avec l'étude et le milieu. Cette documentation est faite afin d'avoir une connaissance au préalable du site et de ses aspects. Ainsi, la disposition de ces données est indispensable pour les enquêteurs. Des données primaires ont été collectées auprès des institutions étatiques et à l'aide des publications scientifiques pour combler les manques d'informations. Ce cas concerne une partie de la pêche traditionnelle à Madagascar.

En effet, ces travaux de documentation ont été menés auprès de différentes institutions notamment au niveau CDPHM et l'Unité Régionale de la Pêche. En addition, pour obtenir des données sur la technique de transfert de valeur, une base de données relatives au PIB per capita et PIB de Madagascar a été collectée sur le site de la Banque Mondiale.

- **Elaboration des questionnaires**

Avant d'entamer l'enquête, des questionnaires sont conçus préalablement pour pouvoir collecter les données utiles à l'interprétation de l'étude. Un questionnaire structuré destiné à chaque foyer a permis de collecter des données relatives à la situation sociodémographique de chaque site et d'en tirer le niveau de dépendance de la communauté locale à la mangrove. Cette enquête par questionnaire a été conduite au niveau des villages adjacents à la mangrove et concerne Boanamaray, Amboanio et Morahariva-Mandrosoa pour le site de Boanamaray (n=253). Pour le site de Soalala celui-ci est conduit au niveau de Taranta, Anjiamaloto et Kisoany (n=98). Les données récoltées concernent :

- Information basique sur le répondant représentant du ménage (nom, âge, sexe, localité, activité génératrice de revenus principaux et secondaires)
- Information sur le ménage (taille, source de revenu global)
- Utilisation de la mangrove

À l'issue de l'enquête générale, d'autres types de données sont collectés pour parvenir à la valorisation monétaire. Une enquête semi-directive avec les personnes pratiquant la sériciculture dans le site de Boanamaray a permis l'obtention des données sur les zones de collectes de cocons : le nombre de cocons collectés, le prix et la fréquence de collecte pour une année. Étant donné l'inexistence de cette activité d'exploitation dans la zone de Soalala, l'enquête sur celle-ci n'a pas eu lieu.

### **II.3.2.2. Travaux sur terrain**

- **Visite de courtoisie**

La visite de courtoisie a été faite pour une présentation de l'étude aux autorités locales pour chaque zone d'étude, District et Commune visités. Cette présentation a été faite pour les

aviser de toutes les activités envisagées à établir au sein de chaque commune, y compris la durée d'exécution des activités.

- **Echantillonnage et choix des enquêtés**

Pour déterminer la taille de l'échantillon pour l'enquête, la méthode utilisée est celle de Taherdoost (2017) :

$$n' = \frac{n}{1 + \frac{z^2 * p(1 - p)}{\varepsilon^2 N}}$$

Où pour une population finie avec une marge d'erreur définie à 5% :

**z**: Z score

**ε**: marge d'erreur

**N**: taille de la population

**p**: proportion de la population

Chaque ménage dans les sites représente l'individu enquêté dans cette étude. Ainsi pour la commune de Boanamy la taille de la population s'élève à 1478 tandis qu'à Soalala elle est de 3453 (INSTAT, 2020).

Par conséquent la taille de l'échantillon dans la commune de Boanamy est de 253 ménages répartis dans les villages de Boanamy, Amboanio et Morahariva-Mandrosoa. Quant à la commune de Soalala la taille de l'échantillon est de 98 ménages répartis dans les villages d'Anjiamaloto, Kisoany et Taranta.

- **Enquêtes et observations**

L'enquête a été réalisée au niveau des trois villages de Bombetoka (Boanamy, Amboanio, Morahariva-Mandrosoa) et les trois villages aux alentours de la baie de Baly (Taranta, Kisoany, Anjiamaloto). Pour cela, la compétence d'un guide local pour assurer la courtoisie envers la population locale et la sécurité sur terrain a été nécessaire. Ensuite, afin d'assurer la récolte des informations, des fiches d'enquêtes ont été préalablement conçues et des matériels tels qu'un appareil photo et des GPS ont aussi fait l'objet de l'acquisition des données.

Comme technique vivante d'enquête, durant l'investigation, un entretien semi-directif a été réalisé. Ce type d'entretien consiste à diriger et orienter l'enquête en vue d'en tirer le maximum d'information possible avec une fiche d'enquête composée d'une série de questions préalablement conçue. Le questionnaire est en langue française, mais réalisé en malagasy.

Afin d'obtenir des données favorisant une interaction entre les sujets d'étude et l'investigateur (Albuquerque *et al.*, 2014), le focus group a été utilisé. Le sujet de focalisation est l'utilisation de la mangrove par la population locale, leurs activités génératrices de revenus (utilisation des bois de palétuviers, apiculture, exploitation de la soie sauvage, pêche) et leurs

besoins. Les informants sont composés d'individus choisis par l'informant clé et qu'il juge apte à discuter du sujet.

Cette méthode a été également mise en œuvre pour identifier les essences de palétuvier les plus importantes vis-à-vis de la population locale au niveau de chaque site d'étude. Les données recueillies contribuent à la caractérisation de chaque site en matière de préférence de la communauté pour les palétuviers, mais également de faire une inférence sur l'importance de ceux-ci.

Pour ce faire, les participants ont été incités à lister les espèces de palétuviers par leur nom vernaculaire par ordre décroissant d'utilité et de familiarité avec chaque espèce. La fréquence de citation d'une espèce au cours de l'entretien compte également quant à la considération de la place de l'espèce. Cette méthode a été utilisée pour déterminer la préférence au niveau des espèces de palétuviers, mais également pour connaître les espèces médicinales.

Pendant l'observation, l'objectif a été d'évaluer les modes de vie de la population par rapport à leur relation à la mangrove. Les données issues de cette technique permettent de renforcer l'élaboration d'un modèle de dynamique de système. L'observation a également permis d'apprécier les pressions et les menaces pesant sur la forêt de mangrove au niveau de chaque zone.

#### • **Inventaire floristique**

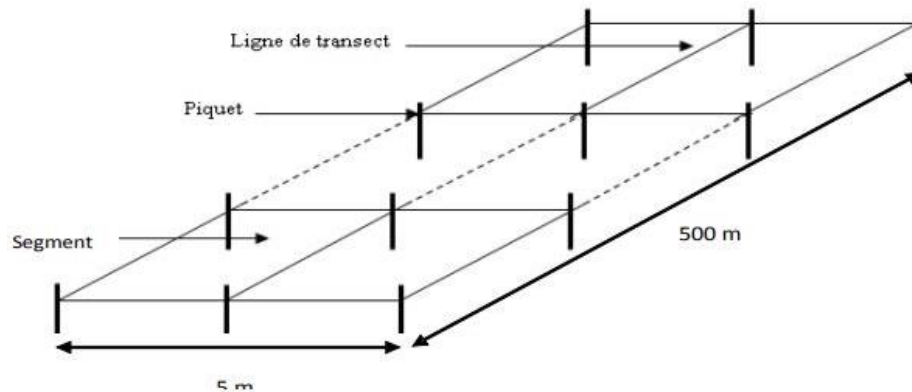
Les méthodes développées par Duvigneaud (1980) et Braun-Blanquet (1965) ont permis l'obtention de données écologiques. La collecte de ces données contribue à la caractérisation de chaque mangrove de la présente étude, mais ensuite de participer à la détermination de la valeur monétaire des services écosystémiques. Ainsi, dans cette section traitant l'inventaire floristique, il s'agit d'élucider les différentes techniques qui ont permis de dégager le nombre de palétuviers à l'hectare et le nombre de vers à soie présent sur chacun d'eux et les paramètres floristiques y afférents (longueur totale, hauteur du fût, DBH).

Dans le but d'obtenir des informations qualitatives sur chaque espèce de palétuvier nécessaire à la détermination de la potentialité économique, la méthode de Duvigneaud a été utilisée au niveau de chaque site. En effet, la méthode se base sur la mise en place de transect au niveau de chaque sous-site. Afin de conduire une étude sur le groupement des végétaux dans chaque sous-site, le transect de Duvigneaud a été utilisé. En effet, pour chaque sous-site, quatre (4) transects de 50 mètres ont été mis en place. Au total, chacun de Boanamary et de Soalala compte 12 transects de 50 mètres. Le transect suit une perpendicularité à la mer ou à différents réseaux de drainage. Selon Griffiths (1978) cette technique permet de parcourir le plus de milieux différents possible. L'un des points forts de cette méthode de collecte de donnée écologique est sa capacité à obtenir à la fois des données de nature qualitatives et quantitatives. Pour ce faire, une rangée linéaire de carrés contigus et juxtaposés caractérise

le dispositif avec la faculté d'être continue ou discontinue. En ce sens, l'essentiel du transect est d'établir dans l'espace une appréciation de la succession des végétaux. La figure 6 ci-après illustre le transect de Duvigneaud.

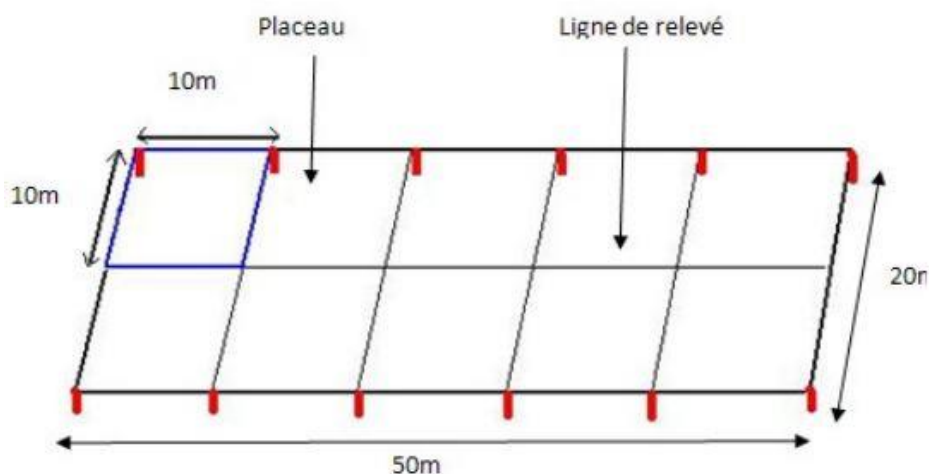
**Figure 6.** Dispositif de transect

Afin de conduire une étude quantitative de la végétation de l'écosystème à mangrove précisément les palétuviers, le plateau de J. Braun-Blanquet a été mis en place (figure 7). Pour l'écosystème à mangrove et les palétuviers qui le composent, le milieu est subdivisé en



zones relativement homogènes quoique la formation demeure caractéristiquement hétérogène. Il en découle de cette caractéristique que la dimension de chaque plateau est de 20 mètres x 50 mètres soit 1000m<sup>2</sup>. Les variables étudiées se concentrent sur :

- le nombre de pieds de palétuvier par espèce (potentialité de bois)
- le nombre de cocons de *Borocera madagascariensis* par pied de palétuvier (potentialité en soie).



**Figure 7.** Dispositif de Braun-Blanquet

## II.4. Traitement et analyse de données

Dans le but de décrire chaque site d'échantillonnage par la végétation d'espèce de palétuviers qui la compose, plusieurs analyses écologiques sont entreprises. Ces analyses renferment d'importantes informations primordiales à la connaissance de chaque site comme

le taux de régénération de chaque plantule de palétuvier, l'abondance par espèce les diversités et les similarités et permettent sa caractérisation.

## **II.4.1 Analyses des caractéristiques écologiques des mangroves**

### **II.4.1.1. Abondance relative**

L'abondance relative notée  $Ar$  est le pourcentage des individus d'une espèce de rang  $i$  par rapport au nombre total de tous les individus recensés au cours des investigations. Elle permet de déterminer le rang ou l'importance de chaque espèce au sein de la communauté pour chaque site. En d'autres termes l'abondance relative peut être défini comme la quantité se rapportant au nombre d'individu pour une surface donnée par rapport au nombre à la somme des individus de toutes espèces confondues sujets de l'étude.

Cette analyse permet d'appréhender les espèces les plus dominantes ou les moins dominantes par rapport aux autres espèces. L'abondance relative est exprimée en pourcentage et est donnée par la formule suivante :

$$Ar(\%) = \frac{ni}{N} \times 100$$

$Ar$  : abondance relative.

$ni$ : nombre d'individus de l'espèce du rang  $i$ .

$N$  : nombre total d'individus de toutes les espèces.

Selon la valeur de l'abondance relative (Krogerus, 1932) chaque espèce peut être classée en trois catégories dont : espèce dominante ( $Ar > 5\%$ ) ; espèce influente ( $2 < Ar \leq 5\%$ ) et espèce résidente ( $Ar \leq 2\%$ ).

A cet effet l'analyse de l'abondance de chaque espèce de palétuviers joue un grand rôle pour la suite de l'étude. Elle permet entre autre de déterminer la potentialité en bois de palétuvier de chaque site. Cette dernière contribue à l'élaboration d'une étude sur les essences préférées de la communauté environnante mais également de procéder à la monétarisation.

### **II.4.1.2. Analyse de diversité biologique**

Cette étape de l'analyse calcule l'indice de Shannon-Weaver pour l'étude de la diversité des espèces mais démontre également l'équitabilité dont l'objectif est l'étude de la diversité du milieu.

L'indice de Shannon-Weaver, noté  $H'$ , a été utilisé pour estimer la diversité des espèces de palétuviers dans les différents sites. Cet indice  $H'$  a été choisi car il considère à la fois l'abondance, la richesse spécifique et la régularité du peuplement d'un milieu. Un peuplement est plus diversifié ou de forte diversité s'il renferme plus d'espèces bien représentées. Sinon on l'appelle peuplement d'espèces rares (Krebs, 1985) où une valeur nulle de  $H'$  exprime l'inexistence d'espèce.

L'une des raisons qui motive l'application de cette méthode est son accessibilité et le fait que ce soit l'un des indices les plus communément utilisés dans l'étude écologique. Néanmoins l'indice de diversité de Shannon reste relativement sensible aux éventuelles différences entre les sites. L'indice de Shannon-Weaver  $H'$  se traduit par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^S \left( \frac{n_i}{N} \right) \cdot \text{Log}_{10} \left( \frac{n_i}{N} \right)$$

$H'$  : indice de Shannon-Weaver

$n_i$  : nombre d'individus dans une espèce  $i$

$N$  : nombre total des individus de toutes les espèces

$\frac{n_i}{N} = P_i$  : proportion du nombre total d'individus d'une espèce  $i$

La valeur de cet indice augmente avec la diversité c'est-à-dire un site à  $H'$  élevé est plus diversifié qu'un autre ayant un  $H'$  plus faible.

Ensuite, pour la vérification de la diversité biologique du milieu, l'analyse d'équitabilité, noté  $E$ . C'est le rapport entre l'indice de Shannon de l'échantillon et la valeur maximale que cet indice pourrait atteindre si toutes les espèces qui constituent l'échantillon y étaient également représentées. Il varie donc entre 0 et 1. Plus cet indice tend vers 1 plus le peuplement est plat (tirage des espèces dans l'échantillon équiprobable), plus il tend vers 0 plus ce peuplement est contrasté (représentation quantitative des espèces très variées dans l'échantillon). Elle est calculée à partir de la formule suivante :

$$E = \frac{H'}{\text{Log}_{10} S}$$

$E$  : équitabilité

$S$  : nombre total d'espèce

$H'$  : indice de diversité

$\text{Log } S$  :  $H'$  (diversité maximale)

#### II.4.1.3. Analyse de similarité de Jaccard

L'indice de similarité de Jaccard est utilisé pour analyser la similarité entre les différents sites d'étude par rapport aux espèces recensées. Ces coefficients permettent d'évaluer le degré de similarité des espèces de palétuviers entre les sites. Cet indice varie entre 0 et 1. La valeur qui se rapproche de 1 indiquant une similarité élevée. Les valeurs tendent vers 0 lorsque les sites n'ont aucune similarité (Magurran, 1988). L'indice de similarité est obtenu par la formule suivante :

$$I_{\text{Jaccard}} = \frac{c}{(N1 + N2) - C}$$

$I_{\text{Jaccard}}$  : Indice de similarité de Jaccard

$N_1$  : Nombre total des espèces présentes dans le site 1

$N_2$  : Nombre total des espèces présentes dans le site 2

$C$  : Nombre total des espèces communes aux deux sites

#### II.4.1.4. Densité

Cette technique permet de connaître le nombre d'individu pour chaque espèce pour une unité de surface voulue notamment à l'hectare. La densité donne un aperçu sur le degré d'occupation d'un peuplement sur une surface définie. Particulièrement dans le concept de valorisation monétaire une analyse de la densité en écologie demeure un préalable important. Cela dit l'étude de la densité est une technique de la prise en compte des espèces de palétuvier préférées de la population locale. Les facteurs qui sont tenus en compte sont :

- Le nombre de tiges
- La grosseur de celle-ci et
- Leur distribution spatiale.

Cette densité est calculée par la formule ci-dessous :

$$D_f = \frac{N_f}{S_f}$$

D'où

$D_f$  : Densité ;

$N_f$  : Nombre d'individus recensé dans la parcelle de relevée ;

$S_f$  : Superficie de la zone d'étude.

#### II.4.1.5. Fréquence

La fréquence d'une espèce ( $f_i$ ) ou nombre d'occurrences d'une espèce est le nombre de placette dans laquelle l'espèce est présente. La fréquence linéaire est le pourcentage de segments d'une ligne où l'espèce est présente (Gounot, 1969). Elle est donnée par la formule suivante (Good, 1953) :

$$f_i = \frac{J_i}{K} * 100$$

Avec

$f_i$  : fréquence de l'espèce  $i$

$J_i$  : nombre de segment où  $i$  est présent

$K$  : nombre total de segments.

#### II.4.1.6. Etude de potentialité

Afin d'étudier la potentialité en palétuvier de chaque site d'étude, la dominance de ceux-ci et leur volume sont identifiés. Pour ce faire, la détermination de la surface terrière et

du biovolume a été fait. La surface terrière ( $G_i$ ) représente la dominance des pieds d'arbres dans une surface exprimée en ( $m^2 /ha$ ). Elle permet de caractériser le peuplement de palétuvier d'une part et le tempérament des espèces d'autres parts.

Selon Rondeux (1993), la surface terrière d'un arbre est la surface de la section transversale de cet arbre tenant compte du DHP. Elle permet ainsi d'avoir une idée sur le degré de remplissage de la forêt de mangrove ou une indication sur la surface occupée par un arbre. Elle peut être calculée au niveau du peuplement mais aussi séparément pour chaque espèce. Elle est calculée par la somme de toutes les sections des troncs d'arbres (Namur, 1978) à partir d'une certaine classe de DBH. Dans cette étude, les palétuviers ayant un DBH de plus 2,5 cm sont inclus dans le calcul de la surface terrière. Elle est donnée par la formule de Dawkins (1959) suivante :

$$G_i = \sum \frac{\pi}{4} (d_i)^2$$

D'où

- $G_i$  : Surface terrière de l'individu d'une espèce  $i$  (en  $m^2$ )
- $d_i$  : Diamètre d'i-èmes d'individus

La contenance donne la potentialité de la forêt. La connaissance du potentiel en volume de bois permet d'évaluer les possibilités d'aménagement de restauration de la forêt en vue d'une conservation. Le biovolume permet de connaître le potentiel en volume de bois d'une forêt en vue d'une exploitation d'un aménagement ou de voir les stratégies de peuplement.

Le biovolume ( $V$ ) est le volume du bois disponible dans une surface de relevée dont l'unité est exprimée en  $m^3 /ha$ . Le but est de savoir l'espèce qui possède le plus grand et le plus petit volume. Le biovolume est exprimé par la formule de Dawkins (1959) suivante :

$$V = \sum (V_i) = 0,53 \left( \sum_{i=1}^s G_i \times H_i \right)$$

D'où

- $V$  : Biovolume totale de toutes les espèces ( $m^3 /ha$ ).
- $V_i$  : Biovolume de chaque espèce ;
- 0,53 : Coefficient de forme ;
- $G_i$  : Surface terrière de chaque individu ;
- $H_i$  : Hauteur du fût de l'espèce  $i$

#### **II.4.1.7. Taux de régénération naturelle**

L'étude de la régénération permet entre autre la détermination de la potentialité de régénération des palétuviers sans une intervention sylvicole. Le taux de régénération (TR) peut être déterminé grâce à la formule de Rothe (1964) :

$$TR = \frac{IR}{IS} * 100$$

Avec

**TR** : taux de régénération de l'espèce étudiée

**IR** : nombre d'individus régénérés (DHP < 5cm)

**IS** : nombre d'individus autre que régénérés (DHP > 5cm)

Les espèces dont les diamètres à hauteur de poitrine sont inférieurs à 10 cm sont considérées comme les jeunes plants sujets de la régénération. Une espèce dont le taux de régénération est supérieur à 300 % est dite en bonne régénération suivant l'échelle de Rothe (1964). Pour ce taux de régénération trois cas peuvent se présenter :

- Si  $TR \leq 100$  %, la potentialité de régénération est faible ;
- Si  $100 \% < TR \leq 1000$  %, la potentialité de régénération est élevée
- Si  $TR > 1000$  %, la potentialité de régénération est très élevée.

La connaissance du taux de régénération de chaque zone contribue également à l'élaboration du modèle de simulation relatif à l'interaction complexe Homme – mangrove dans le logiciel Stella 1.5.

#### **II.4.1.8. Test de normalité des données de Shapiro-Wilk**

Le test de normalité des données est primordial avant chaque test afin de garantir si l'analyse envisagée est réellement adéquate ou non, selon l'homogénéité et la distribution des données, mais surtout pour éviter des erreurs d'interprétation des résultats. Le test de Shapiro-Wilk est un test de description de données. La distribution suit la loi normale, lorsque la probabilité calculée est supérieure à  $\alpha = 0,05$  ; dans le cas contraire (la probabilité calculée est inférieure à alpha), on aura une distribution qui ne suit pas la loi normale et on procède à des rangs des données.

#### **II.4.1.9. Test de khi-deux**

Le test Khi-deux ( $\chi^2$ ) est un test d'ajustement lorsque la variable mesurée se présente sous forme de catégorie avec deux ou plusieurs échantillons indépendants. Les résultats obtenus sont sous forme de tableaux de contingences, utilisant la loi de probabilité de Pearson appliquée pour comparer les différents résultats. Ce test vérifie la conformité d'une répartition théorique à une répartition expérimentale (Zar, 1984). D'abord, le test a pour objectif de déterminer la variation des richesses spécifiques intrasites et intersites. Ensuite, le test chi-deux a également été utilisé pour déterminer s'il existe une différence entre ces deux zones en termes de surface terrière et de biovolume. Enfin, le test a servi pour déterminer si l'utilisation des palétuviers à travers chaque site d'étude varie. Dans ce cas, trois analyses ont été effectuées dans ce test avec deux hypothèses contradictoires chacune.

- Comparaison de la richesse spécifique au niveau des sites d'études avec deux hypothèses possibles :
  - hypothèse nulle  $H_0$  : la richesse spécifique ne varie pas suivant les sites (intra et inter sites) ;
  - hypothèses alternative  $H_1$  : la richesse spécifique varie suivant les sites (intra et inter sites).
- Etude comparative au niveau de la surface terrière et de la biovolume des paletuviers entre les zones d'études :
  - hypothèse nulle  $H_0$  : la surface terrière et le biovolume des paletuviers dans la zone de Boanamary ne sont pas différents de celle de Soalala ;
  - hypothèses alternative  $H_1$  : la zone de Boanamary est différent de celle de Soalala en termes de surface terrière et de biovolume des palétuviers.
- Comparaison relative à l'utilisation des palétuviers entre chaque site :
  - hypothèse nulle  $H_0$  : l'utilisation des palétuviers ne varie pas suivant les sites d'études,
  - hypothèses alternative  $H_1$  : l'utilisation des palétuviers varie suivant les sites d'études.
- Comparaison des revenus liés et non liés à la mangrove :
  - hypothèse nulle  $H_0$  : les revenus liés et non liés à la mangrove entre les sites d'études ne sont pas différents,
  - hypothèses alternative  $H_1$  : les revenus liés et non liés à la mangrove entre les sites d'études sont différents.

Ensuite, la valeur de la probabilité  $p$  est d'une importance majeure pour tous les résultats de tests statistiques. C'est à partir de sa valeur qu'on décide laquelle des deux hypothèses est acceptée ou rejetée. Le seuil limite d'acceptation des tests est aussi fixé à 5 % (probabilité  $p=0,05$ ). Alors :

Si la probabilité est inférieure à 0,05 :  $p < 0,05$ , la différence est statistiquement significative pour une limite d'intervalle de confiance de 95 % et l'hypothèse nulle sera rejetée, l'hypothèse alternative est acceptée.

Si la probabilité est supérieure à 0,05 :  $p > 0,05$ , la différence n'est pas statistiquement significative pour une limite d'intervalle de confiance de 95 % et l'hypothèse nulle sera acceptée, l'hypothèse alternative est rejetée.

#### **II.4.1.10. Test de Kruskal-Wallis (Zar, 1999)**

Le test de Kruskal-Wallis par Rangs est un test non paramétrique, analogue de l'ANOVA pour des données quantitatives. Il a été utilisé pour analyser les différences entre plusieurs échantillons (de taille supérieure à deux), pour vérifier si la taille de ménage varie

significativement suivant les sites d'échantillonnage. Cette analyse non paramétrique peut être appliquée quand les  $k$  échantillons ne proviennent pas d'une population et/ou quand les variances de  $k$  échantillon sont hétérogènes (Zar, 1984). Le test de rangs de Kruskal-Wallis se base sur des rangs et permet de déterminer si les  $k$  sommes de rangs se révèlent trop disparates pour qu'ils proviennent de la même population. Le test se fonde sur l'hypothèse que les différents échantillons à comparer suivent la même distribution ou qu'ils ont des distributions différentes avec la même médiane.

Pour cette étude, le test de Kruskal-Wallis détermine si les sommes des rangs sont (ou ne sont pas) significativement différentes c'est-à-dire si les échantillons sont tellement différents qu'il y a peu de chance que leur distribution soit la même. A partir de ces sommes, on peut obtenir la valeur de H par la formule suivante :

$$H = \frac{12}{N(N+1)} \sum_{i=1}^k \frac{R_i^2}{n_i} - 3(N+1)$$

N : somme des n de tous les échantillons

$n_i$  : effectif du  $i^e$  échantillon

k : nombre d'échantillon

$R_i$  : somme des rangs des éléments du  $i^e$  échantillon

Deux hypothèses ont été posées :

$H_0$  : la variation de la taille du ménage ne varie pas avec les sites d'échantillonnage.

$H_1$  : la taille du ménage varie suivant les sites d'échantillonnages.

#### II.4.1.11. Test ANOVA

L'analyse de variance est un test paramétrique pour vérifier si les moyennes de deux ou plusieurs échantillons ont été tirés de populations ayant des moyennes identiques (Sokal & Rohlf, 1969). Conséquemment, l'hypothèse nulle de l'ANOVA est d'assumer que les échantillons sont dérivés des populations dont les moyennes sont identiques et que les différences entre ceux-ci sont seulement dû par chance. De ce fait, l'analyse de variance compare implicitement toutes les paires de combinaisons possibles d'échantillons entre eux pour rechercher la différence. Dans ce cas, le test ANOVA n'indique pas directement les différences entre les populations, d'où l'utilisation de la méthode *post hoc* de Tukey. Ce dernier renvoie une liste des différences entre les moyennes pour les paires de combinaisons possibles susmentionnées (Fay & Gerow, 2018).

Au cours de cette étude, l'analyse de variance a été calculée dans le but de comparer les diamètres moyens (DBH) de chaque espèce de palétuvier inventoriés entre les sites composants la zone de Boanamaray d'une part (Amboanio, Boanamaray et Morahariva-Mandrosoa) et celle de Soalala d'autre part (Anjiamaloto, Kisoany et Taranta). Le post test de

Tukey a permis de mettre en évidence la différence entre chaque site. Ainsi les hypothèses sont comme suit :

- hypothèse nulle  $H_0$  : la moyenne des diamètres et des hauteurs des palétuviers ne varient pas entre les sites ;
- hypothèses alternative  $H_1$  : la moyenne des diamètres et des hauteurs des palétuviers varient entre les sites.

## **II.4.2. Analyse des pressions et menaces**

### **II.4.2.1. Identification des pressions et menaces**

L'identification des menaces pesant sur les espèces a été faite à partir du modèle de Zicoma (2000). Elle permet d'obtenir le niveau de perturbation ou de dégradation de l'habitat qui pourrait affecter la population comme l'érosion, les feux de brousse et la pollution due aux charbons de bois.

Trois variables permettent de classifier les pressions : la durée l'intensité et l'importance notée sur une échelle de 1 à 3. Ensuite, selon la somme des trois variables les pressions sont évaluées : faible (valeur totale inférieure à 4), moyenne (entre 5 et 6) ou forte (supérieure ou égale à 7).

- **Durée**

- La durée est jugée permanente au niveau du site lorsque l'action constatée est en permanence au sein du site. On attribue trois (3) points au site évalué.
- La durée est jugée temporaire lorsque l'action constatée ne dure que pendant un intervalle de temps bien limité qui n'est pas continu on attribue deux (2) points.
- La durée de la pression anthropique est jugée occasionnelle. Lorsque l'action constatée est au hasard ou ponctuelle on attribue un (1) point au site évalué.

- **Intensité**

- L'intensité de la pression anthropique est jugée forte au niveau du site. Lorsque l'action constatée entraîne destruction rapide de l'habitat dans l'immédiat on attribue trois (3) points au site évalué.
- L'intensité de la pression anthropique est jugée moyenne au niveau du site. Lorsque l'action constatée peut entraîner une destruction de l'habitat à moyen terme on attribue deux (2) points au site évalué.
- L'intensité de la pression anthropique est jugée faible au niveau du site. Lorsque l'action constatée peut entraîner une destruction de l'habitat plus tard on attribue un (1) point au site évalué.

- **Importance**

- Si l'action de la perturbation concerne la totalité de superficie de la forêt alors l'importance de la pression est dite régionale. On attribue trois (3) points au site évalué
- Si l'importance de la perturbation concerne une ou quelque partie de superficie de la forêt alors l'importance de la pression est dite zonale. On attribue deux (2) points.
- Si l'importance de la perturbation concerne uniquement une localité ou un endroit distinct au sein de la forêt alors l'importance de pression est dite locale. On attribue un (1) point au site évalué.

#### **II.4.2.2. Evaluation des pressions**

Elle correspond à la somme de la durée de l'intensité et de l'importance pour chaque type de perturbation.

- L'évaluation totale de la pression est jugée mineure si la somme des points affectés sur l'importance l'intensité et la durée de la pression soumise au site présente a une valeur inférieure ou égale à (4).
- L'évaluation totale de la pression est jugée moyenne si la somme des points affectés sur l'importance l'intensité et la durée de la pression soumise au site présente a une valeur comprise entre (5) et (6).
- L'évaluation totale de la pression est jugée majeure si la somme des points affectés sur l'importance l'intensité et la durée de la pression soumise au site présente a une valeur supérieure ou égale à (7).

Afin de connaître l'importance générale des pressions l'indice de pression ( $I_p$ ) a été utilisé. C'est le rapport entre le total des points affectés à un site et la valeur maximale du site (Salafsky et Margoluis, 1999). Cette dernière est obtenue en attribuant le score maximal sur la durée l'intensité et l'importance pour chaque type de pressions.

Selon le degré d'importance les pressions sont ensuite classées comme :

- Très forte :  $0,8 < I_p \leq 1$
- Forte :  $0,7 < I_p \leq 0,8$
- Moyenne :  $0,5 < I_p \leq 0,7$
- Faible :  $0,3 < I_p \leq 0,5$
- Très faible :  $0 < I_p \leq 0,3$

#### **II.4.3. Analyse socioéconomique**

##### **II.4.3.1. Analyse descriptive des enquêtés**

Une étude descriptive des enquêtés a été conduite afin de caractériser généralement la population des sites d'études. De ce fait, les mesures de tendances centrales (moyennes et médianes) sont utilisées. Afin d'analyser l'existence d'une éventuelle inégalité concernant le revenu mensuel des ménages bordant la forêt de mangrove à travers les zones de

Boanamary et de Soalala, l'indice de Gini est utilisé. C'est une mesure statistique qui permet d'identifier les inégalités socioéconomiques liées à la distribution des revenus à travers des zones données. La valeur de l'indice varie entre 0 et 1, où 0 exprime une parfaite égalité entre tous les individus en matière de revenu et 1 indique qu'un seul individu fait tous les revenus de la population. Il est obtenu par la formule suivante :

$$Ig = 1 - \frac{\text{cumul population}}{\text{cumul revenu}}$$

La courbe de Lorenz est ensuite utilisée pour illustrer graphiquement cette répartition des revenus au sein d'une population d'une même région.

#### II.4.3.2. Préférence locale des espèces

Pour déduire les espèces de mangrove préférées de chaque localité, la technique du rang (Albuquerque *et al.* 2014) est utilisée. Les participants sont invités à classer cinq différentes espèces de palétuvier par degré d'utilité selon leur préférence dans une matrice à  $i$  lignes (espèce de mangrove) et  $j$  colonnes (rang attribué par le participant pour chaque espèce  $i$ ) pour observer un total par ligne permettant d'observer l'espèce préférée par les enquêtés. La moyenne de chaque ligne est ensuite calculée pour obtenir le rang général de chaque espèce selon la préférence locale. Une analyse statistique avec le test khi-deux a été également faite pour vérifier s'il existe une différence significative entre chaque site en termes de préférence.

#### II.4.3.3. Importance relative de la forêt de mangrove (IR)

L'importance de chaque site de collecte des ressources a été quantifiée par l'importance relative (Sieber *et al.*, 2014). Pour ce faire, la technique de la hiérarchisation pondérée est utilisée (Sheil *et al.*, 2004). Les participants à l'enquête attribuent des points à chaque site de collecte fréquenté en les notant par ordre d'importance. Ils en font de même pour chaque ressource collectée au niveau de chaque site de collecté cité. La valeur de l'IR est comprise entre 0 et 1 et la somme de tous les usages pour toutes les zones à ressources doivent être égale à 1. L'IR est calculé comme suit :

$$\sum_{i=1}^n IR = IR(u.1) + IR(u.2) + IR(u.3) + \dots + IR(u.n)$$

**IR** : importance relative

**u.n** : ressource collectée/zone de collecte de ressource

#### **II.4.3.4. Indice d'utilisation des espèces**

Pour identifier les espèces les plus utilisées par la population locale dans les zones de Boanamary et de Soalala, l'indice d'utilisation relatif à chaque espèce de palétuviers est calculé selon la technique développée par Lance *et al.* (1994) dont la formule est la suivante :

$$IU = \frac{n}{N} * 100$$

Où IU : indice d'utilisation en pourcentage

n: nombre de personnes citant l'espèce

N : nombre total des enquêtés

- Si la valeur de IU est comprise entre 60 et 100%, cela explique que l'espèce de l'étude est très connue et très utilisée ;
- Si IU est comprise entre 30 et 60%, cette espèce est moyennement connue et moyennement utilisée par les enquêtés ;
- Si la valeur de IU est inférieure à 30%, l'espèce est peu connue et peu utilisée par les enquêtés.

#### **II.4.3.5. Utilisation des palétuviers**

Afin de caractériser le mode d'utilisation des palétuviers par site, le test  $X^2$  ( $p= 0,05$ ) a été utilisé pour déterminer s'il existe une différence relative à l'affectation des produits de palétuviers entre les six sites d'études. L'hypothèse nulle est d'assumer que l'utilisation des palétuviers à travers les sites sont homogènes. Dans le cas d'un rejet de  $H_0$  au profit de l'hypothèse alternative, on peut assumer l'existence d'une différence concernant l'utilisation des palétuviers entre les sites d'études.

#### **II.4.4. Valorisation économique**

La monétarisation des services écosystémiques est faite selon que les valeurs soient d'usage direct ou d'usage indirect. Les méthodes utilisées dans cette recherche sont effectuées de manière à illustrer la potentialité économique de chaque site d'étude.

##### **II.4.4.1. Techniques de valorisation économique**

Pour assigner des valeurs monétaires aux produits écosystémiques des méthodes particulières sont fournies selon le fait que ceux-ci soient disponibles sur le marché ou non. En effet la présence sur le marché d'un bien issue de l'écosystème renseigne que celui-ci est soumis à la loi de l'offre et de la demande. Ainsi en analogie aux produits des entreprises les produits de la nature sont aussi stockés et connaissent une diminution. Le tableau (tableau 5) suivant renseigne ces différentes techniques.

**Tableau 5.** Techniques de valorisation économique.

<b>Approches</b>	<b>Techniques</b>	<b>Nature de la valeur</b>
<b>Méthodes déductives</b>	Méthodes des coûts évités, des coûts substitués et des coûts de remplacement	Valeurs d'usage direct, indirect
	Evaluation contingente	Valeurs d'usage direct, indirect et de non-usage
<b>Préférences déclarées</b>	Modélisation de choix	Valeurs d'usage direct, indirect et de non-usage
	Evaluation économique participative	Valeurs d'usage direct, indirect et de non-usage
	Analyse des prix de marché	Valeurs d'usage direct, produits commercialisés
<b>Préférences révélées</b>	Méthodes basées sur les coûts	Valeur d'usage indirect
	Méthode de productivité	Valeur d'usage indirect
	Méthode des dépenses préventives	Valeur d'usage indirect
	Méthode des coûts de voyage	Valeur touristique
	Méthode des prix hédonistes	Valeur d'usage associée au changement de qualité environnementale
<b>Transfert de bénéfices</b>	Utilisation d'études antérieures empiriques	Valeurs d'usage direct, indirect et de non-usage

(Source : adaptée de Somda & Awaiss, 2013)

#### **II.4.4.2. Classification des services écosystémiques**

Une fois que les principales valeurs économiques (valeurs d'utilisation directe et indirecte) ont été identifiées, elles doivent être classées en fonction de l'importance qu'elles devraient avoir sur le résultat de l'évaluation. Les valeurs économiques peuvent être classées comme « élevées », « moyennes » ou « faibles » selon la technique d'E. Barbier (Barbier, 1997). La classification des impacts économiques sera étroitement liée au classement des impacts physiques auxquels ils se rapportent. La priorité doit être donnée à l'évaluation des valeurs les mieux classées. Cette classification permet de se concentrer sur les quelques services écosystémiques les plus importants qui peuvent servir à déterminer les valeurs de la mangrove renoncées ou en jeu liées à son exploitation (C. Bann, 1998).

#### **II.4.4.3. Exploitation des bois**

La détermination de la valeur économique de l'exploitation de bois suit la méthode développée et coordonnée l'UNEP (2011) dans la baie de Gazi Kenya. Pour ce faire, la détermination des revenus et des coûts liés à l'exploitation des palétuviers (le contexte de l'exploitation illicite n'est pas pris en compte dans cette étude) a été faite. En addition les différentes classes de diamètres de palétuviers acceptables sur le marché ont été prises en

comptes dans le calcul. Compte tenu du caractère flou sur la légalité de l'exploitation de la mangrove dans le contexte Malagasy les répondants sont réticents quant à la quantité exacte des palétuviers exploités. La formule générale de l'approche « *market-based* » est la suivante :

$$M_i = P_i * Q_i$$

Où

$M_i$  : Valeur monétaire d'un bien  $i$

$P_i$  : Prix de ce bien  $i$  basé sur le tarif du marché actuel

$Q_i$  : Quantité de ce bien  $i$

Les dimensions de bois standards commercialisables sur le marché sont classées selon leur diamètre (Andriamalala 2007) et sont présentés dans le tableau ci-après (Tableau 6).

**Tableau 6.** Dimensions standards de bois commercialisables sur le marché selon leur diamètre.

Nom local	Classe de Diamètre (en cm)
Gaulette type I	1,5 – 3,5
Gaulette type II	3,5 – 6,0
Matsio	6,0 – 9,0
Saribrody	9,0 – 13,0
Brody	13,0 – 17,0
Milimily	17,0 – 20,0 +

La quantité de bois consommée est également difficile à déterminer à cause du contexte législatif régissant la commercialisation des bois de palétuvier cité plus haut. Aussi leurs origines exactes (la localité où la coupe a eu lieu précisément) et le nombre de bois écoulé restent vagues. De ce fait pour déterminer la quantité consommée l'étude similaire menée dans la Baie d'Ambaro (Witt 2016) a servi de référence. Cette étude a identifié que la quantité de bois à taille réduite (diamètre inférieur à 9cm) consommée par une personne annuellement est de 146 unités contre 03 pour les bois de taille large (diamètre supérieur à 9cm).

#### II.4.4.4. Pêche artisanale

L'enquête menée auprès des pêcheurs de chaque site a permis de collecter des données sur plusieurs variables qui intéressent cette étude. Les variables classiques d'études nécessaires à la valorisation monétaire de la pêche traditionnelle sont : les espèces capturées, les revenus des ventes (exprimé en ariary/kg) et les couts relatifs à l'activité de pêche. Enfin pour relier cette activité de pêche à la présence de l'écosystème à mangrove le taux de contribution de ce dernier à la pêche est intégré.

Plusieurs auteurs ont réalisé des recherches sur le taux de contribution de la mangrove dans la productivité de la pêche. Pour cette étude le taux de contribution identifié par Aburto-Oropeza *et al.* (2008) relatif au cas de la pêche artisanale dans les mangroves de Mexique est utilisé. Selon cette recherche la mangrove apporte une contribution s'élevant à 31,7% à la productivité de la pêche. En effet cette étude d'Aburto-Oropeza se porte sur l'exploitation des crabes et de diverses espèces de poissons. Des études similaires ont été menées dans la Baie Ambaro Ambanja utilisant le même taux que Witt (2016) ainsi qu'une étude sur la valorisation économique de la mangrove de la baie de Gazi – Kenya par l'UNEP (2011), alors pour assurer une homogénéité des méthodes les mêmes techniques sont adoptées. La valorisation de la pêche artisanale est divisée en trois parties majeures selon la méthode de l'UNEP (2011). Tout d'abord, il s'agit de déterminer la quantité de produit de pêche obtenus, ensuite il y a la détermination des prix sur le marché de chaque espèce et enfin d'évaluer le coût d'exploitation de l'activité de pêche artisanale.

Une fois les volumes de production obtenue classées par la moyenne en kilogramme de chaque espèce capturée, le grand total est calculé en s'assurant de représenter chaque proportion des espèces capturées. La valeur de la pêche par hectare annuel en Ariary est indiquée par la formule suivante (UNEP, 2011):

$$\frac{\sum(\text{Revenu net}) * 31,7\%}{\text{Surface totale Mangrove}}$$

Le revenu net étant la différence entre le revenu commercial diminué des coûts nets initiaux des pêcheurs (prix des engins et des pirogues) en tenant compte des amortissements (linéaires) selon les durées de vie de chaque élément du coût. Pour les pêches de subsistance le revenu net est composé de la différence entre d'une part la quantité dédiée à la subsistance multipliée par le prix de la protéine équivalente par kilogramme et d'autre part les couts relatifs à la pêche. Le revenu net est donc composé de la pêche à destination commerciale et celle de subsistance.

#### **II.4.4.5. Sériciculture**

L'étude de la valeur monétaire et économique de la sériciculture passe par trois grandes étapes : la première est un mapping de la présence des cocons sur les sites d'échantillonnage ; la seconde étape consiste à passer par différentes analyses statistiques (décrit dans la sous-section suivante) ; finalement la troisième étape consiste à définir une analyse financière et économétrique pour parvenir à la valeur monétaire.

Une analyse descriptive est d'abord faite pour avoir une compréhension de la tendance sur la présence des cocons exploitables dans la zone d'étude. Pour calculer la valeur monétaire de l'exploitation des cocons, trois indicateurs interdépendants sont utilisés. Le

premier concerne le revenu brut obtenu après calcul des différents coûts fixes et variables entrant dans le processus de production de la soie. Ensuite le calcul de la marge brute est fait. Elle représente une valeur exprimée en unité monétaire de la différence entre l'écart entre le prix de vente et le coût de revient des produits. Puis, ces données, sous forme tabulaire, ont permis de déterminer le ratio bénéfice-coût.

#### II.4.4.6. Protection côtière

La valeur de la protection côtière offerte par les mangroves figure parmi les valeurs indirectes selon le cadre théorique concernant la valorisation monétaire des services écosystémiques. La protection des zones côtières est l'une des fonctions essentielles de la mangrove.

Dans cette étude la technique de valeur de remplacement a été adoptée pour octroyer une dimension monétaire à la fonction de protection des littorales de la mangrove. Cette technique consiste à simuler artificiellement les fonctions de la mangrove. Autrement dit, il s'agit de remplacer la fonction de protection côtière de la mangrove par un dispositif le plus similaire à celle-ci. La monétarisation se repose alors sur la valeur de ce dispositif combiné à d'autres variables importantes.

La technique est tirée principalement de Trégarot *et al.* (2017). Elle consiste à identifier au préalable les fonctions de la mangrove puis de chercher le statut de l'écosystème à étudier ici celle de la mangrove dans la Liste Rouge des Ecosystèmes pour aboutir au calcul proprement-dit de la valeur. Néanmoins, aucune donnée sur l'état actuel de l'écosystème à mangrove n'a été observée dans la base de données de l'UICN Liste Rouge des Ecosystèmes mondial. De ce fait les travaux de Trégarot *et al.* (2017), concernant la valorisation de la protection des zones côtières par la mangrove à Mayotte servent de référence notamment au niveau de la valeur du dispositif. Ce choix est également appuyé par le fait que Mayotte se trouve dans une zone de distribution de la mangrove identique à celle de Madagascar (zone de distribution n°06) selon IUCN (1983).

L'utilisation des données de la Recensement Générale de la Population et de son Habitat III (INSTAT, 2020) a été également faite pour déterminer le nombre d'habitant dans les zones d'étude afin de pouvoir parvenir au calcul du PIB per capita des zones d'études ( $PIB_z$ ). La valeur du statut de l'écosystème s'élève 0,53 dans la présente étude par référence aux travaux de Trégarot *et al.* (2017). Les valeurs des dispositifs de remplacement fictifs sont issues des consultations de documents.

L'équation permettant de définir cette valeur est la suivante :

$$Vp = \frac{Ci \cdot Ei \cdot PIBm \cdot Ti}{PIBz}$$

$C_i$  : Valeur du dispositif artificiel (Ariary)

$E_i$  : Longueur des côtes à évaluer (km)

$PIB_m$  : PIB per capita de Madagascar pour une année choisie (Ariary)

$T_i$  : Statut de l'écosystème à mangrove sujet de l'étude (entre 0 et 1)

$PIB_z$  : PIB per capita de la zone à étudier (converti en Ariary)

#### II.4.4.7. Séquestration de carbone

Afin de connaître la quantité de CO<sub>2</sub> équivalent absorbée par la mangrove, la détermination de la biomasse totale aérienne (AGB) et souterraine (BGB) constitue une étape préliminaire. Pour cela, les équations allométriques spécifiques à chaque espèce de palétuvier ont été utilisées, cette méthode possède l'avantage d'accroître la précision des calculs de biomasse (Kusmana *et al.*, 2018). Ces équations (Tableau 7) sont tirées des études respectant le protocole développé par Kauffman et Donato (2012). Les densités du tronc de *Bruguiera gymnorhiza*, *Xylocarpus granatum* et *Sonneratia alba* appliquées dans le calcul de la biomasse souterraine sont respectivement de 0,741, 0,7 et 0,78 (Jones *et al.*, 2014). Les individus dont le DBH est inférieur à 5 ont été négligés au cours du calcul.

L'utilisation des équations allométriques spécifiques permet d'apporter plus de précision dans le calcul de la biomasse (Scales *et al.*, 2019). Pour les espèces dont les équations ne sont pas disponibles, celles des espèces les plus similaires selon les études antérieures sont utilisées (Scales *et al.*, 2019), exemple : *Rhizophora apiculata* et *Rhizophora mucronata*, ainsi que pour *Sonneratia alba* dont l'équation a été déduite à partir de l'étude de l'ensemble des espèces (Kusmana *et al.*, 2018).

**Tableau 7.** Equation allométrique

Espèce	Equation Allométrique	Densité	Référence
<i>Avicennia marina</i>	AGB = 0.308 x DBH <sup>2.11</sup>		Comley and McGuinness (2005)
	BGB = 1.28 x DBH <sup>1.1</sup>		Comley and McGuinness (2005)
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	AGB = 0.186 x DBH <sup>2.31</sup>		Clough and Scott (1989)
	BGB = 0.199 x $\rho^{0.899}$ x DBH <sup>2.22</sup>	0,741	Komiyama <i>et al.</i> (2008)
<i>Ceriops tagal</i>	AGB = 0.32 x DBH <sup>2.056</sup>		Comley and McGuinness (2005)
	BGB = 0.158 x DBH <sup>1.95</sup>		Comley and McGuinness (2005)
<i>Rhizophora mucronata</i>	AGB = 0.1709 x DBH <sup>2.516</sup>		Putz and Chan (1986)
	BGB = 0.00698 x DBH <sup>2.61</sup>		Ong <i>et al.</i> (2004)
<i>Xylocarpus granatum</i>	AGB = 0.08233 x DBH <sup>2.5883</sup>		Clough and Scott (1989)
	BGB = 0.199 x $\rho^{0.899}$ x DBH <sup>2.22</sup>	0,7	Komiyama <i>et al.</i> (2008)
<i>Sonneratia alba</i>	AGB = 0.258 x DBH <sup>2.287</sup>		
	BGB = 0.230 x $\rho$ x (DBH <sup>2</sup> H) <sup>0.740</sup>	0,78	Kusmana <i>et al.</i> (2018)

(DBH : diamètre à hauteur de poitrine ; AGB : biomasse aérienne ; BGB : biomasse souterraine ;  $\rho$  : densité du bois anhydre, H : hauteur totale). (Source : tirée et adaptée de Bureau National de Coordination REDD+ Madagascar, 2017 ; Scales & Friess, 2019; Komiyama *et al.*, 2008 ; Kusmana *et al.*, 2018 ; Jones *et al.*, 2014)

Une fois la biomasse totale identifiée, la conversion en carbone est effectuée à l'aide des facteurs de conversion pour la totale de la biomasse aérienne et de la biomasse souterraine (Benson *et al.*, 2021) comme indiquée par les formules, ci-après, (1) et (2) respectivement :

$$(1) \text{ Carbone épigé} = \text{AGB totale} * 0,5$$

$$(2) \text{ Carbone hypogé} = \text{BGB totale} * 0,39$$

La conversion en tonne de CO<sub>2</sub> équivalent est réalisée en utilisant le ratio 44/12.

$$tCO_2e = \sum \frac{\text{Carbone épigé} + \text{Carbone hypogé}}{44/12} * 1000$$

Le calcul de la valeur de la séquestration de carbone adoptée dans cette étude suit la formule adoptée par Trégarot *et al.* (2017). En effet, la valeur de la séquestration de carbone par la mangrove est calculée par l'estimation du total de carbone absorbé par l'écosystème multiplié par le prix moyen d'une tonne de CO<sub>2</sub>. La formule est donnée comme ci-dessous :

$$SQ_i = A_i * E_i * PCO_2$$

Où :

**SQ<sub>i</sub>** : Valeur monétaire totale du service de séquestration de carbone par la mangrove (MGA/an)

**A<sub>i</sub>** : Taux de CO<sub>2</sub> absorbé (tCO<sub>2</sub>/ha/an)

**E<sub>i</sub>** : surface totale de l'écosystème étudié (ha)

**PCO<sub>2</sub>** : prix moyen d'une tonne de CO<sub>2</sub> (MGA)

#### II.4.4.8. Valeur médicinale

De nombreuses études soulignent l'importance des différentes espèces de palétuviers pour leurs vertus pharmaceutiques (Abeysinghe, 2010; Malik *et al.*, 2015; Ruitenbeek, 1992; UNEP, 2011). La commercialisation des feuilles sèches d'*Avicennia marina* est répandue sur le marché local de la ville de Mahajanga. Elles sont surtout appréciées par leur pouvoir de guérir les maladies du foie. Cependant, les autres espèces possèdent également des vertus médicinales. Pour déterminer la valeur économique de la mangrove en tant que plante médicinale, la technique basée sur le prix du marché est utilisée. La formule étant identique à celle évoqué dans la valorisation économique des bois de palétuvier. Le prix de référence prise dans le calcul est celui d'*Avicennia marina* et la quantité concerne l'ensemble des consommations issues de l'enquête villageoise et celui effectué sur le marché local de Mahajanga.

#### II.4.4.9. Apiculture

La production de miel dans les mangroves est considérée comme la pratique la plus durable car elle ne requiert pas la destruction de celles-ci et par conséquent n'engendre pas d'impact environnemental significatif (Masike, 2014). La valorisation monétaire de la

production de miel de mangrove est moins évoquée dans les recherches (Tuan *et al.*, 2012) bien que celui-ci possède une valeur directe sur le marché.

La production annuelle minimum de miel issue de la mangrove est estimée à 0,21 kg/ha (Bann, 1998). Cette étude préalable sert de base dans cette étude pour la détermination de la valeur monétaire de l'apiculture de mangrove en utilisant la technique du prix basé sur le marché.

#### **II.4.5. Télédétection**

Pour capturer les données satellitaires multitudes deux produits ont été utilisés. D'abord, l'ensemble de l'étude a été faite en utilisant l'application web Digital Earth Africa. À travers des codes open sources développés sous Python 3, la collecte d'images satellitaires de 1996 à 2017 et de 2017 à 2021, le prétraitement et l'analyse ont été faits grâce à l'application JupyterLab. L'obtention de ces données satellitaires multitudes a surtout permis de détecter les dynamiques spatiotemporelles de la mangrove dans chaque zone d'étude<sup>11</sup>.

Les données de Global Mangrove Watch (GMW) ont été utilisées. Initié en 2011, le but de GMW est d'offrir des informations géospatiales sur les mangroves dans le monde, leurs étendues et les changements à travers le temps. Cette plateforme web offre également des outils pour le suivi des mangroves dans le monde à travers les données de télédétection. GMW a généré également des cartes de base globales pour 2010 en utilisant Advanced Land Observing Satellite Phased Arrayed L-band Synthetic Aperture Radar (ALOS PALSAR) et les données de Landsat (toutes bandes spectrales). Les modifications à partir de ces bases entre 1996 et 2016 sont dérivées de JERS-1 SAR (1996), ALOS PALSAR (2007, 2008, 2009) et ALOS-2 PALSAR-2 (2015, 2016).

#### **II.4.6. Modélisation de la dynamique de système**

Afin de réaliser un modèle prédictif sur l'avenir de la mangrove, l'analyse de la dynamique de système a été faite à partir du logiciel Stella Architect version 1.5. Le modèle de la dynamique de système met en rapport l'interaction entre différents éléments d'un système donné et étudie les comportements de ceux-ci à travers le temps. Dans cette étude, le système d'étude représente l'utilisation des services écosystémiques par les Hommes et la disponibilité de la forêt de mangrove à travers le temps et à travers les sites d'étude (Elsawah *et al.*, 2017).

Dans cette modélisation, la théorie économique directrice se repose sur celle élaborée par Thomas Malthus (1986). Cette théorie met en relation la grande croissance de la population humaine avec un doublement tous les 25 ans d'un côté, et de l'incapacité des ressources à suivre cette croissance rapide.

---

<sup>11</sup> Extrait des codes open-sources à l'annexe I

D'abord, ce modèle consiste à évaluer le futur de l'écosystème à mangrove dans la Baie de Bombetoka et de la Baie de Baly basés sur le niveau actuel des activités socioéconomiques et de la dépendance de celles-ci à la mangrove ainsi que les autres facteurs influençant le système, en l'occurrence, le contexte démographique et les pressions et menaces en assumant que toutes choses égales par ailleurs. En d'autres termes, il s'agit d'évaluer le futur de la mangrove à partir d'un modèle simple dans un scénario de Business As Usual (BAU). Les composants du système à inclure dans ce modèle incluent la régénération et la mortalité de la mangrove, les paramètres écologiques, le stock de mangrove, l'utilisation directe et indirecte de la mangrove, les menaces et pressions, la taille démographique, la pression sur la migration. L'étendue spatiale est limitée au niveau des sites d'études de la présente recherche tandis que les horizons temporels du modèle sont de 10 ans, 25 ans et 35 ans.

Le temps de doublement est le temps qu'il faut pour qu'un stock double à un taux de croissance constant. Le temps de doublement de chaque stock est calculé suit :

$$t = \ln(2) / \ln(1 + r)$$

Où :

**r**: taux de croissance

**t** : nombre de période

Ainsi, le temps nécessaire pour doubler une valeur t est égal au logarithme naturel de 2 divisé par le logarithme naturel de 1 plus le taux de croissance r.

### III. Résultats

#### III.1. Mangrove et palétuviers

Afin de décrire les produits forestiers issus de l'écosystème à mangrove, notamment les palétuviers, utilisés par les bénéficiaires, plusieurs études ont été faites. D'abord, à travers la richesse spécifique, les espèces de palétuvier présentes dans chaque site d'étude sont décrites. Ensuite, l'abondance relative de chaque espèce par rapport à leur milieu d'échantillonnage est établie. Une analyse de diversité suivie d'une analyse de similarité est ensuite conduite. Il y a lieu également de déterminer les destinations de ces palétuviers en termes de consommations et, finalement, d'identifier la valeur monétaire de ceux-ci.

##### III.1.1. Richesse spécifique

Les différentes méthodes adoptées ont contribué largement à inventorier de nombreuses espèces de palétuvier. Le tableau ci-après (tableau 8) représente la richesse spécifique ainsi que la présence et l'absence des espèces recensées à travers les 6 sites d'échantillonnages au niveau des 2 zones étudiées. Dans l'ensemble, 5 familles de palétuviers composés de sept espèces ont été identifiées dans les deux zones d'étude.

**Tableau 8.** Liste des espèces de palétuviers inventoriées à Boanamary et à Soalala

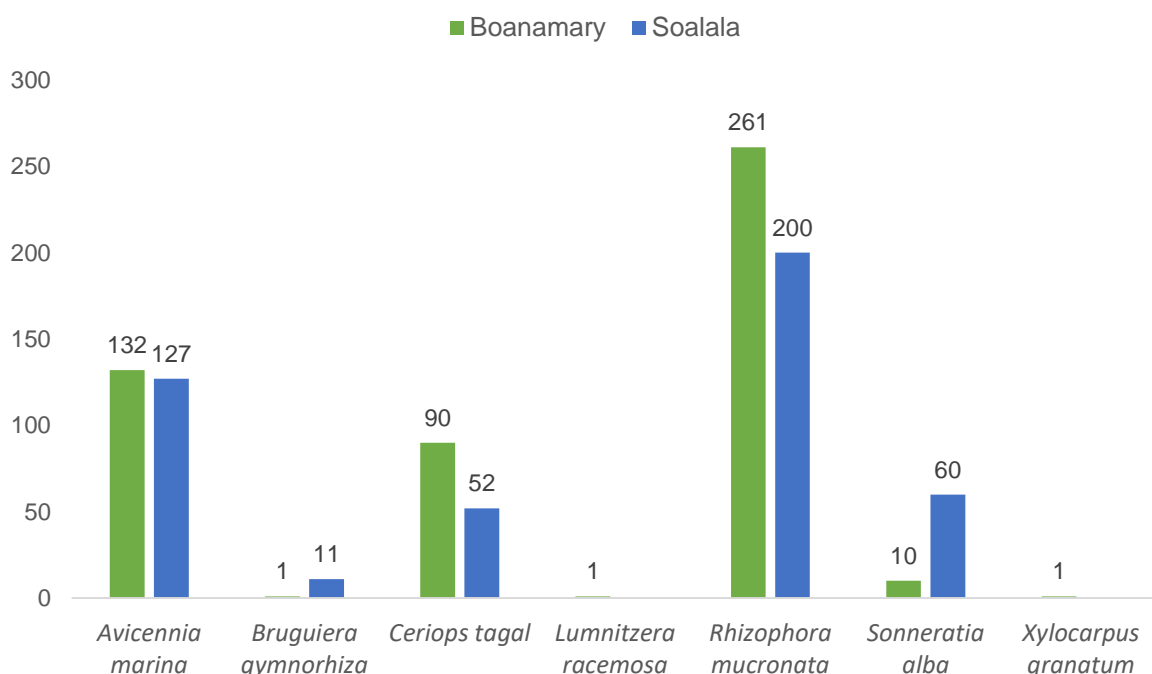
Taxons	BOANAMARY						SOALALA		Statut
	ambo anio	Ambo mary	Boana ariva	Morah malot	Anjia ny	Kisoa	Tarant <sup>a</sup>		
ACANTHACEAE									
<i>Avicennia marina</i> (Afiaty)	+	+	+	+	+	+	+	LC	
COMBRETACEAE									
<i>Lumnitzera racemosa</i> (Lovinjo)	-	-	+	-	-	-	-	LC	
MELIACEAE									
<i>Xylocarpus granatum</i> (Sarigavo)	-	+	-	-	-	-	-	LC	
RHIZOPHORACEAE									
<i>Bruguiera gymnorhiza</i> (Honko)	-	+	-	+	+	-	LC		
<i>Ceriops tagal</i> (Honkovavy)	+	+	-	-	+	+	LC		
<i>Rhizophora mucronata</i> (Honkolahy)	+	+	-	+	+	+	LC		
SONNERATACEAE									
<i>Sonneratia alba</i> (Farafaka)	+	+	-	+	+	-	LC		
<b>Nombre des individus</b>	<b>219</b>	<b>171</b>	<b>106</b>	<b>79</b>	<b>131</b>	<b>240</b>			
<b>Nombre des espèces</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>3</b>			

(+ : présence ; - : absence ; LC : préoccupation mineure dans la liste IUCN).

Concernant la zone de Boanamary, quatre espèces avec 219 individus ont été recensées à Amboanio, six espèces représentées par 171 individus sont inventoriées à Boanamary et seulement deux espèces avec 106 individus ont été enregistrées dans le site de Morahariva. Ainsi, *Avicennia marina* est présente dans ces trois sites, *Xylocarpus granatum* n'a été inventoriée que dans le site de Boanamary et *Lumnitzera racemosa* n'a été recensée qu'à Morahariva. La richesse spécifique dans la zone de Boanamary varie significativement suivant les sites d'échantillonnages, ceci est vérifié par le test  $X^2$  effectué sachant que le résultat d'analyse est hautement significatif ( $p < 0,0001 < 0,05$  ; ddl = 12)<sup>12</sup>.

Quant à la zone de Soalala, c'est dans le site de Kisoany qu'un nombre maximum d'espèces a été recensé (5 espèces) et représenté par un total de 131 individus. Le second site à détenir le plus d'espèces est Anjiamaloto. En effet, 4 espèces de palétuviers ont été identifiées pour un total de 79 individus. Seules 3 espèces composées de 240 individus ont été trouvées dans le site de Taranta représentée par 240 individus. *Avicennia marina* et *Rhizophora mucronata* est des espèces communes aux trois sites de Soalala. Suivant le test  $X^2$  effectué, la richesse spécifique au niveau des trois sites d'échantillonnage dans la zone de Soalala est significativement différente ( $p < 0,0001 < 0,05$  ; ddl = 8)<sup>13</sup>. Autrement dit, la richesse spécifique varie significativement selon les sites d'échantillonnage.

La figure suivante représente les nombres des individus par espèce de palétuvier suivant les deux zones d'étude.



**Figure 8.** Nombre des individus de palétuviers dans les zones d'études.

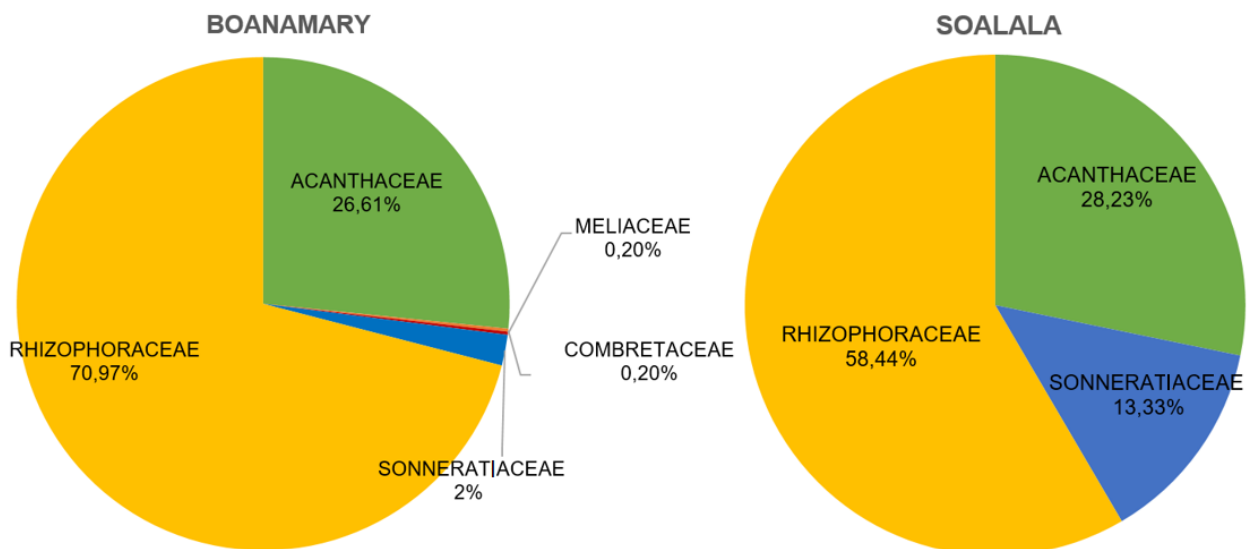
<sup>12</sup> Tableau de contingence à l'annexe III-a

<sup>13</sup> Tableau de contingence à l'annexe III-b

En comparant les deux zones d'étude (figure 8), l'espèce *Avicennia marina* suivi de *Rhizophora mucronata* présentent les plus grands nombres d'individus dans la zone de Boanamary avec, respectivement, 132 individus pour l'un et 58 pour l'autre. Par contre, ce cas est l'inverse à Soalala où *Rhizophora mucronata* prédomine avec 132 individus suivis d'*Avicennia marina* avec 81 individus. L'espèce *Sonneratia alba* est seulement abondante à Soalala avec 49 individus. L'espèce *Cerriops tagal* a presque le même nombre d'individus dans les deux zones d'étude. Le test de  $X^2$  indique une différence significative entre les nombres d'individus par espèce au niveau des deux zones ( $p < 0,0001 < 0,05$  ;  $ddl = 4$ )<sup>14</sup>. Les nombres des individus par espèce varient donc significativement au niveau des zones d'études.

### III.1.2. Distribution par famille

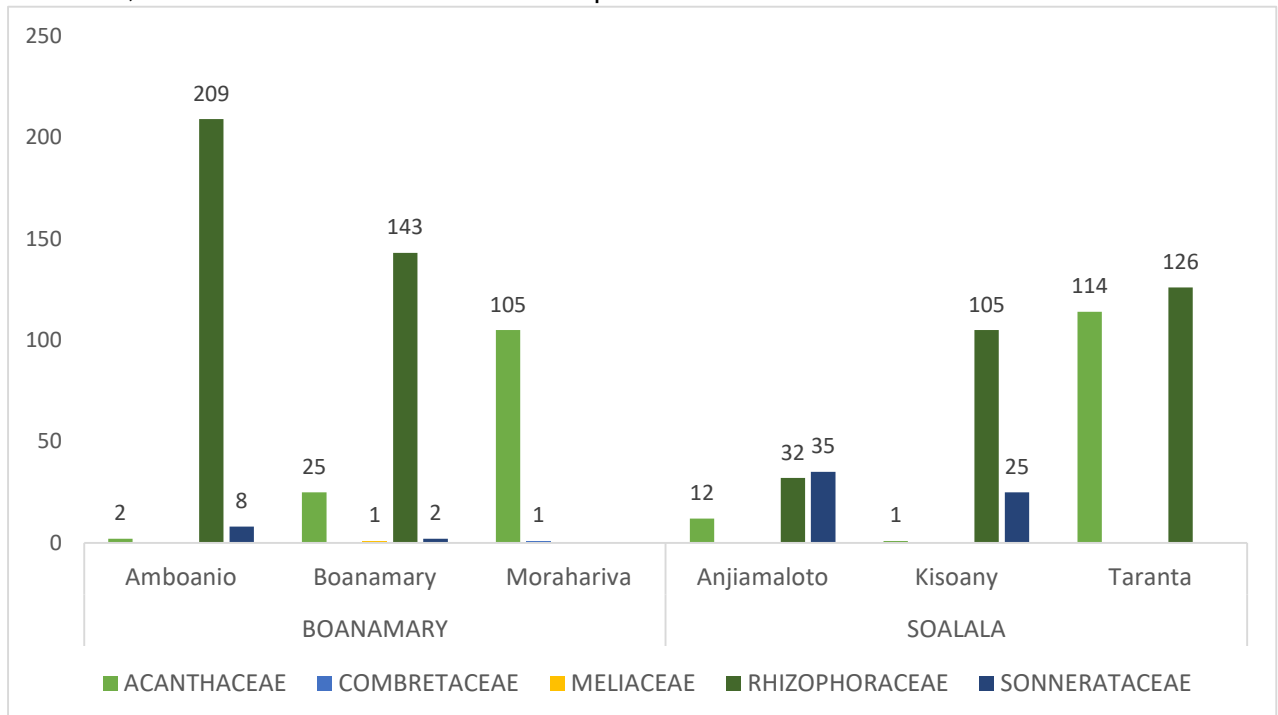
L'ensemble des palétuviers recensés lors de cette étude sont regroupés en 5 familles, à savoir la famille Acanthaceae, Combretaceae, Méliaceae, Rhizophoraceae et Sonnerataceae. La figure 9 représente la répartition par famille des espèces de palétuviers dans les deux zones d'études. Une dominance d'Acanthaceae et de Rhizophoraceae est notée à Boanamary à hauteur de 26,61% et de 70,97% respectivement. Il en est de même pour Soalala où la Rhizophoraceae s'élève à 63% suivi d'Acanthaceae à 20%. La famille Sonnerataceae occupe également une place prépondérante à Soalala où elle représente 17% de l'échantillon contre seulement 1,89% à Boanamary.



**Figure 9.** Répartition des familles de palétuviers dans les zones d'études.

<sup>14</sup> Tableaux de contingence à l'annexe III - c

Concernant la répartition des nombres des individus par famille au niveau des sites d'échantillonnage (figure 10), les espèces répertoriées se répartissent en 5 familles. L'ensemble des familles de palétuviers recensées sont présentes à Boanamary tandis que 3 familles seulement sont répertoriées à Soalala (Acanthaceae, Rhizophoraceae et Sonnerataceae). Les espèces appartenant à la famille Rhizophoraceae représentent un nombre d'individus relativement élevé à travers tous les sites sauf pour le cas de Morahariva, dans la zone de Boanamary, qui est dominé par la famille Acanthaceae et le cas d'Anjiamaloto, à Soalala, où la famille Sonnerataceae est la plus nombreuse.



**Figure 10.** Répartition des nombres des individus par famille dans les sites étudiés.

### III.1.3. Abondance relative

Le tableau suivant récapitule l'effectif et l'abondance relative d'espèces de palétuvier recensés dans chaque site et au niveau des deux zones étudiées. La majorité des espèces dans les six sites d'échantillonnage est classée comme étant résidente et dominante. Au niveau des deux zones d'étude, trois espèces sont classées comme dominantes telles : *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata*. L'espèce *Sonneratia alba* est classée comme influente dans la zone de Boanamary alors qu'elle dominante dans la zone de Soalala et *Bruguiera gymnorhiza* est influente dans la zone de Soalala et est résidente dans la zone de Boanamary (tableau 9).

**Tableau 9.** Effectif et abondance relative des espèces au niveau des sites

TAXONS	BOANAMARY												SOALALA											
	Amboanio			Boanamary			Morahariva			Eff T	Ar (%)	CA	Anjiamaloto			Kisoany			Taranta			Eff T	Ar (%)	CA
	Eff	Ar (%)	CA	Eff	Ar (%)	CA	Eff	Ar (%)	CA				Eff	Ar (%)	CA	Eff	Ar (%)	CA	Eff	Ar (%)	CA			
<i>Avicennia marina</i>	2	0,913	R	25	14,620	D	105	99,057	D	132	26,613	D	12	15,385	D	3	2,256	I	114	47,5	D	129	28,603	D
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	-	-	-	1	0,585	R	-	-		1	0,202	R	8	10,256	D	3	2,256	I	-	-	-	11	2,439	I
<i>Ceriops tagal</i>	28	12,785	D	62	36,257	D	-	-		90	18,145	D	-	-	-	44	33,083	D	8	3,333	I	52	11,530	D
<i>Lumnitzera racemosa</i>	-	-	-	-	-	-	1	0,943	R	1	0,202	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<i>Rhizophora mucronata</i>	181	82,648	D	80	46,784	D	-	-		261	52,621	D	24	30,769	D	58	43,609	D	118	49,167	D	200	44,346	D
<i>Sonneratia alba</i>	8	3,653	I	2	1,170	R	-	-		10	2,016	I	34	43,590	D	25	18,797	D	-	-	-	59	13,082	D
<i>Xylocarpus granatum</i>	-	-	-	1	0,585	R	-	-		1	0,202	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Total	219			171			106			496			78			133			240			451		

(Eff : Effectif, Ar (%) : Abondance relative ; CA : classe d'abondance ; R : résidente ; I : influente ; D : dominante).

Au niveau des six sites d'échantillonnages, pour les quatre espèces recensées dans le site d'Amboanio, *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata* sont classées comme dominantes et les deux autres espèces sont classées comme résidente (*Avicennia marina*) et influente (*Sonneratia alba*). Pour le site de Boanamary, trois espèces sont dominantes (*Avicennia marina*, *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata*) et trois sont résidentes (*Bruguiera gymnorhiza*, *Sonneratia alba* et *Xylocarpus granatum*). Pour le site de Morahariva, l'espèce *Avicennia marina* est dominante et *Lumnitzera racemosa* est classée comme résidente.

Les quatre espèces *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora mucronata* et *Sonneratia alba* recensées dans le site d'Anjiamaloto sont toutes classées comme dominantes. Pour le site de Kisoany, trois espèces sont dominantes (*Ceriops tagal*, *Rhizophora mucronata* et *Sonneratia alba*) et les deux autres sont classées respectivement comme résidentes (*Avicennia marina*) et influentes (*Bruguiera gymnorhiza*). Pour le site de Taranta deux espèces, dont *Avicennia marina* et *Rhizophora mucronata*, sont dominantes et le *Ceriops tagal* est classée comme influente.

### III.1.4. Analyse de diversité de Shannon (S)

La diversité spécifique augmente avec l'indice ayant une valeur plus grande. Ainsi, le tableau suivant (tableau 10) montre les différentes valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver  $H'$  et l'indice d'Équitabilité  $E$  des espèces de palétuviers dans les six sites étudiés. En prenant ces valeurs une à une, dans la zone de Boanamary, le site de Boanamary est le plus diversifié en espèce  $H'= 0,312$  et aussi plus équilibré  $E= 0,14$ . Par contre, le site Morahariva est le moins diversifié et moins équitable avec une valeur de chaque indice très faible ( $H'= 0,023$  et  $E=0,011$ ).

Concernant la zone de Soalala, le site d'Anjiamaloto est le plus diversifié avec la valeur de  $H'$  plus élevée (1,798). En plus, l'indice d'équitabilité est presque faible pour tous, pourtant, les deux sites (Anjiamaloto et Kisoany) sont les sites les plus équitables ce qui signifie un équilibre sur la répartition des palétuviers dans ces deux sites. Par contre, le site de Taranta est le moins diversifié et moins équitable avec une valeur de chaque indice très faible ( $H'= 0,354$  et  $E=0,149$ ).

**Tableau 10.** Indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) et Équilibre de Pielou ( $E$ ) des espèces de palétuvier dans les trois sites d'échantillonnages de Boanamary.

	BOANAMARY			SOALALA		
	Amboanio	Boanamary	Morahariva	Anjiamaloto	Kisoany	Taranta
<b>Nombre espèces</b>	5	6	2	4	5	4
<b>Nombre individus</b>	219	171	106	78	133	240
<b>Indice de Shannon <math>H'</math></b>	0,140	0,312	0,023	0,541	0,528	0,354
<b>log S = H max</b>	2,34	2,233	2,025	1,892	2,124	2,380
<b>Indice d'équitabilité (E)</b>	0,060	0,140	0,011	0,286	0,249	0,149

En générale, les deux sites d'Anjiamaloto et Kisoany ont un indice de diversité  $H'$  plus proche, 0,541 et 0,528 respectivement, ce qui signifie que les espèces dans ces deux sites sont plus diversifiées. Cependant, l'indice d'équitabilité est assez élevé pour le site d'Anjiamaloto avec  $E= 0,286$ , donc il n'y a pas de dominance relative dans ce site.

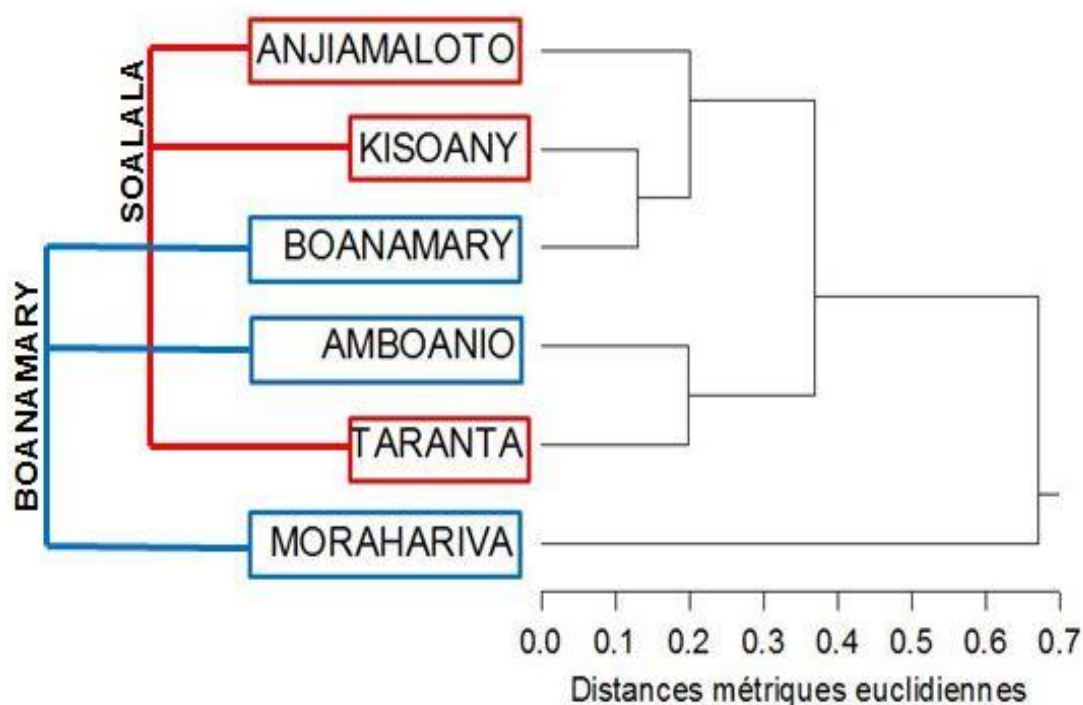
### III.1.5. Analyse de similarité

Afin de savoir la similarité des espèces présentes dans les 6 sites d'échantillonnage aux niveaux des deux zones d'étude, les indices de similarité de Jaccard ont été calculés. Les valeurs de ces indices sont montrées dans le tableau 11 ci-dessous. D'après ce tableau, l'indice de similarité entre les sites varie de 0,14 à 0,83 dont les sites de Boanamary et Kisoany représentent l'indice de similarité les plus élevées, ce qui implique qu'il y a une forte similarité entre ces deux sites. Le site de Morahariva et Boanamary présente les indices les plus faibles d'où ces deux sites partagent le moins des espèces communes.

**Tableau 11.** Tableau des indices de similarité entre les six sites d'échantillonnages.

Sites	AMBOANIO	ANJIAMALOTO	BOANAMARY	KISOANY	MORAHARIVA	TARANTA
AMBOANIO	1					
ANJIAMALOTO	0,6	1				
BOANAMARY	0,67	0,67	1			
KISOANY	0,8	0,8	0,83	1		
MORAHARIVA	0,2	0,2	0,14	0,17	1	
TARANTA	0,75	0,4	0,5	0,6	0,25	1

Le dendrogramme de similarité (figure 11) vient pour confirmer trois groupes bien distincts dont le premier groupe inclue le site de Boanamary, Kisoany et Anjiamaloto ; le deuxième groupe représente le site de Taranta et Amboanio et le dernier groupe est représenté par le site de Morahariva et les deux autres groupes. Le site de Kisoany et Boanamary partagent le plus d'espèces communes, notamment cinq espèces (*Avicennia marina*, *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora mucronata*, et *Sonneratia alba*).



**Figure 11.** Dendrogramme de similarité des espèces de palétuviers dans les six sites d'échantillonnage dans la zone de Boanamary et de Soalala.

### III.1.6. Potentialité en palétuvier

L'étude de potentialité en bois dans la zone de Boanamary et de Soalala à travers le calcul de la surface terrière et du biovolume est présentée dans le tableau suivant (tableau 12). Ce dernier représente les individus ayant un DBH de taille commercialisable. L'espèce

*Avicennia marina* représente une portion considérable en termes de surface terrière et de biovolume par rapport à l'ensemble des espèces à Boanamary (G : 71,84%, V : 84,03%) avec 147 individus à l'hectare. Cette même espèce domine également en termes de surface terrière (49,89%) et de biovolume (65,76%) à Soalala avec 64 individus à l'hectare. *Rhizophora mucronata* contribue 14,48% de la surface terrière des palétuviers à Boanamary et occupe donc la seconde place. À Soalala, *Sonneratia alba* occupe 23,27% de la surface terrière (0,533 m<sup>2</sup>/ha) avec 54 individus à l'hectare bien que l'espèce *Rhizophora mucronata* possède un important nombre d'individus à l'hectare (147 à l'hectare) pour une surface terrière de 20,86% par rapport au total dans la zone de Soalala. *Lumnitzera racemosa* représente la plus faible surface terrière dans la zone de Boanamary à raison de 0,10% tandis qu'à Soalala, c'est *Bruguiera gymnorhiza* qui occupe cette place avec une surface terrière de 1,84% seulement pour 10 individus à l'hectare. Bien qu'à l'apparence, les deux zones d'études semblent se différencier, le test de X<sup>2</sup> effectué a indiqué qu'il n'existe pas de différence significative entre ces deux zones en termes de surface terrière et de biovolume (p=0,537 >0,05 ; ddl=2).

**Tableau 12.** Surface terrière et biovolume dans les zones de Boanamary et Soalala.

Espèce	BOANAMARY					SOALALA				
	G	%	V	%	N (ha)	G	%	V	%	N (ha)
<b>Am</b>	0,666	68,91	0,573	83,66	147	1,156	49,89	1,737	65,74	64
<b>Ct</b>	0,087	9,01	0,026	3,77	48	0,096	4,16	0,057	2,15	50
<b>Bg</b>	0,006	0,67	0,002	0,35	1	0,043	1,84	0,024	0,90	10
<b>Lr</b>	0,001	0,10	0,00015	0,02	1	-	-	-	-	-
<b>Rm</b>	0,163	16,85	0,061	8,86	90	0,487	21,01	0,436	16,50	147
<b>Sa</b>	0,025	2,62	0,013	1,95	6	0,535	23,09	0,388	14,70	54
<b>Xg</b>	0,018	1,85	0,009	1,39	1	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	0,967	100,00	0,685	100,00	293	2,316	100,00	2,642	100,00	326

(G : surface terrière (m<sup>2</sup>/ha) ; V : Biovolume (m<sup>3</sup>/ha) ; N : nombre d'individu par espèce (ha) ; % : fréquence ; Am : *Avicennia marina* ; Ct : *Ceriops tagal* ; Bg : *Bruguiera gymnorhiza* ; Lr : *Lumnitzera racemosa* ; Rm : *Rhizophora mucronata* ; Sa : *Sonneratia alba* ; Xg : *Xylocarpus granatum*).

### III.1.7. Diamètre et hauteur des palétuviers

Afin d'élargir davantage l'analyse de potentialité en mangrove dans les zones d'études, la présente section étudie les diamètres et les hauteurs de palétuviers en tenant en compte que ces deux paramètres demeurent des indicateurs essentiels dans l'exploitation et la santé des mangroves.

D'une manière générale, les *Avicennia marina* possèdent un diamètre moyen plus élevé à travers tous les sites d'études alors que les espèces de Rhizophoraceae ont un diamètre relativement moindre (tableau 13). Dans la zone de Boanamary, les *Avicennia*

*marina* ayant un diamètre élevé sont rencontrés dans le site de Morahariva (M=21,13 ( $\pm 5,15$ )) puis à Amboanio (M=19,94 ( $\pm 0,74$ )) et enfin à Boanamary (M=16,21 ( $\pm 3,09$ )). En parallèle, dans la zone de Soalala, les plus larges *Avicennia marina* se rencontrent à Anjiamaloto (M=32,80 ( $\pm 12,58$ )) alors que les moins larges sont à Taranta (M=15,49 ( $\pm 19,46$ )).

En effectuant le test ANOVA à un facteur<sup>15</sup> pour chaque espèce, la différence entre la moyenne des palétuviers entre chaque site a pu être analysée. D'une manière globale, toutes les espèces représentent une différence significative entre au moins deux de sites. Cette différence significative a été observée dans le cas de l'espèce *Avicennia marina* (Am) (F = 3,93, p < 0,001). Elle a été remarquée entre les paires Boanamary-Anjiamaloto, Morahariva-Anjiamaloto ainsi que Taranta-Anjiamaloto. Pour l'espèce *Cerriops tagal*, (F = 19,54, p < 0,000), les différences sont rencontrées entre les paires Boanamary-Amboanio, Kisoany-Boanamary et Taranta-Boanamary. Pour l'espèce *Rhizophora mucronata* (F = 76,29, p < 0,000), les paires de sites qui ont représenté une différence significative sont Anjiamaloto-Amboanio, Boanamary-Amboanio, Kisoany-Amboanio, Boanamary-Anjiamaloto, Taranta-Anjiamaloto, Kisoany-Boanamary et Taranta-Kisoany. Finalement, pour l'espèce *Sonneratia alba* (F = 5,62, p < 0,001), les différences sont rencontrées au niveau de Kisoany-Amboanio et Kisoany-Anjiamaloto.

**Tableau 13.** Résumé statistique des diamètres de palétuviers dans les zones d'études.

Sp	Boanamary			Soalala		
	Amboanio	Boanamary	Morahariva	Anjiamaloto	Kisoany	Taranta
<b>Am</b>	19,94 ( $\pm 0,74$ )	16,21 ( $\pm 3,09$ )	21,13 ( $\pm 5,15$ )	32,80 ( $\pm 12,58$ )	23,93	15,49 ( $\pm 19,46$ )
<b>Bg</b>	-	21,83	-	15,27 ( $\pm 8,97$ )	11,35 ( $\pm 12,87$ )	-
<b>Ct</b>	11,41 ( $\pm 3,29$ )	4,97 ( $\pm 3,98$ )	-	-	10,16 ( $\pm 4,05$ )	11,42 ( $\pm 10,92$ )
<b>Rm</b>	4,33 ( $\pm 4,08$ )	6,75 ( $\pm 5,03$ )	-	16,94 ( $\pm 10,04$ )	16,70 ( $\pm 8,35$ )	5,96 ( $\pm 4,55$ )
<b>Sa</b>	10,06 ( $\pm 7,07$ )	18,92 ( $\pm 0,23$ )	-	9,58 ( $\pm 5,77$ )	26,94 ( $\pm 26,64$ )	-

(Sp : espèces ; Am : *Avicennia marina* ; Bg : *Bruguiera gymnorhiza* ; Ct : *Cerriops tagal* ; Rm: *Rhizophora mucronata*; Sa: *Sonneratia alba*).

Concernant la hauteur des palétuviers, le tableau ci-après (tableau 14) représente la moyenne et l'écart-type de chaque espèce par site d'étude à travers Boanamary et Soalala. D'une manière générale, les *Avicennia marina* atteignent une hauteur importante dans l'ensemble des sites à travers les deux zones d'études. D'après ce tableau, on peut constater que le site de Morahariva abrite des *Avicennia marina* d'une hauteur plus importante en moyenne (M=8,58 ( $\pm 2,60$ )) par rapport à l'ensemble des autres sites alors que les *Rhizophora mucronata* dans le site d'Amboanio représente une hauteur faible (M=1,25 ( $\pm 0,77$ )) comparée à l'ensemble.

<sup>15</sup> Tableau de post-test de Tukey à l'annexe X

**Tableau 14.** Résumé statistique de la hauteur des palétuviers dans les sites d'études.

Sp	Boanamary			Soalala		
	Amboanio	Boanamary	Morahariva	Anjiamaloto	Kisoany	Taranta
<b>Am</b>	3,25 ( $\pm 0,35$ )	4,74 ( $\pm 1,74$ )	8,58 ( $\pm 2,60$ )	4,36 ( $\pm 0,79$ )	3,10	2,07 ( $\pm 1,77$ )
<b>Bg</b>	-	2,60	-	2,6 ( $\pm 0,47$ )	1,77 ( $\pm 1,59$ )	-
<b>Ct</b>	2,05 ( $\pm 0,41$ )	1,14 ( $\pm 1,08$ )	-	-	2,02 ( $\pm 0,58$ )	2,49 ( $\pm 1,39$ )
<b>Rm</b>	1,25 ( $\pm 0,77$ )	1,65 ( $\pm 1,08$ )	-	2,50 ( $\pm 1,11$ )	2,88 ( $\pm 0,93$ )	2,35 ( $\pm 1,79$ )
<b>Sa</b>	1,57 ( $\pm 1,36$ )	3,85 ( $\pm 1,63$ )	-	1,83 ( $\pm 0,83$ )	3,22 ( $\pm 0,76$ )	-

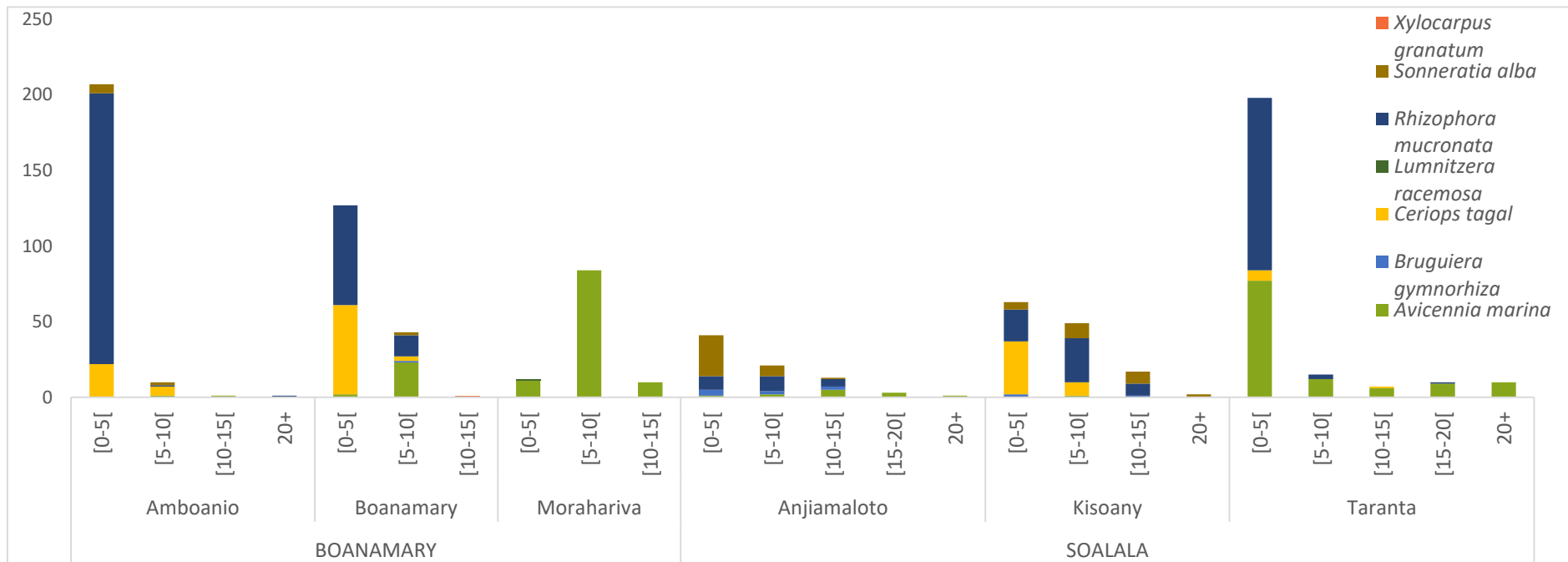
(Sp : espèces ; Am : *Avicennia marina* ; Bg : *Bruguiera gymnorhiza* ; Ct : *Ceriops tagal* ; Rm: *Rhizophora mucronata*; Sa: *Sonneratia alba*).

Le test ANOVA<sup>16</sup> a indiqué qu'il existe une différence significative de la hauteur moyenne des *Avicennia marina* entre les sites ( $F = 107,9$ ,  $p < 0,001$ ). De ce fait, en effectuant le post test de Tukey, on constate que dans la zone de Boanamary, le site de Morahariva présente une différence significative avec les autres sites de la zone, en l'occurrence celui de Boanamary et d'Amboanio. Il existe également une différence significative en terme de hauteur des *Avicennia marina* entre les pairs Morahariva-Anjiamaloto, Taranta-Anjiamaloto, Taranta-Boanamary et Taranta-Morahariva. Pour les *Ceriops tagal* ( $F = 22,72$ ,  $p < 0,001$ ), les différences significatives ont été relevées entre le site de Boanamary et les sites d'Amboanio, de Kisoany et de Taranta. En ce qui concerne les *Rhizophora mucronata* ( $F = 29,66$ ,  $p < 0,000$ ), c'est surtout le site d'Amboanio qui diffère significativement des autres sites comme Anjiamaloto, Kisoany, Taranta. Il en est de même pour la hauteur des espèces de *Rhizophora mucronata* entre Taranta et les sites de Boanamary et de Kisoany. Pour les *Sonneratia alba* ( $F = 15,77$ ,  $p < 0,000$ ), c'est principalement le site de Kisoany qui diffère d'Anjiamaloto et d'Amboanio.

### III.1.8. Régénération naturelle

L'analyse de régénération naturelle offre un aperçu partiel de la santé et de l'avenir de la forêt de mangrove dans chaque zone d'étude. En effet, comme l'analyse requiert le groupement, d'une part, des individus régénérés d'un DBH inférieur à 5cm et, d'autre part des individus semenciers dont le DBH est supérieur à 5cm. La figure suivante illustre la répartition de chaque classe par espèce et par site d'étude.

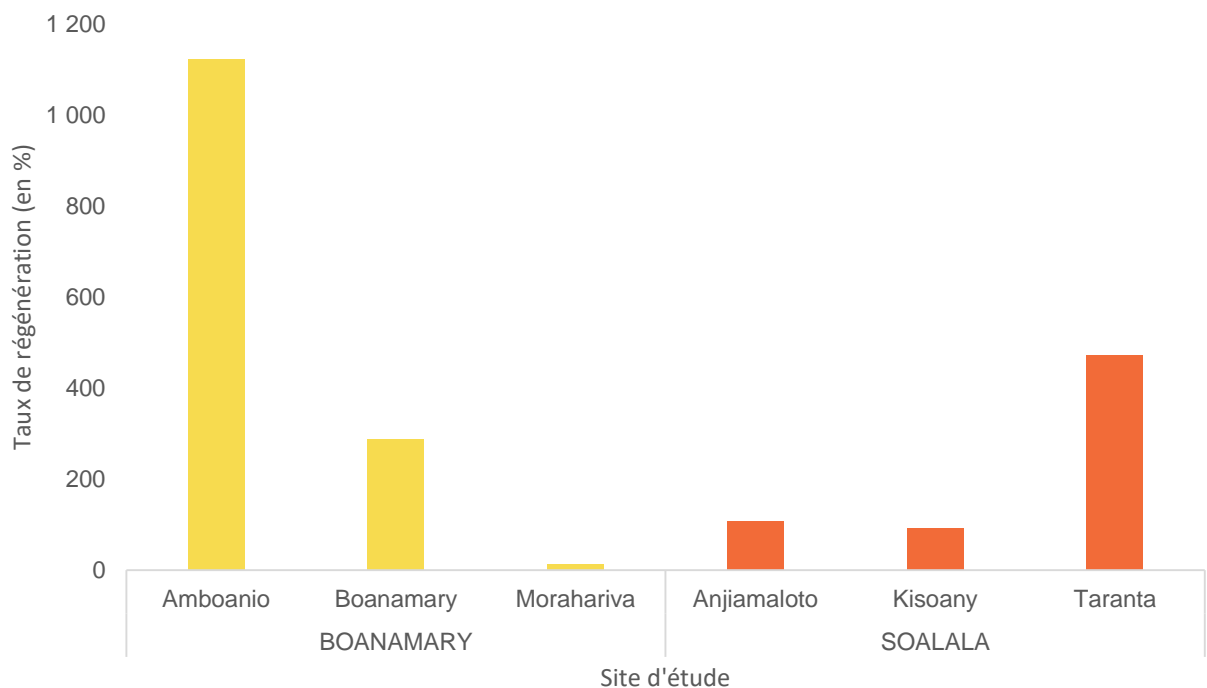
<sup>16</sup> Tableau de post test de Tukey à l'annexe XI



**Figure 12.** Répartition des espèces de palétuviers par classe de DBH et site d'étude.

D'après la figure 12, une forte présence des palétuviers de moins de 5cm est notée à travers chaque site sauf à Morahariva. En addition, cette forte présence est marquée par la prédominance des *Rhizophora mucronata* suivi des *Avicennia marina* et des *Ceriops tagal*. Les palétuviers dont la taille est supérieure à 5 cm, considérés comme individu semencier dans l'étude de la régénération naturelle, sont moins abondants dans tous les sites. Néanmoins, cette abondance ne s'exprime pas de la même façon. En effet, alors que cette faible abondance est relativement importante dans la zone Boanamary, les individus de plus de 10cm sont beaucoup plus nombreux à Soalala comparé à Boanamary. De ce fait, les individus inférieurs à 5cm sont plus nombreux que les individus supérieurs à 5cm. Ce résultat est généralisé et visible dans l'ensemble des sites d'étude, mais à une proportion différente.

À partir de cette étude, l'analyse de la régénération naturelle est exprimée par la figure 13. Les taux de régénération naturelle dans les sites d'Amboanio et de Boanamary sont très élevés par rapport à l'ensemble, s'élevant à hauteur de 1 125% et de 288,64% respectivement. Dans le site de Morahariva, le taux de régénération est de 12,77%, cette valeur représente une potentialité de régénération très faible. Pour le site de Soalala, le taux de régénération est également considéré comme élevé pour l'ensemble des sites. Le taux maximum est observé dans le site de Taranta à hauteur de 471,43% suivis de celui d'Anjiamaloto qui s'élève à 107,89% tandis que le site de Kisoany présente un taux de régénération faible à hauteur de 92,65%.



**Figure 13.** Taux de régénération naturelle des palétuviers par site d'étude.

### III.2. Pressions et menaces

Les menaces et pressions relevées au niveau des sous-sites de Boanamary sont aux nombres de cinq, à savoir, la coupe, le charbonnage, les différentes exploitations de terrain, comme la conversion, et les espèces envahissantes<sup>17</sup>. Néanmoins, elles varient légèrement selon le site d'étude. Le tableau (tableau 15) ci-après résume les pressions et menaces relevées sur les sites d'études. Sur ce, c'est la zone à mangrove de Morahariva qui est la plus menacée. Les différentes activités anthropiques y sont les plus importantes et d'une manière plus générale, les pressions au niveau des sous-sites sont dominées par les coupes. L'indice de pression y est de 0,85, cela dit la pression est très forte. La seconde localité ayant un indice

<sup>17</sup> Illustration des pressions et menaces en annexe VIII

de pression est celle de Boanamarly où la coupe est intense et où l'indice de pression est égal à 0,75, ce qui indique une pression forte.

**Tableau 15.** Evaluation des menaces et pressions aux espèces de palétuviers de Boanamarly.

Sous-Site	Type de menace	Score			Evaluation
		Durée	Intensité	Importance	
Morahariva	Coupe	3	3	2	8
	Charbonnage	3	3	3	9
	Exploitation de terrain	3	2	3	8
	Espèce envahissante	3	2	1	6
<b>Evaluation totale [Indice de pression <i>Ip</i>]</b>					<b>31 [0,86]</b>
Amboanio	Divagation des bétails	3	2	1	6
	Charbonnage	2	1	2	5
	Coupe	3	3	2	8
	Exploitation	3	2	1	6
	Espèce envahissante	1	1	1	3
<b>Evaluation totale [Indice de pression <i>Ip</i>]</b>					<b>28 [0,62]</b>
Boanamarly	Divagation des bétails	3	2	1	6
	Exploitation	3	2	1	6
	Coupe	3	3	2	8
	Espèce envahissante	3	2	2	7
<b>Evaluation totale [Indice de pression <i>Ip</i>]</b>					<b>27 [0,75]</b>

Comparé aux deux premiers sous-sites, Amboanio possède l'indice de pression la moins élevée (0,62) et qui est jugé comme pression moyenne. Partout dans les trois sous-sites de l'étude, la divagation de bétail, notamment des zébus, dans les mangroves pose une réelle pression pour chacun d'eux avec une durée et une intensité égale au niveau de ceux-ci, mais d'une importance plus élevée (3) à Amboanio.

Pour le cas de Soalala, l'évaluation des pressions et menaces est démontré par le tableau 16. Dans cette zone, trois types de menaces ont été relevés, ce sont : la divagation de bétail, la coupe et la présence des espèces envahissantes détruisant le tronc des palétuviers (tableau 16). D'abord, les espèces s'attaquant aux écorces de palétuviers détiennent un score élevé par rapport aux autres types de menaces dans le sous-site de Kisoany et celui d'Anjiamaloto. Néanmoins, à Anjiamaloto, la durée est plus importante (3). Ensuite, la divagation de bétail dans les mangroves constitue le second type de menace avec une durée, une intensité et une importance égale à 2 pour Taranta et les mêmes résultats sont obtenus à Anjiamaloto mis à part l'importance qui est de niveau 1. La coupe est absente à Kisoany, elle est moindre à Anjiamaloto en termes de durée (1), d'intensité (1) et d'importance (1). Par contre, à Taranta, cette activité de coupe est plus élevée par rapport à Anjiamaloto en termes de durée (2) et d'intensité (2).

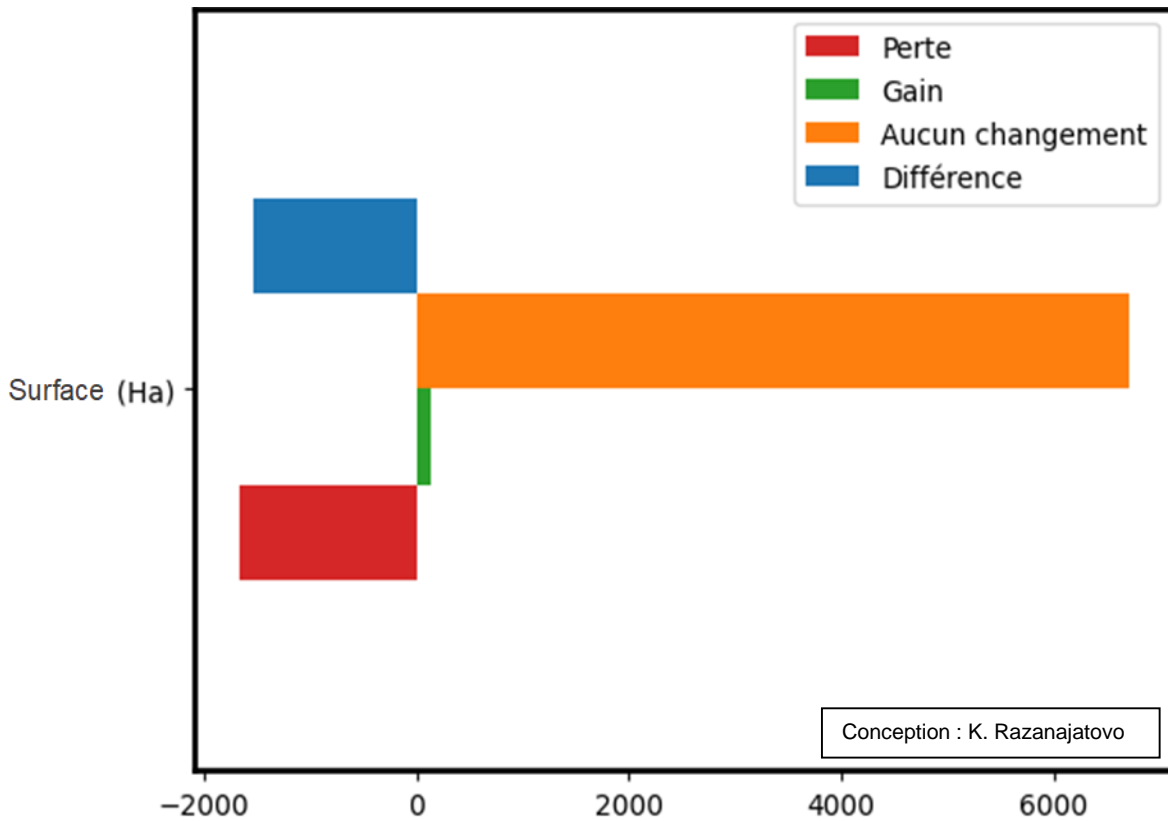
**Tableau 16.** Evaluation des menaces et pressions aux espèces de palétuviers de Soalala.

Sous-Site	Types	Score			Evaluation
		Durée	Intensité	Importance	
Kisoany	Coupe	1	1	1	3
	Espèce envahissante	2	2	2	6
<b>Evaluation totale [Indice de pression <math>I_p</math>]</b>					<b>9 [0,25]</b>
Anjiamaloto	Divagation des bétails	2	2	1	5
	Coupe	1	1	1	3
	Espèce envahissante	3	2	2	7
<b>Evaluation totale [Indice de pression <math>I_p</math>]</b>					<b>15 [0,42]</b>
Taranta	Divagation des bétails	2	2	2	6
	Coupe	2	2	1	5
<b>Evaluation totale [Indice de pression <math>I_p</math>]</b>					<b>11 [0,41]</b>

En général, la présence des espèces envahissantes reste la plus menaçante (7) de Soalala pour l'ensemble des sous-sites suivi de la divagation de bétail (6). En revanche, la coupe constitue une moindre menace pour Soalala. D'une manière plus spécifique, les indices de pressions indiquent que le sous-site d'Anjiamaloto subit une pression plus prépondérante (0,42) comparée à Taranta (0,41) et Kisoany (0,25).

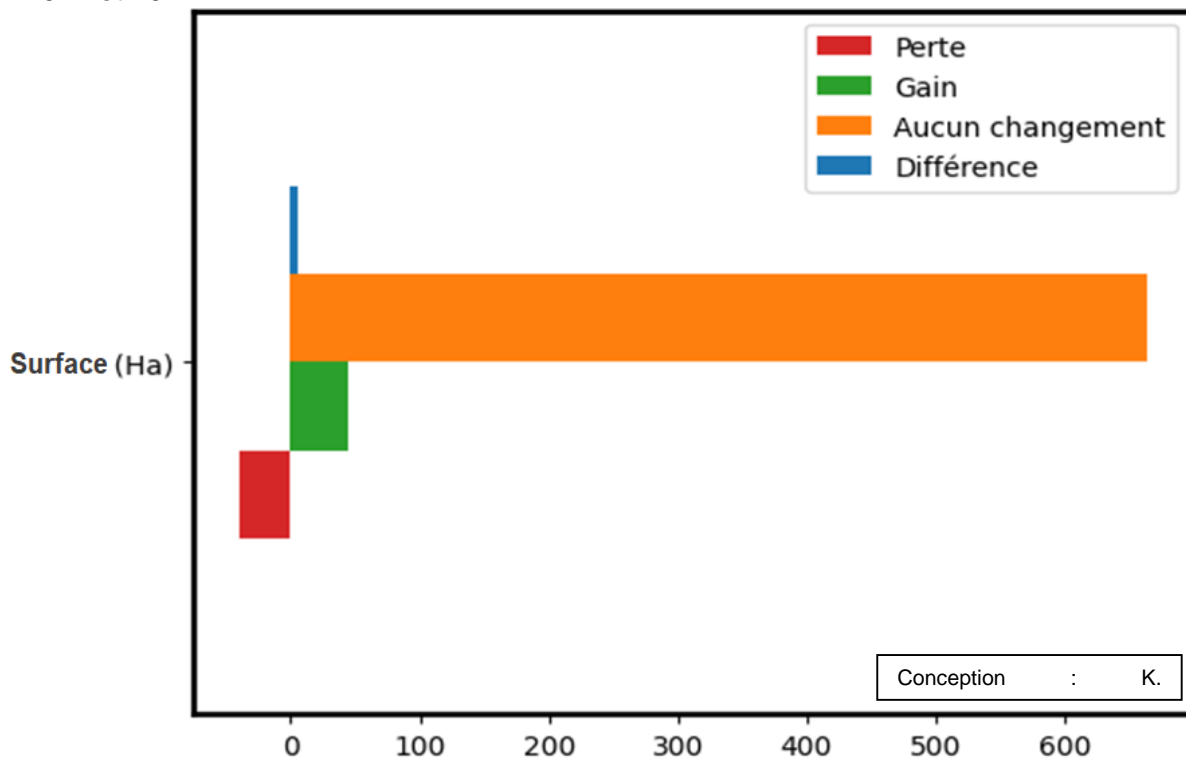
### III.3. Evolution de la mangrove

Les sections suivantes illustrent l'évolution de la mangrove entre 1996 et 2021 à Bombetoka et Soalala. D'abord, la figure suivante (figure 14) indique l'évolution de la forêt de mangrove de Boanamaray entre 1996 et 2017, à l'issue d'une observation satellitaire faisant appel au produit Sentinel 2 (2017 – 2021) et aux données géospatiales de Global Mangrove Watch (à partir de 1996). D'un côté, les gains en mangrove, indiqués en barre verte sur la légende, représentent une partie particulièrement restreinte sur cette figure. Entre 1996 et 2017, les gains en surface ne s'élèvent qu'à 124,26 ha alors que la perte avoisine 1986 ha à Bombetoka (notée par une barre rouge sur la figure) entre ces années. Par conséquent, une évolution à tendance négative est dénotée par la légende « Différence » (barre orange sur la figure) en termes de récapitulatif pour la situation de la mangrove de Bombetoka entre l'année 1996 et 2017.



**Figure 14.** Evolution de la mangrove de Bombetoka entre 1996 et 2017.

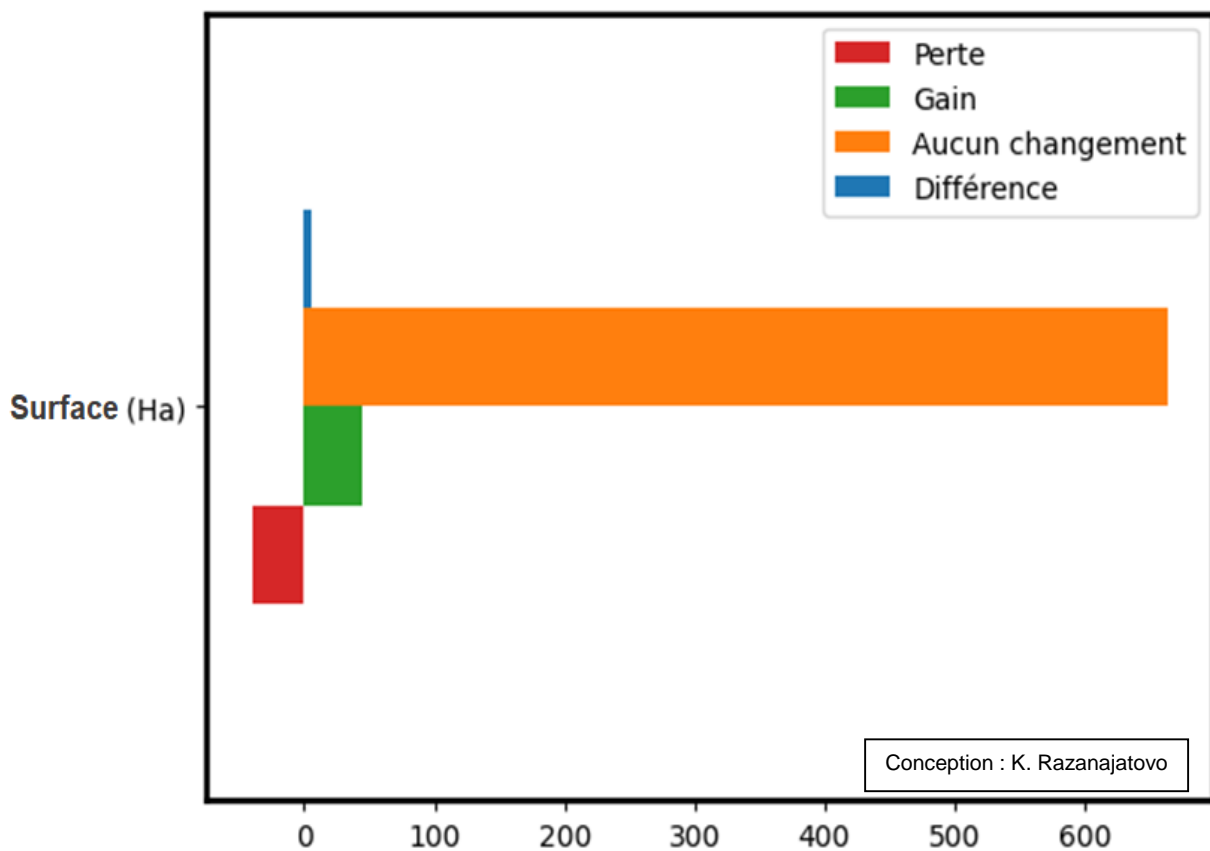
La figure suivante (figure 15) illustre l'évolution de la mangrove de Bombetoka entre 2017 et 2021.



**Figure 15.** Evolution de la mangrove de Bombetoka entre 2017 et 2021.

Le gain de surface est plus élevé (215 ha) sur la figure 15 par rapport à la figure précédente (figure 14). Néanmoins, les pertes de mangrove sont toujours aussi importantes quoiqu'elles ne soient plus au même taux que celle de la figure précédente. Inévitablement, la valeur de delta demeure encore négative (648 ha).

De son côté, la mangrove de Soalala, a également subi des pertes en termes de surface (figure 16). Cette perte est de 36,40 ha entre 1996 et 2017. Quant au gain de surface, il est plus important comparé à la perte, celui-ci s'élève à 43,03 ha. Cette circonstance résulte à l'évolution à tendance positive de la mangrove de cette zone, notée par l'indicateur *différence* sur la figure, d'où un gain total de +6,63 ha.

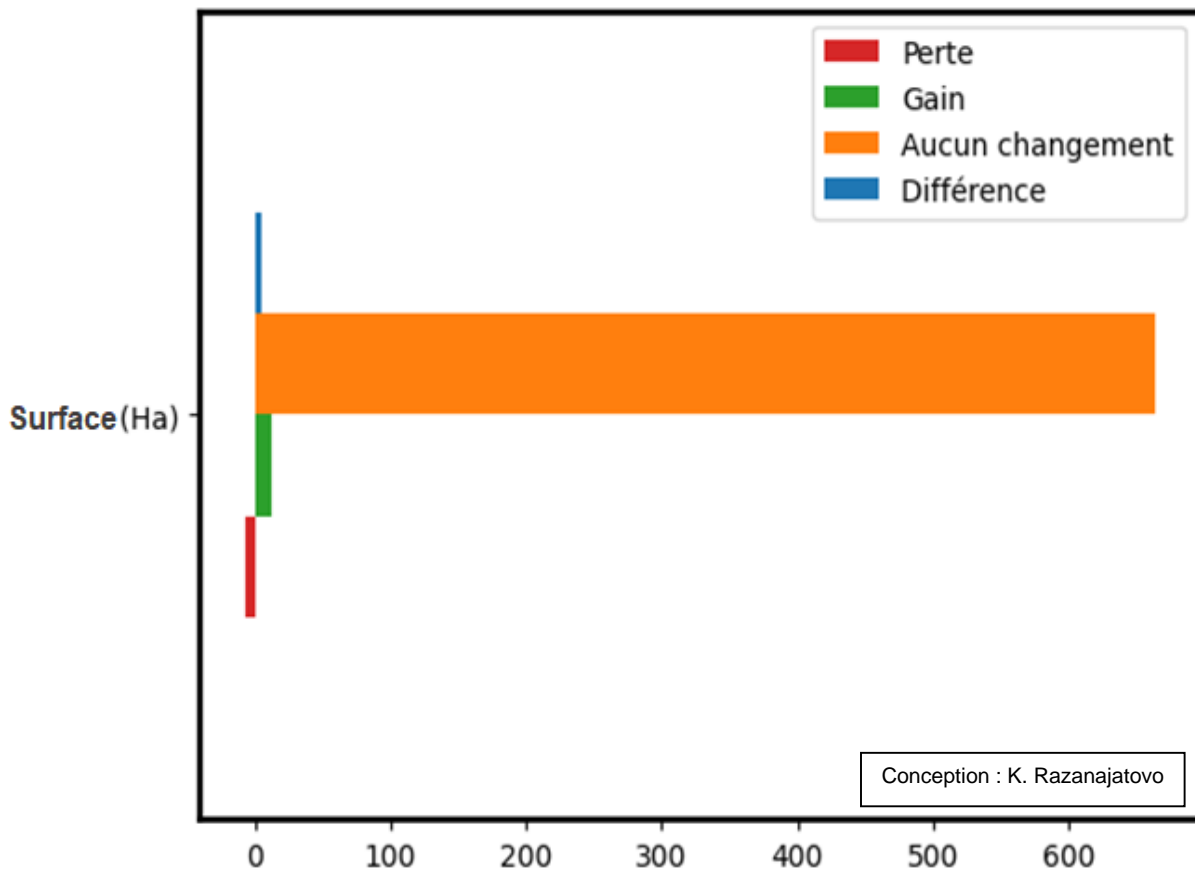


**Figure 16.** Evolution de la mangrove de Soalala entre 1996 et 2017.

La perte de surface se voit réduite sur cette figure représentant l'évolution entre les années 2017 et 2021 à Soalala. Le gain en mangrove est également minime comparé aux années précédentes (figure 16). De ce fait, un très peu d'évolution a été détectée sur la mangrove de Soalala à partir de 2017 jusqu'en 2021 quoiqu'elle soit positive. Cette affirmation étant confirmée par l'indicateur *différence* sur la figure 17.

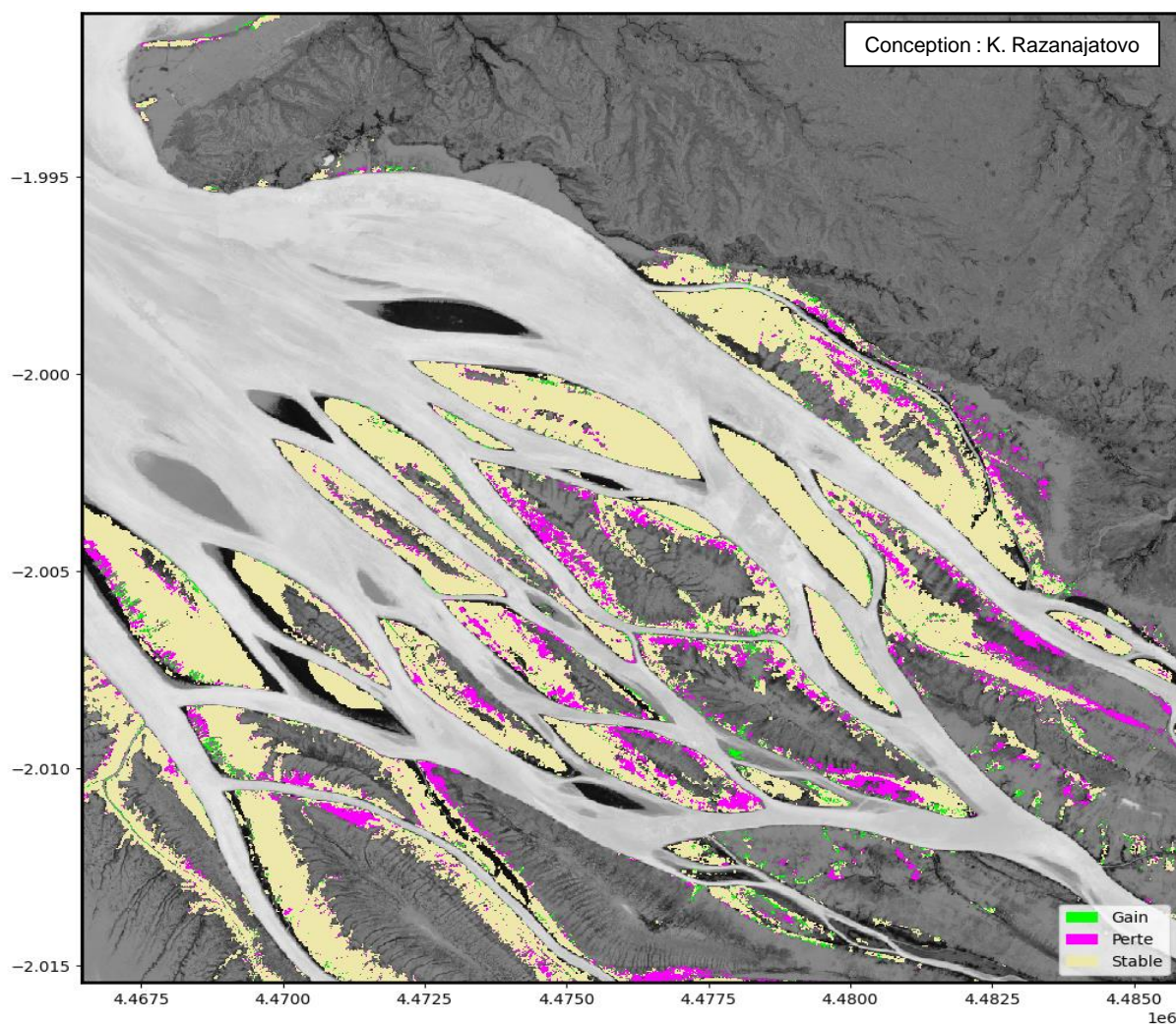
En effet, on dénote une évolution positive de l'état de santé des mangroves dans les deux sites d'études. Néanmoins, ce changement demeure non identique quant à la somme d'évolution (différence) selon les analyses géospatiales menées.

Finalement, les deux sites présentent une dissimilarité en matière de l'évolution de l'étendue de la mangrove. Si Bombetoka connaît des évolutions négatives allant vers une positivité, le cas de Soalala est totalement différent. Dans la zone de Soalala, le changement delta reste positif à travers les 25 années d'études géospaciales, mais l'évolution semble demeurer la même si l'on tient compte de la balance entre gain et perte.



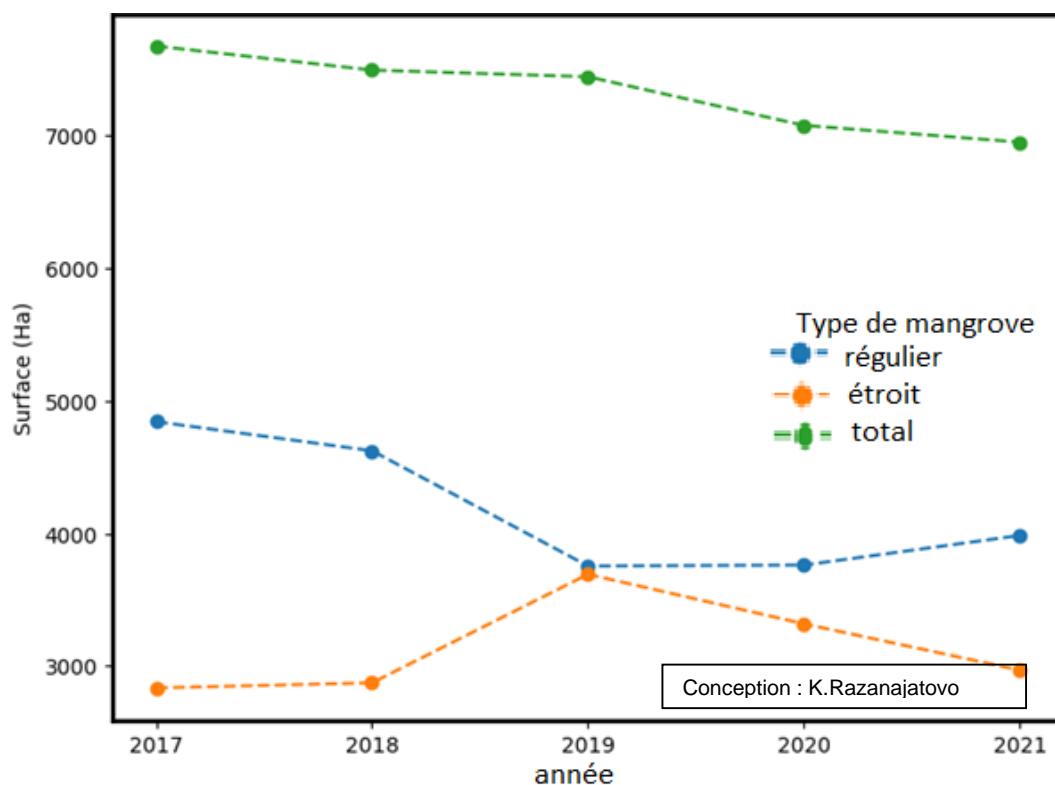
**Figure 17.** Evolution de la mangrove de Soalala entre 2017 et 2021.

Les pertes et gains détectés à partir des images satellitaires (figure 18) confirment le résultat sur l'analyse des changements subit par la mangrove à travers les années évoquées dans les paragraphes précédents. La mangrove de Bombetoka a connu une perte plus importante (en rose sur la légende) que de gain (en vert). Les zones près des villages n'en sont pas épargnées comme celle de Morahariva (figure 18). Les pertes sont majoritairement observées au niveau des îlots.



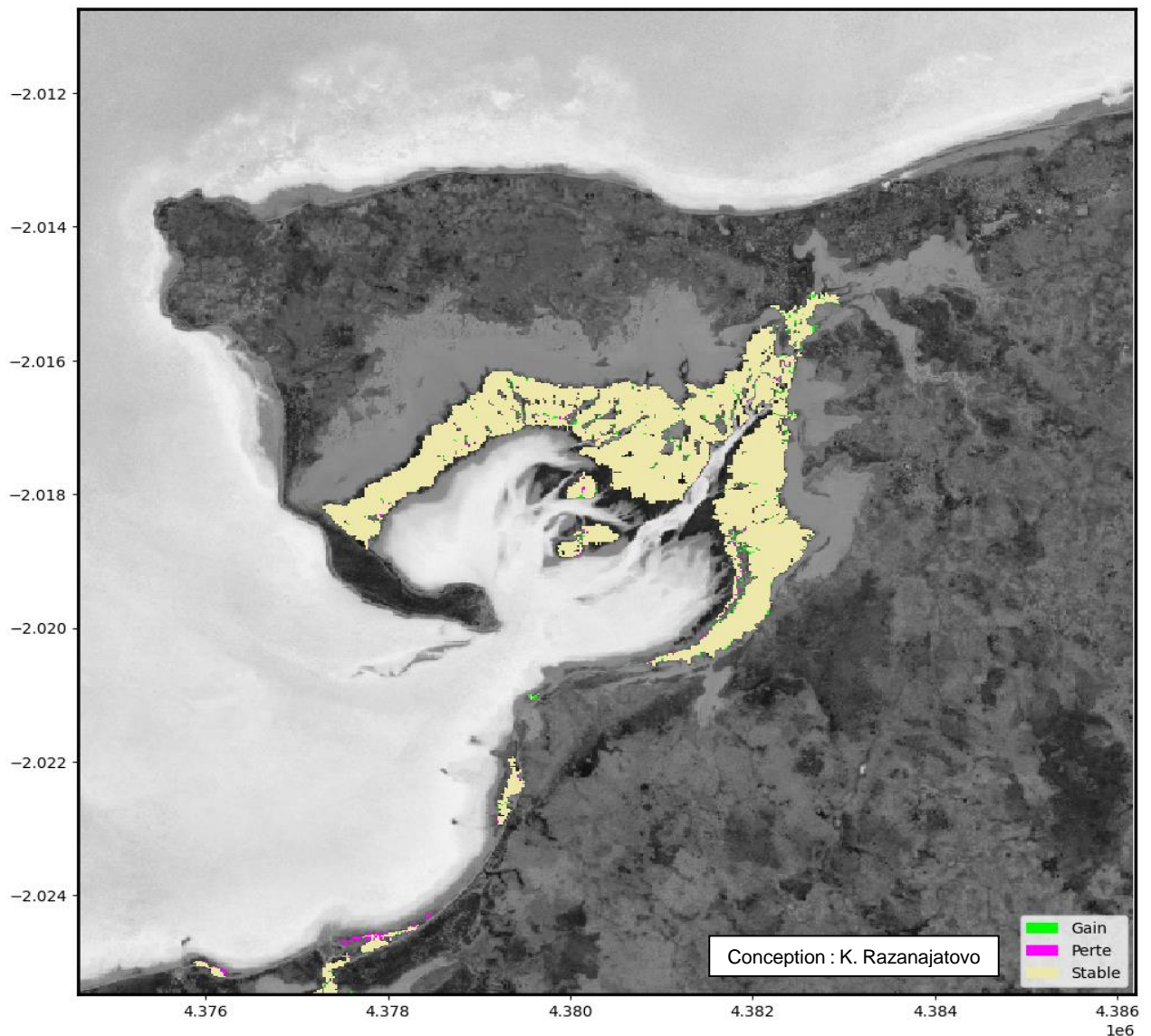
**Figure 18.** Perte et gain de mangrove de Bombetoka entre 2017 et 2021.

De ce fait, ces changements vont de pair avec le taux de recouvrement (figure 19). Le recouvrement régulier a diminué depuis 2017 jusqu'en 2019 à partir duquel une légère hausse est constatée. De son côté, le recouvrement de type serré a connu l'effet inverse, les mangroves ont connu une amélioration positive en termes de couverture entre 2018 et 2019. Cette tendance est revue en baisse entre 2019 et 2020. Puis elle devient constante entre 2020 et 2021. En somme, le total de cette évolution annuelle vient renforcer le constat sur les changements qui ont affecté les mangroves de Bombetoka, il s'agit d'une régression. Bien que les mangroves deviennent beaucoup plus serrées entre 2017 et 2021, la tendance générale est à la baisse. Les pertes et les gains entre 1996 et 2017 figurent à l'annexe IV et l'évolution détaillée par année entre 2017 et 2021 est illustrée à l'annexe V.



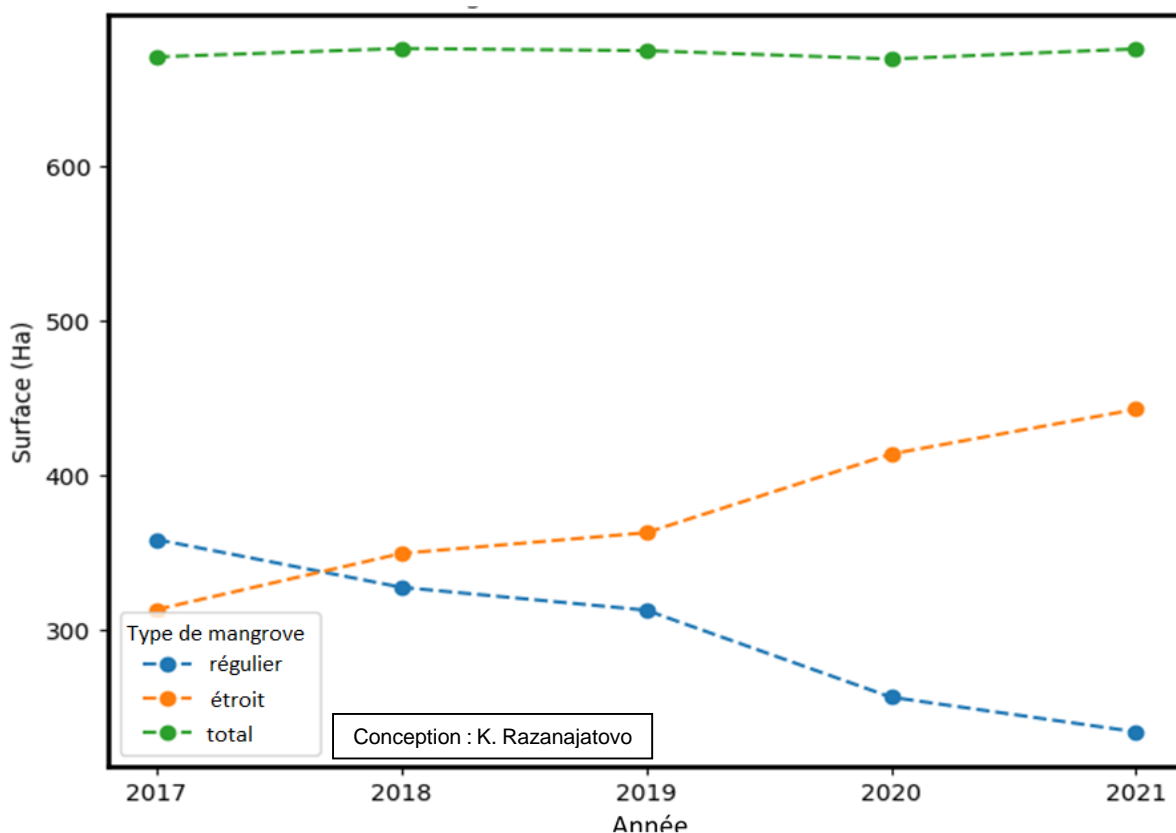
**Figure 19.** Evolution du recouvrement de la mangrove de Bombetoka de 2017 à 2021.

Quant à la zone de Soalala, les pertes et les gains de surface entre 2017 et 2021 sont récapitulés par la figure 20. Les pertes et les gains entre 1996 et 2017 sont indiqués à l'annexe VI. Cette figure indique qu'il existe très peu d'évolution entre 2017 et 2021 à Soalala en termes de gains et de pertes de surface de la forêt de mangrove. De ce fait, la mangrove a été stable au cours de ces cinq années. Les détails de l'évolution par année figurent à l'annexe VII.



**Figure 20.** Perte et gain de mangrove à Soalala entre 2017 et 2021.

La figure suivante (figure 21) illustre le taux de recouvrement au niveau de cette zone. Le recouvrement régulier a connu une diminution de 2017 à 2021. D'abord avec une pente faible entre 2017 et 2019, ensuite une pente relativement forte entre 2019 et 2020. Cette diminution de la couverture régulière donne place à une mangrove de plus en plus étroite depuis 2017 jusqu'en 2021 atteignant plus de 100 ha. Néanmoins, en combinant les gains et les pertes entre ces années, d'une manière générale, l'évolution positive reste assez faible en termes de recouvrement.



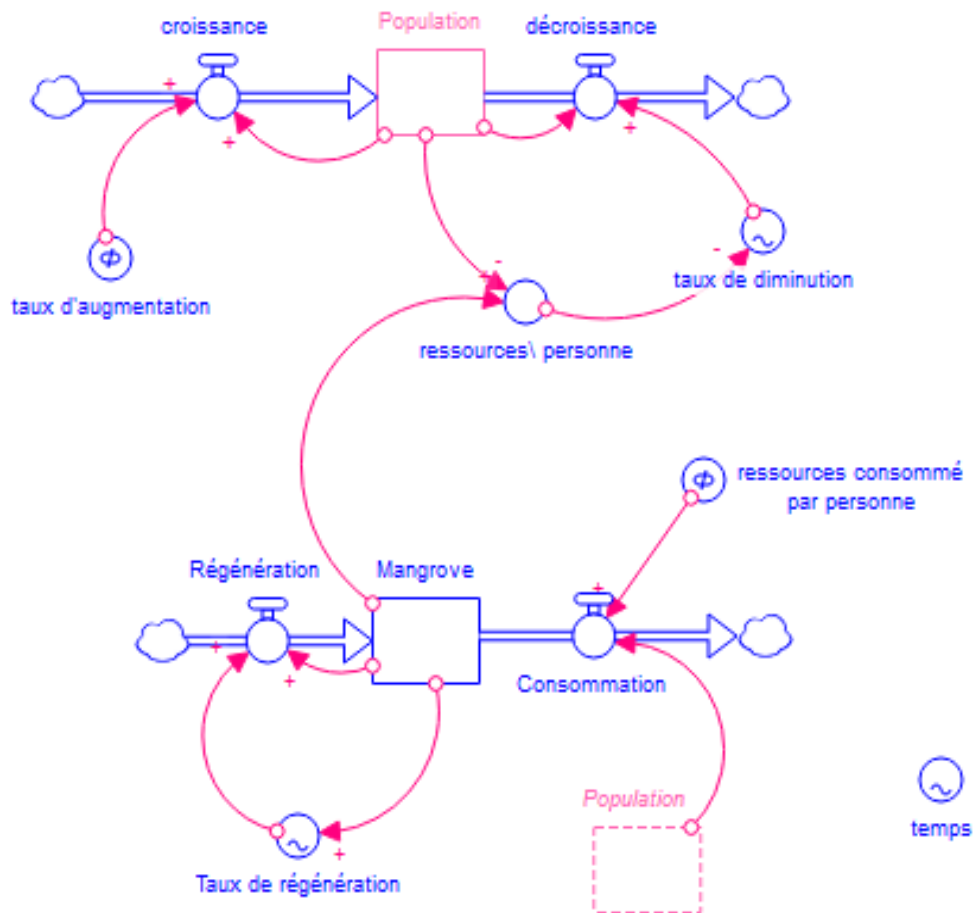
**Figure 21.** Evolution du recouvrement de mangrove de Soalala de 2017 à 2021.

### **III.4. Modélisation de la dynamique du système mangrove-socio-économie**

Pour estimer la durabilité de la forêt de mangrove face à son utilisation, la modélisation à partir de la dynamique de système est utilisée. Le modèle ci-après (figure 22) a été créé afin de reproduire d'une manière simple la relation entre les Hommes et la mangrove. La mangrove est représentée comme une ressource naturelle utilisée par la population, non seulement locale, mais également des villes. La mangrove aussi bien que la population représente les stocks du modèle. Le stock de mangrove augmente grâce à la régénération et diminue par la consommation de la population.

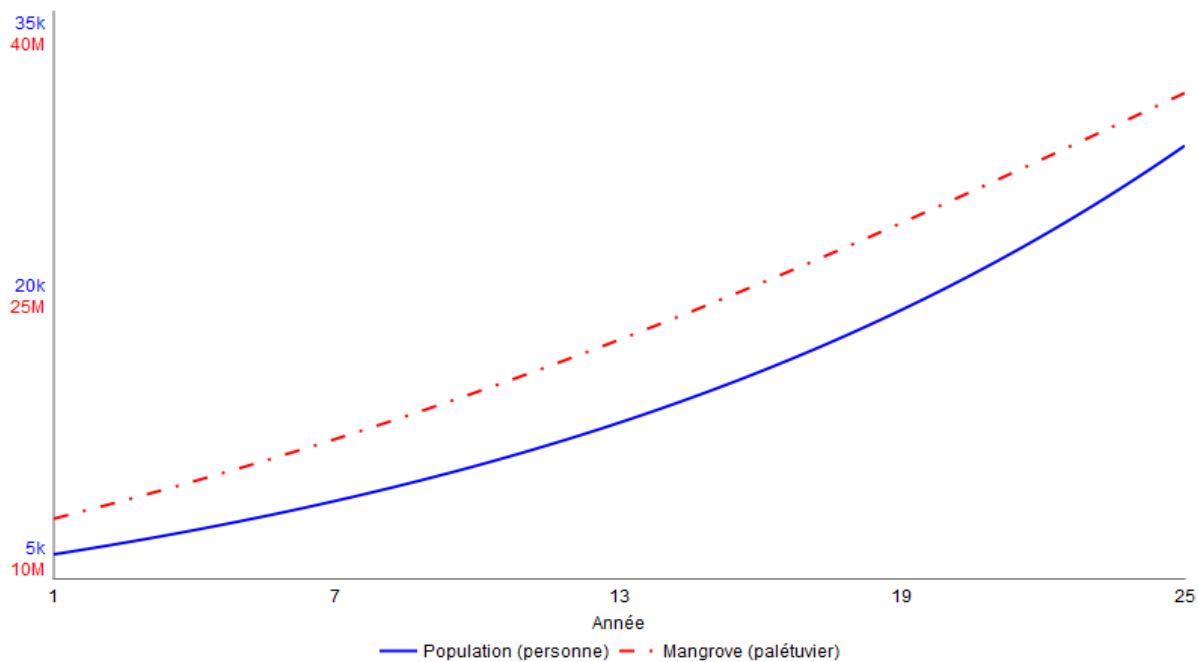
La population augmente grâce aux différents facteurs de croissance comme la naissance et la migration tandis que sa baisse est occasionnée par les facteurs comme le départ ou la mortalité. Le lien entre la ressource à mangrove et la population est donc sa consommation. Dans ce scénario, le Business As Usual (BAU) est représenté comme la continuation de l'activité courante. Le modèle (figure 22) montre également comment la consommation de ressources par personne augmente au fur et à mesure que la taille de

population au sein d'une localité donnée augmente. En ce sens, la consommation traduit le besoin de chaque individu.



**Figure 22.** Représentation de la dynamique du système population-mangrove.

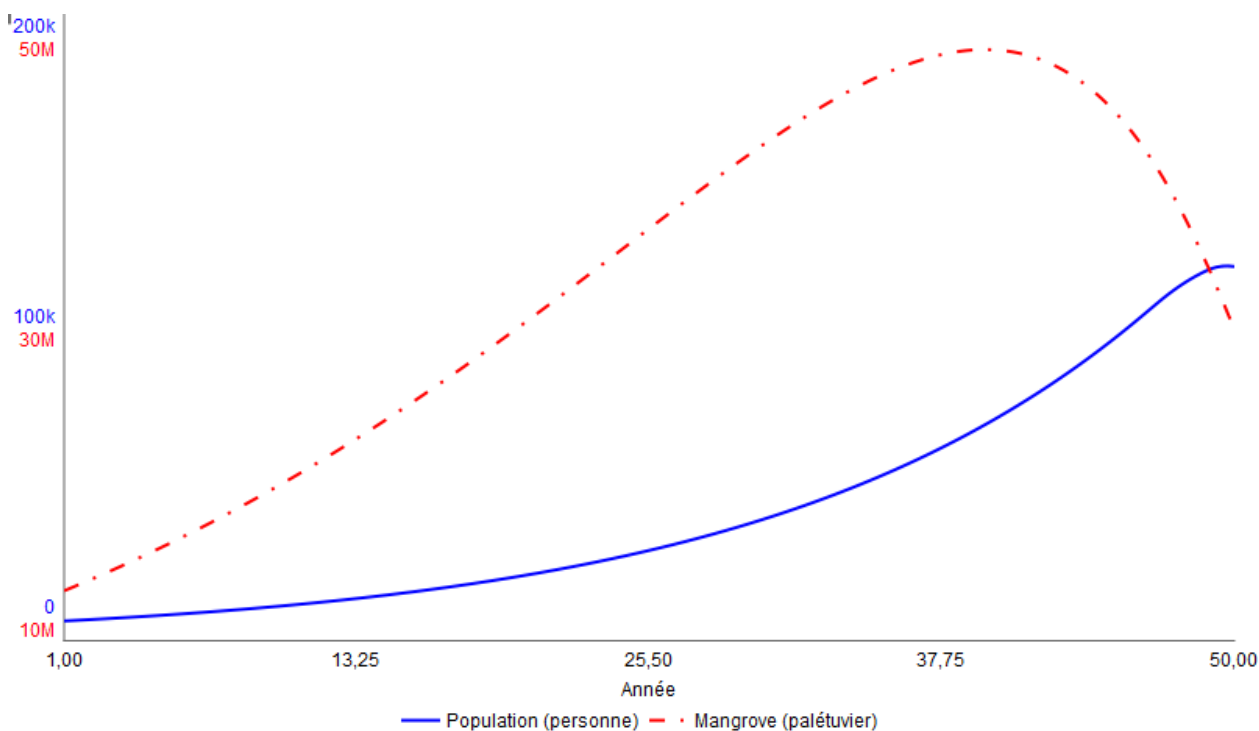
Pour le cas de Boanamy, le nombre de population initiale est de 6300 pour la zone concernée avec un taux de croissance de 3% annuel. Le nombre de palétuviers composant le stock de mangrove est de 293 pieds par hectare et la surface totale de la mangrove de Boanamy retenue pour cette étude est de 45 000ha. La consommation/utilisation de la mangrove par unité de population est fixée à 50. Au cours des 25 années suivantes, l'évolution de la mangrove est projetée comme indiqué à la figure 23. La période de doublement de la population est dans 23,45 ans alors que celle de la mangrove est dans 35 ans.



**Figure 23.** Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 25 ans à Boanamary.

Cette figure illustre le cours de l'évolution de la mangrove dans un horizon temporel de 25 ans en considérant les activités quotidiennes inchangées. Autrement dit, le stock actuel de mangrove excède encore la consommation (ou les besoins) actuels de la population. La taille de la population tout comme la mangrove évolue positivement à travers les années, car la régénération de la mangrove arrive encore à satisfaire les besoins de la population croissante.

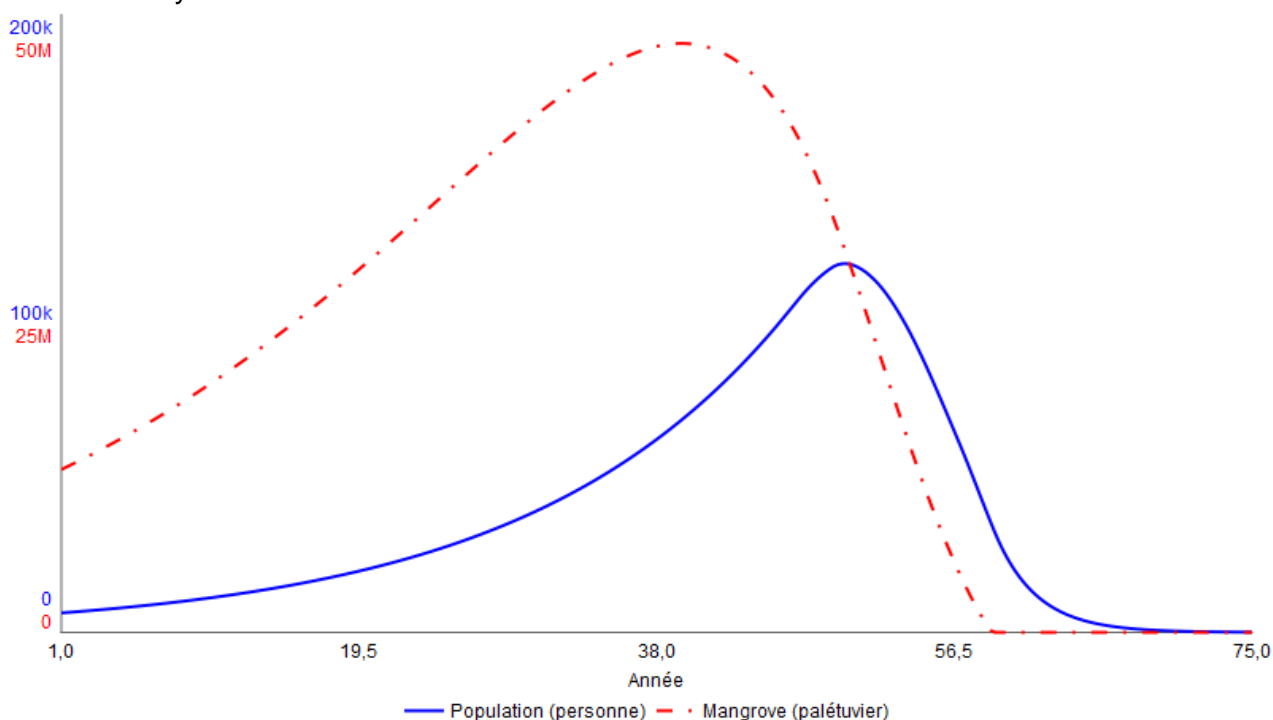
La figure 24 suivante illustre le cours de l'évolution de la mangrove dans un horizon temporel de 50 ans avec un scénario BAU.



**Figure 24.** Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 50 ans à Boanamary.

La population tout comme la mangrove évoluent positivement à travers les années jusqu'à l'année 39 où la régénération de la mangrove n'arrive plus à satisfaire les besoins de la population croissante. En ce sens, même si la population poursuit sa croissance à travers les années, la mangrove quant à elle poursuit un rythme de diminution après l'année 39.

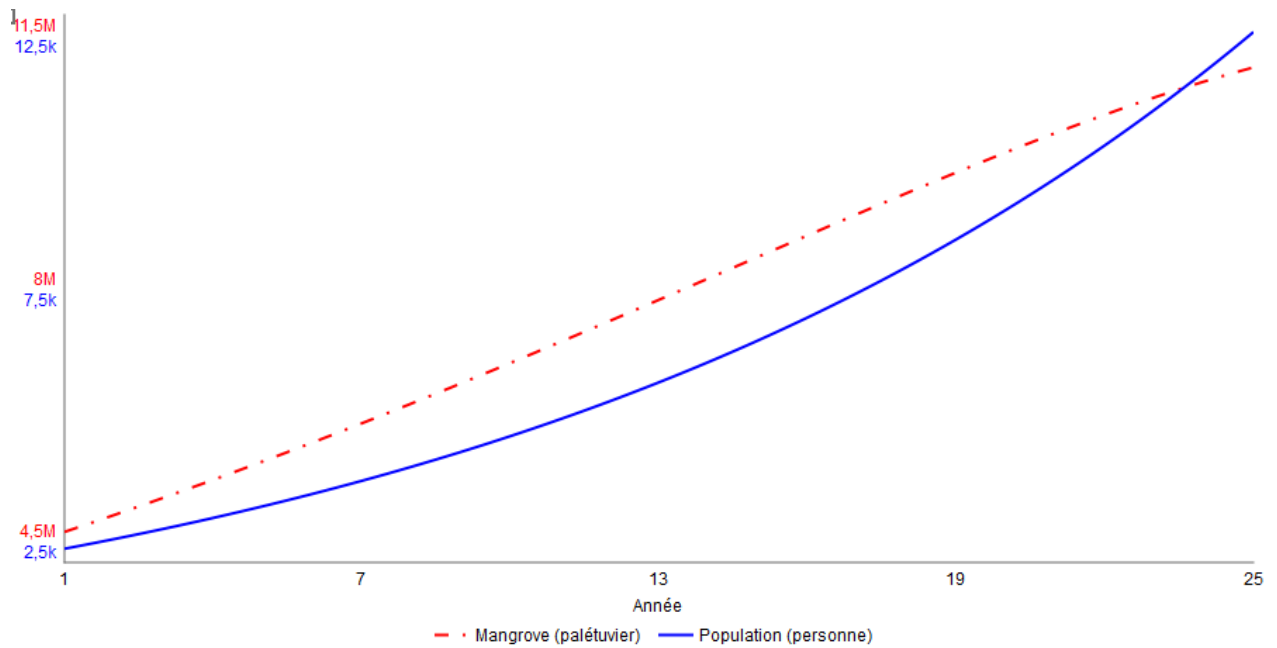
Quant à la figure ci-dessous (figure 25), elle illustre le cours de l'évolution de la mangrove par rapport à la population dans un horizon temporel de 75 ans pour le cas de Boanamary.



**Figure 25.** Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 75 ans à Boanamary.

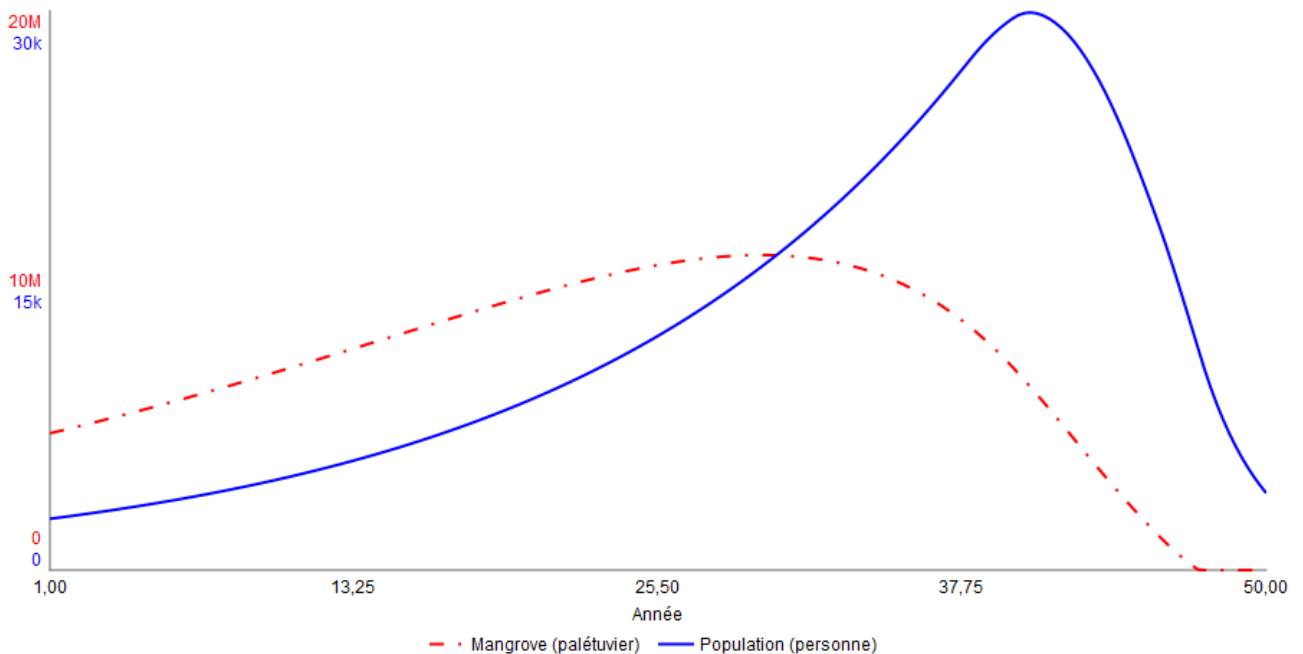
À partir de l'année 39 où la mangrove prend un rythme décroissant, la population prend encore une allure croissante jusqu'à l'année 50 où la diminution de la mangrove commence à influencer la croissance de la population. À l'année 59, lorsque la mangrove disparaît, la population ainsi que les besoins commencent à diminuer et tendre vers 0 comme indiqué à la figure 25.

Pour le cas de Soalala, le nombre de population initiale est de 2750 pour la zone concernée, le nombre de palétuviers composant le stock de mangrove est de 326 pieds par hectare avec une surface totale de la mangrove s'élevant à 15000ha. La consommation/utilisation de la mangrove par unité de population est fixée à 50 et le taux d'augmentation de la population à travers les années est d'environ 8% annuel. Le temps de doublement de la population est donc estimé à environ toutes les 9 années. Le scénario BAU avec un horizon temporel de 25 ans est indiqué par la figure (figure 26) suivante. La croissance de la mangrove est estimée à 3% annuelle et son temps de doublement est à environ 23,45 ans.



**Figure 26.** Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 25 ans à Soalala.

Au cours des 25 ans suivants, et tenant en compte les différents paramètres préétablis, on constate que les besoins en ressources et la disponibilité des ressources se rencontrent au point (10,6 M ; 11,3K), c'est-à-dire à l'année 24. La figure suivante (figure 27) illustre l'évolution de la mangrove en tant que ressources utilisées par la population en l'espace de 50 ans.



**Figure 27.** Evolution de la mangrove par rapport à l'exploitation en 50 ans à Soalala.

Au cours de ce laps de temps, le point de rencontre est atteint à l'année 30. La ressource se raréfie à partir de cette année et ne suffit pas largement à subvenir à la population jusqu'à ce qu'elle atteigne le niveau zéro à l'année 47.

Les résultats montrent que dans le scénario BAU, la mangrove et la population peuvent initialement croître de manière concomitante, mais à long terme, la diminution de la mangrove peut entraîner des conséquences négatives sur la population.

### III.5. Utilisateurs de l'écosystème à mangrove

#### III.5.1. Profil socioéconomique

Le profil socioéconomique des enquêtés dans les sites de Boanamaray, Amboanio, Morahariva, Anjiamaloto, Taranta, Kisoany sont résumés dans le tableau suivant (Tableau 17).

**Tableau 17.** Répartition et catégorie socioprofessionnelle des enquêtés par zone d'étude.

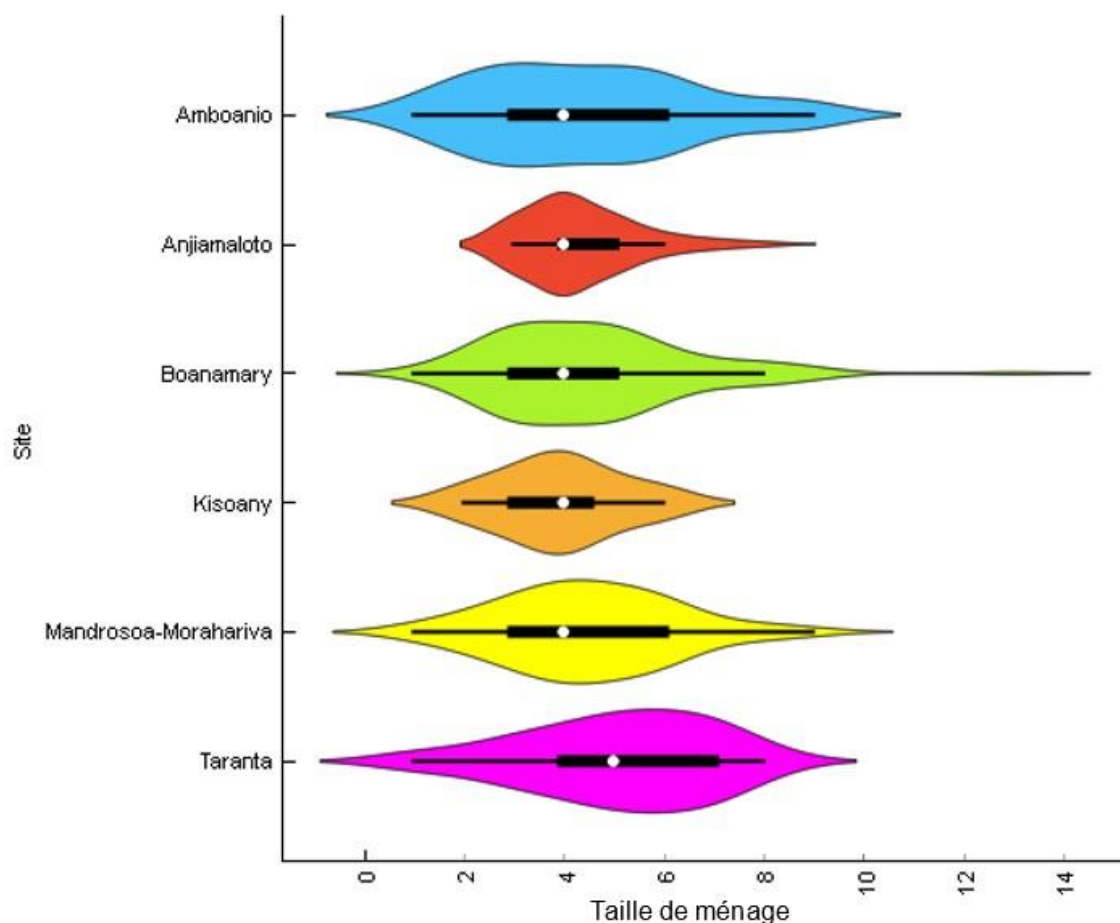
	BOANAMARY		SOALALA		Total	Fréquence totale
	N	Fréquence	N	Fréquence		
<b>Genre</b>						
Masculin	102	40,32	34	34,69	136	38,75
Féminin	151	59,68	64	65,31	215	61,25
Total	253		98		351	
<b>Age</b>						
18-30	45	17,79	13	13,27	58	16,52
30-40	93	36,76	36	36,73	129	36,75
40-50	65	25,69	20	20,41	85	24,22
50-60	37	14,62	20	20,41	57	16,24
60+	13	5,14	9	9,18	22	6,27
Total	253		98		351	100
<b>Situation matrimoniale</b>						
Célibataire	16	6,35	8	8,16	24	6,86
Marié	217	86,11	85	86,73	302	86,29
Divorcé	11	4,37	4	4,08	15	4,29
Veuf	8	3,17	1	1,02	9	2,57
Total	252		98		350	
<b>AGR principale</b>						
Administration	8	3,16	3	3,06	11	3,13
Apiculteur	2	0,79	-	-	2	0,57
Charpentier	2	0,79	-	-	2	0,57
Collecteur	8	3,16	20	20,41	28	7,98

	BOANAMARY		SOALALA		Total	Fréquence totale
	N	Fréquence	N	Fréquence		
Cultivateur	25	9,88	22	22,45	47	13,39
Eleveur	1	0,39	-	-	1	0,28
Enseignant	11	4,34	2	2,04	13	3,70
Pêcheur	176	69,56	49	50,00	225	64,10
Sériciculteur	2	0,79	0	0,00	2	0,57
Vendeur	18	7,11	2	2,04	20	5,70
Total	253		98		351	
<b>Niveau d'étude</b>						
Aucun	64	25,30	38	38,78	102	29,06
Primaire	85	33,60	40	40,82	125	35,61
Secondaire	99	39,13	20	20,41	119	33,90
Lycée	5	1,98	0	0,00	5	1,42
Total	253		98		351	

D'après ce tableau, la majorité des enquêtés représentant les foyers sont des femmes (61,25%) dans la totalité des deux zones d'études. La classe d'âge dominante des enquêtés est élevée chez les 30-40 ans où ils représentent 36,76% à Boanamary et 36,75% à Soalala. La classe d'âge « 60 ans + » regroupe seulement 5,14% et 6,27% de l'échantillon à Boanamary et Soalala respectivement. Quant à la situation matrimoniale, les personnes ayant un statut « marié » montrent une prédominance tant à Boanamary (86,11%) qu'à Soalala (86,73%).

Concernant la catégorie socioprofessionnelle, les personnes pratiquant la pêche en tant que principale source de revenus sont plus abondantes dans les deux zones, car ils représentent un total général de 64,10%. Les éleveurs, les apiculteurs et les sériciculteurs sont les moins représentés, car ils occupent respectivement 0,28% et 0,57% des personnes enquêtées.

Quant à la taille des ménages, la distribution par site est indiquée par la figure 28 ci-après. Cette figure illustre la variation de la taille des ménages pour les sites de Boanamary, Mandrosoa-Morahariva et Amboanio pour la zone de Boanamary ainsi que pour les sites de Taranta, Kisoany et Anjiamaloto pour la zone de Soalala.



**Figure 28.** Taille des ménages par site d'échantillonnage

La taille de ménage dans la zone de Boanamy varie autour de quatre personnes par foyer (Amboanio :  $4,49 \pm 2,2$  ; Boanamy :  $4,56 \pm 2,0$  ; Morahariva-Mandrosoa :  $4,50 \pm 1,7$ ). Dans la zone de Soalala, la taille des ménages dans le site de Taranta est plus importante ( $5,09 \pm 1,8$ ) par rapport aux sites d'Anjiamaloto ( $4,36 \pm 1,1$ ) et de Kisoany ( $3,93 \pm 1,2$ ).

Néanmoins, la valeur maximale est rencontrée à Boanamy où la taille de ménage atteint 14 personnes. Par contre, l'analyse statistique des médianes sur la variation de la taille des ménages suivant les sites d'échantillonnages par le test de Kruskal Wallis nous montre qu'aucune différence significative n'a été observée ( $H(6, N=351)=6,416$  ;  $p = 0,268$ ). La variabilité des tailles de ménages entre les sites est donc relativement faible.

### III.5.2. Classification des services écosystémiques

La classification des services écosystémiques selon les observations ont permis de dégager les services et les fonctions de la mangrove détenant un rôle cruciale dans le complexe économie-écologique. Le tableau (tableau 18) suivant illustre cette classification selon la zone d'étude (Boanamy et Soalala).

**Tableau 18.** Classification des services écosystémiques par zone d'étude.

Services écosystémiques/Utilisation	Boanamary	Soalala
Charbon	▲▲▲	▲
Bois de construction	▲▲▲	▲▲
Bois énergie	▲▲▲	▲
Apiculture	▲	-
Sériciculture	▲▲	-
Pêche	▲▲▲	▲▲▲
Eco-tourisme	▲	▲
Plante médicinale	▲▲	▲▲
Héritage culturel	▲	▲

▲▲▲ = élevé ; ▲▲ = moyen ; ▲ = faible ; - = inexistence de l'utilisation.

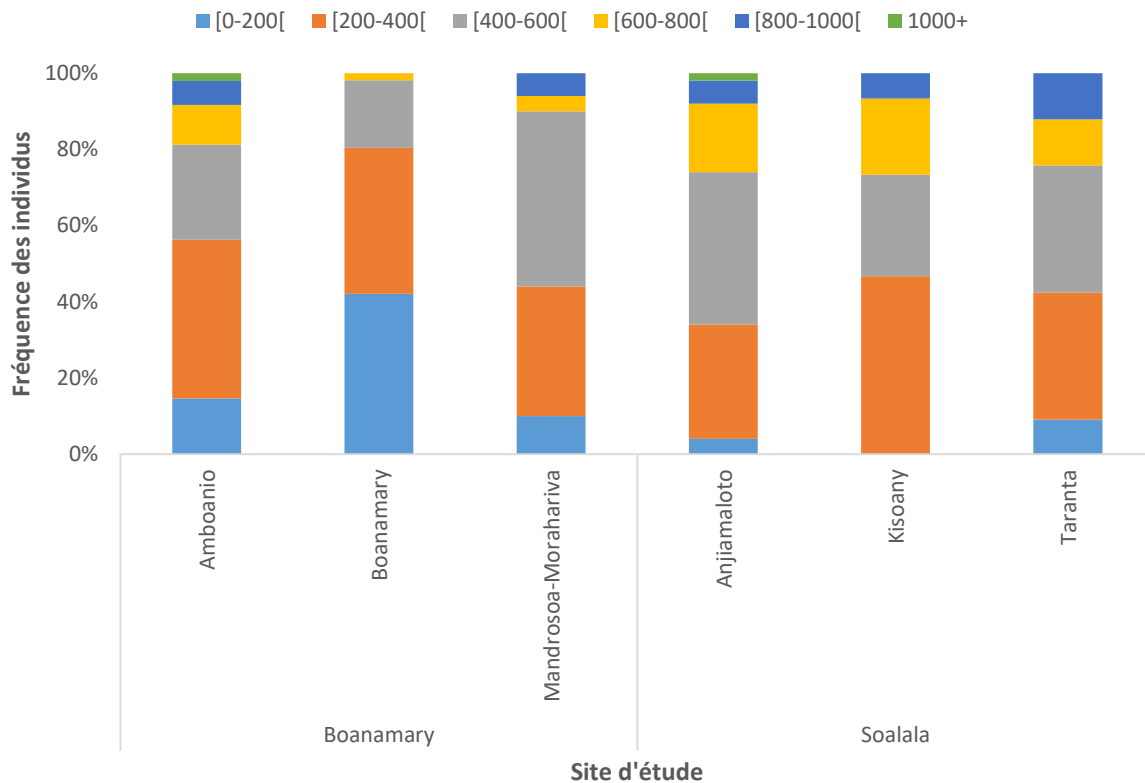
D'après ce tableau, en général, l'utilisation des palétuviers détient un classement élevé dans la zone de Boanamary comparée à Soalala. En effet, à Boanamary, ce sont la fabrication de charbon, l'exploitation en tant que bois de construction et bois d'énergie qui détiennent une place élevée.

L'apiculture et la sériciculture sont des pratiques absentes à Soalala. Par contre, l'activité de pêche demeure d'une importance élevée dans les deux zones d'études. La fonction de la magrove dans l'éco-tourisme est faible à travers les deux zones. En ce qui concerne l'importance culturelle, nous avons pu relever que son importance est « faible ».

### III.5.3. Revenu principal mensuel par site d'étude

L'étude concernant le revenu des individus enquêtés dans les six sites de recherche est représentée par le diagramme à bar empilé dans la figure ci-après (figure 29). Les revenus mensuels (en milliers d'ariary) sont regroupés par classe et rangés par site et par zone.

Selon cette figure, dans la zone Boanamary, la majorité des individus enquêtés dans le site d'Amboanio (41,67%) génère un revenu mensuel compris dans la classe [200-400]. Il en est de même pour les sites de Kisoany (46,67%) et de Taranta (33,33%) dans la zone de Soalala.



**Figure 29.** Classe de revenu mensuel des enquêtés selon les sites étudiés

Dans le site de Morahariva-Mandrosoa et d'Anjiamaloto, la fréquence des individus générant un revenu mensuel dans la classe [400-600[est élevée par rapport aux autres classes de revenu et aux autres sites, avec une proportion de 46% et 40% respectivement. Les classes de revenu supérieur ou égal à [600-800 [sont moins fréquentes dans tous les sites d'études. Cette faible fréquence est également observée pour la classe de revenu [0-200[à l'exception du site de Boanamy où 42,06% des enquêtés ont déclaré avoir obtenu un revenu mensuel total dans cette classe.

#### III.5.4. Activité génératrice de revenu secondaire

A part les activités génératrices de revenus principales, l'identification des activités génératrices de revenus secondaires est également cruciale. La présence des activités secondaires contribue à la compréhension de la dépendance à la mangrove. Le tableau suivant (tableau 19) indique les activités génératrices de revenus secondaires hors mangrove et celles liées à la mangrove pratiquées dans les deux zones d'études.

**Tableau 19.** Activité génératrice de revenu secondaire et liaison à la mangrove.

	BOANAMARY			SOALALA	
	Activité	Nombre	Fréquence	Nombre	Fréquence
<b>Liée à la mangrove</b>	Apiculteur	6	2,38%	6	6,12%
	Pêcheur	44	17,46%	30	30,61%
	Sériciculteur	54	21,43%	0	0,00%
<b>Non liée à la mangrove</b>	Cultivateur- Eleveur	38	15,08%	29	29,59%
	Vendeur	50	19,84%	18	18,37%
<b>Aucune activité</b>	Aucune	60	23,81%	15	15,31%
<b>TOTAL</b>		<b>252</b>		<b>98</b>	

Un grand nombre d'enquêtés à Boanamary (23,81%) n'exerce pas d'activité secondaire et se concentre à leur activité principale. Dans la zone de Soalala, seulement 15,31% des enquêtés déclarent ne pas exercer une activité génératrice de revenus secondaires.

Les activités génératrices de revenus secondaires liées à la mangrove sont regroupées autour de l'apiculture, la pêche et la sériciculture. L'activité de pêche demeure une pratique cruciale pour la communauté de Soalala, représenté par 30,61% des enquêtés, alors que les activités liées à la sériciculture sont largement pratiquées à Boanamary, à raison de 21,43%. La production de miel de mangrove par l'apiculture est une activité relativement moins pratiquée dans les deux zones d'études.

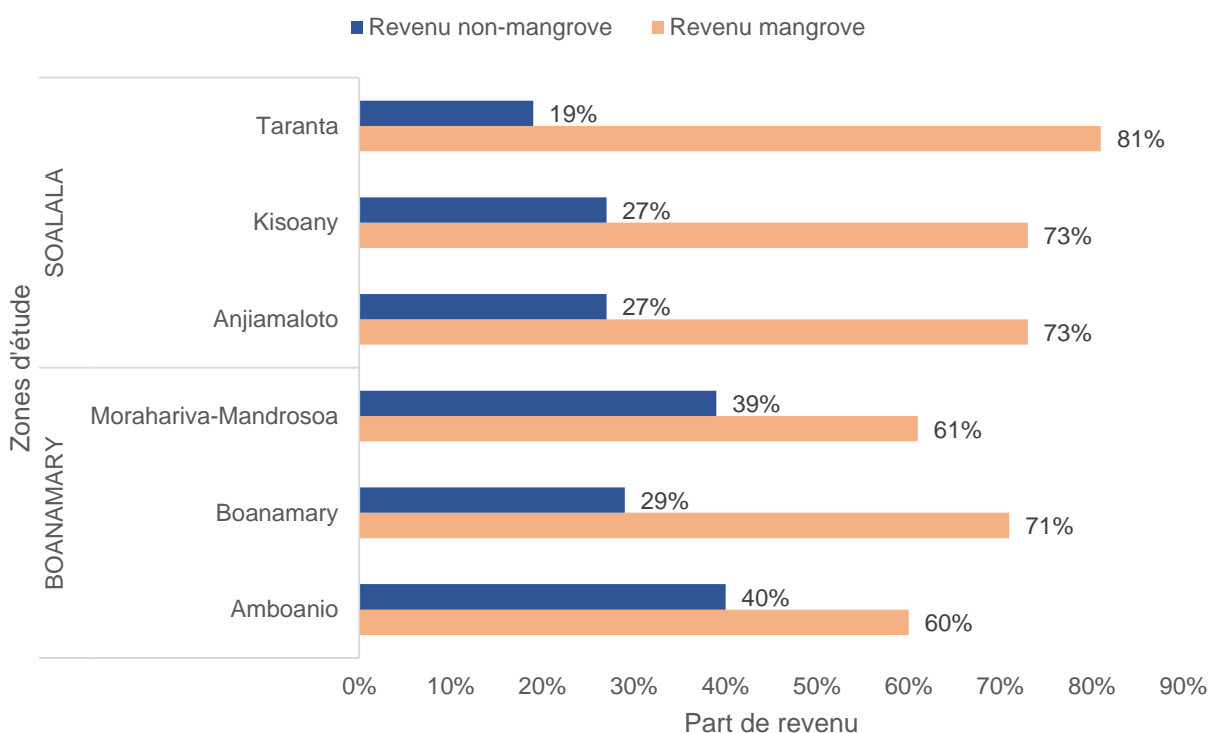
Quant aux activités génératrices de revenus non liées à la mangrove, la vente de produits très diversifiés (non liés à la mangrove) est largement pratiquée dans les deux zones avec 19,84% des enquêtés à Boanamary et 18,37% à Soalala. Cela est suivi de près par les activités d'agriculture et d'élevage effectuées par 15,08% des enquêtés à Boanamary tandis que 29,59% des enquêtés le font à Soalala.

Les activités ayant une liaison à la mangrove représentent dans leur globalité 41,27% à Boanamary contre 36,73% à Soalala. Les activités secondaires hors mangrove quant à elles représentent 34,92% à Boanamary alors qu'elles atteignent un taux de 47,96% à Soalala. De ce fait, les activités liées à la mangrove sont beaucoup plus importantes à Boanamary par rapport à Soalala où les activités hors mangrove dominent.

### III.5.5. Contribution de la mangrove dans le revenu

La figure 30 ci-après illustre la composition des revenus mensuels des enquêtés par ménage dans les sites d'études. En général, dans tous les sites, plus de 50% des revenus sont obtenus grâce aux services et biens issues de la mangrove tandis que moins de 50% sont représentés par les revenus non-mangroves. Cette prépondérance de revenu issue de la mangrove est surtout constatée dans le site de Taranta (81%), d'Anjiamaloto (73%) et de

Kisoany (73%) qui sont tous localisés dans la zone de Soalala. Alors qu'elle est relativement faible dans la zone de Boanamarly à savoir Boanamarly (71%), Morahariva-Mandrosoa (61%) et Amboanio (60%). Par contre, les revenus non liés à la mangrove sont plus importants dans la zone de Boanamarly que celle de Soalala. Pourtant, le test khi-deux effectué est significatif ( $X^2 = 15,23$  ;  $p = 0,009 < 0,05$  et  $ddl=5$ ), c'est-à-dire que les revenus liés à la mangrove et non liés à la mangrove au niveau des sites d'échantillonnage ont une différence significative<sup>18</sup>. De ce fait, les sources de revenus, qu'elles soient liées à la mangrove ou non, varient significativement suivant les sites d'échantillonnage. La place occupée par la mangrove dans l'activité génératrice de revenu principal des enquêtés est différent selon les sites d'études.



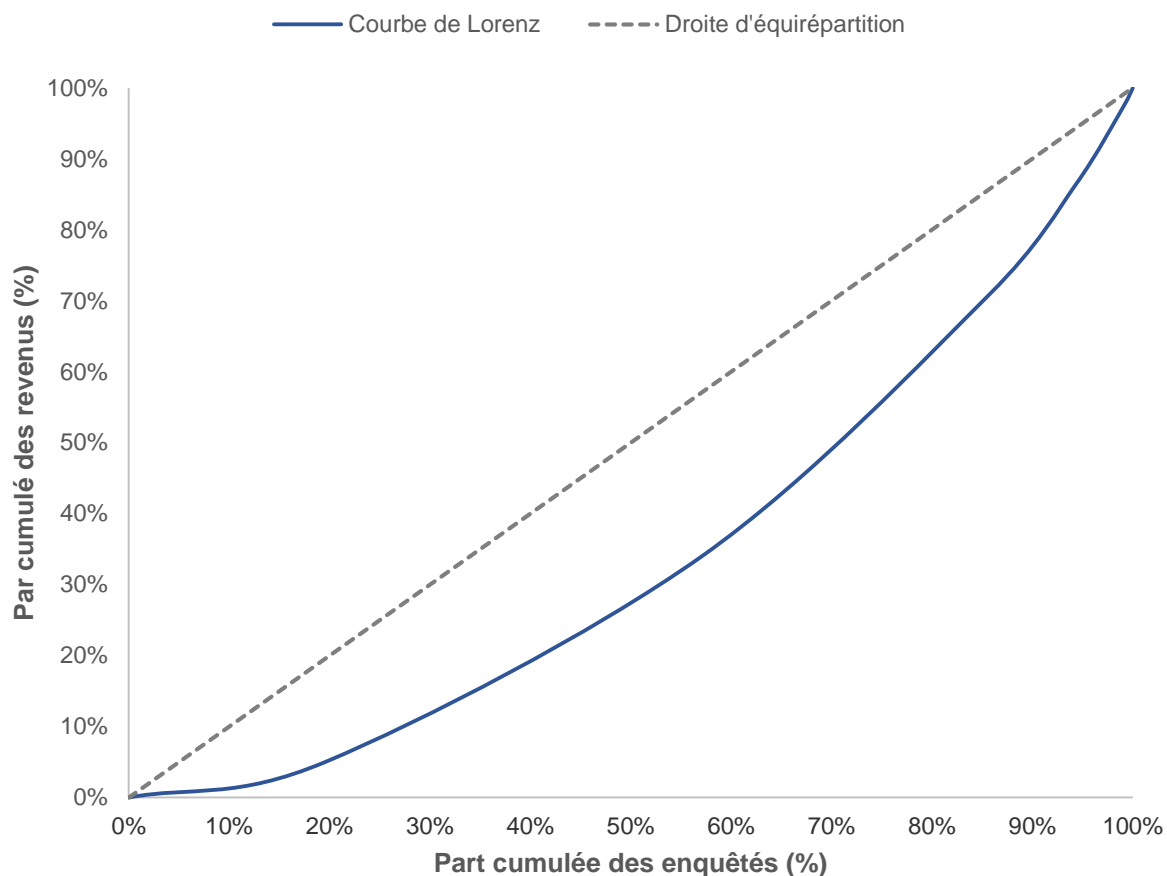
**Figure 30.** Part de revenu moyen attribuée à la mangrove suivant les sites d'échantillonnage

### III.5.6. Analyse de l'inégalité des revenus dans les zones d'études

L'analyse de l'inégalité des revenus par l'index Gini est représentée dans cette section. Cette analyse prend les deux zones d'études de Boanamarly et de Soalala dans leur globalité pour vérifier l'existence d'une inégalité socioéconomique concernant le revenu mensuel obtenu par les individus vivant dans ces zones au bord des forêts de mangrove. La figure ci-après (figure 31) montre de répartition des revenus au sein de la population dans les deux zones étudiées par la Courbe de Lorenz. La courbe de Lorenz indique, au point de coordonnées (50, 27), que la moitié des enquêtés (50%) possède seulement 27% des revenus. Néanmoins,

<sup>18</sup> Tableau de contingence à l'annexe III-e

on remarque que cette courbe de Lorenz (ligne continue) montre un écart faible par rapport à la droite d'équipartition (ligne discontinue).



**Figure 31.** Illustration graphique de répartition des revenus au sein de la population dans les deux zones étudiées par la Courbe de Lorenz.

La valeur de l'index de Gini ( $I_g = 0,17$ ) indique que la concentration des revenus est relativement faible au niveau des zones de Boanamy et de Soalala et vient renforcer le résultat graphique de la figure 31 ci-dessus. De ce fait, l'inégalité entre ces zones d'études (représentés par le revenu mensuel moyen des individus à travers chaque site) est faible. Autrement dit, il existe une équidistribution des revenus entre ces zones.

### III.5.7. Préférence locale

La préférence locale des espèces de palétuviers est présentée selon le nombre d'espèce de palétuvier inventorié à partir de l'étude écologique pour chaque site. Les espèces les plus citées au cours de l'enquête dans le site de Boanamy sont *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora mucronata*, et *Sonneratia alba* (tableau 20). Pour le site de Soalala, cinq espèces ont été également fréquemment évoquées par les enquêtés. Ce sont *Avicennia marina*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal*, *Rhizophora mucronata*, *Sonneratia alba*.

**Tableau 20.** Préférence locale des espèces à Boanamary

Espèce	Boanamary	Amboanio	Morahariva	Total	Moyenne	Rang
<i>Am</i>	16	24	10	51	17,00	1
<i>Bg</i>	26	38	35	91	30,33	3
<i>Ct</i>	31	24	29	79	26,33	2
<i>Rm</i>	27	17	23	91	30,33	3
<i>Sa</i>	51	47	50	148	49,33	5

(*Am* : *Avicennia marina* ; *Bg* : *Bruguiera gymnorhiza* ; *Ct* : *Ceriops tagal* ; *Rm* : *Rhizophora mucronata* ; *Sa* : *Sonneratia alba*).

Dans la commune de Boanamary, *Avicennia marina* occupe largement la première place en tant qu'espèce de prédilection pour différents usages au niveau de la population locale. Ce classement est suivi de *Ceriops tagal* avec une moyenne de 26,33 puis de *Rhizophora mucronata* et *Bruguiera gymnorhiza*. *Sonneratia alba* est une espèce moins préférée par rapport aux autres dans le quotidien de la communauté locale de Boanamary.

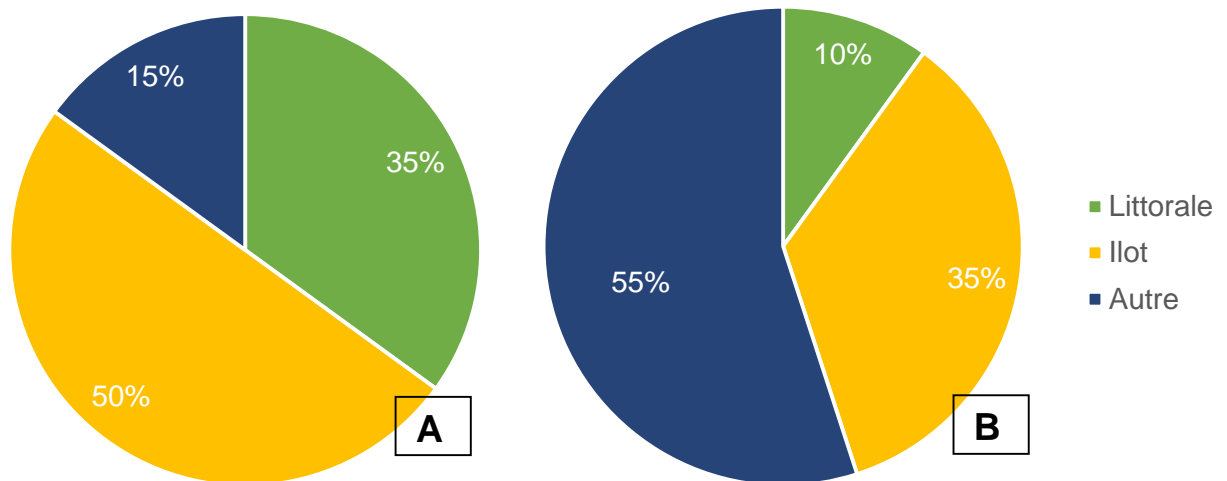
Le tableau suivant (tableau 21) illustre la préférence locale des espèces à Soalala. L'espèce la plus préférée à Soalala est similaire à celle de Boanamary, il s'agit d'*Avicennia marina*. Cette préférence reste identique pour les deux premières espèces restantes dont *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata*. *Sonneratia alba* demeure l'espèce citée en dernier lieu lors de l'enquête à Soalala.

**Tableau 21.** Préférence locale des espèces à Soalala (*Am* : *Avicennia marina* ; *Bg* : *Bruguiera gymnorhiza* ; *Ct* : *Ceriops tagal* ; *Rm* : *Rhizophora mucronata* ; *Sa* : *Sonneratia alba*).

Espèce	Anjiamaloto	Kisoany	Taranta	Total	Moyenne	Rang
<i>Am</i>	19	22	21	62	13,33	1
<i>Bg</i>	44	46	42	132	28,67	4
<i>Ct</i>	21	26	21	68	14,00	2
<i>Rm</i>	25	17	23	65	14,33	3
<i>Sa</i>	46	42	43	131	29,67	5

### III.5.8. Importance relative de la forêt de mangrove

Dans la détermination de l'utilisation des espèces, les différents points de collectes des ressources ont été également évoqués. En ce sens, les communautés locales autour de la mangrove collectent en général leurs ressources à travers trois différents points, à savoir au niveau de la forêt de mangrove bordant le littoral, au niveau des îlots de mangrove, et dans d'autres parties n'incluant pas la mangrove. La figure 32 suivante illustre le taux de fréquentation de chaque point de collecte entre le site de Boanamary et de Soalala.

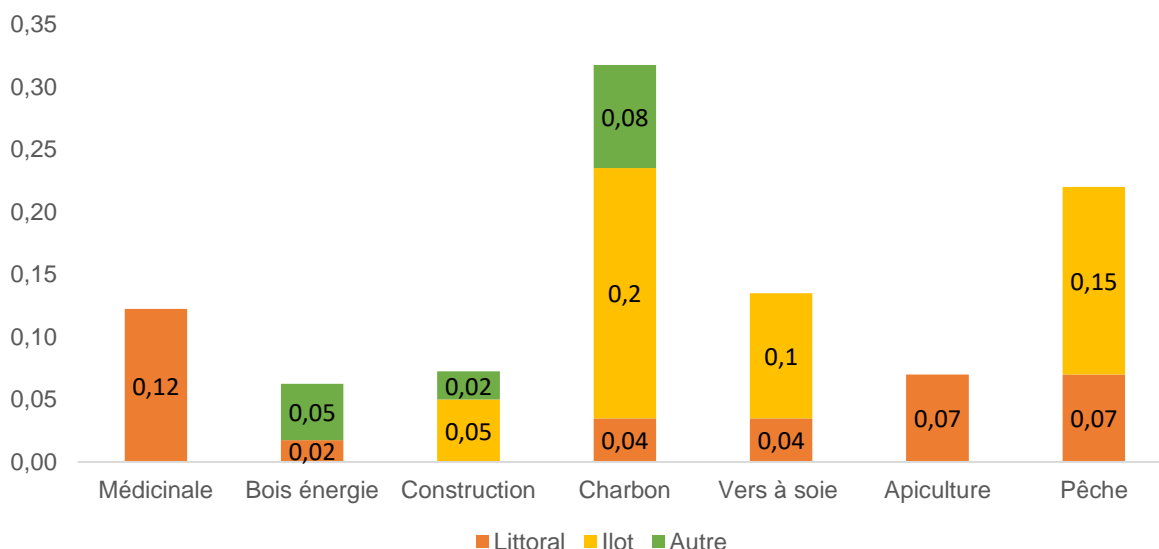


**Figure 32.** Fréquence de fréquentation des points de collectes de ressources à Boanamary (A) et Soalala (B)

Cette figure illustrant le pourcentage de fréquentation de chaque point de collecte de ressources quotidiennes par les communautés des sites d'études démontre que les habitudes diffèrent entre les deux localités. D'une part, dans la commune de Boanamary le taux de fréquentation des îlots s'élève à 50% alors que dans la commune de Soalala les ressources sont plutôt collectées en dehors des mangroves (Autre=55%), au niveau des forêts sèches aux alentours.

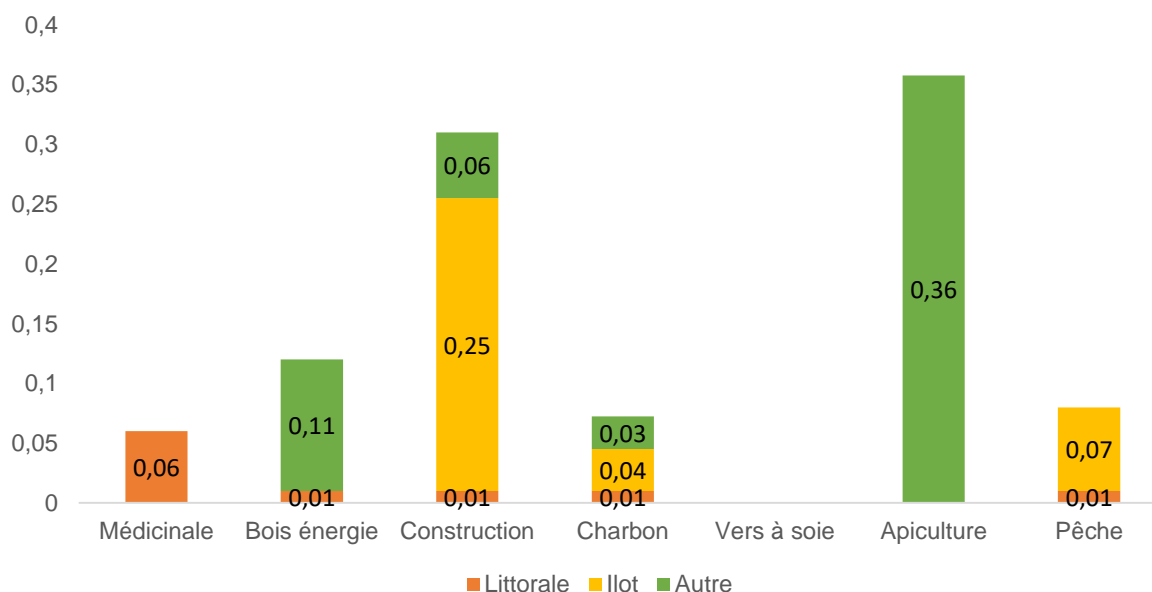
Le deuxième point de collecte à Boanamary se trouve au niveau des forêts de mangroves bordant le littoral, représentant 35% de la fréquentation de la communauté, et pour Soalala c'est plutôt au niveau des îlots (35%). Finalement, à Boanamary le point de collecte le moins fréquenté pour la collecte des ressources sont les zones hors mangrove (10%) alors qu'à Soalala, cette localité moins fréquentée est représentée par les forêts de mangrove du littoral (15%).

Cette figure suggère l'importance de la forêt de mangrove dans la commune de Boanamary en tant que principale zone de collecte de ressources (représentant 65% de l'ensemble) comparée à la commune de Soalala dont le site de collecte est majoritairement situé en dehors de la forêt de mangrove. Les ressources collectées au niveau de chaque point sont illustrées par les figures suivantes (figure 33 et figure 34).



**Figure 33.** Types et fréquence de collecte des ressources selon les points de collectes à Boanamary.

La figure ci-dessus indique les types de ressources collectées et/ou leur affectation par les communautés à Boanamary. Comme indiqué dans les paragraphes antérieurs, le premier point de collecte se trouve dans les îlots selon les enquêtés. Aussi, les ressources les plus collectées au niveau de ce point sont surtout les charbons et les produits de pêche suivie par les vers à soie sauvage. Sur le littoral, les palétuviers sont surtout fréquentés pour leurs vertus médicinales, à travers la collecte de feuilles, d'écorce... Enfin, les zones hors mangrove servent en général de point de collecte des bois énergie (bois de chauffage pour l'usage domestique), la fabrication des charbons de bois ainsi que la construction de certains éléments des cases (comme le toit).



**Figure 34.** Types et fréquence de collecte des ressources selon les points de collectes à Soalala.

La figure précédente montre les types de ressources collectées et/ou leur affectation dans la commune de Soalala à partir des enquêtes qui y ont été menées à travers les différents points de collectes. Dans les îlots de mangrove, la communauté puise les palétuviers pour en faire des constructions, des charbons, mais surtout pour collecter les produits halieutiques comme les crabes. Au niveau du littoral, les palétuviers sont plus collectés pour leurs propriétés pharmaceutiques. Au niveau des zones hors mangrove (représentée dans la figure par « Autre »), la communauté de Soalala collecte surtout la grande majorité de leur bois de chauffage (bois énergie) et elle s’y appuie également pour les activités d’apiculture. Dans la commune de Soalala, la collecte de vers à soie sauvage n’est pas encore exploitée.

### III.5.9. Indice d’utilisation des espèces

Les espèces de palétuviers les mieux appréciées et utilisées par la population locale à travers chaque site d’étude sont indiquées par les indices d’utilisation des espèces (IU). Ces indices sont résumés par le tableau (tableau 22) suivant. Dans la zone de Boanamary, *Avicennia marina* est l’espèce le plus fréquemment utilisée ou connue par les enquêtés dans le site de Boanamary (62%) et de Morahariva (66%) car les indices d’utilisation dépassent les 60%. *Rhizophora mucronata* est également une espèce bien connue ou utilisée par les enquêtés à Amboanio (60%) et Boanamary (64%). Les espèces *Avicennia marina* et *Cerriops tagal* (à Amboanio et Boanamary) ainsi que *Rhizophora mucronata* (à Morahariva) sont moyennement utilisées ou connues par les personnes enquêtées. Les autres espèces comme *Bruguiera gymnorhiza*, *Lumnitzera racemosa*, *Sonneratia alba* et *Xylocarpus granatum* sont peu ou pas connues ou utilisées à travers les sites de Boanamary.

**Tableau 22.** Indice d’utilisation des espèces de palétuviers.

Espèces	BOANAMARY			SOALALA		
	Amboanio	Boanamary	Morahariva	Anjiamaloto	Kisoany	Taranta
<i>A.marina</i>	59,38	61,68	66,00	60,00	73,33	30,30
<i>B. gymnhoriza</i>	28,13	25,23	18,00	18,00	13,33	15,15
<i>C. tagal</i>	50,00	44,86	26,00	30,00	26,67	36,36
<i>L. racemosa</i>	-	9,35	-	-	-	-
<i>R. mucronata</i>	60,42	63,55	30,00	52,00	26,67	48,48
<i>S. alba</i>	7,29	7,48	8,00	44,00	46,67	51,52
<i>X. granatum</i>	-	-	24,00	-	-	-

Dans la zone de Soalala, l'espèce la plus utilisée et connue par les enquêtés est *Avicennia marina*. Cette utilisation est plus importante à Kisoany (73%) comparé à Anjiamaloto (60%) et Taranta (30,30%). La seconde espèce la plus utilisée est *Rhizophora mucronata*. Cela a été relevé dans le site d'Anjiamaloto (52%) et Taranta (38%). *Sonneratia alba* est également une espèce appréciée par les enquêtés à Soalala. En effet, l'indice d'utilisation de cette espèce s'élève à 51,52% à Taranta, suivi de Kisoany à 46,67% et d'Anjiamaloto à 44%.

### III.5.10. Utilisation des palétuviers par site

L'utilisation des palétuviers varie selon la localité. Aussi, dans cette section, ces différentes destinations des palétuviers sont traitées. Le tableau (tableau 23) ci-après indique les utilisations des palétuviers selon l'enquête menée à travers les sites. La première destination des palétuviers à travers tous les sites concerne la construction, que cela soit à Boanamary ou à Soalala. L'utilisation en tant que bois d'œuvre est surtout importante dans le site de Boanamary (74), Morahariva (14) et Anjiamaloto (17).

Les utilisateurs de palétuviers en termes de bois de chauffage et de fabrication de charbon occupent une place relativement similaire à travers tous les sites sauf à Amboanio. Les destinations à usages médicinales sont aussi fréquentes surtout à Morahariva où 34 personnes sur les 114 enquêtés ont affirmé avoir recours à différentes espèces de palétuviers pour se soigner. Le test  $X^2$  effectué a permis de conclure le rejet de l'hypothèse nulle ( $p < 0,0001 < 0,05$  ; ddl = 20)<sup>19</sup>. Par conséquent, l'utilisation des palétuviers à travers chaque site d'étude est significativement différente.

**Tableau 23.** Fréquence d'utilisation des palétuviers selon les sites.

Affectation des palétuviers	BOANAMARY			SOALALA		
	Amboanio	Boanamary	Morahariva	Anjiamaloto	Kisoany	Taranta
Construction	182	194	51	53	14	38
Chauffage	27	52	6	15	6	11
Charbon	51	50	9	16	8	16
Œuvre	47	74	14	17	6	13
Médicinale	25	34	34	15	7	16
<b>TOTAL</b>	<b>332</b>	<b>404</b>	<b>114</b>	<b>116</b>	<b>41</b>	<b>94</b>

<sup>19</sup> Tableau de contingence à l'annexe III-d

## III.6. Valeur économique et capital naturel

### III.6.1. Valeur des bois de palétuviers

#### III.6.1.1. Type de palétuviers commercial

Bien qu'il existe 7 espèces de palétuviers à Boanamary et seulement 5 à Soalala selon l'inventaire écologique effectué au cours de cette recherche, seules 3 espèces sont exploitées en tant que bois de Construction d'œuvre et de Services (COS). Le tableau suivant (tableau 24) indique les palétuviers existants ainsi que ceux utilisés communément dans la construction.

**Tableau 24.** Palétuviers commerciales à Boanamary et Soalala

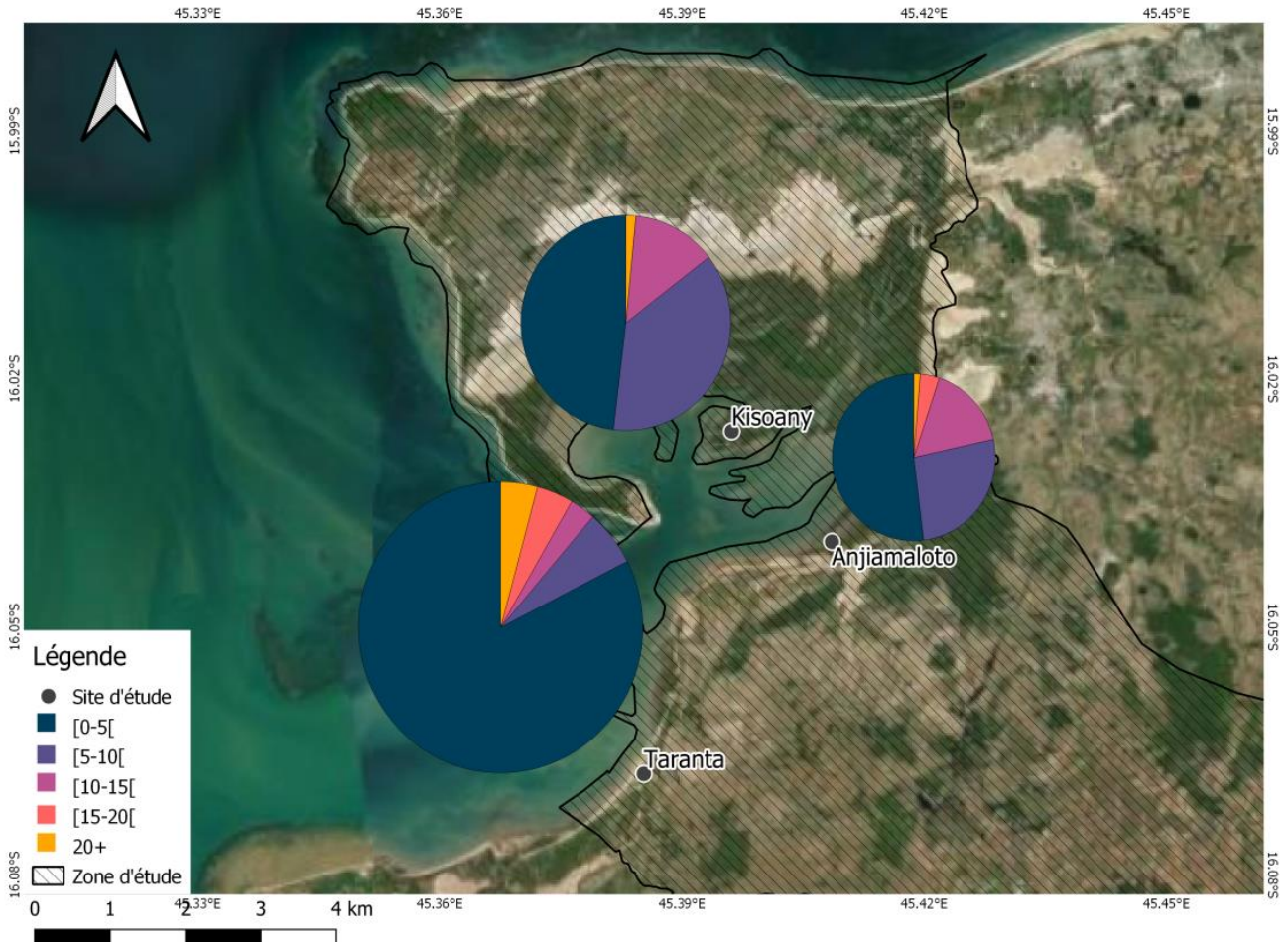
Famille	Espèces	Usage COS	Commercialisable
<b>ACANTHACEAE</b>	<i>Avicennia marina</i>	Oui	Oui
<b>RHIZOPHORACEAE</b>	<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	Oui	Oui
<b>RHIZOPHORACEAE</b>	<i>Ceriops tagal</i>	Oui	Oui
<b>RHIZOPHORACEAE</b>	<i>Rhizophora mucronata</i>	Oui	Oui
<b>SONNERATACEAE</b>	<i>Sonneratia alba</i>	Oui	Non
<b>MELIACEAE</b>	<i>Xylocarpus granatum</i>	Non	Non
<b>MELIACEAE</b>	<i>Lumnitzera racemosa</i>	Non	Non

A partir de ce tableau, on peut voir que seuls les palétuviers de la famille de Rhizophoraceae sont préférés dans la construction d'œuvre et de service dans l'industrie du bois sur le marché. Ces palétuviers sont le *Bruguiera gymnorhiza*, *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*. Ces palétuviers sont rencontrés tant à Boanamary qu'à Soalala.

#### III.6.1.2. Composition de bois exploitables dans les sites d'étude

La prise des diamètres de bois exploités permet de déterminer la potentialité économique et écologique de chaque site d'étude. Aussi, les études écologiques ont permis de détecter la composition de chaque site en termes de taille de bois exploitable.

Pour le cas de Soalala, la composition des palétuviers en termes de taille est plus ou moins variée. Chaque classe y est représentée avec une proportion relativement différente comme l'illustre la figure 35 ci-après.



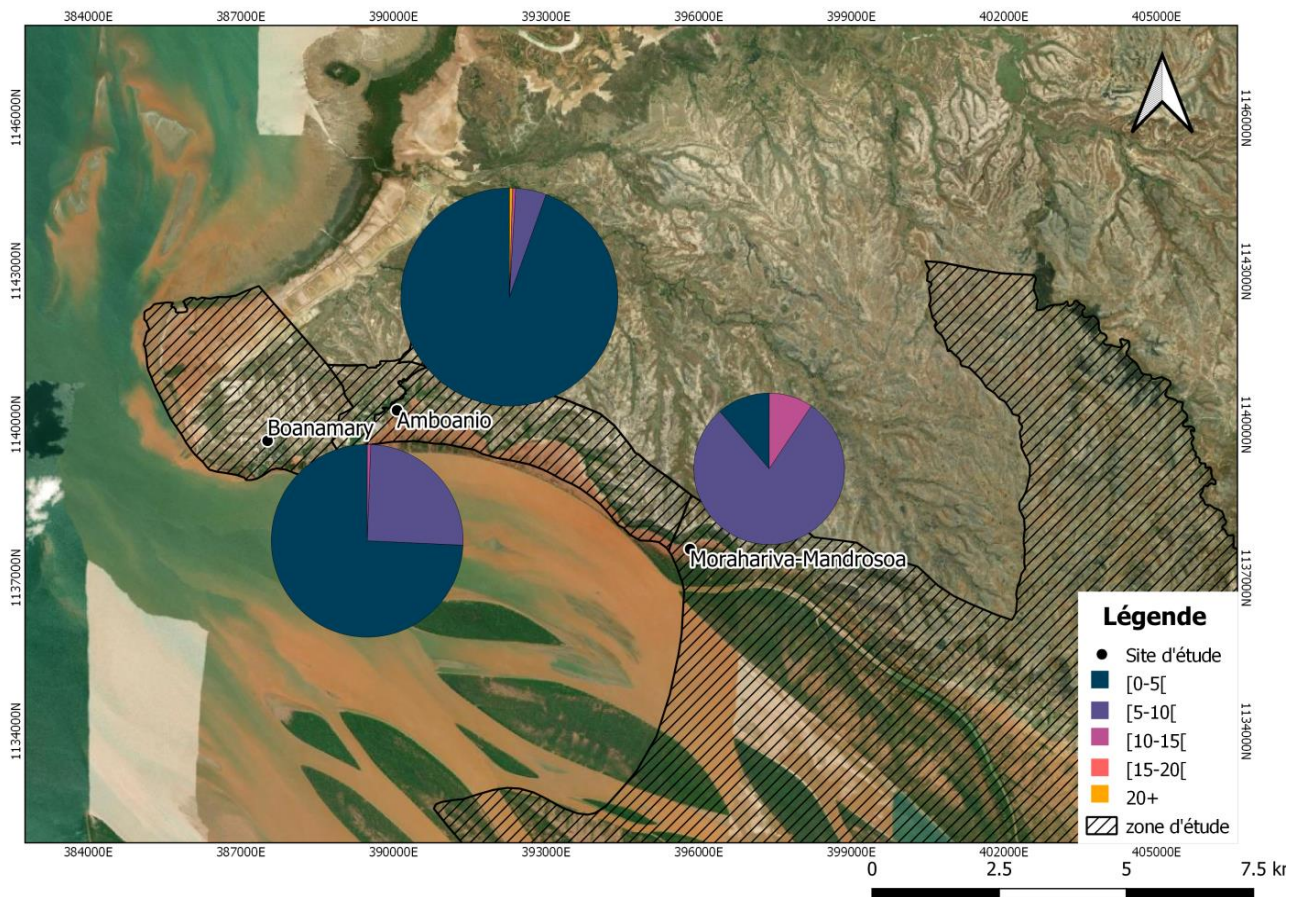
**Figure 35.** Abondance des bois exploitables à Soalala.

Cette carte montre le pourcentage d'abondance de chaque site en matière de bois exploitable réparti par classe de diamètre. Un fort pourcentage des palétuviers ayant un diamètre de classe [0-5 [est notée dans chaque site d'étude d'après cette figure.

Par contre, cette forte proportion est beaucoup plus accentuée dans le site de Taranta (83%). Les palétuviers dont la classe de diamètre est comprise entre 5 et 10 cm sont également abondants dans la zone de Soalala. Tel est particulièrement le cas dans le site de Kisoany (37%) suivi d'Anjiamaloto (27%).

Bien que les bois de très large diamètre (20+) ne soient pas abondants dans l'ensemble des sites, le site de Taranta abrite une portion relativement élevée (4%) par rapport à Kisoany (2%) et Anjiamaloto (1%).

Quant à la zone de Boanamary, la figure suivante (figure36) illustre l'abondance des bois exploitables dans les différents sous-sites.



**Figure 36.** Abondance des bois exploitables à Boanamary

Une dominance des bois à petite taille [0-5[est remarquée dans le site d'Amboanio (94,52%) tandis qu'à Boanamary, ceux-ci représentent presque 74% de l'ensemble des espèces recensées. Les autres classes étant soit très faibles soit inexistantes. Quant à Morahariva, les bois de classe [5-10[ représentent une importante part dans la composition des palétuviers exploitables (79,25%).

Les espèces de palétuvier englobé dans la classe de diamètre [10-15 [ se rencontrent à une fréquence relativement haute, comparée aux autres sites, à Morahariva (9,43%) dont la composition est majoritairement d'*Avicennia marina*. Contrairement aux deux autres sites également, Morahariva représente un faible taux de bois à diamètre réduit ([0-5[).

### III.6.1.3. Valeur monétaire des bois commerciaux

Les types de bois commerciaux sont tous de la famille de Rhizophoraceae et Acanthaceae. Les prix moyens résultent des enquêtes sur le prix de chaque classe de bois sur le marché pour l'année 2020. Les nombres de quantités vendus sont estimés à 5000 pour les bois à diamètre inférieur et 3500 pour ceux dont le diamètre est plus conséquent. Les coûts d'exploitation liés à la vente des palétuviers sont les salaires des bucherons et les frais de transport. Ceux-ci sont déduits des revenus de ventes.

La valeur totale par hectare s'élève donc à 64 475 000 Ariary après déduction des charges. Le montant des bois exploitables en tenant compte de la surface totale occupée par les palétuviers dans la commune de Boanamary est estimé à 1 432,78 Ariary/ha/an et celui de Soalala est de 4 298,33 Ariary/ha/an. Le tableau (tableau 25) suivant offre un aperçu sur le résumé de la valeur économique des palétuviers à Boanamary et Soalala.

Paramètre		Classe					
		Gaulette	Gaulette	Matsio	Saribroty	Broty	Milimily
PU	Ariary/bois	1000	1 500,00	4 000,00	4 500,00	5 000,00	6 000,00
Salaire bucheron	Ariary/bois	150	150	500	650	800	900
Frais de transport	Ariary	150	200	400	500	600	700
Quantité exploitée	bois/pers/an	5 000	5 000	5 000	3 500	3 500	3 500
Revenue par classe	Ariary/an	5 000 000	7 500 000	20 000 000	15 750 000	17 500 000	21 000 000
Dépenses par classe	Ariary/an	1 500 000	1 750 000	4 500 000	4 025 000	4 900 000	5 600 000
Bénéfice par classe	Ariary/an	3 500 000	5 750 000	15 500 000	11 725 000	12 600 000	15 400 000
Total	Ariary/an						<b>64 475 000</b>
Boanamary	Ar/ha/an						<b>1 432,78</b>
Soalala	Ar/ha/an						<b>4 298,33</b>

**Tableau 25.** Résumé de la valeur économique des bois de palétuvier à Boanamary et Soalala

### III.6.2. Activité de pêche artisanale

Selon les entretiens et les enquêtes menées, la quantité de produits de pêche prise par les pêcheurs dans la zone de Boanamary s'élève à un total 46 800 kg par an, soit une moyenne de 520 kg par pirogue (N = 90). Dans la zone de Soalala, la pêche artisanale a un rendement de 650 kg par pirogue soit un total de 22 750 kg par an pour les 35 pirogues enquêtées.

En utilisant la valeur de la contribution de la mangrove fournie par Aburto-Oropeza (2008) de 31,7%, le rendement de pêche attribuable à la présence de la mangrove dans la zone de Boanamary est donc de **14 835,6 kg**. La quantité totale de produits de pêche issue de la pêche artisanale à Boanamary attribuable à la présence de la mangrove est donc de 14 835,6 kg ou 14,83 tonnes chaque année. Pour la zone de Soalala, en utilisant la même valeur de contribution, le rendement attribuable est de **7 211,75 kg**. Autrement dit, dans la zone de Soalala, la mangrove contribue à la pêche artisanale à une hauteur de 7 211,75 kg de produits de pêche soit 7,21 tonnes par an.

Concernant le prix des produits de pêche, le tableau 26 suivant résume les prises selon les enquêtes auprès des pêcheurs et leurs prix moyens ajustés du taux d'inflation actuel ainsi que la composition des prises en général.

**Tableau 26.** Composition des prises et prix moyens

Famille	Espèce	Comp B	Comp S	Prix moyen	Contribution au prix total moyen B	Contribution au prix total moyen S
MUGILIDAE	<i>Mugil robustus</i>	10,00%	3,40%	4000,00	678,95	230,84
	<i>Valamugil scheli</i>		5,60%	3 000,00	-	380,21
SILLAGANIDAE	<i>Sillago sihama</i>		2,60%	3000,00	-	176,53
THERAPONIDAE	<i>Therapon jarbua</i>		3,00%	7000,00	-	203,68
	<i>Mokondro</i>		1,40%	8000,00	-	95,05
HEMIRAMPHIDAE	<i>Hemiramphus far</i>		1,00%	9000,00	-	67,89
SERRANIDAE	<i>Kuhlia rupestris</i>	6,00%	6,20%	8000,00	407,37	420,95
LUTJANIDAE	<i>Lutjanus erythropterus</i>	8,80%	11,00%	12 000,00	597,47	746,84
MULLIDAE	<i>Parupeneus barberinus</i>		9,50%	7 000,00	-	645,00
CARANGIDAE	<i>Alepes djedaba</i>	6,00%	1,00%	10 000,00	407,37	67,89
SPHYRAENIDAE	<i>Sphyraenia barracuda</i>	3,00%	6,00%	2 000,00	203,68	407,37
DASYATIDAE	<i>Dasyatis varnak</i>		6,30%	2 000,00	-	427,74
GOBIIDAE	<i>Gobius hypselosoma</i>		10,30%	2 500,00	-	699,32
CLUPIDAE	<i>Hilsa kelee</i>	23,00%	1,20%	3 500,00	1 561,58	81,47
HAEMULIDAE	<i>Pomadasys kaakan</i>	8,00%	8,20%	10 000,00	543,16	556,74

<b>CLUPIDAE</b>	<i>Pellonulops madagascariensis</i>	10,00%	7,90%	2 000,00	678,95	536,37
<b>CICHLIDAE</b>	<i>Oreochromis mossambicus</i>	16,00%	1,80%	3 000,00	1 086,32	122,21
<b>ARIIDEAE</b>	<i>Arius madagascariensis</i>	6,90%	10,00%	10 000,00	468,47	678,95
<b>CRUSTACE</b>	Autre (crevette, crabe...)	2,30%	3,60%	23 000,00	156,16	244,42
<b>Prix moyen</b>					<b>6 789,47</b>	

(Comp B : composition de l'espèce à Boanamary par rapport à l'ensemble des espèces pêchées au cours d'une saison de pêche ; Comp S : composition de l'espèce à Soalala par rapport à l'ensemble des espèces pêchées au cours d'une saison de pêche)

Le prix moyen des produits de pêche s'élève alors à 6 789,47 Ariary/ kg. Afin de déterminer le résultat financier net de l'activité de pêche artisanale, le coût lié à l'opérationnalisation de celle-ci est à déterminer. Le tableau 27 suivant donne un résumé du coût lié à l'activité de pêche dans les deux zones d'études.

**Tableau 27.** Coût d'exploitation lié à la pêche artisanale dans les deux zones d'études (en Ariary).

<b>Elément</b>	<b>Coût</b>
Pirogue	800 000,00
Matériel de pêche	260 000,00
<b>TOTAL</b>	<b>1 060 000,00</b>

Le coût lié à l'exploitation de l'activité de pêche à Boanamary et Soalala sont presque les mêmes, la pirogue coute en moyenne 800 000 Ariary, les matériels de pêche tels que les rames, les filets et les accessoires atteignent 260 000 Ariary. Les matériels de pêche utilisés dans le calcul représentent les minimums nécessaires au démarrage d'activité. Le coût moyen lié à l'exploitation de la pêche artisanale s'élève donc à 1 060 000 Ariary. En assumant une durée de vie de 06 ans en moyenne pour la pirogue et de 2 ans pour les matériels de pêche ainsi qu'une présence permanente de 35 pirogues à Soalala et de 90 pirogues à Boanamary, le coût annuel d'exploitation est de 23 700 000 Ariary pour les pêcheurs Boanamary et de 9 216 670 Ariary pour ceux de Soalala. Sachant que les revenus attribuables à la mangrove sont à hauteur de 31,7%, la même méthode s'applique au coût. De ce fait, le coût lié à l'exploitation de la pêche attribuable à l'existence de la mangrove dans la zone de Boanamary est de **7 512 900 Ariary/an** contre un montant de **2 921 683 Ariary/an** dans la zone de Soalala.

Le tableau 28 suivant résume les paramètres liés à la détermination de la valeur monétaire de la pêche artisanale en reprenant les éléments du revenu et du coût pour pouvoir identifier la valeur monétaire annuelle par hectare.

**Tableau 28.** Valeur économique de la pêche traditionnelle

Paramètre	Boanamary	Soalala
Rendement total (kg/an)	46 800	22 750
Rendement attribué à la mangrove (kg/an)	14 836	7 212
Cout (Ariary/an)	1 060 000	1 060 000
Revenu (Ariary/an)	100 725 861	48 963 960
Dépense (Ariary/an)	7 512 900	2 921 683
Bénéfice (Ariary/an)	93 212 961	46 042 277
Valeur (Ariary/ha/an)	<b>2 071</b>	<b>3 069</b>

D'après le tableau résumant la valeur économique de la pêche traditionnelle liée à la mangrove, l'existence de chaque hectare de mangrove dans la zone de Boanamary possède la potentialité de générer 2071 Ariary/ha/an contre une potentialité de 3069 Ariary/ha/an pour la zone de Soalala.

### III.6.3. Protection des côtes

En tenant compte de la valeur du dispositif artificiel d'un total de 48 000 000 Ariary, une fois toutes les charges déduites et d'une longueur de côte de 32,35km, la valeur du dispositif est de 3 710 213 Ariary/km. Pour l'année 2020, le PIB per capita de Madagascar s'élève à 2 239 188,07 Ariary et le PIB per capita de Mayotte en tant que valeur de référence est de 46 201 867,22 Ariary. La santé de l'écosystème à mangrove étant de 0,53. De ce fait, la valeur monétaire de la protection des côtes pour Boanamary s'élève à 42 660,67 Ariary/ha/an.

Pour le cas de Soalala, la même valeur du dispositif artificiel adopté est de 70 000 000 Ariary et toutes les valeurs économiques restent inchangées. Après calcul, la valeur monétaire de la protection des côtes de Soalala s'élève à 42 559,74 Ariary/an. Le tableau (tableau 29) suivant résume ces valeurs :

**Tableau 29.** Récapitulation de la valeur monétaire de la protection des côtes par la mangrove.

Paramètre	Boanamary	Soalala
Valeur du dispositif de remplacement (Ariary)	48 000 000	70 000 000
Longueur des côtes (km)	32,35	42,15
Valeur monétaire de la fonction (Ariary/an)	<b>42 660,67</b>	<b>42 559,74</b>

La valeur monétaire de la protection des côtes par le fait de la présence de la mangrove s'élève à 42 660 Ariary par an pour Boanamary et de 42 559 par an pour Soalala. Autrement dit, pour protéger les côtes de Boanamary et de Soalala contre les intempéries, le gouvernement détient le choix entre adopter une solution basée sur la nature, en l'occurrence planter de la mangrove sur les côtes de Boanamary, soit la remplacer par un dispositif artificiel d'une valeur de 48 000 000 Ariary et il en est de même pour Soalala.

### III.6.4. Soie sauvage

En tant que filière durable et émergente, l'exploitation de la soie sauvage des forêts de mangrove n'a été observée qu'à Boanamary. Le résultat des inventaires dans les forêts de mangrove de Soalala n'a pas permis de confirmer la présence de vers à soie jusqu'ici. Ainsi, l'étude de la soie sauvage s'est concentrée dans la zone de Boanamary. Les vers à soies sauvages se rencontrent aussi bien dans les îlots de Boanamary mais aussi à proximité des villages. Les études sur terrain ont permis de noter que 99% des arbres supports des vers à soie sauvage sont des *Avicennia marina*. Ces espèces de palétuvier sont les supports d'en moyenne 3 ( $\pm 2,26$ ) cocons bien que certains supports atteignent un maximum de 13 cocons. En moyenne, les cocons des vers à soie sauvage se rencontrent à partir de 1,9 ( $\pm 0,42$ ) mètre du sol. La valeur monétaire liée à l'exploitation de la soie sauvage au niveau de la population locale se présente comme suit (tableau 30) :

**Tableau 30.** Valeur de l'exploitation sauvage au niveau de la population locale de Boanamary

Paramètre	Montant	Observation
Production (kg) (a)	295	Prévisionnelle
Prix (Ar/kg) (b)	20 000	
Revenu (Ar) (c) = (a)*(b)	5 900 000	
Cout (d)	17 800	Equipement de protection, moustiquaire, chaudron, cuvette
Bénéfice net (e) = (c)-(d)	5 882 200	
Mangrove (ha) (f)	45 000	Composition des <i>Avicennia marina</i> dans la baie de Bombetoka
Valeur soie (Ar/ha) (f)/(e)	<b>130,72</b>	

Pour l'année 2020, la quantité de cocons collectée prévisionnelle est de 295 kg. Sachant que le prix d'achat des cocons aux villageois collecteurs s'élève à 20 000 Ariary, le revenu total est donc de 5 900 000 MGA. Quant au coût lié à l'exploitation de la soie, les éléments le composant sont tous les matériels servant à se protéger lors de la collecte, et les matériels servant à la préparation avant l'achat du cocon. Ces matériels ont une durée de vie moyenne de 2 ans avec un coût annuel (notamment lié à l'amortissement) s'élevant à 17 800 Ariary. En déduisant le coût du revenu, le bénéfice net lié à l'exploitation de la soie sauvage à Boanamary s'élève à 5 882 200 Ariary. La valeur monétaire de la soie est donc de **130,72 Ariary/ha/an**.

### III.6.5. Séquestration de carbone

La séquestration de carbone est l'une des fonctions écosystémiques les plus cruciales de la mangrove. Le rôle de la mangrove dans la réduction des émissions de carbone est

d'autant plus important que son existence en tant que support de l'activité économique de la population des zones côtières.

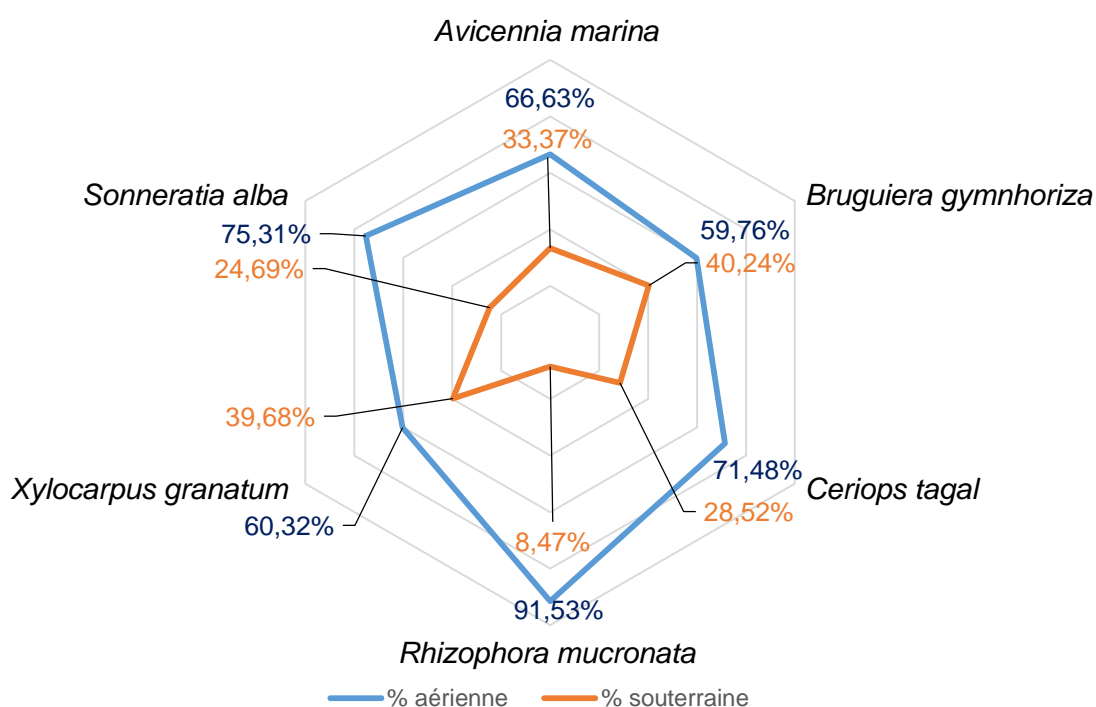
La biomasse totale (en kg) pour la zone de Boanamary est indiquée dans le tableau suivant (tableau 31). Cette biomasse totale est la combinaison entre la biomasse aérienne (AGB) et la biomasse souterraine (BGB) qui sont issues des équations allométriques spécifiques à chaque espèce afin d'apporter plus de précision dans les calculs.

**Tableau 31.** Biomasse totale de la surface d'étude à Boanamary

<b>Espèce</b>	<b>Biomasse totale (T)</b>	<b>Abondance relative</b>
<i>Avicennia marina</i>	4,30	81,33%
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0,04	0,85%
<i>Ceriops tagal</i>	0,24	4,55%
<i>Rhizophora mucronata</i>	0,42	7,87%
<i>Xylocarpus granatum</i>	0,13	2,54%
<i>Sonneratia alba</i>	0,15	2,86%
<b>Total général</b>	<b>5,29</b>	

Le total de la biomasse aérienne et souterraine à Boanamary s'élève à 5,29 tonnes. Les espèces *Avicennia marina* et *Rhizophora mucronata* produisent une biomasse plus importante par rapport à l'ensemble des autres espèces tant en terme de biomasse aérienne que souterraine. *Xylocarpus granatum* suivi de *Bruguiera gymnorhiza* sont les espèces qui produisent le moins de biomasse par rapport à l'ensemble des espèces inventoriées à Boanamary. Dans la figure suivante, un aperçu détaillé de la biomasse est donné selon que celle-ci soit aérienne ou souterraine dans la zone de Boanamary (figure 37).

Cette figure offre une comparaison entre la biomasse aérienne et de la biomasse souterraine d'une espèce, mais également la comparaison de ces éléments par rapport aux autres espèces. D'après cette figure, *Rhizophora mucronata* possède une biomasse aérienne plus importante (91,53%) par rapport aux autres espèces, par contre sa biomasse souterraine est la moindre comparée à l'ensemble. D'une manière générale, on peut dire que la biomasse aérienne de chaque espèce représente une proportion bien plus significative comparée à la biomasse souterraine.



**Figure 37.** Pourcentage de biomasse aérienne et souterraine à Boanamary

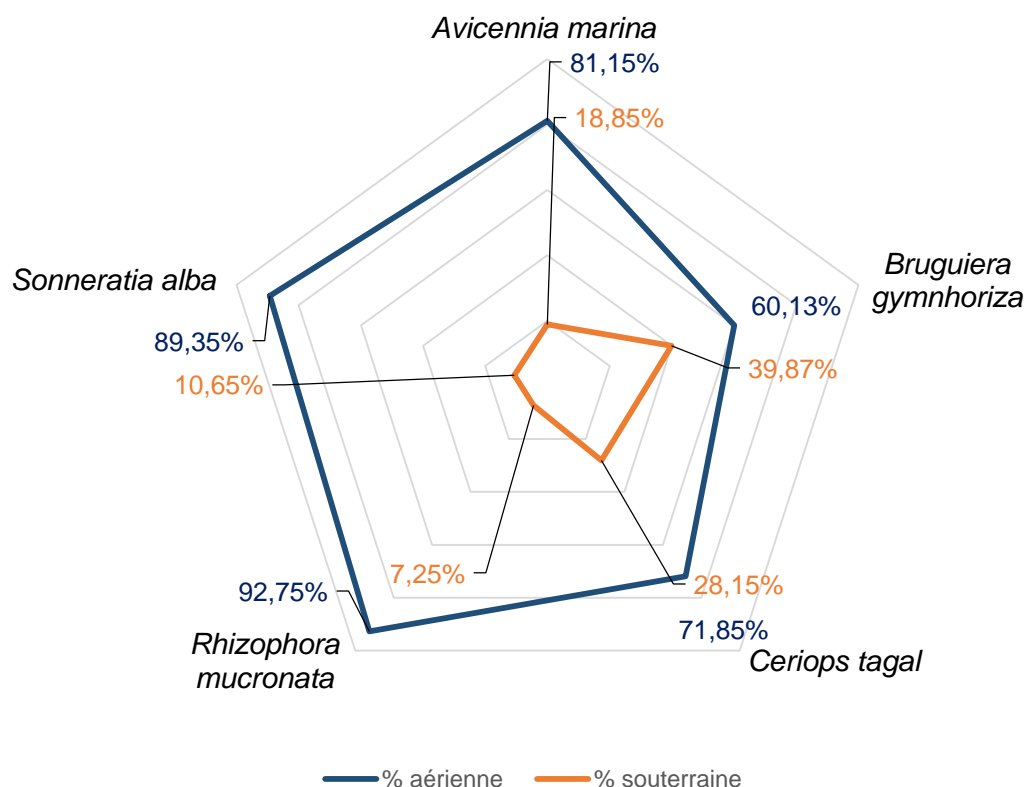
Quant à la zone de Soalala, le tableau 32 suivant offre un aperçu sur la biomasse totale. Le tableau représente la biomasse totale de chaque espèce de palétuviers inventoriés dans les trois sites. Le tableau informe également sur l'abondance relative de chaque espèce dans l'ensemble de la biomasse totale.

**Tableau 32.** Biomasse totale de la surface d'étude à Soalala

Espèce	Biomasse totale (T)	Abondance relative
<i>Avicennia marina</i>	6,56	48,85%
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	0,27	2,04%
<i>Ceriops tagal</i>	0,30	2,25%
<i>Rhizophora mucronata</i>	1,81	13,47%
<i>Sonneratia alba</i>	4,48	33,40%
<b>Total général</b>	<b>13,43</b>	

Le total de la biomasse (aérienne et souterraine) à Soalala s'élève à 13,43 tonnes. Dans cette zone, les espèces *Avicennia marina* et *Sonneratia alba* ainsi que *Rhizophora mucronata* représente une majeure partie de la biomasse totale. *Ceriops tagal* et *Bruguiera gymnorhiza* sont les espèces qui contribuent le moins dans l'ensemble de la biomasse relevée.

La figure suivante (figure 38) illustre les proportions attribuables aux biomasses aériennes et souterraines par rapport à l'ensemble pour chaque espèce inventoriée à Soalala.



**Figure 38.** Pourcentage de biomasse aérienne et souterraine à Soalala

D'après cette figure, *Rhizophora mucronata* (92,75%), *Sonneratia alba* (89,35%) suivi de *Avicennia marina* (81,15%) ont les biomasses aériennes les plus élevées. Par conséquent, elles ont également les biomasses souterraines les moins importantes par rapport aux *Ceriops tagal* (28,15%) et *Bruguiera gymnorrhiza* (39,87%).

En comparant ces valeurs à celles de Boanamaray, on peut dire que la biomasse totale de Soalala est élevée dans son ensemble. Alors que dans la surface d'échantillonnage de Boanamaray la biomasse totale s'élève à 5,29 tonnes, dans celle de Soalala celle-ci est de 13,43 tonnes. On peut également s'apercevoir qu'à Boanamaray *Sonneratia alba* figure parmi les espèces dont la contribution est moins significative par rapport aux espèces alors qu'à Soalala, ces espèces figurent parmi celles dont la biomasse est plus importante. Le tableau suivant résume la valeur économique de la séquestration de carbone par la forêt de mangrove à Boanamaray et Soalala.

D'après le tableau 33, le taux de CO<sub>2</sub> équivalent dans la zone de Boanamaray est de 2259,44 tCO<sub>2</sub>e et celui de Soalala est de 1983,13 tCO<sub>2</sub>e. Le prix adopté dans le calcul est de 96,3 USD avec un taux de conversion de 4300 Ariary par unité de dollar. La valeur par hectare de la séquestration de carbone par la forêt de mangrove de Boanamaray est de 19 539,12 Ariary/ha/an alors que celle de Soalala est de 51 449,00 Ariary/ha/an.

**Tableau 33.** Valeur économique de la séquestration de carbone à Boanamary et Soalala.

Paramètre	Boanamary	Soalala
Prix (USD/tCO <sub>2</sub> e)	96,3	96,3
Valeur de l'USD en Ariary	4300,00	4300,00
CO <sub>2</sub> équivalent (tCO <sub>2</sub> e)	2259,44	1983,13
Valeur totale (Ariary)	879 260 501,30	771 734 947,54
Surface (ha)	45000	15000
Valeur par hectare (Ariary/ha/an)	<b>20 791,35</b>	<b>54 746,28</b>

### III.6.6. Valeur médicinale

Les palétuviers sont particulièrement appréciés par la communauté locale par leur vertu pharmaceutique. Les espèces les plus appréciés sont *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata*, *Bruguiera gymnorhiza*, *Ceriops tagal* et *Xylocarpus granatum*. Bien que ces espèces soient utilisées par la population vivant à côté de la forêt de mangrove, seule *Avicennia marina* possède une valeur marchande. De ce fait, la valeur de celle-ci est appliquée pour déterminer la valeur monétaire de la mangrove en tant que plante médicinale. Le prix d'environ 50g d'*Avicennia marina* est de 500 Ariary et le nombre de consommation unique enregistrée est évaluée à 9192 fois en une année. La valeur économique est donc de **102,13 Ariary/ha/an** pour Boanamary et de **306,40 Ariary/ha/an** pour Soalala.

### III.6.7. Valeur du miel de mangrove

Le miel est l'un des produits d'exploitation durable tirée de la mangrove. Dans la zone de Boanamary, il existe 70 ruches dont la production totale annuelle est de 379 litres, soit un rendement moyen par ruche de 5,41 litres selon les enquêtes. Au prix de 15 000 Ariary par litre, le revenu total des 70 ruches s'élève à 5 685 000 Ariary. Le coût de production totale est de 2 905 000 Ariary pour l'ensemble de la coopérative de producteurs de miel dans la zone d'étude. En adoptant la technique de Witt (2015) concernant le calcul de la valeur économique de la production de miel de mangrove, le bénéfice net tiré de la production du miel peut s'élever jusqu'à 24 011,06 Ariary/ha/an (tableau 34).

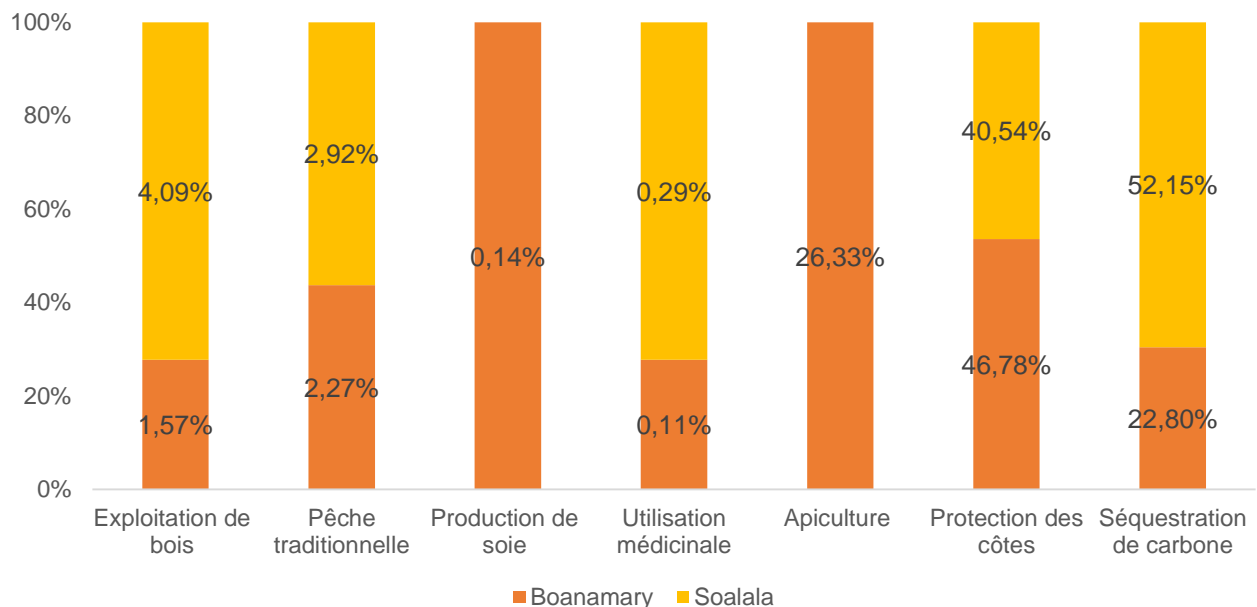
**Tableau 34.** Valeur économique de l'apiculture liée à la mangrove.

Paramètre	Valeur
Quantité produite (litre)	379
Nombre de ruche	70
Rendement par ruche (litre)	5,41
Prix (litre)	15 000,00
Revenu annuel par ruche (Ariary/ruche/an)	81 214,29
Revenu annuel total (Ariary)	5 685 000,00

Paramètre	Valeur
Cout (Ariary)	2 905 000,00
Bénéfice net (Ariary/an)	2 780 000,00
Mangrove requiert pour 5 ruches (ha)	8,27
Mangrove pour 70 ruches (ha)	115,78
<b>Total (Ariary/ha/an)</b>	<b>24 011,06</b>

### III.6.8. Valeur économique totale de la mangrove

En somme, la valeur économique de la mangrove diffère selon la valeur d'usage. La valeur économique totale de la mangrove de Boanamary s'élève à 91 199,71/ha/an et celle de Soalala s'élève à 104 979,75 Ariary/ha/an. La figure ci-dessous (figure 39) offre un résumé comparatif de la valeur économique de l'écosystème à mangrove dans la zone de Boanamary et de Soalala.



**Figure 39.** Contribution de chaque fonction dans la valeur économique totale de la mangrove de Boanamary et Soalala.

Cette figure résume la valeur économique totale (TEV) de la mangrove de Boanamary et de Soalala. Les cinq premiers éléments illustrés sur la figure indiquent les valeurs d'usage direct dont la consommation peut être immédiate et dont la valeur marchande existe, à part l'utilisation médicinale. Les deux derniers éléments, par contre, représentent la valeur d'usage indirect et concernent les services fonctionnels de l'écosystème. Dans l'ensemble, à Boanamary, c'est la protection côtière, une valeur d'usage indirect, qui détient la valeur économique la plus élevée dans la valeur totale du service écosystémique de la mangrove. Elle est suivie par l'utilisation médicinale, l'apiculture et la fonction de séquestration de carbone. L'activité d'exploitation de la soie sauvage demeure une pratique moindre en termes

de valeur économique à l'heure actuelle. Par contre, au niveau de Soalala, la valeur la plus élevée par rapport à l'ensemble, c'est la fonction de séquestration de carbone suivi de la protection des côtes et de l'apiculture. En termes de classification économique, le tableau suivant (tableau 35) offre un aperçu sur les classes de valeurs et leur contribution par rapport à l'ensemble.

**Tableau 35.** Valeur économique totale de la mangrove de Boanamary et Soalala par classe d'usage (ha/an).

	<b>Boanamary</b>	<b>Pourcentage</b>	<b>Soalala</b>	<b>Pourcentage</b>
Valeur d'usage direct	27 747,69	30,43%	7 673,73	7,31%
Valeur d'usage indirect	63 452,02	69,57%	97 306,02	92,69%
Valeur économique totale	91 199,71	100%	104 979,75	100%

Le tableau ci-dessus indique la valeur de l'écosystème au niveau de Boanamary et de Soalala selon la classification économique des valeurs de l'écosystème. Du côté de Boanamary, on peut s'apercevoir qu'il existe une dominance de la valeur d'usage indirect (69,57%) par rapport à la valeur d'usage direct (30,43%). Il en est de même du côté de Soalala où la valeur d'usage indirect prédomine à raison de 92,69% contre une valeur d'usage direct de seulement 7,31%.

## IV. Discussion

### IV.1. Méthodologie

La présente recherche a été menée autour de la commune de Boanamary et de la commune de Soalala. Elle se concentre sur la caractérisation de la liaison socioéconomique entre la communauté des zones côtières et la forêt de mangrove qui les entoure.

D'une part, Boanamary, représentant la baie de Bombetoka, est une localité ayant détenu une histoire économique considérable dans le 20<sup>ème</sup> siècle jusqu'au début du 21<sup>ème</sup> siècle par la présence des sociétés de cimenterie (à Amboanio) et de pêche (à Boanamary) (Andriamalala, 2007). D'abord, la chute de cet empire économique vers l'année 2003 marque le début de l'exploitation intensive de la mangrove au niveau de cette zone. Ensuite, la proximité de cette zone à la ville de Mahajanga facilite les échanges commerciaux en termes d'acheminement des produits de la mangrove. Malgré l'apparence d'un flux économique continu autour de ces produits, de nombreuses recherches ont constaté la diminution de la superficie de la mangrove au cours des années qui se suivent à cause des pratiques non durables et intensives (Andriamalala, 2007; Giri & Muhlhausen, 2008; Razafindramasy *et al.*, 2008; Scales & Friess, 2019).

D'autre part, Soalala, localisée dans la baie de Baly, représente une zone de prédilection pour les ressources halieutiques. Bien que la superficie de mangrove dans cette partie est moins grande comparée à celle de Boanamary (ILTIS, 1995), la zone est reconnue pour cette forte potentialité à travers les années (Région Boeny, 2015b). Contrairement à Boanamary, Soalala est une zone relativement enclavée et la liaison avec la ville de Mahajanga relève d'une difficulté particulière.

Le choix des sites d'études se repose sur le niveau de dégradation de la mangrove et de l'occupation humaine aux alentours à partir d'une observation préalablement effectuée. Comme le cas de la zone de Boanamary, une réelle différence est observée entre le site de Boanamary et celui de Morahariva. Alors que le premier est constitué de nombreuses habitations avec une mangrove plus dégarnie et des surfaces déjà converties, indiquant une longue histoire de dégradation, le second n'abrite qu'une poignée de foyers avec une dégradation récente et en cours. Les niveaux et le mode de vie sont relativement différents d'un endroit à un autre à travers la même zone d'étude. Il en est de même à Soalala où l'on a identifié des modes de vie relativement différentes aux alentours de la baie.

De ce choix de sites d'études en découle le choix des transects au cours des relevés écologiques. Ceux-ci représentent les zones à mangrove les plus proches de la communauté humaine. Pour avoir un aperçu du nombre des espèces présentes au sein de chaque site de relevé, nous avons établi ces transects. Ceux-ci ont été traversés jusqu'à ce qu'aucune espèce nouvelle n'a été rencontrée. Les transects ont servi de travail préliminaire avant l'établissement

des placeaux pour relever l'abondance de chaque espèce en termes de composition. Les quadrats viennent compléter la précédente méthode lorsque la tâche relève du comptage des individus de palétuviers pour chaque espèce et de la prise des paramètres dendrométriques (Ambrose, 2002; Tam *et al.*, 1997). Ces relevés se sont orientés vers l'appréciation quantitative et qualitative des essences de palétuviers sans se soucier des paramètres écologiques plus approfondis comme les études physico-chimiques.

Pour les collectes des données, les enquêtes ont été effectuées auprès de la communauté locale pour obtenir des informations sur les biens et services obtenus à partir de la mangrove. Nous avons fait appel à trois méthodes complémentaires au cours de cette étude pour s'assurer de la fiabilité des données collectées. En ce sens, la combinaison de l'entretien semi-directif et du Focus Group Discussion avec les observations nous a permis de s'assurer de cette fiabilité. Le questionnaire est le même pour chaque site d'étude et le dialecte local a été utilisé pour s'assurer de la fiabilité des informations collectées tout en s'appuyant sur l'aide des personnes clés désignées par les autorités locales. Néanmoins, dans le contexte malagasy, les données sur les activités à petites, voire très petites échelles, sont rarement enregistrées dans les bases de données officielles. Par conséquent, les informations sont communément basées sur le rappel ou l'estimation sur la quantité de produit collecté du répondant. Au cours de cette étude, aucune discrimination n'a été faite sur le genre et la participation inclusive de chacun dans les groupes de discussion constitue une méthode complémentaire à l'enquête individuelle (Andriamalala, 2007).

## **IV.2. Caractéristiques des populations vivant près des mangroves et utilisation**

Les résultats de cette recherche ont permis de caractériser les populations vivant à côté des forêts de mangroves de Boanamary et de Soalala. En effet, ces résultats démontrent à quel point ces communautés dépendent de la mangrove aussi bien pour leur subsistance que pour leurs activités génératrices de revenus.

Concernant ces activités génératrices de revenus, de nombreux auteurs (Atheull *et al.*, 2009; Région Boeny, 2015a; Ruitenbeek, 1992) identifient la pêche comme étant une activité principale des communautés des zones à mangrove. À travers leurs études, ils ont déterminé que plus de 65% de la population se fient à la pêche comme étant une source principale de revenu et de subsistance (Aye *et al.*, 2019; Glaser, 2003). Les zones de Boanamary et de Soalala présentent également une similarité aux études précédentes effectuées dans d'autres régions géographiques concernant le pourcentage de pêcheurs (69,56% et 50% respectivement) au sein de la communauté. Après la pêche, une partie non négligeable des communautés pratique les activités liées à l'agriculture et l'élevage.

Les produits issus de la mangrove sont à vocation commerciale pour la plupart. C'est particulièrement le cas pour les produits de la pêche. Dans la présente étude, les revenus mensuels issus de la mangrove sont présentés comme dominant entre les tranches de 0 à 200 000 (0-43,84 USD) Ariary et 400 000 à 600 000 Ariary (87,67USD – 131,51 USD) et représentent plus de 60% du revenu global du foyer moyen dans les deux zones d'études. Ce sont des tranches de revenus entre lesquelles plus de 50% des enquêtés s'y sont identifiés. Ces résultats sont assez faible comparé au taux d'inflation actuel d'autant plus que la taille des ménages varie autour de 5 personnes par foyer dans tous les sites d'études et dépasse la moyenne nationale de 4 personnes (INSTAT, 2020).

En comparant ces données avec les normes posées par la banque mondiale (World Bank, 2023), chaque personne au sein de la communauté vit au-dessous du seuil de pauvreté de 2,15 USD par jour. Cela reflète la pauvreté des communautés au niveau de nos sites d'étude bien que les produits tirés de la mangrove constituent entre 60% et 81% des revenus. Une situation similaire est notée au sein de la grande mangrove des Sundarbans, en Bangladesh, où la dépendance des foyers à la mangrove environnante est élevée tout comme la contribution de celle-ci au revenu des ménages et pourtant le taux de pauvreté y est également élevé (Mohammad Abdullah *et al.*, 2016). Tout comme celui des sites d'études dans la présente recherche, le nombre de personnes par foyer est plus grand que celui de la moyenne nationale. Nous pensons qu'il pourrait exister une relation positive entre le nombre de personnes par foyer et le taux de pauvreté et que celle-ci est plus prononcée dans les milieux ruraux où les opportunités de trouver un travail décent et formel sont faibles.

Un autre point d'analyse économique incontournable dans la présente recherche est l'exploration de l'inégalité entre les populations des zones d'études. Nos résultats indiquent qu'il existe très peu d'inégalité entre les sites de Boanamy et ceux de Soalala selon les résultats de l'indice de Gini. Cela indique que les niveaux de vie au sein de chaque zone sont les mêmes. D'un côté, Abdullah (Mohammad Abdullah, 2014) suggère que le faible taux de Gini pour les communautés environnant la mangrove comparé au taux national est dû à leur forte dépendance à celle-ci. Par contre, d'un autre côté l'auteur suggère que le faible niveau de l'indice d'inégalité pourrait refléter le fait que les zones d'études abritent une part de population tellement très pauvre, et en grand nombre, que même la part de population à plus fort revenu n'est pas aussi exceptionnellement riche. L'analyse de décomposition du Gini par source d'activité a permis de démontrer le niveau de dépendance de la population locale et de leur revenu à la mangrove (Nhem *et al.*, 2018). De nombreuses littératures affirment l'importance de cette méthode comme étant un outil de développement économique dans un sens où la décomposition des sources de revenus de ménage permet l'identification des secteurs d'activité qui peuvent réduire ou accroître l'inégalité au sein d'une population donnée (Irz *et al.*, 2007; Nhem *et al.*, 2018).

Au cours de cette recherche, les usages du palétuvier et la fréquentation de la forêt de mangrove diffèrent à Boanamary et à Soalala. Alors que les palétuviers dans la zone de Boanamary sont davantage utilisés dans la construction et la fabrication des charbons de bois, les bois de construction à Soalala sont plus collectés dans les zones hors mangrove. Deux hypothèses pourraient être avancées pour répondre à cela. D'abord, nous supposons que comme les villages de Taranta, Anjiamaloto et Kisoany sont encore bordés par des forêts sèches plus ou moins saines et diversifiées, leurs exploitations requièrent moins d'effort. Ensuite, nous avançons le fait que comme cette zone est largement habitée par les lignées conservatrices de Sakalava, la préservation de l'environnement est alors primordiale. Comme l'explique Noel *et al.* (2017), chez ce groupe ethnique, la mangrove représente un espace sacralisé évoquant le lieu de refuge de l'esprit des ancêtres. Ce constat a été observé à Soalala partout sur les embouchures (*kinga*) où des palétuviers sont entourés de tissus rouges indiquant une valeur sacrée. Tout comme Noel *et al.* (2017), nous estimons que cette sacralité constitue une barrière à l'exploitation non réglementée et favorise la conservation.

Les bois exploités sont majoritairement vendus dans les villes à forte demande en bois, où la taille de la population est également importante, tels que Mahajanga. La préférence s'oriente vers les espèces dont la droiture est quasi idéale pour en faire des échafaudages. De ce fait, la hauteur totale et le DBH constituent des critères de sélections importantes quant à la coupe, en plus de l'essence du palétuvier. Ce constat est reflété par l'enquête sur le marché de palétuvier dont nous avons mené où le DBH est un facteur déterminant leur prix. En ce sens, Dayarathne et Kumara (23) ont observé que ces coupes sélectives peuvent affecter la composition de l'âge et la capacité à se développer des palétuviers et agissent ainsi en tant que facteur limitant la capacité de colonisation des espèces dans le long terme. Cette discussion pourrait nous mener à explorer les raisons pour lesquelles *Xylocarpus granatum*, préférée pour la fabrication des pirogues par la population de Boanamary (Andriamalala, 2007), a été de moins en moins abondante en comparant les données d'Andriamalala (2007) à la présente recherche.

D'autres ethnies minoritaires du grand Ouest de Madagascar contribuent également à cette conservation. Les Vezo, quoiqu'exploitants de la mangrove également, n'utilisent que très peu cette ressource et se limitent à la consommation répondant à leur subsistance (Rakotomavo & Fromard, 2009). Dans l'ensemble chez ces ethnies, les bois utilisés se limitent au ramassage des bois morts dans la forêt. Lors de notre enquête à Boanamary, cette pratique a encore été évoquée, pourtant la réalité est toute autre. Néanmoins, les pressions démographiques, et en particulier l'installation des migrants, originaires du grand Sud, bouleversent cette culture et favorisent les surexploitations. L'exploitation des palétuviers est davantage à caractère commercial à destination de la consommation urbaine, c'est ce qu'affirment également les études de Noel *et al.* (2017).

Dans le sud de Madagascar, aux alentours de Tuléar, les espèces *Ceriops tagal* constituent les bois de palétuvier de prédilection de la communauté locale suivie de *Rhizophora mucronata* (Scales & Friess, 2019). FAO (2007) avait déjà avancé le fait que l'exploitation de la mangrove allait s'intensifier par le poids de la croissance démographique dans les années à venir. Les utilisations des palétuviers sont multiples comme indiqué dans notre recherche et celles-ci dépendent largement de leur affectation finale. D'abord, *Avicennia marina* est utilisée en tant que bois de chauffage pour la cuisson. De nombreuses recherches ont indiqué la préférence du *Xylocarpus granatum* en termes de bois de chauffe (Andriamalala, 2007; Rasoavolonjanahary *et al.*, 2017) et en tant que bois de construction (Noel *et al.*, 2017). Au cours de notre recherche, cette espèce est classifiée comme rare (Boanamary) ou inexistante à travers tous nos sites d'études ce qui laisse à suggérer l'hypothèse d'une surexploitation d'autant plus que les projets de restauration et de reboisement se concentrent davantage sur les Acanthaceae et Rhizophoraceae. Les recherches de Mitra (2020) sur la coupe sélective soutiennent cette hypothèse où celui-ci a évoqué une faible régénération de la part de cette espèce comme l'a identifié Van der Stocken (2015). Il en est de même pour l'unique individu de *Lumnitzera racemosa* que nous avons rencontré à l'entrée du village de Morahariva. Cette espèce est devenue en danger actuellement (Su *et al.*, 2006). Elle est également utilisée en tant que bois de chauffe (Vannucci, 2004) ou bois de construction par certaines populations (Andriamalala, 2007).

Un grand nombre de la population de la côte Ouest se sont également identifiés comme pêcheurs à raison de 87% en général (Barnes-Mauthe *et al.*, 2014). Dans cette étude, 69% des enquêtés à Boanamary et 50% des enquêtés à Soalala exercent le métier de pêcheur en tant qu'activité primaire. Hutchison *et al.* (2014) ont avancé que le lancement dans l'activité de pêche est motivé par l'absence de livelihood alternative, car il existe en effet une relation entre la faiblesse des pressures liées à la pêche et la prolifération des activités des secteurs secondaire et tertiaire. Cette hypothèse de Hutchison *et al.* semble se joindre au fait que la population de Boanamary s'est lancée massivement dans la pêche après la fermeture des usines de cimenteries en 2003 (Andriamalala, 2007) ainsi que le faible taux de développement dans la commune de Soalala.

Quant aux revenus de chaque communauté, nous avons pu déterminer que la mangrove contribue davantage à Soalala qu'à Boanamary alors que les résultats de l'importance relative ont indiqué que les communautés de Boanamary fréquentent plus les zones à mangrove que celles de Soalala. En effet, ces résultats peuvent être expliqués par le fait que dans notre site d'étude à Soalala, les produits de la pêche contribuent davantage aux revenus de ménage par rapport à Boanamary. Cette affirmation est justifiée par la prépondérance de la valeur économique de la pêche de Soalala comparée à Boanamary. Nos

observations personnelles nous ont fait remarquer que les prises à Soalala étaient plus importantes en termes de quantités et de diversités par rapport à ceux de Boanamary. Cela expliquerait sans doute les visites fréquentes de collecteurs chinois dans cette partie.

### **IV.3. Potentialité en palétuviers entre les sites**

Le test de khi-deux effectué en termes de biovolume et de surface terrière a indiqué qu'il n'existe pas de différence significative entre Boanamary et Soalala. Ce résultat suggère que les caractéristiques socioécologiques liées au potentiel des services écosystémiques des palétuviers pourraient être similaires entre ces deux zones. Néanmoins, la présente recherche a pu démontrer que la potentialité de Boanamary en termes de biovolume est de 5,37m<sup>3</sup>/ha contre 12,87m<sup>3</sup>/ha à Soalala. Dans son étude comparative sur la mangrove de Boanamary et de Mariarano, Andriamalala (2007) a présenté Boanamary comme étant une zone où la forêt est moins dense. Les constats au cours de cette recherche ont aussi révélé un espacement visible entre les espèces. Ce constat a été partagé dans la présente étude en comparant Boanamary à Soalala. La même étude a identifié que le biovolume des palétuviers à Boanamary ne dépasse pas 12m<sup>3</sup> alors que celui de Mariarano atteint 120m<sup>3</sup>. Les deux études ont illustré Boanamary comme étant une vaste étendue de surface couverte jadis par la mangrove et qui est actuellement ravagée par les différentes pressions anthropiques.

En termes de hauteur, au cours de notre inventaire, nous avons pu observer qu'*Avicennia marina* possède une hauteur assez élevée par rapport aux autres espèces, notamment à Morahariva (8,58 (±2,60)) et cela pourrait être probablement causé par la tolérance de cette espèce aux facteurs abiotiques de chaque zone. Les études comparatives d'Andriamalala (2007) ont également identifié cette dominance de hauteurs des *Avicennia marina* par rapport aux autres espèces mêmes au sein de Boanamary. Par contre, comparée aux *Avicennia marina* de Mariarano, ceux-ci étaient largement inférieurs et il en est de même pour toutes les autres espèces.

Dans notre étude, la hauteur moyenne des palétuviers à Boanamary était légèrement inférieure à ceux de Soalala sauf pour le cas d'*Avicennia marina* dans le site de Morahariva. Cette situation est également valable pour le cas du diamètre moyen de chaque espèce en comparant Boanamary avec les autres zones à mangrove aux alentours. Ces résultats mettent en évidence des variations dans le potentiel des services écosystémiques des différentes espèces de palétuviers entre les villages des différentes zones. Il est essentiel de tenir compte de ces variations lors de l'évaluation et de la gestion des écosystèmes de mangrove dans ces régions spécifiques. La partie Ouest de Madagascar est une zone à forte potentialité en mangrove (Giri & Muhlhausen, 2008; Virginie & Faustin, 2014) et notamment au niveau de Boeny (Lebigre, 1990; Razafindramasy, 2006; Shapiro *et al.*, 2018; Virginie & Faustin, 2014).

#### IV.4. Ecologie et distribution des palétuviers

Dans la présente étude, les espèces les plus abondantes sont *Avicennia marina*, *Rhizophora mucronata* et *Ceriops tagal* aussi bien à Boanamary qu'à Soalala. Les inventaires conduits par FAO semblent également converger vers cette observation (FAO, 2007). Ce rapport souligne également que les palétuviers malagasy dépassent rarement 6m de hauteur, ce que confirme le résultat de notre inventaire à l'exception des *Avicennia marina* dans le site de Morahariva où la hauteur moyenne a été de 8,58m ( $\pm 2,60$ ). Cette espèce a été parmi les plus abondantes à travers tous les sites d'échantillonnages et particulièrement à Morahariva où l'abondance relative a été de 99%. *Xylocarpus granatum* et *Lumnitzera racemosa* ont été les espèces les moins abondantes au cours de l'inventaire et dont l'occurrence n'a été observée qu'à Boanamary. Ce cas est également observé à Mozambique, où sur les huit espèces généralement recensées dans le pays, *Xylocarpus granatum*, *Lumnitzera racemosa* et *Heritiera littoralis* ont été les moins abondants et dont le déclin y a été déclaré (Barbosa et al., 2001; Come et al., 2023). D'ailleurs, les études d'Andriamalala (2007) à Boanamary ont déjà identifiés la faible occurrence de ces espèces (*Lumnitzera racemosa* et *Xylocarpus granatum* 7,1%) et aucun n'a été trouvé à Mariarano. Su et al. (2006) ont évoqué le fait que cette dernière requiert la présence de courant pour pouvoir se disperser, alors que dans notre cas, aussi bien que dans celui d'Andriamalala, elle a été retrouvée au niveau des tannes.

En effet, cette espèce possède la particularité d'une tolérance aux conditions arides et extrêmes (Kathiresan, 2011). Il peut s'agir d'une haute salinité, d'un manque d'irrigation en eau douce ou bien encore d'une température trop élevée. Cette situation a été auparavant observée dans certains pays de l'Afrique où les conditions ont été défavorables pour beaucoup de palétuviers à l'exception d'*Avicennia marina* (Kathiresan & Rajendran, 2005).

En combinant avec l'aridité du sol observé dans le site de Morahariva, nous avançons l'hypothèse que cette tolérance aux conditions extrêmes explique le fait qu'*Avicennia marina* puisse coloniser les espaces le long de Morahariva. Malgré cette tolérance, Kathiresan avance que ces conditions affectent le développement de l'espèce. Cela pourrait expliquer le fait qu'au cours de notre étude, il existe une grande variation chez *Avicennia marina* en termes de diamètre et de hauteur dans le site de Morahariva (21,13 ( $\pm 5,15$ )) par rapport aux autres sites comme Amboanio 19,94 ( $\pm 0,74$ ), Boanamary (16,21 ( $\pm 3,09$ )).

Une autre théorie expliquant la colonisation des espaces aux alentours de Morahariva et des îlots est également le fait que les propagules de ces espèces ne voyagent pas loin de leur parent et qu'il serait rare de les voir s'implanter loin de ce dernier (Kathiresan, 1999). Cette situation peut également expliquer la faible valeur de l'équitabilité à Morahariva ( $H' = 0,077$  et  $E = 0,038$ ) où le peuplement est presque monospécifique. Aussi, à travers les années, la

colonisation a été possible. Les mêmes conditions écologiques ont été également notées à Taranta où l'irrigation en eau douce pourrait être moindre par rapport à Kisoany et Anjiamaloto.

À part *Avicennia marina*, nous avons également constaté une forte abondance de *Rhizophora mucronata*. Ce résultat est en accord avec les recherches de Spalding *et al.* (Spalding, 2010) en termes d'abondance relative. En effet, ces espèces tolèrent également une salinité allant jusqu'à 30‰ (Kathiresan, 2011) alors que celle de Boanamary est de 36‰ (Raharimahefa & Kusky, 2010). Pourtant, la forte salinité pourrait réduire la biomasse des mangroves. Cette tolérance pourrait de ce fait expliquer que *Rhizophora mucronata* soit encore aussi abondant à travers les sites d'études. Andriamalala (2007) en parle d'une adaptation physiologique variant d'une espèce à une autre. Néanmoins, Kathiresan et Thangam (1990) avancent que la végétation de mangrove est plus luxuriante dans une zone à moindre salinité. Pourtant, on ne peut pas conclure que la salinité seule est un déterminant clé de la zonation des mangroves et de leur développement (Hogarth, 2015).

En contraste, en termes de particularité, les espèces occupant les fronts de mer comme *Sonneratia alba* tolèrent une salinité relativement élevée par rapport à d'autres espèces de *Sonneratia*. Elle préfère coloniser les zones à eaux saumâtres pour assurer leur développement selon les études de Ball & Pidsley (1995). Ces observations pourraient expliquer l'abondance de l'espèce le long d'Anjiamaloto (43,59%) et son absence, notamment à Taranta qui est situé un peu plus loin de l'embouchure, ou sa rareté dans d'autres sites comme Boanamary. Par contre, la croissance des juvéniles de *Sonneratia alba* dans l'eau de mer était si faible selon les observations de Ball & Pidsley (1995) qu'il est peu probable qu'ils atteignent leur maturité sans exposition à des salinités plus faibles, au moins pendant la saison des pluies. Nous avançons cette observation comme étant la raison pour laquelle *Sonneratia alba* est absente aux alentours de Morahariva. Scales et Friess (2019) ont discuté le fait que la différence en termes d'abondance des palétuviers d'un site à un autre pourrait résulter de la géomorphologie de chaque site d'étude, mais également des données historiques sur l'utilisation de chaque espèce. La taille relativement faible des DBH au niveau des sites ainsi que la présence d'arbre de petites tailles pourraient indiquer une condition climatique défavorable ou une pression anthropique importante. Ces observations n'ont pas seulement été constatées au cours de notre étude, mais également au niveau de la baie des Assassins dans le sud de Madagascar (Scales & Friess, 2019).

#### **IV.5. Dynamique de la forêt de mangrove**

D'autres facteurs impactant le développement de la mangrove incluent la gestion et la régulation au niveau de ces zones. Hogarth (2015) évoque un cas identique à celui de Madagascar où l'absence d'une régulation effective affecte le succès de la régénération. Les recherches de Hogarth (2015) pointent particulièrement le manque de mise en place de

régulation quant à la divagation des bétails dans les forêts. Il qualifie la divagation fréquente et intensive comme étant un facteur contribuant à la démolition des branches, des racines et entraîne la compaction du sol à la longue entraînant alors une impossibilité aux propagules de pénétrer le sol. Les propagules ayant réussi à s'implanter correctement sont également confrontées à la prédation par les crabes, mais aussi par ces bétails (Kathiresan, 2011). Au cours de notre étude sur les pressions et menaces, cette divagation de bétail à travers la forêt de mangrove a été également identifiée comme une réelle menace pour la survie des propagules (les pressions évaluées à Amboanio, Boanamaray, Taranta sont d'ordre 6 ; et Anjiamaloto d'ordre 5). Combinées avec les coupes et les charbonnages intensifs au niveau de Boanamaray pour répondre aux besoins de la ville, le futur de la forêt de la mangrove serait à craindre vu que ces types de menaces demeurent celles les plus pesantes (Polidoro *et al.*, 2010).

En effet, à l'heure actuelle, 26 pays sur 120 ont subi l'extinction de la mangrove (Kathiresan, 2011). Duke *et al.* (2007) estiment qu'avec le rythme d'exploitation actuelle, la mangrove risquerait de disparaître d'ici 100 ans. Cette estimation semble se joindre au modèle prédictif établi dans la présente recherche. Pour la mangrove de Boanamaray, la vaste étendue pourra supporter les besoins en palétuviers jusqu'aux alentours de 58 ans alors que celle de Soalala durera seulement moins de 50 ans. Dans le modèle de dynamique de système de la présente recherche, nous estimons que la diminution puis la disparition de la mangrove entraîneraient l'exode de la population vers d'autres zones où les ressources seront encore capables de les supporter. Nous avons constaté par exemple une diminution de la population de Boanamaray entre les recensements de 2015 (Région Boeny, 2015a) et ceux en 2020 (INSTAT, 2020). Toutefois, comme la corrélation n'implique pas la causalité, d'autres études devraient approfondir la cause de cette diminution.

Cependant, ce déplacement vers d'autres zones où les ressources sont encore capables de supporter les besoins a déjà été un phénomène observé par Thomas Malthus (1986). Cette théorie explique le fait que la croissance de la population double en une période de 25 ans en prenant une allure géométrique tandis que les ressources naturelles prennent une croissance arithmétique. Selon cet économiste, l'exploitation des ressources ne suit des rythmes croissants mais décroissants après épuisement du sol, contrairement à la population. Ainsi, l'Humain est condamné à changer de zone et d'exploiter davantage chaque fois que les ressources se tarissent. Cette théorie vient confirmer le résultat de notre modélisation prédictive mais nous estimons aussi que ce phénomène pourrait en partie expliquer, ne serait-ce qu'infimement, la raison pour laquelle la population de Boanamaray a légèrement décliné en comparant les données du SAC en 2015 et les résultats du RGPH en 2018. Cependant, l'étude sur la relation entre les efforts de reforestation de mangrove et la croissance des revenus de la population locale à partir d'un modèle de dynamique de système ont démontré un résultat

positif (Tingsabath & Pongkijvorasin, 2004). Cela indiquerait que les efforts de restauration ne sont pas vains à condition que les besoins humains soient intégrés comme étant un paramètre important dans le modèle.

Sur la disparition de la mangrove, Polidoro *et al* (2010) va jusqu'à estimer une disparition d'ici une dizaine d'années si les mesures actuelles restent identiques. Si les grandes villes continuent de s'accroître, les besoins sur le marché s'accroissent avec eux et une forte pression appellerait alors les ressources venant des milieux ruraux (Cunningham, 2001). Tel est le cas de Boanamy où les ressources, comme le charbon de palétuvier particulièrement, affluent quotidiennement vers la ville de Mahajanga. Scales et Friess (2019) ont suggéré que l'éloignement de ces sites ayant des potentialités en mangrove par rapport à la ville amoindrit les exploitations, car elles ne sont pas financièrement viables. Cela pourrait-il expliquer le fait qu'à travers les images satellitaires de notre résultat, les pertes de surface de Boanamy soient beaucoup plus conséquentes comparées à celle de Soalala, par la proximité du premier site à la ville de Mahajanga ?

#### **IV.6. Valeur économique des palétuviers**

À travers cette étude, nous avons pu remarquer que d'une manière générale la valeur d'usage indirect représente 58% de l'ensemble de la valeur économique totale (Tableau 32). Autrement dit, ce sont les fonctions écologiques de la mangrove qui produisent une importante valeur économique comparée aux valeurs d'usages directs. Ce constat est partagé avec beaucoup de recherches relatives à la valorisation économique de la mangrove à travers différentes zones (Rizal *et al.*, 2018; Suharti *et al.*, 2016). Cette situation souligne également le fait qu'au-delà de sa fonction d'approvisionnement, la mangrove est largement importante pour sa fonction écologique même d'un point de vue économique (Q. T. Vo *et al.*, 2012). Parce que ces valeurs n'ont pas de contrepartie directe sur le marché, leur estimation pourrait poser de difficulté et entraînerait alors une négligence quant à leur réelle importance (Bann, 1998; Barbier *et al.*, 1997; Q. T. Vo *et al.*, 2012). Par contre, la multiplicité des techniques de valorisation qui s'offre aux chercheurs fait également que les valeurs économiques attribuées à la mangrove sont différentes d'une étude à une autre en addition des conditions écologiques existantes et de l'espèce inventoriée elle-même.

##### **IV.6.1. Valeur des bois de palétuviers**

Les palétuviers sont des essences hautement appréciées pour répondre aux besoins de construction ainsi que pour le besoin énergétique dans les pays en voie de développement (Ram Gurjar *et al.*, 2019; Shumi *et al.*, 2019). Les pays de l'Afrique de l'Est, incluant Madagascar, semblent partager les mêmes modèles d'utilisations de ces palétuviers en comparant par exemple les études d'Andriamalala (Andriamalala, 2007) et celles de (Riungu *et al.*, 2022) et de l'UNEP au Kenya (UNEP, 2011). Cette forme d'utilisation est sans doute

l'exploitation la plus fréquente de la mangrove bien qu'elle soit la plus destructrice. Les bénéfices tirés par les exploitants dans la plus basse échelle de la chaîne de valeur du bois de palétuvier sont moindres contrairement à ceux situés un peu plus haut dans la chaîne et qui se trouvent en ville (Riungu *et al.*, 2022).

En autorisant l'approvisionnement en bois, la valeur économique de la mangrove s'élève à 1 432,78Ar/ha/an (0,33 USD) pour Boanamary et 4 298,33 Ariary/ha/an (0,99 USD) pour Soalala dans cette étude. Au Kenya, dans la baie de Gazi, la valeur économique tirée de l'exploitation des palétuviers est de 4,2USD/ha/an (UNEP, 2011) alors que son exploitation en tant que bois énergie est de 16USD/ha/an. Ce résultat est largement inférieur à celle calculée par Sina *et al.* (Sina *et al.*, 2017) en Indonésie où la valeur du bois énergie est à 554USD/ha/an. Néanmoins, lors des enquêtes au sein des villages, la valeur réelle de l'exploitation des palétuviers en tant que charbon, bois de construction ou de chauffe demeure un sujet où les réponses sont floues. Seules les enquêtes au niveau des marchés ont servi de base.

#### **IV.6.2. Miel de mangrove**

La mise en place des activités génératrices de revenus comme l'apiculture dans les mangroves figure parmi les stratégies essentielles pour la conservation des forêts de mangroves, mais également d'assurer un flux continu et durable pour la communauté. En adoptant ces pratiques durables, des opportunités économiques s'offrent à la communauté. La présence des abeilles dans les mangroves ne se limite pas seulement sur l'aspect économique, car elles assurent autant le service de pollinisation que la perpétuation des valeurs culturelles liées aux miels (ex : offrande) (Ali *et al.*, 2021; Bradbear, 2004). Cependant, l'exploitation du miel de mangrove subit des difficultés quant à son implantation entre autres la surexploitation des palétuviers alors que ces miels de mangrove sont reconnus comme étant les meilleurs (Krishnamurthy, 1990; Mduda *et al.*, 2023). À Madagascar, les palétuviers les plus importants contribuant dans la production des miels sont l'*Avicennia marina*, *Bruguiera gymnhoriza*, *Ceriops tagal*, et *Rhizophora mucronata* (Hermansen *et al.*, 2014; Krishnamurthy, 1990).

Pourtant, la présente étude ainsi que de nombreuses recherches ont démontré que ces espèces sont les plus exploitées par les communautés pour assurer les besoins en bois dans la ville de Mahajanga (Andriamalala, 2007; Ranarijaona *et al.*, 2017; Razafindramasy *et al.*, 2008). D'une part, ces exploitations compromettent la réussite des initiatives d'implantations et la productivité de l'apiculture autour des mangroves. Les aléas climatiques et les activités anthropiques intensifient la salinité du sol et affectent la santé des abeilles. Dadant et Sons (Dadant & Sons, 1982) indiquent qu'une augmentation de 0,125% du taux de salinité dans le régime alimentaire des abeilles conduit à une mortalité massive. D'autre part, dans notre étude, seule la zone de Boanamary pratique l'apiculture et cette activité n'a pas été

retrouvée dans la zone de Soalala. Cela pourrait être dû à l'absence de l'ouverture à d'autres marchés dans cette zone à l'exception des ressources halieutiques et traduit également l'absence d'incentive liée aux opportunités économiques que l'apiculture pourrait procurer. D'autres raisons pourraient concerner la faible appréciation des miels de mangrove conduisant à une demande relativement faible sur le marché comparé aux miels des autres fleurs. Krishnamurthy (Krishnamurthy, 1990) rapporte également que la production de miel dans d'autres forêts paraît plus facile pour la communauté locale comparée à celle effectuée au sein de la mangrove pour cause de sécurité et d'accessibilité.

Dans de nombreuses recherches, l'apiculture liée à la mangrove est considérée comme un produit forestier mineur (Gunawardena *et al.*, 2005; Sathirathai, 1995; Uddin *et al.*, 2013) et représente une infime partie de l'ensemble de la valeur économique de chaque zone étudiée. Le rapport effectué par le Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE) dans la baie de Gazi révèle par exemple une valeur de 14USD/ha/an et représente une valeur minime comparée aux valeurs des autres services économiques dans cette partie du Kenya (UNEP, 2011). Cette valeur est supérieure à la présente recherche avec une potentialité du miel de mangrove s'élevant à 5,09USD/ha/an et ne se diffère pas largement à celle identifiée dans la baie d'Ambaro qui est de 7,71USD/ha/an (Witt, 2016).

#### **IV.6.3. Valeur de la pêche traditionnelle**

La pêche à l'intérieur et à l'extérieur des zones à mangrove dépend essentiellement de cette dernière (Hogarth, 2015). Les études menées par Aburto-Oropeza *et al.* (2008) dans le Golfe de Californie mènent à conclure la relation positive entre la densité de la mangrove et le rendement de la pêche. Les espèces exposées le long des franges sont en particulier mises en exergue par la recherche grâce à leur fonction écologique de nourricière. Les recherches menées par Rönnbäck ont démontré que les poissons préféraient les pneumatophores de l'*Avicennia marina* aux racines échasses des Rhizophoraceae (Ronnback *et al.*, 1999). La structure de cette première favorise non seulement le refuge pour les juvéniles, mais également la rétention des planctons au retraitement des marais (Hutchison, 2014). La présence de la mangrove augmente l'abondance des poissons et des crustacés dans les habitats adjacents comme les récifs coralliens et les herbiers (Mumby *et al.*, 2004) et les espèces fréquentant les milieux à mangroves sont rarement rencontrés dans les zones à faible abondance de mangrove.

Depuis cette fonction écologique, nous pouvons observer l'importance économique de la mangrove dans son soutien aux activités génératrices de revenus, au moins au niveau rural. Pourtant, la sous-estimation de la fonction économique jouée par la mangrove et ses services écosystémiques a entraîné la conversion des forêts en surface agricole ou aquacole (Rönnbäck, 1999). Un grand nombre des poissons énumérés par les pêcheurs au cours de

cette recherche incluant *Mugil sp.*, *Lutjanus sp.*, et *Arius sp.* ont un grand attachement à la présence de la mangrove (Rönnbäck, 1999) de même que les crevettes pénéides (Dall *et al.*, 1990) et le crabe *Scylla serrata* (Matthes, 1988). Au cours de cette recherche, de nombreux crabes ont été retrouvés mais dont l'utilité n'existe pas selon les communautés enquêtés, à l'image de *Cardisoma sp.*, *Neosarmatium meinerti* ou *Uca tangeri*. Par contre, les recherches de Sadeer & Mahomoodally (2022) ont permis de connaître que certaines communautés ont également montré une préférence quant à la consommation des crabes supratidales.

La valeur monétaire de la mangrove liée à la pêche varie d'une région à une autre tout comme les autres valeurs économiques de la mangrove et cela peut être due au fait que les prix attribués à chaque bien ne soient pas identiques. Dans le Golf de Californie, la valeur annuelle par hectare de mangrove attribuable à la pêche est de 37 500 USD/ha/an ou 161 250 000 Ariary/ha/an, dans la baie de Gazi (Kenya), cette valeur est de 109 000 Ariary/ha/an alors que dans la présente étude la valeur est de 2 071 Ar/ha/an (Boanamary) et 3 069 Ar/ha/an. Néanmoins, les études de Kairo *et al.* (2009) ont également montré des valeurs plus basses dans la baie de Gazi à hauteur de 0,2USD/ha/an ou 860 Ar/ha/an. Cette valeur peut être due au fait que les prises fréquentes sont davantage concentrées sur des poissons trouvés fréquemment sur le marché. Hutchison *et al.* (2014) ont évoqué que la différence entre les valeurs économiques de la mangrove dans le soutien de la production de ressources halieutiques peut être dû à la différence du taux d'inflation et du prix sur le marché d'un même produit, mais de localité très différente. Par contre, nous sommes convaincus que plus de recherches doivent être effectuées (Gardner *et al.*, 2017) afin d'identifier la valeur réelle des produits halieutiques, surtout au niveau de la pêche traditionnelle où les données statistiques sont rares et les pêches de subsistance sont rarement évaluées (Rönnbäck, 1999).

#### **IV.6.4. Valeur de carbone séquestrée**

Dans son ensemble, la biomasse est beaucoup plus importante au niveau de la partie aérienne que de la partie souterraine. En effet, pour les espèces de *Sonneratia sp.* un ratio de 3 :1 a été observé (Kusmana *et al.*, 2018). Selon Kusmana *et al.* (2018), la biomasse est une fonction positive de la largeur du tronc. Ce constat explique la raison pour laquelle dans le site de Soalala, certaines *Sonneratia alba*, n'ayant pas subi de dégradation et possédant un tronc plus large, produisent davantage de biomasses que d'autres espèces. Hogarth (2015) explique que la biomasse est d'autant plus importante dans les mangroves saines avec une hauteur considérable comparée aux mangroves rabougries.

La biomasse aérienne (AGB) est beaucoup plus élevée que la biomasse souterraine (BGB) pour toutes les espèces (Kandasamy *et al.*, 2021; Sahu *et al.*, 2016). Par contre, Kandasamy rapporte qu'un large taux de biomasse souterraine pourrait indiquer une caractéristique d'adaptation dans l'accumulation de biomasse racinaire et du renforcement au

niveau de ce dernier afin d'assurer la survie de l'espèce. Néanmoins, les équations allométriques utilisées par les chercheurs rendent les informations difficilement comparables. Ranaivojaona (2021) a démontré que la biomasse totale chez *Avicennia marina* a été plus importante par rapport à celle des autres espèces. Selon Kathiresan (2011), afin d'évaluer la valeur de la séquestration de carbone au niveau de la forêt de Boanamary et de Soalala, il a été prudent de calculer la biomasse totale par hectare et d'appliquer les facteurs de conversions afin d'obtenir le carbone équivalent. La valeur monétaire de la séquestration est ensuite obtenue en multipliant le taux de carbone équivalent à un prix international. Cette démarche indiquée par Kathiresan (2011) a été suivie au cours de la présente étude afin d'obtenir une information fiable et comparable.

Concernant la valeur de la séquestration de carbone par la mangrove, notre étude conduit à conclure que la forêt de mangrove de Boanamary pouvait générer un potentiel de 20 791,35 Ar/ha/an (4,59 USD/ha/an) et celle de Soalala est de 54 746,28 Ar/ha/an (12,08 USD/ha/an). La différence de la valeur au niveau de Boanamary et Soalala pourrait s'expliquer par le fait que le diamètre moyen par site (Tableau 15) et par espèce est beaucoup plus important et plus varié à Soalala comparé à Boanamary. Comme indiqué plus haut, la production de biomasse est en fonction de la condition écologique des espèces et certaines espèces sont beaucoup plus sensibles que d'autres (Kathiresan, 2011).

Nous estimons que le résultat de la présente étude est un peu plus faible par rapport à celui identifié au niveau de la mangrove du Kenya qui est de 44,42 USD/ha/an (Kairo *et al.*, 2009) ou de celui obtenu au Brésil qui est de 19 USD/ha/an (Estrada *et al.*, 2015) avec des valeurs plus élevées comme 325 USD/ha/an à Vietnam (UNEP, 2015). En Indonésie, la séquestration de carbone a été évaluée à 1100USD/ha/an (Malik *et al.*, 2015) alors que la mangrove mondiale a été évaluée à 30USD/ha/an (Chmura *et al.*, 2003). Les différences entre ces résultats pourraient donc être dues premièrement à la santé de l'écosystème de la localité respective où ces études ont été menées. Deuxièmement, la différence peut également être occasionnée par le choix et la variation des prix de la tonne de carbone équivalent. En effet, le prix du carbone équivalent peut varier de 6,86USD/tC sur le marché américain (Ramesh *et al.*, 2022) à 96USD sur le marché européen à l'heure actuelle.

#### **IV.6.5. Valeur de protection des côtes**

Mazda *et al.* (2006) ainsi que Trégarot *et al.* (2017) soulignent l'importance de *Sonneratia* sp. dans sa capacité d'atténuer l'intensité des vagues jusqu'à 50% en tant qu'espèce pionnière des fronts de mer. Au cours de notre inventaire à Boanamary ces espèces ont été moins nombreuses (2,016% de l'ensemble), ce qui contribuerait en partie à une baisse de la protection côtière au niveau de ces zones. Et de toute façon, à Soalala (13%) comme à Boanamary, *Sonneratia alba* ne figure pas parmi les espèces les plus abondantes. Kathiresan

(2011) a évoqué que peu de dommages, voire aucun n'a été identifié dans les zones à mangrove où la végétation est luxuriante. Par contre, la protection des côtes ne se limite pas seulement aux seuls pouvoirs des *Sonneratia alba*. *Rhizophora sp.* est également actif dans la protection des côtes (McCoy *et al.*, 1996).

La présence de chaque hectare de mangrove contribue deux fois à la protection des côtes comparées à un terrain nu (Kathiresan, 2011). De ce fait, la conservation de la mangrove est une option appropriée pour le développement économique (Das, 2007). Néanmoins, cette capacité protectrice de la mangrove est dépendante des caractéristiques écologiques de chaque peuplement comme le diamètre, la hauteur, la densité, la composition des peuplements, d'une part, et d'autre part, la hauteur des vagues apportées par les tempêtes, leur périodicité et la profondeur des côtes (Mazda *et al.*, 1997). En ce sens, la fonction écologique de la mangrove en tant que protectrice de la zone côtière est encore un domaine à approfondir surtout au niveau de sa relation avec l'économie des côtes dans le cas de Madagascar. Le rôle des espèces de palétuviers dans la réduction des vagues a été scientifiquement prouvé (Kathiresan, 2011). Les palétuviers, grâce à leurs systèmes racinaires développés, arrivent à contrôler les inondations. Comme le réchauffement climatique favorise l'augmentation du niveau de la mer, des études ont observé les peuplements de mangrove se mobiliser vers les terres. Par contre, ce mouvement se trouve limité par les habitations humaines et oblige alors les mangroves à rester englouties sous la mer (Kjerfve *et al.*, 1999).

Des recherches avancent l'importance de la mangrove dans la protection des zones côtières. En effet, la réduction des vagues diminue avec l'augmentation de la densité de la végétation et la profondeur de l'eau. Par conséquent, les zones à faible densité de mangrove ayant subi des érosions fréquentes ou importantes sont plus sujettes à des inondations. En effet, dans les forêts de mangrove saines, la réduction de vague par 100m est de 20% (Mazda *et al.*, 1997). La disparition de la mangrove à travers les côtes malagasy poserait alors des dégâts économiques. Le modèle prédictif de Gedan *et al.* (2011) a indiqué que sans la présence de la mangrove, le passage des tempêtes en Inde aurait causé 1,2 million de décès additionnels. En effet, dans la zone Ouest de l'Océan Indien, Madagascar tient la première place en tant que zone à risque au passage fréquent des catastrophes naturelles intenses (WWF, 2021).

Les études de méta-analyses (Hogarth, 2015) ont montré que la valeur économique engendrée par la mangrove dans sa fonction de protection des côtes varie de 10 USD/ha/an (43 000 Ar/ha/an) à 8044 USD/ha/an (34 589 200 Ar/ha/an) (Salem & Mercer, 2012). Dans la présente étude, la valeur économique de la protection des côtes est de 42 660,67Ar/ha/an (9,92 USD/ha/an) pour Boanamary et de 42 559,74 Ar/ha/an (9,89 USD/ha/an) pour Soalala. Encore, à l'instar des autres valeurs déterminées au cours de cette étude, leurs différences

aux autres littératures sont dues au choix des méthodes, à l'effort et coût de recherche, mais également au prix utilisé lors du calcul de la valeur.

#### **IV.6.6. Valeur de la soie sauvage et valeur médicinale**

Dans la littérature, très peu de sujets parlent de la soie sauvage dans les forêts de mangrove. Cette exploitation est l'une des filières émergentes et prometteuses dans la conservation de la mangrove. Néanmoins, quoiqu'une étude de potentialité ait été conduite au cours de la présente étude pour déterminer la valeur économique de la soie, les résultats indiquent encore un très faible niveau. Nous avançons une hypothèse pour expliquer ce cas. Cette hypothèse concerne le prix sur le marché local de ce bien. Au niveau de la région Boeny, seule la zone de Boanamary produit de la soie et également de la soie se développant dans les forêts de mangrove. Les informations venant des personnes clés dans la zone de Soalala nous ont permis d'apprendre qu'il existe une forte probabilité d'existence de ces vers à soie sauvage aux alentours des hameaux de Kisoany et Marotia. En tant que filière émergente, la place de la soie dans l'économie locale et régionale est encore très faible néanmoins elle reçoit l'attention de tous les représentants administratifs officiels.

L'utilisation de chaque palétuvier pour ses vertus médicinales est diverse. Les connaissances locales et traditionnelles sur la pharmacopée sont larges. Les études de Razafindravony et Faustin (2014) et celles d'Andriamalala (2007) ont toutes démontré à quel point la mangrove pourrait contribuer à la guérison d'un grand nombre de maladies d'origine virales, bactériennes et fongiques. La validation scientifique de ces connaissances locales reste encore une étape à franchir (DasGupta & Shaw, 2017) pour augmenter la valeur économique de la mangrove et davantage promouvoir les pratiques durables non destructives qui peuvent devenir dans le futur une source de revenus et une opportunité de création d'emploi pour le milieu rural.

Kathiresan et Qasim (2005) ont émis que la mangrove pouvait contribuer à traiter certaines maladies cancéreuses et autres maladies graves. Dans certaines enquêtes au sein des communautés de l'Afrique de l'Ouest (Hogarth, 2015), l'utilisation des plantes demeure une option. Néanmoins, dans notre enquête, les enquêtés en font une pratique effective. Quand bien même, les avancées technologiques sur l'étude des nanoparticules ont mis en lumière l'importance de la mangrove sur le plan médicinal (Sadeer & Mahomoodally, 2022). Ces recherches ont évoqué *Avicennia marina* comme étant une clé potentielle contre les maladies causées par *Escherichia coli* et *Klebsiella pneumonia*.

Dans la présente recherche, seul *Avicennia marina* a été retrouvé sur le marché local de Mahajanga bien que les autres espèces possèdent des vertus médicinales (Andriamalala, 2007). Les enquêtes villageoises ont également fait mention de cette espèce comme étant efficaces. Les travaux de recherche de (Thatoi *et al.*, 2016) soulignent une activité

antimicrobienne, antioxydante, anticancéreuse, antidiabétique et anti-inflammatoire chez le genre *Avicennia* en général.

#### **IV.7. Lois sur l'exploitation de la mangrove**

La diminution de la superficie de la mangrove dans toutes les régions du monde a donné naissance à des réglementations tantôt diverses, tantôt contradictoires face à l'exploitation de la mangrove. Pour le cas de Madagascar, alors que des réglementations sur la restriction de l'exploitation des palétuviers ont été promulguées, les activités quotidiennes démontrent le contraire (Arrêté interministériel n° 32100-2014 du 24 octobre 2014 portant interdiction d'exploitation de bois de mangroves au niveau du territoire national – Annexe XIII). Ce cas est également relevé au Kenya où le gouvernement interdit l'exploitation et l'exportation des palétuviers alors que le Musée National de Kenya encourage l'utilisation des palétuviers notamment en tant que matériau de construction pour « protéger les vestiges » (Idha, 1998). Ces situations traduiraient une dissonance cognitive de la part de certaines entités en favorisant les opportunités économiques de courtes durées et un manque de responsabilité (Arnaudova, 2018; Mohamed *et al.*, 2008). En effet, le système de centralisation est pointé comme cause majeure de la détérioration de la condition des ressources et de la marginalisation des communautés, surtout au niveau rural (Kairu *et al.*). Afin de corriger les erreurs sur la manière de gérer les ressources naturelles, en particulier la mangrove, le système de décentralisation devrait avoir lieu.

Des études antérieures ont démontré l'évidence d'une gestion des ressources naturelles décentralisée et de la prise en compte de la réalité au niveau de la communauté comme étant une stratégie réussie (Chhatre & Agrawal, 2009; Lund & Treue, 2008; Persha & Blomley, 2009). La faille dans la mise en place d'une politique de gestion des ressources naturelles décentralisée et efficace pourrait résulter d'un passé dictatorial (Mamdani, 2018), notamment dans le cas du continent africain, venant du gouvernement central. D'autres failles se trouvent au niveau de la non-prise en compte du fait que l'élaboration de la politique publique est un domaine dynamique qui doit s'adapter au contexte temps et espace. La défaillance dans l'analyse du système social limite les capacités à prendre des décisions, surtout quand ces dernières émanent du pouvoir central. En ce sens, Arts et Van Tatenhove (2006), indiquent que dans l'élaboration des prises de décisions, ce qui manque souvent c'est l'élément du discours politique (mode de compréhension de l'élaboration des politiques concentré sur le langage, les idées et les arguments utilisés).

La prise en compte et l'analyse du discours permettra d'avoir une vision plus détaillée et proche de la réalité du quotidien avant les décisions. Cette étape, souvent négligée, permet de prendre du rationnel dans la promulgation des instruments politiques. Ce constat nous mène à nous demander comment les instruments de politiques publiques malagasy

supportent-ils la protection de l'environnement ? Dans un contexte global, mais toujours centré sur la majorité des pays africains, les mangroves sont gérées en se calquant sur la législation des autres ressources (Mwangi *et al.*, 2017). Kairu *et al* indiquent que cette faiblesse dans l'élaboration d'une politique publique effective, et surtout dans la gestion des ressources naturelles, est le fruit de la colonisation des pays africains où la centralisation des pouvoirs a été prépondérante.

L'État joue un rôle important dans la mise en place des stratégies de protection de la mangrove en s'appuyant sur les différents instruments. Parmi eux figure la taxation (Pigou, 2017). Ce concept économique relate l'importance de l'interventionnisme de l'État dans l'économie pour corriger les défaillances du marché, en l'occurrence l'externalité. L'externalité est définie comme étant les coûts ou avantages d'une activité économique qui ne sont pas reflétés dans le prix de marché. Dans le cadre de la mangrove et de la présente étude, les externalités s'agissent des bénéfices de la protection des côtes et de la séquestration des carbonnes, dont les prix ne sont pas affichés sur le marché, contrairement aux terrains ou aux bois de palétuviers. Cette situation entraîne une exploitation déséquilibrée et sans limite de la mangrove comme le coût de cette destruction n'est pas totalement supporté par les responsables de l'acte.

Comme indiqué précédemment, le rôle de l'État consiste à corriger ces défaillances en imposant une taxe sur la destruction de la mangrove. La mise en place d'une telle action ouvre les portes sur le concept du paiement des services écosystémiques et a produit ses effets dans la restauration de la forêt de Costa Rica (Vaas, 2014). Une forêt détruite par les intérêts économiques nationaux dans les années 1970 et où le *Programa de Pagos por Servicios Ambientales* a fait ses effets (Arriagada *et al.*, 2012). Croes et Yang (2022) expliquent que l'exploitation de la forêt ne doit pas se résumer tout simplement autour des biens dont les prix existent sur le marché, car le bien-être humain ne s'y résume pas. En effet, le bien-être humain est également en fonction des autres services écosystémiques comme la séquestration de carbone par les palétuviers, ou la fonction de nourricière de ceux-ci, mais dont l'échange sur le marché serait difficile.

## **V. Recommandations**

Considérant les résultats présentés au cours de cette recherche, nos recommandations s'orientent vers deux concepts importants et interdépendants qui rallient à la fois l'importance écologique de la mangrove et le développement économique de toute la communauté.

L'augmentation de la population et le taux de pauvreté en milieu rural sont des facteurs aggravant l'exploitation de la mangrove pour les zones côtières. En l'absence des ressources alternatives aux palétuviers en tant que bois énergie et de construction, les besoins resteront les mêmes. En addition, l'absence de l'intégration du capital naturel dans les stratégies nationales constituera un obstacle majeur dans l'élaboration des lois adaptées sur l'exploitation de la mangrove. En plus, nous accordons également une grande place pour la promotion de la culture et la mise en place d'instruments de politique efficace :

### **V.1. Promotion de l'approche basée sur l'écosystème (EbA) :**

Le concept de l'EbA est la favorisation de l'utilisation de l'écosystème en tant que pilier pour l'adaptation au changement climatique et pour la construction de la résilience de la communauté. En cette ère où le changement climatique est au centre de toutes les préoccupations internationales, la situation socioéconomique et géopolitique de Madagascar rend ses zones côtières davantage plus vulnérables par rapport aux autres localités. Ainsi, l'EbA, en tant que solution basée sur la nature, répond aux besoins de chaque localité dans la construction de la résilience, mais également dans la conservation de la mangrove. Pour cela, les décideurs étatiques devraient mettre l'écosystème à mangrove au centre de leurs décisions. Pour une mise en place d'EbA réussie, il faut que les programmes mises en place contribuent :

- à la réduction de l'inégalité environnementale et sociale ;
- à la production des bénéfices sociaux ;
- à la restauration, maintenance ou la préservation de la santé des écosystèmes.

En plus, les plans d'action, les lois et les règlements doivent être en harmonie avec ce concept et que les responsables à tous les niveaux soient conscients de leur importance et s'y impliquent également. Les différents pactes sociaux, comme les *Dina*, doivent renforcer et refléter l'importance de l'approche EbA pour une communauté résiliente.

### **V.2. Mise en place d'une chaîne de valeur pro-pauvre et investissement dans les valeurs directes non-destructives**

Dans une chaîne de valeur ordinaire, ce sont les paysans, premiers acteurs dans une filière, qui se trouve mal rémunérée par rapport aux efforts qu'ils fournissent. Tel est le cas de

Boanamary concernant la soie sauvage. La promotion d'un marché équitable constituerait une grande réussite pour les gestionnaires, car en ressentant les bénéfices économiques réels de la soie, une grande partie de la communauté, jadis fabricant de charbon, pourrait se reconvertir dans la soie. En d'autres termes, il faudrait que la chaîne de valeur s'incline vers les paysans et la promotion des activités durables non destructrices pour que la conservation soit une réussite.

En addition, nous supposons que si les *livelihoods* de la communauté côtière doivent dépendre réellement de la mangrove, la promotion des investissements dans le secteur non destructif devrait être faite. Par exemple, dans le cas de Boanamary, la promotion de l'activité génératrice de revenus à partir de la soie de mangrove est devenue une priorité pour certains organismes et aussi pour le gestionnaire de la NAP Bombetoka-Belemboka. Ceci étant, cet investissement, pour réussir et produire l'effet escompté, doit suivre l'approche pro-pauvre citée plus haut dans le paragraphe. Autrement, lorsque la communauté locale ne trouve pas son intérêt dans les programmes de protection, elle continuera à adopter son rythme quotidien, peu importe les efforts de reboisements effectués.

### **V.3. Favoriser l'importance des traditions et des croyances d'essence culturelle**

Dans la présente étude, nous avons découvert que certaines ethnies plus conservatrices arrivent à maintenir leur écosystème un peu plus stable par rapport à une communauté mixte. À travers le respect des *fady*, des mythes, des croyances et des traditions propres à la Culture locale, toute une communauté arrive à préserver la forêt de toutes sortes de pressions. Il serait donc judicieux de travailler avec les populations natives au tout début des projets de conservation pour s'assurer que ceux-ci réussissent.

En conclusion, nous sommes convaincues que même les plus grands projets de restauration avec des milliers d'hectares reboisés ne produiront pas les résultats escomptés si au sein de leur projet la valeur culturelle n'est pas intégrée en son sein.

### **V.4. Révision approfondie des lois sur la gestion de la mangrove**

Pour éviter l'exploitation sans limite de la mangrove, pour régulariser les concurrences entre exploitants et avoir un contrôle effectif sur sa gestion, nous recommandons la révision analytique approfondie des arrêtés et décrets suivants (voir Annexe XIII) :

- Arrêté interministériel n° 32100-2014 du 24 octobre 2014 portant interdiction d'exploitation de bois de mangroves au niveau du territoire national ;

- Décret n° 2017-566 fixant les missions de contrôle et d'inspection des techniciens de l'environnement ainsi que les modalités de transaction

Pour cela, il faudrait prendre en compte des réalités économiques et écologiques relatives à chaque zone de mangrove et travailler en étroite collaboration avec les communautés locales, les organismes non étatiques travaillant sur le secteur environnemental, mais surtout avec les établissements de recherche scientifique à caractère multidisciplinaires. En ce sens, nous proposons le dialogue Talanoa comme première approche dans une longue étape de collaboration.

Le dialogue Talanoa est un mot traditionnel du Fidji pour désigner un processus de dialogue inclusif, participatif et transparent. L'objectif du Talanoa est de partager des histoires, de développer l'empathie et de prendre des décisions effectives et prenant en compte de la réalité pour le bien collectif, comme la gestion et la conservation de la mangrove. Le processus de Talanoa implique le partage d'idées, de compétences et d'expériences par le biais de récits et des faits.

Talanoa favorise la stabilité et l'inclusion dans le dialogue, en créant un espace sûr qui embrasse le respect mutuel pour une plateforme de prise de décision pour un plus grand bien. Cette pratique a été évoquée et adaptée comme une pratique essentielle au cours de la Conférence des Parties 23.

## **V.5. Favoriser le Paiement des Services Ecosystémiques**

Comme indiqué dans les discussions, l'externalité et la défaillance de marché demeurent des questions ambiguës dans la gestion effective des ressources naturelles, surtout dans les pays en voie de développement où le taux de pauvreté est élevé. Néanmoins, comme l'ont montré les littératures sur le succès de l'implantation PES en Costa Rica, nous pensons que la mise en place d'un tel programme au niveau de Madagascar serait judicieuse. Il existe plusieurs avantages dans l'utilisation de la taxe pigouvienne dans la protection de la mangrove.

D'abord, c'est un moyen efficace de protéger et de gérer, car elle ne nécessite pas du gouvernement une intervention directe locale. Ensuite, c'est un moyen d'assurer une protection juste de la mangrove, car ceux qui contribuent à la destruction de la mangrove doivent payer, d'où le concept de pollueur-payeur. Finalement, c'est un moyen flexible de protéger la mangrove, car les taux en vigueur sont ajustables pour pouvoir atteindre le taux de protection désiré.

Dans le contexte de Madagascar, nous recommandons de s'appuyer sur l'intégration de tous les produits collectés de la mangrove parmi les produits imposables et de subventionner les actions de protections venant des communautés locales. Trois recommandations peuvent être citées :

- Une taxe est imposée dans la vente des palétuviers (bois ou charbon). Cette taxe collectée reflèterait le coût social de la déforestation, et découragerait les coupes.
- Une taxe, relativement élevée, surtout dans le milieu urbain, est imposée au développement d'infrastructure au niveau de la forêt/zone de mangrove.
- Une subvention devrait être payée aux communautés conservant la mangrove. Cette subvention reflèterait les bénéfices sociaux de la mangrove et encouragerait ceux-ci dans la protection des écosystèmes.

Un suivi rigoureux et strict par une entité neutre serait également nécessaire pour s'assurer que la mise en place de ces mesures soit effective, pour que les taxes soient réellement affectées dans le financement de la restauration et la conservation de la mangrove ainsi que dans la subvention des communautés locales/entités œuvrant directement dans la conservation.

## VI. Conclusion

La mangrove est un écosystème complexe et riche offrant non seulement des biens exploités pour répondre aux besoins quotidiens de l'Homme, mais également des fonctions écologiques importantes soutenant le développement économique durable. Au cours de la présente recherche, nous avons cherché à analyser le lien entre les services écosystémiques de la mangrove, la dépendance de la communauté à cette ressource et à dégager la durabilité et la viabilité de la mangrove en nous appuyant sur sa valeur économique. Cette étude se base sur la comparaison entre Boanamy, l'une des plus grandes zones à mangrove de Boeny où la dégradation est visible, et Soalala, une zone à mangrove moyenne, où la surface occupée par la mangrove est relativement moindre.

L'étude écologique a permis de déterminer la richesse et la potentialité de chaque zone d'étude tandis que l'étude socioéconomique, par le biais des enquêtes et des observations, a contribué à la connaissance des modes d'utilisation et des dépendances de la communauté à la mangrove. L'analyse de la valeur économique a permis de dégager la prépondérance des valeurs directes et indirectes de la mangrove de Boanamy et Soalala. Enfin, une analyse des pressions et menaces nous a permis de détecter les problèmes exercés par la mangrove dans le temps présent et elle a été combinée avec la modélisation et l'analyse des images satellitaires pour observer le passé et le futur de la forêt dans ces zones.

Les espèces présentes dans tous les sites sont celles rencontrées communément sur le marché de Mahajanga, à savoir *Avicennia marina*, *Ceriops tagal*, *Bruguiera gymnorrhiza*, et *Rhizophora mucronata* en plus de *Sonneratia alba* dont l'usage est plutôt au niveau des villages. Néanmoins, leur abondance se diffère entre les sites de Boanamy par rapport à Soalala. Nous avons estimé que cette différence pourrait être occasionnée par les conditions écologiques non identiques au niveau des zones d'études. Les espèces *Lumnitzera racemosa* et *Heritiera littoralis* ont été rares et n'ont été retrouvés qu'à Boanamy. En somme, Boanamy est plus diversifiée que Soalala en termes d'espèces et la valeur de l'indice de diversité vient souligner cet argument et suggère donc la potentialité de cette zone auparavant.

En analysant la potentialité en termes de palétuviers entre ces deux zones, nos résultats nous mènent à conclure que même avec une diversité élevée, la zone de Boanamy possède un biovolume et une surface terrière moindre par rapport à Soalala et même comparée à d'autres zones de son envergure dans la région Boeny. La mangrove est moins dense et clairsemée dans la zone de Boanamy alors qu'elle est plus serrée dans la zone de Soalala. Le diamètre moyen entre les sites de Boanamy varie de 16,21cm à 19,94cm avec très peu de variances et celui de Soalala varie de 15,49cm à 32,80cm avec une variance plus large.

L'étude sur l'importance des palétuviers, la fréquentation de chaque point de collecte et l'indice d'utilisation de chaque espèce nous ont permis de dégager à quel point la communauté de Boanamary s'attache à la mangrove pour son activité quotidienne, tant pour le commerce que pour les besoins de subsistance. De son côté, les enquêtés à Soalala ont démontré que l'utilisation de la mangrove demeure une option et la préservation peut se vêtir également d'une dimension culturelle. Néanmoins, nous ne rejetons pas le fait que les exploitations illicites et à l'insu des observations formelles pourraient exister.

À partir des enquêtes et des observations qui ont été menées au sein des communautés de Boanamary et de Soalala, nous avons pu constater que quoique chacune de ces communautés soit liée à la présence de la mangrove, la dépendance des sources de revenus par rapport à celle-ci est différente. D'un côté, les communautés de Boanamary s'attachent à la mangrove par le biais de l'extraction des bois et la fabrication de charbons ainsi que de la pêche, alors que d'un autre, les communautés de Soalala en dépendent largement pour le support de l'activité de pêche. L'analyse de l'importance relative de la mangrove nous a permis de savoir que les communautés de Boanamary fréquentent davantage les zones à mangroves, représentées par les îlots et les mangroves sur le littoral, par rapport aux communautés de Soalala dont la fréquentation a été beaucoup plus axée vers les forêts sèches aux alentours. Néanmoins, en tant que village de pêcheurs, ces villages s'appuient tous sur la présence de la mangrove pour leur activité génératrice de revenus. Ces résultats s'alignent à l'hypothèse concernant la dépendance des sources de revenus de la population à la mangrove.

La détermination de la valeur économique a révélé l'importance des valeurs d'usage indirect en général, par rapport à l'usage direct. La valeur de la protection des côtes est la plus élevée pour les deux sites tandis que l'exploitation de la soie à Boanamary est la plus faible. La protection des côtes est une fonction écologique importante qui soutient largement l'économie des côtes en prévenant les pertes économiques, surtout pour Madagascar au vu de sa position géographique. En ce sens, à travers la présente recherche, nous avons pu conclure les liens existants entre les différents services écosystémiques. Néanmoins, nos observations satellitaires, combinées aux observations de pressions et menaces ainsi que l'analyse de la dynamique de système nous ont permis de dégager que la zone de Boanamary comme la zone de Soalala sont sujettes à une menace réelle de disparition après des dizaines d'années et que la prise en compte d'une mesure effective de régulation serait nécessaire. Cela dit, l'hypothèse relative à l'importance économique des valeurs d'usages indirects par rapport aux valeurs d'usage est confirmée.

Les analyses de pressions au cours de l'étude ont permis de démontrer que les activités d'origine anthropique, la vente de palétuviers, la fabrication de charbon et la divagation de bétail, sont les principales causes de la dégradation de la mangrove, surtout

dans le cas de Boanamary. Les études bibliographiques et nos analyses d'images satellitaires ont confirmé un long épisode de pressions au sein de la mangrove de Boanamary par rapport à celle de Soalala. La modélisation de la dynamique de système associant l'exploitation de la mangrove et les besoins croissants de la population ont permis d'avoir un aperçu sur le futur de la mangrove dans les deux zones d'études en se basant sur le rythme des activités quotidiennes actuelles. Nous avons également avancé que les images satellitaires démontrant peu d'évolution négative ainsi que les courbes plus lisses au niveau de la modélisation dans la zone de Soalala seraient les majeures raisons pour lesquelles la valeur économique totale de la zone soit relativement plus élevée que celle de Boanamary. En examinant l'ensemble de ces résultats sur l'analyse de pressions et menaces, l'évolution de la mangrove, et la différence de la valeur économique totale au sein des deux zones d'études, nous avons pu confirmer la véracité de l'hypothèse sur la relation entre les activités anthropiques, la productivité de la mangrove et la valeur économique de chaque zone d'étude.

Ces résultats constituent une base nécessaire à la prise de décision comme ils englobent des sujets transdisciplinaires. L'évaluation économique des services écosystémiques de la mangrove est encore une pratique moins entreprise au moins dans la région Boeny malgré son importance si l'on considère l'interdépendance de l'économie à la santé de nos écosystèmes. Ces résultats nous suggèrent également plusieurs implications sur la manière dont les décisions doivent être prises surtout au niveau de l'élaboration des lois relatives à l'exploitation de la mangrove.

De ce fait, en tenant compte des contextes sur la situation de la mangrove malagasy, dont la nécessité de prendre des actions a été démontrée au cours de la présente recherche, quatre recommandations essentielles ont été évoquées. Tout d'abord, cette recommandation s'oriente vers l'adoption de l'approche basée sur l'écosystème qui permettra de faire face au changement climatique en favorisant l'adaptation et la construction de la résilience. Ensuite, il s'agit de la mise en place d'une chaîne de valeur pro-pauvre dont l'objectif est de favoriser l'inclusion socioéconomique de communautés marginalisées. Puis, dans le contexte malagasy, nous favorisons la promotion de l'importance des cultures locales pour la conservation et la gouvernance des ressources naturelles. Finalement, nous recommandons la révision approfondie des instruments de politiques publics relatifs à la gestion et conservation de la mangrove pour réguler l'exploitation en tenant compte de la réalité.

Alors que cette recherche a permis de mettre en exergue des résultats importants sur la valeur économique de l'écosystème à mangrove de Boanamary et Soalala, les limites à l'étude se concentrent d'abord à l'allocation des moyens (matériels, humains, et financiers) dans les sujets jugés importants afin d'éviter d'entrer dans des domaines plus vastes. Les limites ont été également observées quant à la précision des données collectées au niveau des enquêtés vu l'inexistence de recueil statistique officiel. Par contre, nous suggérons que

les recherches ultérieures se concentrent sur chacun des services écosystémiques de la mangrove afin d'obtenir des données encore plus précises et plus fiables pour soutenir les actions de conservation. L'intégration des approches et des résultats issus des études sur la valorisation économiques des capitaux naturels demeurent encore une grande étape à franchir pour de nombreuses Etats, particulièrement dans les pays en voie de développement. Mais par-dessus ces analyses, nous insistons sur la théorie malthusienne, car la position géographique et politique de Madagascar lui rend plus vulnérable aux évènements climatiques. Ainsi, devons-nous nous demander comment les ressources disponibles de ce pays vont supporter la croissance de la population ? Comment la politique publique va-t-elle équilibrer la situation compte tenu de la situation socioculturelle et économique ?

## VII. Bibliographie

1. Abeysinghe, P. D. (2010). Antibacterial activity of some medicinal mangroves against antibiotic resistant pathogenic bacteria. *Indian journal of pharmaceutical sciences*, 72(2), 167.
2. Aburto-Oropeza, O., Ezcurra, E., Danemann, G., Valdez, V., Murray, J., & Sala, E. (2008). Mangroves in the Gulf of California increase fishery yields. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(30), 10456-10459.
3. Albuquerque, U. P., Cruz da Cunha, L. V. F., Paiva de Lucena, R. F., & Alves, R. R. N. (2014). *Methods and Techniques in Ethnobiology*.
4. Ali, A. I., Kairu, E. W., Abubakar, Z. M., & SS, I. (2021). *Effect of pollination on flower abortion, fruit set and fruit production in four mangroves species*.
5. Alongi, D. M. (2012). Carbon sequestration in mangrove forests. *Carbon management*, 3(3), 313-322.
6. Ambrose, R. F. (2002). Transects, quadrats, and other sampling units. *Methods for performing monitoring, impact, and ecological studies on rocky shores*, 70, 91.
7. Andriamalala, A. J. C. (2007). *Etude écologique pour la gestion des mangroves à Madagascar*.
8. Arias-Ortiz, A., Masqué, P., Glass, L., Benson, L., Kennedy, H., Duarte, C. M., Garcia-Orellana, J., Benitez-Nelson, C. R., Humphries, M. S., & Ratefinjanahary, I. (2021). Losses of soil organic carbon with deforestation in mangroves of Madagascar. *Ecosystems*, 24, 1-19.
9. Arnaudova, K. (2018). *The tangled roots of the sea: The complexities of mangrove conservation in Peninsular Malaysia*.
10. Arriagada, R. A., Ferraro, P. J., Sills, E. O., Pattanayak, S. K., & Cordero-Sancho, S. (2012). Do Payments for Environmental Services Affect Forest Cover? A Farm-Level Evaluation from Costa Rica. *Land Economics*, 88(2), 382-399. <https://doi.org/10.3368/le.88.2.382>
11. Arts, B., Leroy, P., & Van Tatenhove, J. (2006). Political modernisation and policy arrangements: A framework for understanding environmental policy change. *Public organization review*, 6, 93-106.
12. Asari, N., Suratman, M. N., Mohd Ayob, N. A., & Abdul Hamid, N. H. (2021). Mangrove as a natural barrier to environmental risks and coastal protection. *Mangroves: Ecology, Biodiversity and Management*, 305-322.
13. Atheull, A. N., Din, N., Longonje, S. N., Koedam, N., & Dahdouh-Guebas, F. (2009). Commercial activities and subsistence utilization of mangrove forests around the Wouri estuary and the Douala-Edea reserve (Cameroun). *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 5(1), 35. <https://doi.org/10.1186/1746-4269-5-35>
14. Aye, W. N., Wen, Y., Marin, K., Thapa, S., & Tun, A. W. (2019). Contribution of mangrove forest to the livelihood of local communities in Ayeyarwaddy Region, Myanmar. *Forests*, 10(5), 1-13. <https://doi.org/10.3390/f10050414>
15. Ball, M. C., & Pidsley, S. M. (1995). Growth Responses to Salinity in Relation to Distribution of Two Mangrove Species, *Sonneratia alba* and *S. lanceolata*, in Northern Australia. *Functional Ecology*, 9(1), 77. <https://doi.org/10.2307/2390093>
16. Bann, C. (1998). *The Economic Valuation of Mangroves: A Manual for Researchers*.
17. Barbier, E., Acreman, M., Knowler, D., & Bureau, R. C. (1997). *Economic valuation of wetlands*.
18. Barbosa, F. M., Cuambe, C. C., & Bandeira, S. O. (2001). Status and distribution of mangroves in Mozambique. *South African Journal of Botany*, 67(3), 393-398.

19. Barnes-Mauthe, M., Oleson, K., & Zafindrasilivonona, B. (2014). *The total economic value of small-scale fisheries with a characterization of post-landing trends : An application in Madagascar with global relevance*. IIFET.
20. Braat, L. C., & Van Lierop, W. F. J. (1987). *Economic-ecological modeling*. Elsevier Ltd.
21. Bradbear, N. (2004). *Beekeeping and sustainable livelihoods*.
22. Chhatre, A., & Agrawal, A. (2009). Trade-offs and synergies between carbon storage and livelihood benefits from forest commons. *Proceedings of the national Academy of sciences*, 106(42), 17667-17670.
23. Chmura, G. L., Anisfeld, S. C., Cahoon, D. R., & Lynch, J. C. (2003). Global carbon sequestration in tidal, saline wetland soils. *Global biogeochemical cycles*, 17(4).
24. Clausen, A., Rakotondrazafy, H., Ralison, H. O., Andriamanalina, A., & WWF, M. (2010). Mangrove ecosystems in western Madagascar : An analysis of vulnerability to climate change. *WWF Study Report*, 24pp.
25. Come, J., Peer, N., Nhamussua, J. L., Miranda, N. A., Macamo, C. C., Cabral, A. S., Madivadua, H., Zacarias, D., Narciso, J., & Snow, B. (2023). A socio-ecological survey in Inhambane Bay mangrove ecosystems : Biodiversity, livelihoods, and conservation. *Ocean & Coastal Management*, 244, 106813.
26. Cooke, A., Lutjeharms, J. R. E., & Vasseur, P. (2003). Marine and coastal ecosystems. *The Natural History of Madagascar. SM Goodman and JP Benstead (eds.)*, 179-208.
27. Costanza, R. (1996). Ecological economics : Reintegrating the study of humans and nature. *Ecological application*, 6, 978-990.
28. Croes, R., & Yang, Y. (2022). *A Modern Guide to Tourism Economics*. Edward Elgar Publishing.
29. Cunningham, A. B. (2001). *Applied ethnobotany : People, wild plant use and conservation*. Earthscan.
30. Dadant, & Sons. (1982). *The hive and the honey bee*: (Dadant and).
31. Dall, W., Hill, B. J., Rothlisberg, P. C., & Sharples, D. J. (1990). The biology of the Penaeidae. *The biology of the Penaeidae.*, 27.
32. Das, S. (2007). Mangroves : A natural defense against cyclones; an investigation from Orissa, India. *SANDEE policy brief/South Asian Network for Development and Environmental Economics; no. 24-07*.
33. DasGupta, R., & Shaw, R. (Éds.). (2017). *Participatory Mangrove Management in a Changing Climate : Perspectives from the Asia-Pacific* (1st ed. 2017). Springer Japan : Imprint: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-4-431-56481-2>
34. Dave, R. (2006). *Mangrove Ecosystems of Southwest Madagascar : An Ecological , Human Impact , and Subsistence Value Assessment*. 7-13.
35. De Groot, R. S., Wilson, M. A., & Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41(3), 393-408. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(02\)00089-7](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(02)00089-7)
36. Duke, N. C., Meynecke, J.-O., Dittmann, S., Ellison, A. M., Anger, K., Berger, U., Cannicci, S., Diele, K., Ewel, K. C., & Field, C. D. (2007). A world without mangroves? *Science*, 317(5834), 41-42.
37. Eleanya, K. (2015). *Socio-Economic Importance of Mangrove Forests In Akassa Island of Niger Socio- Economic Importance of Mangrove Forests In Akassa Island of Niger Introduction Mangrove forests are increasingly recognized as crucial ecosystems in sustaining the livelihoods*. August 2017.
38. Elsawah, S., Pierce, S. A., Hamilton, S. H., Van Delden, H., Haase, D., Elmahdi, A., & Jakeman, A. J. (2017). An overview of the system dynamics process for integrated

modelling of socio-ecological systems : Lessons on good modelling practice from five case studies. *Environmental Modelling & Software*, 93, 127-145.

39. Estrada, G. C. D., Soares, M. L. G., Fernandez, V., & De Almeida, P. M. M. (2015). The economic evaluation of carbon storage and sequestration as ecosystem services of mangroves : A case study from southeastern Brazil. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11(1), 29-35. <https://doi.org/10.1080/21513732.2014.963676>
40. FAO. (2005). *Évaluation des ressources madagascar*.
41. FAO. (2007). *Mangroves of Africa 1980-2005 : Country reports*.
42. Fay, D. S., & Gerow, K. (2018). A biologist's guide to statistical thinking and analysis. *WormBook: The Online Review of C. elegans Biology [Internet]*.
43. Friess, D. A., & Webb, E. L. (2014). Variability in mangrove change estimates and implications for the assessment of ecosystem service provision. *Global ecology and biogeography*, 23(7), 715-725.
44. Friess, D. A., Yando, E. S., Abuchahla, G. M. O., Adams, J. B., Cannicci, S., Canty, S. W. J., Cavanaugh, K. C., Connolly, R. M., Cormier, N., Diele, K., Feller, I. C., Fratini, S., Jennerjahn, T. C., Lee, S. Y., Ogurcak, D. E., Ouyang, X., Rogers, K., Rowntree, J. K., Sharma, S., ... Wee, A. K. S. (2020). Mangroves give cause for conservation optimism, for now. *Current Biology*, 30(4), R153-R154. <https://doi.org/10.1016/j.cub.2019.12.054>
45. Fujimoto, K., Imaya, A., Tabuchi, R., Kuramoto, S., Utsugi, H., & Murofushi, T. (1999). Belowground carbon storage of Micronesian mangrove forests. *Ecological Research*, 14, 409-413.
46. Gardner, C. J., Roccliffe, S., Gough, C., Levrel, A., Singleton, R. L., Vincke, X., & Harris, A. (2017). Value chain challenges in two community-managed fisheries in western Madagascar : Insights for the small-scale fisheries guidelines. *The small-scale fisheries guidelines: Global implementation*, 335-354.
47. Gedan, K. B., Kirwan, M. L., Wolanski, E., Barbier, E. B., & Silliman, B. R. (2011). The present and future role of coastal wetland vegetation in protecting shorelines : Answering recent challenges to the paradigm. *Climatic change*, 106, 7-29.
48. Giri, C., & Muhlhausen, J. (2008). Mangrove Forest Distributions and Dynamics in Madagascar (1975–2005). *Sensors*, 8(4), 2104-2117. <https://doi.org/10.3390/s8042104>
49. Glaser, M. (2003). Interrelations between mangrove ecosystem, local economy and social sustainability in Caeté Estuary, North Brazil. *Wetlands Ecology and Management*, 11(4), 265-272. <https://doi.org/10.1023/A:1025015600125>
50. Good, I. J. (1953). The population frequencies of species and the estimation of population parameters. *Biometrika*, 40(3-4), 237-264.
51. Gounot, M. (1969). Methods for the quantitative study of vegetation. *Methods for the quantitative study of vegetation*.
52. Gunawardena, M., Kingdom, U., Rowan, J. S., Systems, E., & Kingdom, U. (2005). *Economic Valuation of a Mangrove Ecosystem Threatened by Shrimp Aquaculture in Sri Lanka*. 36(4), 535-550. <https://doi.org/10.1007/s00267-003-0286-9>
53. Hema, M., & Devi, P. I. (2015). *Economic Valuation of Mangrove Ecosystems of Kerala , India Economic Valuation of Mangrove Ecosystems of Kerala , India*. June. <https://doi.org/10.4038/jepsl.v4i1.7850>
54. Herisoa, R. (2016). *Les mangroves de madagascar : vulnérabilité écologique par rapport au changement climatique*.
55. Hermansen, T. D., Britton, D. R., Ayre, D. J., & Minchinton, T. E. (2014). Identifying the real pollinators ? Exotic honeybees are the dominant flower visitors and only effective

- pollinators of *Avicennia marina* in Australian temperate mangroves. *Estuaries and Coasts*, 37, 621-635.
56. Hogarth, P. J. (2015). *The biology of mangroves and seagrasses*. Oxford university press.
  57. Hritonenko, N., & Yatsenko, Y. (2013). *Mathematical Modeling in Economics, Ecology and the Environment*. 88(November), 20. <https://doi.org/10.1007/978-1-4614-9311-2>
  58. Hutchison, J. (2014). *The Role of Mangroves in Fisheries Enhancement*. November 2015.
  59. Idha, M. (1998). *The mangroves of Lamu : History, socio-economic and conservation issues*.
  60. ILTIS, J. (1995). Quelques aspects caractéristiques des mangroves de Madagascar. *ORSTOM, Numéro Spé*, 61-68.
  61. INSTAT. (2020). *Troisième recensement de la population et de l'habitation (RGPH-3)*.
  62. Irz, X., Stevenson, J. R., Tanoy, A., & Morissens, P. (2007). *The Equity and Poverty Impacts of Aquaculture : Insights from the Philippines*. 25(April 2004), 495-516.
  63. Joly, F. (1941). Les climats de Madagascar. *L'Information Géographique*, 5(4), 76-80.
  64. Jones, T. G., Glass, L., Gandhi, S., Ravaoarinosihoarana, L., Carro, A., Randriamanatena, D., & Cripps, G. (2016). Madagascar ' s Mangroves : Quantifying Nation-Wide and Ecosystem Specific Dynamics , and Detailed Contemporary Mapping of Distinct Ecosystems. *MDPI*. <https://doi.org/10.3390/rs8020106>
  65. Jones, T. G., Ratsimba, H. R., Ravaoarinosihoarana, L., Cripps, G., & Bey, A. (2014). Ecological Variability and Carbon Stock Estimates of Mangrove Ecosystems in Northwestern Madagascar. *Forests*, 5(1), 177-205. <https://doi.org/10.3390/f5010177>
  66. Kairo, J. G., Wanjiru, C., & Ochiewo, J. (2009). Net pay : Economic analysis of a replanted mangrove plantation in Kenya. *Journal of Sustainable Forestry*, 28(3-5), 395-414.
  67. Kairu, A., Kotut, K., Kairo, J., & Mbeche, R. (s. d.). From Centralization to Decentralization : Evolution of Forest Policies and Their Implications on Mangrove Management in Kenya. *Available at SSRN 4575772*.
  68. Kandasamy, K., Rajendran, N., Balakrishnan, B., Thiruganasambandam, R., & Narayanasamy, R. (2021). Carbon sequestration and storage in planted mangrove stands of *Avicennia marina*. *Regional Studies in Marine Science*, 43, 101701. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2021.101701>
  69. Kathiresan, K. (1999). Observations on the mangrove community at the Mai Po marshes, Hong Kong : Implications for conservation. *The Mangrove Ecosystem of Deep Bay and the Mai Po Marshes, Hong Kong*. Hong Kong University Press, Hong Kong, 179-188.
  70. Kathiresan, K. (2011). Eco-Biology of Mangroves. In *Mangroves : Ecology, biology and taxonomy* (p. 1-50). Nova Science Publishers.
  71. Kathiresan, K., Anburaj, R., Gomathi, V., & Saravanakumar, K. (2013). Carbon sequestration potential of *Rhizophora mucronata* and *Avicennia marina* as influenced by age, season, growth and sediment characteristics in southeast coast of India. *Journal of coastal conservation*, 17, 397-408.
  72. Kathiresan, K., & Bingham, B. L. (2001). *Biology of mangroves and mangrove ecosystems*.
  73. Kathiresan, K., & Qasim, S. Z. (2005). Biodiversity of mangrove ecosystems. (No Title).
  74. Kathiresan, K., & Rajendran, N. (2005). *Mangrove ecosystems of the Indian Ocean region*.

75. Kathiresan, K., & Thangam, T. S. (1990). A note on the effects of salinity and pH on growth of *Rhizophora* seedlings. *Indian Forester*, 116(3), 243-244.
76. Kjerfve, B., Lacerda, L. D., Rezende, C. E., & Ovalle, A. R. C. (1999). Hydrological and hydrogeochemical variations in mangrove ecosystems. *Ecosistemas de manglar en América Tropical*, 71-82.
77. Komiyama, A., Ong, J. E., & Pongparn, S. (2008). Allometry, biomass, and productivity of mangrove forests : A review. *Aquatic botany*, 89(2), 128-137.
78. Krishnamurthy, K. (1990). The apiary of the mangroves. *Wetland ecology and management*, 135-140. [https://doi.org/10.1007/978-94-009-2115-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-94-009-2115-3_17)
79. Kusmana, C., Hidayat, T., Tiryana, T., Rusdiana, O., & Istomo. (2018). Allometric models for above- and below-ground biomass of *Sonneratia* spp. *Global Ecology and Conservation*, 15(July), e00417. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2018.e00417>
80. Langrand, O., & Nicoll, M. E. (1989). Madagascar : Revue de la conservation et des aires protégées. *WWF: 374p*.
81. Lebigre, J. M. (1990). *Les marais maritimes de Gabon et de Madagascar*.
82. Lund, J. F., & Treue, T. (2008). Are we getting there ? Evidence of decentralized forest management from the Tanzanian Miombo woodlands. *World development*, 36(12), 2780-2800.
83. Macintosh, D. J., & Ashton, E. C. (2002). *A Review of Mangrove Biodiversity Conservation and Management*. June.
84. Magurran, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton university press.
85. Malik, A., Fensholt, R., & Mertz, O. (2015). Economic valuation of mangroves for comparison with commercial aquaculture in South Sulawesi, Indonesia. *Forests*, 6(9), 3028-3044.
86. Malthus, T. R. (1986). An essay on the principle of population (1798). *The Works of Thomas Robert Malthus, London, Pickering & Chatto Publishers*, 1, 1-139.
87. Mamdani, M. (2018). *Citizen and Subject : Contemporary Africa and the Legacy of Late Colonialism*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.23943/9781400889716>
88. Martínez-Alier, J., & Muradian, R. (2015). *Handbook of ecological economics*. Edward Elgar Publishing.
89. Masiero, M., Pettenella, D., B., M., B., S.K, A., Matta, I. & J.R. (2019). *Valuing forest ecosystem services : A training manual for planners and project developers*.
90. Masike, S. (2014). *Economic Valuation of the mangroves ecosystem in the Limpopo River Estuary*.
91. Matthes, H. (1988). Worldwide compendium of mangrove-associated aquatic species of economic importance. *FAO Fisheries Circular*, 814, 1-236.
92. Mazda, Y., Magi, M., Ikeda, Y., Kurokawa, T., & Asano, T. (2006). Wave reduction in a mangrove forest dominated by *Sonneratia* sp. *Wetlands Ecology and Management*, 14, 365-378.
93. Mazda, Y., Wolanski, E., King, B., Sase, A., Ohtsuka, D., & Magi, M. (1997). Drag force due to vegetation in mangrove swamps. *Mangroves and salt marshes*, 1, 193-199.
94. McCoy, E. D., Mushinsky, H. R., Johnson, D., & Meshaka Jr, W. E. (1996). Mangrove damage caused by Hurricane Andrew on the southwestern coast of Florida. *Bulletin of Marine Science*, 59(1), 1-8.
95. Mduda, C. A., Hussein, J. M., & Muroke, M. H. (2023). The effects of bee species and vegetation on the antioxidant properties of honeys produced by Afrotropical stingless bees

- (Hymenoptera, Apidae, Meliponini). *Journal of Agriculture and Food Research*, 14, 100736. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2023.100736>
96. Metras, J. N. (Éd.). (2011). *Mangroves : Ecology, biology and taxonomy*. Nova Science Publishers, Inc.
  97. Millar, E., Bollini, C., & Vincent, J. (2019). *Economic Valuation of Mangrove-Fishery Linkages in Guyana and Suriname by April*.
  98. Millenium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and human well-being : Synthesis; a report of the Millennium Ecosystem Assessment*. Island Press.
  99. Mitra, A. (2020). Ecosystem Services of Mangroves : An Overview. In A. Mitra, *Mangrove Forests in India* (p. 1-32). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-20595-9\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-20595-9_1)
  100. Mohamed, M., Kairo, J., Dahdouh-Guebas, F., & Koedam, N. (2008). *How sustainable is the utilization of mangrove products in peri-urban Mombasa, Kenya?*
  101. Mohammad Abdullah, A. N. (2014). *Livelihood Strategies of People Surrounding the Sundarbans Mangrove Forest*.
  102. Mohammad Abdullah, A. N., Stacey, N., Garnett, S. T., & Myers, B. (2016). Economic dependence on mangrove forest resources for livelihoods in the Sundarbans, Bangladesh. *Forest Policy and Economics*, 64, 15-24. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2015.12.009>
  103. Mumby, P. J., Edwards, A. J., Ernesto Arias-Gonzalez, J., Lindeman, K. C., Blackwell, P. G., Gall, A., Gorczynska, M. I., Harborne, A. R., Pescod, C. L., & Renken, H. (2004). Mangroves enhance the biomass of coral reef fish communities in the Caribbean. *Nature*, 427(6974), 533-536.
  104. Mwangi, E., Banjade, M. M., Mshale, B., Herawati, T., Liswanti, N., & Lawry, S. (2017). Mangrove governance and tenure : Insights for policy and practice from selected sites in Indonesia, Tanzania and a global review. *Annual World Bank Land and Poverty Conference, Washington, DC. Prasetiyo, DE, Zulfikar, F., Shinta, & Zulkarnain, I.(2016). Valuasi Ekonomi Hutan Mangrove di Pulau Untung Jawa Kepulauan Seribu: Studi Konservasi Berbasis Green Economy. Omni-Akuatika*, 12(1), 48-54.
  105. Naidoo, G. 1. (1990). Effects of nitrate, ammonium and salinity on growth of the mangrove *Bruguiera gymnorrhiza* (L.) Lam. *Aquatic Botany*, 38(2-3), 209-219.
  106. Namur, C. de. (1978). Quelques caractéristiques du développement d'un peuplement ligneux au cours d'une succession secondaire. *Cahiers ORSTOM, série Biologie: Ecologie et Biologie Végétale*, 13(3), 211-221.
  107. Nhem, S., Lee, Y. J., & Phin, S. (2018). Forest income and inequality in Kampong Thom province , Cambodia : Gini decomposition analysis. *Forest Science and Technology*, 14(4), 192-203. <https://doi.org/10.1080/21580103.2018.1520744>
  108. Nicolas, P., & Molu. (2013). *Economic Valuation Of Mangrove Ecosystem Services In Vanuatu* : IUCN.
  109. Noel, J., Renoux, E., & Hobialisoa, D. R. (2017). *Les mutations spatiales des mangroves du Nord-Ouest de Madagascar*. Presses universitaires de Bordeaux.
  110. Passet, R. (1979). L'économique et le vivant, Payot. *Ecologie politique vs écologie industrielle: quelles stratégies pour le développement durable*, 109.
  111. Persha, L., & Blomley, T. (2009). Management decentralization and montane forest conditions in Tanzania. *Conservation Biology*, 23(6), 1485-1496.
  112. Pigou, A. (2017). *The economics of welfare*. Routledge.
  113. Polidoro, B. A., Carpenter, K. E., Collins, L., Duke, N. C., Ellison, A. M., Ellison, J. C., Farnsworth, E. J., Fernando, E. S., Kathiresan, K., Koedam, N. E., Livingstone, S. R., Miyagi, T., Moore, G. E., Ngoc Nam, V., Ong, J. E., Primavera, J. H., Salmo, S. G.,

- Sanciango, J. C., Sukardjo, S., ... Yong, J. W. H. (2010). The Loss of Species : Mangrove Extinction Risk and Geographic Areas of Global Concern. *PLoS ONE*, 5(4), e10095. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0010095>
114. Poungharn, S., & Komiyama, A. (2013). Net ecosystem productivity studies in mangrove forests. *Reviews in Agricultural Science*, 1, 61-64.
115. Purida, N., & Patria, M. P. (2020). Economic valuation of mangrove ecosystem in Cilamaya Wetan, Karawang, West Java. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 404(1), 012016.
116. Raharimahefa, T., & Kusky, T. M. (2010). *Environmental monitoring of Bombetoka Bay and the Betsiboka estuary, Madagascar, using multi-temporal satellite data*. 210-226.
117. Rakotomavo, A., & Fromard, F. (2009). Stratégies d'utilisation des ressources végétales chez les Vezo et les Masikoro du delta de Mangoky (Madagascar). *BOIS & FORETS DES TROPIQUES*, 300, 45-55.
118. Ram Gurjar, U., Takar, S., Bunkar, K., Pathak, V., & Singh, J. (2019). Present Status on Distribution, Biodiversity and Management of Indian Mangroves. *Research Biotica*, 1(1), 16. <https://doi.org/10.54083/ResBio.1.1.2019.16-22>
119. Ramesh, D. A., Karthi, N., Dhivya, S., Infantina, A., & Priya, P. (2022). Economic assessment mangrove ecosystems' goods services of India. *Journal of Social Review and Development*, 1(2), 42-51.
120. Ranarijaona, H. L. T., Bezara, F., & Remisy, S. (2017). *La consommation en bois de mangroves de bombetoka par la filière « chaux » : son évolution en cinq ans (2012-2016)*.
121. Randriambao. (1998). *Proposition d'un système de gestion durable des sources naturelles dans les zones périphériques de l'Aire protégée de la Baie de Baly, cas du village de Maroleo*. Mémoire de fin d'études ESSA. Université d'Antananarivo.
122. Rasoavolonjanahary, M. F. H., Youssouf, J. A., & Mahatante, T. P. (2017). *Etude de la capacité de résilience de l'écosystème mangrove : Cas de Lavenombato, Sud-Ouest de Madagascar*.
123. Razafindramasy, F. V. (2006). *Suivi de l' evolution des mangroves de boanamary a l' aide de la teledetection*. Antananarivo.
124. Razafindramasy, Vololona, F., & Rakotondraompiana, S. (2008). Suivi par télédétection de l'évolution des mangroves de Boanamary, Madagascar. *Mada-Géo*, 12, 12-16.
125. Région Boeny. (2015a). *Région Boeny District Mahajanga II Commune rurale de Boanamary Schéma d' Aménagement Communal*.
126. Région Boeny. (2015b). *Région Boeny District Soalala Schéma d' Aménagement Communal de la Commune Urbaine Soalala SAC Soalala*.
127. Ricklefs, R. E., & Latham, R. E. (1993). Global patterns of diversity in mangrove floras. *Species diversity in ecological communities, January 1993*, 215-229.
128. Riungu, P. M., Nyaga, J. M., Githaiga, M. N., & Kairo, J. G. (2022). Value chain and sustainability of mangrove wood harvesting in Lamu, Kenya. *Trees, Forests and People*, 9, 100322. <https://doi.org/10.1016/j.tfp.2022.100322>
129. Rizal, A., Sahidin, A., & Herawati, H. (2018). *Economic value estimation of mangrove ecosystems in Indonesia*. 2(1), 98-100. <https://doi.org/10.15406/bij.2018.02.00051>
130. Rönnbäck, P. (1999). The ecological basis for economic value of seafood production supported by mangrove ecosystems. *Ecological economics*, 29(2), 235-252.
131. Ronnback, P., Troell, M., Kautsky, N., & Primavera, J. H. (1999). Distribution pattern of shrimps and fish among *Avicennia* and *Rhizophora* microhabitats in the Pagbilao mangroves, Philippines. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 48(2), 223-234.

132. Ruitenbeek, H. J. (1992). *Mangrove Management: An Economic Analysis of Management Options with a Focus on Bintuni Bay, Irian Jaya*. Environmental Management Development in Indonesia Project (EMDI).
133. Sadeer, N. B., & Mahomoodally, M. F. (2022). *Mangroves with therapeutic potential for human health: Global distribution, ethnopharmacology, phytochemistry, and biopharmaceutical application*. Academic Press, an imprint of Elsevier.
134. Sahu, S. C., Kumar, M., & Ravindranath, N. H. (2016). Carbon stocks in natural and planted mangrove forests of Mahanadi Mangrove Wetland, East Coast of India. *Current Science*, 2253-2260.
135. Salem, M. E., & Mercer, D. E. (2012). *The Economic Value of Mangroves: A Meta-Analysis*. 359-382. <https://doi.org/10.3390/su4030359>
136. Sathirathai, S. (1995). *Economic Valuation of Mangroves and the Roles of Local Communities in the Conservation of Natural Resources: Case Study of Surat Thani, South of Nesdb*.
137. Scales, I. R., & Friess, D. A. (2019). Patterns of mangrove forest disturbance and biomass removal due to small-scale harvesting in southwestern Madagascar. *Wetlands Ecology and Management*, 27(5), 609-625. <https://doi.org/10.1007/s11273-019-09680-5>
138. Scales, I. R., Friess, D. A., Glass, L., & Ravaoarinorotsihoarana, L. (2018). Rural livelihoods and mangrove degradation in south-west Madagascar: Lime production as an emerging threat. *Oryx*, 52(4), 641-645. <https://doi.org/10.1017/S0030605316001630>
139. Shapiro, A., Randriamanantena, D., Kuelche, H., & Razafindramasy, F. V. (2018). *Les mangroves de madagascar: Superficies, condition et évolution 2000-2018 // The mangroves of madagascar: Cover, status and trends 2000-2018*. (p. 39p). WWF Germany, Berlin, and WWF Madagascar, Antananarivo.
140. Sheil, D., Puri, R. K., & Basuki, I. (2004). *Explorando la biodiversidad, el medio ambiente y las perspectivas de los pobladores en áreas boscosas: Métodos para la valoración multidisciplinaria del paisaje*, (2nd edition).
141. Shumi, G., Dorresteyn, I., Schultner, J., Hylander, K., Senbeta, F., Hanspach, J., Ango, T. G., & Fischer, J. (2019). Woody plant use and management in relation to property rights: A social-ecological case study from southwestern Ethiopia. *Ecosystems and People*, 15(1), 303-316. <https://doi.org/10.1080/26395916.2019.1674382>
142. Sieber, S. S., Cristina da Silva, T., Zenobia de Oliveira Campos, L., & Albuquerque, U. P. (2014). Participatory Methods in Ethnobiological and Ethnoecological Research. In *Methods and Techniques in Ethnobiology and Ethnoecology* (Springer). Humana Press.
143. Sina, I., Batoro, J., & Harahab, N. (2017). *Analysis of Total Economic Value of Ecosystem Mangrove Forest in the Coastal Zone Pulkerto Village District of Kraton Pasuruan Regency*. 7(4), 1-10. <https://doi.org/10.5923/j.ije.20170701.01>
144. Sitnik, M. (s. d.). *Mangrove ecology workshop manual*.
145. Sokal, R. R., & Rohlf, F. J. (1969). *Biometry: The principles and practice of statistics in biological research*. Freeman.
146. Somda, J., & Awaiss, A. (2013). *Évaluation économique des fonctions et services écologiques des écosystèmes naturels: Guide d'utilisation de méthodes simples*. UICN.
147. Spalding, M. (2010). World Atlas of Mangroves. In *World Atlas of Mangroves*. <https://doi.org/10.4324/9781849776608>
148. Su, G.-H., Huang, Y.-L., Tan, F.-X., Ni, X.-W., Tang, T., & Shi, S.-H. (2006). Genetic variation in *Lumnitzera racemosa*, a mangrove species from the Indo-West Pacific. *Aquatic Botany*, 84(4), 341-346. <https://doi.org/10.1016/j.aquabot.2006.01.001>

149. Suharti, S., Darusman, D., Nugroho, B., & Sundawati, L. (2016). Economic valuation as a basis for sustainable mangrove resource management : A case in East Sinjai, South Sulawesi. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika*, 22(1), 13-13.
150. Taherdoost, H. (2017). Determining sample size; how to calculate survey sample size. *International Journal of Economics and Management Systems*, 2.
151. Tam, N. F., Wong, Y.-S., Lu, C. Y., & Berry, R. (1997). Mapping and characterization of mangrove plant communities in Hong Kong. *Asia-Pacific Conference on Science and Management of Coastal Environment: Proceedings of the International Conference held in Hong Kong, 25–28 June 1996*, 25-37.
152. Thatoi, H., Samantaray, D., & Das, S. K. (2016). The genus *Avicennia* , a pioneer group of dominant mangrove plant species with potential medicinal values : A review. *Frontiers in Life Science*, 9(4), 267-291. <https://doi.org/10.1080/21553769.2016.1235619>
153. Tingsabath, C., & Pongkijvorasin, S. (2004). Economic Valuation of Mangroves for Improved Usage and Management in Thailand. In *Developments in Ecosystems: Vol. I* (M.H. Wong).
154. Trégarot, E., Failler, P., & Maréchal, J.-P. (2017). Evaluation of coastal and marine ecosystem services of Mayotte: Indirect use values of coral reefs and associated ecosystems. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 13(3), 19-34. <https://doi.org/10.1080/21513732.2017.1407361>
155. Tuan, Q., Kuenzer, C., Minh, Q., Moder, F., & Oppelt, N. (2012). Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecological Indicators*, 23, 431-446. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.04.022>
156. Twilley, R. R., Chen, R. H., & Hargis, T. (1992). Carbon sinks in mangroves and their implications to carbon budget of tropical coastal ecosystems. *Water, Air, and Soil Pollution*, 64, 265-288.
157. Twilley, R. R., Rivera-monroy, V. H., Chen, R., & Botero, L. (1999). *Adapting an Ecological Mangrove Model to Simulate Trajectories in Restoration Ecology. August 2018*. [https://doi.org/10.1016/S0025-326X\(99\)00137-X](https://doi.org/10.1016/S0025-326X(99)00137-X)
158. Uddin, M. S., de Ruyter van Steveninck, E., Stuij, M., & Shah, M. A. R. (2013). Economic valuation of provisioning and cultural services of a protected mangrove ecosystem : A case study on Sundarbans Reserve Forest, Bangladesh. *Ecosystem Services*, 5, 88-93. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2013.07.002>
159. UNEP. (2011). *Economic Analysis of Mangrove Forests : A case study in*.
160. UNEP. (2015). *Global Synthesis Report of the Project for Ecosystem Services*. UNEP, Ecosystem Services Economics Unit, Division of Environmental Policy Implementation.
161. United Nations Environment Programme. (2014). *Guidance manual on valuation and accounting of ecosystem services for Small Island Developing States*. <https://wedocs.unep.org/20.500.11822/9341>
162. Vaas, J. (2014). *Payments for environmental services in Costa Rican forestry : Headed north at full speed, but which north*. MA Thesis. Wageningen: Wageningen University.
163. Valiela, I., Bowen, J. L., & York, J. K. (2001). Mangrove forests : One of the world's threatened major tropical environments. *BioScience*, 51(10), 807-815. [https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0807:MFOOTW\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0807:MFOOTW]2.0.CO;2)
164. Van der Stocken, T. (2015). *Biological and environmental drivers of mangrove propagule dispersal: A field and modelling approach*. University of Brussels.
165. Van Oudenhoven, A. P., Siahainenia, A. J., Sualia, I., Tonneijck, F. H., van der Ploeg, S., de Groot, R. S., Alkemade, R., & Leemans, R. (2015). Effects of different management

- regimes on mangrove ecosystem services in Java, Indonesia. *Ocean & Coastal Management*, 116, 353-367.
166. Vannucci, M. (2004). *Mangrove management and conservation : Present and future*.
167. Vegh, T., Jungwiwattanaporn, M., Pendleton, L., & Murray, B. (2014). Mangrove Ecosystem Services Valuation : State of the Literature. In *Duke University* (p. 15).
168. VIEILLEFON, J. (s. d.). *La pédogénèse dans les mangroves tropicales*.
169. Virginie, R. J., & Faustin, R. (2014). *Etat de lieux des mangroves et de la filière « palétuvier » dans la région Boeny*.
170. Vo, Q. T., Künzer, C., Vo, Q. M., Moder, F., & Oppelt, N. (2012). Review of valuation methods for mangrove ecosystem services. *Ecological indicators*, 23, 431-446.
171. Vo, T. Q., Kuenzer, C., & Oppelt, N. (2015). How remote sensing supports mangrove ecosystem service valuation : A case study in Ca Mau province , Vietnam. *Ecosystem Services*, 14(May), 67-75. <https://doi.org/10.1016/j.ecoser.2015.04.007>
172. Voinov, A. (2008). *Systems science and modeling for ecological economics*. Academic Press.
173. Winterwerp, J. C., Borst, W. G., & De Vries, M. B. (2005). Pilot study on the erosion and rehabilitation of a mangrove mud coast. *Journal of Coastal Research*, 21(2), 223-230.
174. Witt, E. (2016). *A Financial and Economic Assessment of the Conservation of Northwestern Madagascar Mangroves by*. Duke University.
175. World Bank. (2023). *Poverty & Equity Brief Madagascar* (Numéro April).
176. WWF, IUCN, & Wetlands International. (2022). *Saving our mangroves in Kenya, Tanzania, Mozambique and Madagascar*.
177. WWF, M. (2021). *Towards a Regional Mangrove Vision and Action Plan for the Western Indian Ocean : Synthesis of Information, Policy, Practices and Recommendations*.
178. Zar, J. H. (1984). *Biostatistical Analysis* 2nd edn Prentice-Hall : Englewood Cliffs. NJ, USA.
179. ZICOMA. (2000). *Evaluation de la faune aviaire dans les zones humides entre le Parc National de Ranomafana et celui d'Andringitra*. (Task Order N°839 EPIQ IQC, PCE-I-00-96-00002-00). Projet d'Appui a la Gestion de l'Environnement, International Resources Group.

# **ANNEXES**

## Annexe I- Extrait de code Python pour la télédétection de l'évolution de la mangrove

```
Mangrove_analysis_Boanamary.py x
1  #!/usr/bin/env python
2  # coding: utf-8
3
4  ## Monitoring Mangrove Extents
5
6  get_ipython().run_line_magic('matplotlib', 'inline')
7
8  import os
9  os.environ['USE_PYGEOS'] = '0'
10
11  import warnings
12  import datacube
13  import numpy as np
14  import pandas as pd
15  import xarray as xr
16  import geopandas as gpd
17  import matplotlib.pyplot as plt
18  from datacube.utils import geometry
19  from matplotlib.patches import Patch
20  from matplotlib.colors import ListedColormap
21  from deafrica_tools.bandindices import calculate_indices
22  from deafrica_tools.coastal import tidal_tag
23  from deafrica_tools.dask import create_local_dask_cluster
24  from deafrica_tools.datahandling import load_ard
25  from deafrica_tools.plotting import display_map
26  from datacube.utils.geometry import Geometry
27  from deafrica_tools.spatial import xr_rasterize
28  from deafrica_tools.areaofinterest import define_area
29
30
31  # ### Set up a Dask cluster
32  #
```

```
Mangrove_analysis_Boanamary.py x
34
35  create_local_dask_cluster()
36
37  # ### Load the data
38
39  dc = datacube.Datacube(app="Mangrove")
40
41
42  # ### Analysis parameters
43  #
44  #
45  #
46  # Method 1: Specify the latitude, longitude, and buffer
47  aoi = define_area(lat=-16.021876, lon=45.39915, buffer=0.06)
48
49  # Method 2: Use a polygon as a GeoJSON or Esri Shapefile.
50  #aoi = define_area(vector_path='aoi.shp')
51
52  #Create a geopolygon and geodataframe of the area of interest
53  geopolygon = Geometry(aoi["features"][0]["geometry"], crs="epsg:4326")
54  geopolygon_gdf = gpd.GeoDataFrame(geometry=[geopolygon], crs=geopolygon.crs)
55
56  # Get the latitude and longitude range of the geopolygon
57  lat_range = (geopolygon_gdf.total_bounds[1], geopolygon_gdf.total_bounds[3])
58  lon_range = (geopolygon_gdf.total_bounds[0], geopolygon_gdf.total_bounds[2])
59
60
61  product_name = "s2_l2a"
62
63  time_range = ("2017", "2021")
64
65  tide_range = (0.25, 0.75) # only keep mid tides
```

```

Mangrove_analysis_Boanamary.py x
68 # ### View the selected location
69
70 display_map(lon_range, lat_range)
71
72
73 # ## Load cloud-masked Sentinel-2 data
74
75 # create a query dict for the datacube
76 query = {
77     "time": time_range,
78     'x': lon_range,
79     'y': lat_range,
80     "group by": "solar_day",
81     "resolution": (-20, 20),
82     "output_crs": "EPSG:6933",
83 }
84
85 # load data
86 ds = load_ard(
87     dc=dc,
88     products=[product_name],
89     measurements=["red", "nir_2"], #use nir-narrow for NDVI
90     mask_filters=[("opening", 5), ("dilation", 5)],
91     dask_chunks={"time": 1, "x": 1000, "y": 1000},
92     **query,
93 )
94 print(ds)
95
96
97 # ### Clip the datasets to the shape of the area of interest
98 # A geopolygon represents the bounds and not the actual shape because it is designed to represent the extent of the geographic feature
99 #

```

```

Mangrove_analysis_Boanamary.py x
100
101 aoi_raster = xr_rasterize(gdf=geopolygon_gdf, da=ds, crs=ds.crs)
102 #Mask the dataset to the rasterised area of interest
103 ds = ds.where(aoi_raster == 1)
104
105
106 # ## Load in the Global Mangrove Watch
107 gmw = dc.load(product='gmw',
108             time='2016',
109             like=ds.geobox)
110
111
112 gmw.mangrove.plot(figsize=(6,6), add_colorbar=False);
113
114
115 # ## Model tide heights
116
117 tidepost_lat=-16.03356894
118 tidepost_lon=45.38984768
119
120 # Calculate tides for each timestep in the satellite dataset
121 ds = tidal_tag(ds=ds, tidepost_lat=tidepost_lat, tidepost_lon=tidepost_lon)
122
123 # Print the output dataset with new 'tide_m' variable
124 print(ds)
125
126 # Calculate the min and max tide heights to include based on the % range
127 min_tide, max_tide = ds.tide_m.quantile(tide_range)
128
129 # Plot the resulting tide heights for each Landsat image:
130 ds.tide_m.plot()
131 plt.axhline(min_tide, c="red", linestyle="--")

```

```

Mangrove_analysis_Boanamary.py x
131 plt.axhline(min_tide, c="red", linestyle="--")
132 plt.axhline(max_tide, c="red", linestyle="--")
133 plt.show()
134
135 # Keep timesteps larger than the min tide, and smaller than the max tide
136 ds_filtered = ds.sel(time=(ds.tide_m > min_tide) & (ds.tide_m <= max_tide))
137 print(ds_filtered)
138
139
140 # ## Combine observations into noise-free summary images
141
142 #calculate NDVI, rename nir2 to trick calculate_indices
143 ds_filtered = ds_filtered.rename({'nir_2': 'nir'})
144 ds_filtered = calculate_indices(ds_filtered, index='NDVI', satellite_mission='s2')
145
146
147 # generate median annual summaries of NDVI
148 ds_summaries = ds_filtered.NDVI.groupby("time.year").median().compute()
149
150 # Plot the output summary images
151 ds_summaries.plot(col="year", cmap="YlGn", col_wrap=len(ds_summaries.year.values), vmin=0, vmax=1.0);
152
153
154 # ## Mangrove classification
155
156 # Mask dataset to set pixels outside the GMW layer to 'NaN'
157 ds_summaries_masked = ds_summaries.where(gmw.mangrove.squeeze())
158
159
160 # ### Calculating regular and closed mangroves
161
162 all_mangroves = xr.where(ds_summaries_masked > 0.4, 1, np.nan)

```

## Annexe II- Extrait de la fiche d'enquête socioéconomique

### FICHE D'ENQUETE

Date : ...../...../ 2023

COMMUNE : .....

FOKONTANY : .....

VILLAGE : .....

Nom de l'Enquêteur : .....

NOMS ET PRENOMS de l'enquêté : .....

SITUATION MARITALE : Célibataire  Marié  Divorcé

#### 1) Sexe

➤ Masculin (lehilahy)

➤ Féminin (vehivavy)

#### 2) Nombre du ménage (isan'ny olona ao an-trano):

##### a- Masculin (ireo lehilahy):

➤ 18 à 30 ans  (anelanelan'ny 18 taona sy 30 taona)

➤ 30 à 40 ans  (anelanelan'ny 30 taona sy 40 taona)

➤ 40 à 50 ans  (anelanelan'ny 40 taona sy 50 taona)

➤ 60 ans +  (mihoatran'ny 60 taona)

##### b- Féminin (ireo vehivavy):

➤ 18 à 30 ans  (anelanelan'ny 18 taona sy 30 taona)

➤ 30 à 40 ans  (anelanelan'ny 30 taona sy 40 taona)

➤ 40 à 50 ans  (anelanelan'ny 40 taona sy 50 taona)

➤ 60 ans +  (mihoatran'ny 60 taona)

#### 3) Niveau d'instruction (fari-pahalalana)

➤ Analphabète  (tsy mahay mamaky teny sy manoratra)

➤ Primaire  (nandalo teny amin'ny EPP)

➤ Secondaire 1<sup>er</sup> cycle  (nandalo teny amin'ny CEG)

➤ Secondaire 2<sup>nd</sup> cycle  (nandalo teny amin'ny Lycée)

➤ Universitaire  (nandalo teny amin'ny Oniversite)

#### 4) Activité génératrice de revenu principale (asa atao an-davanandro) :

➤ Cultivateur/éleveur  (mpamboly/mpiompy)

➤ Pêcheur  (mpanjono)

➤ Artisan  (mpanao asa-tanana)

➤ Vendeur  (mpivarotra)

➤ Fonctionnaire  (mpiasam-panjakana)

➤ Chômeur  (tsy miasa)

➤ Autre  (hafa).....

#### 5) Activité génératrice de revenu secondaire (vadin'asa) :

➤ Cultivateur/éleveur  (mpamboly/mpiompy)

➤ Pêcheur  (mpanjono)

➤ Artisan  (mpanao asa-tanana)

➤ Vendeur  (mpivarotra)

➤ Fonctionnaire  (mpiasam-panjakana)

➤ Chômeur  (tsy miasa)

➤ Autre  (hafa).....

#### 6) Revenu mensuel (fidiram-bola isam-bolana)

➤ moins (-) de 200.000 Ar  (latsaky ny 200.000 Ariary)

➤ 200.000 à 400.000 Ar  (anelanelan'ny 200.000 sy 400.000 Ariary)

➤ 400.000 à 600.000 Ar  (anelanelan'ny 400.000 sy 600.000 Ariary)

➤ 600.000 à 800.000 Ar  (anelanelan'ny 600.000 sy 800.000 Ariary)

➤ 800.000 à 1000.000 Ar  (anelanelan'ny 800.000 sy 1000.000 Ariary)

➤ Plus (+) de 1000.000 Ar  (mihoatran'ny 1000.000 Ariary)

#### 7) Quelles sont les espèces de palétuvier les plus appréciées/utilisées ? (inona ny honko tena ampiasaina)

Honkolahy  Afiaky

Honkovavy  Hafa

#### 8) Quelles sont leurs utilités ? (Ampiasaina amin'inona izy ireo)

### Annexe III- Tableaux de contingence pour la réalisation des tests Khi-deux

**a) Tableau de contingence de comparaison des richesses spécifiques en palétuviers entre les sites de Boanamaray.** (Am : *Avicennia marina* ; Bg : *Bruguiera gymnorhiza* ; Ct : *Ceriops tagal* ; Lr : *Lumnitzera racemosa* ; Rm : *Rhizophora mucronata* ; Sa : *Sonneratia alba* ; Xg : *Xylocarpus granatum*). Amb : Amboanio ; Bnm : Boanamaray ; Mrv : Morahariva-Mandrosoa ; Oi (Ci) : effectif observé (effectif théorique).

Site	Am	Bg	Ct	Lr	Rm	Sa	Xg	Total
Amb	2 (58,28)	0 (0,44)	28 (39,74)	0 (0,44)	181 (115,24)	8 (4,42)	0 (0,44)	219
Bnm	25 (45,51)	1 (0,34)	62 (31,03)	0 (0,34)	80 (89,98)	2 (3,45)	1 (0,34)	171
Mrv	105 (28,21)	0 (0,21)	0 (19,23)	1 (0,21)	0 (55,78)	0 (2,14)	0 (0,21)	106
<b>Total</b>	<b>132</b>	<b>1</b>	<b>90</b>	<b>1</b>	<b>261</b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>496</b>

$X^2$  observée = 433,79 >  $X^2$  critique = 21,026 ;  $p < 0,0001 < 0,05$  ; ddl= 12

**b) Tableau de contingence de comparaison des richesses spécifiques en palétuviers entre les sites de Soalala.** (Am : *Avicennia marina* ; Bg : *Bruguiera gymnorhiza* ; Ct : *Ceriops tagal* ; Rm : *Rhizophora mucronata* ; Sa : *Sonneratia alba* ; Anj : Anjiamaloto ; Kis : Kisoany ; Tar : Taranta ; Oi (Ci) : effectif observé (effectif théorique).

Site	Am	Bg	Ct	Rm	Sa	Total
Anj	12 (22,31)	8 (1,90)	0 (8,99)	24 (34,59)	34 (10,20)	78
Kis	3 (38,04)	3 (3,24)	44 (15,33)	58 (58,98)	25 (17,39)	133
Tar	114 (68,64)	0 (5,85)	8 (27,67)	118 (106,43)	0 (31,39)	240
<b>Total</b>	<b>129</b>	<b>11</b>	<b>52</b>	<b>200</b>	<b>59</b>	<b>451</b>

$X^2$  observée = 263,71 >  $X^2$  critique = 15,51 ;  $p < 0,0001 < 0,05$  ; ddl= 8

**c) Tableau de contingence de comparaison des individus de palétuviers dans les zones d'études.** (Am : *Avicennia marina* ; Bg : *Bruguiera gymnorhiza* ; Ct : *Ceriops tagal* ; Rm : *Rhizophora mucronata* ; Sa : *Sonneratia alba* ; Oi (Ci) : effectif observé (effectif théorique).

Site	Am	Bg	Ct	Rm	Sa	Total
Boanamaray	132 (135,54)	1 (6,28)	90 (74,31)	261 (241,24)	10 (36,63)	<b>450</b>
Soalala	127 (123,46)	11 (5,72)	52 (67,69)	200 (219,77)	60 (33,36)	<b>494</b>
<b>Total</b>	<b>259</b>	<b>12</b>	<b>142</b>	<b>461</b>	<b>70</b>	<b>944</b>

$X^2$  observée = 60,46 >  $X^2$  critique = 9,48 ;  $p < 0,0001 < 0,05$  ; ddl= 4

**d) Tableau de contingence de comparaison des utilisations de palétuviers entre les sites d'études.** Amb : Amboanio ; Bnm : Boanamaray ; Mrv : Morahariva-Mandrosoa ; Anj : Anjiamaloto ; Kis : Kisoany ; Tar : Taranta ; Cons : construction ; Chf : chauffage ; Chb : charbon ; Ovr : œuvre ; Med : médicinale ; Oi (Ci) : effectif observé (effectif théorique).

Utilisation	Amb	Bnm	Mrv	Anj	Kis	Tar	Total
Cons	182 (160,42)	194 (195,21)	51 (55,08)	53 (56,05)	14 (19,81)	38 (45,42)	<b>532</b>
Chf	27 (35,28)	52 (42,93)	6 (12,11)	15 (12,33)	6 (4,36)	11 (9,99)	<b>117</b>
Chb	51 (45,23)	50 (55,04)	9 (15,53)	16 (15,80)	8 (5,59)	16 (12,81)	<b>150</b>
Ovr	47 (51,56)	74 (62,75)	14 (17,71)	17 (18,02)	6 (6,37)	13 (14,60)	<b>171</b>
Med	25 (39,50)	34 (48,07)	34 (13,56)	15 (13,80)	7 (4,88)	16 (11,18)	<b>131</b>
<b>Total</b>	<b>332</b>	<b>404</b>	<b>114</b>	<b>116</b>	<b>41</b>	<b>94</b>	<b>1101</b>

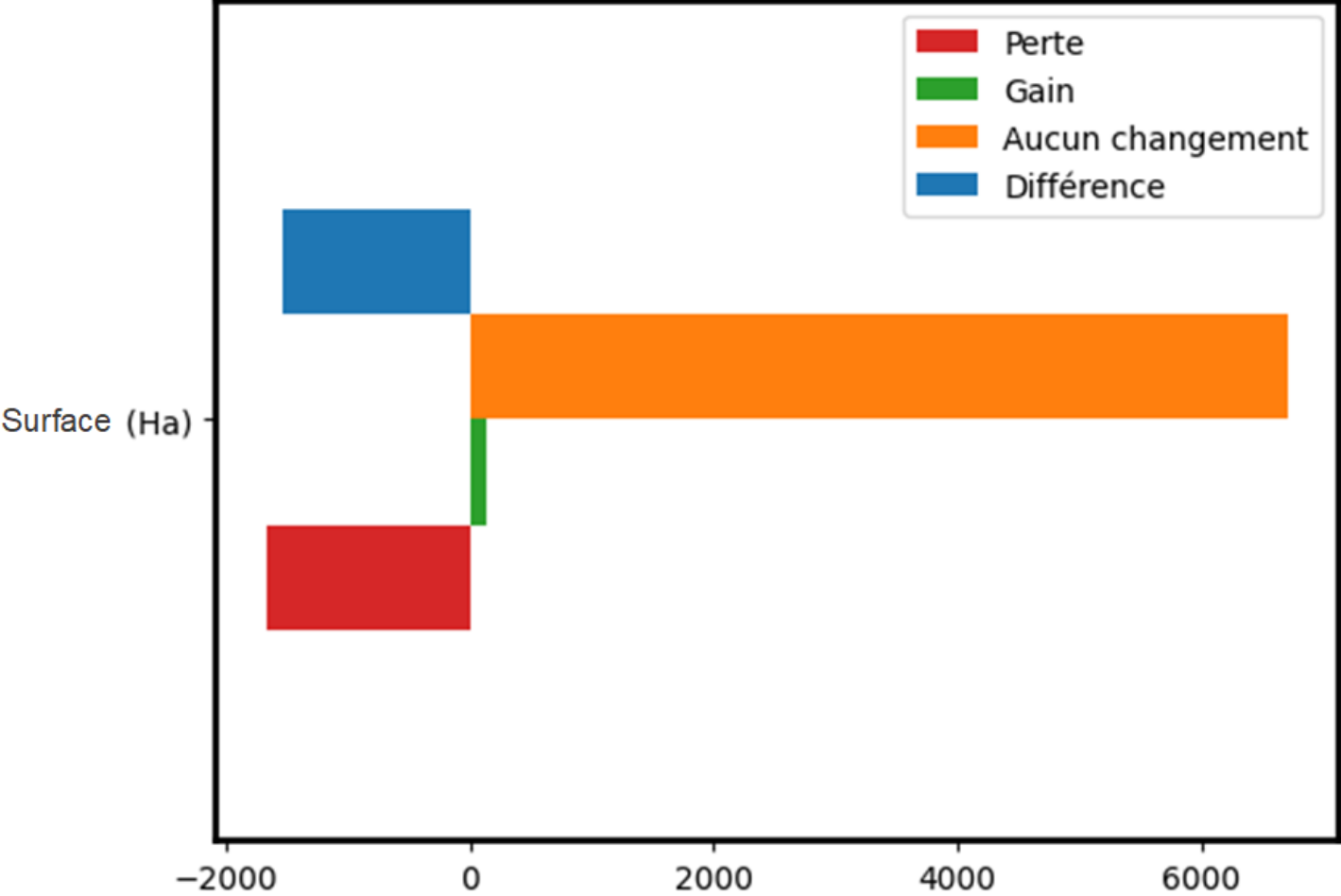
$X^2$  observée = 60,46 >  $X^2$  critique = 9,48 ;  $p < 0,0001 < 0,05$  ; ddl= 4

**e) Tableau de contingence de comparaison des revenus liés et non liés à la mangrove entre les sites d'études** Amb : Amboanio ; Bnm : Boanamary ; Mrv : Morahariva-Mandrosoa ; Anj : Anjiamaloto ; Kis : Kisoany ; Tar : Taranta ; RM : revenu lié à la mangrove ; RNM : revenu non lié à la mangrove ; Oi (Ci) : effectif observé (effectif théorique).

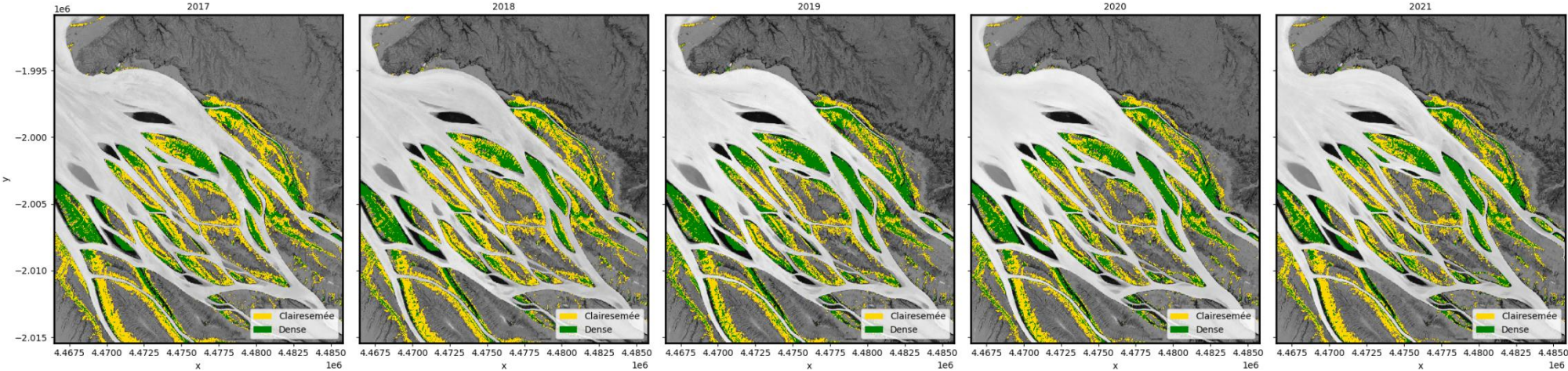
Utilisation	Amb	Bnm	Mrv	Anj	Kis	Tar	Total
RM	60 (69,83)	71 (69,83)	61 (69,83)	73 (69,83)	73 (69,83)	81 (69,83)	<b>419</b>
RNM	40 (30,16)	29 (30,16)	39 (30,16)	27 (30,16)	27 (30,16)	19 (30,16)	<b>181</b>
<b>Total</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>600</b>

$X^2$  observée = 15,23 >  $X^2$  critique = 11,05 ;  $p=0,009 < 0,05$  ;  $ddl= 4$

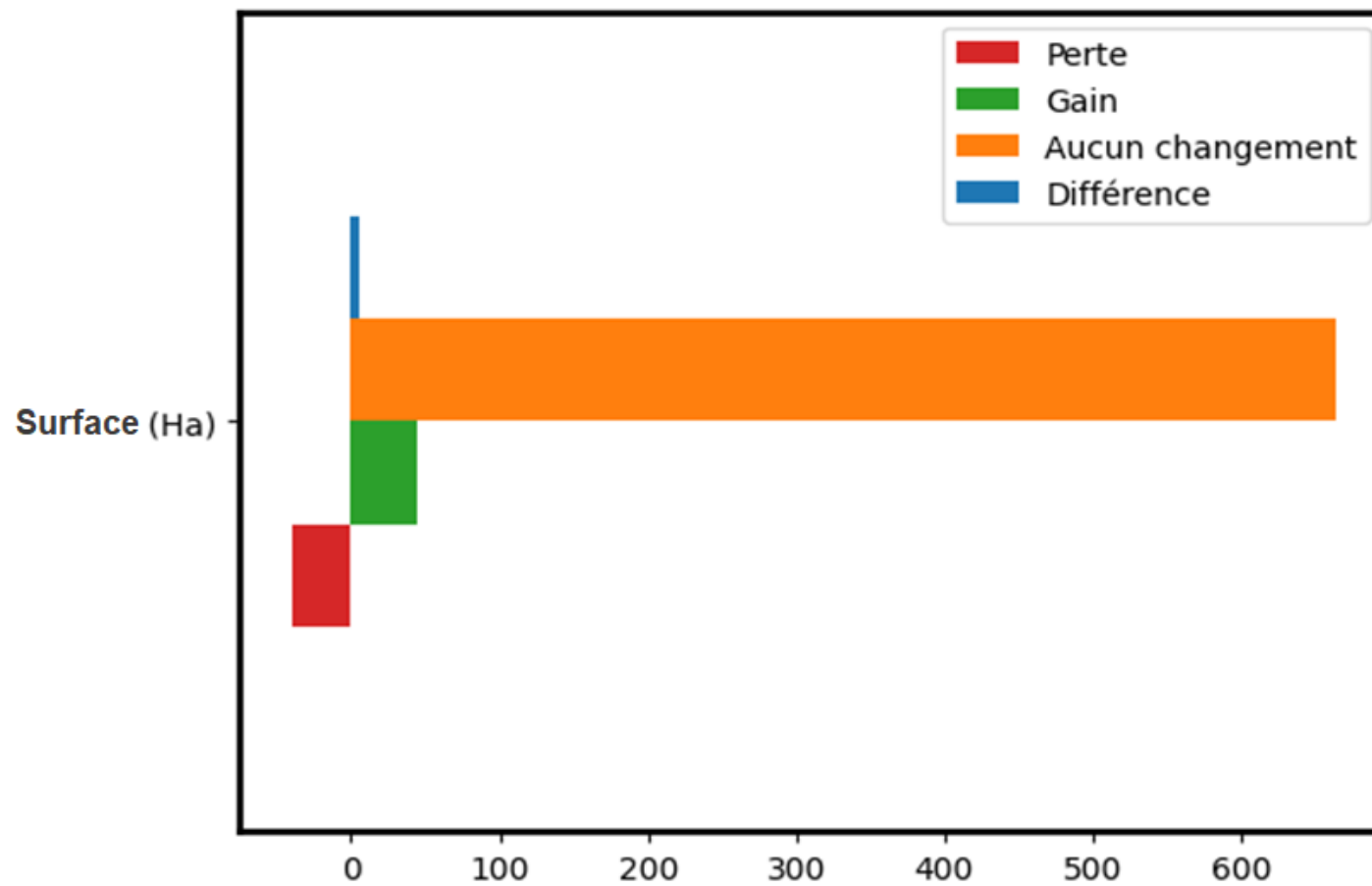
Annexe IV- Evolution de la mangrove de Boanamary entre 1996 et 2017



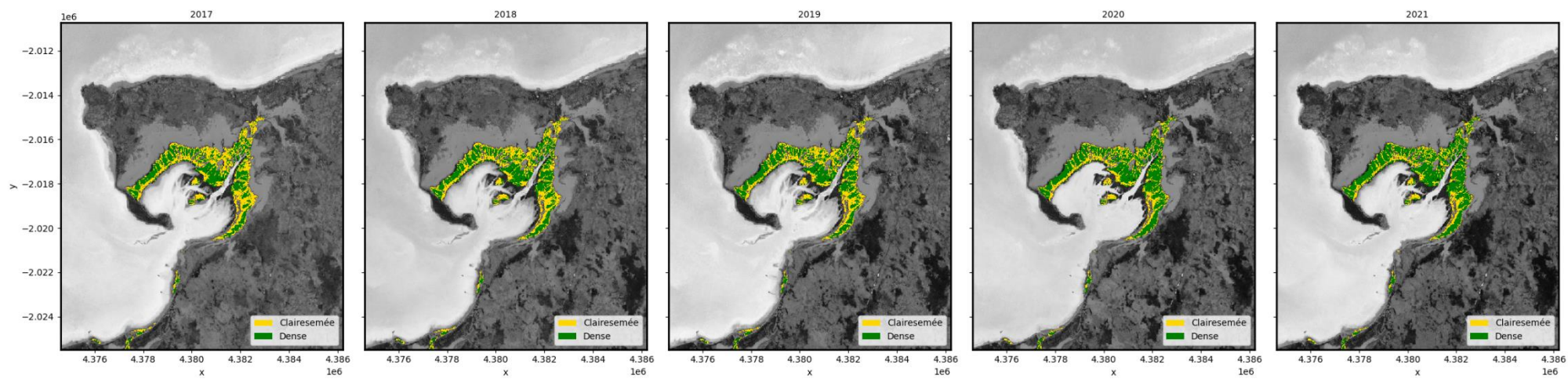
# Annexe V- Evolution annuelle de la mangrove de Boanamary entre 2017 et 2021



Annexe VI – Evolution de la mangrove de Soalala entre 1996 et 2017



## Annexe VII- Evolution annuelle de la mangrove de Boanamary entre 2017 et 2021



## Annexe VIII- Photos des pressions et menaces



(Haut et bas) Photos des foyers à charbons sur la route du village de Morahariva-Mandrosoa (Kanto Razanajatovo, 2022).



Divagation de bétail aux alentours de Morahariva-Mandrosoa (Kanto Razanajatovo, 2021).



Coupe de palétuvier entre Amboanio et Morahariva-Mandrosoa (Kanto Razanajatovo, 2022).



(Haut et bas) Conversion des zones à mangrove en zone d'aquaculture dans le village de Boanamary (Kanto Razanajatovo, 2020).



Bois mort d'*Avicennia marina* due à l'infestation de chenilles invasives à Soalala.

## Annexe IX - Faune des mangroves



*Threskiornis bernieri* dans les mangroves de Kisoany (Photo : Oninjatovo Radonirina Herizo, 2022).



*Egretta dimorpha* aux alentours des mangroves de Kisoany (Photo : Oninjatovo Radonirina Herizo, 2022)

**Annexe X- Post test de Tukey de comparaison multiple des DBH par site pour chaque espèce**

I- *Avicennia marina*

	Amboanio	Anjiamaloto	Boanamary	Kisoany	Morahariva	Taranta
Amboanio	1,000					
Anjiamaloto	0,975	1,000				
Boanamary	0,954	0,007	1,000			
Kisoany	1,000	0,989	0,994	1,000		
Morahariva	0,991	0,014	0,931	0,999	1,000	
Taranta	0,929	0,000	1,000	0,990	0,364	1,000

II- *Ceriops tagal*

	Amboanio	Boanamary	Kisoany	Taranta
Amboanio	1,000			
Boanamary	0,000	1,000		
Kisoany	0,664	0,000	1,000	
Taranta	1,000	0,001	0,887	1,000

III- *Rhizophora mucronata*

	Amboanio	Anjiamaloto	Boanamary	Kisoany	Taranta
Amboanio	1,000				
Anjiamaloto	0,000	1,000			
Boanamary	0,009	0,000	1,000		
Kisoany	0,000	1,000	0,000	1,000	
Taranta	0,086	0,000	0,862	0,000	1,000

IV- *Sonneratia alba*

	Amboanio	Anjiamaloto	Boanamary	Kisoany
Amboanio	1,000			
Anjiamaloto	1,000	1,000		
Boanamary	0,908	0,869	1,000	
Kisoany	0,072	0,001	0,915	1,000

**Annexe XI- Post test de Tukey de comparaison multiple des hauteurs par site pour chaque espèce**

I- *Avicennia marina*

	Amboanio	Anjiamaloto	Boanamary	Kisoany	Morahariva	Taranta
Amboanio	1,000					
Anjiamaloto	0,982	1,000				
Boanamary	0,926	0,995	1,000			
Kisoany	1,000	0,992	0,972	1,000		
Morahariva	0,005	0,000	0,000	0,093	1,000	
Taranta	0,968	0,004	0,000	0,996	0,000	1,000

II- *Cerriops tagal*

	Amboanio	Boanamary	Kisoany	Taranta
Amboanio	1,000			
Boanamary	0,000	1,000		
Kisoany	0,999	0,000	1,000	
Taranta	0,373	0,000	0,286	1,000

III- *Rhizophora mucronata*

	Amboanio	Anjiamaloto	Boanamary	Kisoany	Taranta
Amboanio	1,000				
Anjiamaloto	0,000	1,000			
Boanamary	0,086	0,021	1,000		
Kisoany	0,000	0,684	0,000	1,000	
Taranta	0,000	0,984	0,001	0,049	1,000

IV- *Sonneratia alba*

	Amboanio	Anjiamaloto	Boanamary	Kisoany
Amboanio	1,000			
Anjiamaloto	0,882	1,000		
Boanamary	0,010	0,014	1,000	
Kisoany	0,000	0,000	0,774	1,000

**Annexe XII- Photos des biens issus de la mangrove**



*Avicennia marina* séché commercialisé sur le marché de plantes médicinales de Mahajanga.



Cocon du vers à soie sauvage sur son support *Avicennia marina* sur l'îlot Lagersa.



*Holothuria* sp. dans le site de Kisoany. (Photo : Oninjatovo Radonirina Herizo)



*Portunus madagascariensis* dans le site de Kisoany. (Photo : Oninjatovo Radonirina Herizo)



Marché aux palétuviers à Antsahabingo, Mahajanga.

**Annexe XIII – Arrêté interministériel n° 32100-2014 du 24 octobre 2014 portant interdiction d'exploitation de bois de mangroves au niveau du territoire national**



MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ECOLOGIE ET DES FORETS

MINISTERE DES RESSOURCES HALIEUTIQUES ET DE LA PECHE

Arrêté interministériel N° 32 100 /2014

Portant interdiction d'exploitation de bois de mangroves au niveau du territoire national.

LE MINISTERE DE L'ENVIRONNEMENT, DE L'ECOLOGIE ET DES FORETS,  
LE MINISTERE DES RESSOURCES HALIEUTIQUES ET DE LA PECHE

- Vu la Constitution,
- Vu la Loi n°90-033 du 21 Décembre 1990 portant chartes de l'environnement, modifié par la Loi n°097-012 du 06 Juin 1997 ;
- Vu la Loi n°96-025 du 30 septembre 1996, relative à la gestion locale des ressources naturelles renouvelables ;
- Vu la Loi n°97-017 du 08 août 1997 portant révision de la législation forestière
- Vu l'Ordonnance n°60-128 du 03 octobre 1960 fixant la procédure applicable à la répression des infractions à la législation forestière, de la chasse, de la pêche et de la protection de la nature ;
- Vu l'Ordonnance n°93-022 du 04 Mai 1993, portant réglementation de la pêche et de l'aquaculture ;
- Vu le Décret n°94-112 du 18 Février 1994, portant organisation générale des activités de pêches maritimes ;
- Vu le Décret n°97-1455 du 18 décembre 1997, portant organisation générale des activités de collecte des produits halieutique d'origine marine ;
- Vu le Décret n°2012-770 du 04 Octobre 2012, portant modification statut du Centre de Surveillance des Pêches modifiant l'Arrêté n°4113/1999 du 24 Avril 1999, portant création du Centre de Surveillance des Pêches, du Plateau et du Talus Continental Malgache et l'Arrêté n°13277/2000 du 01 Décembre 2000, portant réorganisation du Centre de Surveillance des Pêches ;
- Vu le Décret n°2014-200 du 11 Avril 2014, portant nomination du Premier Ministre, Chef du Gouvernement ;
- Vu le Décret n°2014-235 du 18 Avril 2014, modifié par le décret n° 2014-1659 du 22 octobre 2014, portant nomination des membres du Gouvernement ;
- Vu le Décret n°2014 – 366 du 20 mai 2014 fixant les attributions du Ministère de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts ;
- Vu le Décret n°2014-298 fixant les attributions du Ministère des Ressources Halieutiques et de la Pêche ainsi que l'organisation générale de son ministère ;
- Vu l'Arrêté interministériel n° 4355/97 du 13 mai 1997 portant définition et délimitation des zones sensibles ;
- Vu l'Arrêté n° 2055/2009 du 06 février 2009 portant création de zones crevettières biologiquement sensibles en zone A dans la baie d'Ambaro.

**ARRETEMENT**

Article premier : La coupe, la collecte, le transport et la vente de bois de mangroves sont interdits au niveau du territoire national.

Article 2 : Les agents du Centre de Surveillance des Pêches, les agents du service des forêts et les autres fonctionnaires de l'Etat habilités sont compétents pour constater et poursuivre les infractions au présent arrêté.

Article 3 : En cas d'infractions aux dispositions du présent arrêté, les dispositions législatives et réglementaires en vigueur régissant l'écosystème demeurent applicables.

Article 4: Le Ministre des Ressources Halieutiques et de la Pêche, le Ministre de l'Environnement, de l'Ecologie et des Forêts, sont chargés chacun en ce qui le concerne, de l'exécution du présent arrêté.

Article 5: En raison de l'urgence et conformément aux dispositions de l'article 4 de l'ordonnance 62-041 du 19 septembre 1961 relative aux dispositions générales de droit international privé, le présent arrêté entre immédiatement en vigueur à partir de sa publication par émission radiodiffusée et télévisée ou affichage, indépendamment de son insertion au Journal Officiel de la République.

Fait à Antananarivo, le **24 OCT 2014**

Le Ministre de l'Environnement,  
de l'Ecologie et des Forêts



**BAMPARANY Ramanana**  
Anthélme

Le Ministre des Ressources  
Halieutiques et de la Pêche



**AHMAD**

## **Annexe XIV - Description de Boanamary**

### **1. Relief**

Le relief de Boanamary est généralement plat. Néanmoins, l'altitude varie entre 169 m et 187 m en moyenne avec une altitude minimale de 0 m sur la côte ouest.

### **2. Pédologie**

Pour la commune de Boanamary, trois principales formations peuvent être distinguées.

- Sol à minéraux bruts qui recouvre 57% du territoire de la commune, dans la partie centrale (tous les fokontany sauf Boanamary et Ambalatany Befotaka).
- Sols sesquioxydes ferrugineux tropical qui constitue 15% et rencontré dans les fokontany de Boanamary, Ambalatany Befotaka, Tsararivotra, Ambatomalama et Maromiandra.
- Sol halomorphe hydromorphe, sol de mangrove composant 28% Boanamary, surtout dans la partie nord-ouest et sud-ouest s'étendant sur une superficie totale de 7 241 ha. Ce type de sol est favorable aux mangroves. (Région Boeny, 2015a).

### **3. Hydrographie**

La Commune de Boanamary se caractérise par un dense réseau hydrographique, avec plusieurs ramifications et des cours d'eau permanents ainsi que temporaires. Le fleuve de Betsiboka traverse la partie sud-ouest et nord-ouest de la Commune. C'est celui-ci qui représente le cours d'eau principal avec une longueur de 104,3 km. Ce fleuve arrose une superficie de 93,16 km<sup>2</sup>. Le deuxième bassin de la Commune rurale de Boanamary est celui d'Ampahatromby, ce dernier est d'une grande importance pour la localité et possède une superficie de 78,81 km<sup>2</sup>. Quant à l'hydrologie marine, les ondes de marée de caractère semi-diurne est alterné par deux basses et de deux hautes mers journalières. Pour que la mangrove se développe et se dispersent normalement, ces mouvements de marées sont essentiels.

### **4. Climat**

Pour la commune de Boanamary, au cours de la saison humide, la pluviométrie varie selon la puissance et la fréquence des passages des dépressions tropicales dans la région Boeny. Toutefois, plusieurs sources et notamment le Schéma d'Aménagement Communal indique que la pluviométrie moyenne annuelle s'élève à 1700 mm.

Quant à la température, elle présente une similarité aux autres communes de la région. La température moyenne varie autour de 27°C. La température atteint sa valeur maximale (29 à 32°C) entre octobre et décembre. La valeur minimale est entre 20°C à 22°C à partir du mois de juin et prend fin au mois d'août. Boanamary est également soumise à deux régimes de vent propres à Madagascar, à savoir, l'influence permanente de l'Alizé du Sud Est et le Mousson, un vent périodique qui affecte la partie Nord occidentale lors de la saison pluvieuse (Joly, 1941).

## 5. Milieu biotique

Boanamary représente une biodiversité typique et caractéristique des habitats de l'écorégion Nord -Ouest de Madagascar. En ce sens, des types de végétations tels que les forêts denses sèches de l'Ouest, les mangroves, et les différentes formations savanicoles sont présentes.

Des espèces floristiques à titre d'exemple, le manguier (*Mangifera indica*), cocotier (*Cocos nucifera*), Sohivy (*Cephalanthus spathelliferus*), les palétuviers de toutes sortes (*Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal*, *Avicennia marina...*), palmier (*Bismarckia nobilis*), jujubier (*Ziziphus ziziphus*), tamarinier (*Tamarindus indica*).

Des espèces faunistiques y sont également rencontrées. Les espèces aviaires migrateurs comme le *Threskiornis bernieri*, *Phoenicopterus ruber*, et les pintades (*Numida meleagris*). Seul l'*Eulemur mongoz* a été recensé dans ce site. Quant aux mammifères, on y trouve les espèces comme *Potamochoerus larvatus*, *Actéchinus sp.*, *Pteropus rufus*, et *Cryptoprocta ferox*. La zone regorge d'insectes comme *Apis mellifera*, et *Borocera madagascariensis*. En addition, beaucoup d'espèces de poissons et de crustacées sont identifiées à l'instar des *Scylla serrata*, *Penaeus indicus* et *Penaeus monodon*). Enfin, l'herpétofaune de Boanamary peut être composé d'amphibien comme *Hoplobatrachus sp.*, des reptiles comme *Acrantophis madagascariensis*, *Chalarodon madagascariensis* et des caméléons (*Furcifer oustaleti*, *Furcifer rhinocerotus*).

## 6. Milieu anthropique

Boanamary est composé de plusieurs ethnies venant des quatre coins de Madagascar. En effet, la population de Boanamary est essentiellement betsileo, sakalava, comorien, antesaka, antandroy, tsimihety et merina (Andriamalala, 2007). Néanmoins, d'autres ethnies recensées minoritaires y sont présentes bien que 90% de la population soient représentés par les antandroy, les sakalava et les betsirebaka. Cette population est répartie dans tous les fokontany de la commune. Parmi les 6300 personnes recensées en 2015, 25% sont des enfants entre 6 et 15 ans tandis que 50% de la population sont représentées par les personnes d'une classe d'âge allant de 16 à 60 ans (INSTAT, 2020).

Avant 2007, Andriamalala (2007) a identifié que les activités génératrices de revenus locales tournent autour de la pêche, de l'agriculture et de l'élevage à part le fait de travailler à l'usine SOMAQUA, actuellement inexistante. Cette étude a également observée la rareté de l'activité artisanale au cours de cette période (avant 2007). Pourtant après la fermeture de l'usine, les activités pratiquées sont la pêche, l'agriculture, l'élevage et la laiterie, l'apiculture et la population s'est mis à l'artisanat petit à petit. Avec une forte concentration dans l'activité de pêche avec un taux de 95% (Razafindramasy, 2006).

Quant aux infrastructures publiques de bases, deux Centre de Soins de Base (I et II) ont été recensés dans la commune de Boanamary. Des puits sont également disponibles pour les besoins en eau de la population locale au nombre de 34 et qui sont répartis dans tout le territoire. Néanmoins, le rapport final de la SAC indique une difficulté locale relative à l'accès à l'eau potable.

## **Annexe XV. Description de Soalala**

### **1. Relief**

La commune de Soalala possède une altitude moyenne de 74 m. Néanmoins, le long de la côte de Soalala, le relief possède une tendance plate avec un niveau entre 0 à 40m. Une dominance des basses collines et des vallées sont constatées. La partie sud-est de la commune possède des versants ayant de fortes dénivellations allant jusqu'à 148 m. Une grande partie du littoral de Soalala se présente sous-formes de petites falaise calcaires comme le cap de Sada, qui atteint les 60 m, et le cap d'Amparafaka qui est de 55 m.

### **2. Pédologie**

Huit types de sols peuvent être distingués à Soalala. Parmi eux, 70% sont de types ferrugineux tropicaux et 16% sont hydromorphes. Le reste représente des sols composés de minéraux représentés sous forme de sols d'érosion (3,4%) d'une part. D'autre part, le sol sous sa forme brute est composé de 2% pour la plage et 3,2% pour la dune. Enfin, il y a également le sol sous une forme peu évoluée qui représente 1,4% de la totalité, celui du type halomorphe (0,4%) et le type calcomagnésique évalué à 0,2%. La majorité de la superficie du territoire communal possède une pédologie favorable à l'agriculture région 2015b.

### **3. Hydrographie**

Le réseau hydrographique de Soalala est constitué par de nombreux cours d'eau temporaires et de deux grands fleuves permanents. Ce sont les fleuves de Kapiloza et d'Andranomavo (Langrand & Nicoll, 1989). Ils forment les importantes zones à mangrove du district de Soalala à leur embouchure. Quant à la Commune de Soalala, 07 courants d'eaux constituent son réseau hydrographique dont la plus importante est la rivière d'Andranomavo avec une superficie de 33.318,02. Le long des côtes ouest de Madagascar est représenté par une faible altitude. Ce caractère fait que l'ouest présente un marnage de 3,40 m. En effet, lorsque le marnage moyen est inférieur ou égal à 2 m, il est appelé « microtidal », et lorsque celui-ci est entre 2 à 4 m, c'est un « mesotidal », il est de type « macrotidal » lorsqu'il dépasse les 4 m. Une grande partie des côtes longées par les mangroves, est soumis au régime des marées de type mésotidal (Andriamalala, 2007).

### **4. Climat**

Relativement identique à tous les endroits de la Région de Boeny, la température à Soalala, et par conséquent dans toute la région de Boeny, varie entre 28 et 33°C. Par ailleurs, la commune de Soalala connaît deux saisons distinctes comme toute autre. D'abord, il y a une saison de pluie (*asara*) se déroulant entre le mois d'octobre et le mois d'avril ; Ensuite, une saison sèche appelée *maintany* se déroulant à partir du mois de mai jusqu'au mois de septembre.

## 5. Milieu biotique

La végétation de Soalala est caractérisée par un type de forêt dense sèche semi-caducifoliée qui couvre 51 271 ha de la commune. Cela dit, la région regorge de genres floristiques comme *Dalbergia*, *Commiphora* et *Hildegardia* (Humbert H. in Koechlin *et al.* 1974). Les espèces caducifoliées sont : *Gyrocarpus americanus* (HERNANDIACEAE), *Dalbergia sp.* (FABACEAE), *Commiphora sp.* (BURSERACEAE) et *Strychnos sp.* (LOGANIACEAE), *Erythrophleum couminga* (FABACEAE), *Hymenodictyon leandrii* (RUBIACEAE).

Les savanes arborées et les savanes herbeuses sont particulièrement prédominantes à raison de 32,56% selon les études effectuées au cours de l'élaboration du SAC de Soalala. En plus, la savane à palmier y est aussi importante. La savane arbustive est formée par de tapis herbacé. Quant à la savane à palmier, elle est composée par des espèces de palmier comme *Bismarckia nobilis*, *Hyphaene shatan* (ARECACEAE). Pour la savane herbeuse, la formation est composée d'herbacés à l'image de *Hyparrhenia ruffa* (localement appelé « vero ») et *Heteropogon contortus* avec une agrémentation d'éléments ligneux éparpillés.

De nombreuses espèces utilisées dans la médecine traditionnelle y sont présentes comme le *Cedrelopsis grevei* (katrafay), *Cynnamosma fragans* (mandravasarotra), *Diospyros tropophylla* (Hazomafana), *Tecoma grandis* (tek), *Breonadia salicina* (sohihy), *Canarium madagascariensis* (ramy), *Stereospermum euphorioide* (mangarahara), *Capurodendron gracilifolium* (nato), *Bridelia pervillean* (kitata), *Erythrophleum couminga* (Komanga) qui est endémique de Soalala.

En effet, Soalala est l'habitat de 26 espèces de reptiles et d'amphibiens comme *Trachylepis elegans*, *Oplurus cuveri*, *Boophis tephraeomystax*, *Ptychadena madagascariensis*, *Geochelone yniphora* (RANDRIAMBAO, 1998). Il existe également 124 espèces ornithofaunes, *Dicrurus forficatus* (Railovy), *Corvus albus* (Goaika), *Numida meleagris* (Akanga), *Coracopsis vasa* (Koera be) et *Coracopsis nigra* (Koera kely), *Threskiornis bernieri* (Voronosy), *Phoenicopterus ruber* (Samaka). Des espèces de mammifères *Potamochoerus larvatus* (Lambo), *Cryptoprocta ferox* (fosa). Les primates sont également présents et RANDRIAMBAO (1998) en a identifié 8 espèces : *Eulemur fulvus rufus*, *Propithecus deckeni*, *Hapalemur griseus occidentalis*, *Microcebus murinus*, *Microcebus myoxinus*, *Cheirogaleus medius*, *Phaner furcifer*, *Lepilemur sp.*

## 6. Milieu anthropique

Bien que Soalala soit composé des 18 ethnies de Madagascar, la majorité des habitants sont les sakalava venant de Menabe et de Melaky. Evidemment, il est recensé des betsileo, des merina, des betsirebaka et des antandroy dans la localité. La densité moyenne de la population en 2016 selon les travaux pour l'élaboration du SAC est de 30 habitants par

km<sup>2</sup>. La population est également assez jeune. La partie la plus peuplée de la commune est Soalala qui compte environ 10 000 personnes contre un nombre minimum de 1339 habitants dans le fokontany d'Ankera. Le fokontany d'Anjiamaloto quant à lui compte 1528 habitants avec une densité de 13 personnes par km<sup>2</sup> répartis dans les hameaux qui l'entourent.

Le taux de scolarisation est seulement à 28% pour toute la Commune, soit 2880 enfants scolarisés sur les 10 257 enfants scolarisables. Les écoles sont assez loin des villages, d'autres ont été ravagées par les tempêtes et l'école doit faire des arrêts d'activité, les enfants doivent rejoindre Soalala.

Sur le plan sanitaire et l'accès à la santé, la Commune possède 4 centres de soin dont 2 se trouve dans la commune urbaine de Soalala. Néanmoins, les infrastructures sont en mauvais états aussi bien que le manque de professionnel. Quant à l'accès à l'eau potable, celle-ci s'élève à seulement 4% pour l'ensemble du territoire. Nombreux sont ceux qui puisent dans les rivières et les cours d'eaux les plus proches des villages.

Concernant les activités génératrices de revenus, la majorité de la population habitante des côtes de Soalala exercent l'activité de pêche. Ceux qui n'y habitent pas pratiquent l'élevage. Les activités génératrices de revenus ne sont pas très diversifiées dans les fokontany entourant Soalala, 68% sont des agriculteurs et 32% sont des pêcheurs (Région Boeny, 2015b). Il en est de même de l'alimentation. En effet, la population se nourrit de racine comme les *Dioscorea maciba*, de nénuphars ou de manioc pendant les périodes sèches. La production de riz de la Commune s'élève à 2 206 tonnes annuelles et n'arrivent pas à satisfaire les besoins de toute la population.

## Annexe XVI- Descriptif des palétuviers inventoriés dans les zones d'études

### *Avicennia marina* (Forssk.) Vierh.

**Famille :** ACANTHACEAE

**Nom vernaculaire :** Afiafy, Mosotry

**Utilisation du tronc :** charbon, bois de chauffe, construction de pirogue

**Utilisation des feuilles :** maux de dents, diarrhée, maux d'estomacs, maux du foie, aliments pour les bétails.



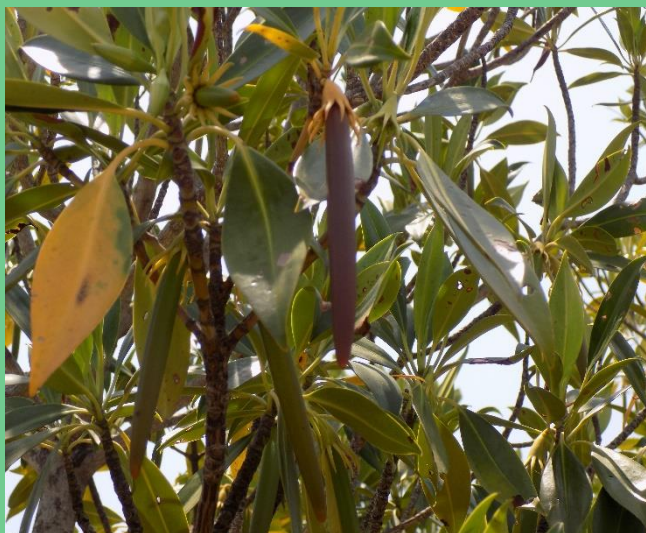
### *Bruguiera gymnorhiza* (L.) Lam.

**Famille :** RHIZOPHORACEAE

**Nom vernaculaire :** Tangampoly, Honko

**Utilisation du tronc :** pilier de construction, haie, bois de chauffe, teinture, cicatrisations des blessures.

**Utilisation des feuilles :** effet viril.



***Ceriops tagal* (Pers.) C.B.Rob.**

**Famille :** RHIZOPHORACEAE

**Nom vernaculaire :** Tangambavy,  
Honkovavy

**Utilisation du tronc :** pilier de  
construction, haie, bois de chauffe,  
teinture, cicatrisations des blessures.

**Utilisation des feuilles :** effet viril.



***Lumnitzera racemosa* Willd.**

**Famille :** COMBRETACEAE

**Nom vernaculaire :** Lovinjo,  
Vonjihonko

**Utilisation du tronc :** traitement des  
maux de ventre, piliers.



***Rhizophora mucronata* Lam.**

**Famille :** RHIZOPHORACEAE

**Nom vernaculaire :** Tangandahy,  
Honkolahy

**Utilisation du tronc :** piliers, bois de  
chauffe, charbon, chevron

**Utilisation des plantules :**  
traitement des fatigues musculaires

**Utilisation des racines :** traitement  
des maux de dos.



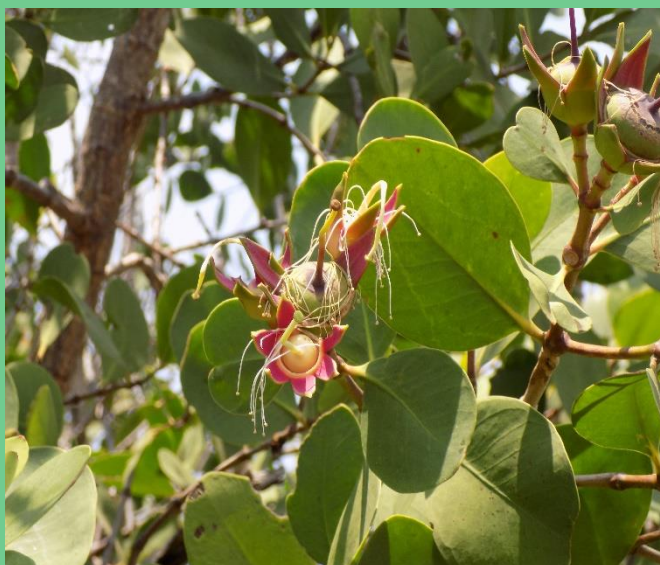
***Sonneratia alba* Smith**

**Famille :** SONNERATIACEAE

**Nom vernaculaire :** Farafaka,  
Songery

**Utilisation du tronc :** piliers,  
construction de boutre, chevron

**Utilisation des feuilles :** traitement  
des maux d'estomac



## *Xylocarpus granatum* König

**Famille :** MELIACEAE

**Nom vernaculaire :** Antalaotra,  
Sarigavo, Fobo

**Utilisation du tronc :** construction  
de meuble, bois carré, planche, bois  
de chauffe, charbon, construction de  
pirogue

**Utilisation des feuilles :** traitement  
des maux de dos



## **Annexe XVII - Liste des articles et communications**

### **Articles scientifiques :**

- 1- Monétarisation et CPUE de la pêche traditionnelle. Razanajatovo Kanto Ingotiana, Oninjatovo Radonirina Herizo, Tsimangataka Tsimiovalaza, Rabesa Zafera Antoine. RSTE Volume II, 2019.
- 2- Monétarisation de l'utilisation directe de l'écosystème à mangrove : cas de Boanamary et Soalala. Razanajatovo Kanto, Tsimangataka Tsimiovalaza, Rabesa Zafera Antoine. Recherches pour le Développement – Séries Sciences Biologiques n°27 – 2020. Antananarivo – Madagascar. ISSN 1025-3467

### **Communications scientifiques :**

- 1- Monétarisation et CPUE de la pêche traditionnelle. Kanto Razanajatovo, Herizo Oninjatovo Radonirina, Tsimiovalaza Tsimangataka, Antoine Rabesa Zafera. Université de Mahajanga. Université d'été, édition 2019.
- 2- Monétarisation de l'utilisation directe de l'écosystème à mangrove de Bombetoka et Baly. Kanto Razanajatovo, Tsimiovalaza Tsimangataka, Antoine Rabesa Zafera. Université de Mahajanga - Mahajanga. Doctoriales 5<sup>ème</sup> édition, 2019.
- 3- Investissement durable : valeur économique de l'écosystème à mangrove de Boanamary et Soalala. Kanto Razanajatovo, Herizo Oninjatovo Radonirina, Tsimiovalaza Tsimangataka, Antoine Rabesa Zafera. Journée mondiale de la mangrove 2021, Mahajanga.
- 4- Monétarisation et analyse économique de l'écosystème à mangrove. Institut Français de Madagascar - Antananarivo. Ma thèse en 180 secondes, édition 2021.
- 5- Analyse économique de l'écosystème à mangrove. Cas de Boanamary et de Soalala. Institut Français de Madagascar - Antananarivo. Ma thèse en 180 secondes, édition 2022.
- 6- Nos mangroves : que valent-elles réellement ? Kanto Razanajatovo, Antoine Rabesa Zafera. Institut de Recherche et de Développement, Ambatonakanga – Antananarivo. HayKa Link, 2022.
- 7- Changement climatique et solutions basées sur la nature : cas de Madagascar. Kanto Razanajatovo et Herizo Oninjatovo Radonirina. ICLEI Africa, Cape Town – Afrique du Sud, 2022.

# **Dynamique écologique et analyse économique de l'écosystème à mangrove :**

## **Cas de Boanamary et de Soalala**

### **Résumé**

La mangrove détient une importance écologique et socioéconomique pourtant les activités anthropiques conduisent vers sa diminution. Cette recherche est une analyse comparative entre Boanamary et Soalala pour déterminer l'importance économique de cet écosystème. Des études écologique, socioéconomique et modélisation de la dynamique du système ont été faites au cours de cette recherche. *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* et *Rhizophora mucronata* sont les plus utilisées par les enquêtés. Le test khi-deux effectué a révélé une différence significative de la richesse spécifique entre ces deux zones mais pas sur les biovolumes et les surfaces terrières. La valeur d'usage indirect excède la valeur d'usage direct dans les deux zones. La valeur économique totale s'élève à 91 199,71 Ariary ha/an pour Boanamary et à 104 979,75 Ariary ha/an pour Soalala. La modélisation a prévu une décroissance de la mangrove dans 39 à 50 années. La protection de la mangrove se basant sur la promotion des livelihoods durables est nécessaire pour décélérer le rythme d'exploitation actuel.

**Mots-clés** : Valeur économique totale ; mangrove ; économie écologique ; dynamique écologique ; Bombetoka; Soalala.

**Nombre de pages** : 121

**Nombre de figures** : 39

**Nombre de tableaux** :35

**Auteur** : Razanajatovo Kanto Ingotiana

**Contact** : kantocat7@gmail.com

**Encadreur** : Rabesa Zafera Antoine

# **Ecological dynamics and economic analysis of mangrove ecosystem:**

## **Case studies from Boanamary and Soalala**

### **Abstract**

Mangroves are ecologically and socio-economically important, yet human activities are leading to their decline. This research is a comparative analysis between Boanamary and Soalala to determine the economic importance of this ecosystem. The study includes an analysis of the system's dynamics from both ecological and socio-economic perspectives. The most commonly used species by the respondents were *Avicennia marina*, *Ceriops tagal*, and *Rhizophora mucronata*. The chi-square test indicated a significant difference in species richness between the two zones, but not in biovolumes or basal area. In both zones, the indirect use value exceeded the direct use value. The total economic value is 91,199.71 Ariary ha/year for Boanamary and 104,979.75 Ariary ha/year for Soalala. The modelling predicted mangrove decline in 39 to 50 years. To slow the current rate of exploitation, mangrove protection based on the promotion of sustainable livelihoods is crucial.

**Keywords:** Total Economic Value; mangrove; ecological economics; ecological dynamics; Bombetoka; Soalala.

**Number of pages** : 121

**Number of figures** : 39

**Number of tables** : 35

**Author** : Razanajatovo Kanto Ingotiana

**Contact** : kantocat7@gmail.com

**Supervisor** : Rabesa Zafera Antoine

**Dinamika ekôlojika sy famakafakana ara-toekarena momba ny  
rohivoarin'ala honko:  
Tranga ao Boanamary sy Soalala**

**Fintina**

Ny ala honko dia manan-danja ara-ekolojika sy ara-tsosialy ary ara-toekarena, kanefa ny asan'ny olombelona dia mitarika ny fihenany. Ity fikarohana ity dia fampitahana eo amin'i Boanamary sy Soalala mba hamantarana ny lanja ara-toekarena an'ity rohivoary ity. Fanadihadiana ara-ekolojika, ara-tsosialy sy ara-toekarena ary famolavolana modely no nampiasaina. Hita fa ny karazana fampiasa matetika indrindra dia ny *Avicennia marina*, *Ceriops tagal* ary ny *Rhizophora mucronata*. Ny fitsapana chi-square dia nahitana fahasamihafana eo amin'ny karazana amin'ireo faritra roa, fa tsy amin'ny biovolume sy ny velarany. Ny sandan'ny fampiasana ankolaka dia nihoatra ny sandan'ny fampiasana mivantana ho an'ireo faritra ireo. Ny totalin'ny lanja ara-ekonomika ho an'i Boanamary dia 91.199,71 Ariary ha/taona ary 104.979,75 Ariary ha/taona ny an'i Soalala. Ny modely dia naminavina ny fihenany ala ao anatin'ny 39 ka hatramin'ny 50 taona. Mba hampihenana ny tahan'ny fitrandrahana dia zava-dehibe ny mifototra amin'ny fampiroboroana ny velontena maharitra.

**Teny fototra:** Lanja Ara-ekonomika totaly; honko; toekarena ekolojika; dinamika ekolojika; Bombetoka; Soalala.

**Isan'ny pejy** : 121

**Isan'ny tarehimarika** : 39

**Isan'ny fafana** : 35

**Mpanoratra** : Razanajatovo Kanto Ingotiana

**Mailaka** : kantocat7@gmail.com

**Mpitarika** : Rabesa Zafera Antoine