
Rapport de stage individuel

4^{ème} année

Amélioration de l'étude de site de restauration
des mangroves à Analalava, Madagascar

Association Vahatra

Fkt fongony-Ambalahonko, 405 Analalava,
Madagascar

Tuteur entreprise :
BRACKE Anthony
Coordinateur des activités socio-
environnementales

Tuteur académique :
ISSELIN Francis

BONHOMME Paul
UIT
2022-2023

REMERCIEMENTS

Misaotra¹ à Anthony Bracke, notre tuteur de stage pour tout ce qu'il a pu nous apporter lors de ce stage, que ce soit en ce qui concerne la préparation du stage, le stage en lui-même, la découverte du pays et de ses coutumes ou encore de ses espoirs et ses actions pour la ville d'Analalava.

Misaotra à l'association VAHATRA pour son accueil à Analalava. Ça aura été un réel plaisir de travailler pour cette structure au quotidien.

Misaotra à Salimo Mananjara, notre moustique préféré qui a su nous apporter sa bonne humeur et tous ses savoirs concernant la mangrove. Nous n'aurions pas pu faire grand-chose sans lui, sauf peut-être se perdre dans un cœur de mangrove pendant de nombreux jours.

Misaotra à Elia, cuisinière sans égal qui a su nous régaler à chaque repas. La nourriture est importante pour le moral, et tu as toujours réussi à nous régaler !

Misaotra à Herman, alias papa Nierick, pour toute son aide lors des phases terrain.

Misaotra à Marcel et Edino, les techniciens terrain concernant les lagons, qui auront su nous apporter toute leur bonne humeur tout le long du séjour.

Misaotra aux habitants d'Analalava pour leur accueil et leur gentillesse qui nous a permis de passer un super séjour dans leur ville.

Misaotra à Mama Bé et à la kase des volontaires pour leur accueil à Tananarive.

Misaotra à Victoire de nous avoir loué sa superbe maison au bord de l'eau, nous reviendrons que pour ça !

Misaotra à l'Université de Tours, aux élèves de Polytech, à l'Agence Française de Développement et aux autres partenaires et donateurs qui nous ont permis de financer ce projet qui nous tenait tant à cœur.

¹ Misaotra : merci

Table des matières

Table des figures.....	3
Contexte du projet	5
Historique rapide du projet porté par Ingénieurs Sans Frontières – Tours	5
Contexte socio-économique de la zone	6
Les mangroves, un milieu entre terre et mer.....	7
Les mangroves dans le monde	7
Les mangroves de Madagascar	10
Contexte associatif et présentation de la structure d'accueil.....	12
Contexte associatif	12
La structure d'accueil	12
Présentation de la mission	14
Objectifs de la commande de l'association.....	14
Planning de stage	14
Présentation du déroulé de la mission.....	16
Méthode de construction des livrables et termes techniques associés	16
Présentation des objectifs du stage aux autorités	17
Phase de bureau 1 : création du protocole de diagnostic de l'état des mangroves déboisées.....	17
Familiarisation au milieu d'étude et recherches préliminaires.....	17
Principaux éléments de la première version de rapport.....	18
Phase de terrain 1 : expérimentation du protocole sur des zones d'étude.....	20
Localisation des zones d'études	20
Traitement des données et retour d'expérience	20
Phase de bureau 2 : amélioration du protocole et réflexions sur le plan de reboisement	21
Phase de terrain 2 : diagnostic de zones déboisées et protocole d'espacement	22
Localisation des zones d'études	22
Mise en place du travail de terrain et données récoltés.....	23
Phase de bureau 3 : traitement des données et finalisation des rapports.....	23
Traitement des données de terrain.....	23
Protocole de reforestation en fonction de l'état de la zone déforestée	25
Suivi du développement des zones reboisées	25
Présentation des livrables de la mission	27
Retour et discussion sur la mission	28
Retour d'expérience sur le contexte local.....	28
Adaptations à la culture et aux contraintes locales	28

Retour sur les phases de terrain.....	28
Forces et faiblesses du rapport	29
Protocole de diagnostic des zones déboisées	29
Protocole de reforestation	30
Protocole de suivi des zones déboisées	31
Bibliographie.....	32
Annexes	34
Annexe 1 : Exemple d’une fiche de diagnostic pour un critère hydrologique (Chaillot Elea, Bonhomme Paul, 2023).	34
Annexe 2 : Dernière version d’une fiche diagnostic de quadrat (Bonhomme Paul, Chaillot Elea, 2023).....	35
Annexe 3 : Protocole d’espacement entre les palétuviers (Bonhomme Paul, Chaillot Elea, 2023)..	38
Annexe 4 : Exemple de fiche de restauration proposée dans le rapport (Chaillot Elea, Bonhomme Paul, 2023).....	39
Annexe 5 : Exemple de cas d’étude de reboisement de zone de mangrove déforestée (Chaillot Elea, Bonhomme Paul, 2023).	40
Annexe 6 : Fiche de suivi des zones de mangroves reboisées en français (Bourlet Juliette, Mananjara Salimo, Bonhomme Paul, Chaillot Elea, 2023).....	42

Table des figures

Figure 1: Localisation géographique de la région Sofia et du district d’Analalava (CREAM, 2013)	6
Figure 2: interactions biotiques, abiotiques et flux de matières dans l’écosystème de mangrove entre les compartiments eau, sédiments, végétation et faune (UICN France, 2017)	7
Figure 3: Distribution des mangroves mondiales (Giri et al., 2011).....	8
Figure 4: Répartition mondiale des mangroves et abondance spécifique (Hoekstra & Molnar, 2010) .	8
Figure 5: Stratification de la mangrove en fonction de la salinité du sol (Pôle relais zones humides tropicales, 2018).....	9
Figure 6: Photographie du tanne du village d’Ankatakatabé (BONHOMME PAUL, 2023).....	10
Figure 7: Conseil d’administration de l’association Vahatra, et fonctions associées (VAHATRA, 2022)	13
Figure 8: Tableau synthétique des objectifs de chaque phase du stage (BONHOMME PAUL, 2023)...	15
Figure 9: Représentation du Kolb’s Learning Cycle (LEWIS & BROWN, 2014)	16
Figure 10: Vue aérienne d’une mangrove ouverte dans la baie de Moramba, Madagascar (Google maps, 2023)	17
Figure 11: Localisation de Antsohihy et de Analalava (CHAILLOT ELEA, 2023).....	18
Figure 12: Arbre de décisions pour choisir le protocole adapté à la zone d’étude (BONHOMME PAUL, 2023).....	19

Figure 13: Localisation de Ankatakatabé et Ambalahonko par rapport à Analalava (CHAILLOT ELEA, 2023).....	20
Figure 14: Carte QGis comprenant les points GPS avec leur notation pour les villages d’Ankatakatabé et Ambalahonko (CHAILLOT ELEA, 2023)	21
Figure 15: Localisation de la baie de Moramba par rapport à Analalava, et villages étudiés (CHAILLOT ELEA, 2023).....	22
Figure 16: Carte QGis comprenant les points GPS et leur notation pour chacun des critères au sein de la baie de Moramba (CHAILLOT ELEA, 2023)	23
Figure 17: Tableau de synthèse des résultats du test de Levene sur la médiane avec une incertitude de 5% en ce qui concerne le protocole d’espacement des arbres (BONHOMME PAUL, 2023)	25

Contexte du projet

HISTORIQUE RAPIDE DU PROJET PORTÉ PAR INGÉNIEURS SANS FRONTIÈRES – TOURS

Lors de l'année universitaire 2022 – 2023, l'association Ingénieurs Sans Frontières – Tours, basée à Polytech Tours, a souhaité mettre en place une Initiative de Coopération Solidaire (dite ICS) avec l'appui d'Ingénieurs Sans Frontières – France. Pour cela, les référents Mission Internationale de l'association, Thibaut Chabasse et Romane Freland, ont cherché des camarades motivés pour monter ce projet avec eux. De cette recherche est né un groupe de six personnes, composé des deux référents internationaux, mais aussi de Juliette Vastel, Léo Bonnin, Eléa Chaillot et Paul Bonhomme.

Après de nombreuses réflexions, il a été décidé que le projet aurait lieu à Madagascar en raison de la vulnérabilité des populations face au changement climatique, mais aussi en raison de la nécessité de protéger la faune et la flore exceptionnelle du pays.

La mise en place du projet a alors nécessité de prendre contact avec une association présente sur le territoire malagasy et ayant les mêmes objectifs et valeurs que ISF. Après une longue phase de recherche, l'association réunionnaise Opti'pousse Haie a approuvé notre projet et a souhaité être l'organisme qui nous permettrait de le réaliser dans les meilleures conditions. Cette association qui opère uniquement à Madagascar met en place des projets avec l'association malagasy VAHATRA, association basée à Analalava.

Au travers de nos discussions, trois grandes thématiques ont pu émerger, de manière à faire travailler les membres de l'association en binômes :

- Réalisation d'une étude d'impact d'implantation de bio habitats pour des poulpes et des langoustes, d'une pépinière de coraux et pour la réintroduction du mollusque *Anadara antiquata*.
- Caractérisation des unités paysagères dans une partie du district d'Analalava pour cibler des zones de reboisement potentielles.
- Amélioration de l'étude du site de restauration et de suivi de mangroves, et rendre ses objectifs compréhensibles pour les populations.

Ces thématiques ont pu être acceptées par Polytech Tours en tant que stage, ce qui nous a alors assuré une bonne réalisation du projet.

A ce moment de la préparation, le dernier facteur limitant était le budget. Nous avons alors réalisé des demandes de subventions et mis en place diverses actions de financement, ce qui a pu nous assurer un réel départ.

CONTEXTE SOCIO-ÉCONOMIQUE DE LA ZONE

Située dans l'océan Indien au Sud-Est du continent africain, Madagascar est une île divisée en 6 provinces. Au Nord-Ouest, dans la province de Mahajanga se trouve la région Sofia (Figure 1). Elle couvre une superficie de 52 503 km² et se compose de 7 districts, dont celui d'Analalava (Figure 1), district de 10 070 km² (CREAM, 2013).

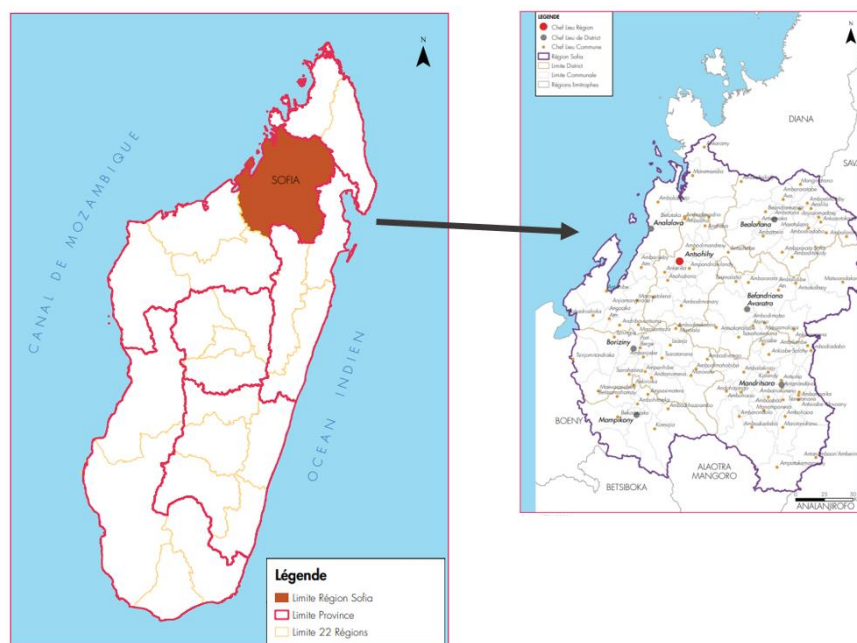


FIGURE 1: LOCALISATION GÉOGRAPHIQUE DE LA RÉGION SOFIA ET DU DISTRICT D'ANALALAVA (CREAM, 2013)

Bordée à l'Ouest par le canal du Mozambique et située au pied des hautes terres, la région possède trois grands types de reliefs bien distincts : les plateaux, les plaines et la côte. Elle dispose également de vastes bassins hydrographiques et d'un grand nombre de cours d'eau qui alimentent les rivières et favorisent l'écoulement des fleuves jusqu'au canal du Mozambique. Le régime hydrographique de la région est caractérisé par de grandes crues, lors de la saison des pluies, qui inondent une grande partie des plaines et des baiboho². En effet, le climat de la région est sub semi-humide avec deux saisons principales : une saison sèche de mai à octobre ; et une saison humide de novembre à avril. La transition entre les deux saisons répond à une météo très imprévisible d'une année sur l'autre. 6,4% de la population malagasy réside dans la région Sofia. D'un point de vue ethnique, celle-ci est très hétérogène.

Le district d'Analalava étant sur une zone côtière, il ne répond pas aux mêmes températures que dans la zone dite des hautes terres. La température annuelle moyenne y est plus élevée avec 25 °C. De la même manière, à l'inverse de l'hétérogénéité culturelle de la région, le district possède une

² *Baiboho : Sols alluviaux récents, profonds, humide et productifs qui peuvent être régulièrement inondés par les crues de saison des pluies, et dans lesquels se maintient, en saison sèche, une nappe phréatique peu profonde.* Lapaire, Jean-Pierre. 1976. « L'évolution Récente Des "baiboho" Du Nord-Ouest (Région de Mampikony - Port-Berge) ». *Madagascar: Revue de Géographie*, n° 29: 117-54.

forte majorité du groupe ethnique : les pêcheurs Sakalava, qui représentent 13.8% des habitants de la région (CREAM, 2013).

Les mangroves, un milieu entre terre et mer

LES MANGROVES DANS LE MONDE

La mangrove est un écosystème forestier complexe, entre terre et mer, au sein duquel de nombreuses interactions biotiques et abiotiques ont lieu (UICN France, 2017) (figure 2) : l'équilibre entre ces paramètres est nécessaire pour assurer le meilleur fonctionnement possible à ces forêts. La structure même de ces milieux est très complexe, marquée par des espèces de palétuviers pionnières tel que *Sonneratia alba* ou *Avicennia marina* qui sont adaptées à la vie dans un substrat sableux en front de mer, mais aussi par des espèces vivant en arrière de mangrove sur des substrats très chargés en sel comme *Lumnitzera racemosa* : chacune des espèces à ses propriétés propres, ce qui permet d'avoir une continuité écologique et ainsi un milieu résilient aux aléas (Lewis & Brown, 2014).

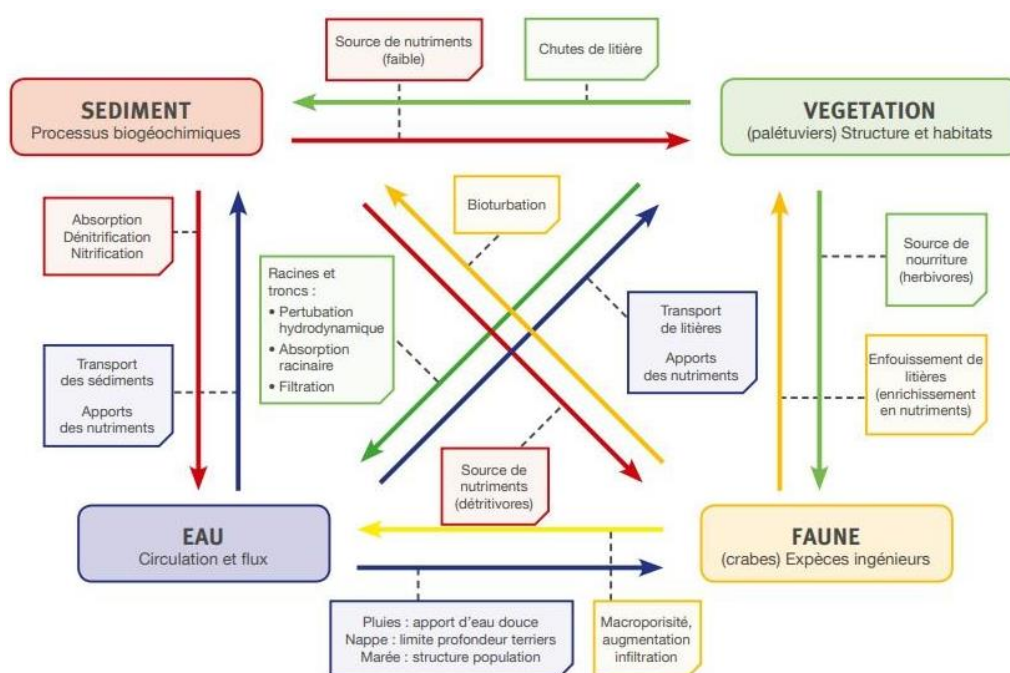


FIGURE 2: INTERACTIONS BIOTIQUES, ABIOTIQUES ET FLUX DE MATIERES DANS L'ECOSYSTEME DE MANGROVE ENTRE LES COMPARTIMENTS EAU, SEDIMENTS, VEGETATION ET FAUNE (UICN FRANCE, 2017)

Au niveau mondial, les mangroves occupent approximativement une superficie de 152 000 Km² (Spalding et al., 2010), soit 15 200 000 ha. Cette estimation de la couverture mondiale a été révisée à la baisse à 13 776 000 ha par Giri et al., 2011. En 2016, cette superficie a connu une diminution significative à hauteur de 8 349 500 ha selon Hamilton et Casey. La croissance démographique, le développement de la zone côtière, l'aquaculture, la conversion en agriculture telle que la riziculture et enfin la surexploitation du bois en sont les principales raisons.

Les mangroves se retrouvent en abondance dans les deltas et les estuaires soumis à l'influence des marées comme par exemple les deltas du Gange/Brahmapoutre (Bangladesh), au Brésil (dans

l'Amazone), au Venezuela (dans l'Orénoque), au Nigeria (Niger), au Vietnam (Mékong), et le long des côtes ouvertes sur l'océan comme c'est le cas le long des 1.500 km de côte séparant le delta de l'Amazone au Brésil de celui de l'Orénoque à Venezuela. En outre, les mangroves se trouvent le long des côtes soumises à l'énergie océanique où elles occupent l'intérieur des lagunes ou le fond des baies à l'abri des vagues (Giri et al., 2011).

Ainsi sur les 118 pays comprenant des mangroves, 15 possèdent 75 % des surfaces mondiales avec l'Indonésie (22.6%), l'Australie (7.1%), le Brésil (7%), le Mexique (5.4%) et le Nigéria (4.7%) qui comptabilisent à eux seuls 50% des mangroves globales (Giri et al., 2011).



FIGURE 3: DISTRIBUTION DES MANGROVES MONDIALES (GIRI ET AL., 2011)

A l'échelle mondiale, deux zones biogéographiques ont été identifiées dont la zone orientale avec la présence de 47 espèces, et la zone occidentale où on a inventorié seulement 8 espèces de mangroves (Hoekstra & Molnar, 2010 cité par Walcker, 2015).

La figure suivante (figure 4) montre les deux zones biogéographiques des mangroves dans le monde (aire occidentale, trait noir pointillé ; aire orientale, trait noir plein). Les couleurs indiquent le nombre d'espèces répertoriées.

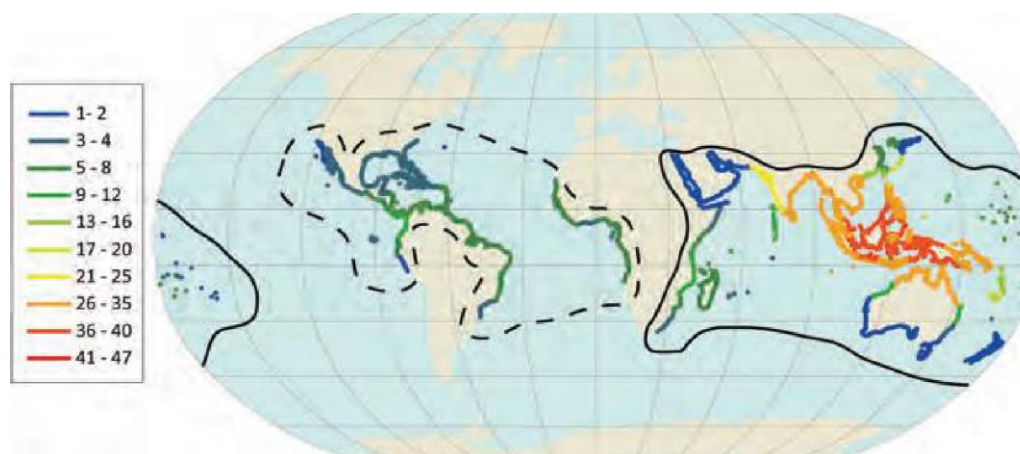


FIGURE 4: REPARTITION MONDIALE DES MANGROVES ET ABONDANCE SPECIFIQUE (HOEKSTRA & MOLNAR, 2010)

Selon les études faites par Duke et al., 1998, les mangroves sont essentiellement intertropicales. La température figure parmi les facteurs déterminants de leur installation. En effet,

elles sont implantées dans des zones côtières où la température basse extrême de l'air ne dépasse pas -4°C, et où la température moyenne de l'air et de l'eau pendant l'hiver est supérieure à 20°C.

Malheureusement, les activités humaines sont responsables en grande majorité de la perte de la mangrove : 50% de sa surface a été perdue depuis 1900, dont 35% de sa superficie mondiale lors des 20 dernières années. Ces très fortes pertes font des mangroves l'une des communautés naturelles les plus menacées au monde. Le réchauffement climatique est aussi un danger pour ces milieux, avec une élévation du niveau de la mer prévu de 0.18 à 0.59m d'ici 2099 : les palétuviers au bord de mer viennent alors dépérir et ceux dans les terres reculent (Ellison et al., 2012). Cette perte de mangrove met en péril les services écosystémiques qui lui sont associés, mais cela prive également les populations locales des ressources qui lui sont associées (Bostvironnois, 2017). Par exemple, la déforestation mène à l'assèchement du terrain et à la compaction du sol, ce qui a pour conséquence de mettre à mal l'implantation des plantules ainsi que le développement racinaire des palétuviers (Communautés européennes, 1992).

Enfin, la mangrove est un écosystème soumis à un facteur majeur, qui est l'apport en eau salée. Cet apport va différer selon la zone de mangrove, avec des apports pouvant avoir lieu avec chaque marée, ou des apports qui n'ont lieu qu'aux grandes marées (figure 5). Cette variabilité en apports d'eau amène à la création d'un milieu tout à fait particulier : le tanne (figure 6). Le tanne est placé (quand il existe) en arrière de mangrove ; c'est un milieu à la frontière entre terre et mer, où le sol est trop fortement chargé en sel et sur lequel les espèces de palétuviers ne poussent pas. En effet, leur développement a lieu en bordure de tanne, mais la trop forte salinité couplée au très faible apport d'eau les empêche de se développer directement dessus.

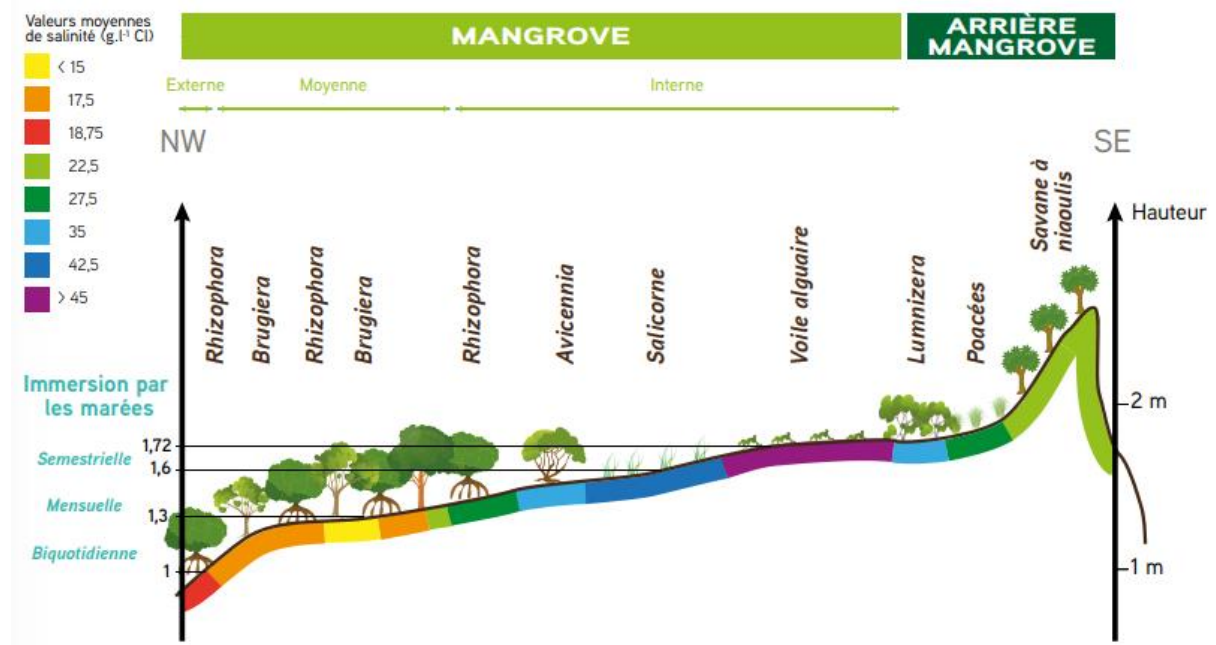


FIGURE 5: STRATIFICATION DE LA MANGROVE EN FONCTION DE LA SALINITE DU SOL (POLE RELAIS ZONES HUMIDES TROPICALES, 2018)



FIGURE 6: PHOTOGRAPHIE DU TANNE DU VILLAGE D'ANKATAKATBE (BONHOMME PAUL, 2023)

LES MANGROVES DE MADAGASCAR

Les forêts de mangroves de Madagascar représentent 2% de la superficie mondiale de mangroves. 98% de celles-ci sont localisées sur les côtes Ouest de l'île, avec une forte concentration dans le paysage du Delta Manambolo Tsiribihina de Morondava, dans la baie de Mahajamba, dans les baies de la partie Nord-Ouest (Ambaro, Ambanja, Tsimipaika, Ampasindava, Russe) et dans la baie des Assassins à Andavadoaka (Sud-Ouest). Ces milieux revêtent une grande importance pour le patrimoine forestier et faunistique, car ils abritent un pôle important en matière d'endémisme et de valeur écologique. Les crabes de mangroves, appelés aussi les crabes de palétuviers, font notamment partie de cette richesse écologique et génétique (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable & Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, 2019).

En plus d'être des réservoirs de biodiversité, et malgré l'interdiction de les exploiter à des fins anthropiques, les mangroves fournissent de nombreux services écosystémiques aux populations locales. Ce milieu assure aux habitants un apport en produits issus de la pêche, en bois pour l'énergie ou la construction, en ressources médicinales, en ressources chimiques et cosmétiques, ou encore en nourriture pour les animaux d'élevage. Ces milieux sont également des barrières contre l'érosion et les aléas climatiques extrêmes. De plus, d'autres zones ne sont pas exploitées mais protégées dans le cadre de croyances (Bostvironnois, 2017).

Malgré leur importance, les mangroves de Madagascar sont fortement menacées et ne cessent de diminuer en superficie surtout à cause de la conversion des espaces en terres agricoles, de l'exploitation de bois et de la production de charbon. Bien que ces zones bénéficient de protections, les mesures de gestion (que ce soit au niveau institutionnel ou communautaire) semblent inefficaces et confuses face à la coordination des activités entre les acteurs et l'absence d'initiative concrète. Cette destruction progressive de ces forêts se manifeste alors par une baisse de rendement de la pêche, que ce soit en quantité ou en qualité (Ministère de l'Environnement et du Développement Durable & Ministère de l'Agriculture, de l'Elevage et de la Pêche, 2019). En effet, malgré son statut de zone

protégée, la mangrove est un milieu nécessaire à la vie des communautés locales. Les moyens mis en place pour restreindre les populations à son utilisation sont compliqués et chers à mettre en œuvre, c'est pourquoi il est nécessaire de mettre en place une gestion et des plants de reboisements adaptés. Cela permettra d'assurer une santé optimale au milieu, mais aussi de permettre aux communautés d'avoir accès à ce lieu nécessaire à leur mode de vie.

Plusieurs mécanismes sont à l'œuvre pour impliquer les communautés locales dans la gestion des mangroves. La première entité est la loi GELOSE. Cette loi « *crée une entité, la communauté de base (COBA), fonctionnant comme une ONG. Les transferts de gestion ne peuvent être accordés qu'à la COBA. Elle implique les mêmes représentants que le Fokonolona, qui est l'autorité de la communauté de base et serait plus approprié pour gérer les mangroves* » (Slobodian & Badoz, 2020). Seulement, l'interdiction de coupe au sein de la mangrove à Madagascar est régie par l'arrêté interministériel n° 32100/2014. Cet arrêté va donc à l'encontre des droits d'exploitation et de gestion prévus par la loi GELOSE (Slobodian & Badoz, 2020). De ce fait, abroger l'arrêté interministériel n° 32100/2014 a notamment été proposé par l'union internationale pour la conservation de la nature et des ressources naturelles. Cela permettrait alors au gouvernement et aux associations de former les populations à la gestion durable des mangroves, ce qui éviterait les coupes à blanc détruisant ces milieux.

Contexte associatif et présentation de la structure d'accueil

CONTEXTE ASSOCIATIF

L'association Opti'pousse Haie (OpH) a été créée en 2014 et a pour objectif de promouvoir l'écologie et le développement durable dans les pays du Sud. Cette structure regroupe des membres permanents ainsi que de nombreux volontaires et stagiaires, amenant avec eux différentes compétences (écologie, géographie, etc). L'association promeut l'utilisation de logiciels gratuits et libres de droits dans ses activités, de manière à diffuser la connaissance.

En 2015, un projet d'aire marine protégée à gestion communautaire (AMPGC)³ a été initié dans le district d'Analalava pour protéger l'intégrité des écosystèmes côtiers et estuariens. Dans ce même district, les habitants se sont regroupés en 2014 en l'association ATF (Analalava Tia Fondrosoana Analalava, « Analalava aime le développement ») pour organiser la défense de leur patrimoine naturel et culturel très convoité. Cette association a été soutenue techniquement et scientifiquement par l'association réunionnaise Opti'pousse Haie dès 2015. Ce partenariat a pu être ratifié par la suite par OpH, ATF, la mairie d'Analalava et le district d'Analalava, officialisant ainsi le projet appelé "Fanantenana Analalava", que l'on traduit par « Un espoir pour Analalava ».

L'expertise scientifique d'OpH, couplée à la connaissance de terrain d'ATF, a alors permis d'effectuer diverses études sur les milieux environnementaux et socio-économiques dans le but d'aboutir à la création de l'AMPGC. Dans le même temps, Opti'pousse Haie a aussi eu pour vocation à former les futurs gestionnaires de l'AMPGC, notamment au travers d'une transmission entre les bénévoles ou stagiaires étrangers et les salariés malagasy de l'association.

Pour de multiples raisons internes aux deux associations, la coopération entre OpH et ATF a été stoppée en mars 2022. De ce fait, OpH a commencé à travailler avec la toute jeune association VAHATRA (« racines » en Malagasy).

LA STRUCTURE D'ACCUEIL

L'association VAHATRA a été créée le 2 octobre 2022. Elle a pour objectif de défendre les intérêts généraux et les biens communs présents et futurs des communautés d'Analalava ayant une implication citoyenne. Cette défense passe par la collecte de données socio-environnementales et économiques permettant à l'association et à ses partenaires la mise en œuvre de projets répondant aux réels besoins des populations. Elle inscrit son projet dans une dimension d'intérêt général, en s'ouvrant à tous les publics. Ses domaines d'actions sont variés, tels que les suivis socio-

³ Une AMPGC est défini par Kelleher (1999) comme « tout espace intertidal, ou infra tidal, ainsi que ses eaux sous-jacentes, sa flore, sa faune et ses ressources historiques et culturelles, que la loi ou d'autres moyens efficaces ont mis en réserve pour protéger en tout ou partie, le milieu ainsi délimité ». Les Aires Marines Protégées n'ont pas pour rôle de protéger une espèce particulière, rare ou endémique, comme le feraient les Espaces Protégés terrestres. Elles sont utilisées pour protéger des habitats remarquables présentant des espèces d'importance économique que ce soit pour la pêche, le tourisme ou toute activité en relation avec les espaces marins concernés (Kelleher & Phillips, 1999)

écosystémiques et économiques, la culture et l'art, l'éducation, l'artisanat, la recherche scientifique, la création d'espaces naturels protégés, etc.

Le conseil d'administration de l'association est constitué de 12 membres permanents, dont les fonctions de chacun sont expliquées dans la figure 7 ci-dessous :

Nom	Prénom	Fonction
Hevitry Télé	Odilon	Président
Ralainandrasana	Edinot	Vis président
Fandanja	Corinne	Secrétaire
Rambeloarivony	Liantsoa	Vis secrétaire
Raherimanana	Manoline	Trésorier
Rabetokotany	Georges	Vis trésorier
Falimanagna	Randria	Conseiller
Zafitody	Hortensia	Conseiller
Soatsara Guyomar	Juliette	Conseiller
Rasolofoniaina	Herman	Conseiller
Maherinarivo	Equelon	Conseiller
Bracke	Anthony	Conseiller

FIGURE 7: CONSEIL D'ADMINISTRATION DE L'ASSOCIATION VAHATRA, ET FONCTIONS ASSOCIEES (VAHATRA, 2022)

En plus des membres du conseil d'administration, l'association comporte de nombreuses personnes travaillant directement sur le terrain, tel que Salimo Mananjara, le technicien mangrove de la structure.

Depuis sa création, l'association a pu développer plusieurs domaines d'activité, tel que :

- La mise en place de cours de français à l'école publique pour les professeurs de français, les élèves de CE, CM1 et CM2,
- La récolte de données environnementaux ainsi que leur traitement par les techniciens de l'association de manière à préserver la nature et les ressources dans le district d'Analalava,
- La mise en place d'actions de divertissement dans la ville pour créer du lien, mais aussi pour promouvoir la culture.

Présentation de la mission

OBJECTIFS DE LA COMMANDE DE L' ASSOCIATION

Comme évoqué dans la présentation des mangroves de Madagascar, le pays possède 2% de la superficie mondiale de mangroves, dont 98% de sa couverture est localisée sur les côtes Ouest de l'île. Seulement, depuis 1980, 3,6 millions d'hectares ont disparu, bien que les populations rurales soient dépendantes de ces milieux pour leur subsistance (Le Monde, 2023).

Actuellement, il n'existe pas de protocole standardisé pour diagnostiquer, reboiser et assurer le suivi des zones de mangroves déboisées. Certaines publications telles que Lewis and Brown, 2014 proposent des pistes de réflexion et des critères à prendre en compte dans ces processus, mais sans jamais mettre en place un protocole complet et standardisé pour connaître l'état global des mangroves déboisées. Notre stage a donc eu notamment pour but de mettre en place ce protocole.

La commande de l'association a donc été d'établir un plan de diagnostic, de reboisement et de suivi des zones déboisées afin de gérer durablement la ressource en bois. Ce plan devait être pertinent scientifiquement, mais aussi facilement utilisable sur le terrain et vulgarisé pour inclure les populations dans la gestion de leur milieu.

PLANNING DE STAGE

La bonne réalisation des documents souhaités par l'association nécessitait de scinder notre travail entre des phases de bureau, composée de rédaction et de recherches scientifiques, et de phases de terrain pour nous permettre de tester et d'affiner le document proposé. Ces différentes phases et leurs objectifs sont résumés dans la figure 8.

Période	Phase de bureau / de terrain	Objectifs
Du 01/05 au 06/05	Trajet vers Analalava	Découverte de la mangrove et de ses grandes caractéristiques à Antsohohy.
Du 07/05 au 29/05	Phase de bureau	Présentation de l'objectif du stage aux autorités via un diaporama vulgarisé. Rédaction d'une première version de rapport sur la mise en place d'un protocole de diagnostic des zones de mangroves déboisées.
Du 29/05 au 06/06	Phase de terrain à Ankatakatabé et Ambalahonko	Test du protocole de diagnostic des mangroves et caractérisation de l'état de zones de mangroves déboisées.
Du 07/06 au 13/06	Phase de bureau	Réalisation de fiches espèces sur les différentes espèces de palétuviers du Nord-Ouest de Madagascar. Affinage du protocole de diagnostic des zones de mangroves déboisées.

		Début de la rédaction d'un document pour reforester les forêts de palétuviers coupées.
Du 14/06 au 30/06	Phase de terrain dans la baie de Moramba	Diagnostic des zones de mangroves déboisées. Calcul de l'espacement des palétuviers entre eux au sein de la même espèce et en fonction de leur zone de vie.
Du 1/07 au 21/07	Phase de bureau	Analyse des données récoltées. Rédaction d'un document d'aide à la décision pour reboiser les zones déboisées. Rédaction d'un document de suivi des zones nouvellement replantées. Proposition d'un plan de reboisement de mangrove pour le littoral d'Analalava.

FIGURE 8: TABLEAU SYNTHETIQUE DES OBJECTIFS DE CHAQUE PHASE DU STAGE (BONHOMME PAUL, 2023)

Présentation du déroulé de la mission

MÉTHODE DE CONSTRUCTION DES LIVRABLES ET TERMES TECHNIQUES ASSOCIÉS

L'approche de l'association OpH dans le processus de reboisement des mangroves s'appuie sur le Kolb's Learning Cycle (figure 9). Cette approche permet d'avoir un retour d'expérience sur ce qui a été fait en termes de reboisement pour ainsi améliorer continuellement les protocoles mis en place suivant les avancées scientifiques et les contraintes rencontrées sur le terrain (Lewis & Brown, 2014).

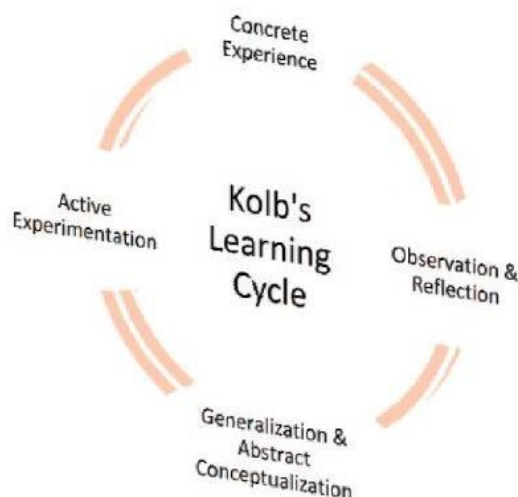


FIGURE 9: REPRESENTATION DU KOLB'S LEARNING CYCLE (LEWIS & BROWN, 2014)

La méthode de construction des livrables de ce stage a donc également suivi ce Kolb's Learning Cycle. Les documents présentés en annexe sont les derniers retenus au moment de rendu du rapport.

Cette approche utilisée par l'association a permis à Salimo Mananjara d'affiner les termes utilisés pour désigner certaines mangroves. Il sera donc mentionné dans ce rapport les mots « mangroves fluviales », « mangroves ouvertes » et « mangroves fermées ». Les différences entre ces milieux portent sur la structuration des mangroves.

Le premier terme, mangrove fluviale, désigne les mangroves se trouvant en bord de rivière. Elles sont donc sujettes à un apport d'eau douce régulier par la rivière, mais aussi à un apport d'eau salée lors des marées. Ce type de mangrove présente une grande quantité du palétuvier *Rhizophora mucronata* directement au niveau des berges.

Le terme de mangrove ouverte, lui, se réfère aux mangroves sans tanne, avec juste une plage en arrière (figure 10).



FIGURE 10: VUE AERIENNE D'UNE MANGROVE OUVERTE DANS LA BAYE DE MORAMBA, MADAGASCAR (GOOGLE MAPS, 2023)

Enfin, les mangroves fermées désignent les mangroves ayant un tanne sur la partie arrière, c'est-à-dire une zone sursalée où les palétuviers ne poussent pas (figure 6).

PRÉSENTATION DES OBJECTIFS DU STAGE AUX AUTORITÉS

Dans un premier temps, une présentation des objectifs du stage a été réalisée devant les élus de la ville d'Analalava, tel que les adjoints du maire, le représentant du ministère de la pêche, le commissaire de police ou encore des représentants de plusieurs associations locales (Vahatra, planète urgence, l'association des femmes). Une fois cette présentation créée, elle a été traduite et présentée en malagasy par Salimo Mananjara, le technicien mangrove de l'association Vahatra. Cette présentation a été l'occasion de rencontrer les autorités pour savoir à qui se référer en cas de besoin lors du stage.

PHASE DE BUREAU 1 : CRÉATION DU PROTOCOLE DE DIAGNOSTIC DE L'ÉTAT DES MANGROVES DÉBOISÉES

FAMILIARISATION AU MILIEU D'ÉTUDE ET RECHERCHES PRÉLIMINAIRES

Le premier réel objectif du stage a été de mettre en place un protocole permettant de diagnostiquer l'état de santé de la mangrove dans une zone d'étude. Pour cela, une visite préliminaire dans une zone de restauration de mangrove a été réalisée à Antsohihy (figure 11) avec Victorien, propriétaire de terrains et initiateur de la restauration de la mangrove dans cette ville. Cette visite a

eu pour but de comprendre les grandes interactions présentes dans les mangroves, mais aussi de se familiariser au milieu.

Localisation des villes d'Antsohihy et Analalava à Madagascar
Fond de carte: google satellite
Auteur: Chaillot Eléa 2023

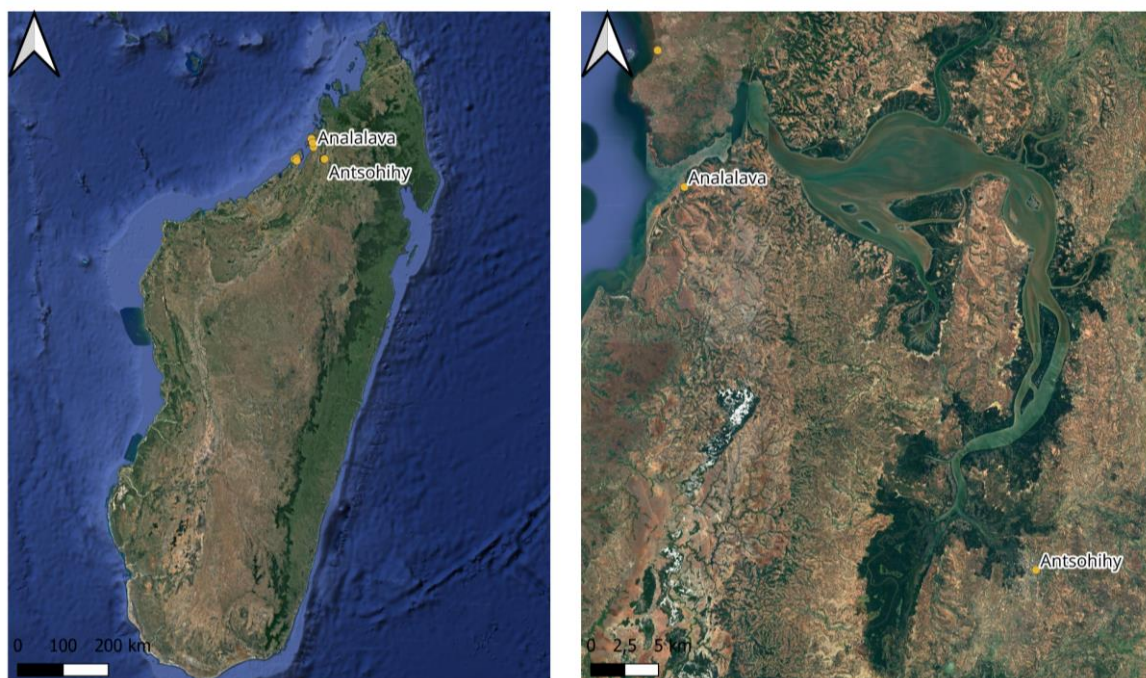


FIGURE 11: LOCALISATION DE ANTSOHIHY ET DE ANALALAVA (CHAILLOT ELEA, 2023)

Les recherches bibliographiques sur les mangroves avaient été initiées en amont du stage, et elles ont pu être complétées par la banque bibliographique de l'association. Cette banque se composait d'articles scientifiques et de fiches de lecture associées, mais aussi de documents (rapports, fiches de terrain, etc) réalisés par les précédents stagiaires, ici aussi sur la base de ressources scientifiques. La lecture active de cette sélection a permis de dégager les éléments qui semblaient pertinents à cette étude, et une première version de protocole de diagnostic des zones dégradées de mangroves a été soumise au maître de stage.

Cette première version de document se découpait en plusieurs parties, à savoir un arbre de décision pour savoir quel protocole utiliser sur le terrain, les « fiches de terrain » et des critères annexes aux fiches à relever (salinité, etc).

PRINCIPAUX ÉLÉMENTS DE LA PREMIÈRE VERSION DE RAPPORT

L'arbre de décisions a pour but d'aider les futurs techniciens de terrain à savoir quel protocole adopter pour diagnostiquer les sites de mangroves déboisées. Cet arbre a été modifié de nombreuses fois suite à divers retours d'expériences sur le terrain, et sa dernière version est visible en figure 12. Les protocoles auxquels aboutissent l'arbre des décisions sont principalement différents sur la méthode d'étude de la zone (utilisation de transects ou non, etc) mais ils incluent tous les deux l'utilisation des fiches de terrain.

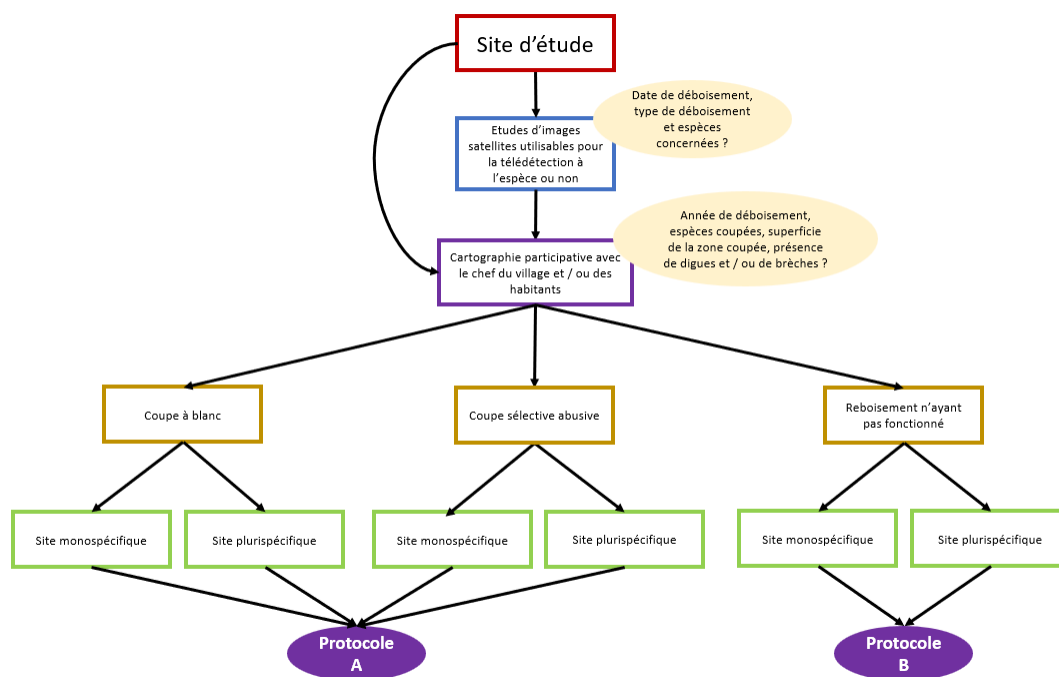


FIGURE 12: ARBRE DE DECISIONS POUR CHOISIR LE PROTOCOLE ADAPTE A LA ZONE D'ETUDE (BONHOMME PAUL, 2023)

Les « fiches de terrain » créées sont basées sur les connaissances scientifiques actuelles et s'intéressent à des critères (hydrologiques, de flore, de faune ou de sol) relevés sur le terrain (annexe 1). Ces fiches se découpent en deux parties principales, à savoir « comment évaluer le critère donné sur le terrain ? » et « les différents résultats attendus ». L'étude de chacun des critères permet d'aboutir à une note comprise entre 1 (plus basse note, le critère est à prendre en compte pour une reforestation optimale) et 3 (le site est optimal pour le critère considéré) ce qui a pour but de donner une image de l'état initial de la zone. Les notes attribuées ont pu par la suite être inscrites dans un tableau Excel mis en place spécialement. Une fois complété, ce tableau donne un « score » général à la zone d'étude. De plus, chacune des classes de critères peuvent être étudiées plus spécifiquement au travers d'une moyenne propre.

Enfin, des critères annexes ont été identifiés (calcul de vitesse de l'eau des ruisseaux de marée, salinité du sol, caractéristiques des arbres, etc). Ces critères étaient également à relever sur le terrain pour encore une fois diagnostiquer les zones le plus précisément possible.

La mise en place d'études de zones déboisées implique d'avoir une réelle classification des données récupérées sur le terrain. Toute perte de données (coordonnées GPS, caractéristiques des arbres, type de zone, etc) pourrait empêcher de proposer un plan de reboisement sans retourner prendre les informations manquantes sur le site. Pour remédier à cela, des fiches de terrain ont été mises en place. Elles ont pour but de regrouper l'ensemble des critères à relever sur chacune des zones, est-ce toujours de la même manière. Ces fiches ont été créées de manière à pouvoir les océriser dans le futur, ce qui permettrait de passer de données manuscrites à des données exploitables sur ordinateur. La dernière version de la fiche de quadrat est visible en exemple en annexe 2.

Avant la première phase de terrain, et afin de tester les protocoles créés, une sortie terrain préliminaire au Sud d'Analalava a été effectuée. Ce test a été l'occasion de se rendre compte de la difficulté d'utilisation des fiches de terrain, et des améliorations et ajustements y ont été apportés. Une seconde sortie test a été réalisée dans la même zone pour confirmer l'efficacité des modifications apportées.

PHASE DE TERRAIN 1 : EXPÉRIMENTATION DU PROTOCOLE SUR DES ZONES D'ÉTUDE

LOCALISATION DES ZONES D'ÉTUDES

Une fois le protocole opérationnel, une phase de terrain a été réalisée sur une semaine de temps. Les villages étudiés sont tous deux au Nord d'Analalava, Ankatakatabé, et Ambalahonko (figure 13) où des zones de mangroves déboisées sont présentes et connues de Salimo Mananjara, le technicien mangrove de l'association. Cette phase de terrain avait pour but de diagnostiquer l'état des zones déboisées avec les protocoles et fiches préalablement mis en place, pour ensuite être en capacité de proposer des protocoles de reboisement adaptés.

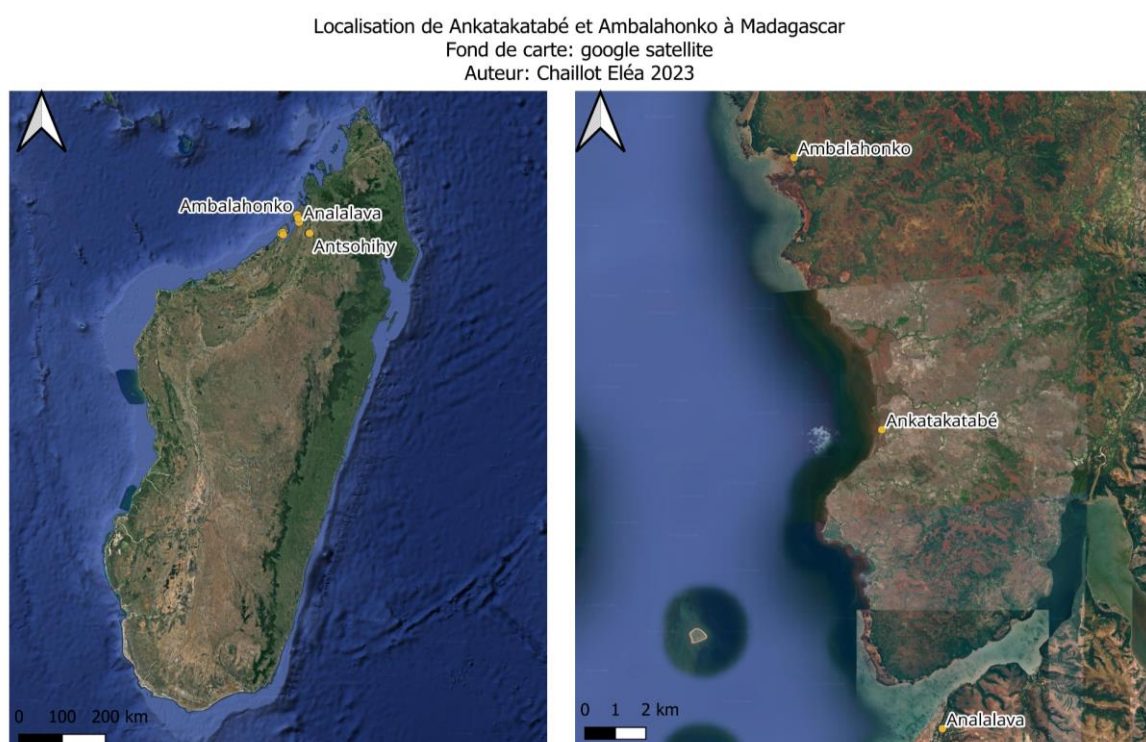


FIGURE 13: LOCALISATION DE ANKATAKATABE ET AMBALAHONKO PAR RAPPORT A ANALALAVA (CHAILLOT ELEA, 2023)

TRAITEMENT DES DONNÉES ET RETOUR D'EXPÉRIENCE

Les journées de travail ont donc permis de remplir les fiches terrain pour chacun des quadrats réalisés sur les zones. Des points GPS ont également été réalisés à chacune des zones et à chacun des quadrats à l'aide de l'application Organic Maps. Le relevé de ces points GPS ont permis de faciliter le traitement des données. En effet, pour chaque quadrat réalisé, les notes des fiches de terrain correspondantes ont été ajoutées dans la table attributaire sur QGIS. Cela a alors permis d'obtenir une carte de chacune des zones déforestées pour les deux villages avec les points GPS et les notes associées (figure 14).

Points GPS avec leurs notation pour Ankatakabé et Ambalahonko
Fond de carte: google satellite
Auteur: Chaillot Eléa, 2023



FIGURE 14: CARTE QGIS COMPRENANT LES POINTS GPS AVEC LEUR NOTATION POUR LES VILLAGES D'ANKATAKABE ET AMBALAHONKO (CHAILLOT ELEA, 2023)

Cette phase de terrain a donc montré la solidité des « fiches de diagnostic » et des fiches de terrain réalisées, mais elle a également mis en avant de nouveaux manquements. En effet, une fiche de site s'est avérée nécessaire pour notamment réaliser des schémas des sites étudiés et ainsi avoir une vision globale des sous zones présentes sur les sites. De plus, cette première phase de terrain a révélé l'absolue nécessité d'interroger les anciens des villages pour connaître l'histoire de chacune des zones. Cette fiche de site a donc inclus une partie pour retranscrire la parole des anciens.

PHASE DE BUREAU 2 : AMÉLIORATION DU PROTOCOLE ET RÉFLEXIONS SUR LE PLAN DE REBOISEMENT

A la suite de cette phase de terrain, une semaine de travail de bureau a été nécessaire pour retranscrire les résultats de la première phase de terrain, affiner les fiches et débiter les réflexions concernant les reboisements des zones. Les réflexions concernant les plants de reboisement à effectuer ont fait émerger la question de savoir quel était l'espacement au sein des palétuviers adultes de la même espèce. Connaître ce paramètre permet de savoir comment gérer les coupes sélectives au sein des replantations, replantations qui se font de manière assez dense pour pallier l'éventuelle mortalité juvénile. En effet, la distance retenue dans la bibliographie est de 1.5m entre chacun des pieds (Pôle relais zones humides tropicales, 2018). Seulement, si la majorité des plants poussent (ce qui peut être le cas dans les zones protégées de la force des marées), une compétition trop importante entre les arbres pourrait avoir lieu. Connaître l'espacement entre les arbres adultes a alors pour but de savoir diriger correctement les coupes sélectives pour répondre aux besoins en bois des populations

tout en préservant le milieu nouvellement planté. Un protocole pour mesurer l'espacement entre les arbres a donc été retenu et est visible en annexe 3. Ce protocole a été mis en œuvre lors de la seconde phase de terrain.

Cette phase de bureau a également été l'occasion de réaliser des fiches espèces pour chacune des espèces de palétuviers présentes dans la mangrove au Nord-Ouest de Madagascar. Ces fiches, simples et imagées, sont accompagnées d'un lexique pour faciliter la compréhension par tous. Elles ont également pour but d'appuyer le principe de zonation des espèces de palétuviers, principe qui est primordial à prendre en compte dans les processus de restaurations. En effet, chacune des espèces possède des exigences propres, notamment en ce qui concerne la salinité du substrat et les apports en eau journaliers.

PHASE DE TERRAIN 2 : DIAGNOSTIC DE ZONES DÉBOISÉES ET PROTOCOLE D'ESPACEMENT

LOCALISATION DES ZONES D'ÉTUDES

Une seconde phase de terrain a eu lieu dans la baie de Moramba, où les mangroves de trois villages ont été étudiés : Antanimbaribé, Ampasindava et Ambalatsingy (figure 15). Un quatrième village aurait dû être étudié, celui de Marokobay, mais une réticence de la part des autorités locales à empêcher la bonne réalisation de relevés.

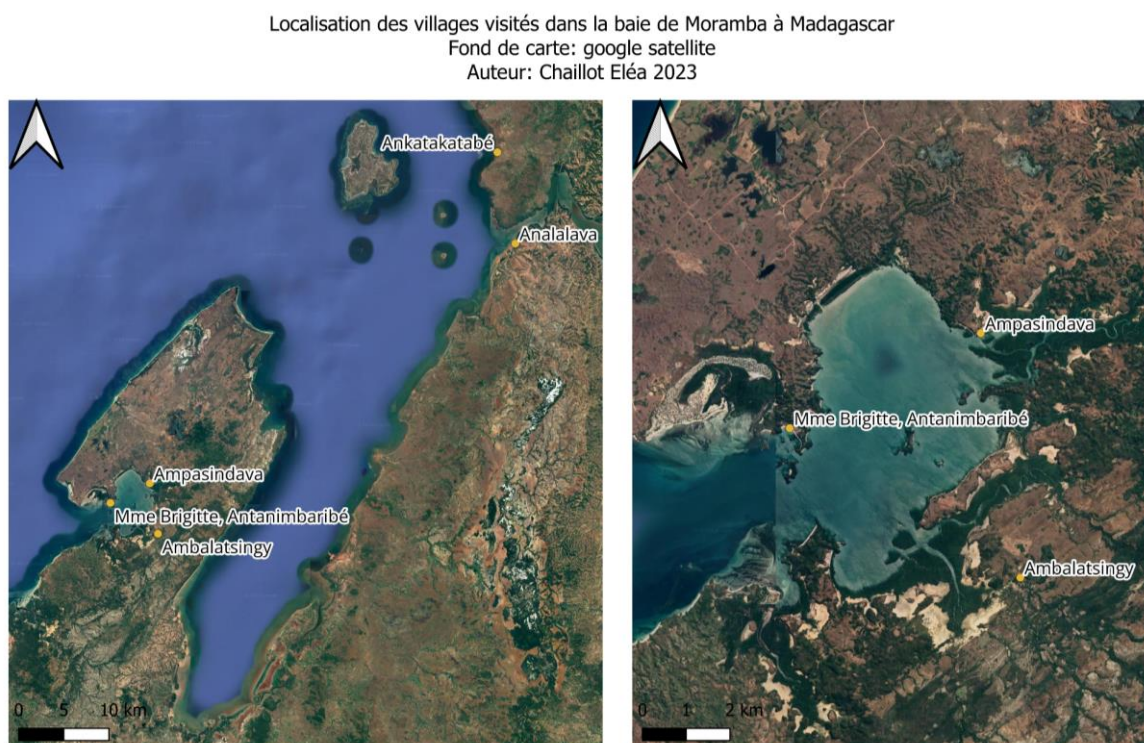


FIGURE 15: LOCALISATION DE LA BAIE DE MORAMBA PAR RAPPORT A ANALALAVA, ET VILLAGES ETUDIÉS (CHAILLOT ELEA, 2023)

MISE EN PLACE DU TRAVAIL DE TERRAIN ET DONNÉES RÉCOLTÉS

L'association n'ayant jamais réalisé de diagnostic dans les mangroves de la baie de Moramba, des entretiens participatifs ont été mis en place pour pouvoir connaître les zones déboisées. En effet, il est presque impossible de référencer l'entièreté des zones coupées sans une aide préalable des locaux. Le binôme de la mission portée par ISF-Tours travaillant sur la caractérisation des unités paysagères travaillaient aussi sur cette période dans la baie de Moramba. Leur travail impliquait des entretiens participatifs, il a alors été possible de s'y greffer pour obtenir les informations nécessaires. Le technicien mangrove de l'association, Salimo Mananjara, a permis de traduire les informations et questions nécessaires à ce diagnostic préliminaire sur papier.

À la suite de ces entretiens, le travail de terrain a pu commencer. Le protocole de diagnostic des zones déboisées a donc pu être mis en place une nouvelle fois afin de continuer la récolte de données. Cela a aussi permis d'avoir un spectre plus large de cas de déforestation, cas utiles pour illustrer les différentes méthodes de reboisement au sein du rapport. Cette phase de terrain a également permis de mettre en place le protocole d'espacement entre les palétuviers adultes créé préalablement.

PHASE DE BUREAU 3 : TRAITEMENT DES DONNÉES ET FINALISATION DES RAPPORTS

TRAITEMENT DES DONNÉES DE TERRAIN

Le traitement des données de cette seconde phase de terrain a également été faite via Qgis pour avoir une trace dans le temps de toutes les mesures relevées sur le terrain (figure 16).



FIGURE 16: CARTE QGIS COMPRENANT LES POINTS GPS ET LEUR NOTATION POUR CHACUN DES CRITERES AU SEIN DE LA BAIE DE MORAMBA (CHAILLLOT ELEA, 2023)

En ce qui concerne le traitement des données issus du protocole d'espacement, deux tests statistiques ont été réalisés : celui de Kruskal-Wallis et le test de Levene sur la médiane.

Le test de Kruskal-Wallis a été réalisé pour savoir d'une part si les distances entre les plants chez les *Avicennia marina* en front de mer et en arrière-mangrove sont significativement différentes, et d'une autre part si ces distances sont significativement différentes entre des *Rhizophora mucronata* dans une mangrove ouverte et fermée. Ce test a été réalisé avec une incertitude de 5%. Pour les deux espèces, le test conclut que la différence est significative, l'espacement au sein d'une même espèce selon leur placement au sein de la mangrove varie donc de manière significative. A cause de la contrainte de temps, ce test a été réalisé que sur deux espèces, mais il serait intéressant à mettre en place sur toutes les espèces vivant dans plusieurs types de mangroves (ouverte, fermée, fluviale) pour savoir si oui ou non des règles générales d'espacement pour une même espèce chez les individus adultes vivant dans différents types de mangroves pourrait exister. Si des règles générales d'espacement ne sont pas trouvées, alors il faudra essayer de savoir si des espacements sont semblables au sein d'une même espèce, et pour une même zone (par exemple, voir si des *Avicennia marina* en front de mer ont toujours des espacements semblables, peu importe les zones). Pour cela, un nombre important de relevés pour chacune des espèces sera à réaliser. Cela permettrait de ne plus réaliser ce protocole des distances à proximité de chacune des zones déboisées, mais de simplement se référer à ces distances calculées qui seraient valables statistiquement et scientifiquement.

Le test de Levene sur la médiane, lui, a permis de savoir si, pour une même espèce, les distances entre chacun des arbres de référence et les arbres de la première couronne associés est significativement variable. Cela donne encore une fois des indications sur l'espacement, mais aussi des indications sur les coupes qui pourraient être faites à l'avenir tout en garantissant une bonne santé au milieu. Ce test a été réalisé avec une incertitude de 5%, et les résultats inscrits dans le tableau ci-dessous (figure 17). Dans ce tableau, H0 non rejeté signifie que le test conclut que les variances sont identiques, avec une incertitude de 5%.

Espèce	Placement dans la mangrove	Coordonnées GPS de la zone de relevé	Distance moyenne entre les arbres (en m)	Résultat test de Levene (médiane)
<i>Avicennia marina</i>	Front de mer, mangrove ouverte	-14.861485; 47.341125	6.3	H0 non rejeté
<i>Avicennia marina</i>	Arrière de mangrove, mangrove ouverte	-14.856603; 47.344702	3.0	H0 non rejeté
<i>Ceriops tagal</i>	Proche du tanne, mangrove fermée	-14.863442; 47.376036	1.6	H0 non rejeté
<i>Rhizophora mucronata</i>	Cœur de mangrove, mangrove ouverte	-14.888809; 47.334774	2.9	H0 non rejeté
<i>Rhizophora mucronata</i>	Cœur de mangrove, mangrove fermée	-14.922473; 47.369892	1.9	H0 non rejeté
<i>Sonneratia alba</i>	Front de mer, mangrove fermée	-14.884189; 47.323501	7.7	H0 non rejeté

FIGURE 17: TABLEAU DE SYNTHÈSE DES RÉSULTATS DU TEST DE LEVENE SUR LA MÉDIANE AVEC UNE INCERTITUDE DE 5% EN CE QUI CONCERNE LE PROTOCOLE D'ESPACEMENT DES ARBRES (BONHOMME PAUL, 2023)

Les résultats de ce test de Levene sur la médiane conclut donc que les variances sont identiques, avec une incertitude de 5%. De ce fait, il est possible de dire que les distances moyennes entre les arbres pour chacune des espèces étudiées est une bonne représentation de l'espacement entre les arbres dans une forêt mature. Il serait pertinent de faire ces relevés de distances dans plusieurs zones du même type (par exemple dans plusieurs zones de *Rhizophora mucronata* au sein de mangroves fermées) pour pouvoir affirmer avec certitude que ce test de Levene sur les médianes ne rejette pas H_0 . En effet, la contrainte de temps n'a pas permis de réaliser ce protocole des distances dans plusieurs zones semblables pour une même espèce.

PROTOCOLE DE REFORESTATION EN FONCTION DE L'ÉTAT DE LA ZONE DÉFORESTÉE

Le protocole de restauration des zones déboisées a pu être mis en place à l'aide de ressources scientifiques et de connaissances du terrain de la part de Salimo Mananjara. Ces solutions viennent en réponse aux fiches de diagnostic des zones déboisées : pour chacun des critères hydrologiques, de sol et de flore étudiés dans ces fiches, une fiche « solution » associée a été mise en place. Ces fiches reprennent les critères de notation des « fiches de diagnostic » en y associant des solutions adaptées. Quand cela est pertinent, ces fiches font référence à des plans de reboisements proposés plus loin dans le rapport. Une fiche exemple est disponible en annexe 4. Comme pour le diagnostic des zones déboisées, le document de mise en place de plans de reboisement doit être pertinent scientifiquement et vulgarisé. Des exemples de reboisement adaptés ont donc été réalisés, est-ce en se basant sur les zones diagnostiquées lors des deux phases de terrain, mais aussi en faisant référence aux fiches solutions citées précédemment. Ces cas d'études renseignent sur le type de reboisement à réaliser, avec quelles espèces, mais aussi sur le nombre de plants à prévoir pour le reboisement de la zone (annexe 5). Dans certains cas de reboisements, des pépinières sont à prévoir de manière à assurer une meilleure survie aux plants.

Une partie du rapport a donc été mise en place afin d'expliquer la mise en place, le fonctionnement et la gestion d'une pépinière. Une estimation des coûts liés à ces installations a aussi été réalisée, estimation qui sera revue et affinée par Salimo Mananjara lors de la mise en place réelle des premières installations.

SUIVI DU DÉVELOPPEMENT DES ZONES REBOISÉES

Bien que le document réalisé ait pour but de maximiser les chances de survie des jeunes plants de palétuviers plantés, un suivi des zones nouvellement végétalisées est à prévoir pour s'assurer de l'efficacité de la replantation. Dans ce sens, la stagiaire Juliette Bourlet avait réalisé en 2020 un protocole scientifique de suivi des zones reboisées, ainsi que des fiches de quadrats associées. Ces fiches avaient pour but d'être les plus vulgarisées pour pouvoir être utilisées de manière autonome par les populations lors des suivis participatifs. Dans le cadre de ce rapport, ces fiches ont été ajustées

pour que les informations concordent avec celles recherchées dans la phase de diagnostic (annexe 6), et un document imagé en malagasy a été produit avec l'aide de Salimo Mananjara pour vulgariser au maximum la mise en place et la réalisation des suivis.

Présentation des livrables de la mission

Ce stage de trois mois a donc permis de créer plusieurs livrables, documents présentés ci-dessous.

Le premier livable rendu est un diaporama d'explication de la mission de stage aux élus. Ce diaporama eut pour but d'expliquer et d'illustrer les recherches ainsi que les actions mises en place le temps du stage pour avoir l'approbation des élus de la ville, mais aussi pour mettre en avant le travail de l'association. Ce diaporama fut dans un premier temps écrit en français, puis traduit et présenté en malagasy par Salimo Mananjara, le technicien spécialiste des mangroves de l'association Vahatra.

Le second livable mis en place a été plus conséquent : il présente au travers de 176 pages une méthode scientifique et technique de diagnostic des zones de mangroves déboisées, mais aussi de reboisement et de suivi de leur état. Ce document se base sur une bibliographie détaillée, sur les connaissances du terrain du technicien mangrove de l'association ainsi que sur les discussions avec les populations.

En premier lieu, un diagnostic des zones de mangrove déforestées a été indispensable. Une méthode afin de pouvoir mettre en place ce diagnostic est expliquée dans une première partie. Cette méthode se base sur l'étude de plusieurs critères au niveau des zones déboisées. L'étude de ces critères permet de donner un score à la zone, score représentatif de son état général. Afin de mettre en application la méthode décrite précédemment sur le terrain, des fiches relatives à chacun des critères ont été créées.

Dans un second temps, le rapport a eu pour but d'étudier les solutions envisageables pour restaurer les zones d'études diagnostiquées. Cela est passé par la recherche de solutions générales, qui par la suite ont pu être illustrées par les cas d'étude diagnostiqués lors du stage. Les logiciels QGIS et XLSTAT ont notamment été utilisés lors de l'analyse de ces études de cas.

Enfin, la troisième partie du rapport propose un protocole de suivi par les populations qu'il faut effectuer à la suite d'un reboisement. Cette section inclut une fiche de suivi standardisée et vulgarisée de manière à avoir des suivis efficaces et réalisables par tous.

Ce rapport a bien entendu nécessité la mise en place d'annexes, annexes parmi lesquelles figurent les fiches de terrain citées ci-dessus, un ensemble de protocoles afin de pouvoir se servir des fiches, mais aussi des fiches de suivi et des fiches espèces pour chacune des espèces de palétuviers.

Retour et discussion sur la mission

RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR LE CONTEXTE LOCAL

ADAPTATIONS À LA CULTURE ET AUX CONTRAINTES LOCALES

Un stage à l'étranger implique de découvrir la culture du pays, mais aussi de s'y adapter dans la mise en place du travail. Cette adaptation a pu avoir lieu en douceur via le trajet en plusieurs étapes pour rejoindre le lieu de stage. Ce trajet a notamment été l'occasion de découvrir le rythme malagasy, rythme profondément différent de celui en France. Les gens n'ont pas le même rapport au temps que dans les pays européens : pour eux, il n'est pas nécessaire de se presser, il y aura toujours un lendemain pour faire les choses. En effet, partir pour un trajet avec trois heures de retard y est normal, chose inconcevable en France. C'est donc ce rythme qu'il a fallu apprivoiser et accepter en premier lieu, et ce pour l'entièreté du stage. Par exemple, il a été difficile de connaître les horaires d'arrivée du technicien mangrove le matin et après les repas, chose qu'il faut prendre en compte dans l'avancée des rendus.

Un autre point qui fut handicapant est l'accès à internet, et plus généralement à l'électricité. En effet, la connexion internet à Analalava est très limitée, ce qui est amplifié lorsque de nombreuses personnes tentent de réaliser des recherches au même moment. Fort heureusement, l'association possédait de nombreuses ressources téléchargées sur les mangroves, mais des journées entières sans la possibilité de réaliser de recherches internet a posé problème dans l'avancée de certaines tâches. Par exemple, aucun accès n'était possible à des documents partagés en ligne comme Google Drive, ce qui ne permettait pas d'avancer conjointement dans l'écriture des rapports : les fichiers devaient impérativement être transmis par clé USB. De manière plus générale, Madagascar est soumis à des périodes de délestage et donc à de nombreuses coupures d'électricité. Ces périodes ne sont pas à heures fixes et peuvent être plus ou moins longues suivant les semaines. Ce paramètre, couplé à la difficulté d'accès à internet, a pu être problématique pour l'avancée des rapports, mais aussi fatiguant mentalement en raison de la frustration engendrée par cette difficulté d'avancement.

RETOUR SUR LES PHASES DE TERRAIN

Les phases de terrain sont des moments extrêmement enrichissants, que ce soit sur le plan humain ou personnel. Ce sont des moments de rencontres et d'échange, mais aussi des périodes exigeantes sur le plan physique et mental.

La vie en brousse est tout d'abord exigeante sur le plan mental. C'est l'accès à l'eau et à la nourriture qui est beaucoup moins aisé, avec parfois l'obligation de manger du riz le matin, le midi et le soir, souvent avec des accompagnements très semblables. Cette restriction sur la variété des aliments peut être très inconfortable, ce qui peut venir jouer sur la qualité du travail réalisé. L'accès à l'eau est également compliqué, car les campements mis en place n'étaient pas forcément à proximité directe des puits. Cela ajoute une contrainte et oblige à restreindre son utilisation d'eau douce.

D'un point de vue physique, c'est le milieu de vie qui est très exigeant. En effet, la vie en brousse se fait en tente, et bien que les nuits soient longues, elles ne sont pas réellement reposantes. De plus, le milieu d'étude qu'est la mangrove est également très exigeant physiquement. La boue y est omniprésente et les chaussures s'y enfoncent, les huîtres coupantes sont nombreuses, les ruisseaux de marées peuvent induire des détours de plusieurs kilomètres et certaines espèces de palétuviers tel que *Rhizophora mucronata* impliquent de monter sur leurs racines pour se déplacer. Tout cela, couplé à la contrainte de temps due aux marées, peut vite être fatigant et donc pousser à accélérer le diagnostic des zones d'études pour sortir le plus rapidement possible des milieux difficiles. Ces exigences physiques, couplées aux exigences mentales, peuvent alors réellement jouer sur la qualité du travail fourni.

Fort heureusement, la connaissance du terrain de Salimo Mananjara a permis de minimiser au maximum ces difficultés au quotidien. Il a pu mettre en place des déplacements en pirogue dans les zones de mangroves trop difficiles d'accès, traduire questions et conversations aux populations, mais il a également su rester encourageant et bienveillant dans les moments les plus difficiles. Pour cela, merci encore Salimo !

Même si le travail de terrain est exigeant, c'est aussi un travail permettant un réel enrichissement culturel, de connaissances et paysager. En effet, une grande diversité de paysages sont présents à Madagascar, tels que les mangroves et les lagons par exemple. Pour beaucoup d'entre eux, ces paysages n'existent pas sur le territoire français métropolitain, leur découverte a été l'occasion d'avoir un réel enrichissement personnel. Le travail en mangrove est une expérience unique, voire un privilège au vu des menaces qui pèsent dessus. Malheureusement, la barrière de la langue aura été fortement présente et notamment lors de ces phases de brousse. Bien que le français soit une langue officielle du pays, celle-ci est très peu utilisée en comparaison au malagasy, langue difficile à apprendre. De plus, la densité du travail à réaliser en brousse couplé à la fatigue accumulée ne permettait pas de garder suffisamment de temps et d'énergie pour échanger longuement avec les locaux.

FORCES ET FAIBLESSES DU RAPPORT

Le rapport fourni à l'issue de ce stage est dense, long et synthétise de nombreux concepts (restauration, diagnostic, et suivi des mangroves). De ce fait, il ne va pas forcément en profondeur sur certains concepts. Cela est à la fois une force et une faiblesse, une force car il est réellement utilisable sur le terrain, une faiblesse car il pourrait manquer de précisions sur certains points. Les sections ci-dessous s'intéressent à ces forces et faiblesses.

PROTOCOLE DE DIAGNOSTIC DES ZONES DÉBOISÉES

Le protocole de diagnostic des zones déboisées a été le premier rendu débuté. Ce dernier a été mis en place rapidement pour être opérationnel sur le terrain lors de la première phase de brousse qui a eu lieu du 29/05 au 06/06. Comme expliqué, ce rapport a été construit en se basant sur les ressources scientifiques accumulées, mais aussi sur les recherches et documents produits par les précédents stagiaires. Cette grande diversité de documents à traiter a été à la fois bénéfique et

problématique : bénéfique car ces documents ont permis d'avancer plus rapidement sur certains points, mais problématique car il est compliqué de trier efficacement les informations à garder ou non. De plus, les précédents stagiaires ont fourni leurs rapports et recherches associées avant la fin de leur stage, mais sans réellement veiller à classer et nommer correctement chacun des documents. Cela peut paraître anodin mais ce ne l'est pas ; classer est nécessaire à une transmission du savoir sans aucune perte.

La difficulté d'accès à une connexion internet stable a joué sur la qualité d'une partie du rapport, à savoir la chimie du sol au sein des écosystèmes de mangroves. La banque de données de l'association ne comprenait pas de documents sur le sujet, ce qui a joué sur le réel oubli de ce paramètre. Il n'a donc pas pu être traité en profondeur et a donc été relégué dans la partie « à l'avenir » du rapport. De rapides recherches sur ce paramètre semblent faire apparaître un lien entre la salinité du sol et les nutriments présents (phosphore, azote, etc), et peut être par extension, avec la croissance des palétuviers. Ce point sera donc à développer à l'avenir de manière à avoir un protocole de diagnostic des zones de mangroves déboisées le plus complet précis.

PROTOCOLE DE REFORESTATION

La seconde grande phase du stage a eu pour but de construire un plan de reforestation adapté pour chacune des zones de mangroves déboisées existantes. Cette partie du rapport tend à être la plus solide possible, que ce soit en termes de pertinence scientifique ou en termes de clarté dans la mise en place sur le terrain des différentes méthodes proposées. Cette solidité est notamment passée par une vision globale des solutions proposées. En effet, le pourcentage de recouvrement a été traité pour savoir à partir de quel pourcentage il est nécessaire de mettre en place des actions de reboisement, en accord avec la littérature. Un protocole d'espacement entre les palétuviers adultes (voir annexe 3) a aussi été mis en place pour connaître l'espacement à atteindre entre chaque arbre adultes, pour toutes les espèces et suivant le type de milieu (mangrove ouverte, fermée, etc). Ce point a pour but de prévoir la gestion de ces zones reboisées, avec par exemple des coupes sélectives pour répondre aux besoins des populations et pour aérer le milieu sans lui porter préjudice. Enfin, des cas d'études sur les zones déboisées étudiés ont permis de proposer des exemples concrets dans les reboisements à mettre en place. Ces cas d'études prennent en compte les critères relevés lors des diagnostics des zones, comme par exemple le choix des espèces de palétuviers à replanter ou le type de substrat. Ce protocole a été long à mettre en place, mais il présente une réelle pertinence scientifique et une vraie possibilité d'utilisation par rapport aux situations relevées sur le terrain.

Malheureusement, des faiblesses dans ce protocole restent présentes. Certaines fiches de restauration se basent sur la littérature scientifique, mais n'ont pas pu être confrontées aux réalités du terrain, tel que le coût ou l'efficacité des barrages par exemple. Cela pourra se faire dans les mois et/ou années qui suivent, et le protocole sera alors à réadapter en conséquence.

Une autre faiblesse notable est le fait que les mangroves fluviales n'aient pas été étudiées lors des phases de terrain. Pour ce point-là, c'est encore une fois la littérature scientifique qui a été consultée, mais sans la confronter aux réalités du terrain. Il serait alors intéressant de réaliser des diagnostics de zones en mangrove fluviale pour être certain que les fiches de diagnostic de zones et les protocoles de reboisement soient également adaptés à ce type de zone.

PROTOCOLE DE SUIVI DES ZONES DÉBOISÉES

Pour finir, la dernière partie du rapport a consisté à mettre en place un protocole de suivi des zones déboisées. Ce point, qui avait été développé par une précédente stagiaire, se basait sur la littérature scientifique tout en ayant été confronté aux réalités du terrain : il est donc complet et réellement utilisable.

Bibliographie

- Bostvironnois, A. (2017). Les interactions homme/mangrove dans le cadre de la mise en place d'une Aire Marine Protégée à Gestion Communautaire (AMPGC), Madagascar.
- Communautés européennes. (1992). Mangroves d'Afrique et de Madagascar. 273.
- CREAM. (2013). Monographie Région Sofia.
https://www.pseau.org/outils/ouvrages/mg_mef_monographie-region-sofia_2014.pdf
- Duke, N., Ball, M., & Ellison, J. (1998). Factors Influencing Biodiversity and Distributional Gradients in Mangroves. *Global Ecology and Biogeography*, 7, 27-47. <https://doi.org/10.2307/2997695>
- Ellison, J., Jungblut, V., Anderson, P., & Slaven, C. (2012). Manual for Mangrove Monitoring in the Pacific Islands Region.
https://www.sprep.org/attachments/Publications/Manual_Mangrove_Monitoring_PICs.pdf
- Giri, C., Ochieng, E., Tieszen, L. L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T., Masek, J., & Duke, N. (2011). Status and distribution of mangrove forests of the world using earth observation satellite data. *Global Ecology and Biogeography*, 20(1), 154-159. <https://doi.org/10.1111/j.1466-8238.2010.00584.x>
- Hoekstra, J. M., & Molnar, J. L. (Éds.). (2010). The atlas of global conservation : Changes, challenges and opportunities to make a difference. University of California Press.
- Kelleher, G., & Phillips, A. (1999). Guidelines for Marine Protected Areas.
<https://portals.iucn.org/library/sites/library/files/documents/PAG-003.pdf>
- Le Monde. (2023). Vitale et fragile, la mangrove de Madagascar est en danger.
https://www.lemonde.fr/planete/article/2018/06/26/la-mangrove-de-madagascar-vitale-et-fragile_5321344_3244.html
- Lewis, R. R., & Brown, B. (2014). Ecological Mangrove Rehabilitation (EMR) Manual. Blue Forests.
<https://blue-forests.org/en/knowledge/resources-publications/ecological-mangrove-rehabilitation-emr/>
- Ministère de l'Environnement et du Développement Durable, & Ministère de l'Agriculture, de l'Élevage et de la Pêche. (2019). Etat des lieux des Mangroves de Madagascar.
https://www.doc-developpement-durable.org/file/Culture/Arbres-Bois-de-Rapport-Reforestation/mangrove/etat_des_lieux_des_mangroves_madagascar_2020-01-29.pdf
- Pôle relais zones humides tropicales. (2018). Guide technique : La restauration de Mangroves, synthèse des éléments clés à considérer pour tout chantier de restauration (p. 32).
<https://www.cen.nc/documents/22209/88971/Guide+technique+de+restauration+de+mangrove/bdb5e93f-e8f3-48a6-9bfc-5f690b93ebfe>
- Slobodian, L., & Badoz, L. (2020). Racines enchevêtrées et marées changeantes Gouvernance des mangroves pour la conservation et l'utilisation durable (1. Auflage). Umweltstiftung WWF - Deutschland. <https://www.mangrovealliance.org/wp-content/uploads/2020/07/Tangled-Roots-and-Changing-Tides-FR.pdf>
- Spalding, M., Kainuma, M., & Collins, L. (2010). World Atlas of Mangroves. https://data.unep-wcmc.org/pdfs/5/WCMC_011_World_Atlas_of_Mangroves.pdf?1617121931
- UICN France. (2017). La liste rouge des écosystèmes en France- Chapitre Mangrove de Mayotte.
<https://uicn.fr/wp-content/uploads/2017/04/uicn-lre-mayotte-webbd.pdf>

Walcker, R. (2015). Dynamique spatiale des mangroves de Guyane entre 1950 et 2014 : Forçage atmosphérique et conséquence pour le stock de carbone côtier [These de doctorat, Toulouse 3]. <https://www.theses.fr/2015TOU30318>

Annexes

ANNEXE 1 : EXEMPLE D'UNE FICHE DE DIAGNOSTIC POUR UN CRITÈRE HYDROLOGIQUE (CHAILLLOT ELEA, BONHOMME PAUL, 2023).

5

Fiche de diagnostic – l'Hydrologie

FORCE DU COURANT, DE LA HOULE ET DU VENT

- Comment l'observer sur le terrain ?

Est-ce que le site se situe face à la mer ? Le long d'une rivière ? Est-ce qu'une île, une barrière, un platier corallien ou encore une barrière de palétuvier est présente en face de la zone homogène et diminue la force des vagues ?

Y a-t-il de la houle dans la zone ? Est-elle forte ?

Est-ce que le courant aux abords de la zone est fort ? On peut considérer le courant fort si le développement de la mangrove au niveau des *Sonneratia alba* (Farafaka) ou des *Avicenia marina* (Afiaty) se fait en suivant la force du courant (voir image ci-dessous).



Sonneratia alba poussant de côté à cause de la force de la houle et / ou du vent.

- Les différents résultats possibles :

1. Haute énergie de houle et basse énergie de courant : les fronts de mer reculent et s'ensablent, recul de la mangrove qui se trouve en front de mer.
2. Présence de petites vagues, notamment lors de la montée de l'eau. Courant et houle modéré, la mangrove reste stable.
3. Haute énergie de courant et basse énergie de houle : les mangroves de front de mer progressent sur la mer.

*Voir avec le guide

ANNEXE 2 : DERNIÈRE VERSION D'UNE FICHE DIAGNOSTIC DE QUADRAT (BONHOMME PAUL, CHAILLOT ELEA, 2023) .

Fiche de diagnostic d'un quadrat - Mangroves

Date : _____ Nom de l'observateur : _____
 Heure de début : _____ Heure de fin : _____
 Numéro de site : _____ Numéro de zone homogène : _____
 Numéro de transect : _____ Numéro du quadrat : _____
 Coordonnées du point – Latitude : _____ - Longitude : _____

Nature du sol : Sableux ☐ Sablo-vaseux ☐ Vaseux ☐

Présence de faune au sol :

Nombre de petits trous de crabes sur 1m² :

	Nombre d'individus sur 1m ²				Remarque
	Observateur 1	Observateur 2	Observateur 3	Observateur 4	
<i>Neosarmatium meinerti</i>					
<i>Uca urvillei</i> (Kalafoba Tsinjakatambalaka)					
<i>Goniopsis pelii</i> (Kalafoba gonjo)					

Critères des fiches de diagnostic :

FLORE	Valeur	SOL	Valeur	FAUNE	Valeur
Etat de la végétation		Type		Macroinvertébrés benthiques	
Etat de la zone		Contenu		Présence d'autres animaux marins	

Les caractéristiques des arbres :

Numéro de relevé	Espèce	Etat de l'arbre étudié	Circonférence du tronc (en cm)	Diamètre du tronc (en m)	Diamètre de la canopée (en m)	Hauteur de l'arbre (en m)	Nombre
1		JUV	-5cm				
2		JUV	-5cm				
3		JUV	-5cm				
4		JUV	-5cm				
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							

Fiche de diagnostic d'un quadrat - Mangroves

19						
20						

Pemphis acidula - Longueur du bosquet (en m) :

Largeur du bosquet (en m) :

Hauteur des plus grandes branches (en m) :

Notes supplémentaires (remarques, observations, etc) :

Légende de la fiche de diagnostic de quadrats - Mangroves

Espèce	Abréviation	Nom malgache	Stade de croissance suivant le diamètre du tronc (en cm)		
			Juvenile	Jeune pousse	Adulte
<i>Xylocarpus granatum</i>	XG	Antalaotro	<5]	]5;30]	>30[
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	BG	Tsitolonina			
<i>Ceriops tagal</i>	CT	Honko vavy			
<i>Heritiera littoralis</i>	HL	Moromony		]5;35]	>35[
<i>Rhizophora mucronata</i>	RM	Honko lay			
<i>Sonneratia alba</i>	SA	Farafaka			
<i>Avicennia marina</i>	AM	Afiafy		]5;45]	>45[
<i>Pemphis acidula</i>	PA	Lovingo lay	Pas de données	Pas de données	Pas de données
			Stade de croissance suivant la hauteur du palétuvier (en cm)		
<i>Lumnitzera racemosa</i>	LR	Lovingo vavy	<20]	]20;200]	>200[

Remarque 1 : le stade de croissance de *Pemphis acidula* selon le diamètre du tronc (en cm) ou suivant la hauteur (en cm) ne sera pas déterminé car cette espèce pousse sous forme de bosquets. Il n'est alors pas possible de déterminer ces paramètres pour chacun des individus, la présence de l'espèce est alors uniquement relevée sur la fiche de terrain.

Remarque 2 : les valeurs du tableau de légende de la fiche de suivi vaut pour les espèces de palétuviers en mangrove ouverte et fermée.

Légende de l'état des arbres

Stade de vie	Abréviation
Juvenile	JUV
Jeune pousse	JP
Adulte	A
Coupe	C
Mort naturelle	MN

ANNEXE 3 : PROTOCOLE D'ESPACEMENT ENTRE LES PALÉTUVIERS (BONHOMME PAUL, CHAILLOT ELEA, 2023) .

Matériel :

- Mètre ruban de 20m,
- Pointeur GPS,
- Feuille papier ou tableur Excel.

Protocole :

- Se rendre sur le terrain dans une zone homogène sur au moins 50m et présentant des plants adultes de l'espèce étudiée. Se placer à l'extrémité de cette zone.
- Choisir un arbre adulte et le géoréférencer. Il sera considéré comme le premier arbre de référence.
- Avec le mètre ruban, mesurer la distance entre l'arbre de référence et les arbres adultes de la même espèce les plus proches, de manière à avoir cette distance pour chacun des arbres de la première couronne d'arbres autour de cet arbre de référence. Reporter chacune des mesures sur une feuille ou dans un tableur Excel.
- Ensuite, parmi les arbres dont les longueurs ont été mesurées, repérer celui le plus loin dans le sens d'avancé au sein de la zone. Se rendre au pied de cet arbre.
- Une fois au pied de cet arbre, repérer le prochain arbre adulte le plus proche dans le sens d'avancée au sein de la zone. Cet arbre sera le nouvel arbre de référence.
- Pour ce nouvel arbre de référence, réaliser le même protocole.
- Réaliser cela de manière à avoir au moins 8 arbres de référence (10 arbres de référence est l'idéal).

Remarque 1 : Pour savoir si les palétuviers sont « adultes », se référer à la légende de la fiche d'étude de quadrat disponible en annexe 7 du rapport fourni en complément de ce rapport de stage.

Remarque 2 : Ce protocole est expliqué de manière imagée en annexe 13 du rapport fourni en complément de ce rapport de stage.

ANNEXE 4 : EXEMPLE DE FICHE DE RESTAURATION PROPOSÉE DANS LE RAPPORT (CHAILLOT ELEA, BONHOMME PAUL, 2023) .

5

FORCE DU COURANT, DE LA HOULE ET DU VENT

- On obtient 1 ou 2 lors de la notation :
 1. Haute énergie de houle et basse énergie de courant : les fronts de mer reculent et s'ensablent, recul de la mangrove qui se trouve en front de mer.
 2. Présence de petites vagues, notamment lors de la montée de l'eau. Courant et houle modéré, la mangrove reste stable.
- Les solutions possibles :

Ce point est lié avec la fiche numéro 1 sur l'érosion. De ce fait, les solutions apportées dans cette précédente fiche au niveau des zones en front de mer sont sensiblement les mêmes pour ce critère.

- Si la force du courant et de la houle est modérée (score de 2), la lutte se fait en plantant les espèces adaptées à ces milieux difficiles, à savoir les *Avicennia marina* et les *Sonneratia alba*. En effet, ces palétuviers fixent le sédiment avec leurs nombreuses racines rayonnantes. Ces deux espèces devront être mises en pépinière au début de leur vie pour maximiser leur chance de développement une fois dans le milieu (voir la partie II.C. pour l'espacement entre les plants). Pour les premières lignes, les plants pourraient être plantés plus serrés que sur les suivantes pour prévoir une mortalité plus forte face aux vagues.
- Si la force du courant et de la houle est forte (score de 3), alors des digues et/ou des brises lames sont à envisager. Cela permettra également de stabiliser d'éventuels bancs de sable mobiles. Ces structures sont fabriquées avec des matériaux disponibles localement (pierre, bois, etc) et placés devant la plantation. Cela protégera les jeunes plants mis en terre après un début de croissance en pépinière. De plus, ces installations permettront une élévation du sédiment, et donc une diminution de l'érosion (Winterwerp et al., 2020). Pour les premières lignes, les plants peuvent être plantés plus serrés que sur les suivantes pour prévoir une mortalité plus forte face aux vagues.

Remarque 1 : la mise en place de digues est coûteuse. Pour être certain que leur mise en place est nécessaire, ne pas hésiter à interroger le technicien terrain ou encore les populations sur la pertinence de cette installation, leurs expériences passées sont autant d'outils d'aide à la décision.

*Remarque 2 : les conditions du milieu (force de la houle, etc) peuvent amener à un mouvement de bancs de sable. Si cela arrive, il ne faut pas replanter sur ce banc de sable mais essayer de diminuer la force des vagues avec les digues et planter des *Avicennia marina* et/ou des *Sonneratia alba* aux abords du banc de sable pour tenter de le stabiliser. Bien entendu, le banc de sable pourrait être de nouveau mobile et endommager les plantations, mais dans l'hypothèse où il ne se déplacerait pas, il faut replanter pour préserver les éventuelles mangroves présentes plus en arrière vers les terres.*

Exemple : Cas d'étude Ambalahonko, cas 1.

Exemple : Cas d'étude Ankatakatabé cas 1 et cas 2.

ANNEXE 5 : EXEMPLE DE CAS D'ÉTUDE DE REBOISEMENT DE ZONE DE MANGROVE DÉFORESTÉE (CHAILLOT ELEA, BONHOMME PAUL, 2023) .

ANKATAKATABÉ



1. CAS 1

Cette zone déboisée se trouve en front de mer, avec un substrat sablo-vaseux. C'est une coupe sélective abusive, il y a donc présence de certains arbres dans la zone. Cette coupe est, selon la parole des anciens, très ancienne (ce sont les grands parents des anciens interrogés qui avaient déboisé).

Figure 35: Image satellite de la zone déboisée avec les quadrats associés (Image satellite : google satellite, 2023)

Le plan proposé est le suivant :

Dans un premier temps, en front de mer, un mélange de *Sonneratia alba* et d'*Avicennia marina* sera planté, dans le but par la suite de ne garder que les *Sonneratia*.

Derrière cette ligne de SA+am, seul des *Avicennia marina* seront plantés, afin de garder la continuité écologique naturelle d'une forêt de mangrove.

Afin que ces plants tiennent face à la pression de vagues, ces plants seront tout d'abord développés dans une pépinière. (Cf. fiche solution 5)

Un an après la plantation de *Sonneratia alba* et d'*Avicennia marina*, lorsque les plants seront bien fixés et auront un rôle de protection face à la mer, la plantation de propagules de *Rhizophora mucronata* pourra se faire si de la boue s'est créée.

Plan de reboisement de mangrove pour Ankatakatabé



Figure 36: Plan de reboisement de mangrove pour Ankatakatabé réalisé sur QGIS 3.30.2 (CHAILLOT Eléa, 2023)

En raison de l'emplacement de la zone de reboisement (face à la mer, sans protection face aux vagues), la mortalité des jeunes plants pourrait être élevée. Pour cette raison, les plants de *Sonneratia alba* seront espacés de 4 mètres, et entre ces plants, un plant d'*Avicennia marina* sera planté. Pour la ligne suivante, on suit cette répartition mais de manière à mettre en quinconce les espèces.

De plus, il a été pris en compte l'angle que doivent suivre ces plantation afin de protéger au mieux de la force des vagues et du vent. En effet, comme présenté sur la figure 29, il vaut mieux placer les plants avec un certain angle par rapport à la mer afin de permettre une meilleure protection des plants en arrière. Les deux espèces sont représentées à 50% chacune car il y a une alternance d'une espèce sur deux.

Par Qgis, il est possible d'obtenir les surfaces des espaces que l'on souhaite reboiser (Cf. annexe 14) :

	id	ESPECES	ANNEE REFO	surface
1	1	RM	2024	12711,315
2	3	AM fm	2023	13885,910
3	2	SA + am	2023	14267,004

Figure 37: Table attributaire des zones à reboiser (CHAILLOT Eléa, 2023)

En rentrant ces surfaces dans le tableur Excel (Cf. figure 34), on obtient les résultats suivants, en prenant en compte les 20% de perte au sein de la pépinière :

- 1738 plants de *Sonneratia alba*,
- 7237 plants d'*Avicennia marina*,
- 14364 propagules de *Rhizophora mucronata*.

Enfin, il faut prendre en compte le fait qu'il faille construire une pépinière afin de permettre le bon développement d'*Avicennia marina* et de *Sonneratia alba*. En se basant sur le chiffre de 100 plants par mètre carré, il faudra donc une pépinière d'environ 90m².

ANNEXE 6 : FICHE DE SUIVI DES ZONES DE MANGROVES REBOISÉES EN FRANÇAIS (BOURLET JULIETTE, MANANJARA SALIMO, BONHOMME PAUL, CHAILLOT ELEA, 2023) .

Fiche de suivi des reboisements - Mangroves

Date :

Noms des participants :

Heure de début :

Heure de fin :

Nom du village :

Numéro de zone :

Numéro de transect :

Numéro du quadrat :

Nature du sol :



Sableux

☐


Sablo-vaseux

☐


Vaseux

☐

Présence d'oiseaux (entendus ou vus) :

Oui ☐

Non ☐

Nombre de trous de crabes sur 1m² :

	Nombre d'individus sur 1m ²				Remarque
	Observateur 1	Observateur 2	Observateur 3	Observateur 4	
 <i>Neosarmatium meinerti</i>					
 <i>Uca urvillei</i> (Kalafoba Tsinjakatambalaka)					
 <i>Goniopsis pelii</i> (Kalafoba gonjo)					

 <i>Periophthalmus sp</i> (gobies) ☐	 <i>Terebralia palustris</i> (bulots) ☐	 <i>Pagurus bernhardus</i> (Bernard l'Hermite) ☐	 <i>Saccostrea cuculla</i> (huîtres de mangroves) ☐	 <i>Scylla serrata</i> (crabe de mangrove) ☐
--	---	--	--	--

Fiche de suivi des reboisements - Mangroves

Les caractéristiques des arbres :

Numéro de relevé	Espèce	Etat de l'arbre étudié	Circonférence du tronc (en cm)	Diamètre du tronc (en m)	Diamètre de la canopée (en m)	Hauteur de l'arbre (en m)	Nombre
1		JUV	-5cm				
2		JUV	-5cm				
3		JUV	-5cm				
4		JUV	-5cm				
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							

Notes supplémentaires (remarques, observations, etc) :

Fiche de suivi des reboisements - Mangroves

Légende des caractéristiques des arbres :

Légende de la fiche de suivi des reboisements - Mangroves					
Espèce	Abréviation	Nom malgache	Stade de croissance suivant le diamètre du tronc (en cm)		
			Juvénile	Jeune pousse	Adulte
<i>Xylocarpus granatum</i>	XG	Antalaotro	<5]	]5;30]	>30[
<i>Bruguiera gymnorrhiza</i>	BG	Tsitolonina			
<i>Ceriops tagal</i>	CT	Honko vavy			
<i>Heritiera littoralis</i>	HL	Moromony		]5;35]	>35[
<i>Rhizophora mucronata</i>	RM	Honko lay			
<i>Sonneratia alba</i>	SA	Farafaka		]5;45]	>45[
<i>Avicennia marina</i>	AM	Afiaty			
<i>Pemphis acidula</i>	PA	Lovingo lay	Pas de données	Pas de données	Pas de données
			Stade de croissance suivant la hauteur du palétuvier (en cm)		
<i>Lumnitzera racemosa</i>	LR	Lovingo vavy	<20]	]20;200]	>200[

Remarque 1 : le stade de croissance de *Pemphis acidula* selon le diamètre du tronc (en cm) ou suivant la hauteur (en cm) ne sera pas déterminé car cette espèce pousse sous forme de bosquets. Il n'est alors pas possible de déterminer ces paramètres pour chacun des individus, la présence de l'espèce est alors uniquement relevée sur la fiche de terrain.

Remarque 2 : les valeurs du tableau de légende de la fiche de suivi valent pour les espèces de palétuviers en mangrove ouverte et fermée.

Légende de l'état des arbres

Stade de vie	Abréviation
Juvénile	JUV
Jeune pousse	JP
Adulte	A
Coupe	C
Mort naturelle	MN



POLYTECH
TOURS

35 ALLÉE FERDINAND DE LESSEPS
37200 TOURS

Amélioration de l'étude de site de restauration des mangroves à Analalava, Madagascar

BONHOMME Paul

2022-2023

Résumé : Ces trois mois de stage à Madagascar ont permis de créer un document de diagnostic, de restauration et de suivi des zones de mangroves déboisées. Ce rapport valable scientifiquement et sur le terrain s'est appuyé sur le Kolb's Learning Cycle, méthode utilisée par l'association Opti'pousse Haie qui permet d'améliorer continuellement les protocoles mis en place suivant les avancées scientifiques et les contraintes rencontrées sur le terrain. Les livrables ont donc été créés en se basant sur la littérature scientifique actuelle, et en testant et améliorant les protocoles mis en place via deux phases de terrain sur un total de trois semaines.

Bien que le livrable soit pertinent d'un point de vue technique et scientifique, la faible récurrence du nombre de mesures réalisées - notamment en ce qui concerne le protocole des distances entre les palétuviers - est à prendre en compte dans sa lecture. La multiplication de ces relevés et traitements serait plus que plébiscité pour consolider le dossier, ce qui permettrait de justifier pleinement la gestion durable des forêts de mangroves plutôt que l'interdiction de coupe exprimée dans la loi malagasy.

Abstract: Those three months of internship in Madagascar led to the creation of an assessment, rehabilitation, and monitoring document for deforested mangrove areas. This document, viable scientifically and also on the field, is based on the Kolb's Learning cycle which is a method used by Opti'pousse Haie and which allows continuous improvement of the protocols depending on the scientific breakthroughs but also on field limitation. The deliverables were based on current scientific literature and on protocols that were tested throughout two field phases in three-week time.

Even though the deliverables are pertinent from a technical and scientific point of view, we must consider the fact that few measurements were able to be made, specifically concerning the mangrove tree distance protocol. With more measurements, and afterward treatment, the deliverables will be solidified and could therefore justify the need of a sustainable management of mangrove forest instead of the prohibition of cutting any mangrove as indicated in the Malagasy law.

Mots Clés : Mangrove, restauration, écologie, Madagascar, écosystèmes, économie, populations, déforestation, palétuviers

Entreprise : Association Vahatra
Fkt fongony-Ambalahonko, 405 Analalava, Madagascar

Tuteur entreprise : BRACKE Anthony
Coordinateur des activités socio-environnementales

Tuteur académique :
ISSELIN Francis