Guide de restauration des écosystèmes de mangrove dans la région océan Indien occidental



Nairobi Convention
WIOMSA
WIOMA
K.M.F.R.I.
COMMISSION DE L'OCÉAN INDIEN
RECOS RÉSILIENCE CÔTIÈRE
FOREST SERVICE DEPARTMENT AGRICULTURE

James G. Kairo
Mwita M. Mangora

Avec les contributions de
Lilian Mwihaki, Robert M. Runya, Abel Kiprono,
Elinasi Monga, Célia Macamo, Henriques Balidy,
Zafyson H. Randrianasolo, Sachooda Ragoonaden
Mohammed Ahmed, Elvina Henriette

Publié par le Programme des Nations unies
Pour l'environnement/Secrétariat de la Convention de Nairobi.

Copyright © Nairobi Convention 2020.
Tous droits réservés
Droits et autorisations :
Cette publication peut être reproduite en tout ou en partie et sous quelque forme que ce soit à des fins éducatives ou non lucratives sans autorisation spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. Cependant la Convention de Nairobi encourage la dissémination et l'utilisation du matériel de ce rapport. La Convention de Nairobi apprécierait de recevoir un exemplaire de toute publication qui utilise cette publication comme source. Cette publication ne peut être ni revendue ni utilisée à quelque fin commerciale que ce soit sans l'autorisation écrite préalable du Programme des Nations Unies pour l'environnement-Convention de Nairobi.

Clause de non-responsabilité :
Cette publication a été produite par le Programme des Nations unies pour l'environnement-Convention de Nairobi et la WIOMSA avec l'aimable assistance de divers gouvernements régionaux, d'organisations non gouvernementales et de la société civile, de même que de particuliers, à travers le projet WIOSAP financé par le Fonds pour l'environnement mondial (GEF) et du projet MASMA financé par SIDA, exécutés respectivement par la Convention et la WIOMSA. Le rapport est protégé par des droits d'auteurs détenus entièrement par la Convention de Nairobi et la WIOMSA.

La traduction française de ce document a été réalisée par Gilbert Ahnee et fait l'objet d'une édition scientifique par Chandani Appadoo, dans le cadre du projet « Résilience des écosystèmes et des populations côtiers du Sud-Ouest de l'océan Indien » (RECOS) de la Commission de l'océan Indien (COI), avec le soutien financier de l'Agence française de développement (AFD) et du Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM).

Compilé et préparé par :
James G. Kairo et Mwita M. Mangora du Réseau mangrove de l'océan Indien occidental (WIOMN) sous les auspices du projet WIOSAP, avec des contributions de Lilian Mwihaki, Robert M. Runya, Abel Kiprono, Elinasi Monga, Célia Macamo, Henriques Balidy, Zafyson H. Randrianasolo, Sachooda Ragoonaden, Mohammed Ahmed et Elvina Henriette, ainsi que le soutien expert et les conseils procurés par Carl C. Trettin du service forestier des Etats-Unis et Jared O. Bosire du PNUE-Convention de Nairobi.

Rédacteur en chef de la série :
Matthew D. Richmond

Conçue par :
Marco Nunes Correia

Coordonnée par :
Jared Bosire, Julius Francis et Timothy Andrew

Figures :
Croquis et dessins avec l'aimable autorisation de Hafidh O. Salim

Citation :
PNUE-Convention de Nairobi/USAID/WIOMSA (2020). Guidelines on Mangrove Ecosystem Restoration for the Western Indian Ocean Region. PNUE, Nairobi, 71 pp. Une copie numérique de ce rapport est disponible sur : www.nairobiconvention.org ; www.wiomn.org ; www. wiomsa.org ; www.commissionoceanindien.org

Guides et boîte à outils pour écosystèmes de l'OIO
ISSN : 2714-1942

Table des matières

1. Écosystèmes de mangrove 1
1.1. Étendue et répartition mondiale des mangroves 4
1.4. Biens et services des mangroves 5
1.5. Menaces contre les mangroves 7
1.5.1. Pressions humaines sur les mangroves 7
1.5.2. Mangroves et changements climatiques 10

2. Concept et principes de restauration de la mangrove 12
2.1. Restauration de la mangrove : quand est-ce nécessaire ? 12
2.2. Typologie de la restauration de mangroves 13
2.2.1. Régénération naturelle 13
2.2.2. Régénération artificielle 14

3. Procédures par étape de restauration de la mangrove 18
3.1. Phase de planification du projet 18
3.2. Phase de mise en œuvre du projet 22
3.3. Phase de suivi et d'évaluation du projet 27

4. Mettre en œuvre un plan de restauration de mangroves 34
4.1. Évaluation de la végétation 34
4.2. Succession secondaire 34

5. Études de cas de restauration de mangroves 42
5.1. Initiatives menées par le gouvernement : le cas de Maurice 42
5.2. Initiatives menées par des ONG : le cas de Madagascar 42
5.3. Initiatives menées par les communautés : le cas du Mozambique 44
5.4. Approche mixte : le cas du Kenya, de la Tanzanie et des Seychelles 45
5.5. Leçons apprises 46

6. Faut-il planter ou non ? 50

7. Références 54

Liste des photos

Photo 1. Production de charbon de bois à partir de mangroves abattues dans l'estuaire du Ruvu, Tanzanie..... 9

Photo 2. Mangroves périurbaines sous la pression combinée du développement immobilier et des salines, à Ununio, Dar es Salaam, Tanzanie..... 9

Photo 3. Dépérissement de la mangrove dû à l'accroissement de la sédimentation causée par le changement du littoral à Gazi Bay, Kenya 10

Photo 4. Soins apportés à des S. alba à Gazi Bay, Kenya..... 13

Photo 5. Exemple d'un effort gaspillé de plantation directe de propagules sur un plateau de sable à Vanga, Kenya. Un cas de mauvaise conformité du site..... 15

Photo 6. L'apiculture traditionnelle dans la forêt de mangrove de la baie de Makoba, Zanzibar, inspire les communautés à restaurer et protéger les mangroves 16

Photo 7. La passerelle en bois des femmes de Gazi, dans la mangrove, au Kenya..... 16

Photo 8. Une pépinière de mangrove communautaire locale avec A. marina et C. tagal à Kilimani, Zanzibar..... 26

Photo 9. Replantation de mangrove (R. mucronata) réalisée 6 ans plus tôt par le projet Honko Reef Doctor, à Madagascar..... 30

Photo 10. Culture de la terre des sols contaminés par le pétrole..... 34

Photo 11. Plantation de mangrove parrainée par une ONG à Ambanja, Madagascar 44

Liste des tableaux

Tableau 1. Couverture de mangrove et assemblage d'espèces dans l'OIO (Source : Bosire et al., 2016) 3

Tableau 2. Valorisation des biens et services des mangroves 6

Tableau 3. Avantages et inconvénients de la restauration naturelle de mangroves 14

Tableau 4. Avantages et désavantages de la restauration artificielle de mangroves 15

Tableau 5. Disponibilité de propagules/plantules pour des mangroves de la région de l'OIO 29

Tableau 6. Méthodes de propagation pour différentes espèces de mangroves 30

Tableau 7. Résumé des raisons courantes d'échec des projets de mangroves et leçons apprises 31

Liste des encadrés

Encadré 1. Réhabilitation des sites de mangrove touchés par la pollution pétrolière.....33

Liste des figures

Figure 1. Carte mondiale des zones de répartition des mangroves et du nombre d'espèces dans chaque région (Hamilton, 2019) 2

Figure 2. Carte de la région de l'océan Indien occidental indiquant les occurences de forêts de mangroves..... 2

Figure 3. Types de forêts de mangrove (redessinés à partir de Lugo et Snedaker 1974)..... 4

Figure 4. Zonation typique des espèces de mangrove dans la région de l'OIO 6

Figure 5. Processus et fonctions écologiques soutenus par l'écosystème de mangrove et ayant une importance sociale et économique..... 8

Figure 6. Un modèle mondial comparant le stockage de carbone des mangroves (moyenne ±95% intervalle de confiance) avec celui d'autres domaines forestiers majeurs (Donato et al., 2011)..... 8

Figure 7. Scénarios de réponses généralisées des mangroves aux changements du niveau relatif de la mer..... 11

Figure 8. Étapes du cycle de restauration adaptive de la mangrove pour assurer le succès dans la région de l'OIO (dessiné par M. M. Mangora)..... 18

Figure 9. Configuration typique d'une pépinière de mangrove montrant les divers compartiments..... 25

Figure 10. Propagules et plantules d'espèces courantes de mangrove dans la région de l'OIO 26

Figure 11. Morphologie de A. marina, semence et plantule 28

Figure 12. Morphologie de R. mucronata propagule et jeune 28

Figure 13. Canaux adaptés à la restauration hydrologique 35

Figure 14. Biométrie d'un jeune arbre de mangrove 36

Figure 15. Crabes et mollusques couramment trouvés dans les mangroves de la région de l'OIO (de Richmond, 2011)..... 40

Figure 16. Quelques-unes des espèces de poissons couramment trouvées dans les forêts de mangrove (de Richmond, 2011)..... 41

Figure 17. Un plan en 10 étapes dépeignant un outil de soutien décisionnel pour la restauration écologique..... 52

Préface

La surexploitation et la dégradation générale des forêts de mangrove est un trait commun à travers les pays de la région de l'océan Indien occidental (OIO). En conséquence, les initiatives de restauration de la mangrove ont de plus en plus été présentées comme des mécanismes de compensation des pertes, promouvant l'usage durable des ressources de la mangrove. Cependant, dans de nombreux pays, davantage d'échecs de restauration de mangroves que de succès sont signalés. Ceci a été attribué à une mauvaise compréhension des conditions locaux de l'écosystème et à une application incorrecte des principes de restauration écologique de la mangrove.

Le présent guide pour la restauration des écosystèmes de mangrove dans la région de l'océan Indien occidental cible les communautés, la société civile, les agences nationales et les praticiens impliqués dans des activités de restauration de la mangrove. Le guide fournit des informations contextuelles sur les forêts de mangrove et leurs attributs, tout autant que les menaces auxquelles elles font face - tant humaines que naturelles. Utilisant des expériences de projets de restauration de mangrove du Kenya, de la Tanzanie, du Mozambique, de Madagascar, de Maurice et des Seychelles, le guide analyse les défis relevés par des projets communautaires de restauration de la mangrove et fournissent de possibles solutions aux problèmes identifiés.

Durant la préparation de ce guide, les auteurs ont recueilli, des informations spécifiques aux pays à travers des consultations d'experts, des ateliers et des visites sur le terrain. Des informations supplémentaires sur la restauration de la mangrove furent recueillies en ligne et à travers des contacts directs avec des projets en cours dans d'autres régions, à des fins de comparaison et d'apprentissage.

Plusieurs projets de restauration de la mangrove ont été mis en œuvre avec des objectifs spécifiques, tels que la production forestière, la protection côtière, la préservation de l'écosystème et le soutien aux pêcheries, entre autres. Des leçons du monde entier ont démontré que la restauration de la mangrove est faisable aussi longtemps que les questions pourquoi, où, quand, comment et par qui sont répondus de manière appropriée. Le guide démontre la vertu qu'il y a à se donner des buts dans les projets de restauration et illustrent comment ils peuvent être atteints.

De nombreuses activités de restauration de la mangrove dans la région de l'OIO sont en cours, impliquant les diverses parties prenantes, incluant les communautés locales, les organisations non gouvernementales (ONG), les secteurs privés et les agences de financement. Cependant, ces initiatives sont confrontées à nombre de défis opérationnels qui ont conduit à de multiples échecs. Le guide analyse exhaustivement les circonstances prévalant, partageant des leçons locales pour les meilleurs arrangements institutionnels ainsi que des mécanismes d'engagement de parties prenantes qui habilitent la mise en œuvre de projets de restauration.

L''interaction entre communautés locales et mangrove n'est pas souvent bien appréciée pendant la formulation des projets de restauration. La surexploitation des ressources de la mangrove et la conversion de ces zones à d'autres utilisation des sols est un problème socioécologique complexe, nécessitant une compréhension approfondie des causes permettant d'identifier les mesures d'intervention possibles. De multiples dimensions de la restauration et la gestion de la mangrove sont abordées dans ce guide.

De nombreuses initiatives de restauration de la mangrove sont mises en œuvre à petite échelle, impliquant une à plusieurs communautés locales et seulement quelques espèces d'arbres de mangrove. La mise en œuvre de projets de restauration de la mangrove à plus grande échelle implique d'avantage d'espèces et, conséquemment, pour être effective, nécessite une approche adaptive (apprendre en faisant).

Les pistes adaptives incluent de faire appel, à l'avenir, à plusieurs scénarios socioéconomiques, de même qu'aux changements physiques (par ex. la croissance démographique, le changement climatique ou l'utilisation des sols).

Le guide décrit une approche étape par étape afin de réussir la restauration écologique de la mangrove. Il est porté par le Réseau mangrove de l'océan Indien occidental (WIOMN) qui sera responsable de toute future révision et dissémination, en consultation avec le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) et en collaboration avec d'autres partenaires de la région.



Kerstin Stendahl
Chef de service,
Service de l'intégration des écosystèmes,
Division des Écosystèmes
Programme des Nations unies pour
l'environnement (PNUE)



Juliann Aukema, Ph.D
Programme d'adaptation et d'atténuation durable des zones humides (SWAMP),
Agence des États-Unis pour le développement international (USAID)

Acronymes et abréviations

AbE	Adaptation basée sur les écosystèmes
AFC	Associations forestières communautaires
DHP	Diamètre à hauteur de poitrine
FAO	Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture
FBV	Forêt bleue de Vanga
GEF	Global Environment Facility (Fonds pour l'environnement mondial)
GIZ	Deutsche Gesellschaft fur Internationale Zusammenarbeit (agence de coopération internationale allemande pour le développement)
ha	hectare
HMM	Hauteur moyenne de la marée
IMS	Institute of Marine Sciences (Institut des sciences marine)
KFS	Kenya Firest Service (Service kényan des forêts)
KMFRI	Kenya Marine and Fisheries Research Institute (Institut de recherche marine et halieutique du Kenya)
MAP	Mangrove Action Project
MCB-FF	Mauritius Commercial Bank - Forward Foundation
MHWS	Marée moyenne de printemps
MICOA	Ministère pour la coordination des affaires environnementales
MITADER	Ministère des Terres, de l'Environnement et du Développement rural du Mozambique
NMM	Niveau moyen de la mer
NRMC	Comité de gestion des ressources naturelles
OC	Organismes communautaires

OIO	Océan Indien occidental
ONG	Organisation non gouvernementale
PN	Poids net
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
PSC	Comité de pilotage du projet
PSE	Paiement pour services écosystémiques
REM	Restauration des écosystèmes de mangrove
SIDA	Swedish International Development Cooperation Agency (Agence suédoise de coopération internationale au développement)
SWAMP	Programme d'adaptation et d'atténuation durable des zones humides
t	tonnes
TNC	The Nature Conservancy
UGP	Unité de gestion des plages
USAID	United States Agency for International Development (Agence des États-Unis pour le développement international)
USFS	Service des forêts des États-Unis
WIOMN	Western Indian Ocean Mangrove Network (Réseau mangrove de l'océan Indien occidental)
WIOMSA	Western Indian Ocean Marine Science Association (Association des sciences de la mer de l'océan Indien occidental)
WIOSAP	Western Indian Ocean Strategic Action Programme (Plan d'action stratégique de l'océan Indien occidental)
WWF	World Wildlife Fund (Fonds mondial pour la nature)

Remerciements

Le réseau WIOMN tient à remercier le PNUE, l'USAID et WIOMSA pour leur soutien financier à travers WIOSAP, le partenariat avec SIDA à travers les projets SWIOFC, SWAMP et MASMA respectivement, qui ont culminé à la production de ce *guide pour la restauration des écosystèmes de mangrove dans la région de l'océan Indien occidental.* Nous sommes particulièrement reconnaissants envers Jared O. Bosire (PNUE) et Carl C. Trettin (USFS) pour leur soutien technique et logistique.

Le réseau WIOMN remercie également l'AFD et le FFEM ainsi que la COI, à travers le projet RECOS, pour la version française du guide.

Les auteurs souhaitent aussi remercier leurs institutions d'accueil – le *Kenya Marine Fisheries and Research Institute* (KMFRI) et l'*Institute of Marine Science* (IMS) de l'Université de Dar es Salaam, pour leur soutien au projet. Nous souhaitons particulièrement remercier l'équipe mangrove du KMFRI – la Dr Judith Okelo, Amina Juma et Elisha Mrabu – d'avoir révisé les premières ébauches du document.

Nous sommes reconnaissants envers les personnes et organisations suivantes qui nous ont fourni divers matériaux et ressources à différentes phases de la rédaction de ce guide : George Maina (TNC-Kenya), Judith Nyunja (WWF Kenya), Dannick Randriamanantena (WWF Madagascar), Chandani Appadoo (Université de Maurice), Aziza Nchimbi (Départements des forêts et des ressources naturelles non renouvelables, Zanzibar), Anusha Rajkaran (University of Western Cape, Afrique du Sud).

L'auteur principal est un boursier PEW (2019) auprès du KMFRI et apprécie grandement le soutien de l'Institut pendant toute la durée d'élaboration de ce guide.

James G. Kairo, Ph.D.
Boursier PEW/Responsable scientifique
Kenya Marine and Fisheries Research Institute
MOMBASA

Mwita M. Mangora, Ph.D.
Maître de conférence
Institute of Marine Sciences,
Université de Dar es Salaam
ZANZIBAR

Crédits photos : Abel Kiprono (Photo 3), Ann Wanjiru (Photo 4), Elvina Henriette (Photo16), GIZ (Photo 12), Henriques Balidy (Photo 13 – aussi la photo de couverture), archives du KMFRI (Photos 5 and 17), Mikoko Pamoja (Photo 15), Mwita M. Mangora (Photos 1, 2, 6, 7, 8 and 14), MCB Forward Foundation (Photo 11), Uzo Egbuche (Photo 10), Z. H. Randrianasolo (Photo 9).

A propos de ce guide : besoin et utilité

Le livre régional du réseau WIOMN, « Mangroves de l'océan Indien occidental : statut et gestion » (Bosire et al., 2016) identifie des traits communs des défis auxquels les mangroves de la région sont confrontées. Le livre a révélé la dégradation étendue et la perte de forêts de mangrove à travers la région ainsi que la nécessité de leur restauration, protection et gestion durable. En conséquence, les initiatives de restauration de la mangrove à travers la régénération naturelle et la plantation à proprement parler commencent à compenser une partie des ressources dégradées et perdues de la mangrove.

Cependant, les expériences et les enseignements de plusieurs projets de restauration dans la région posent des questions sur l'impact désiré et la durabilité des zones restaurées, des échecs continuant à être signalés dans plusieurs pays, principalement attribués à une mauvaise compréhension des conditions de l'écosystème local et à une application pauvre des principes de la restauration écologique. Alors qu'il y a nombreux guides développés pour la restauration des mangroves, basées sur des activités dans d'autres régions autour du monde, principalement de l'Asie du Sud-Est (par ex. Primavera et al 2012, Lewis et Brown 2014), leur application n'a pas amélioré le degré de réussite des projets de restauration dans la région de l'OIO, d'où le besoin d'un guide régional spécifique, pertinent au regard des conditions et économies locales.
Le développement de ce guide a impliqué des consultations à niveau national et régional ainsi que du partage d'expertise coordonné par le WIOMN, ainsi qu'un examen exhaustif de la documentation sur les efforts passés et en cours de restauration de mangrove pour comprendre ce qui marche dans la région et ce qui ne marche pas. Les premières versions du guide furent soumises à des examens d'experts avant la production de la version finale. Ce guide fut testé sur le terrain et utilisé pour concevoir des projets de démonstration au Kenya, soutenus par *The Nature Conservancy* et d'autres agences.De nombreux projets de restauration ont été mis en œuvre dans la région de l'OIO au fil des ans.

Ces tentatives comptent plus d'échecs que de succès (Bosire *et al.,* 2008). Kairo *et al.,* (2001) ont souligné des mauvaises sélections de sites, l'adaptabilité des espèces, des objectif pas clairs motivant les projets de restauration et le manque de programme de suivi comme étant quelques facteurs ayant contribué à l'échec des projets de restauration de mangrove. L'information sur les enseignements et les meilleures pratiques n'a pas été aisément accessible aux projets ayant l'intention de mener des activités de restauration dans la région. La plupart de ces activités ont été entreprises de manière aléatoire ou en employant des techniques insuffisamment considérées pour leur applicabilité spécifique dans la région.

L'objectif de la préparation de ce « guide de restauration des écosystèmes de mangrove dans la région de l'océan Indien occidental » est donc de fournir l'information qui aidera à assurer des projets réussis de restauration de mangrove dans la région de l'OIO. Les buts sont de procurer des procédures par étapes pour restaurer la mangrove dans des régions affectées par des facteurs de stress tant humains que naturels. Les objectifs sont de :

i. Mettre en évidence le statut et les conditions des forêts de mangrove dans le monde, leurs biens et services, les menaces qui pèsent sur elles ainsi que la nécessité de restaurer les mangroves dégradées, pour les générations présentes et futures ;
ii. Servir de documentation des activités précédentes de restauration des mangroves ainsi que des enseignements retenus à travers la région de l'OIO ;
iii. Exposer les meilleures pratiques dérivées de précédentes activités de restauration dans la région, permettant ainsi une évaluation objective et spécifique à chaque site des sentiers de restauration et des réussites accrues ; et,
iv. Aider les utilisateurs de la région à se concentrer sur ce qui est le plus susceptible de leur être utile, les aidant à mieux ajuster la gamme d'outils disponibles à leur situation particulière

Public cible et utilisateurs

Ce guide est destiné à l'ensemble des différents acteurs concernés par la conservation et la gestion des mangroves, dont les gestionnaires de ressources, les praticiens, les scientifiques, les étudiants et les communautés au sens large. Ce guide intègre et fait usage de la documentation et des protocoles/manuels existants, complétés par les expériences pratiques des projets de restauration de mangrove dans la région.

Tableau de conversion

Valeur (grammes)	Unité	Nom
10^3	Kg	Kilogramme
10^6	Mg	Megagramme (tonne)
10^9	Gg	Gigagramme
10^{12}	Tg	Teragramme
10^{15}	Pg	Petagramme
10^{18}	Eg	Exagramme
10^{21}	Zg	Zettagramme

Une Gigatonne = 1000 Tera-grammes
Un Hectare = 10 000 m^2

Glossaire

Biomasse des arbres : la biomasse des végétaux classés comme arbres, comprenant du feuillage, un tronc, des racines et des branches.

Calice : le verticille le plus externe des parties d'une fleur, comprenant les sépales qui couvrent et protègent les pétales pendant leur développement.

Déforestation : le défrichement des forêts, la conversion de terres forestières à des usages non forestiers.

Dégradation de la mangrove : processus biotique et abiotique qui entraîne la perte du potentiel productif.

Équinoxial : marée maximale se produisant à l'équinoxe ou à proximité.

Sauvageons : jeunes pousses naturelles recueillies pendant la replantation.

Gestion durable des forêts : utilisation des ressources forestières ne compromettant pas leur utilisation par les générations présentes et futures.

Hypocotyle : partie allongée d'une propagule de mangrove, se trouvant sous la couleur cotylédonaire.

Jeune arbre : propagule germée, parfois appelée plantule.

Poteau de mangrove : la partie vendable de la tige de mangrove, utilisée dans la construction.

Propagule : l'unité de reproduction chez les mangroves, également appelée graine dans certaines publications.

Radicule : partie de l'embryon de la plante qui se développe en racine primaire.

Reboisement : replanter (une zone de terrain) d'arbres forestiers.

Régénération naturelle : processus au terme duquel les propagules (ou graines de mangroves) sont recrutées naturellement. Cela peut se produire aussi bien dans une forêt non dégradée que dégradée.

Réhabilitation de la mangrove : l'action de récupérer, partiellement ou - plus rarement - complètement, les caractéristiques structurelles ou fonctionnelles d'un écosystème de mangrove.

Restauration de la mangrove : le processus pour ramener un écosystème à son état d'origine, aussi proche que possible de son état initial.

Sylviculture : la gestion d'une zone pour la production de bois et d'autres produits forestiers ou son maintien sous une végétation ligneuse pour des avantages indirects tels que la protection contre les inondations ou les loisirs.

Usages multiples : plus d'une utilisation à la fois d'une ressource. Par exemple, il est possible de pratiquer, dans les zones de mangrove, l'élevage de poissons (sylvo-pisciculture) ou d'abeilles (sylvo-apiculture), sans nécessairement affecter le fonctionnement de l'écosystème de mangrove.

1. Écosystèmes de mangrove

1.1. Étendue et répartition mondiale des mangroves

Les mangroves sont des forêts qui poussent sur les côtes tropicales et subtropicales entre 32° N et 38° S (Saenger, 2003, Figure 1). Les limites latitudinales des mangroves relèvent du schéma des températures, tant celle à la surface de la mer que celle de l'air (Giri *et al.,* 2011). Les précipitations et les écoulements d'eau douce ont une forte influence sur la structure forestière de la mangrove, très largement à travers la réduction de la salinité. Dans des régions à pluviométrie saisonnière basse, irrégulière ou limitée, la structure forestière est réduite bien que les mêmes espèces puissent être présentes.

Deux principaux centres de diversité de la mangrove ont été identifiés : le groupe oriental inclut le bassin Indopacifique occidental - qui s'étend du Pacifique central à la côte continentale de la région de l'océan Indien occidental - et le groupe occidental qui inclut les mangroves de l'Atlantique-Pacifique Est, dont celles d'Afrique de l'Ouest, des Amériques et de la mer des Caraïbes. Ces deux régions ont des compositions floristiques assez différentes, avec la région Est ayant approximativement cinq fois plus d'espèces qu'on en trouve dans la région Ouest (Figure 1). Une seule fougère de mangrove, Acrostichum aureum L., est présente à la fois dans les groupes oriental et occidental. Trois genres (en l'occurrence Acrostichum, Avicennia et Rhizophora) sont présents dans les deux groupes (Duke 1992 ; PNUE, 2014).

1.2. Étendue et répartition des mangroves dans l'OIO

La région de l'OIO s'étend de la latitude 12°N à 34°S et longitude 30°E à 80°E avec un littoral combiné dépassant 15 000 km (Figure 2 ; PNUE 2009), constitué de cinq États continentaux : la Somalie, le Kenya, la Tanzanie, le Mozambique et l'Afrique du Sud ainsi que de cinq États insulaires : Maurice, les Comores, les Seychelles, Madagascar et La Réunion (France). La surface totale de la couverture de mangrove dans la région de l'OIO est estimée à un million d'hectares (Tableau 1 ; Bosire *et al*., 2016) ; représentant environ 5 % de la couverture totale de mangrove. Ces forêts occupent des rivages protégés, des deltas, criques, baies et estuaires. Les mangroves les mieux développées de la région se trouvent dans les deltas des fleuves Rufiji (Tanzanie), Tana (Kenya), Zambèze et Limpopo (Mozambique) et le long de la côte occidentale de Madagascar, à Mahajanga, Nosy Be et Mahavavy. Neuf espèces de mangroves communes sont présentes dans la région (Tableau 1), poussant comme formations mixtes ou pures. Les espèces les plus dominantes sont *Rhizophora mucronata*, *Ceriops tagal, Avicennia marina, Bruguiera gymnorrhiza* et *Sonneratia alba* (Bosire *et al*., 2016). Il y a néanmoins un débat incessant quant à savoir si *Pemphis acidula* doit bien être considérée comme une vraie mangrove.

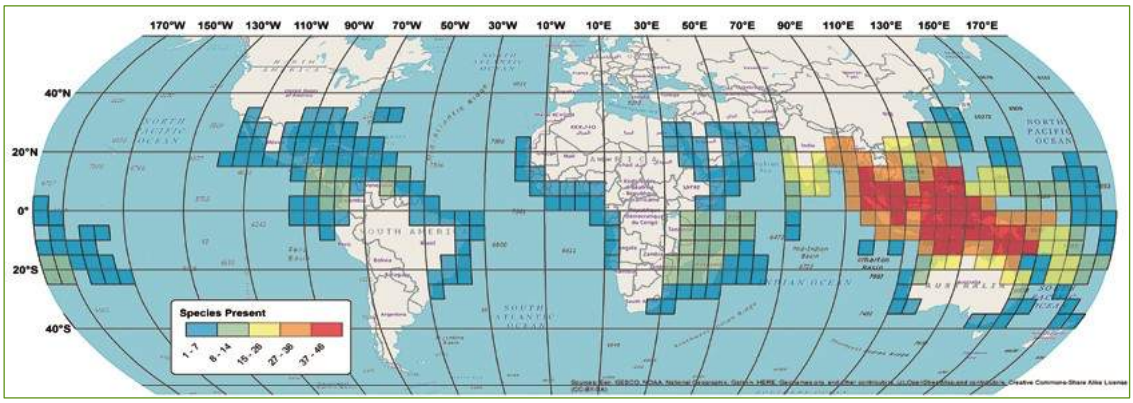


Figure 1. Carte mondiale des zones de répartition des mangroves et du nombre d'espèces dans chaque région (Hamilton, 2019)

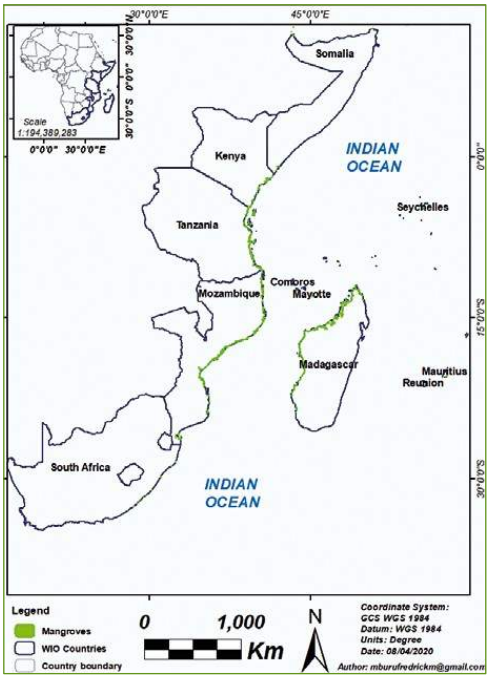


Figure 2. Carte de la région de l'océan Indien occidental indiquant les occurrences de forêts de mangroves

Tableau 1. Couverture de mangrove et assemblage d'espèces dans l'OIO. (Source : Bosire et al., 2016)

PAYS	SUPERFICIE de mangrove (ha)	AM	BG	CT	HL	LR	RM	SA	XG	XM
Somaliie	3 000		x	x			x	x	x	
Kenya	61 000	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Tanzanie	181 000	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Mozambique	390 500	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Afrique du Sud	1 921	x		x			x		x	
Madagascar	314 000	x	x	x	x	x	x	x	x	
Seychelles	1 900	x	x	x		x	x	x	x	
Maurice	145		x				x			
Comores	91	x	x	x	x	x		x		

x dénote la présence d'espèces de mangrove.

Am = *Avicennia marina*; Bg = *Bruguiera gymnorrhiza*; Ct = *Ceriops tagal*; Hl = *Heritiera littoralis*; Lr = *Lumnitzera racemosa;* Rm = *Rhizophora mucronata*; Sa = *Sonneratia alba*; Xg= *Xylocarpus granatum*; Xm = *Xylocarpus mollucens*

1.3. Structure forestière et géomorphologie de la mangrove

Les mangroves ont été classifiées en différents types de forêts selon leurs structures et caractéristiques fonctionnelles. Les zones hypersalines ou soumises au stress hydrique ont tendance à soutenir des assemblages maigres d'arbres broussailleux. Courts et fragiles, ils ont une croissance extrêmement lente par rapport aux arbres poussant dans les mangroves fluviales, estuariennes ou de bassin (Twiley, 1995), telles que celles des deltas des fleuves Tana, Rufiji et Zambèze, respectivement au Kenya, en Tanzanie et au Mozambique. Ces forêts atteignent différentes hauteurs de canopée, cela dépendant des conditions environnementales, de la convenance du substrat et de la fréquence des perturbations anthropiques et naturelles. En se basant simplement sur leur modèle de croissance, Lugo et Snedaker (1974) ont reconnu six types communautaires de mangroves (Figure 3) : i) **les mangroves frangeantes** - se trouvent principalement sur des côtes douces, hydratées par les marées quotidiennes ; ii) **les mangroves rivulaires** - sont influencées par les apports d'eau douce et apparaissent au bord des grands fleuves qui s'écoulent dans les océans ; iii) **les mangroves de bassin** - n'ont pas de lien direct avec l'océan et seront vues à l'arrière tant de mangroves frangeantes que rivulaires ; iv) **les mangroves inondées** - sont dominées par des peuplements intertidaux isolés côté mer, tel que celui de *S. alba* ; v) **les naines ou rabougries** - forêts de broussaille communes en cas de marées anormales ou équinoxiales de quelques jours par mois ; et, vi) **les mangroves suspendues** - similaires aux mangroves de bassin mais formées sur de la tourbe accumulée dérivée de la mangrove. Ces différents types de forêts peuvent exister dans une même région.

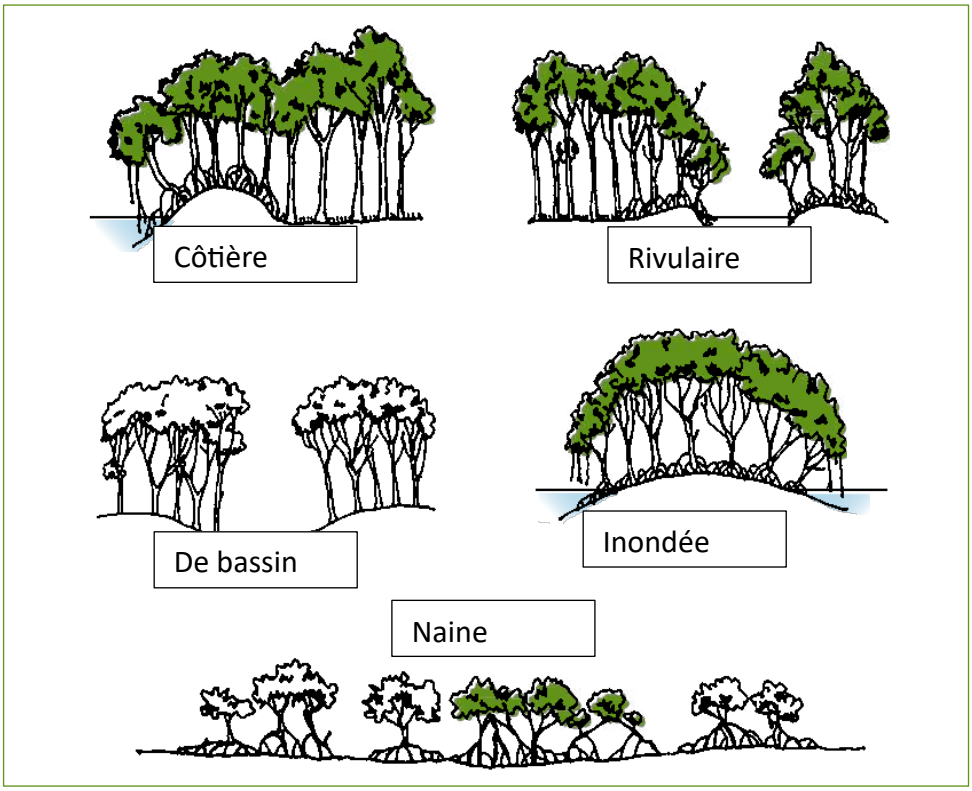


Figure 3.Types de forêts de mangrove (redessinés à partir de Lugo et Snedaker 1974)

La zonation désigne l'apparition de zones de mangroves, souvent monospécifiques, parallèles aux lignes de rivage. Cette répartition horizontale des espèces de mangrove est principalement due aux gradients environnementaux tels que la salinité dans la zone intertidale (Johnstone et Frodin, 1982). D'autres facteurs contribuent à cette répartition, notamment la fréquence des inondations due à la marée, le flux de cette dernière ainsi que la géomorphologie, la disponibilité des nutriments, les niveaux de sulfure et d'oxydoréduction du sol, la compétition entre les espèces, le tri des propagules par la marée, la disponibilité de la lumière pour les plantules et la prédation de ces dernières par les crabes, entre autres (Saenger, 2003 ; Ellison, 2009; Friess, 2016). Un schéma de zonage typique des mangroves dans l'OIO est fourni par la figure 4. Typiquement, on trouve *S. alba* qui pousse en bord de mer, suivi de *R. mucronata, C. tagal* et *A. marina* du côté de la terre. La zonation, cependant, peut ne pas être claire, en raison des perturbations qui affectent la qualité du substrat, la dispersion des plantules, l'échouage et le développement des propagules. La connaissance de la zonation des espèces de mangrove est essentielle pour déterminer des zones convenant aux différentes espèces (Rabinowitz, 1978). Pour ces raisons *S. alba* devrait être plantée dans des zones basses et boueuses, plus proche de la mer où la salinité est constante. Du côté terrestre, dans les zones marginales sèches, à salinité élevée, on peut planter *C. tagal* et *A. marina* (Kairo *et al.*, 2001).

1.4. Biens et services des mangroves

A travers le monde, les mangroves connectent notre terre et ses peuples à la mer, fournissant à des millions d'individus une large palette de biens et services qui peuvent être observés tant aux niveaux local et national que mondial (PNUE, 2014 ; Bosire *et al.,* 2016 ; Tableau 2). Les communautés côtières dépendent de la mangrove pour le bois de chauffage, la construction, la fabrication de casiers à poissons et de bateaux, ainsi que de produits non ligneux tels que des médicaments traditionnels. Les communautés côtières associent souvent les forêts de mangrove à des valeurs sentimentales et culturelles. Certaines communautés se sont lancées, au sein des mangroves, dans l'écotourisme et d'autres activités génératrices de revenus (AGR) (Kairo *et al.*, 2008).Les mangroves fonctionnent comme habitat et aires de croissance pour les poissons et autres espèces sauvages (Huxham *et al*., 2004, Figure 5). Le rôle d'habitat et de pépinière des mangroves est tributaire de leur forte productivité, de l'abondance de nourriture, de la faible pression de prédation et de leur système d'enracinement complexe (FAO, 2007 ; Nagelkerken, 2009). Les larges et imposantes canopées offrent un lieu de nidification et de repos aux oiseaux migrateurs, aux oiseaux de mer et à d'autres espèces sauvages. Stables et résilients, les écosystèmes de mangrove soutiennent les écosystèmes associés tels que les herbiers marins et les récifs coralliens, préservant ainsi leur santé, leur fonctionnement et leur intégrité (Kairo *et al.*, 2001 ; Lee *et al*., 2014). Les mangroves agissent comme un tampon entre la terre et la mer (Dahdouh-Guebas et Jayatissa, 2009), où le littoral frangeant et les baies entourées de mangroves tiennent un rôle significatif pour la stabilisation des sédiments, la protection du littoral et des côtes de même que pour la purification de l'eau. De plus, les mangroves stabilisent les rivages, préviennent l'érosion côtière et protègent les côtes (Walters *et al.*, 2008). Il a été signalé que les mangroves peuvent, sur 100 m, réduire la hauteur des vents et de houle de jusque 66 %, réduisant le niveau d'eau des ondes de tempêtes de cinq à 50 centimètres par kilomètre de largeur de mangrove (McIvor *et al*., 2012). Diminuée, l'énergie des vagues entrantes atténue, pour les communautés qui vivent derrière la mangrove, les risques d'inondations (Spalding *et al.*, 2014).

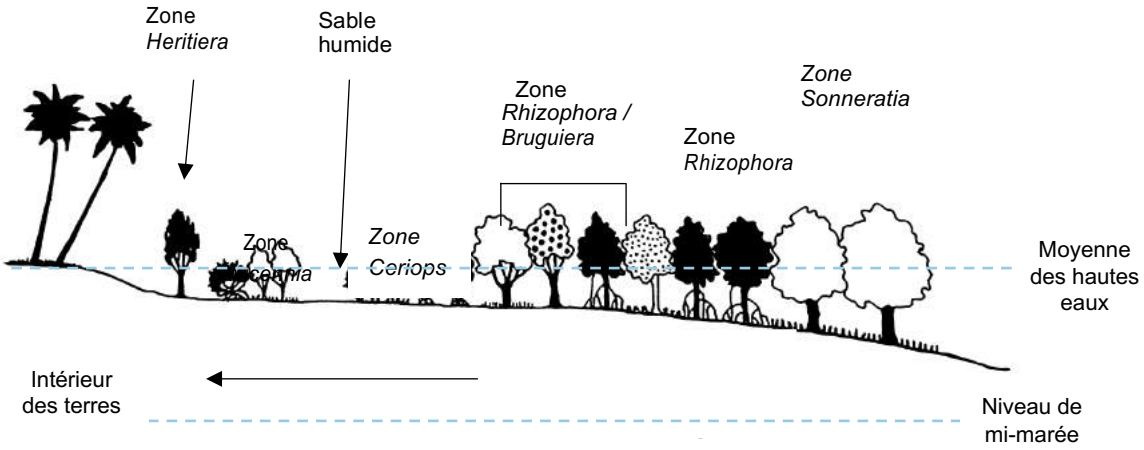


Figure 4. Zonation typique des espèces de mangrove dans la région de l'OIO

Tableau 2. Valorisation des biens et services des mangroves

NIVEAU COMMUNAUTAIRE	NIVEAU NATIONAL	NIVEAU MONDIAL
Bois de charpente et bois de chauffe	Production de bois de charpente	Conservation
Fourrage pour animaux	Production de charbon de bois	Éducation
Aliments de médecine traditionnelle	Industries de la crevette et du crabe	Préservation de la biodiversité
Nourriture	Sylviculture de la mangrove	Indicateur du changement climatique
Emploi local	Commerce	
Loisirs	Écotourisme	
Collecte de coquillages	Gestion de la qualité de l'eau	
Contrôle de l'érosion	Éducation	
Protection contre les dommages dus aux tempêtes	Protection du littoral et des estuaires	

Les mangroves ont une biomasse moyenne estimée à 247 t DW ha^{-1}, ce qui est pratiquement identique aux forêts tropicales terrestres (Alongi, 2009). Elles constituent la base de nombreux réseaux alimentaires côtiers en régulant et en soutenant le cycle des nutriments. Dans le contexte du changement climatique, les mangroves capturent et stockent d'énormes quantités de carbone - à la fois dans leurs composantes aériennes et souterraines ; ce qui fait de la mangrove l'un des écosystèmes les plus riches en carbone de la planète (Figure 6 ; Donato *et al.*, 2011). On estime que les mangroves couvrent de 13,7 à 15,2 millions d'hectares dans le monde et qu'elles séquestrent jusqu'à 31,2 à 34,4 millions de tonnes de carbone par an (Howard *et al*., 2017). Ce carbone risque d'être relâché dans l'atmosphère lorsque les mangroves disparaissent ou que leurs terres sont converties à d'autres usages (Murray *et al.*, 2011 ; Pendleton *et al.*, 2012). À ce titre, l'arrêt du déclin actuel et la restauration des zones de mangroves dégradées peuvent constituer une part importante des efforts d'atténuation du changement climatique.

1.5. Menaces contre les mangroves

1.5.1. Pressions humaines sur les mangroves

La superficie mondiale des mangroves a été estimée à 18.1 millions d'hectares par Spalding et *al.* (1997). Cependant, cette couverture mondiale a été révisée à la baisse à 13,7 millions d'hectares par Giri *et al.* (2011), puis à 8,3 millions d'hectares par Hamilton et Casey (2016).

Au moins 35 % de la superficie de la forêt de mangrove a été perdue dans le monde entier au cours de la période 1980-1990 (Valiela *et al*., 2001), avec des pertes de 50 à 80 % dans certaines régions (Wolanski *et al.,* 2000). Dans la région de l'OIO, 8 % de la couverture de mangrove a été perdue entre 1975 et 2000, ce qui se traduit par un déclin de 3 000 ha/an (FAO, 2007 ; PNUE, 2009). Certaines zones de l'OIO ont été signalées comme ayant perdu jusqu'à 88 % (Bosire *et al*., 2014). Les causes de la dégradation et de la perte des mangroves dans la région OIO sont la surexploitation des ressources (Photo 1), la conversion de la zone de mangrove à d'autres utilisations des terres, les détournements de flux d'eau douce, la pollution et le changement climatique. Avec l'augmentation rapide de la population et le développement côtier (Photo 2), la perte de mangrove est susceptible d'augmenter (Bosire *et al.,* 2016). Cela a, par conséquent, un impact sur la pêche, la stabilité du littoral et la durabilité des ressources. Les causes profondes sous-jacentes de la perte et de la dégradation des mangroves dans la région de l'OIO ont été identifiées comme étant la pression démographique, la pauvreté et l'inégalité, la mauvaise gouvernance et la pression économique (Bosire *et al.,* 2016)

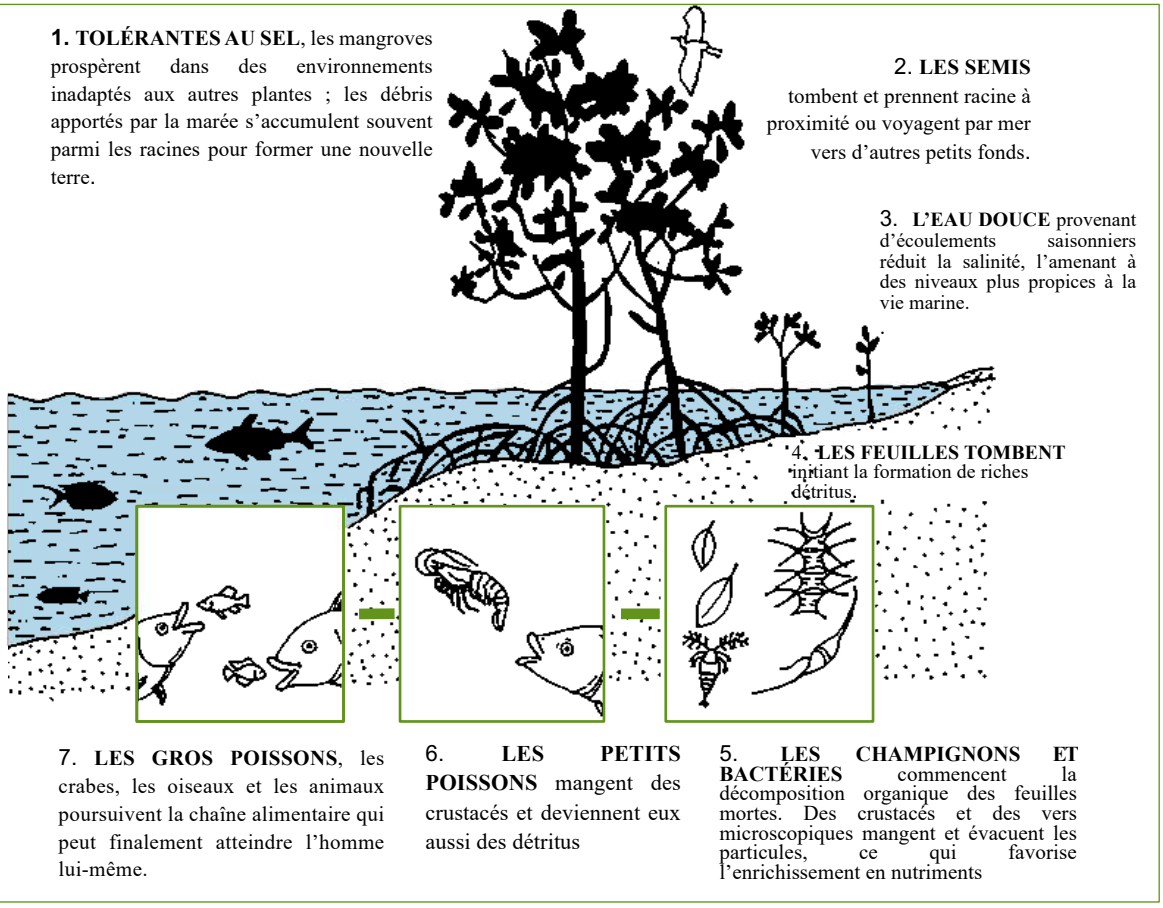


Figure 5. Processus et fonctions écologiques soutenus par l'écosystème de mangrove et ayant une importance sociale économique

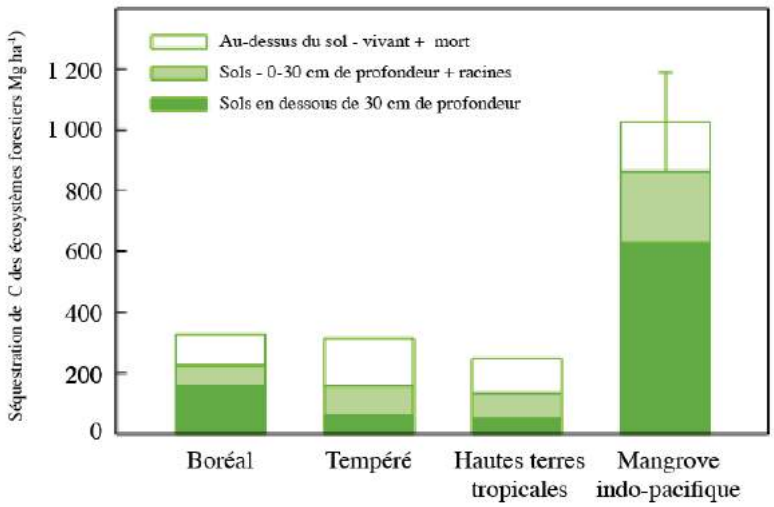


Figure 6. Un modèle mondial comparant le stockage de carbone des mangroves (moyenne ±95% intervalle de confiance) avec celui d'autres domaines forestiers majeurs (Donato et al., 2011).



Photo 1. Production de charbon de bois à partir de mangroves abattues dans l'estuaire du Ruvu, Tanzanie



Photo 2. Mangroves périurbaines sous la pression combinée du développement immobilier et des salines, à Ununio, Dar es Salaam, Tanzanie

1.5.2. Mangroves et changements climatiques

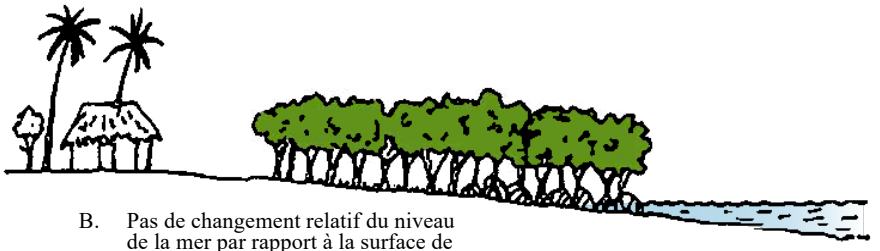
Le changement climatique menace les zones de mangrove restantes principalement par l'élévation du niveau de la mer et la sédimentation accrue par les précipitations et la modification du littoral (Bosire *et al.,* 2016 ; Photo 3). Au cours du 20e siècle, le niveau moyen mondial de la mer a augmenté d'environ 15 cm (GIEC, 2019). Actuellement, il a encore plus que doublé son rythme d'élévation et, si les émissions de gaz à effet de serre ne sont pas fortement réduites, le rythme va encore s'accroître pour atteindre 1.10 m en 2100 (GIEC, 2019). Il existe quatre scénarios généraux pour la réponse de la mangrove à l'élévation du niveau de la mer : i) aucun changement dans la position de la mangrove ; ii) la mangrove transgresse ses marges vers la mer ; iii) elle transgresse ses marges vers la terre ; et, iv) la mangrove se noie lorsque son corridor d'expansion est bloqué par le développement côtier (Figure 7). La nature des problèmes engendrés par l'élévation du niveau de la mer varie d'une région à l'autre et à l'intérieur d'une même région, en raison d'une série de caractéristiques géomorphologiques, du développement socioéconomique, de facteurs institutionnels et culturels (Gilman *et al.,* 2008).

Dans la région de l'OIO, les effets du changement climatique ont déjà dévasté les zones de mangrove (Macamo et al., 2016). Dans le delta du Save au Mozambique, par exemple, près de la moitié des mangroves auraient été dégradées et perdues en raison de la sédimentation associée aux cyclones et aux précipitations extrêmes (Massuanganhe *et al*., 2015). Dans d'autres zones telles que Mwache au Kenya (Kitheka *et al.,* 2002) et le long du delta du Limpopo au Mozambique (Bandeira et Balidy, 2016), le delta de Rufiji en Tanzanie (Erftemeijer et Hamerlynck, 2005) et le delta du fleuve Tana au Kenya (Wieczkowski, 2009), on a observé que des inondations prolongées provoquaient la mort des mangroves.

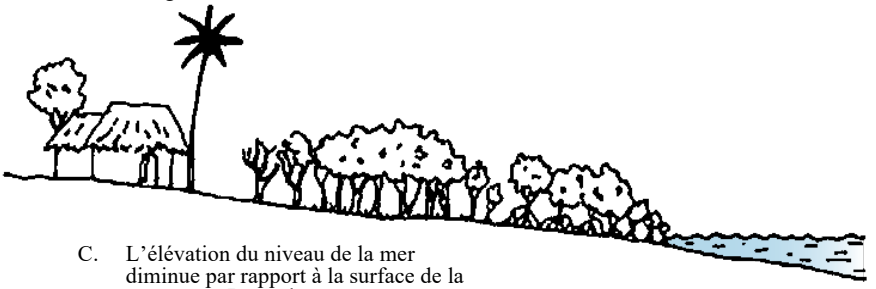


Photo 3. Dépérissement de la mangrove dû à l'accroissement de la sédimentation causée par le changement du littoral à Gazi Bay, Kenya

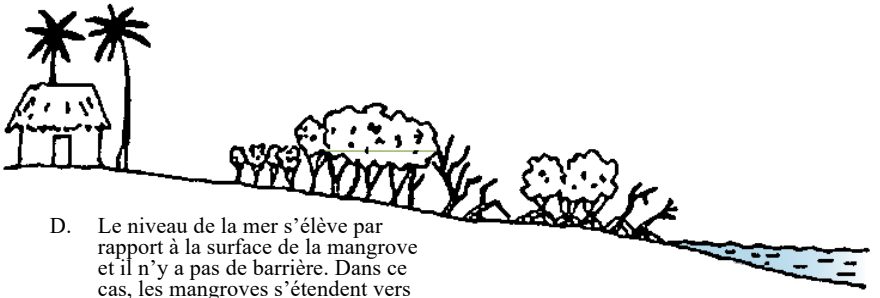
A. Le niveau de la mer s'élève par rapport à la surface de la mangrove et il y a une barrière du côté de la terre. Par conséquent, les mangroves situées sur le bord de la mer s'érodent et se noient.



B. Pas de changement relatif du niveau de la mer par rapport à la surface de la mangrove. Donc, pas de changement du positionnement de la mangrove.



C. L'élévation du niveau de la mer diminue par rapport à la surface de la mangrove. Donc, la mangrove s'étend vers la mer.



D. Le niveau de la mer s'élève par rapport à la surface de la mangrove et il n'y a pas de barrière. Dans ce cas, les mangroves s'étendent vers l'intérieur des terres.

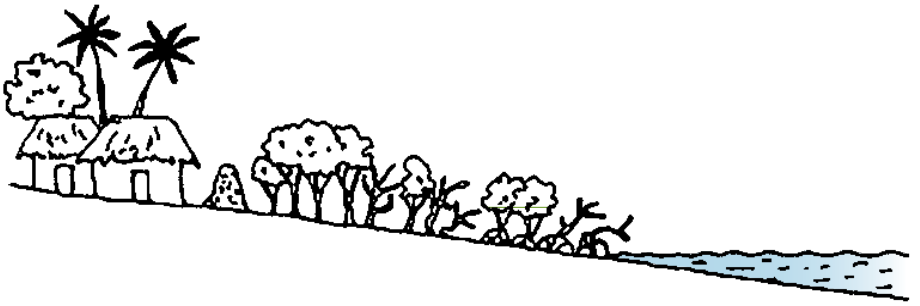


Figure 7. Scénarios de réponses généralisées des mangroves aux changements du niveau relatif de la mer

2. Concept et principes de restauration de la mangrove

2.1. Restauration de la mangrove : quand est-ce nécessaire ?

La restauration des mangroves est une stratégie de gestion visant à compenser la dégradation et la perte des biens et services des écosystèmes. Elle a le potentiel d'augmenter la base de ressources de la mangrove, de fournir de l'emploi aux populations locales, de protéger les côtes tropicales fragiles et d'améliorer la biodiversité et la productivité de la pêche. Des projets de restauration de la mangrove sont déjà mis en œuvre à grande échelle dans d'autres pays comme le Bangladesh, l'Inde, le Vietnam et la Malaisie, principalement pour assurer une protection dans les zones exposées aux typhons et pour générer des avantages économiques directs pour les populations (Mclvor *et al.,* 2012 ; Spalding *et al*., 2012 ; Spalding *et al.,* 2014 ; Sandilyan et Kathiresan, 2015). Bien qu'il ait été démontré que la productivité des plantations diminue avec l'âge (Kairo *et al.,* 2008), les mangroves restaurées, si on leur en donne la chance, peuvent se transformer en forêts matures présentant bon nombre des caractéristiques structurelles et fonctionnelles des systèmes de mangroves matures. Au Kenya, par exemple, les plantations à faible diversité ont fait place à des forêts à plus forte diversité, à condition que la zone reboisée ne soit pas abattue (Kairo *et al.,* 2008). La restauration des mangroves peut donc être utilisée comme un outil permettant de faire revenir la forêt perdue afin d'atteindre les objectifs de gestion durable des mangroves.

La restauration est recommandée lorsqu'un écosystème a été altéré à un point tel qu'il ne peut plus s'auto-corriger et/ou s'auto-renouveler. Selon le niveau des pressions humaines, dans de nombreux sites, la régénération naturelle est pratiquement impossible sans intervention humaine pour restaurer les caractéristiques physiques et biologiques. En conséquence, la restauration de la mangrove a impliqué la plantation directe de propagules, la transplantation de plants sauvages/jeunes arbres ou de plants élevés en pépinière sur les sites désignés. Les projets de reboisement de mangrove dans la plupart des régions de l'OIO ont utilisé des propagules ou des jeunes arbres/sauvageons de la famille des Rhizophoracées (*R. mucronata, C. tagal* et *B. gymnorrhiza*) ainsi que *A. marina*. Dans certains cas limités, *S. alba* a été plantée, par exemple à Gazi Bay, au Kenya (Kairo *et al.,* 2003; 2008).

Lorsqu'il existe un besoin de restauration des mangroves, cela implique que des dégradations, des pertes ou des altérations de l'habitat ont eu lieu dans le passé en raison de facteurs humains ou naturels. Cependant, avec le temps, les forêts de mangrove peuvent s'auto-réparer si : i) le régime des marées n'a pas été perturbé et ii) la disponibilité des semis n'est pas limitée ou bloquée (Lewis, 1982 ; Cintron-Molero, 1992 ; Kairo *et al*., 2001 ; Saenger, 2003). Néanmoins, dans de nombreux sites à travers le monde, les écosystèmes de mangrove ont été dégradés et perdus à un point tel qu'ils ne peuvent pas se rétablir naturellement (Valiela *et al*., 2001). Dans de tels cas, la restauration est nécessaire. Alors que la plantation artificielle peut être utilisée pour restaurer les forêts de mangroves perdues (Thivakaran, 2017), les zones non-mangroves, y compris les herbiers marins, les vasières et les bancs de sable doivent être évitées.

La restauration par la plantation de propagules et de jeunes plants de mangrove est recommandée lorsque :

i. Les propagules aquatiques sont limitées en raison de l'absence d'arbres parents à proximité ou de connexions hydrologiques qui empêchent la dissémination ;
ii. Il est nécessaire d'introduire des espèces spécifiques précieuses qui ont été perdues dans la zone (plantation d'enrichissement) ;
iii. Des recherches sont menées à des fins éducatives et culturelles ; et,
iv. Aux fins de foresterie de production.

2.2. Typologie de la restauration de mangroves

2.2.1. Régénération naturelle

Cette approche utilise des propagules (ou graines) de palétuviers naturels pour repeupler des sites dégradés. Dans ce cas, la régénération se fait directement à partir de propagules de palétuviers, tombant librement et dispersées là où la composition des espèces de la forêt régénérée dépend des types d'espèces et des combinaisons de la forêt adjacente d'où les propagules sont dispersées. Dans la famille des rhizophoracées par exemple, les propagules pourvues d'hypocotyles pointus tombent librement du parent et peuvent se planter dans la boue (Kairo *et al*., 2001) ou elles peuvent être échouées et plantées loin de la plante mère (Rabinowitz, 1978 ; Van Speybroeck, 1992). Le problème majeur de la méthode de régénération naturelle est que les recrues ne sont pas nécessairement des mêmes espèces que celles qui ont été enlevées (Tableau 3 ; Kairo et *al*., 2001).

.



Photo 1. Soins apportés à des S. alba à Gazi Bay, Kenya

Les facteurs biologiques et physiques importants, déterminant le succès de la régénération naturelle, sont les conditions forestières, les marées et la stabilité du sol. Lorsque la régénération naturelle est une option pour restaurer une zone de mangrove dégradée, et quand la disponibilité des propagules et des graines est assurée, la planification de la restauration doit d'abord examiner et valider l'existence potentielle de contraintes primaires telles que l'inondation par les marées bloquées. Elles pourraient empêcher la succession naturelle de se produire ; supprimer ces facteurs de stress améliorera la récupération naturelle.

Ceci peut être réalisé par la restauration hydrologique, c'est-à-dire la modification et le rétablissement des conditions originales de l'écosystème, y compris les régimes de marée (Turner et Lewis 1996 ; Kamali et Hashim 2011). Lorsque des signes de régénération naturelle ne sont pas observés dans les six à douze mois suivant les ajustements des conditions physiques, il convient d'envisager et d'évaluer la possibilité d'entreprendre une véritable reforestation de la mangrove, soit par la plantation directe de propagules collectées dans la forêt, soit par des semis élevés en pépinière (voir également le chapitre 6).

Tableau 3. Avantages et inconvénients de la restauration naturelle de mangroves

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Moins coûteux à établir	•Le remplacement pourrait ne pas être de la même espèce que celle enlevée
• Moins de subventions nécessaires en termes de main d'œuvre et d'équipment	• L'absence d'arbre mère pourrait résulter en une fourniture de propagule faible ou inexistante
• Moins de perturbation du sol	• Des souches améliorées génétiquement pourraient ne pas être d'introduction facile
• Les jeunes arbres s'établissent plus vigoureusement	•Une action excessive des vagues pourrait causer un établissement pauvre
• L'origine des semences est d'habitude connue	•Prédation de propagules par les macrobenthos (par ex. crabes, escargots, etc.
• Un peuplement restauré naturellement acquiert des caractéristiques de site presque similaire à celles des forêts d'origine	•Moins de contrôle sur l'espacement, stockage initia et la composition des jeunes plants
	•Pourrait conduire à une perte d'emplois communautaires

2.2.2. Régénération artificielle

La régénération artificielle implique la plantation directe des propagules et jeunes plantes désirées (de moins de 1.2 m de hauteur) et rarement l'utilisation de petits arbres (jusqu'à 6 mètres de hauteur) d'espèces choisies au site de restauration désigné. L'utilisation de propagules et de jeunes plantes élevées en pépinières est la méthode la plus courante de restauration de mangroves. Pour plusieurs espèces, les techniques de plantation de mangroves n'ont pas été perfectionnées. La plupart des projets de restauration de mangrove ont utilisé les familles Rhizophoracées et Avicenniacées. Cela a conduit à des sélections de sites et d'espèces pauvres (Photo 5). L'utilisation de la régénération artificielle comporte de multiples avantages (Tableau 4) : la composition

et la distribution des espèces peuvent être contrôlées, des espèces génétiquement améliorées peuvent être introduites, les infestations parasitaires contrôlées (Kairo *et al.,* 2001). Bien que la régénération artificielle soit un outil permettant de redonner vie aux écosystèmes de mangrove dégradés, cette option pose de nombreux problèmes. La régénération artificielle peut être coûteuse, en particulier dans les zones où le régime hydrologique a été modifié. Un autre inconvénient de la régénération artificielle est la perte à long terme de la productivité écologique, comme le montre la simplification des systèmes de plantations mixtes à des monocultures (Saenger, 2003).



Photo 2. Exemple d'un effort gaspillé de plantation directe de propagules sur un plateau de sable à Vanga, Kenya. Un cas de mauvaise conformité du site

Tableau 4. Avantages et inconvénients de la restauration artificielle de mangroves

AVANTAGES	INCONVENIENTS
• Favorise l'emploi communautaire pendant l'établissement des pépinières et la plantation en extérieur	• La plantation directe de mangroves peut être coûteuse, notamment dans les zones où le régime hydrologique a été modifié
• La composition et la distribution des espèces peuvent être contrôlées	• Peut conduire à l'introduction de mauvaises espèces
• Des souches génétiquement améliorées peuvent être introduites	• Perte à long terme de la productivité écologique, comme en témoigne la simplification des systèmes, passant de plantations mixtes à des monocultures
• Les infestations de parasites peuvent être contrôlées	• Les plantations en monoculture peuvent favoriser l'infestation par des parasites.
• Les pépinières établies peuvent être utilisées pour la formation	• Les pépinières peuvent être affectées par les maladies et le stress en raison d'une mauvaise gestion
• Améliore la propriété communautaire	• La plantation de mangroves peut entraîner des conflits au sein des communautés, surtout si elles ne sont pas pleinement impliquées

Le soutien aux activités de subsistance améliore l'adhésion de la communauté et la durabilité des initiatives de restauration de la mangrove. L'intégration des activités de restauration à des AGR pour les communautés environnantes réduit la dépendance humaine et la pression subséquente sur l'écosystème de mangrove et ses ressources.

L'apiculture (Photo 6), l'aquaculture (pisciculture et élevage de crabes), l'écotourisme dans les mangroves (Photo 7) et l'utilisation de fourneaux à faible consommation d'énergie devraient être encouragés là où ils sont appropriés pour réduire les pressions et sauvegarder les mangroves.



Photo 3. L'apiculture traditionnelle dans la forêt de mangrove de la baie de Makoba, Zanzibar, inspire les communautés à restaurer et protéger les mangroves



Photo 4. La passerelle en bois des femmes de Gazi, dans la mangrove, au Kenya

3. Procédures par étape de restauration de la mangrove

Malgré plusieurs initiatives de restauration de la mangrove dans les pays de l'OIO, seules quelques *success stories* peuvent être citées (par exemple, Kairo *et al*., 2001, 2008). Pour nombre de ces initiatives, le reboisement de la mangrove a simplement signifié la plantation directe de propagules, de jeunes plants sauvages et, dans quelques cas, l'utilisation de jeunes plants élevés en pépinière sans évaluation adéquate du site et sans tenir compte de sa qualité. Il n'y a pas eu, non plus, de plans de suivi à long terme des projets de restauration des mangroves. Sur la base des connaissances des auteurs ainsi que des expériences pratiques de reboisement, les facteurs qui ont contribué aux échecs des projets de reboisement de la mangrove peuvent être résumés comme suit :

• Changements extrêmes dans les conditions du site - par exemple, les facteurs pédologiques (en particulier la salinité), l'hydrologie (concernant le mouvement de l'eau) et la sédimentation ;

• Techniques de restauration inappropriées - inadéquation entre les espèces et le site, semences/propagules de mauvaise qualité, mauvaise établissement et gestion des pépinières, mauvaise préparation du site, transplantation inappropriée ;

• Échec en matière d'implication de toutes les parties prenantes, en particulier les communautés locales et les institutions gouvernementales concernées. Ce chapitre décrit trois phases différentes pour garantir le succès des initiatives de restauration de la mangrove, à savoir les phases de planification du projet, de mise en œuvre et de suivi/évaluation (Figure 8). Chacune de ces phases comporte plusieurs activités, décrites en neuf étapes qui ne sont pas nécessairement linéaires. Les variations locales dues à la diversité des paysages biophysiques (hydrologie et régime des marées, géomorphologie et types de mangroves, dispersion naturelle, facteurs socioéconomiques et de gouvernance - régime foncier et législations, sensibilisation, genre) peuvent nécessiter de dévier et/ou de sauter une ou plusieurs des neuf étapes. Plus loin, au chapitre 6, la question de la plantation ou non de mangroves dans des zones dégradées est réexaminée, à l'aide d'un outil d'assistance à la décision qui comprend 10 étapes clés (Figure 17).

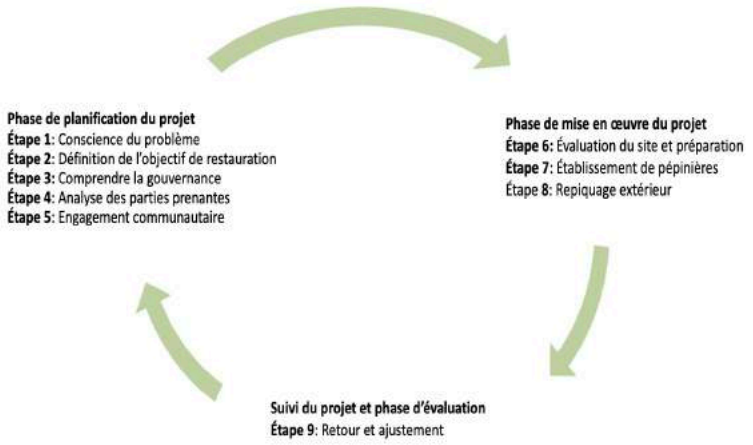


Figure 1. Étapes du cycle de restauration adaptive de la mangrove pour assurer le succès dans la région de l'OIO (dessiné par M. M. Mangora)

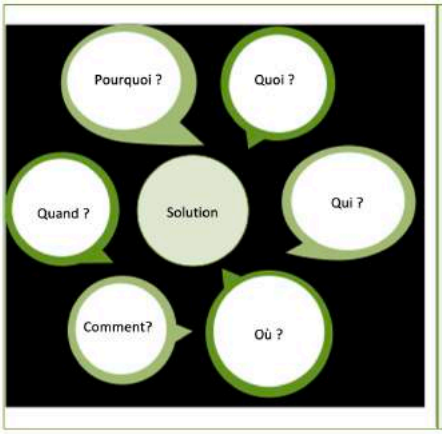
3.1. Phase de planification du projet

ÉTAPE 1 : CONSCIENCE DU PROBLÈME

Les campagnes de restauration doivent être lancées en commençant par l'identification du problème. Prendre conscience - et prendre la mesure - de la dégradation de la mangrove, conduisant à la perte de biens et services des mangroves, ainsi que la nécessité et la volonté d'agir sont essentielles pour le succès final des initiatives de restauration.

Comprendre le problème lié à la dégradation et à la perte de la forêt de mangrove peut nécessiter des enquêtes de terrain, consultatives et rapides, auprès des acteurs clés, y compris les communautés. Cet exercice est important pour vite comprendre les valeurs et les avantages des mangroves, les priorités, les préférences, la volonté et le soutien à leur restauration. Dans de nombreux cas, les acteurs externes ont tendance à négliger cette étape importante.

Prendre conscience qu'il existe un problème permet de déterminer s'il est nécessaire d'engager une action quelconque pour le résoudre, ce qui est essentiel pour les étapes suivantes. Ensuite, il faut prendre une décision sur le type d'action à entreprendre, comme planter ou ne pas planter, sauvegarder la régénération naturelle, identifier les principales parties prenantes ainsi que la palette de ressources et d'expertise nécessaires à l'action.



Questions à considérer pendant la planification du projet de restauration de mangrove

- Qu'est-ce qui a causé la perte et la dégradation des mangroves ?
- Qu'est-ce qui empêche la régénération naturelle d'avoir lieu dans la région ?
- Pourquoi devrions-nous planter des mangroves sur un site dégradé ?
- Qui détient la terre là où la plantation est prévue ?
- Qui devrait être impliqué dans les initiatives de restauration ?

ÉTAPE 2 : DÉFINITION DE L'OBJECTIF

À de nombreux sites où une restauration a été entreprise, il y a un manque de consensus explicite des parties prenantes quant à la définition et la formulation du but de la mise en œuvre d'un projet de restauration.

Lorsqu'un objectif a été formulé, les expériences indiquent qu'il n'est souvent pas explicitement compris par toutes les parties prenantes, en particulier sa façon de s'intégrer aux objectifs et priorités de conservation nationaux ou locaux. Cela contribue aux difficultés d'évaluation de la performance et des résultats des projets de restauration. Les expériences et les leçons du terrain démontrent que la restauration des zones de mangrove dégradées est possible à condition que les questions des **pourquoi, où, quand, comment et par qui** soient traitées de manière appropriée.

La formulation objective des objectifs de restauration pour répondre à la première question - pourquoi ? - fait partie intégrante des opérations ultérieures. La restauration des mangroves a souvent des objectifs multiples qui incluent la production de bois, la protection côtière, la conservation de la biodiversité, le soutien à la pêche, l'écotourisme et l'éducation. Ces objectifs doivent être soigneusement alignés lors de l'évaluation et de la préparation d'un site de restauration (étape 6), pour s'assurer qu'il soutient les objectifs définis. En conséquence, les initiatives de restauration de la mangrove sont entreprises avec au moins l'un des objectifs suivants, ces derniers devant être définis à la phase de planification et de lancement du projet :

i. Renforcement de la régénération naturelle, de la biodiversité et de la restauration écologique ;
ii. Rendement durable des produits forestiers ligneux et non ligneux - poteaux, bois de charpente et charbon de bois ;
iii. Protection côtière, contrôle de l'érosion et stabilisation des canaux de lagunes et d'estuaires ;
iv. Soutien à la résilience et à l'amélioration de la pêche ;
v. Établissement de nouveaux emplacements de mangrove et adaptation au changement climatique ;
vi. Aménagement paysager du littoral et écotourisme ;
vii. Enrichissement social ; et,
viii. Conformité législative

ÉTAPE 3 : COMPRENDRE LA GOUVERNANCE - CONTEXTES INSTITUTIONNELS ET JURIDIQUES

Les droits d'occupation des terres et des ressources (accès et utilisation) sont fondamentaux pour la réussite de la restauration des mangroves. Dans la plupart des pays où l'on trouve des mangroves, il existe des lois et des règlements pour leur gestion. Toute activité au sein des mangroves (y compris la restauration) peut donc nécessiter l'autorisation des agences de règlementation responsables. En outre, de nombreux pays disposent aussi de lois prévoyant des mesures compensatoires (aujourd'hui communément appelées « compensations pour la biodiversité ») en cas d'impacts environnementaux prévus, occasionnés par des projets de développement entraînant une perte de biodiversité, par exemple des zones connues de certains habitats, comme les récifs coralliens ou les mangroves. Par conséquent, la restauration des mangroves sur un site pourrait être obligatoire en tant que mesure de compensation pour un développeur.

Toutefois, compte tenu des cadres de gouvernance en vigueur dans les différents pays, de nombreux projets de restauration de mangroves ont tendance à renoncer à cet important processus de définition des dispositions de gouvernance permettant de garantir et d'assurer les engagements et de gérer les attentes.

Il est important de clarifier, dès le début du projet, la question de la propriété de la terre pour le site de restauration, parce que l'absence de clarté en matière foncière peut entraver le succès d'un projet de restauration, menaçant la conservation à long terme du site et le projet d'investissement. Ce problème peut être évité en s'assurant que soit clairement compris des accords à long terme écrits avec les propriétaires et usagers pour s'assurer qu'ils sont tous engagés dans le projet. Alors que les mangroves dans plusieurs pays de l'OIO sont désignées légalement comme des réserves forestières d'État, il n'existe encore qu'une faible conscience de la vraie valeur de l'écosystème à divers niveaux, couplée à une gouvernance faible et des ressources inadéquates parmi les agences de gestion, avec pour résultat une gestion pauvre des mangroves

ÉTAPE 4 : ANALYSE DES PARTIES PRENANTES

Les mangroves sont des systèmes à usages multiples, fournissant de multiples ressources à de multiples utilisateurs. Cela conduit souvent à de multiples conflits (Beymer-Farris et Bassett, 2012) qui justifient une identification, des consultations et des engagements adéquats desparties prenantes afin de s'assurer que les intérêts de chaque groupe soient pris en compte de manière collaborative et consensuelle.

Les engagements appropriés des parties prenantes locales particulièrement sont importants pour vérifier les intérêts et les attentes des parties prenantes et, donc, pour déterminer où les intervention(s)de restauration sont les plus pratiques, utiles et acceptables.

ÉTAPE 5 : ENGAGEMENT COMMUNAUTAIRE

L'engagement doit s'étendre à l'ensemble du processus de restauration pour garantir que les intérêts des communautés locales soient reconnus, appréciés et préservés. Le processus doit également être itératif afin que les problèmes imprévus, les intérêts des parties prenantes absentes des premières réunions ou les nouvelles informations puissent être pris en compte, des ajustements pouvant être effectués. Pour introduire les intérêts de la communauté et en tenir compte, les importants enjeux suivants doivent être considérés :

i. Les perceptions et la compréhension, par la communauté, des avantages comparatifs de la conversion à d'autres utilisations par rapport au maintien intacts d'écosystèmes forestiers de mangrove ;
ii. La reconnaissance légale des ressources de mangrove en termes de droits d'accès et d'utilisation ; et,
iii. La gouvernance de l'utilisation des terres définie par les dynamiques institutionnelles, économiques, socioculturelles et les droits de propriété.

3.2. Phase de mise en œuvre du projet

La mise en œuvre de projets de restauration de la mangrove nécessite des approches adaptives (apprentissage par la pratique) pour être efficace. Cela inclut l'utilisation de multiples scénarios sur les changements socioéconomiques et physiques futurs (par exemple, l'utilisation des terres et/ou le changement climatique). Chaque site potentiel de restauration doit faire l'objet d'une enquête sur le terrain afin d'identifier les zones de mangroves stressées, mortes ou disparues ainsi que déterminer si le site nécessite une gestion pour soutenir la récupération ou s'il est capable de se rétablir de lui-même avec le temps.

ÉTAPE 6 : ÉVALUATION DU SITE ET PRÉPARATION

La sélection des sites est plus conceptuelle que pratique dans la région de l'OIO, en particulier lorsque la restauration est participative, les communautés s'efforçant de ne restaurer que les zones locales dégradées dans leurs localités. Normalement, le site à restaurer doit être accessible et dépourvu de fortes vagu



Questions à considérer durant la phase de mise en œuvre d'un projet de restauration

- Est-il nécessaire de recueillir des informations sur les caractéristiques biophysiques en incluant la profondeur du sol, l'hydrologie, etc. ?
- Un inventaire des espèces du site désigné est-il requis ?
- Quelles espèces devraient être plantées ?
- Quelles sont les meilleures approches pour faire revenir les mangroves perdues ?
- Quelle approche est la meilleure : plantation directe, élevage en pépinière ou régénération naturelle ?

La plantation doit être limitée aux zones végétalisées où la forêt a été dégradée et perdue. Dès qu'une zone est marquée pour un exercice de restauration, les règles d'or proposées par Enright et Wodehouse (2019) devraient s'appliquer :

- **Comprendre pourquoi la régénération naturelle** ne se produit pas ou n'est pas suffisante, puis apporter des ajustements au site ou trouver des solutions aux problèmes sociaux.
- **Planter à proximité de l'endroit** où cette espèce est présente de façon naturelle, car cela suit la nature. Essayer de planter, proches les unes aux autres, deux ou trois propagules ou plantules, en touffes ou en groupes.
- **Ne pas planter de mangroves trop denses**, couvrant toute la zone, car cela limitera les possibilités de régénération naturelle et d'augmentation de la biodiversité. Planter autant d'espèces qu'il y en a de naturellement présentes sur votre site, si possible.
- **Une plantation d'essai à petite échelle est un moyen judicieux** d'évaluer votre site, car une plantation massive pourrait vous conduire à un gros échec.
- **Ne pas planter pas les chenaux d'eau**, les herbiers, les vasières ou sur les plateaux de sable surélevés (Photo 4).
- **S'assurer que les membres de la communauté locale soient pleinement impliqués** dès la phase de planification ; il est préférable qu'ils s'approprient le projet.
- **S'assurer que le site soit protégé des personnes**, des bateaux et du bétail, en le clôturant si nécessaire. Signaler le site d'un panneau au moyen d'un numéro de téléphone pour que les personnes extérieures sachent qu'il s'agit d'un site de restauration.
- **Planter les semis, les propagules ou les sauvageons recueillis aussi près que possible** du site de restauration. Si des sauvageons sont utilisés, replantez-les immédiatement, de préférence en fin d'après-midi.
- **Surveiller votre site à long terme** (généralement 5 ans) ; tirer les leçons des succès et des échecs et apporter les corrections et les ajustements nécessaires.

ÉTAPE 7 : ÉTABLISSEMENT D'UNE PÉPINIÈRE

L'établissement d'une pépinière de mangroves implique une série d'activités et le superviseur doit veiller à ce que tous les travailleurs soient informés de leurs activités quotidiennes. Le site de la pépinière doit être choisi dans la zone intertidale, à proximité des ruisseaux et des canaux de drainage. La qualité de l'eau doit être bonne et la zone doit être clôturée pour éviter toute perturbation des hommes ou des animaux. Elle doit être facilement accessible afin de réduire le coût du transport des plantules de la pépinière au site de restauration.

(i) CONFIGURATION DE LA PÉPINIÈRE

Un croquis type d'une pépinière de mangrove, avec ses compartiments de base, est proposé à la figure 9. Pour faciliter la construction, la conception doit être de forme carrée ou rectangulaire. Voici les compartiments d'une pépinière de palétuviers idéale.

Semis de germination

Pour protéger le sol des mouvements, il faut construire des lits en creux - en creusant des cuvettes où seront disposés les pots de semences (généralement des sacs de rempotage en plastique), afin de préserver l'humidité du sol et d'empêcher les pots de se renverser. En revanche,

si le sol est rocheux, on peut utiliser des supports et des planches de bois, enfoncés dans le sol, pour fixer les pots. Selon la taille des pots, les bacs doivent avoir une profondeur d'au moins ¾ de la hauteur des pots. Lorsque le site choisi est ouvert, les semis de germination peuvent nécessiter un ombrage, créé en utilisant du matériau de chaume et des branches sur un simple cadre. Les abris ainsi obtenus, pour faciliter les opérations comportent deux lits en creux, de 10 m x 1 m chacun, avec un passage d'au moins 1 m entre eux.

Abri de rempotage

Il s'agit d'un abri couvert, conçu pour protéger ceux qui travaillent par temps de pluie et de chaleur, lorsqu'ils remplissent de terre des sacs de rempotage ou des sacs en polyéthylène. L'abri peut être fabriqué à partir de quatre à six poteaux de palétuvier et ne devrait pas être inférieur à 3mx4m. Pour réduire encore plus l'ensoleillement direct, il est préférable de placer l'abri de rempotage sous un grand palétuvier.

Lits d'endurcissement

Les lits de germination peuvent être utilisés également comme lits de durcissement, à condition que les semis ne soient pas déplacés d'un endroit à l'autre avant d'être plantés. Il est nécessaire d'enlever la protection artificielle un mois avant la transplantation, afin d'acclimater les semis à une plus forte exposition au soleil.

Milieu terreux

Seule de la boue argileuse doit être utilisée pour remplir les sacs de rempotage. La boue argileuse molle, disponible dans les vasières à marée basse, doit être recueillie et tous les débris doivent être enlevés avant de remplir les sacs de boue.

(ii) REMPLISSAGE DES POTS

Pour la plupart des espèces, la culture des semis dans des sacs en polyéthylène est la plus appropriée. Les différentes espèces nécessitent des pots de tailles différentes : les sachets de 12,5 x 20 cm conviennent aux semis de petite taille, par exemple pour *A. marina*, tandis que les grands semis de *R. mucronata* nécessitent de plus grands sacs, de 15 x 30 cm ou plus. Pour assurer un pourcentage maximal de germination et la survie des semis en pots, il faut tenir compte des points suivants :

- Remplir les sacs de rempotage de boue argileuse molle provenant de la forêt de mangrove
- Éviter que l'eau ne stagne sur le dessus du pot ; remplissez-le fermement de terre à ras-bord
- Laisser les pots durcir
- Les pots doivent être disposés dans une cuvette creusée de telle sorte qu'au moins ¾ de la hauteur des sacs se trouve en dessous du niveau du sol. Cela permet de préserver l'humidité (voir photo 8).
- Un drainage adéquat pour éviter la stagnation de l'eau dans la pépinière.

(iii) COLLECTE, TRANSPORT ET TRI DES PROPAGULES

La plupart des espèces de palétuviers ont des saisons de fructification spécifiques ; par conséquent, la production de propagules/graines peut ne pas être disponible tout au long de l'année. Il est donc nécessaire de connaître les saisons de pic de production de propagules/graines pour chacune des espèces de palétuviers sélectionnées pour la replantation à un site particulier. Dans la région de l'OIO, le pic d'automne pour les propagules de palétuviers tend à coïncider avec la période humide d'avril à juin (Tableau 7). Les propagules et les plantules des espèces de palétuviers communes à l'OIO sont présentées par la figure 10.

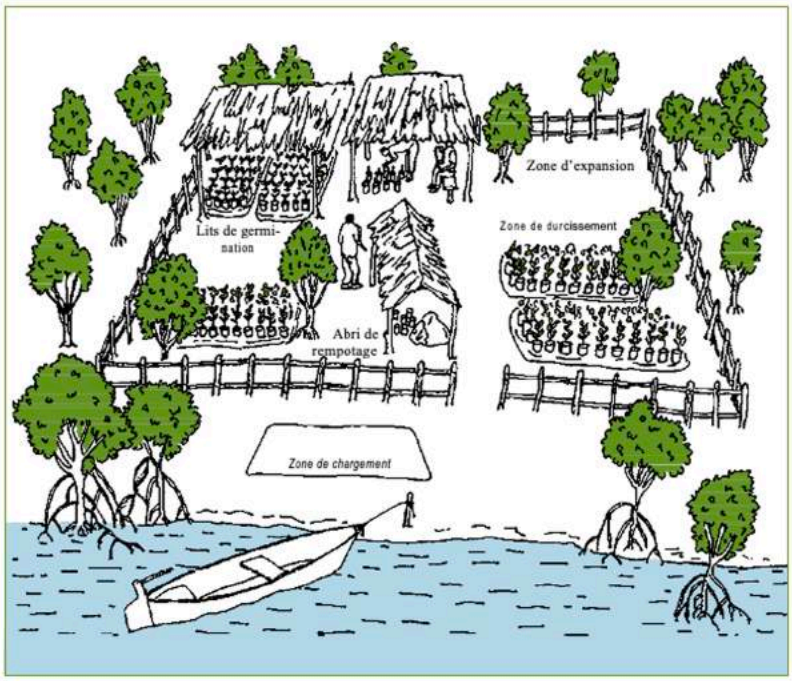


Figure 2. Configuration typique d'une pépinière de mangrove montrant les divers compartiments



Photo 1. Une pépinière de mangrove communautaire locale avec A. marina et C. tagal à Kilimani, Zanzibar.

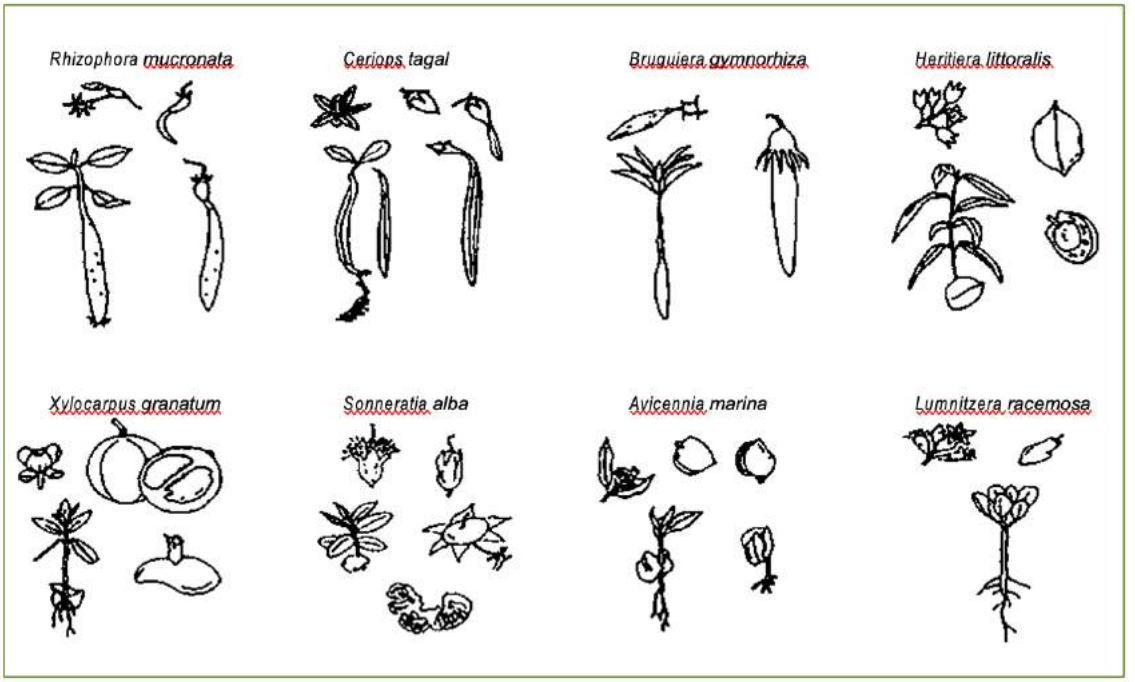


Figure 3. Propagules et plantules d'espèces courantes de mangrove dans la région de l'OIO

Les propagules matures doivent, pour faciliter le transport, être recueillies dans une forêt proche du site de plantation sélectionné. Après la collecte, les propagules doivent être triées pour garantir une bonne qualité du matériel de plantation. Une couleur distincte des cotylédons dans les hypocotyles de *R. mucronata* et *C. tagal* est un bon indicateur de maturité des propagules. Chez *A. marina*, les propagules matures ont un tégument bleu foncé et, avec une légère torsion, se détachent de la plante mère sans le calice. La plantation directe des propagules doit être planifiée pour coïncider avec leur pic de chute (tableau 5). De nombreuses espèces fleurissent fréquemment, produisant des propagules tout au long de l'année, bien qu'avec des périodes de pointe ; mais *A. marina* a une seule période de floraison, ne produisant des propagules qu'une fois dans l'année.

(iv) SEMIS DE PROPAGULES

Les graines et les propagules nécessitent des méthodes de semis différentes, selon l'espèce. Pour les grandes propagules, l'hypocotyle doit être inséré à une profondeur de ~ 4-5 cm (*Ceriops* et *Bruguiera*) et 7-8 cm (*Rhizophora*). Pour les graines d'*Avicennia* et de *Xylocarpus*, la partie radiculaire doit être poussée délicatement (1/3 de la graine) dans la boue molle. Si nécessaire, un abri grillagé à mailles fines peut être utilisé pour élever les semis afin d'éviter des incidences d'attaques d'insectes nuisibles. Les graines de *Sonneratia alba* et *A. marina* doivent être trempées dans l'eau pendant la nuit pour accélérer l'ouverture des fruits et le fendillement de leur enveloppe respectivement.

Les fruits de *H. littoralis* doivent être trempés dans l'eau douce pendant une à deux semaines, après quoi l'enveloppe peut être fendue à la main avant la plantation. La morphologie des propagules et des plantules des palétuviers *R. mucronata* et *A. marina* est présentée respectivement par les figures 11 et 12.

ÉTAPE 8 : PLANTATION EN EXTÉRIEUR

La plantation directe des propagules est généralement entreprise pour les palétuviers appartenant à la famille des Rhizophoracées (Rhizophora, Ceriops et Bruguiera). Les espèces de cette famille produisent des propagules larges et pointues qui peuvent être plantées directement dans la boue (Figure 10). L'expérience a montré que les propagules matures, prélevées sur des arbres mères ou récemment tombées, ont un taux de survie plus élevé que celle provoquée par la transplantation de jeunes arbres. De plus, cette dernière est trois fois plus coûteuse que l'utilisation de propagules (Kairo et al., 2001). La méthode de propagation pour différentes espèces de mangroves dans l'OIO est résumée au tableau 6.

Lors de l'utilisation, pour des projets de restauration de mangrove, de jeunes arbres élevés en pépinière et de sauvageons, la protection des racines pendant la collecte et la plantation des juvéniles est une technique de manipulation importante, pour assurer la survie après la plantation. Si l'on ramasse des sauvageons sur le terrain, il est important de s'assurer que le diamètre de la motte de racines est égal à la moitié de la hauteur du jeune arbre (Kairo 1995 ; Kairo *et al*., 2001). Des expériences antérieures au Kenya ont enregistré, pour les jeunes plants élevés en pépinière, un taux de survie de 80 à 100% en comparaison de la survie observée à l'utilisation de sauvageons pour le reboisement de la mangrove (Kairo et *al*., 2001).

3.3. Phase de suivi et d'évaluation du projet

Le suivi est important dans toute initiative de restauration. Pour qu'elle soit concrètement réalisable, réalisée et mesurable, des critères de réussite doivent être définis et intégrés à un programme de suivi avant le lancement des activités de restauration. L'adoption d'expériences et les leçons tirées d'initiatives passées sont pertinentes pour déterminer le meilleur et le plus efficace des plans de suivi. Le suivi à long terme des projets de restauration est important car il permet de détecter aussi bien les tendances négatives, dues aux pressions continues sur les ressources, que les tendances positives, dues à des interventions efficaces (Photo 9). Pour une surveillance effective, un plan doit être mis en place afin de fournir des indications sur ce qui sera suivi, la méthodologie, les personnes impliquées dans ce processus et son calendrier.

En général, la plupart des projets de restauration n'ont pas préparé de plans systématiques de suivi de la restauration. Lorsqu'il existe, le suivi a été mené de manière à ne prendre en compte que le taux de survie des semis plantés, en ignorant les autres services écosystémiques.

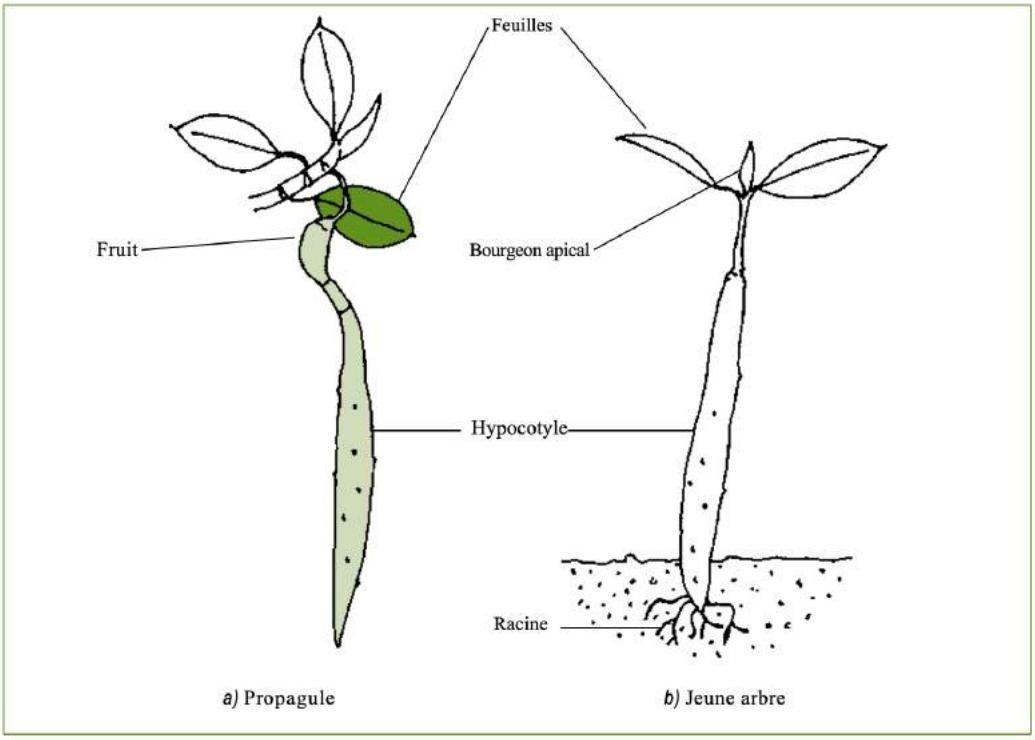


Figure 4. Morphologie de A. marina, semence et plantule

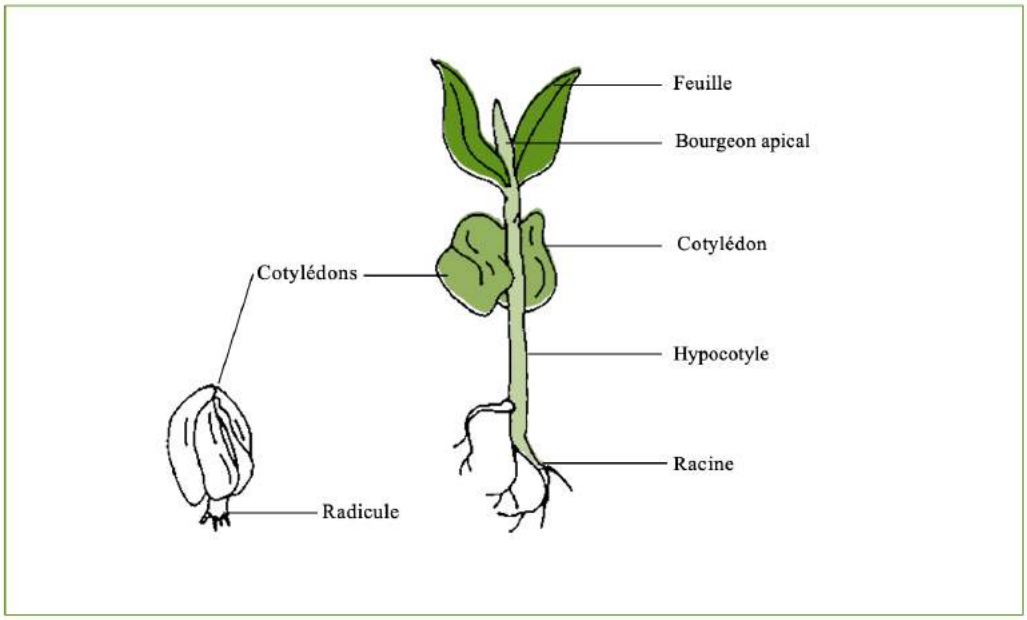


Figure 5. Morphologie de R. mucronata propagule et jeune

Tableau 5. Disponibilité de propagules/plantules pour des mangroves de la région de l'OIO

ESPECES	MATERIEL DE PLANTATION	PIC DE DISPONIBILITE DE PROPAGULES*	INDICATEUR DE MATURITE	TAILLE A MATURITE	CONSERVATION	TRAITEMENT
Avicennia marina	Plantule	Avril-Mai	Le tégument vire au jaune pâle, ridé	Poids de 100 graines > 150g	5	Tremper dans de l'eau fraîche > 12h
Bruguiera gymnorrhiza	Propagule	Avril-Juillet	Corps rougeâtre-marron	Longueur de la propagule > 15cm	10	Conditions fraîches et humides
Ceriops tagal	Propagule	Février-Mars	Collet jaune pâle, corps marron-vert	Longueur de la propagule > 20cm	15	Conditions fraîches et humides
Rhizophora mucronata	Propagule	Mars-Juin	Vert foncé, flotte sur l'eau	Longueur de la propagule > 40cm	30	Conditions fraîches et humides
Sonneratia alba	Fruit	Septembre-Novembre	Marron foncé, flotte sur l'eau	Diamètre de fruit > 4cm	5	Tremper dans de l'eau fraîche > 12h
Xylocarpus granatum	Fruit	Mai-Juillet	Vert foncé	Poids de la graine dans le fruit > 30g	30	Conditions fraîches et sèches jusqu'à ouverture
Xylocarpus moluccensis	Fruit	Mai-Juillet	Vert foncé	Poids de la graine dans le fruit > 10g	20	Conditions fraîches et sèches jusqu'à ouverture
Lumnitzera racemosa	Graine	Mai-Juillet	Les fruits sont brun noirâtre, ovales ou ovoïdes	les petites graines ont une taille d'environ 10 par 8 mm.	20	Conditions fraîches et sèches jusqu'à ouverture
Heritiera littoralis	Fruit	Mai-Juillet	Marron foncé	Semence intacte dans le fruit, aucun signe d'attaque d'insectes	>30	Tremper dans de l'eau fraîche (1-2 semaines)

* La période de fructification maximale indiquée ici peut varier d'un site à l'autre. Les développeurs de projets doivent comprendre la saisonnalité des arbres dans leur localité avant de lancer un projet de reboisement dans une zone particulière.

ÉTAPE 9 : RETOUR ET AJUSTEMENT

Dans la plupart des projets de restauration, la perception a été qu'une fois les mangroves replantées, elles se développeront sans autre forme de surveillance. Cela est susceptible d'échouer car les mangroves sont des écosystèmes dynamiques qui subissent l'influence de facteurs de stress internes et externes. Le tableau 7 résume les raisons associées aux échecs de nombreux efforts de restauration de la mangrove et les leçons qui peuvent être tirées de la surveillance, afin d'apporter des ajustements aux phases de planification et de mise en œuvre. Les étapes et procédures détaillées de mise en œuvre d'un plan de restauration sont présentées en détail au chapitre 4. La réhabilitation des sites de mangrove touchés par une marée noire est un cas assez rare dans la région et peut nécessiter un suivi spécialisé par des experts (Encadré 1).



Questions à considérer pendant les phases de suivi et d'évaluation :

- Revisiter le site de restauration pour évaluer la performance
- Identifier qui mettra en œuvre le plan de suivi
- Évaluer la succession secondaire (flore et faune)
- Chiffrer le coût des projets de restauration

Tableau 6. Méthodes de propagation pour différentes espèces de mangroves

ESPÈCES	MODE DE PROPAGATION	PROFONDEUR	OMBRE	DURÉE* DE GERMINATION	PARASITES COURANTS	TAILLE/AGE POUR PLANTATION A L'EXTÉRIEUR
Avicennia marina	Pépinière	Sur la surface de terre en pot	30%, côtés entiers	Au plus 10 jours	Crabes, insectes chenilles	Ht ~ 50 cm No. de feuilles : 12 Age 6-8 mois
Bruguiera gymnorrhiza	Plantation directe/ pépinière	Enfoncer ~ 5 cm dans le sol	30%, 2/3 de côté	10-20 jours	Crabes	Ht ~ 50 cm No. de feuilles ≥6 Age 8 mois
Ceriops tagal	Plantation directe/ pépinière	Enfoncer ~ 5 cm dans le sol	50%, 2/3 de côté	10-20 jours	Crabes	Ht ~ 30 cm No. de feuilles ≥6 Age 8 mois
Rhizophora mucronata	Plantation directe/ pépinière	Enfoncer ~ 7 cm dans le sol	50%, 2/3 de côté	10-20 jours	Crabes	Ht ≥ 80 cm No. de feuilles ≥8 Age 8 mois
Sonneratia alba	Pépinière/sauvageons	Semer les graines sur le lit de pépinière Enfoncer délicatement la radicule	30%, côtés entiers	5-7 jours	Crabes	Ht ~ 50 cm No. de feuilles ≥10 Age 6-8 mois
Xylocarpus granatum	Plantation directe/ pépinière	Laisser reposer sur la surface, radicule vers le bas	30%, côtés entiers	3 semaines à 3 mois	Crabes	Ht ~ 80 cm No. de feuilles 12-14 Age 8 mois
Xylocarpus moluccensis	Plantation directe/ pépinière	Laisser reposer sur la surface, radicule vers le bas		20 jours	Crabes	Ht ~ 50 cm No. de feuilles 12-14 Age 8 mois
Lumnitzera racemosa	Pépinière/sauvageons			1 semaine à 2 mois		Ht ~ 30 cm No. de feuilles ≥10 Age 8 mois
Heritiera littoralis	Plantation directe/ pépinière	Laisser reposer sur la surface, radicule vers le bas			Crabes	

*La durée de germination peut varier dépendant de la maturité et de la qualité des semences



Photo 2. Replantation de mangrove (R. mucronata) réalisée 6 ans plus tôt par le projet Honko Reef Doctor, Madagascar.

Tableau 7. Résumé des raisons courantes d'échec des projets de mangroves et leçons apprises

RAISONS D'ÉCHEC DES EFFORTS DE RESTAURATION	LEÇONS APPRISES
- Utilisation de méthodes inappropriées - Information insuffisante - Échec de tentatives d'implication des communautés - Suivi inadéquat des plantules après la plantation - Mauvaise sélection de l'habitat, sans évaluation adéquate du site - Mauvaise sélection des espèces de mangrove à replanter. - Plantation inadéquate de plants de palétuviers à une profondeur de substrat supérieure à l'étendue convenue pour les palétuviers dans la région - Mauvaise coordination entre les institutions concernées - Mauvaise compréhension du rôle écologique des forêts de mangrove parmi les responsables politiques et les décideurs à différents niveaux de gouvernement, ce qui se traduit par un faible soutien aux initiatives de restauration.	- Études diagnostiques sur les aspects socio-écologiques des mangroves - Adopter une approche plus exhaustive - Faire participer de nombreux experts et parties prenantes - Relier la langue locale à l'expertise de la communauté scientifique - Suivi et évaluation du succès - Identifier en avance les problèmes et prendre des mesures correctives - Partager les connaissances et les expériences - Importance des études d'évaluation des mangroves - Sensibilisation et plaidoyer continus pour la conservation des mangroves

Encadré 1. Réhabilitation des sites de mangrove touchés par des hydrocarbures

Les déversements d'hydrocarbures peuvent avoir des effets graves et durables sur les écosystèmes de mangrove. Le type de pétrole et l'étendue de la contamination dicteront les mesures d'atténuation appropriées. Bien que les déversements d'hydrocarbures ne soient pas un grand défi dans la région de l'OIO, la situation est susceptible de changer car on assiste à une augmentation des explorations d'hydrocarbures dans les zones côtières, dont certaines ont des mangroves. En évaluant les approches de remédiation et de réhabilitation, la considération primordiale est le besoin d'appliquer l'approche la plus sûre, la moins coûteuse et la plus durable pour améliorer la situation et apporter des changements mesurables dans le délai le plus court possible. Dans certains cas, il est toutefois approprié de ne rien faire lorsque l'élimination naturelle des hydrocarbures est rapide, lorsque les mangroves sont inaccessibles ou lorsque le nettoyage causera plus de mal que de bien. Dans les cas où la plantation de palétuviers est nécessaire pour se remettre d'une marée noire, la bioremédiation doit être mise en œuvre pour réduire la toxicité avant la replantation. Les options de bioremédiation appropriées pour la région de l'OIO sont les suivantes.

i) Culture de la terre : ce processus implique la stimulation des microbes pour augmenter l'activité biologique en utilisant des nutriments (azote, phosphore, potassium), le labourage ou l'injection d'air pour une meilleure aération et des activités microbiennes (Photo 10). L'aspect le plus difficile de la culture du sol est l'oxygénation, car des conditions d'anaérobie peuvent survenir fréquemment pendant la culture du sol, réduisant l'activité aérobie (Liu *et al*., 2012). Le taux de réussite de l'élevage sur terre varie considérablement en fonction d'une variété de facteurs physico-chimiques et anthropiques (Maier et Gentry 2015).

ii) Traitement au peroxyde d'hydrogène : la peroxydation peut être utilisée dans des applications spéciales où les contaminants nécessitent une oxydation pour réduire leur toxicité et activer leur dégradation. L'utilisation de peroxydes est peu coûteuse pour le traitement des sols et des aquifères. L'utilisation de peroxydes (par exemple, le peroxyde d'hydrogène, le peroxyde de manganèse ou le peroxyde de sodium) pourrait être complétée par d'autres méthodes afin d'accélérer la dégradation.



Photo 3. Culture de la terre des sols contaminés par le pétrole.

(iii) Phytoremédiation : cette technique fait usage de plantes et de microorganismes associés pour le traitement *in situ* de sols contaminés (White *et al*., 2005 ; Agbogidi *et al*., 2011 ; Kathi et Khan, 2011 ; Njoku *et al*., 2012). Les graminées, herbes, arbustes et arbres sont les types généraux de plantes qui ont été considérés dans la phytoremédiation. Les graminées connues pour leur efficacité dans la bioremédiation sont, entre autres, l'herbe de blé, l'herbe de rye et le vétiver (Kathi et Khan 2011).

(iv) Rhizoremédiation : l'application de champignons filamenteux tels que la pourriture blanche, qui utilise le processus de minéralisation pour dégrader les polluants. La pourriture blanche contient des enzymes qui peuvent décomposer et minéraliser les hydrocarbures et de nombreux autres polluants en formes non toxiques. (Adenipekun et Fasidi, 2005 ; Obire *et al.,* 2008).

(v) Phycoremédiation : utilisation d'algues pour faciliter la dégradation des contaminants. Les algues sont des organismes photosynthétiques qui possèdent de la chlorophylle et une structure reproductive très simple, mais n'ont pas de racines, de tige ou de feuilles. Elles ont besoin de carbone pour la photosynthèse et pendant ce processus, de l'oxygène est libéré, ce qui renforce l'activité bactérienne et favorise la dégradation des hydrocarbures et libère du dioxyde de carbone qui est ensuite utilisé par les algues pour la photosynthèse.

(vi) Bioaugmentation : l'application de microbes et/ou de biosurfactants pour accélérer la dégradation des hydrocarbures dans le sol et l'eau. Le principal avantage de l'utilisation de biosurfactants dans la bioremédiation est qu'ils augmentent considérablement la biodisponibilité des contaminants, ce qui permet aux microbes d'y accéder plus facilement.

Rétablissement de la végétation de mangrove dans les zones touchées par un déversement d'hydrocarbures

La contamination par le pétrole des sols hautement organiques des mangroves peut persister et être toxique pour les espèces pendant plusieurs années. Par conséquent, des études de référence sur l'étendue de la contamination, le taux de décomposition naturelle du pétrole dans les sédiments, le degré de toxicité des sédiments pour la faune des mangroves doivent être menées afin de déterminer le moment où le site est prêt pour la restauration de l'écosystème et quelle option de remédiation doit être choisie. Lorsque le régime des marées des sites concernés a été perturbé, il faut rétablir l'hydrologie en creusant des canaux qui imitent le débit naturel de l'eau, pour permettre la reconstitution d'une forêt mourante.

Les canaux doivent être creusés à un angle de 45° par rapport au canal naturel, tandis que les canaux latéraux doivent être creusés à un angle de 30° par rapport au canal principal (Figure 13). Les dimensions des canaux sont déterminées par les courbes de niveau et par l'amplitude des marées des sites affectés. Les canaux doivent être creusés en forme de trapèze afin de planter les arbres au niveau du milieu du canal. Cela permet de s'assurer que les plantes bénéficient de l'eau de la marée, mais en même temps qu'elles ne sont pas submergées. Néanmoins, les neuf étapes décrites au chapitre 3 et le plan de mise en œuvre du chapitre 4 doivent être respectés.



Figure 6.Canaux adaptés à la restauration hydrologique

4. Mettre en œuvre un plan de restauration de mangroves

Les échecs de la plupart des projets de restauration ont été associés à l'absence d'un plan de suivi. Il est essentiel de surveiller les projets de restauration de la mangrove pour plusieurs raisons:

- Il facilite l'évaluation des performances de survie et de croissance des plantules ; ainsi les plantules mortes et celles dont la croissance est faible peuvent être remplacées au fil du temps.
- Il permet de déterminer à temps la possibilité qu'un projet atteigne ses buts et objectifs de restauration.
- Il est possible de documenter les défis et les succès rencontrés et, si possible, identifier les moyens d'en prendre acte. On peut également en tirer des leçons pour les futurs programmes de restauration.
- Les attaques de parasites/maladies peuvent être notées à temps et contrôlées.
- L'enlèvement des débris (croissance d'algues, débris solides apportés par les marées) peut être effectué pendant le suivi.
- La surveillance est nécessaire pour évaluer les dommages causés par les vagues, les crabes, le vandalisme.

Le succès des initiatives de restauration est déterminé à travers l'évaluation de la santé de la forêt, de sa productivité, du recrutement de régénération et de la succession faunique par rapport à l'objectif du programme. La performance d'une plantation est comparée à celle d'un système naturel adjacent pour établir des seuils de réussite basés sur l'augmentation de la biomasse, la diversité des espèces et la colonisation par la faune. Par conséquent, des données sur la productivité et les successions indirectes sont nécessaires pour déterminer le succès de la restauration. Il est essentiel de recueillir des données sur les attributs de la végétation [hauteur des arbres, diamètre à hauteur de poitrine (DHP) et densités de juvéniles] ainsi que sur la succession secondaire (espèces benthiques, pêches) et les conditions du sol.

4.1. Évaluation de la végétation

L'évaluation de la végétation doit être effectuée à la fois dans la pépinière et sur le site de restauration. Les paramètres suivants doivent être surveillés selon le calendrier présenté au tableau 8:

i. Mortalité/survie et pourcentage de germination (pour l'ensemble de l'échantillon).
ii. Augmentation moyenne de la hauteur (en cm), nombre d'entre-nœuds, nombre de feuilles, nombre de branches latérales (pour un échantillon de 20 à 30 ; Figure 14).
iii. Diamètre de la tige (en cm) au 2ème entre-nœud. Pour *A. marina*, le diamètre de la tige est pris à 50 % de la hauteur totale de la plante (pour un échantillon de 20 à 30).
iv. Mesure de la longueur et de la largeur des feuilles (pour un échantillon de 20 à 30).
v. Déterminer le recrutement d'espèces non plantées (sauvageons).

4.2. Succession secondaire

Un programme de suivi complet et significatif devrait inclure une évaluation du retour de la biodiversité et des services écosystémiques, en comparant les sites réhabilités aux sites de référence (forêt non dégradée). Ceci est dû au fait que la biodiversité associée à la mangrove a une association complexe avec les arbres de

mangrove. Les indicateurs de réussite de la restauration peuvent donc être évalués sur la base de la somme totale des espèces fauniques et des densités présentes dans une forêt. Néanmoins, la plupart des projets de restauration de mangrove dans l'OIO sont de petite taille et ne sont pas nécessairement en mesure, en raison de limitations budgétaires, d'entreprendre un programme de surveillance aussi complet. Par conséquent, cela ne devrait être envisagé que lorsque les ressources sont garanties, faute de quoi seules les caractéristiques générales peuvent être évaluées.

Les mangroves bénéficient de l'interaction mutuelle avec la biodiversité faunistique associée qui remplit les fonctions suivantes :

- Influencer la structure de la végétation par la prédation sélective sur les plantules ;
- Jouer un rôle dans le cycle des nutriments par l'utilisation rapide des feuilles de palétuviers tombées au sol ;
- Modifier les sédiments des mangroves par les nombreux terriers qu'ils creusent ;
- Réduire la salinité de l'eau interstitielle en permettant l'évacuation des sédiments à travers leurs terriers ;
- Maintenir la matière organique dans le système en enterrant et en mangeant les feuilles de palétuviers tombées au sol ;
- Les insectes jouent un rôle essentiel dans la pollinisation de la mangrove et peuvent également être des parasites de différentes espèces d'arbres, influençant ainsi la structure de la forêt de mangrove ;
- Les chauves-souris sont également des pollinisateurs de *S. alba* ; les oiseaux peuvent aussi contribuer à contrôler les insectes nuisibles ;
- Les grands mammifères sont également importants pour la distribution et le maintien de la chaîne alimentaire dans la forêt. Ils contribuent au cycle des nutriments et influencent la structure de la forêt par la prédation des arbres adultes de la mangrove et des jeunes arbres et propagules.

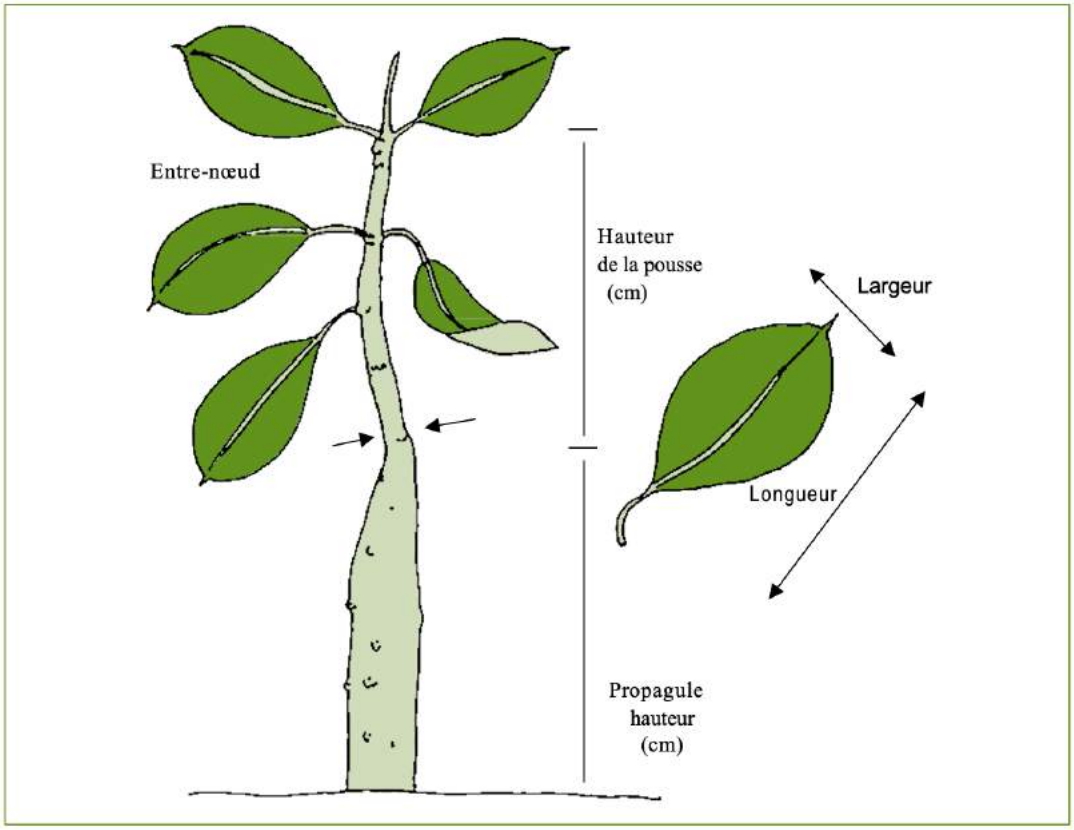


Figure 1. Biométrie d'un jeune arbre de mangrove

Le dépérissement extensif et/ou la surexploitation des palétuviers est/sont susceptible/s d'affecter la composition et la densité des espèces animales, de restreindre l'aire de répartition des espèces en raison de la perte d'habitats et, finalement, d'affecter même la taille de la population de certaines espèces. Il est essentiel d'évaluer la récupération de la biodiversité associée à la mangrove dans un projet de restauration. Les espèces macrobenthiques comme les crabes et les mollusques ont une capacité variable d'adaptation aux changements environnementaux et sont donc considérées comme des indicateurs importants du retour des fonctions de l'écosystème. Ces groupes apparaissent en grand nombre et réagissent rapidement et de manière variée à une légère perturbation du système. Dans les parcelles permanentes de 10 m x 10 m définies ci-dessus pour le suivi de la végétation, deux sous quadrats de 2 m x 2 m doivent être placés au hasard pour le suivi effectif des crabes et des mollusques au moins un jour avant chaque épisode d'échantillonnage réel. Le suivi doit être effectué strictement pendant les marées de printemps basses, tôt le matin. Un ou deux observateurs doivent se tenir à au moins 10 mètres du quadrat et observer les espèces de crabes à l'aide d'une paire de jumelles. En fonction de l'espèce de mangrove où la restauration a eu lieu, les observateurs resteront immobiles pendant une période de 10 à 20 minutes avant de commencer l'observation. Lorsque les crabes ont commencé leurs activités alimentaires normales, les observateurs doivent commencer à enregistrer les informations suivantes dans un gabarit de collecte de données (Tableau 9).

- Toutes les espèces de crabes présentes ;
- Le nombre de tous les crabes par espèce présents dans le quadrat ;

- Le sexe de toutes les espèces de crabes présentes sur le terrain (Photo 11).

Afin d'éviter la sous-estimation des espèces non actives lors des décomptes binoculaires directs, trois sous-quadrats (0,5 m × 0,5 m) devraient être placés dans le quadrat de 2 m × 2 m après les décomptes binoculaires, afin de compter les terriers de crabes. Ils doivent être classés en fonction de leur taille (c'est-à-dire <1cm ; = 1cm; >1cm). Dans le quadrat d'échantillonnage, les espèces de mollusques trouvées à 1 m de hauteur sur les arbres doivent également être identifiées et comptées. Les crabes et mollusques communs susceptibles d'être rencontrés dans les mangroves de l'OIO sont indiqués au Tableau 10.

La communauté de poissons dépendant des mangroves peut également être affectée lorsque celles-ci sont perdues ou dégradées. Avec des pneumatophores qui s'étendent à des dizaines de mètres des arbres, les mangroves constituent des habitats uniques pour les poissons (Photo 12). Les étapes suivantes peuvent être utilisées pour échantillonner la communauté de poissons sur le site de restauration et la comparer aux résultats obtenus dans une zone de mangrove non dégradée :

- Installer des filets de pieu, constitués de filets à mailles fines de 2 mm, de 10 m de long sur 2,5 m de large, dans les zones replantées ;
- L'utilisation d'un filet à centipèdes est encouragée, en particulier dans les zones de végétation avec des pneumatophores denses qui peuvent rendre difficile la pose de filets de pieu ;
- Les filets doivent être installés pendant la marée basse de printemps, en enterrant la ligne de plomb dans le sédiment et en la fixant au sol à l'aide de chevilles en bois ;
- Pendant la marée haute, le haut du filet est soulevé sur des piquets en bois fermement enfoncés dans le sédiment à des intervalles de 2,5 m et fixés de sorte à ce que le haut du filet soit au-dessus du niveau de l'eau ;
- Les poissons doivent être identifiés et comptés à marée basse, après l'écoulement de l'eau du filet ;
- Les rythmes saisonniers de la mousson doivent être pris en compte lors de l'échantillonnage

Tableau 8. Calendrier du suivi des végétaux pour un projet de restauration de mangrove

	ACTIVITÉ	OBSERVATIONS/PARAMÈTRES À MESURER
0+3 mois	a) Préparer le rapport de la pépinière et les phases de plantation en extérieur b) Évaluation de survie c) Combler les lacunes d) Contrôle antiparasites e) Enlèvement de débris	- % de survie - Si la survie est faible, tenter d'identifier la cause du problème - Noter l'origine des débris - Noter toute forme de perturbation ou de dégâts
6	a) Évaluation - survie des plantules et performance de croissance b) Surveillance	- % de survie - Hauteur (du sol à la base des feuilles les plus hautes), nombre de feuilles pour des individus choisis au hasard (les marquer pour le suivi subséquent) - Noter toute forme de perturbation ou de dégâts
9	a) Évaluation — survie plantules & croissance performance, recrutement de sauvageons b) Surveillance	- % de survie - Taille, diamètre (entre 1er & 2è entre-nœud pour *Rhizophora*, *Bruguiera* et *Ceriops*; à 30 cm du sol pour les autres espèces), nombre de feuilles pour les individus marqués. - Noter le nombre et les espèces des recrutements naturels. - Noter toute perturbation.
12	a) Évaluation — survie plantules &croissance performance, recrutement de sauvageons b) Évaluation -types d'animaux & abondance c) Surveillance d) Rapport annuel	- % de survie - Taille, diamètre, nombre de feuilles des individus marqués - Noter le nombre et espèces des recrutements naturels - Noter les défis émergeants et proposer un plan d'action approprié pour y faire face - Signaler toutes les activités de la première année
18	a) Évaluation — performance de croissance, recrutement de sauvageons b) Évaluation – types d'animaux et abondance c) Surveillance	- Taille, diamètre, nombre de feuilles des individus marqués - Noter le nombre et les espèces des recrutements naturels - Noter toute forme de perturbation ou de dégâts
24	a) Performance de croissance, sauvageons, animaux b) Facteurs environnementaux c) Rapport annuel d) Surveillance	- Paramètres de croissance semblables à la précédente mesure (mais le point de mesure du diamètre pourrait avoir besoin d'être revu quand les plantules vieillissent. Si les entre-nœuds ne sont plus visibles, mesurez à ~ ½ de la hauteur de l'arbre - Noter aussi la survie des sauvageons. - Noter le changement des sols
36	a) Performance de croissance, sauvageons b) Surveillance c) Rapport annuel	
48	a) Performance de croissance b) Surveillance c) Rapport annuel	
60	a) Performance de croissance – évaluation générale de la forêt, incluant la régénération naturelle b) Élagage /ou éclaircissement c) Rapport détaillé — référentiel pour les évaluations subséquentes (par ex. tous les cinq ans) d) Rapport financier détaillé — consignant les coûts de la plantation et autres opérations	- Évaluation de la forêt en utilisant les techniques normalisée — Diamètre à hauteur de poitrine (DHP) à 130 cm du sol - Régénération naturelle — plantules/boutures groupées en trois classes de régénération — classe 1: < 40 cm de hauteur ; classe 2: 40-150 cm et, classe 3: >150 cm - Élagage et éclaircissement dépendent des objectifs de la plantation, c.à.d. préférablement replanter pour la production de bois. Déterminer un espacement approprié — habituellement entre 1 et 2 m.

Tableau 9. Format pour la collecte de données sur la colonisation faunique

ESPÈCE	SEXE		TERRIER		
	MÂLE	FEMELLE	< 1CM	= 1CM,	> 1CM

Tableau 10. Espèces courantes de crabes et de mollusques susceptibles d'être rencontrées dans les mangroves de la région de l'OIO

ESPÈCE DE CRABE/MOLLUSQUE	ZONE DE MANGROVE	TEMPS D'ATTENTE (MINUTES)	OBSERVATIONS
Uca annulipes	Déserte et *Ceriops*	15-20	Trouvée là où les sédiments sont sablonneux
Uca inversa	Zone déserte	15-20	Trouvée là où les sédiments sont sablonneux
Uca chloropthalmus	*Rhizophora* et *Sonneratia*	15-20	Trouvée principalement dans des sédiments argileux et quotidiennement inondés
Uca urvillei	*Rhizophora* et *Sonneratia*	15-20	Trouvée principalement dans des sédiments argileux et quotidiennement inondés
Uca vocans	*Rhizophora* et *Sonneratia*	15-20	Trouvée principalement dans des sédiments argileux et quotidiennement inondés
Uca tetragonon	Zone de *Rhizophora*	15-20	Trouvée sur la frange côté mer, associée au sable
Perisesarma guttatum	Toutes les zones	15-20	Deviennent plus gros dans la zone de *Rhizophora*
Parasesarma leptosoma	*Rhizophora*	15-20	Vues principalement grimpant aux arbres de *Rhizophora*. Ressemblent à *P. guttatum*
Neosarmatium meinerti	*Rhizophora* et zone vers la terre	30-45	Font de gros terriers et ramassent les feuilles rapidement quand elles tombent
Chiromantesort manni	*Rhizophora* et *Sonneratia*	15-20	Ont des pinces vertes jaunâtres et un corps foncé
Neosarmatium smithii	*Rhizophora* et côtés vers la terre	30-45	De taille moyenne, sont aisément identifiés par leurs pinces rouges
Metopograspus thukuhar	Zone de *Rhizophora*	20-30	
Metopograspus messor		20-30	Trouvée sur les rives boueuses, les racines et les troncs d'arbre
Pachygraspus minutus		20-30	Trouvée principalement dans les fragments de coraux morts et les débris
Cardisoma carnifex	*Rhizophora* et côtés vers la terre	30-45	Très gros crabes qui font de grands terriers. Ils habitent *A. marina* située vers la terre et des arbres terrestres, actifs de nuit
Cerithidea decollata	Toutes les zones	Aucun	Ils grimpent aux arbres de mangrove et descendent selon les marées
Littoraria scabra	Toutes les zones	Aucun	Peut être trouvée sur des surfaces feuilles
Terrebralia palustris	*Rhizophora* et zone vers la mer	Aucun	Le plus gros escargot véritablement de mangrove
Crassostrea culcullata oyster	Zone de *Rhizophora*	Aucun	Sessile, fixée aux troncs et branches

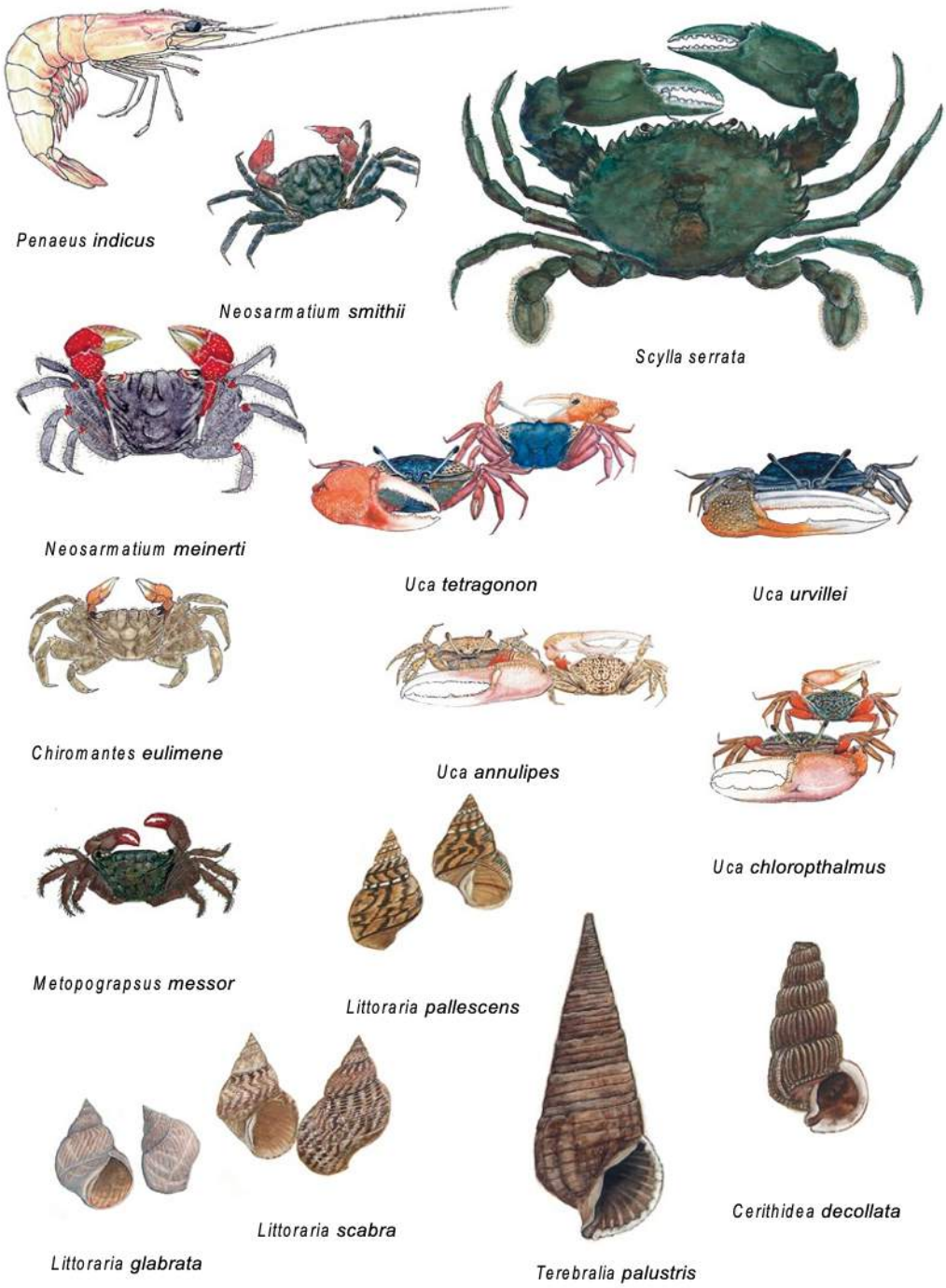


Figure 2. Crabes et mollusques couramment trouvés dans les mangroves de la région de l'OIO (de Richmond, 2011).

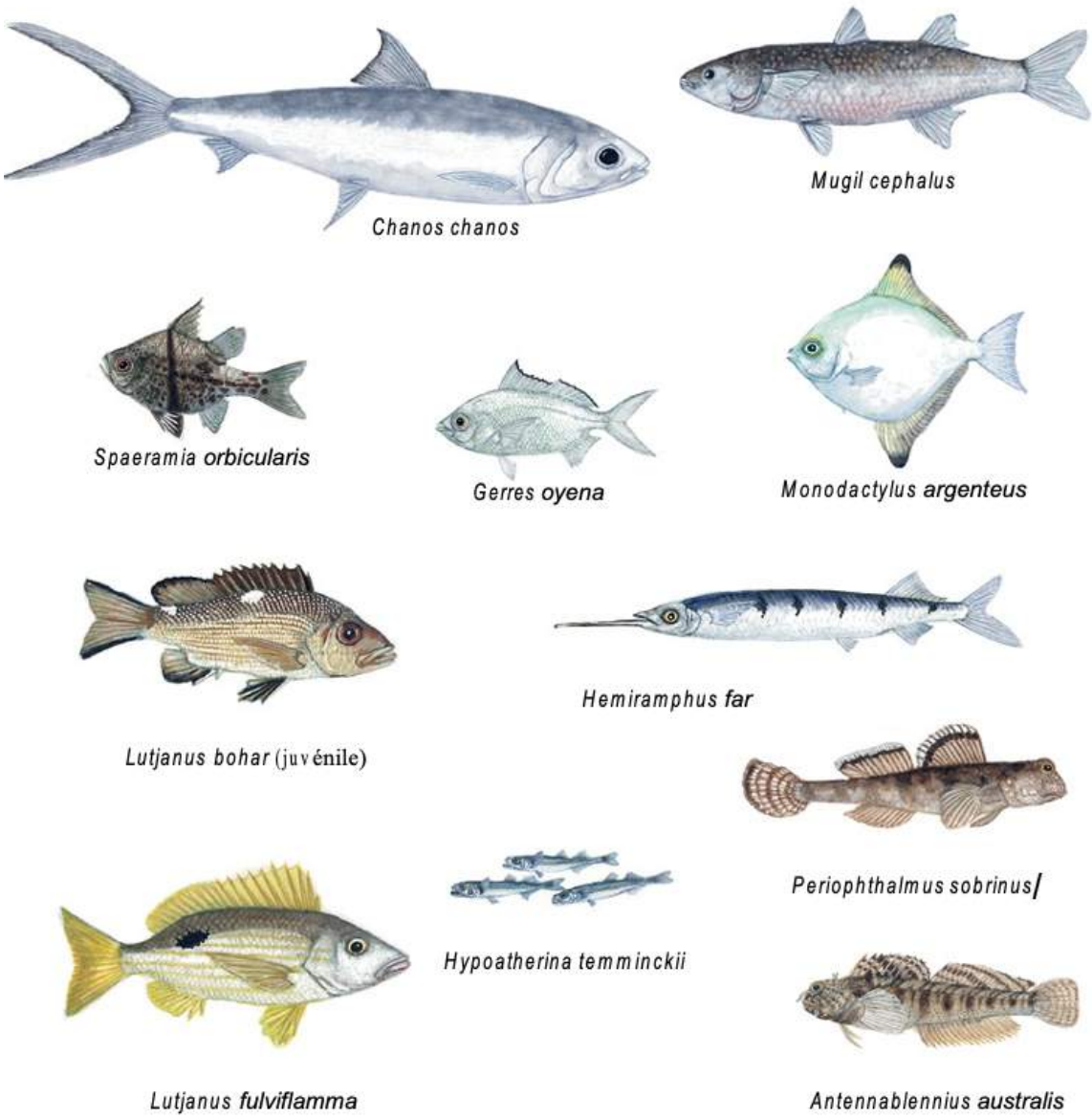


Figure 3. Quelques-unes des espèces de poissons couramment trouvées dans les forêts de mangrove (de Richmond, 2011).

5. Études de cas sur ce qui a fonctionné et leçons apprises

Les campagnes de restauration de la mangrove dans l'OIO sont principalement soutenues par des organismes d'aide soit à l'initiative du gouvernement, d'organisations non gouvernementales (ONG), de la communauté ou d'un mélange de tous.

5.1. Initiatives menées par le gouvernement : le cas de Maurice

Le meilleur exemple de cette initiative est l'île Maurice où le gouvernement a joué un rôle actif dans la restauration et la gestion des mangroves depuis les années 1990 (Planche 11). L'initiative a consisté à mettre en place une pépinière de mangroves à la ferme piscicole de Mahébourg, dans le sud-est de l'île Maurice. Au cours de la première phase du projet (juin 1995-1996), plus de 12 000 plants ont été plantés sur neuf sites autour de l'île, couvrant une zone lagunaire totale de 22 750 m², dont une grande partie à l'intérieur et à proximité des AMP, notamment Rivière Noire à l'ouest, Poudre d'Or au nord et les réserves de pêche de Grand-Port au sud-est. Un taux de survie moyen de 65% a été enregistré. La deuxième phase (juin 1997-décembre 1998) a concerné quatre sites le long de la côte ouest, couvrant une superficie de 23 750 m² où 47 500 plants ont été plantés. La troisième phase (février 2000-2001), comprenait cinq sites le long de la côte nord, plantés de 40 000 semis couvrant 20 000 m². Au cours des quatrième et cinquième phases suivantes, d'une durée d'un an chacune, trois sites à l'est, d'une superficie de 29 000 m², ont vu 58 000 semis plantés ; et une vasière de 23 000 m² dans la partie ouest de l'île a reçu environ 41 000 propagules. Un an plus tard (en 2002), plus de 95 % des mangroves plantées étaient devenues des plantes saines atteignant le stade de quatre à six feuilles, enregistrant même un taux de survie supérieur à 80 %. La superficie des mangroves dans le pays est ainsi passée de 45 ha à 120 ha en 2005. Sur la base de ce succès, les ONG et les parties prenantes locales ont été encouragées à poursuivre la tâche et à sensibiliser davantage le public. En 2014, la couverture de mangrove à Maurice était passée à 179 ha. Pour préserver cette réussite, les lois du pays ont mis l'accent sur la protection des mangroves et sont très strictes.

5.2. Initiatives menées par des ONG : le cas de Madagascar

Madagascar est connue pour l'approche associative, conduite par des ONG locales et internationales, ayant dirigé des activités de restauration pendant de nombreuses années, notamment le long des côtes sud-ouest et nord-est de Madagascar, avec la participation de multiples parties prenantes, y compris les autorités régionales et locales, les organisations communautaires (OC), les instituts de recherche et le secteur privé. En plus d'initier la restauration, les ONG ont pris en charge la coordination du programme de restauration à l'échelle nationale, en fournissant un soutien financier et technique aux projets de restauration. En engageant les communautés à Madagascar (Photo 12) et les parties prenantes, les ONG ont utilisé deux approches :

i. La participation volontaire à la restauration de la mangrove par le biais de campagnes d'éducation et de sensibilisation entreprises avant le lancement des activités de plantation. La plantation de mangroves exigeant beaucoup de travail, il est nécessaire de sensibiliser et de motiver les communautés locales à l'égard de ces initiatives. La pratique courante est qu'aucune rémunération financière n'est donnée, bien que l'ONG puisse proposer nourriture contre travail, comme une incitation. Cette approche s'est

révélée plus efficace et durable pour la restauration et la gestion des mangroves.

ii. Une compensation financière, après mobilisation et sensibilisation, est fournie à la main-d'œuvre de la communauté locale. Cette rémunération est versée pour la collecte des propagules, la plantation proprement dite et la surveillance après la plantation. Ici, d'autres parties prenantes, comme les organisations communautaires, apportent également une contribution financière. La compensation varie en fonction de la capacité financière des bailleurs.



Photo 1. Mangroves plantées au Morne, Maurice. En haut, avant la plantation en mai 2011 et en bas, après la plantation en septembre 2011

5.3. Initiatives menées par les communautés : le cas du Mozambique

Cette approche est caractéristique du Mozambique où les communautés se lancent dans la restauration des mangroves sans aide extérieure, lorsque la population dans son ensemble ressent directement l'impact écologique évident de la dégradation des mangroves. Lorsqu'elles prennent conscience du problème, les communautés décident de restaurer les zones dégradées dans leur localité, en utilisant leurs propres ressources (Photo 13).

Un exemple de projet communautaire est celui de Nhangau, dans le centre du Mozambique, où la communauté, sur une base volontaire, s'est engagée dans la restauration et la conservation des mangroves depuis le milieu des années 1990. Elle a créé un Comité de gestion des ressources naturelles (CGRN), responsable de la plantation de mangroves et de la surveillance des zones plantées et naturelles, de l'application de la loi et des règlementations locales, de la promotion d'activités alternatives génératrices de revenus (AGR) telles que la production de fourneaux à faible consommation d'énergie, l'apiculture, les jardins médicinaux et l'aquaculture, à cela s'ajoutant une sensibilisation continue. Des représentants du gouvernement, des étudiants et des membres de la société civile ont également été régulièrement invités à participer aux campagnes de plantation volontaire à Nhangau, uniquement encouragés par des courses mensuelles, le renforcement des capacités et la création d'un fonds communautaire. Les résultats positifs de cette initiative ont déclenché sa transformation en un programme auquel le gouvernement a décidé d'accorder un budget annuel, par le biais du ministère concerné, à partir de 2001.

La communauté a par la suite fait état de plusieurs avantages de cette initiative, notamment une augmentation des prises de poissons et de crabes, l'amélioration de l'habitat et la protection du littoral. Cependant, un certain nombre de défis persistent, notamment l'insuffisance de l'application de la loi, le besoin d'AGR plus innovantes et l'insécurité financière.



Photo 2. Plantation de mangrove parrainée par une ONG à Ambanja, Madagascar

5.4. Approche mixte : le cas du Kenya, de la Tanzanie et des Seychelles

Cette approche est caractéristique du Kenya, de la Tanzanie et des Seychelles où les agences gouvernementales, les ONG, les agences de financement et les communautés travaillent ensemble à la restauration et à la gestion des mangroves. Dans cette approche, la sensibilisation des communautés à l'importance des mangroves a été essentielle et s'est améliorée au fil des ans. L'intégration des connaissances locales à la restauration des mangroves est largement utilisée dans cette approche. Dans le delta de Rufiji (Tanzanie), par exemple, dans le cadre de campagnes parrainées par le gouvernement et les ONG, les communautés plantent des mangroves pendant la saison des pluies, car elles ont acquis l'expérience que les semis et les jeunes plants poussent beaucoup mieux dans des sols moins salins (Cadre et Photo 14). Les connaissances locales ont également été utilisées pour sélectionner des zones adaptées à la restauration, en se basant sur l'expérience locale des processus hydrologiques tels que le régime des marées et la fréquence des évacuations d'eau dans les zones restaurées proposées. Au Kenya, une sensibilisation accrue et des interactions au sein des groupes de parties prenantes ont permis aux communautés locales de restaurer et de protéger les mangroves de Gazi Bay par la vente de crédits carbone (Cadre et Photo 15). Dans ce cas, les communautés planifient, mettent en œuvre et gèrent les zones de mangrove replantées en dépendant très peu des partenaires extérieurs.



Photo 13. La participation efficace de la communauté est la clé de la réussite de la restauration de la mangrove dans l'estuaire du Limpopo, Mozambique.

Mozambique : cadre légal pour soutenir l'autonomisation de la communauté

La participation des communautés à toutes les questions relatives à la gestion des mangroves est recommandée et protégée par la loi mozambicaine (loi n° 19/97 du 1er octobre ; loi n° 10/99 du 7 juillet) et par plusieurs autres instruments règlementaires, notamment la politique nationale de l'environnement (résolution 5/95 du 3 août), selon le principe que les communautés sont les plus touchées par toute décision prise concernant la gestion des ressources. La participation des communautés à la conception des mesures locales de gestion favorise également leur autonomisation, augmente la conformité et légitime l'autosurveillance (Agrawal, 2003). Cependant, l'implication des communautés n'est pas toujours un processus aisé (Frank *et al.,* 2017). Il implique des consultations approfondies, des mécanismes de participation inclusifs, des incitations et une distribution équitable des bénéfices, entre autres aspects (Frank *et al.,* 2017 ; Damastuti et Groot, 2017). Dans la plupart des projets de réhabilitation de la mangrove menés par MICOA / MITADER, la participation communautaire était l'une des plus grandes faiblesses en raison :

- d'une faible conscience de l'importance des mangroves et des objectifs de restauration ;
- d'un système d'incitation inadéquat ;
- du manque de transparence pour la sélection des membres de la communauté directement impliqués dans les activités de restauration ;
- de la faible inclusion des groupes vulnérables (tels que les groupes non influents ou les utilisateurs illégaux).

5.5. Leçons apprises

Plusieurs leçons peuvent être tirées des approches de restauration de la mangrove présentées ci-dessus :

- **Une sensibilisation continue** donne une impulsion et un sens élevé des responsabilités, ce qui se reflète dans le volontarisme, la replantation et la gestion continues des mangroves dans certaines zones.
- **La réhabilitation des mangroves fonctionne mieux dans le cadre d'un programme** plutôt que d'un projet à court terme, car l'engagement, le renforcement de capacité et l'autonomisation des communautés prennent du temps. En outre, la sensibilisation et le suivi doivent être un processus continu.
- **L'existence d'un personnel convaincu et bien formé est la clé** du succès d'un système de gestion communautaire.
- **Les partenariats sont cruciaux**, notamment pour promouvoir l'engagement et le renforcement des capacités de la communauté en matière de gestion des mangroves, d'accès communautaire et de droits d'utilisation des ressources forestières. La légalisation du CGRN au Mozambique a été facilitée par une ONG et a constitué une étape cruciale vers l'autonomisation des communautés.
- Cette dernière est éligible à 50 % des frais perçus auprès des coupeurs illégaux de mangroves signalés par les communautés.
- **La restauration des mangroves doit être complétée par d'autres mesures** pour une gestion efficace.
- **Il est nécessaire de documenter ces systèmes de gestion communautaire** pour en tirer des leçons ainsi que des opportunités d'études et d'amélioration.
- **Le suivi à long terme des activités de reboisement de mangrove** est essentiel pour en assurer le succès.
- **Il est nécessaire de développer des activités alternatives génératrices de revenus** (AGR) destinées à tous les utilisateurs de mangrove, y compris les coupeurs de mangrove. L'écotourisme et les Paiements pour services écosystémiques (PSE) peuvent également être exploités. Par exemple, le succès de la conservation de la mangrove à Gazi Bay, au Kenya, est principalement dû aux revenus directs des communautés participantes provenant de la vente de crédits carbone.

Delta du Rufiji – Tanzanie

La restauration communautaire des mangroves est couramment pratiquée dans le delta du Rufiji, avec le soutien d'organismes donateurs et de la société civile. Un exemple récent est le projet soutenu par le gouvernement « Développer les capacités de base pour faire face à l'adaptation au changement climatique dans les zones côtières productives de la Tanzanie», à travers la Division de l'environnement du Bureau du Vice-président qui avait une composante de restauration de la mangrove. Le projet fait appel à des groupes communautaires locaux de huit à dix hommes et femmes qui se voient attribuer des zones de forêt de mangrove à restaurer, payés pour chaque jour passé à replanter ou à désherber.

Dans de tels arrangements, les chefs de village facilitent la sélection des groupes de plantation de mangroves et priorité est donnée aux femmes, des contrats locaux sont signés, avant l'exercice, entre les communautés et la direction du projet. Dans la plupart des cas, les contrats comprennent la collecte, dans les forêts voisines, de semis ou de graines de l'espèce de mangrove requise ; elles sont ensuite plantées dans une zone convenue en fonction de son accessibilité et du climat. Grâce à cet arrangement, entre 2014-2016, environ

1 000 ha de mangroves ont été replantés dans le delta. Le risque majeur de cette approche est que la campagne de restauration soit plus exposée aux motivations de gain financier que de conservation, si bien que certains villageois se sont plaints de cette approche, citant des exclusions ciblées.



Photo 14. La plantation de mangrove sous contrat avec la riziculture, a été testée dans le delta de Rufiji mais l'efficacité et la durabilité ne sont pas garanties

Kenya : Restauration et protection des mangroves au moyen de mécanismes incitatifs pour le carbone

Les projets de restauration de la mangrove au Kenya ont adopté une approche participative, comme le prévoit la loi sur les forêts (2005) qui a conduit à la création d'associations forestières communautaires (AFC). Grâce à ces associations, les communautés participent au partage des bénéfices et à la gestion de réserves forestières désignées. Sur la base de cette disposition, plusieurs AFC ont été créées le long de la côte, en coordination avec le Kenya Forest Service (KFS) et d'autres agences. Par le biais de l'Institut kényan de recherche marine et halieutique (KMFRI), par exemple, une installation de compensation carbone à petite échelle impliquant des mangroves a été lancée dans la baie de Gazi en 2013. Nommé *Mikoko Pamoja*, il s'agissait du premier projet de type communautaire au monde visant à restaurer et à protéger les mangroves par la vente de crédits carbone. La demande internationale de crédits carbone de *Mikoko Pamoja* dépasse désormais l'offre et le projet atteint ses objectifs climatiques, communautaires et de conservation. Il a donc établi un modèle qui pourrait être reproduit ailleurs au Kenya et au niveau international ; il a déjà influencé la politique nationale, par exemple le plan national de gestion de l'écosystème des mangroves du Kenya. Jusqu'à présent, les activités de *Mikoko Pamoja* ont été reproduites dans le projet Vanga Blue Forest (VBF), situé dans les mangroves transfrontalières du Kenya et de la Tanzanie et impliquant une plus grande zone de mangrove que *Mikoko Pamoja*. VBF compensera 5 500 t eq.CO par an sur une période contractuelle de 20 ans (à partir de 2019), générant un revenu d'environ 3 000 US$/an pour la communauté locale. Comme pour *Mikoko Pamoja*, les revenus générés par VBF soutiendront des projets de développement local dans les domaines de l'eau et de l'assainissement, de l'éducation et de la conservation de l'environnement. Dans ce cas, la communauté a pris le contrôle total de la conservation des mangroves et elle est bien formée à la création de pépinières, à la plantation, à la surveillance et au contrôle, ce qui améliore le taux de réussite des projets de restauration des mangroves. Ce transfert de droits et de compétences a renforcé le soutien, la coopération, la participation et l'appropriation de la communauté.



Photo 15 : Les revenus générés par la vente de crédits carbone par Mikoko Pamoja sont utilisés pour soutenir des projets de développement local tels que l'éducation dans la baie de Gazi, Kenya

Seychelles : Investir dans les générations futures – notre avenir est maintenant

Les activités de restauration de mangrove aux Seychelles comprennent des projets de restauration de l'habitat et de protection de la biodiversité mis en œuvre par des ONG et des écoles (Photo16). Nature Seychelles et l'Autorité du parc national des Seychelles (SNPA) sont les organisations chefs de file des projets de restauration de mangrove qui ont visé, parmi d'autres avantages environnementaux, à améliorer l'habitat de la faune. En 2016, les Seychelles ont mis en œuvre le projet GEF *Adaptation basée sur les écosystèmes-Sud* (AbE-Sud) intitulé «Développer les capacités, les connaissances et le soutien technologique pour bâtir la résilience climatique des pays vulnérables en développement ».

Le projet visait à remédier aux vulnérabilités des communautés locales face au changement climatique, en utilisant des approches basées sur les écosystèmes pour s'adapter au changement climatique par des interventions sur le terrain, en renforçant les capacités institutionnelles, en mobilisant les connaissances et en transférant les technologies d'adaptation appropriées aux meilleures pratiques. Ce projet de démonstration éducatif et de sensibilisation à l'AbE comprenait la construction de caniveaux pour améliorer le flux hydrologique à travers une zone de 300 ha de mangroves artificiellement fragmentées, le désenvasement des canaux, la plantation de mangroves et l'élimination des espèces envahissantes ayant un impact sur les zones humides.



Photo 16. La mobilisation d'écoliers aux Seychelles pour planter des mangroves garantit un engagement communautaire à long terme, tout en créant une communauté de praticiens de mangrove

6.Faut-il planter ou non ?

Les chapitres précédents ont démontré le soutien croissant dont bénéficie à travers le monde la restauration des mangroves de la part des acteurs étatiques et non étatiques (Photo 17). Cela s'explique par une meilleure compréhension de la véritable valeur de l'écosystème de mangrove et par la nécessité de le protéger pour réguler le changement climatique, assurer les moyens de subsistance des communautés et conserver la biodiversité (voir section 1.4). Cependant, la plupart des efforts de restauration de mangrove ont mis l'accent sur la plantation comme principal outil de gestion des zones dégradées (chapitre 3), plutôt que d'évaluer d'abord les causes de la dégradation, puis les possibilités de rétablissement naturel et la façon de faciliter ces efforts.

En outre, peu de projets ont intégré la restauration de mangrove aux objectifs généraux de la gestion durable des mangroves, en termes de structure et de régénération des peuplements, de retour de la biodiversité et d'autres processus écosystémiques (Bosire et *al.*, 2008 ; Kairo et *al*., 2008). En tant qu'écosystème dynamique, les zones de mangrove dégradées peuvent se rétablir naturellement sans qu'il soit nécessaire de planter des propagules (Kairo et *al*., 2001 ; Bosire et *al*., 2008). Comme nous l'avons vu au chapitre 3, avant de lancer toute activité de plantation de palétuviers, il faut d'abord envisager de favoriser la régénération naturelle, en évaluant correctement l'existence potentielle de facteurs de stress tels que les perturbations du régime des marées qui pourraient empêcher le recrutement naturel de propagules (Kairo *et al*., 2001).

Dans le présent chapitre, 10 étapes simples à suivre par les gestionnaires de projets potentiels pour décider de **planter ou non** des mangroves dans les zones dégradées sont discutées (Figure 17).



Photo 17. Plantation de mangroves au Kenya impliquant des agences gouvernementales clés

Lorsque la régénération naturelle échoue et que le processus nécessite une intervention humaine, il est nécessaire de comprendre l'autoécologie et l'écologie communautaire de l'espèce de mangrove ciblée, c'est-à-dire ses modes de reproduction, la dispersion des propagules, l'établissement des plantules, la zonation et l'hydrologie (**étapes 1 et 2**). Avec cette compréhension, une évaluation des facteurs entravant la succession secondaire peut être effectuée (**étape 3**), en impliquant les connaissances locales des communautés qui dépendent des mangroves (**étape 4**) lesquelles seront pertinentes tout au long des étapes suivantes. Les informations socio-écologiques recueillies lors des étapes 3 et 4 sont ensuite utilisées pour sélectionner les mesures de restauration appropriées (**étape 5**) et éliminer les obstacles à une régénération naturelle réussie (**étape 6**).

Si les conditions sont favorables, cela devrait permettre le recrutement naturel de propagules, ce qui est plus rentable que la replantation. Si la régénération naturelle échoue malgré toutes ces interventions, il faut alors choisir les espèces de mangrove appropriées pour la plantation (**étape 7**) en tenant compte de la diversité génétique, des impacts faunistiques et de la performance individuelle des espèces (Kairo *et al.*, 2001 ; Bosire et *al*., 2008) ; la replantation de la mangrove (**étape 8**) devient nécessaire pour restaurer le site dégradé.

A intervalles réguliers, l'effort de replantation doit être contrôlé pour les paramètres biologiques et physiques (**étape 9**). Lorsque le résultat de l'évaluation est négatif, des recommandations doivent être formulées pour améliorer la gestion du site (**étape 10**), ce qui peut nécessiter une plantation supplémentaire. Lorsque le résultat de l'évaluation est positif, le site a été restauré mais un suivi supplémentaire du site restauré peut être entrepris, en utilisant la procédure décrite au tableau 8 [ce volume]. La plantation de mangroves doit s'accompagner d'un renforcement des capacités sur les principes écologiques de restauration des mangroves, qui prend en compte les facteurs communs auxquels l'échec est attribué, ce qui permet d'accroître le succès de la restauration.

En résumé donc, la plantation de mangrove est recommandée uniquement lorsque :

- **L'approvisionnement naturel en graines ou en propagules est limité** en raison du blocage de la connexion hydrologique ou du manque d'arbres mères à proximité ;
- Il est nécessaire de **réintroduire des espèces précieuses** qui ont disparu d'une zone, c'est la « plantation d'enrichissement » ;
- **Une érosion sévère de la zone intertidale** a nécessité la plantation de mangroves pour freiner le changement du littoral.
- **Les mangroves sont gérées à des fins sylvicoles** (c'est-à-dire pour fournir les produits ligneux souhaités). En outre, les mangroves sont souvent plantées en combinaison avec un système d'aquaculture (silvo-aquaculture) pour introduire des avantages supplémentaires dans le système, tels que l'ombre et la stabilisation des digues ;
- **Les communautés peuvent générer des revenus** à partir des activités de plantation de mangroves, y compris l'établissement de pépinières et la plantation à l'extérieur.
- **La plantation peut être utilisée à des fins éducatives ou culturelles**. La culture de la mangrove peut créer des engagements durables et des liens d'appartenance entre toutes les personnes impliquées.

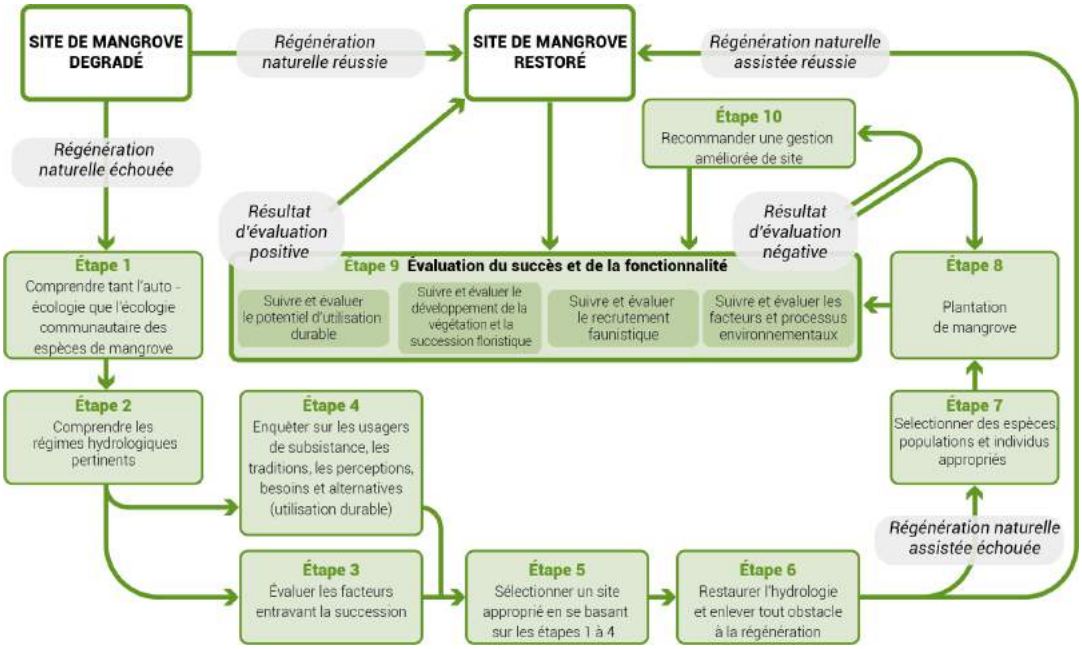


Figure 17. Un plan en 10 étapes dépeignant un outil de soutien décisionnel pour la restauration écologique de la mangrove (Bosire et al., 2008).

7. Références

Adenipekun, C.O. et Fasidi, I.O. 2005. Bioremédiation des sols pollués par le pétrole par *Lentinus subnudus*, un champignon nigérian de la pourriture blanche. *African Journal of Biotechnology* 4(8) : 796-798.

Agbogidi, O.M., Eruotor, P.G. et Ohwo, O.A. 2011. Réponse de la germination des graines de *Jatropha curcas L*. comme influencée par l'huile brute dans le sol. *Journal of Agriculture and Biological Sciences* 2(5) : 114-117.

Agrawal, A. 2003. Gouvernance durable de ressources communes : contexte, méthodes et politique. *Annual review of anthropology* 32(1) : 243-262.

Alongi, D. 2009. L'énergétique des forêts de mangrove.

Springer Science + Business Media B.V. 212 p. Bandeira, S. et Balidy, H. 2016. Transformation, réhabilitation et gestion de la mangrove de l'estuaire du Limpopo. p. 227-237. Dans : Diop, S., Scheren, P. et Machiwa F.J. (eds.) Estuaires : une ligne vitale des services écosystémiques dans l'océan Indien occidental. Estuaires du monde. Springer, Cham Springer, Cham.

Beymer-Farris, B.A. et Bassett, T.J. 2012. La menace REDD : résurgence de protectionnisme dans les forêts de mangrove de Tanzanie. *Global Environmental Change* 22 : 332-341.

Bosire, J., Mangora, M., Bandeira, S., Rajkaran, A., Ratsimbazafy, R., Appadoo, C. et Kairo, J.2016. Les mangroves de l'océan Indien occidental : état et gestion. WIOMSA, ville de Zanzibar.

Bosire, J.O., Dahdouh-Guebas, F., Walton, M., Crona, B.I., Lewis III, R.R., Field, C. et Koedam, N. 2008. Fonctionnalité des mangroves restaurées : un examen. *Aquatic Botany* 89(2) : 251-259.

Bosire, J.O., Kaino, J.J., Olagoke, A.O., Mwihaki, L.M., Ogendi, G.M., Kairo, J.G. et Macharia, D. 2014. Mangroves en péril : rythme de dégradation inédit des mangroves périurbaines au Kenya. *Biogeosciences* 11(10) : 2623-2634.

Cintron-Molero, G. 1992. Restaurer les systèmes de mangrove. p. 223-277 Dans : Thayer, G.W. (ed.), *Restoring the nation's marine environment*, Maryland Sea Grant Program, College Park, Maryland, USA.

Dahdouh-Guebas, F. et Jayatissa, L.P. 2009. Un examen bibliométrique des hypothèses et faits pre et post-tsunami au sujet des mangroves et autres végétations côtière comme tampon de protection. *Ruhuna Journal of Science* 4 : 28-50.

Daltares. 2014. Exigences en matière d'habitat pour les mangroves. Disponible sur https://publicwiki.deltares.nl/display/BWN/Building+Block+Habitat+requirements+for+mangroves.

Damastuti, E. et de Groot, R. 2017. Efficacité de la gestion communautaire des mangroves pour l'utilisation durable des ressources et le soutien des moyens de subsistance : étude de cas de quatre villages dans le centre de Java, en Indonésie. *Journal of Environmental Management* 203 : 510-521.

Donato, D.C., Kauffman, J.B., Murdiyarso, D., Kurnianto, S., Stidham, M. et Kanninen, M. 2011. Les mangroves sont parmi les forêts les plus riches en carbone des tropiques. *Nature Geoscience* 4(5) : 293.

Duke, N.C. 1992. Floristique et biogéographie de mangrove. *Tropical Mangrove Ecosystems* 41 : 63-100.

Ellison, J.C. 2009. Géomorphologie et sédimentologie des Mangroves. p. 565-591. Dans : Perillo, E. Wolanski, E. Cahoon, D.R. et Brinson, M. (eds.), Marais côtiers : une approche écosystémique intégrée, Elsevier, Amsterdam. ISBN978-0-444-53103-2.

Enright, J.A. et Wodehouse, D.C.J. 2019. Les règles d'or de la plantation de mangroves. *Mangrove Action Project.* Trang, Thaïlande.

Erftemeijer, P.L. et Hamerlynck, O. 2005. Dépérissement de la mangrove *Heritiera littoralis* (Dryand), dans le delta du Rufiji (Tanzanie) suite aux inondations El Niño. *Journal of Coastal Research Special Issue* 42 : 228-235.

FAO. 2007. Les mangroves du monde 1980. 2005. Rome : FAO, *FAO Forestry Paper* 153 : 77p.

Frank, C., Kairo, J.G., Bosire, J.O., Mohamed, M.O., Dahdouh-Guebas, F. et Koedam, N. 2017. Implication, connaissances et perception dans une réserve naturelle sous gestion participative : Mida Creek, Kenya. *Ocean and Coastal Management*142 : 28-36.

Friess, D.A. 2016. J.G. Watson, Catégories d'inondations et leur influence sur les paradigmes écologiques forestiers de mangrove. *Wetlands* 37(4) : 603-613.

Gilman, E.L., Ellison, J., Duke, N.C. et Field, C. 2008. Menaces du changement climatique sur les mangroves et options d'adaptation. *Aquatic Botany* 89(2) : 237-250.

Giri, C., Ochieng, E., Tieszen L.L., Zhu, Z., Singh, A., Loveland, T. et Duke, N. 2011. Statut et distribution des forêts de mangrove du monde à l'aide de données satellitaires d'observation de la terre. *Global Ecology and Biogeography* 20(1) : 154-159.

Hamilton, S.E. et Casey, D. 2016. Création d'une base de données mondiale à haute résolution spatio-temporelle de la couverture continue des forêts de mangrove pour le 21e siècle (CGMFC-21). *Global Ecology and Biogeography* 25(6) : 729-738.

Hamilton, S. 2019. Les espèces de mangrove au niveau mondial [ensemble de données]. Harvard Dataverse. https://doi.org/10.7910/DVN/FK8JZK

Howard, J., Sutton-Grier, A., Herr, D., Kleypas, J., Landis, E., Mcleod, E. et Simpson, S. 2017. Clarifier le rôle des systèmes côtiers et marins dans l'atténuation du climat. *Frontiers in Ecology and the Environment,* 15(1) : 42-50.

Huxham, M., Kimani E. et Augley, J. 2004. Poisson de mangrove : comparaison des structures communautaires entre habitats forestier et découvert. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 60(4) : 637-647.

GIEC. 2019. Résumé à l'intention des décideurs. Dans : Pörtner, H-O., Roberts, D.C., Masson-Delmotte, V.,

Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B. et Weyer, N. (eds.) Rapport spécial du GIEC sur l'océan et la cryosphère dans un climat changeant. Sous presse.

Johnstone, I.M. et Frodin, D.G. 1982. Mangroves de la sous-région papoue. Dans : *Biogeography and ecology of New Guinea*, p : 513-528, Springer, Dordrecht.

Kairo, J.G. 1995. Régénération artificielle et gestion durable du rendement des forêts de mangrove de Gazi Bay, au Kenya. Mémoire de maîtrise en botanique, Université de Nairobi, Nairobi, Kenya, 116 pages.

Kairo, J.G., Dahdouh-Guebas, F., Bosire, J. et Koedam, N. 2001. Restauration et gestion des systèmes de mangrove - une leçon pour la région d'Afrique de l'Est et à partir d'elle. *South African Journal of Botany* 67(3) : 383-389

Kairo, J.G., Lang'at, J.K., Dahdouh-Guebas, F., Bosire, J. et Karachi, M. 2008. Développement structurel et productivité des plantations de mangrove replantées au Kenya. *Forest Ecology and Management* 255(7) : 2670-2677.

Kamali, B. et Hashim, R. 2011. Restauration de la mangrove sans plantation. *Ecological Engineering*37(2) : 387-391.

Kathi, S. et Khan, A.B. 2011. Approches de phytoremédiation des sols contaminés par les HAP. *Indian Journal of Science and Technology* 4(1), 56-63.

Kitheka, J.U., Ongwenyi, G.S. et Mavuti, K.M.

2002. Dynamique de l'échange et du transport des sédiments en suspension dans un ruisseau dégradé de mangrove au Kenya. AMBIO : A *Journal of the Human Environment* 31(7) : 580-588.

Lee, S.Y., Primavera, J.H., Dahdouh-Guebas, F., McKee, K., Bosire, J.O., Cannicci, S. et Mendelssohn, I. 2014. Rôle et services écologiques des écosystèmes de mangrove tropicaux : une réévaluation. *Global Ecology and Biogeography* 23(7) : 726-743.

Lewis, R.R. III. 1982. Forêts de mangrove. p : 153-

172. Dans : Lewis, R.R. (ed.) Création et restauration de communautés de plantes côtières. CRC Press, Boca Raton, FL.

Lewis, R.R. et Brown, B. 2014. Réhabilitation écologique de la mangrove : manuel de terrain pour praticien. Version 3. *Mangrove Action Project Indonesia, Blue Forests, Canadian International Development Agency et OXFAM* 275 pp. (www. mangroverestoration.com)

Liu, W., Sun, J., Ding, L., Luo, Y., Chen, M. et Tang, C. 2012. Rhizobactérie (*Pseudomonas sp.* SB) aidant la phytoremédiation - par la fétuque élevée (*Festuca arundinacea L.*) - de sols contaminés par des boues huileuses. *Plant and Soil* 371(1-2) : 533-542.

Lugo, A.E. et Snedaker, S.C. 1974. L'écologie des mangroves. *Annual Review of Ecology and Systematics* 5(1) : 39-64.

Macamo, C.C.F., Massuanganhe, E., Nicolau, D. K., Bandeira, S.O. et Adams, J.B. 2016. La réponse de la mangrove au cyclone Eline (2000) : ce qui se passe 14 ans plus tard. A*quatic Botany* 134 : 10-17.

Maier, R.M. et Gentry, T.J. 2015. Micro-organismes et polluants organiques, chapitre 17, pages 377-413 Dans : I.L. Pepper, I.L., Gerba, C.P. et Gentry, T.J. (eds.), *Environmental Microbiology* , Academic Press, San Diego, CA, 10.1016/ B978-0-12-394626-3.00017-X

Massuanganhe, E.A., Macamo, C., Westerberg, L.O., Bandeira, S., Mavume, A. et Ribeiro, E. 2015. Côtes deltaïques sous les événements catastrophiques liés au climat. *Insights from the Save River delta, Mozambique. Ocean and Coastal Management* 116 : 331-340.

McIvor, A.L., Möller, I., Spencer, T. et Spalding, M. 2012. Réduction des vagues de vent et de houle par les mangroves. *Série sur la protection naturelle du littoral* : Rapport 1. Document de travail 40 de l'Unité de recherche côtière de Cambridge. ISSN 2050-7941.

Murray, B.C., Pendleton, L., Jenkins, W.A. et Sifleet, S. 2011. Paiements verts pour le carbone bleu : incitations économiques pour la protection des habitats côtiers menacés. Rapport NI R 11-04. *Nicholas Institute for Environmental Policy Solutions, Duke University, Durham.*

Nagelkerken, I. 2009. Evaluation de la fonction de nurserie des mangroves et des herbiers marins pour les décapodes tropicaux et les poissons de récif : modèles et mécanismes sous-jacents. p. 357-399. Dans : Nagelkerken, I. (ed.) *Ecological Connectivity among Tropical Coastal Ecosystems. Springer, Dordrecht.*

Njoku, K.L., Akinola, M.O. et Oboh, B.O. 2012. Phytoremédiation d'un sol pollué par du pétrole brut : effet de l'augmentation de la bouse de vache sur la remédiation du sol pollué par le pétrole brut par Glycine max. *Journal of Applied Sciences Research* 8(1) : 277-282.

Obire, O., Anyanwu, E.C. et Okigbo, R.N. 2008. Champignons saprophytes et dégradant le pétrole brut à partir de bouses de vache et de fientes de volaille comme agents de biorestauration. *Journal of Agricultural Technology* 4(2) : 81-89.

Pendleton, L., Donato, D.C., Murray, B.C., Crooks, S., Jenkins, W.A., Sifleet, S. et Megonigal, P. 2012. Estimation des émissions mondiales de « carbone bleu » provenant de la conversion et de la dégradation des écosystèmes côtiers végétalisés. *PloS one* 7(9), e43542.

Primavera, J.H., Savaris, J.P., Bajoyo, B.E., Coching, J.D., Curnick, D.J., Golbeque, R.L. et Koldewey, H.J. 2012. Manuel sur la réhabilitation des mangroves basée sur la communauté. *Zoological Society of London, Mangrove Manual Series* (1) : 240.

Rabinowitz, D. 1978. Croissance précoce des semis de mangrove au Panama et une hypothèse quant à la relation entre la dispersion et la zonation. *Journal of Biogeography* 5 : 113-133

Richmond, M.D. (ed.), 2011. Guide de terrain sur les rivages marins d'Afrique de l'Est et des îles de l'océan Indien occidental. 3ème édition. SIDA/ WIOMSA. 464 pages.

Saenger, P. 2003. Ecologie, sylviculture et conservation de la mangrove. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Pays-Bas, 360 p.

Sandilyan, S. et Kathiresan, K. 2015. La mangrove comme bouclier biologique : fait indiscutable. *Ocean and Coastal Management* 103 : 94-96.

Spalding, M.D., Blasco, F., Field, C.D. 1997. Atlas mondial des mangroves. *International Society for Mangrove Ecosystems*, Okinawa (Japon).

Spalding, M.D., Ruffo, S., Lacambra, C., Meliane, I., Hale, L.Z., Shepard, C.C. et Beck, M.W. 2014. Le rôle des écosystèmes dans la protection côtière : adaptation au changement climatique et aux risques côtiers. *Ocean and Coastal Management* 90 : 50-57.

Thivakaran, G.A. 2017. Restauration de la mangrove : un aperçu du boisement côtier en Inde. *Wetland Science* : 501-512. Springer, New Delhi.

Turner, R.E. et Lewis, R.R. 1996. Restauration hydrologique des marais côtiers. *Wetlands Ecology and Management* 4(2) : 65-72.

Twilley, R.R. 1995. Propriétés des écosystèmes de mangrove relatifs à la signature énergétique des environnements côtiers. p. 43-62. Dans : Hall, C.A.S. (ed.), *Maximum Power. The Ideas and Applications of H.T. Odum. University Press of Colorado, Niwot,* 454 p.

PNUE. 2009. Analyse diagnostique transfrontalière des sources et activités terrestres affectant l'environnement côtier et marin de l'océan Indien occidental. PNUE, Nairobi, Kenya, 378 pp.

PNUE. 2014. L'importance des mangroves pour les populations : un appel à l'action. van Bochove, J., Sullivan, E., Nakamura, T. (eds). Programme des Nations unies pour l'environnement - *Centre mondial de surveillance de la conservation*, Cambridge. 128 pages.

Valiela, I., Bowen, J.L. et York, J.K. 2001. Forêts de mangrove : un des environnements tropicaux majeurs les plus menacés : *AIBS Bulletin*. 51(10) : 807-815.

Van Speybroeck, D. 1992. Stratégie de régénération des mangroves le long de la côte kenyane : une première approche. *Hydrobiologia* 247 : 243-251.

Walters, B.B., Rönnbäck, P., Kovacs, J.M., Crona, B., Hussain, S.A., Badola, R., Dahdouh-Guebas, F. 2008. Ethnobiologie, socio-économie et gestion des forêts de mangrove : un examen. *Aquatic Botany*, 89(2) : 220-236.

White, P.M., Wolf, D.C., Thoma, G.J. et Reynolds, C.M. 2005. Phytoremédiation d'hydrocarbures aromatiques polycycliques alkylés dans un sol contaminé par du pétrole brut. *Water, Air, and Soil Pollution* 169(1-4), 207-220.

Wieczkowski, J. 2009. Mortalité des arbres le long du fleuve Tana inférieur, au Kenya, due à une inondation imputable à El Niño. *African Journal of Ecology* 47(1) : 56-62.

Wolanski, E., Mazda, Y., Furukawa, K., Ridd, P., Kitheka, J., Spagnol, S. et Stieglitz, T. 2000. La circulation de l'eau dans les mangroves et ses implications pour la biodiversité. *Oceanographic Processes of Coral Reefs* : 73-96. CRC Pr

La Convention de Nairobi, à travers le projet financé par le GEF "Mise en œuvre du programme d'action stratégique pour la protection de l'océan Indien occidental contre les sources et activités terrestres (WIOSAP)", en collaboration avec WIOMSA, facilite la production d'une série de guides régionaux. Les trois premiers volumes portent sur la restauration des écosystèmes d'herbiers marins, la restauration des écosystèmes de mangrove et l'évaluation des flux environnementaux dans la région de l'OIO.

Les pays participant au WIOSAP sont les Comores, Madagascar, Maurice, les Seychelles, le Mozambique, le Kenya, la Tanzanie, la France (qui ne bénéficie pas des fonds du GEF), la Somalie et l'Afrique du Sud. Le but du WIOSAP est « d'améliorer et maintenir la santé environnementale des écosystèmes côtiers et marins de la région par une meilleure gestion du stress d'origine terrestre ». L'objectif spécifique du WIOSAP est de « réduire les impacts des sources et activités terrestres et de gérer durablement les écosystèmes côtiers et marins critiques par la mise en œuvre des priorités du WIOSAP avec le soutien de partenariats aux niveaux national et régional ».

La Commission de l'océan Indien (COI) est une organisation régionale intergouvernementale qui regroupe cinq Etats membres : l'Union des Comores, la France au titre de la Réunion, Madagascar, Maurice et Seychelles. Elle donne corps à la solidarité régionale à travers des projets de coopération couvrant un large éventail de secteurs dont la préservation des écosystèmes et la gestion durable des ressources naturelles. Le projet RECOS, mis en oeuvre par la COI et cofinancé par l'AFD et le FFEM, a pour objectif de renforcer la résilience des populations littorales face aux effets du changement climatique en restaurant les services rendus par les écosystèmes côtiers. RECOS contribue, entre autres, au renforcement de la coopération scientifique régionale sur la restauration des écosystèmes côtiers.



gef fonds pour l'environnement mondial POUR INVESTIR DANS NOTRE PLANÈTE
USAID DU PEUPLE AMERICAIN
AVEC LE SOUTIEN DE AFD AGENCE FRANÇAISE DE DÉVELOPPEMENT
FFEM FONDS FRANÇAIS POUR L'ENVIRONNEMENT MONDIAL