

GUIDE TECHNIQUE

la Restauration de Mangrove

Synthèse des éléments clés à considérer
pour tout chantier de restauration



Pole-Relais
Zones Humides
Tropicales

2018

Préambule	P. 3
------------------	------

CHAPITRE 1 - La Colonisation Naturelle

Analyse des paramètres abiotiques	P. 5
■ I.1. La salinité du substrat	P. 5
■ I.2. L'énergie des vagues	P. 7
■ I.3. La pente (profil topographique)	P. 7
■ I.4. Le paramètre de submersion	P. 9
Aménager pour rétablir des conditions hydrologiques favorables	P. 11
■ I.6 Structures destinées à limiter l'énergie et l'érosion du substrat	P. 11
■ I.7 Rétablir des connexions hydrologiques (brèches, pelleteuses, buses et drains)	P. 13
■ En cas de présence d'anciens bassins aquacoles (Nouvelle-Calédonie), de digues, murets ou buttes empêchant une continuité hydrologique	P. 14
■ L'emploi de buses ou de drains pour garantir des connexions hydrologiques	P. 14

CHAPITRE 2 - La Plantation de Palétuviers

■ II.1. Le choix des espèces	P. 15
■ II.2. Deux méthodes de restauration par plantation	P. 17
■ La collecte et le stockage des propagules en vue d'une implantation directe dans le substrat	P. 17
■ La mise en pépinière	P. 19
■ II.3. Déroulement de la plantation	P. 24
■ Espacement entre les plants	P. 24
■ Organisation du suivi post opération	P. 27
- Indicateurs de suivi	P. 27
- Protocole de suivi	P. 28
- Le Matériel de suivi	P. 30
- Gérer la prédation et les maladies	P. 30
■ Bibliographie	P. 31

Les mangroves sont aujourd'hui menacées par une myriade de pressions anthropiques : pollution, artificialisation des sols, remblais, aquaculture et urbanisation... Une part importante des mangroves au niveau mondial a déjà été perdue, y compris dans les territoires ultramarins.

La restauration de mangrove est ainsi de plus en plus pratiquée, souvent sous forme de replantations de jeunes pieds de palétuviers. Malgré les efforts que ces initiatives représentent, les résultats ont souvent été décevants du fait d'un manque de planification en amont : mauvais choix de la zone d'implantation, couverts monospécifiques ou manque de concertation avec les acteurs locaux... autant de facteurs pouvant limiter le succès à moyen ou long terme de ces actions qui ne parviennent pas à restaurer une mangrove fonctionnelle. Une action de restauration réussie doit avoir pour résultat l'implantation d'une forêt de mangrove relativement large, diverse, fonctionnelle, et autosuffisante qui peut offrir des bénéfices à la nature et aux populations.

On distingue **deux approches essentielles** dans la restauration écologique :



Photo P. Coquelle

La Colonisation Naturelle

La plantation de palétuviers est à proscrire dans les cas où la mangrove montre des signes d'auto-régénération (colonisation de l'estran par de nouvelles propagules). Dans ce cas, la recolonisation se fera de manière naturelle. Dans certains cas, le rétablissement de conditions hydrologiques favorables peut être un préalable nécessaire pour accompagner la dynamique de végétation spontanée. **C'est l'approche préconisée par les experts du milieu de la restauration..**



Photo A. Caillaud

La Plantation de Palétuviers

On peut privilégier la plantation de palétuviers dans les secteurs où le recrutement naturel n'est plus ou mal assuré ou bien pour enrichir la zone d'une espèce particulière ayant fortement régressé. Elle peut également être employée pour coloniser un espace où, autrefois, la mangrove se développait – sous réserve de paramètres hydrodynamiques favorables. La plantation peut également être un **bon « outil »** destiné à la sensibilisation des acteurs locaux.

Avant toute entreprise de restauration, le gestionnaire doit se poser en amont des questions essentielles :

- Quelle est l'origine de la perturbation, de la dégradation ? Est-elle irréversible ?
- Quels sont les objectifs de la restauration ?
- Quel est le degré d'implication des acteurs locaux ?
- Selon les conditions qui s'imposent, est-ce que laisser faire la nature est suffisant ?

Des réponses à ces questions découlent la démarche à adopter pour conduire un projet de restauration d'une mangrove. Il s'agira ainsi de privilégier la colonisation naturelle, autant que possible selon les cas de figure, ou une intervention technique consistant :

- soit à rétablir des paramètres hydrologiques favorables pour préparer le terrain à une colonisation naturelle,
- soit organiser une plantation de palétuviers selon les étapes présentées dans ce guide technique.



- **Privilégier la colonisation naturelle** lorsque l'on constate le développement de nouveaux individus via un apport naturel en propagules (à constater après la période de fructification).
- **Étudier les paramètres abiotiques en amont** en cas de rétablissement des conditions hydrodynamiques favorables à une colonisation naturelle ou pour organiser un chantier de plantation.
- **Le site de restauration doit absolument être compris dans la zone de balancement des marées.** Les plus hautes marées du point de vue topographique déterminent la limite supérieure de la zone de plantation.

La Colonisation Naturelle

CHAPITRE I

ÉTAPE 1 Analyse des paramètres abiotiques

Il s'agit pour le gestionnaire de comprendre la géographie physique du site à travers l'analyse de paramètres clefs. Ils déterminent en grande partie la zonation des palétuviers sur l'estran. Une fois compilés, ces paramètres sont déterminants pour :

- rétablir des paramètres hydrologiques favorables pour une

colonisation naturelle, à l'aide de brèches, géotextiles ou d'une intervention plus lourde par exemple (page 11).

- organiser un chantier de replantation en sachant quelle espèce planter, où et comment (page 15).

TYPE DE PARAMÈTRES	Physico-chimique	Hydrodynamique	Topographique	Hydrodynamique
INDICATEURS	Salinité du substrat	Énergie des vagues	Pente	Submersion

I.1. La salinité du substrat

- **Objectif** : ce paramètre permet d'identifier les secteurs propices pour chaque espèce, selon leur degré d'halophytisme¹.

- **Protocole** : déterminer la salinité du substrat, le long d'un transect² perpendiculaire à la mer. Établir un gradient de salinité de la zone à restaurer sous forme de schéma.

- **Comment** : Pour chaque relevé, il est préférable de prendre 3 valeurs pour obtenir une valeur moyenne, plus précise. La distance entre les relevés doit permettre de couvrir le site d'une manière relativement homogène.

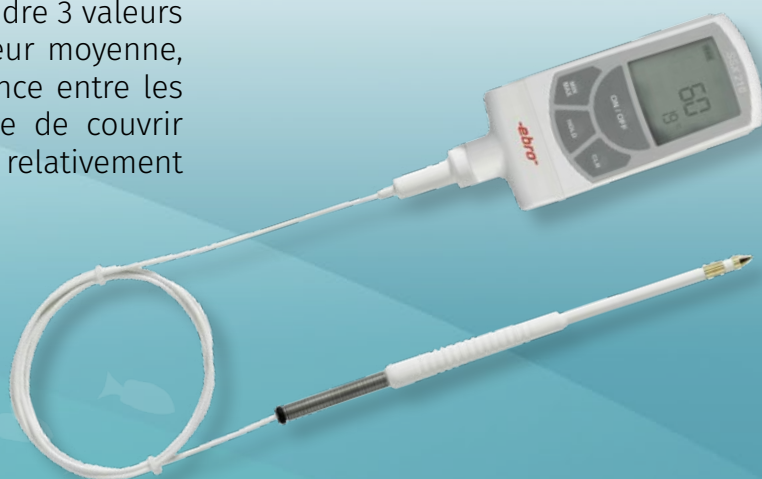
- **Quand** : Jamais après un évènement pluvieux / Si besoin de comparaison entre les sites, pendant le même horaire choisie à partir du début de l'exondation.

- **Où** : Eau interstitielle des sédiments (eau qui occupe l'espace entre les sédiments).

- **Mesure** : en g/L.

- **Outil(s)** : un salinomètre

Figure 1 - Salinomètre.
(source : www.conrad.fr)



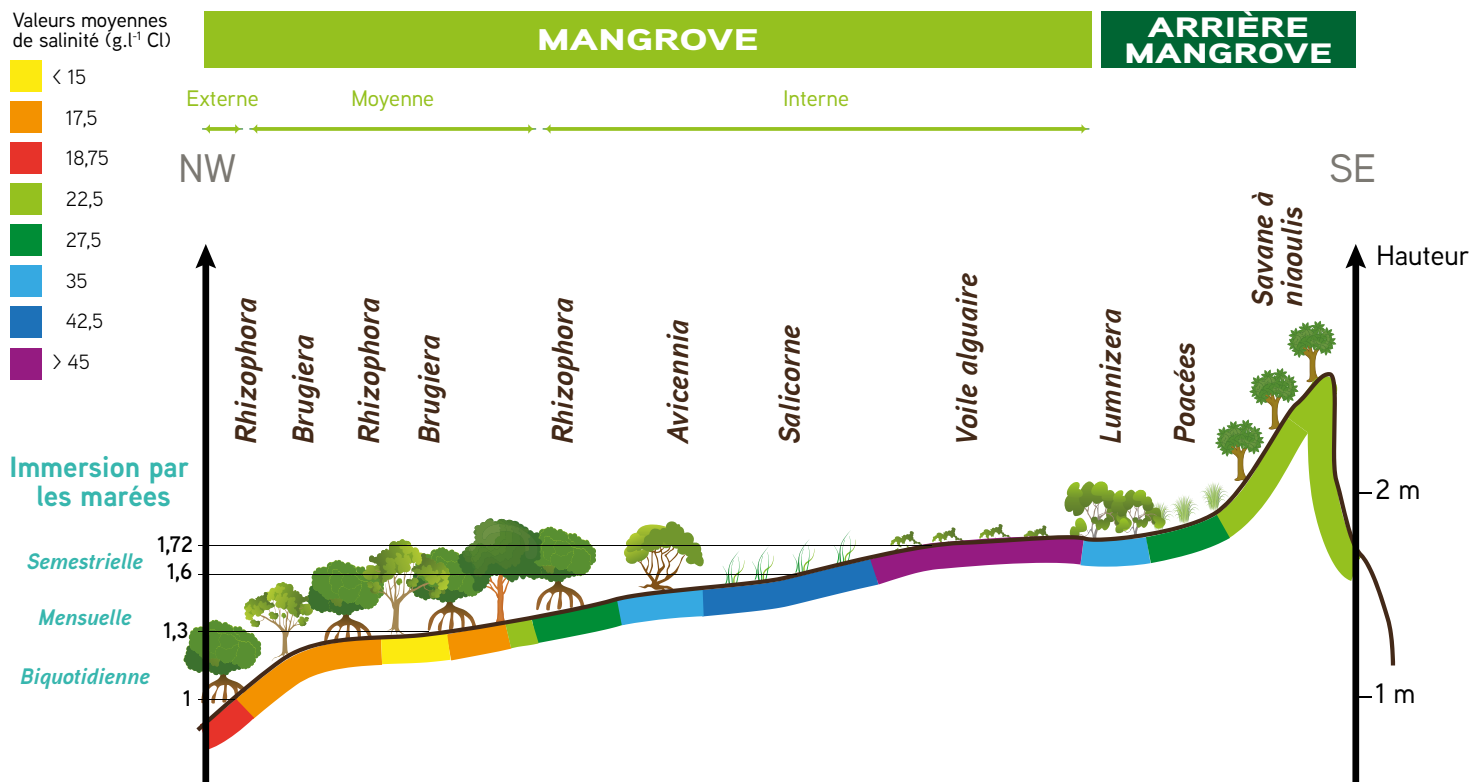
1. Capacité de résistance/tolérance à la salinité

2. Itinéraire rectiligne le long duquel s'organise un suivi scientifique (matérialisé par une corde le plus souvent)

Figure 2

Profil d'une mangrove de Nouvelle-Calédonie avec indication des valeurs moyennes de salinité

(d'après source : EMR, 2014)



La mesure de la salinité permet d'établir un gradient comme ci-dessus (cf. fig. 2). L'indication des espèces associées aux différents taux de salinité

peut-être faite en parallèle. Attention, ce profil ne correspond qu'à un type de mangrove de Nouvelle-Calédonie.



Dans l'idéal, le gestionnaire devrait produire un **profil** de la zone à restaurer à l'image de la figure 2. Après avoir indiqué le gradient de salinité sur un schéma, le gestionnaire peut y indiquer des espèces de palétuviers associées, grâce à **une mangrove de référence contigüe** au site (si elle existe) ou à proximité du site. Cette démarche sera également abordée dans le chapitre 2, à propos du choix des espèces.



Focus sur les sols acides à sulfates

Le sol de la mangrove peut évoluer en **zone sulfatée acide** si un défrichage trop important a eu lieu. Ce défrichage entraîne alors un apport d'une grosse quantité d'oxygène dans le sol. La matière organique va se décomposer rapidement. Le dioxygène va transformer les sulfures de fer présents dans le sol en sulfates, avec l'aide de micro-organismes. En effet, les mangroves sont de véritables pièges naturels à métaux et la combinaison naturelle du fer et du soufre permet la formation de sulfure de fer, base pour la formation des sulfates. L'accumulation de sulfates va entraîner une acidification du milieu, devenant hostile pour les palétuviers. Ces sols acides et souvent dépourvus de végétation sont de véritables pièges à métaux, qu'ils peuvent redistribuer dans le milieu naturel avec parfois des conséquences néfastes tout au long de la chaîne trophique.

I.2. L'énergie des vagues



L'énergie des vagues est un paramètre abiotique clef mais il reste difficile à appréhender. Ce paramètre peut participer à déraciner de jeunes plants, si leur système racinaire n'a pas atteint une taille suffisante pour résister, ou induire un phénomène d'érosion plus ou moins localisé à l'échelle d'un site. Une étude scientifique parue en 2011 indique des seuils d'arrachage et de résistance des plantules d'*Avicennia alba* en fonction de nombreux paramètres mathématiques.

Balke, Thorsten et al. 2011. « *Windows of opportunity: thresholds to mangrove seedling*

establishment on tidal flat ». *Marine Ecologic Progress Series*. Vol. 440, N°1. PP. 1-9.

Une trop forte énergie peut-être décelée empiriquement si le **substratum apparaît par endroit**. Cela veut dire que les sédiments ont été mobilisés et non déposés. L'usage de géotextiles ou de structures en bambous (ou autres types de matériaux) pour limiter l'énergie peut donc être nécessaire (voir étape 2 page 11). Dans les secteurs abrités et de dissipation de l'énergie, comme une baie par exemple, ce paramètre peut-être moins contraignant.

I.3. La pente (profil topographique)

• **Objectif** : Connaître le profil topographique du site de restauration. Ce paramètre est principalement lié à celui de la submersion. La topographie va influencer directement la hauteur de la colonne d'eau et son taux de salinité.

• **Protocole** : Utiliser un altimètre ou, préférablement, une Station Totale topographique. Pour l'altimètre, établir un profil topographique à l'aide des données récoltées le long d'un transect perpendiculaire au rivage.

• **Mesure** : Hauteur (en mètre).

• **Outil(s)** :

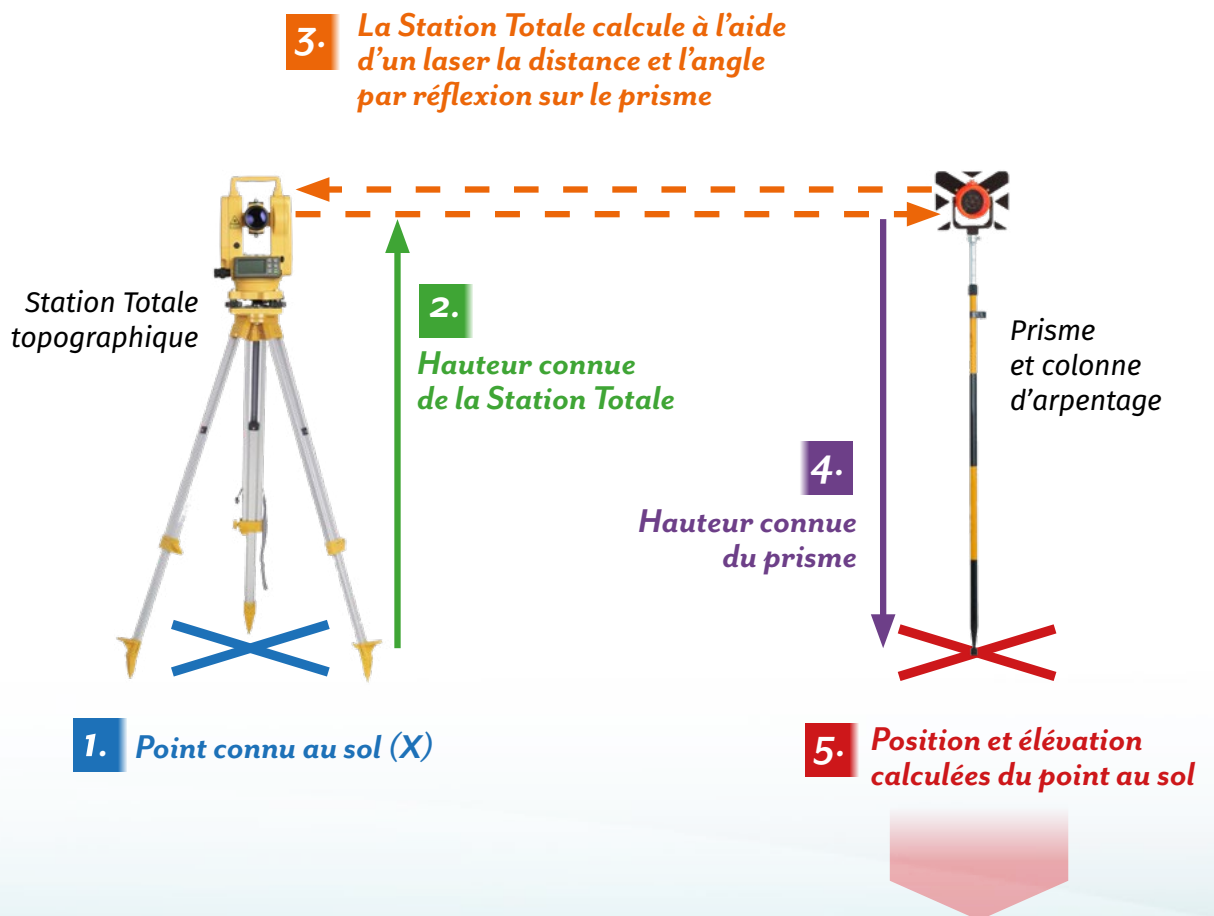
- Station Totale topographique
- Altimètre

Figure 3
GPS Garmin eTrex Vista HCx avec altimétrie à baromètre compensé en température - type d'altimètre les plus précis du marché.
(source : www.garmin.com)



L'utilisation d'une Station Totale topographique est idéale mais ce matériel nécessite un certain coût (modèles à 4 000 €) et une initiation technique. Les résultats sont cependant plus précis et la réalisation d'un modèle numérique de terrain (MNT) est possible (cf. fig. 4). Des prestataires extérieurs peuvent réaliser cette opération pour un coût moindre.

Le gestionnaire peut également se munir d'un altimètre, dont les prix varient entre 50 et 700 € voir plus en fonction du degré de sophistication. L'altimètre barométrique figure parmi les plus fiables. Les estrans vaseux nécessitent des mesures précises en fonction de leur pente progressive relativement peu marquée.



Ci-contre, exemple de carte réalisée à l'aide d'une Station Totale. Les **secteurs en rouge** sont les plus élevés topographiquement. Ce type de carte permet d'assister le gestionnaire lorsque des paramètres hydrologiques ont été modifiés et qu'ils empêchent l'installation de la mangrove : l'utilisation d'**aménagements souples** (structures de faibles emprises spatiales, amovibles et réversibles) permet de freiner l'énergie des vagues, ou de contrecarrer l'incidence d'anciens bassins aquacoles par exemple (Lewis & Brown, 2014).

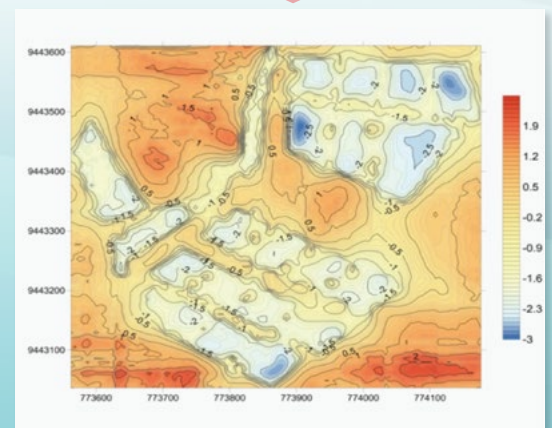


Figure 4

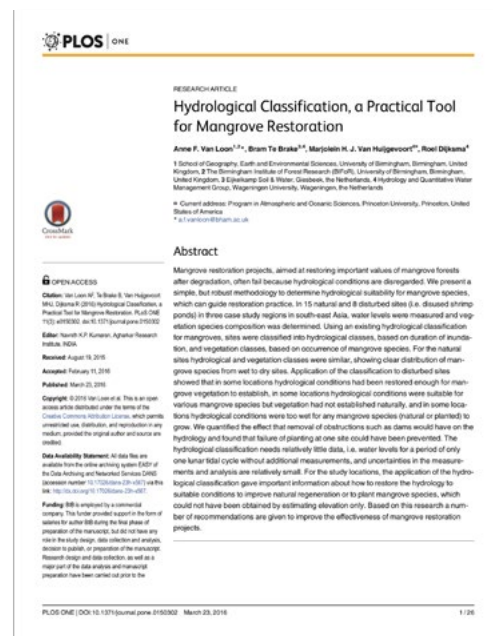
Cartographie de tambak abandonnés effectuée à l'aide d'une Station Totale topographique. Makassar, Indonésie.

(source : Lewis & Brown, 2014)

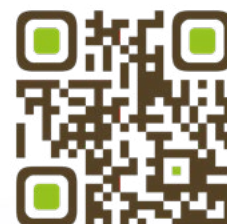
I.4. Le paramètre de submersion

Objectif : Ce paramètre permet d'identifier les secteurs propices pour la re-plantation de chaque espèce, selon leur degré de tolérance à la submersion. Ces secteurs sont appelés dans la littérature scientifique « classes d'inondation ». Il s'agit de diviser l'estran en classes – ou secteurs – plus ou moins homogènes en termes de hauteur d'eau, de durée et de fréquence de submersion. Au sein de ces classes d'inondations, des espèces sont associées en raison de leurs caractéristiques physiologiques. Des liens vers des études sont proposés ici plutôt que d'indiquer une méthode précise, complexe à réaliser. Si le gestionnaire manque de temps ou d'expertise pour élaborer des classes d'inondation sur l'espace à restaurer, une approche « empirique » (c'est-à-dire découlant de l'observation des espèces de palétuviers présentes à proximité du site dans des conditions similaires en termes de type et stabilité du substrat, fréquence de submersion, etc.) est possible.

Étude proposant une méthodologie de définition des classes d'inondation (cette méthodologie s'appuie sur l'utilisation de matériels coûteux et des analyses complexes) :



VAN LOON, A. et al., 2016. «Hydrological Classification, a Practical Tool for Mangrove Restoration». PLoS ONE. 11(3): e0150302. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150302>



La définition de classes d'inondation prend surtout sens dans des territoires où le marnage est relativement significatif (de l'ordre du mètre) : Mayotte, Nouvelle-Calédonie, Wallis-et-Futuna.



Ce qu'il faut retenir

- L'analyse des **paramètres abiotiques** clefs est un travail préliminaire important qui donne des indications sur les potentialités d'implantation de la mangrove, en fonction des espèces.
- Dans l'idéal, l'analyse en amont doit au moins prendre en compte la salinité du substrat, les paramètres de submersion, la topographie ainsi que l'énergie des vagues. **L'approche empirique** ne doit pas être négligée : une mangrove de référence, contigüe au site si possible ou à proximité, peut indiquer la zonation des espèces et la composition floristique d'un secteur géographique à restaurer. Par exemple, sur l'île de Wallis, *Bruguiera gymnorhiza* se situe derrière les ceintures de *Rhizophora samoensis*. La première espèce est donc à planter en arrière par rapport aux *R. samoensis*.
- Lorsque des conditions hydrodynamiques ont été modifiées (un aménagement, un défrichement du front pionnier...), il convient d'essayer de rétablir des conditions favorables : l'usage de géotextiles ou de structures en bambous peuvent jouer le rôle de **brise-lames** si les facteurs hydrodynamiques induisent un stress trop important. Dans le cas d'anciens bassins aquacoles, les murets, digues ou buttes encore en place peuvent modifier l'hydrologie et la dispersion naturelle des propagules : **le rétablissement d'une connexion hydrologique est alors nécessaire** (brèches permettant l'écoulement des flux lié au balancement des marées).
- Si l'on compare deux zones (naturelle et dégradée) ou que l'on connaît l'état de la zone avant dégradation et la cause de celle-ci, **la description des conditions physico-chimiques de la zone n'est pas nécessaire**.

ÉTAPE 2 Aménager pour rétablir des conditions hydrologiques favorables

Lorsque des conditions hydrodynamiques ont été modifiées - un aménagement, un défrichement du front pionnier, etc. - il convient d'essayer de rétablir des conditions favorables à la dispersion et l'implantation naturelle des propagules (LEWIS & BROWN, 2014). Premièrement, l'énergie des vagues, la houle et les courants de marée peuvent induire un phénomène d'érosion ou le déracinement des jeunes pousses. L'instabilité du substrat est donc préjudiciable à l'implantation des palétuviers. La nature de ce dernier conditionne également la

mobilisation des sédiments. L'usage de structures pouvant amortir les zones à forte énergie est alors nécessaire. Deuxièmement, la présence de digues, de butes ou de murets de bassins aquacoles peuvent modifier la courantologie et empêcher la dispersion des propagules ou des graines. Il sera alors conseillé de rétablir une connexion hydrologique, notamment à l'aide de brèches permettant l'écoulement des flux liés au balancement des marées et la présence de chenaux naturels.

I.6. Structures destinées à limiter l'énergie et l'érosion du substrat

Positionner des géotextiles ou des structures de bambous qui joueront le rôle de brise-lames peut s'avérer

idéal pour mettre de futures jeunes propagules à l'abri et ainsi favoriser leur maintien.



- Ces brise-lames (ou barrières) peuvent être constitués de pierres, de bambous, de géotextiles ou d'autres matériaux locaux disponibles non polluants.
- Les brise-lames sont positionnés **en aval** de la zone de colonisation et **perpendiculaires** au sens du courant (cf. fig. 5).
- Dans un second temps, les brise-lames contribuent également à l'accumulation de sédiments et donc à l'élévation du substrat pouvant autoriser une progradation (avancée vers la mer) des fronts pionniers et permettre ainsi de lutter efficacement contre l'érosion du trait de côte et l'augmentation du niveau marin. Il est donc possible de positionner les brises lames de manière empirique sur l'estran, à marée basse, quelques mètres avant la partie constamment immergée de l'estran (hors phénomènes exceptionnels de vives-eaux). Si l'accumulation sédimentaire est favorisée, la mangrove avancera d'elle-même sur la mer. Voir figure 5, photographies A et B.



Figure 5

Photos A, B et C : Muret servant de brise-lames on constate la croissance rapide du palétuvier en une seule année.

Photo D : structures en bambous pour casser l'énergie des vagues.

(source : Primavera et al., 2012)

La figure suivante (cf. figure 6) montre un exemple de cas concret en Asie du sud-est. En 2010, deux brise-lames de 1 à 2 m de hauteurs et de 70 à 110 cm de longueur ont été construits pour restaurer une mangrove ayant subi une forte érosion et dont les paramètres ne permettaient pas une colonisation naturelle. L'intervention anthropique était donc destinée à rendre la zone propice au développement de la mangrove, qui y poussait autrefois.

Après la pose des brise-lames, le substrat s'est rapidement élevé de 10 à 50 cm dans la zone protégée. Après deux ans, un phénomène d'accrétion s'est opéré de l'autre côté des brise-lames, côté mer, avec l'apparition d'un banc sablo-vaseux de 9 m de large (PRIMAVERA et al. 2012). Il est tout à fait possible que la mangrove prograde ainsi vers la mer, au fil des décennies.



Figure 6
Exemple de cas de création de brise-lames pour favoriser la recolonisation de la mangrove.

(source : Primavera et al., 2012)

Si quelques semis ont été plantés directement dans la zone protégée, comme en témoigne l'alignement de certains plants, les auteurs de l'étude soulignent l'implantation spontanée de propagules issues des palétuviers alentours.

I.7. Rétablir des connexions hydrologiques (brèches, pelleteuses, buses et drains)

Le développement de bassins aquacoles (Nouvelle-Calédonie) ou d'autres types de constructions comme des routes peuvent très souvent modifier l'hydrodynamisme de la zone et donc, a fortiori, la dispersion naturelle des propagules ou des graines. Cet état de fait participe à limiter l'apport de nouvelles propagules aptes à recoloniser des zones ou améliorer la couverture végétale (LEWIS & BROWN, 2014). La création de murets, de digues ou de canaux modifie la courantologie voire la bloque : les propagules sont piégées. L'excavation de bassins aquacoles, pour les rendre plus profonds et plus productifs, modifie le profil topographique et l'élévation du substrat : cela peut engendrer un phénomène de mortalité dans les zones basses comme le montre l'exemple ci-dessous. Les constructions peuvent

également nuire aux palétuviers situés en amont d'un site, en limitant ou empêchant l'inondation par la marée. La photographie suivante (cf. figure 7) a été prise à Silay dans le Negros occidental, province des Philippines. L'auteure nous explique que la différence entre la survie des palétuviers situés au dernier plan - tout comme celle des jeunes arbres qui ont été plantés en front de mer - et le phénomène de mortalité visible entre les deux lignes jaunes repose sur une différence d'élévation de seulement 5 cm environ (PRIMAVERA et al. 2012). Plusieurs options s'offrent au gestionnaire pour rétablir des connexions hydrologiques propices à une colonisation naturelle ou même pour assurer la pérennité d'une ou plusieurs mangroves.



(source : Primavera et al., 2012, Photo Ericson Alarcon)

Figure 7

La zone de mortalité située entre les deux lignes jaunes, plus basse topographiquement en raison de l'excavation de bassins aquacoles, empêche toute recolonisation naturelle de cette partie de l'estran. Cette mortalité s'explique par une élévation différente par rapport à la zone de survie des palétuviers. La restauration des niveaux topographiques est donc nécessaire pour favoriser le retour naturel des arbres.

■ En cas de présence d'anciens bassins aquacoles (Nouvelle-Calédonie), de digues, murets ou buttes empêchant une continuité hydrologique

- Des brèches peuvent simplement être faites à coup de pelles et de pioches pour permettre l'écoulement des flux (cf. figure 8).
- L'utilisation de pelleteuses est parfois nécessaire selon les cas de

figure, lorsque le travail physique à réaliser est bien trop important. La figure ci-dessous présente une brèche réalisée à l'aide de ce genre de véhicules (cf. figure 9).



Figure 8
La digue est assez haute pour empêcher le drainage de la zone d'eau à l'arrière plan. Une reconnexion hydrologique s'impose.
(source : modifié d'après Lewis & Brown, 2014)



Figure 9
Exemple de réalisation d'une brèche dans une mangrove modifiée par l'humain, à l'aide d'une pelleteuse. Plus tard, cette opération autorisera la colonisation naturelle de la zone située à l'arrière de la levée topographique : 6 espèces différentes viendront s'y épanouir !
(source : Lewis & Brown, 2014)

■ L'emploi de buses ou de drains pour garantir des connexions hydrologiques

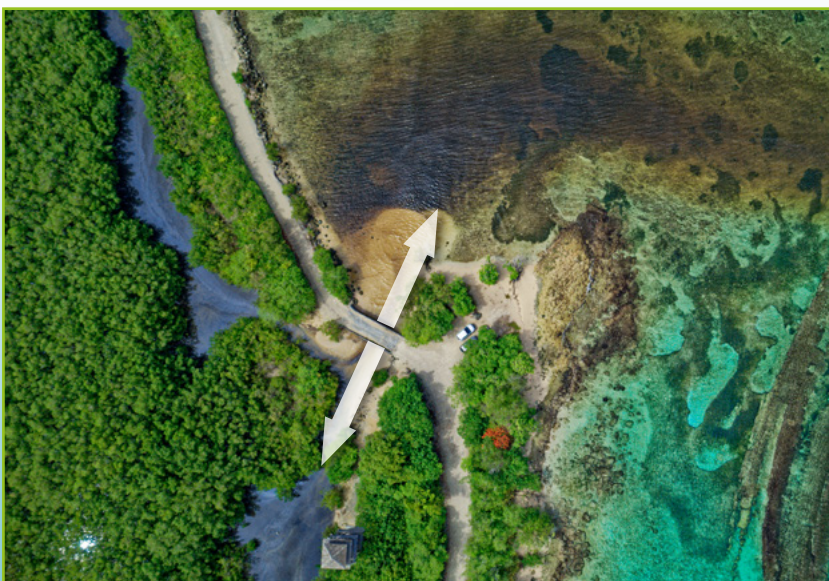


Figure 10
Avec un peu de recul, on observe l'importance de maintenir la connectivité entre le marais (où s'est implantée la mangrove) et la mer (balancement des marais et écoulement des flux d'origine continentale).

La mangrove à *Rhizophora* d'Oundjo, en Nouvelle-Calédonie, a été détruite à 73 % entre 1954 et 2008 à cause de la construction d'une route (EMR 2014 - données 2010). La construction de ce genre d'infrastructures peut dans certains cas bloquer la continuité hydrologique et mettre en péril les équilibres écologiques d'une mangrove.

La figure 10 montre l'intérêt des buses pour des aménagements routiers comme sur le site du marais de Port-Louis, en Guadeloupe. Les buses doivent être relativement larges pour ne se combler qu'en cas de fortes pluies et doivent être entretenues régulièrement.

La Plantation de Palétuviers

CHAPITRE II



Attention, la plantation n'est préconisée que si les méthodes de restauration par colonisation naturelle ne sont pas possibles à mettre en place ou s'il est nécessaire de retrouver rapidement une couverture végétale

L'**acceptabilité sociale** est un pré-requis nécessaire pour mener à bien un chantier de restauration (Lewis & Brown, 2014). C'est d'autant plus vrai lorsque la cause de dégradation de la mangrove est d'origine anthropique (prélèvement trop important de la biomasse ligneuse, défrichement, aquaculture...). Selon le contexte, un travail de **sensibilisation** et d'**implication** des populations locales est à mener en parallèle si l'on souhaite que la restauration soit pérenne dans le temps.

Le gestionnaire doit rester mobilisé plusieurs années après avoir organisé la replantation. Le suivi post-restauration est primordial pour s'assurer de la bonne conduite du projet. Plusieurs indicateurs sont à renseigner, selon un pas de temps bien précis.

II.1. Le choix des espèces

Le **choix des espèces** s'effectue au cas par cas, selon les profils locaux des sites. Il convient de choisir des espèces présentes à proximité immédiate du site et d'éviter les plantations monospécifiques. Les espèces

pionnières conviennent pour des conditions de submersion prolongée (*Sonneratia alba* à Mayotte par exemple ou encore *Rhizophora mangle* aux Antilles) tandis que certaines espèces sont adaptées aux zones les plus salées (*Avicennia germinans* dans les Antilles par exemple mais pas en Guyane où elle occupe plutôt une position frontale). L'analyse des paramètres abiotiques, ainsi qu'une bonne connaissance de la distribution des palétuviers à proximité de la zone à restaurer permettent d'identifier les secteurs propices pour telle ou telle espèce.

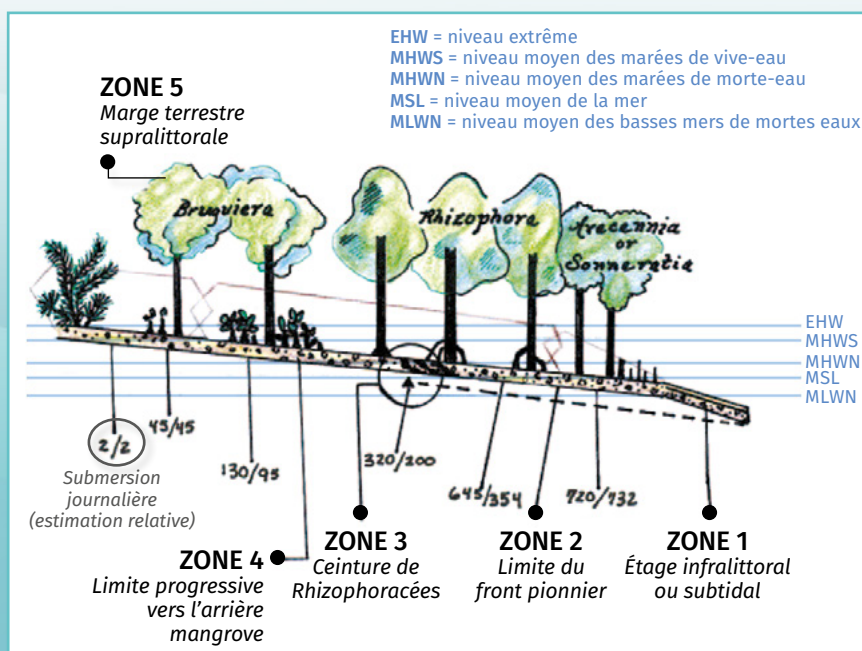


Figure 11
Profil d'une mangrove d'Asie du sud-est. La zonation des espèces est indiquée en fonction de la submersion journalière (marée de type semi-diurne soit deux cycles par jour).
(source : Lewis & Brown, 2014)

Il est recommandé au gestionnaire de réaliser un schéma de la distribution des espèces à partir d'une mangrove contigüe au site de restauration ou située à proximité et présentant des conditions plus ou moins similaires. Comme pour la figure 12 ci-dessous, l'idéal est de renseigner en parallèle de la zonation des espèces les paramètres abiotiques associés : salinité du sol, hauteur, durée et fréquence de submersion.

Ce type de graphique que l'on retrouve dans la littérature, mais pas pour tous les territoires, peut également guider le choix des espèces à planter pour les gestionnaires capables de réaliser les types de mesures utilisées dans ce cas.

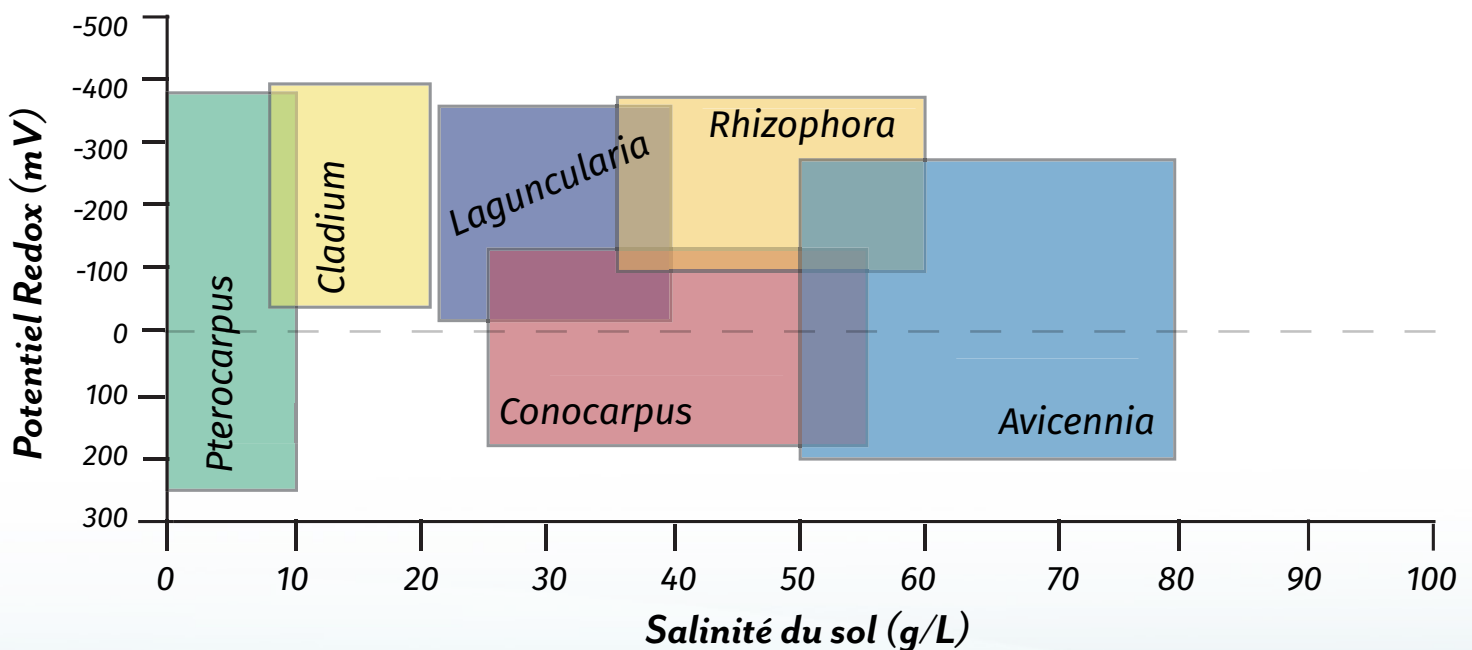


Figure 12

Distribution des genres dominants en fonction de la salinité et du potentiel d'oxydo-réduction en Guadeloupe.

Le potentiel redox permet de mesurer la minéralisation du sol et la fréquence d'inondation: moins la submersion est fréquente, plus le potentiel redox est élevé.

(source : Stubbs, 2002)

II.2. Deux méthodes de restauration par plantation

La collecte et le stockage des propagules en vue d'une implantation directe dans le substrat

La technique abordée dans cette sous-partie consiste à prélever directement les semences sur les espèces de palétuviers en vue de leur implantation directe dans la zone à restaurer. La collecte sert également

à alimenter la pépinière dont la méthodologie sera abordée dans un second temps. Selon les espèces, la propagule peut germer sur la plante mère (viviparité, comme pour les *Rhizophora spp.*) ou germer au sein d'un fruit (cas de l'*Avicennia* par exemple). Les propagules récoltées doivent être matures (voir les critères de maturité sur la figure 13). Elles peuvent être plantées directement dans le substrat de la zone à restaurer ou stockées temporairement selon les recommandations de la page suivante.

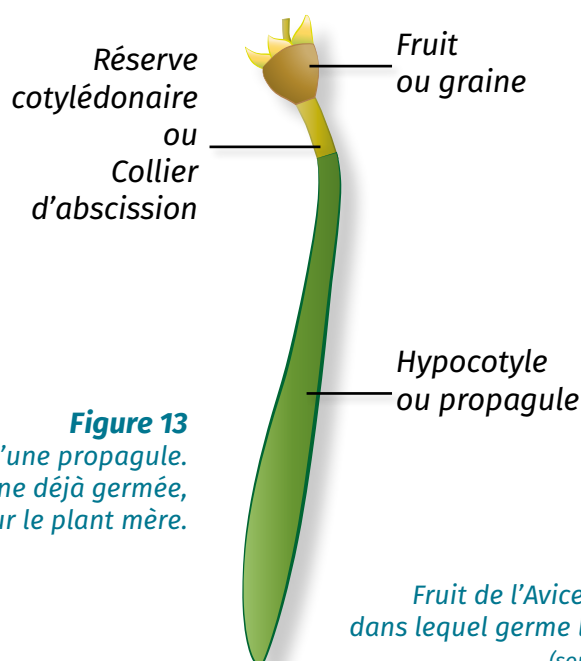
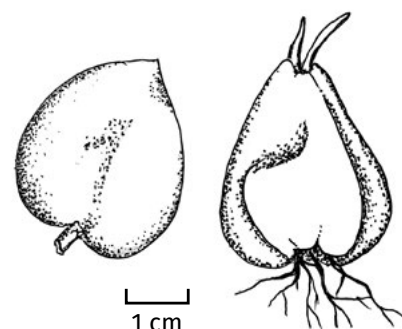


Figure 13
Illustration d'une propagule.
Il s'agit d'une graine déjà germée,
développée sur le plant mère.

Figure 14
Fruit de l'*Avicennia marina*,
dans lequel germe la propagule.
(source : EMR, 2014)



ESPÈCES	TYPE DE SEMENCE	FLORAISON	PÉRIODE DE MATURITÉ DES PROPAGULES/FRUITS	INDICATEUR DE MATURITÉ	TAILLE À LA MATURITÉ
<i>Avicennia marina</i>	Propagule	Mi-septembre	Déc., Janv., Fév.	Propagule jaune	Poids > à 30 gr environ
<i>Bruguiera gymnorhiza</i>	Propagule	Avril à août	Mars à décembre	Brun-rougeâtre	Long : au moins 20 cm environ
<i>Xylocarpus granatum</i>	Fruit	Décembre à février	Sep., Oct., Nov.	Fruit jaune/brun Flotte sur l'eau	Poids d'une graine à l'intérieur des fruits environ 30 gr
<i>Sonneria ssp.</i>	Fruit	Quasiment toute l'année	Différents stades de maturité possibles sur même pied	Flotte sur l'eau	Fruit d'au moins 4 cm environ
<i>Rhizophora stylosa</i>	Propagule	Avril à mai	Déc., Janv., Fév.	Collier jaune Propagule verte	Long. : au moins 20 cm
<i>Rhizophora apiculata</i>	Propagule	Avril à mai	Déc., Janv., Fév.	Collier rougeâtre	Long. : au moins 20 cm Ø 14 mm environ
<i>Lumnitzera spp.</i>	Fruit	Mai à juillet et Octobre à novembre	Mars à novembre	Flotte sur l'eau	—

Figure 15
Phénologie et critères de maturité des semences de certaines espèces de palétuviers : démarche à adapter au contexte géographique - ici, cas de la Nouvelle-Calédonie. (source : D'après Lewis, 2005 et EMR, 2014)

Le stockage des propagules s'effectue dans des sacs en toile de jute, immergés en bordure de mer : les sacs doivent être soumis à la marée. Il est possible de stocker les propagules dans des caisses en plastique

lestées, immergées en bordure de mer et recouvertes d'un linge (soleil, prédateurs). Il est recommandé de ne pas dépasser un stockage de plus de 2 semaines, la viabilité des semences décroissant avec le temps (EMR, 2014).

Figure 16

Modalités de stockage des propagules (en sacs ou en bacs) : dans les deux cas, les propagules doivent être soumises au balancement des marées.

(source : EMR, 2014)



- L'accessibilité du site de collecte par un véhicule facilite grandement le transport du matériel et du personnel.
- Le site de collecte doit être au plus près de la zone de stockage des propagules, pour éviter le transport de ces semences fragiles.
- Le site de collecte doit être à proximité de la mer afin de pouvoir stocker les propagules dans les conditions idéales.
- Pour l'*Avicennia marina*, il est souhaitable de faire tremper les propagules dans de l'eau douce pendant 24 heures pour faire tomber le péricarpe avant semis.

« Pour la plantation, nous avons 2 protocoles : (1) la cueillette sur pied et nous replantons de suite dans la boue sur une zone définie où nous pouvons aller les déplanter si besoin au bout de quelques semaines et (2) le ramassage qui s'effectue tous les jours en bord de mer où nous laissons les fruits en attente, droits, dans des sacs de plantation troués immergés dans les mangroves de manière à ce qu'ils restent toujours sous l'influence des marées pendant 3 à 4 semaines ce qui leur permet de commencer à faire des racines, dans ce cas nous les replantons sur d'autres sites plus éloignés ou nous les mettons dans des sacs de boues pour fabriquer une vraie pépinière » - SOS Mangroves NC

■ La mise en pépinière

La méthode précédente, pour s'approvisionner en semences, repose sur la collecte sur pieds en vue d'une implantation directe sur la zone à restaurer. Le développement d'une pépinière consiste à entamer une croissance des palétuviers dans un espace plus ou moins contrôlé. Cette méthode a l'avantage d'augmenter les chances de survie lors de la plantation, les propagules ayant déjà acquis une certaine croissance et développé un système racinaire plus conséquent. L'implantation de la pépinière, ou le choix de la zone, repose sur ces critères bien précis :

1. le site doit être compris dans la zone de balancement des marées,
2. le site doit être facile d'accès,
3. le site doit être plat et d'une superficie suffisante pour contenir les plants et permettre leur manipulation sans encombres.

« Nous utilisons à la fois la méthode « directe » (implantation des propagules dans le substrat) et « indirecte » (conditionnement en pépinière). Au début de la saison de fructification (janvier/février), dès les propagules récoltées à marée basse, nous les plantons et les disposons en pots, lors de la marée haute, lorsque la méthode directe est impossible. Puis, autour de mai et juin, une transplantation est effectuée quand les semis présentent 2 paires de feuilles »

- Association pour le Développement Durable à Maurice

Une moyenne de 100 plants par m^2 soit un plant tous les 10 cm semble un bon compromis (EMR, 2014).

Une fois le site de la pépinière choisi, il convient de créer des structures, appelées racks, pour pouvoir y placer les semis. On peut également faire des racks en dehors de la pépinière à proprement parler. Il s'agit de racks pouvant accueillir temporairement les plants, dans le but d'un transvasement ultérieur dans la pépinière. Ils seront alors posés en amont de la pépinière. Le positionnement des racks dépend des espèces qu'ils contiennent ; il convient donc de les placer en fonction des exigences écologiques de ces dernières (par exemple, un rack de *Rhizophora spp.*, espèces plus tolérante à la submersion, est à positionner dans les secteurs les plus longuement submergés).



Figure 17

Exemple de racks. Une contenance d'environ 100 plants par m^2 peut faire un bon compromis, soit des racks de 1,6m x 6 m.

(source : EMR, 2014)



Figure 18

Exemple de racks disposés derrière la pépinière (premier plan) et dans la pépinière (arrière plan). L'emplacement des racks nécessite une situation d'abris, un fond de baie par exemple.

(source : EMR, 2014)



Figure 19
Une pépinière artisanale à marée haute
en Nouvelle-Calédonie.

(source : EMR, 2014)



Figure 20
Pépinière avec brise-lames fixé sur corps-morts,
à marée basse.

(source : EMR, 2014)

- Il convient d'ombrager la pépinière, dans les 2 ou 3 premiers mois, grâce à l'utilisation de géotextiles permettant l'infiltration de l'eau de pluie mais limitant un ensoleillement direct préjudiciable aux semis. L'ombrage peut ensuite être retiré lorsque les plants ont acquis une certaine résistance (EMR, 2014).

- L'installation de brise-lames est recommandée pour protéger le front de la pépinière, soumise à l'action des vagues qui peuvent déstabiliser les semis et lessiver le substrat dans lequel ils reposent lorsqu'ils viennent d'y être plantés. La photo ci-dessus, à droite, montre un brise-lame artisanal devant la pépinière.

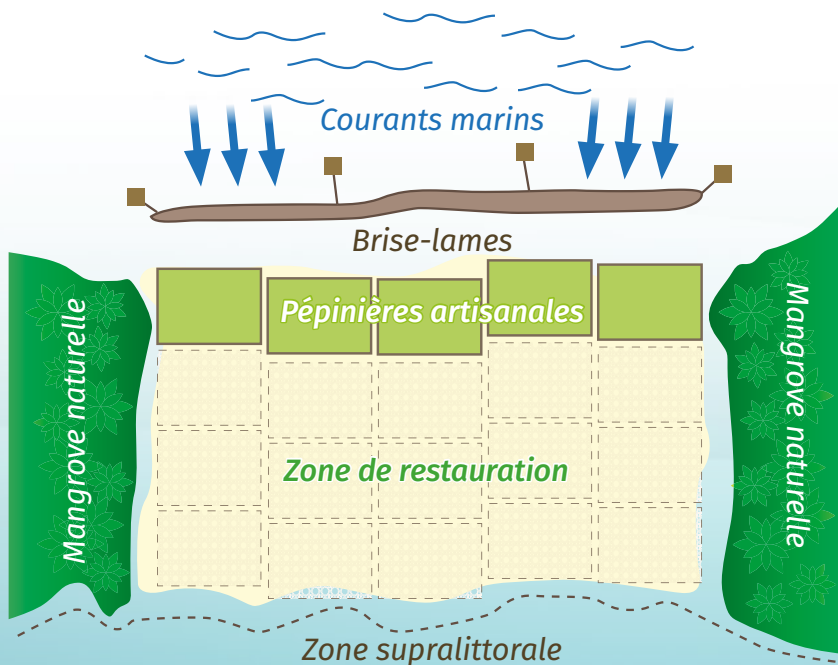


Figure 21
Schéma de l'organisation d'une zone de restauration sur substrat nu.

(D'après : EMR (2014) modifié d'après Duke, 2011)

L'usage de sacs à pépinière biodégradables est recommandé pour y planter les propagules récoltées, en vue de leur insertion dans la pépinière. Le substrat sera alors composé de 50% de vase et 50% de sable mélangé. Les sacs seront remplis au 2/3 pour faciliter la manipulation. Au choix, ces sacs seront placés dans des racks provisoires ou directement dans la pépinière. Il est préférable de les positionner à marée basse, pour permettre au substrat de se consolider pour ne pas être lessivé. Les propagules ne doivent être plantées ni profondément ni trop en surface et la mise en sac à pépinière doit suivre - dans un délai de 15 jours maximum - la collecte le plus rapidement possible (EMR, 2014).

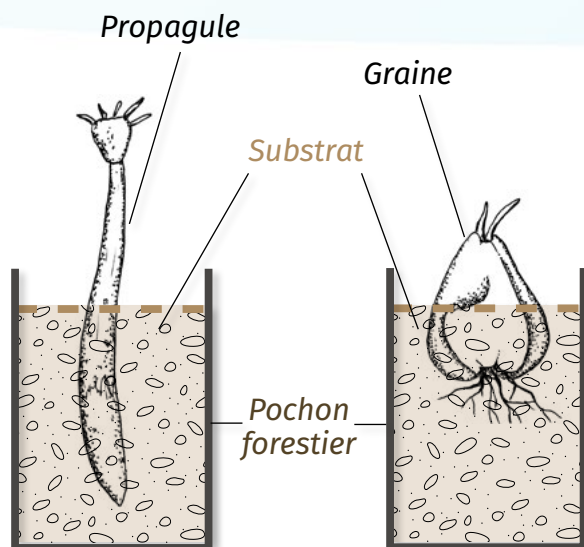


Figure 22
Mise en sac horticole
d'une propagule
du genre *Rhizophora*.
(source : EMR, 2014)

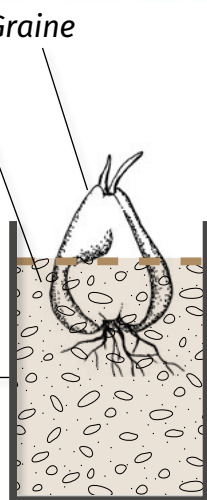


Figure 23
Mise en sac horticole
d'une propagule du
genre *Avicennia*.
(source : EMR, 2014)



Figure 24
Semis contenus dans des sacs horticoles, à disposer au sein
de la pépinière.
(source : © Chloé Desmots)



- Le choix du site de mise en pochon n'est pas à prendre à la légère : une localisation à proximité du site de collecte et de la pépinière est à préconiser, pour limiter le transport des propagules.
- Le gestionnaire doit choisir un espace pratique, car la mise en pochon nécessite du matériel : pelles pour remplir les pochons, brouettes pour constituer le substrat, sacs à pépinière de diamètre de 10 cm et de hauteur comprise entre 15 et 30 cm, bacs pour maintenir les pochons à la verticale en vue de leur insertion dans la pépinière ou des racks provisoires (EMR, 2014).
- L'origine du substrat peut provenir de la mangrove à proximité (attention à la réglementation en vigueur). Le principe invariant des 50 % de sable et 50 % de vase mélangés doit être respecté.
- Enlever les déchets aux environs de la pépinière (bouteilles, plastiques, déchets végétaux, etc.).
- Veiller à retirer les plants malades ou parasités de la pépinière (suivre régulièrement les semis).
- Favoriser une bonne circulation de l'air dans la pépinière.

Un autre modèle alternatif de pépinière est possible. Dans le cas présent, les semis ne sont pas soumis au

balancement des marées et évoluent dans des structures situées sur la terre ferme, à proximité du rivage.

- Les matériaux locaux ont été privilégiés afin que l'expérience puisse être reproduite facilement et à moindre coût.
- Construction par les associations d'abris type « falé traditionnel » : utilisation des ressources locales : *Falcataria moluccana* appelée communément « falcata » (espèce envahissante) ; bambou.
- Utilisation de feuilles de cocotiers pour l'ombrage (entre les 2 et 3 premiers mois minimum) et pour laisser l'infiltration de l'eau de pluie.
- Achat de grille parcs à cochons pour disposer les plants ou utilisation des palettes : afin d'éviter l'intrusion des crabes dans les sacs.
- Sacs horticoles fournis par le Service de l'Environnement.



Figure 25

Pépinière ex-situ, sur la terre ferme, à Falaleu - Wallis.

(© Chloé Desmots)



- Une pépinière peut également se situer à proximité d'une rivière si l'on souhaite arroser les plants à l'eau douce puis à l'eau saumâtre afin de favoriser leur croissance - effet très significatif pour l'*Avicennia marina* - avant de les planter.
- Lors de la plantation, les semis issus de ce type de pépinière peuvent subir un stress plus important car isolés des conditions de marées et des variations de salinité.



Figure 26

Plants 4 mois après plantation à Mata-Utu.

(© Chloé Desmots)



Figure 27

Semis mis en pochon, dans des bacs destinés à alimenter la pépinière de Halalo.

(© Chloé Desmots)

*Illustration de la mise en sac à pépinière :
propagules/graines et plantation selon les genres de palétuviers*

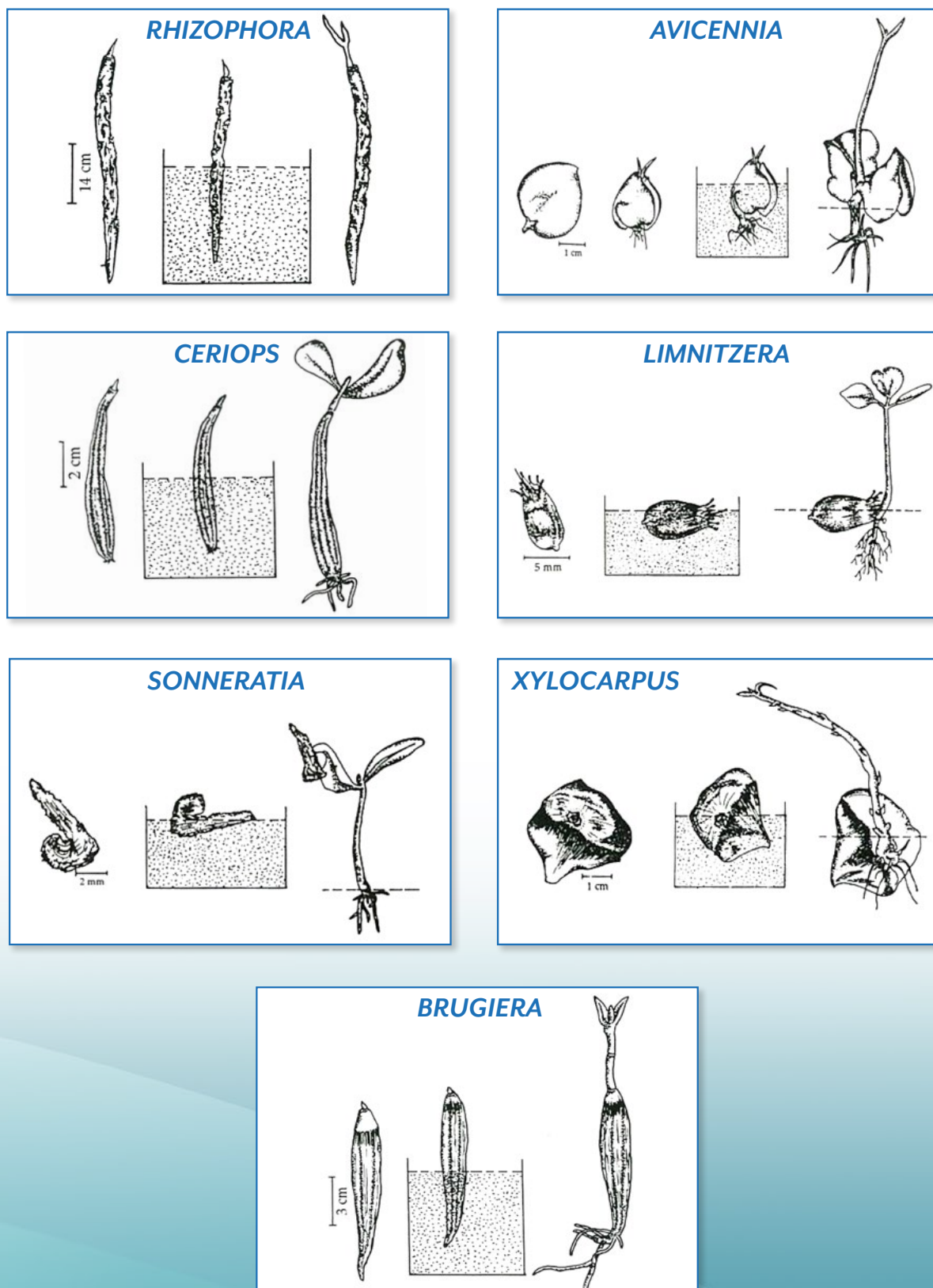


Figure 28

*Illustration de la mise en sac à pépinière : propagules/graines et plantation
selon les genres de palétuviers - (Source : EMR (2014), modifié d'après N. A. Siddiqi et al., 1993)*

II.3 Déroulement de la plantation

La plantation nécessite des pelles, des brouettes et éventuellement des bacs pour transporter les semis sur le terrain. Placez les semis dans des trous après avoir retiré le contenant. Le trou dans lequel le semis est planté doit correspondre à 1,5 fois la taille du pain racinaire du plant (Lewis, 2009) (source : EMR, 2014).



Découpage à la machette du fond du sac à pépinière avant de planter.



Insertion de la plantule avec son sac découpé dans le trou creusé: il ne reste plus qu'à tirer le sac vers le haut et colmater le trou.

Figure 29

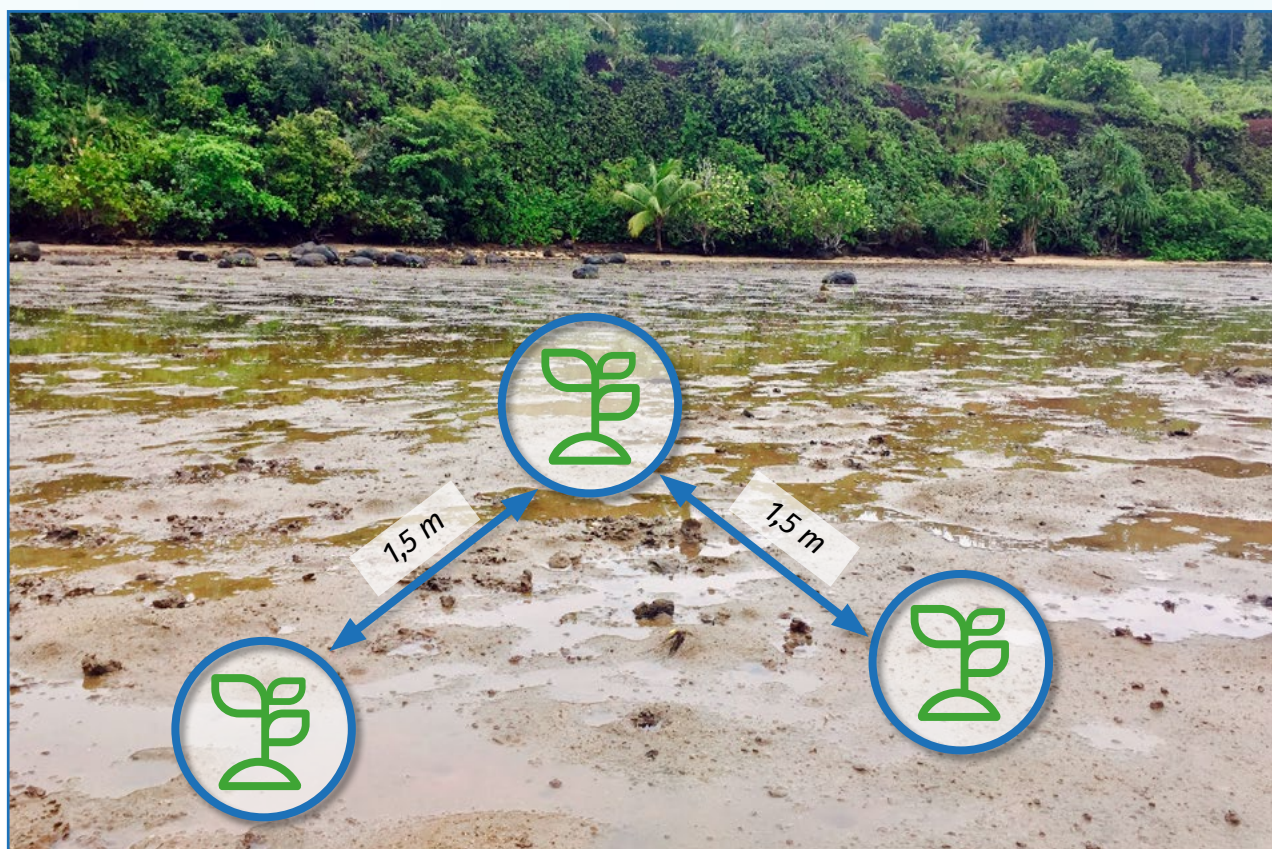
Matériels requis pour effectuer la plantation sur site. (source : © Anne Caillaud)

Espacement entre les plants

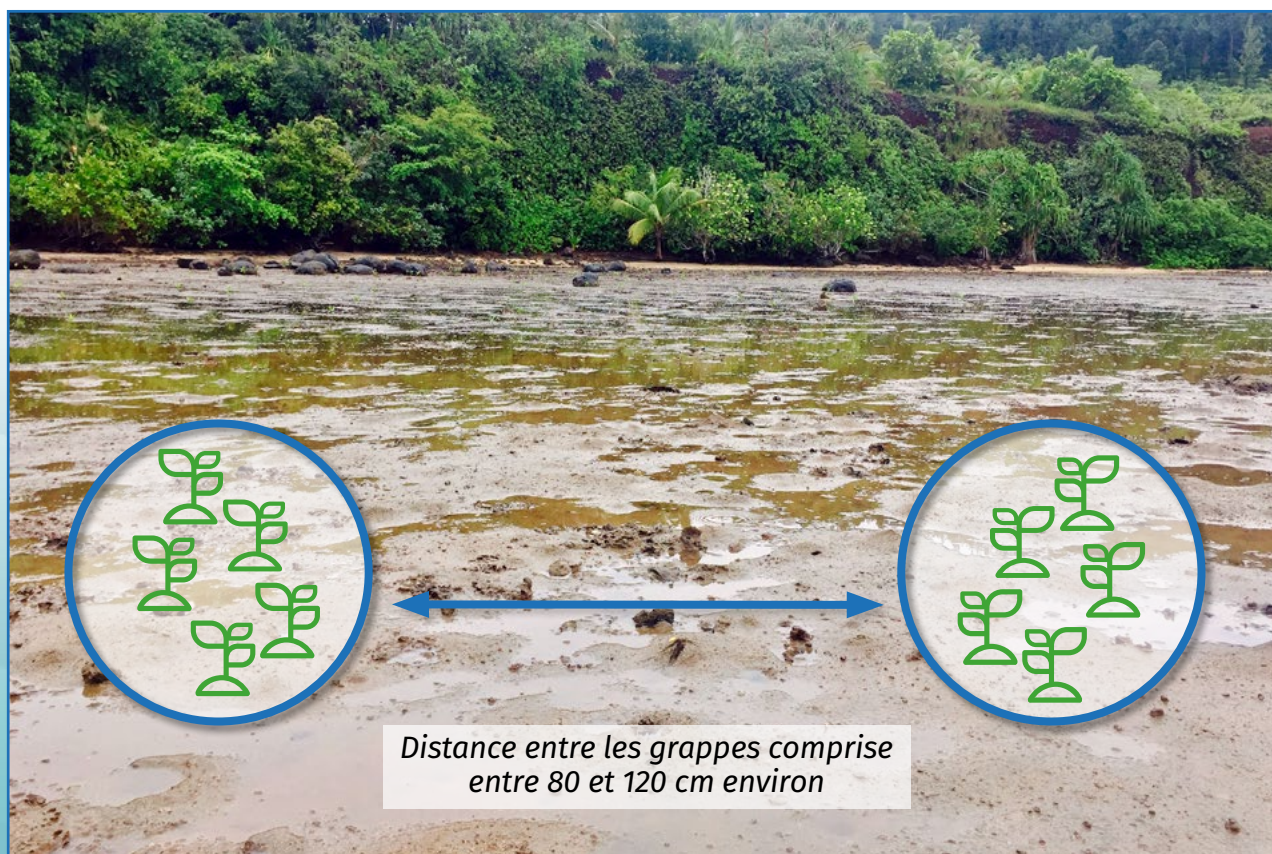
Certaines études de cas appellent à l'utilisation de transects, matérialisés par des cordes, pour guider la plantation. Il est recommandé de ne pas utiliser cette méthode, pouvant créer des chenaux « artificiels » altérant les paramètres hydrologiques.

Il convient de planter les semis « aléatoirement » tout en respectant un espacement bien précis - il faut éviter les densités trop fortes, la dynamique végétale spontanée prendra ensuite le relais (Lewis, 2009).

« Au début de notre implication, sur les conseils du Ministère des Pêches, les propagules étaient plantées à 1 m d'intervalle. Durant le dernier exercice de 2014, cet intervalle a été augmenté à 1,5 m, toujours sur les préconisations du Ministère des Pêches. Les volontaires provenant de villages locaux sont impliqués dans les opérations de plantation de mangrove après une phase d'entraînement encadrée par le Ministère des Pêches et notre association. Un outil spécial a été conçu pour faciliter la plantation directe » - Association pour le Développement Durable à Maurice.

**Figure 30**

Plantation aléatoire de semis isolés, suivant la technique n°1 ci-dessus. (© Anne Caillaud)

**Figure 31**

Plantation par grappes de semis - environ 5 individus – suivant la technique n°2 ci-dessus. (© Anne Caillaud)

La plantation par grappes est intéressante : elle s'appuie sur les interactions intraspécifiques entre les plants, dans des conditions de survie difficiles. Par exemple, ensemble, les jeunes palétuviers vont concourir, petit à petit, à améliorer

le substrat dans leur zone environnante (oxygénation du substrat, etc.). Cette technique aurait montré d'excellents résultats, dans le temps long (4 ans après), sur plusieurs sites de restauration (Gedan & Silliman, 2009).



Figure 32

Utilisation d'un outil adapté pour faciliter le travail de plantation.

(source : ©Association pour le Développement Durable à Maurice)

« Un outil adapté, fabriqué à partir de tiges métalliques, a été conçu par un membre de l'association. Il possède une extrémité pointue avec 2 barres de fer, dont l'une est fixée à environ 30 cm de l'extrémité pour exercer plus de pression et ainsi faciliter l'implantation des propagules »
– Association pour le Développement Durable à Maurice.



Ce qu'il faut retenir

- La densité optimale varie selon les auteurs et les expériences, allant d'un plant/m² ou d'un espacement de 2 mètres entre les plants. L'intervalle idéal est **une distance de 1 à 2 m entre les plants**.
- Pour la technique des grappes, comptez entre **80 cm et 1,20 m** d'intervalle.
- Privilégier la plantation aléatoire, tout en respectant l'espacement requis entre les plants, si la technique des « grappes » n'est pas utilisée.

■ Organisation du suivi post opération

Indicateurs de suivi

Plusieurs indicateurs sont à renseigner, selon un pas de temps bien précis. Il convient de suivre au minimum :

- La mortalité (ratio entre le nombre de semis plantés et le nombre de semis morts soit le taux de survie).
- Le taux de recouvrement (en %) : il permet d'évaluer la répartition

spatiale de la végétation (au moins une fois par an).

- La croissance des plants (en cm, mesure mensuelle ou tous les 15 jours ou moyenne de l'ensemble des plants pour l'utilisation de quadrats).

SITE	Nbre de Pieds plantés	Pieds morts ou manquants	Taux de survie (%)
1 A	13 868	2 452	82,4
1B	8 312	601	92,8
2A	14 007	480	96,6
2B	975	34	96,5
3	150	35	76,7
TOTAL	37 312	3 602	90,4

Figure 33

Exemple de tableau permettant un suivi des indicateurs. Ici, seule la mortalité est renseignée.

(source : Association pour le développement durable à Maurice)



- Les mesures de suivi peuvent concerner tous les individus plantés ou se focaliser sur un échantillonnage représentatif lorsque la superficie du site de restauration est trop importante par rapport aux capacités de mobilisation des gestionnaires. Le suivi par transects, évoqué plus loin, sera alors à privilégier. Dans le cas de la plantation « en grappes », **le suivi de toutes les grappes doit être privilégié - sans transects - avec les mêmes indicateurs à renseigner.**

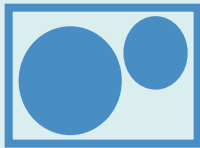
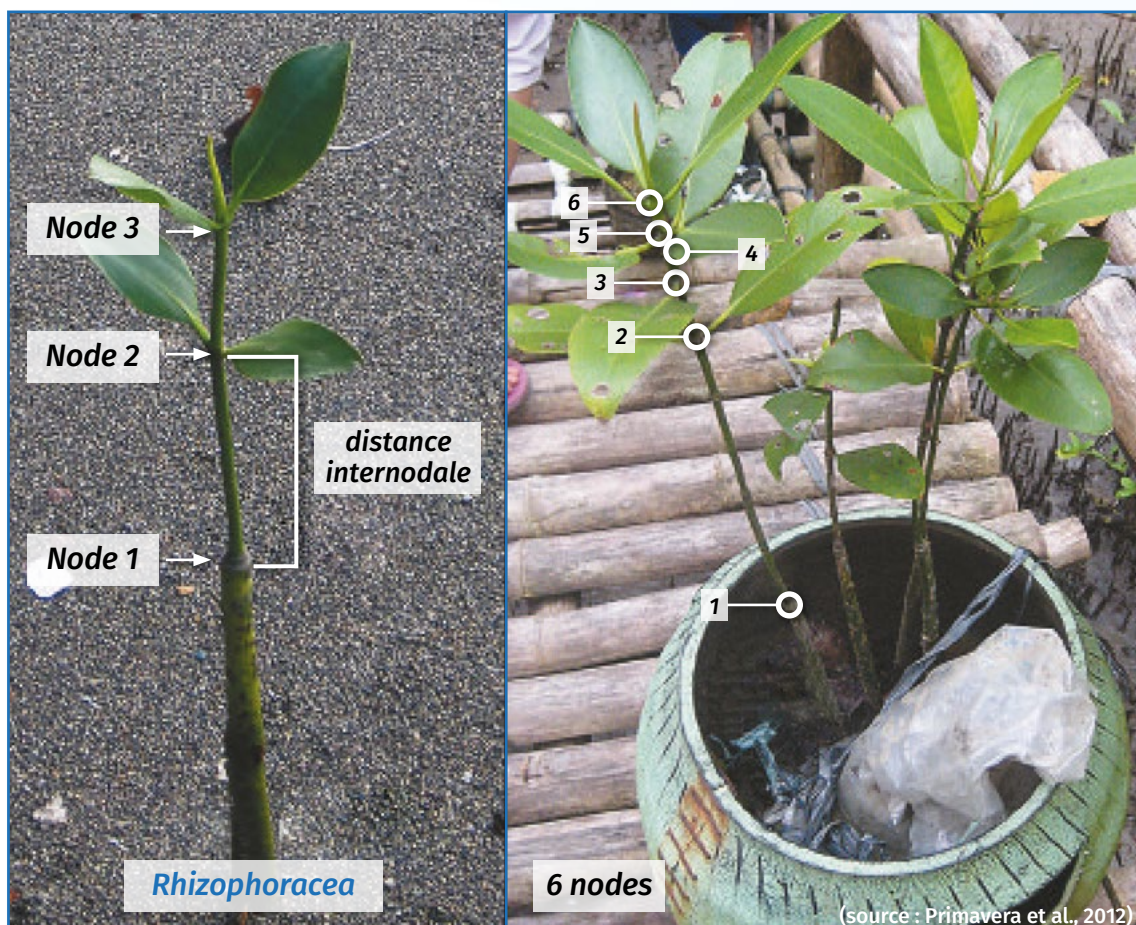
TAUX DE SURVIE	$\frac{\text{Nombre de plants survivants}}{\text{Nombre initial de plants}} \times 100$
TAUX DE RECOUVREMENT (en %)	 $\pm 60\%$
CROISSANCE (moyenne pour l'utilisation du quadra)	$\frac{\text{Somme des hauteurs}}{\text{Nombre de plants}}$

Figure 34
Illustration des
nœuds du plant
et de la distance
internodale.



La mesure de la croissance s'effectue depuis la partie sommitale de la propagule (nœud 1 [node] de la photo ci-dessus) jusqu'à l'apex (extrémité sommitale du végétal). C'est la mesure

minimale à renseigner. Elle peut être complétée, dans l'idéal, avec les mesures internodales et le nombre de feuilles au niveau de chaque nœud (Primavera et al. 2012).

Protocole de suivi

Il est idéal de pouvoir faire un suivi de tous les semis plantés. Si la restauration concerne une zone de trop grande envergure, il convient de réaliser un suivi par transects, avec quadrats. L'opération consiste **à placer des lignes de transects le long desquelles vont être déposés, selon des intervalles prédéfinis et représentatifs de l'ensemble du site, des quadrats**. Le principe invariant est celui qui consiste à respecter un **échantillonnage de 10%** de l'ensemble des individus, pour avoir des mesures représentatives (EMR, 2014). Les transects et l'emplacement des quadrats doivent être les mêmes à chaque observation.

- À titre d'exemple, si l'on adopte un semis équivalent à un plant/m², et que l'on a planté 1000 plants, alors il faudra suivre au minimum 100 plants soit une surface de 100 m², nécessitant quatre quadrats de 25 m² à répartir le long des transects (EMR, 2014). À adapter selon les ordres de grandeur.

- Il est idéal de pouvoir marquer au **GPS** le début et la fin d'une ligne de transect, ainsi que la position des quadrats. Sinon, privilégier l'utilisation de **marqueurs solidement fixés**.

- Pour chacun des quadrats, relever le nombre de plants vivants et morts, la hauteur des plants et le taux de recouvrement sur la première fiche de terrain (page 30). Une seconde fiche de synthèse permet de renseigner d'autres indicateurs participant à une comparaison globale (page 31).
- La bancarisation des données est très importante : un tableur Excel peut être un bon outil lorsque chacun des semis est suivi (le nombre peut

être important : exemple du suivi de 13 868 plants dans le projet de restauration à Maurice. Pour le suivi de l'ensemble des plants, décliner les mêmes indicateurs que pour le suivi avec quadrat. Le taux de recouvrement se fera à l'échelle du plant.

Dans la mise en place de transects, plusieurs configurations sont possibles. Le principe invariant des 10 % minimum d'échantillonnage doit, dans tous les cas, être respecté.

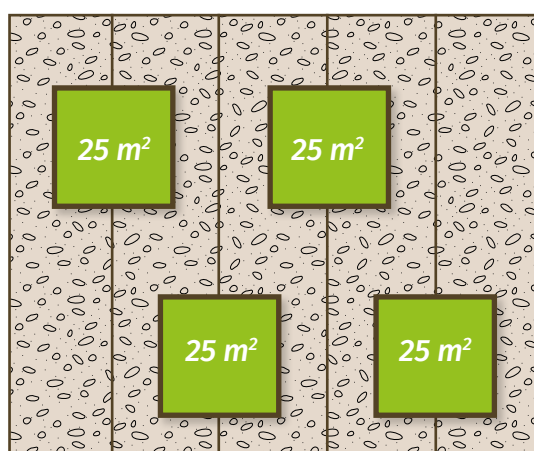


Figure 35

Exemple schématique n°1 avec une superficie totale du site de 1000 m² (1 plant/m²)

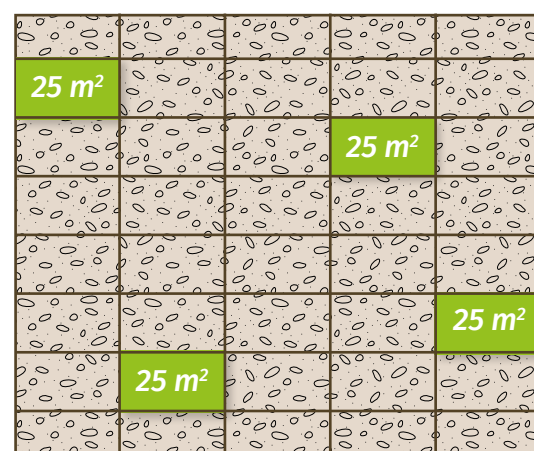


Figure 36

Exemple schématique n°2 avec une superficie totale du site de 1000 m² (1 plant/m²)



- Chacun des plants suivis durant les transects doit être marqué (par exemple : P1, P2, P3...) afin de rendre le suivi rigoureux et efficient. Lors des toutes premières mesures, bien noter les hauteurs de références (H1 par exemple) qui serviront à comparer l'évolution de la croissance. Un marquage GPS des semis est envisageable, dans la mesure où les marqueurs sont soumis aux aléas naturels et peuvent disparaître d'un jour à l'autre. Pour pallier les variations de coordonnées possibles d'une visite à l'autre, un GPS fiable, de bonne qualité, est préconisé.
- Si les plants sont positionnés en grappes, il convient de numérotter chaque grappe et de la localiser, là encore, soit par marqueur (ruban, marqueur rigide solidement ancré) soit par un GPS fiable. Mesurer les paramètres recommandés pour chaque plant de chaque grappe.

Le Matériel de suivi

- Un appareil photo pour illustrer les observations.
- Un instrument de mesure millimétrique (mesure de la croissance des plants).
- Dans le cas des transects, une feuille de suivi de terrain dans laquelle les observations des différents indicateurs sont renseignées ainsi qu'une fiche de synthèse.
- Un feutre indélébile.
- Dans le cas des transects, ajouter un mètre pour délimiter les quadrats, bobine de fil pour matérialiser la ligne de transect ou GPS pour géoréférencer la ligne de transect voire les plants suivis.

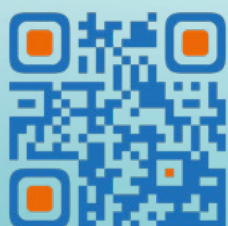
Gérer la prédation et les maladies

- La gestion des prédateurs en amont et pendant le suivi post-restauration est primordiale pour s'assurer du succès de l'action de restauration :

Le risque de prédation par les crabes, le bétail (zébus, chèvres) et les mollusques est à prendre en compte dans le choix du site de

restauration. Lorsque le site est à proximité de villages, il est nécessaire d'engager une concertation avec les éleveurs pour s'entendre sur les mesures à mettre en place (cf. cas du site de Tsoundzou 1 où la moitié des plants fût broutée par les zébus en lisière de village).

Fiche suivi terrain - transects					
Observateur :		Coefficient de marée :		Hauteur d'eau à marée haute :	
Date :		Heure de la marée haute :		Hauteur d'eau à marée basse :	
Heure de début du transect :		Heure de la marée basse :		Transect n° :	
Heure de fin du transect :					
Quadrat	Nombre de plants	Nombre de plants morts	Hauteur des plants (cm)	Taux de recouvrement au sein du quadrat (%)	Observations (attaque de prédateurs, nécroses...)
Q1			P1		
			P2		
			P3		
			P4		
			(...)		
Q2			P1		
			P2		
			P3		
			P4		
			(...)		
Q3			P1		
			P2		
			P3		
			P4		
			(...)		
Q4			P1		
			P2		
			P3		
			P4		
			(...)		



Cette fiche de suivi sur le terrain, établie pour le suivi par transects, est à adapter selon la configuration, le nombre de quadrats et le nombre de plants présents en leur sein. Chaque plant est marqué pour pouvoir assurer un suivi régulier des individus. La toute première fiche de terrain permet de renseigner une hauteur de référence, qui servira de base au calcul de la croissance, renseignée dans la fiche de synthèse.

Téléchargement :

- Format XLSX (http://www.pole-tropical.org/wp-content/uploads/2018/10/Fiche_suivi_terrain_transect.xlsx)

Fiche de synthèse

Date :
Transect n° :

Quadrat	Nombre de plants	Taux de survie (%)	Hauteur moyenne des plants (cm)	Taux de recouvrement au sein du quadrat (%)	Observations générales (attaque de prédateurs, nécroses...)	Croissance moyenne des plants (cm) T1 / T-1
Q1						
Q2						
Q3						
Q4						
Q5						
Q6						
Q7						
Q8						
Q9						
Q10						
Q11						
Q12						
Q13						
Q14						
Q15						
Q16						
Q17						



Cette fiche de synthèse est à remplir à partir des données indiquées sur les fiches de suivi terrain. Cette synthèse permet de renseigner d'autres types d'indicateurs, plus difficiles à calculer dans les conditions du terrain. C'est le cas de la croissance moyenne, qui permet une analyse de la dynamique végétale à l'échelle du quadrat et une comparaison inter-quadrats. Le taux de survie est également déduit à partir de la comparaison entre plants morts et plants vivants. Enfin, la hauteur moyenne des plants permet également une estimation relative à une échelle plus petite que celle de l'individu.

Téléchargement :

- Format XLSX : <https://wp.me/a5BSgN-2jl>

- Format PDF : <https://wp.me/a5BSgN-2jH>

Bibliographie

- BALKE, T., BOUMA, T. J., HORSTMAN, E. M., WEBB, E. L., ERFTEMEIJER, P. L. A., & HERMAN, P. M. J., Windows of opportunity: thresholds to mangrove seedling establishment on tidal flats. *Marine ecology - progress series*, 2011, 440,1-9.
- LEWIS RR III., Methods and criteria for successful mangrove forest restoration. in *Coastal Wetlands: An Integrated Ecosystem Approach* Perillo G M E, Wolanski E, Cahoon D R, and Brinson M M (eds) Elsevier, Amsterdam, the Netherlands., 2009, p. 787-800.
- LEWIS RR., BROWN B., Ecological mangrove rehabilitation – a field manual for practioners. *Mangrove Action Porject, Canadian International Development Agency and OXFAM*, 2014, pp. 1-275.
- POVEDA E. & GUIRAUD M., *Guide de restauration de la Mangrove ; Nouvelle-Calédonie – Environnement de la Mine au Récif (EMR)*. Koniambo Nickel SAS.), 2014, 65p.
- PRIMAVERA JH., SAVARIS JD., BAJOYO B., COCHING JD., CURNICK DJ., GOLBEQUE R., GUZMAN AT., HENDERIN JQ., JOVEN RV., LOMA RA & KOLDEWEY HJ, Manual on community-based mangrove rehabilitation – *Mangrove Manual Series No. 1*. London, UK: ZSL. Viii +, 2012, 240 p.
- STUBBS, BJ & SAENGER, P, The application of forestry principles to the design, execution and evaluation of mangrove restoration projects, *Bois et Forêts des Tropiques*, 2002, vol. 56, no. 273, pp. 5-21.
- VAN LOON AF., TE BRAKE B., VAN HUIJGEVOORT MHJ., DIJKSMA, *Hydrological Classification, a Practical Tool for Mangrove Restoration*, 2016, PLoS ONE 11(3): e0150302. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0150302>
- DUKE, N. Biomass of Mangrove Forests – Long Plot Methodology. DRAFT. 2011.
- LEWIS, R. R., « Ecological engineering for successful management and restoration of mangrove forests ». *Ecological Engineering*. Elsevier, 2005, 403-418 pp.
- SIDDIQI, N. A. ET AL. , Mangrove nurseries in Bangladesh, International Society for Mangrove Ecosystem, Japon, 1993, 14 p.



Pole-Relais
Zones Humides
Tropicales

<http://www.pole-tropical.org/>

Cité administrative de Circonvallation
Rue Alexandre Buffon
97100 BASSE TERRE
GUADELOUPE FWI

Coordinatrice : + (590) 590 81 81 29
Documentaliste : + (590) 590 81 81 28