

Protocole de Suivi des Herbiers Marins pour les Aires Marines Protégées de Madagascar



Remerciements

La réalisation réussie de ce Protocole de suivi des herbiers marins pour les aires marines protégées de Madagascar n'aurait pas été possible sans le soutien généreux et les contributions de nombreuses personnes et institutions.

Nous adressons nos sincères remerciements au personnel de Madagascar National Parks (MNP) pour leurs précieuses connaissances, leur accompagnement, ainsi que leur participation enthousiaste lors de l'atelier de suivi des herbiers marins tenu à Nosy Be en mars 2025.

Nous sommes également reconnaissants envers le projet Large-scale Seagrass Mapping and Management Initiative (LaSMMI) et l'Institut Halieutique et des Sciences Marines (IHSM) de l'Université de Tuléar pour leurs contributions et leur appui inestimables dans la conception de l'atelier ainsi que dans l'élaboration de ce protocole.

Résumé exécutif

Le Protocole de suivi des herbiers marins pour les aires marines protégées (AMP) de Madagascar a été élaboré dans le cadre du programme Ocean Country Partnership Programme (OCP), financé par le Blue Planet Fund du Département britannique en charge de l'environnement, de l'alimentation et des affaires rurales (Department for Environment, Food and Rural Affairs – Defra). Ce document a pour objectif de fournir un cadre clair et pratique pour appuyer les gardes et gestionnaires de Madagascar National Parks (MNP – Madagascar National Parks) dans le suivi de la santé des écosystèmes d'herbiers marins à travers le réseau national d'AMP. Élaboré en collaboration avec des experts nationaux et internationaux, ce protocole répond à l'urgence de mieux comprendre, protéger et gérer ces habitats écologiquement essentiels.

Le protocole est conçu pour être pratique et évolutif, destiné à soutenir la mise en œuvre locale tout en générant des données qui contribuent aux objectifs de conservation nationaux et régionaux. Il comprend des annexes avec des guides d'identification, des outils d'échantillonnage, des références photographiques et des modèles de sécurité pour accompagner le travail sur le terrain.

En tant que document évolutif, le protocole fera l'objet de révisions et de mises à jour au fur et à mesure du renforcement des capacités de suivi et de l'acquisition de nouvelles informations. La formation continue, le partage des données et la collaboration entre les institutions seront essentiels pour garantir la réussite durable de la conservation des herbiers marins à Madagascar.

Référence

Baigent, H.N., Cornthwaite, A., Kettle, E., Hassall, I., Fennelly, L., Ranivoarivelo, L., Rowlands, G., & Randriamiharisoa, L. (2025). Seagrass Monitoring Protocol for Madagascar's Marine Protected Areas. Ocean Country Partnership Programme, Blue Planet Fund.

Ocean Country Partnership Programme

Ocean Country Partnership Programme (OCP) est un programme bilatéral d'assistance technique et de renforcement des capacités, qui offre un soutien personnalisé aux pays afin de mieux gérer l'environnement marin de manière durable. L'assistance comprend le renforcement de l'expertise en sciences marines, l'élaboration d'outils de gestion et de politiques fondés sur la science, ainsi que la création de ressources éducatives pour les communautés côtières. L'OCP intervient dans trois domaines thématiques: la biodiversité, la pollution marine et les produits de la mer durables. Le financement est assuré par Blue Planet Fund (BPF), mis en œuvre par le Département britannique en charge de l'environnement, de l'alimentation et des affaires rurales (Defra).

Les auteurs tiennent à remercier et à exprimer leur reconnaissance au Defra au nom du gouvernement du Royaume-Uni, pour le financement de ce travail: numéro de projet **GB-GOV-7-BPFOCP**.

Table des matières

1. Glossaire des termes.....	6
2. Introduction.....	7
2.1 Qu'est-ce que l'herbier marin?	7
2.2 Herbiers marins à Madagascar	8
2.3 L'importance de la conservation des herbiers marins	8
2.4 Menaces pesant sur les herbiers marins	9
2.5 Qu'est-ce que le suivi des AMP?	11
2.6 Pourquoi effectuons-nous un suivi?.....	11
3. Objectifs du protocole de suivi	12
4. Zone d'étude et sélection des sites.....	13
4.1 Étendue géographique.....	13
4.2 Sites témoins	14
5. Période et fréquence des relevés.....	14
5.1 Fréquence	14
5.2 Horaires des marées	14
6. Équipement et logistique	15
6.1 Équipe d'échantillonnage	15
6.2 Équipement pour le relevé pédestre	15
6.3 Équipement d'observation en apnée.....	16
6.4 Équipement pour le relevé en plongée sous-marine (SCUBA)	16
7. Conception du relevé et installation des transects	17
7.1 Modèle d'échantillonnage.....	17
7.2 Installation de transects permanents	17
7.3 Procédure générale pour l'échantillonnage avec quadrat	19
8. Collecte des données avant le relevé.....	20
8.1 Qualité de l'eau	20
8.2 Caractéristiques des sédiments.....	20
9. Collecte des données par quadrat.....	20
9.1 Pourcentage de couverture des herbiers marins	21
9.2 Densité des herbiers marins	21
9.3 Composition des espèces	22

9.4 Hauteur de la canopée	23
9.5 Caractéristiques supplémentaires et macrofaune	23
10. Gestion et analyse des données	24
10.1 Enregistrement et traitement des données	24
10.2 Stockage des données et bonnes pratiques.....	24
10.3 Analyse statistique	25
11. Renforcement des capacités	27
11.1 Formation et mise à jour des protocoles	27
12. Rapports et gestion adaptative	28
12.1 Rapports annuels et gestion adaptative	28
13. Objectifs de conservation et de suivi	28
13.1 Définition des objectifs de conservation	28
13.2 Quel sont les indicateurs de suivi?.....	29
13.3 Intégration au plan de gestion	31
13.4 Contribution aux bases de données mondiales	31
14. Restauration des herbiers marins	32
14.1 Signes d'impact humain sur les herbiers marins.....	32
14.2 Approches en matière de restauration	33
14.3 Approche participative et suivi	34
15. Ressources utiles	36
16. Annexes	37
Annexe A. Guide d'identification des herbiers marins	38
Annexe B. Exemple d'évaluation des risques pour un relevé sur les herbiers marins	41
Annexe C. Exemple d'ardoise de plongée.....	44
Annexe D. Guide photographique du pourcentage de couverture des herbiers marins	45
Annexe E. Méthode d'installation de la vis de sable	47
Annexe F. Exemples d'images de caractéristiques supplémentaires et de macrofaune	48
Annexe G. Méthodes de restauration active des herbiers marins	49

1. Glossaire des termes

Nom du terme	Définition
Aire Marine Protégée (AMP)	Zones géographiques de l'environnement marin établies et gérées pour assurer la conservation à long terme de la nature et l'utilisation durable des ressources.
Couverture épiphyte	Algues, micro-organismes et autres petits organismes qui se développent sur les feuilles d'herbes marines.
Égalité des genres, handicap et inclusion sociale (EGHIS)	Une approche qui vise à garantir que tous les individus, indépendamment de leur sexe, de leur appartenance ethnique, de leur âge, de leur handicap ou d'autres caractéristiques, bénéficient de l'égalité des droits, des chances et de l'accès aux ressources et aux services.
Gestion adaptative	Une approche flexible de la gestion des AMP qui permet des ajustements en fonction des nouvelles informations, des données de suivi et des conditions changeantes.
Gestion des Aires Marines Protégées (AMP)	Les activités et stratégies mises en œuvre pour gérer efficacement les Aires Marines Protégées (AMP).
Herbier marin	Plante herbacée qui vit dans ou près de la mer, notamment les zostères
Indicateurs écologiques	Mesures utilisées pour évaluer l'évolution des écosystèmes marins et de la biodiversité dans les AMP au fil du temps.
Partie prenante	Individus, groupes, organisations ou entités ayant un intérêt ou une implication dans les ressources naturelles, y compris la désignation, la gestion et les résultats des Aires Marines Protégées (AMP).
Renforcement des capacités	Initiatives de formation et de développement visant à améliorer les compétences et les connaissances des gestionnaires d'AMP, du personnel et des parties prenantes.
Rhizome	Tige souterraine horizontale d'une plante qui produit des pousses et des racines à partir de ses nœuds. Utilisée dans l'identification des espèces d'herbiers marins.
Services écosystémiques	Les avantages que les gens tirent des écosystèmes. Par exemple, les services d'approvisionnement tels que la nourriture et les matières premières, les services de régulation tels que la prévention de l'érosion des sols et le stockage du carbone ou les services culturels tels que les loisirs.
Sites témoins non protégés (STNP)	Zones écologiquement similaires situées en dehors des Aires Marines Protégées (AMP), utilisées comme référence pour comparer l'efficacité des mesures de protection en les confrontant à des conditions non protégées.
Tanin	Les tanins sont des composés chimiques présents dans les herbiers marins qui aident à protéger la plante contre les herbivores, les bactéries et les champignons. Ils sont également utilisés pour l'identification des espèces d'herbiers marins.
Télédétection	L'utilisation d'images satellites et d'autres technologies pour surveiller les limites des AMP, les changements d'habitats et les activités humaines.
Zones d'utilisation contrôlée (ZUC)	Zone de développement économique où l'utilisation des ressources et les activités de production sont réglementées et contrôlées.
Zones de Protection Totale (ZPT)	Un sanctuaire d'intérêt biologique, culturel ou religieux, ainsi que d'intérêt historique, esthétique, morphologique et archéologique, situé dans un périmètre de conservation intégrale.

2. Introduction

2.1 Qu'est-ce que l'herbier marin?

Les herbiers marins sont des plantes marines à fleurs uniques, appelées angiospermes, qui se sont adaptées à vivre entièrement immergées dans l'eau de mer. Malgré leur nom, toutes les espèces d'herbiers marins ne ressemblent pas à de l'herbe, certaines ont des feuilles larges ou en forme de pagaie, tandis que beaucoup possèdent de longues feuilles fines et rubanées qui leur donnent une apparence herbacée. La taille des herbiers marins varie beaucoup, allant d'espèces minuscules ne dépassant pas la taille d'un ongle, jusqu'à des feuilles pouvant atteindre 7 mètres de long.

Ces plantes poussent souvent en prairies sous-marines denses, appelées (prairies d') herbiers marins, qui se développent dans des zones subtidales peu profondes à fonds sableux ou vaseux. Elles prospèrent généralement dans des environnements marins calmes et abrités, où l'action des vagues est limitée. Les herbiers marins jouent un rôle écologique crucial par son influence sur le flux de l'eau, en améliorant le cycle des nutriments et en soutenant des réseaux trophiques complexes (voir [Figure 1.](#)).

Dans les régions tropicales, les herbiers marins se rencontrent fréquemment aux côtés d'autres habitats côtiers importants tels que les mangroves et les récifs coralliens, formant des écosystèmes interconnectés qui soutiennent une grande biodiversité et une forte productivité. Ces informations proviennent de diverses sources fiables ; pour plus de lectures et références, veuillez consulter les liens listés dans la [Section 15.](#)



Figure 1. Tortue de mer verte se nourrissant d'herbier marin à Nosy Sakatia, Madagascar.

2.2 Herbiers marins à Madagascar

Madagascar possède de vastes étendues d'herbiers marins, qui jouent un rôle crucial dans le maintien de la biodiversité menacée ainsi que dans l'économie de la pêche. Les prairies d'herbiers les plus abondantes se situeraient principalement dans le nord-ouest de Madagascar, dans des habitats côtiers peu profonds. Elles poussent souvent dans des lagunes, des baies protégées et des zones intertidales abritées. Généralement implantés sur des substrats sableux ou vaseux, ces herbiers coexistent parfois avec les mangroves et les récifs coralliens, formant ainsi un continuum d'écosystèmes côtiers essentiels à la biodiversité et au stockage du carbone bleu.

Les espèces courantes d'herbiers marins à Madagascar comprennent:

- Herbe à tortue (*Thalassia hemprichii*)
- Herbe cuillère (*Halophila ovalis*)
- Cymodocée rubanée dentelée (*Cymodocea serrulata*)
- Cymodocée cœur (*Cymodocea rotundata*)
- Cymodocée à feuilles faucilles (*Thalassodendron ciliatum*)
- Herbier spaghetti (*Syringodium isoetifolium*)
- Halodule à trident (*Halodule uninervis*)
- Halodule à feuilles de pin (*Halodule pinifolia*)
- Halodule wrightii (*Halodule wrightii*)
- Zostère du Cap (*Zostera capensis*)
- L'Enhale (*Enhalus acoroides*)

Les informations disponibles sur les habitats d'herbiers marins à Madagascar sont actuellement assez limitées, ce qui peut compliquer l'intégration efficace de leur protection par les parties prenantes dans les initiatives locales, régionales et nationales. Voir [Annexe A](#) pour un guide visuel d'identification des herbiers marins à Madagascar.

2.3 L'importance de la conservation des herbiers marins

Moyens de subsistance côtiers

Les herbiers marins soutiennent les moyens de subsistance des communautés côtières en fournissant des habitats essentiels pour les poissons, crabes et coquillages, qui sont vitaux pour la pêche locale. Ces prairies sous-marines contribuent à maintenir les populations de poissons dont dépendent de nombreuses communautés pour leur alimentation et leurs revenus. De plus, les écosystèmes d'herbiers marins participent au développement de l'écotourisme et favorisent des pratiques de récolte durable ; ils offrent donc des sources de revenus alternatives.

Protection côtière

Les herbiers marins possèdent des systèmes racinaires qui les ancrent face à l'action des vagues. Leurs racines retiennent et stabilisent les sédiments, ce qui contribue non seulement à améliorer la clarté et la qualité de l'eau, mais aussi à réduire l'érosion des sols et à protéger les côtes contre les tempêtes.

Séquestration et stockage du carbone

Les herbiers marins sont l'un des habitats de carbone bleu les plus efficaces au monde. Grâce à la photosynthèse, ils absorbent le dioxyde de carbone (un processus appelé séquestration du carbone), qui est ensuite stocké dans les sédiments au fur et à mesure de la production de matière organique lors de leur croissance. Lorsqu'ils ne sont pas perturbés, les herbiers marins peuvent stocker près de trois fois plus de carbone que les forêts terrestres, ce qui les rend particulièrement précieux face à la crise climatique actuelle.

Soutien à la biodiversité

Les prairies d'herbiers marins offrent de nombreux services écologiques. Elles constituent des habitats essentiels, fournissant des zones de frai, de nurserie, de refuge et de nourrissage pour de nombreuses espèces, y compris des poissons d'importance commerciale et récréative. Elles représentent également une source majeure de nourriture pour plusieurs grands herbivores, tels que la tortue verte en danger et le dugong vulnérable.

Contrôle des maladies

Les herbiers marins peuvent éliminer et réduire la contamination microbiologique de l'eau, diminuant ainsi l'exposition aux agents pathogènes pour les espèces marines et les humains. Il a été démontré que les niveaux de bactéries marines pathogènes sont réduits de 50 % dans les zones tropicales où les herbiers marins sont présents, comparativement aux zones dépourvues d'herbiers.

Atténuation de l'acidification des océans

L'augmentation des niveaux de dioxyde de carbone marin provoque une baisse du pH de l'eau de mer, phénomène connu sous le nom d'acidification des océans, qui peut avoir des effets négatifs sur les espèces calcaires, telles que les coraux et les coquillages. En absorbant le dioxyde de carbone grâce à la photosynthèse, les herbiers marins réduisent l'acidité associée de l'eau, atténuant ainsi l'acidification océanique et les impacts négatifs subis par les organismes marins à proximité.

2.4 Menaces pesant sur les herbiers marins

Les prairies d'herbiers marins sont confrontées à diverses menaces directes et indirectes qui compromettent leur santé et les services essentiels qu'elles fournissent.

Parmi les menaces directes figurent le défrichement physique lié au développement côtier, au dragage et au remblaiement, ainsi que les dommages causés par les ancres de bateau et les hélices (voir **Figure 2**), la pêche au chalut et les pratiques de pêche destructrices. L'introduction d'espèces envahissantes peut également perturber les communautés autochtones de phanérogames marines en les concurrençant pour l'espace et les ressources.

Les menaces indirectes sont souvent liées à des changements environnementaux plus larges et à des activités humaines. La sédimentation et l'ensevelissement causés par le ruissellement terrestre réduisent la clarté de l'eau, limitant la lumière solaire nécessaire à la photosynthèse des herbiers marins. L'eutrophisation, due à un excès de nutriments provenant de l'agriculture et des eaux usées, peut provoquer des proliférations d'algues qui bloquent davantage la lumière et appauvrissent l'oxygène. Le changement climatique intensifie ces pressions via la montée du niveau de la mer, l'acidification des océans et l'augmentation des températures, notamment les vagues de chaleur marine - des périodes prolongées de températures marines anormalement élevées pouvant causer la mortalité massive des herbiers marins. Ces pertes affectent non seulement les herbiers eux-mêmes, mais aussi la faune marine qu'ils soutiennent, comme les tortues, les dugongs et les hippocampes. De plus, la mort des prairies d'herbiers marins peut libérer d'importantes quantités de carbone stocké, ce qui contribue au changement climatique.

Malgré leur importance écologique, les écosystèmes d'herbiers marins reçoivent souvent moins d'attention que les récifs coralliens ou les mangroves, ce qui entraîne des lacunes importantes dans les connaissances et freine une gestion et une conservation efficaces, fondées sur des données probantes.



Crédit photo: Project Seagrass

Figure 2. *Traces de scarification dans une prairie d'herbiers marins causées par des hélices de bateau.*

2.5 Qu'est-ce que le suivi des AMP?

Le suivi des habitats et des espèces au sein des Aires Marines Protégées (AMP) est essentiel pour maintenir la santé des écosystèmes et garantir l'atteinte des objectifs de conservation. Il consiste en la collecte et l'analyse systématiques de données permettant d'évaluer l'état et l'efficacité de ces zones désignées. Ce suivi implique souvent la mesure et le suivi d'indicateurs écologiques, socio-économiques et liés à la gestion, tels que la qualité de l'habitat, l'abondance des espèces et la biodiversité, au moyen de relevés, de la télédétection et d'autres méthodes.

Un suivi régulier permet d'identifier les menaces telles que la surpêche, la pollution et le changement climatique, orientant ainsi la gestion adaptative et les stratégies de conservation. Ces données garantissent l'efficacité des AMP, soutenant une utilisation durable des ressources marines et la préservation de la biodiversité à long terme.

2.6 Pourquoi effectuons-nous un suivi?

Le suivi des AMP joue un rôle crucial dans le cycle de mise en œuvre des Aires Marines Protégées (voir **Figure 3**) en fournissant des informations sur les changements écologiques, les impacts des activités humaines et l'efficacité de la gestion des AMP au fil du temps.

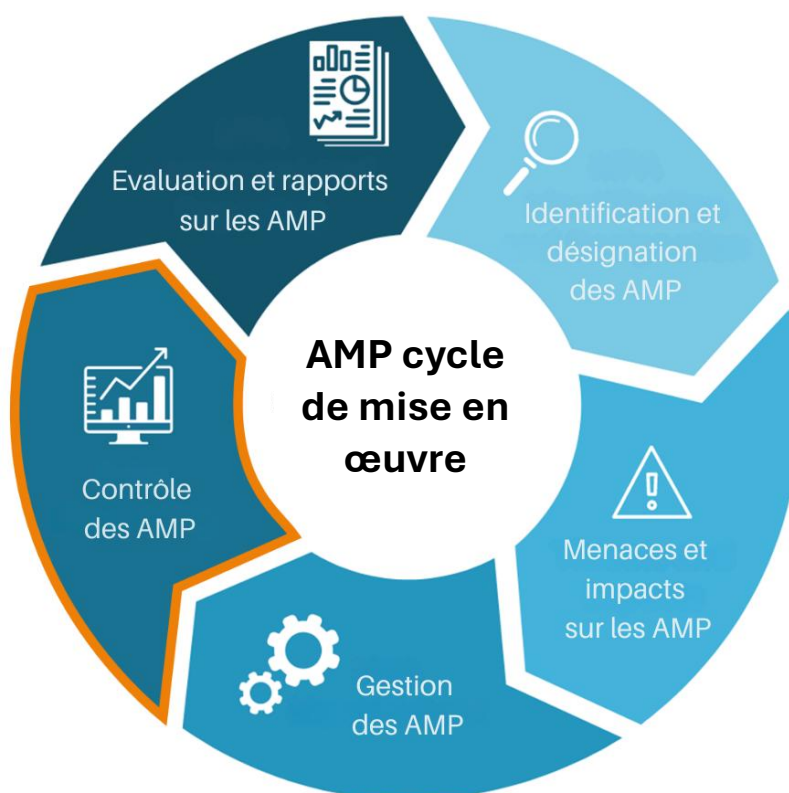


Figure 3. Le cycle de mise en œuvre des Aires Marines Protégées (AMP). Ce schéma est un outil visuel qui illustre les étapes clés de la planification, de la création et de la gestion continue des AMP.

Le suivi aide à :

Évaluer les objectifs de conservation:

- Aide à évaluer si les objectifs de conservation sont atteints ou quel est l'avancement vers leur réalisation, informe les stratégies de gestion adaptative, et garantit la protection durable des écosystèmes marins et de la biodiversité au sein des AMP.
- Fournit un retour d'information pour la gestion adaptative des AMP en identifiant les ajustements nécessaires des stratégies de gestion et des objectifs.

Évaluer la santé écologique et la résilience:

- Évaluer l'état des indicateurs clés de suivi (décrits dans la [Section 13.2](#)).
- Le suivi des changements permet d'identifier les tendances à long terme ainsi que les menaces ou pressions potentielles sur les écosystèmes marins.
- Cela conduit à des actions de conservation et de gestion plus efficaces grâce au retour d'information et à l'intégration des données.

Mesurer les bénéfices et coûts socio-économiques:

- Évalue comment les AMP impactent les communautés locales et les économies.
- Informe les analyses coûts-bénéfices, la valorisation des écosystèmes et la mobilisation des parties prenantes.
- Soutient la planification qui équilibre écologie, économie et société.
- Encourage des décisions inclusives et renforce le soutien des communautés.

Améliorer les décisions de gestion et de politique:

- Soutient la prise de décisions et l'élaboration de politiques fondées sur des preuves.
- Met en évidence le succès ou l'échec de stratégies de gestion spécifiques.
- Permet une gestion adaptative grâce à un retour d'information continu.
- Évalue et suit l'efficacité de la gestion des AMP dans le temps.

3. Objectifs du protocole de suivi

Il s'agit d'établir un protocole spécifique et standardisé pour le suivi des écosystèmes d'herbiers marins au sein du réseau des AMP à Madagascar. Ce protocole vise à évaluer la santé et la biodiversité des prairies d'herbiers, ainsi qu'à mesurer l'efficacité des AMP dans la conservation de ces habitats essentiels.

Les objectifs de ce protocole de suivi sont d'évaluer:

- La dynamique spatiale et temporelle des habitats d'herbiers marins au sein du réseau des AMP à Madagascar.
- Les changements dans la santé et l'étendue des herbiers marins.
- La répartition des espèces d'herbiers marins à travers Madagascar.

- Les variations des paramètres environnementaux abiotiques liés à la santé et à la distribution des herbiers, tels que le type de sédiment, la température, la salinité et le pH.
- Les impacts anthropiques sur les herbiers marins, par exemple les déchets, les dommages physiques ou le piétinement.
- La macrofaune marine et les caractéristiques associées aux herbiers marins.
- Le succès des mesures de conservation déjà appliquées dans les AMP, en comparant le suivi effectué dans les zones cœur (Hard Core, HC), les zones à usage contrôlé (Controlled Use Areas, CUAs) et les sites témoins non protégés (Unprotected Control Sites, UCSs).

4. Zone d'étude et sélection des sites

4.1 Étendue géographique

Ce protocole doit être mis en œuvre dans toutes les AMP où des herbiers marins sont présents à Madagascar. Cependant, en cas de ressources limitées, le suivi des AMP peut être priorisé en fonction de:

- **Couverture des herbiers marins:** les AMP présentant des prairies d'herbiers étendues et diversifiées, par exemple Nosy Hara, le parc national Sahamalaza-Îles Radama, le parc national Kirindy Mitea, le parc national Masoala et le parc national Nosy Ve-Androaka.
- **Zonage au sein des AMP:** inclure des sites issus de différentes zones de gestion afin d'évaluer l'impact des niveaux de protection variables, par exemple les herbiers marins présents dans les zones cœur (Hard Core, HC) et les zones tampons du parc national Sahamalaza-Îles Radama.
- **Connectivité des écosystèmes:** les AMP adjacentes à d'autres habitats critiques comme les récifs coralliens ou les mangroves, afin d'évaluer le rôle des herbiers marins dans le soutien des services écosystémiques plus larges.
- **Accessibilité:** les AMP possédant des herbiers marins faciles d'accès et à surveiller. Les évolutions futures en matière de connaissances, de ressources ou de capacités disponibles devraient permettre d'étendre le suivi aux sites moins accessibles.
- **Suivi antérieur:** le suivi répété dans une même zone permet de produire une série chronologique de données mettant en évidence les tendances de variation naturelle, les changements au fil du temps, les impacts environnementaux sur l'habitat ainsi que l'efficacité des efforts de conservation au fil des années (voir le lien vers le site Seagrass-Watch dans la [Section 15](#) pour la liste des sites de suivi à Madagascar).

4.2 Sites témoins

Dans la mesure du possible, il convient d'identifier des sites témoins situés juste à l'extérieur des limites des AMP afin de servir de référence pour comparer les conditions des herbiers marins à l'intérieur des zones protégées. Ces sites témoins constituent un point de comparaison pour évaluer les différences en termes de qualité de l'habitat, de biodiversité et de résilience entre les zones protégées et non protégées. En comparant la santé des herbiers marins et d'autres indicateurs écologiques à l'intérieur et à l'extérieur des AMP, on peut mieux comprendre l'impact des mesures de protection et de gestion mises en place. Cette approche comparative permet d'évaluer l'efficacité des stratégies de conservation, d'identifier les menaces potentielles ou les faiblesses de la gestion, et d'orienter les améliorations futures afin de renforcer les bénéfices écologiques des AMP.

5. Période et fréquence des relevés

5.1 Fréquence

Les changements affectant les prairies d'herbiers marins peuvent survenir rapidement, et le suivi écologique de ce type d'écosystèmes nécessite un équipement et des compétences relativement simples. Les relevés de suivi des herbiers marins seront effectués deux fois par an afin de prendre en compte les variations saisonnières.

- **Une fois pendant la saison sèche:** d'avril à septembre.
- **Une fois pendant la saison des pluies:** d'octobre à mars.

Ces relevés seront répétés chaque année afin de suivre les changements à long terme dans l'étendue et l'état des herbiers marins. Cela permettra une évaluation régulière de l'efficacité des AMP au fil du temps.

5.2 Horaires des marées

Avant de réaliser un relevé d'herbiers marins, il est essentiel de consulter le calendrier des marées pour le site sélectionné afin de garantir l'accès au site et d'optimiser les conditions de visibilité et de sécurité. La profondeur de l'eau au moment du relevé influencera la méthode utilisée et le type d'équipement nécessaire.

Méthodes de relevé recommandées selon la profondeur d'eau:

- **Relevé à pied:** 0 à 0,49 m
- **Relevé en snorkeling:** 0,5 à 3 m
- **Relevé en plongée sous-marine (SCUBA):** 3 à 20 m

Veuillez noter que certaines mesures, comme l'estimation de la couverture des herbiers marins, peuvent être plus difficiles à collecter avec précision lorsque les prairies sont

exposées à marée basse. Pour obtenir des données plus cohérentes et fiables, il est recommandé de privilégier les relevés en snorkeling ou en plongée lorsque cela est possible et sans danger.

6. Équipement et logistique

6.1 Équipe d'échantillonnage

Le suivi des écosystèmes d'herbiers marins sera effectué par les membres de l'équipe de suivi du MNP, qui ont été entièrement formés aux méthodes de suivi écologique décrites dans ce protocole (voir **Figure 4**). Une évaluation des risques doit être effectuée avant le début de toute activité de relevé afin de garantir la sécurité de tous les participants (voir **Annexe B** en guise d'exemple d'évaluation des risques). Pour les relevés en snorkeling et en plongée sous-marine (SCUBA), l'équipe doit être composée d'au moins 4 plongeurs expérimentés (ayant au minimum la certification PADI Open Water Diver).



Figure 4. Le personnel de Madagascar National Parks effectuant un relevé pratique des herbiers marins à Nosy Sakatia lors de l'atelier de suivi des herbiers marins en mars 2025.

6.2 Équipement pour le relevé pédestre

Cette liste d'équipements est à utiliser lors des relevés des herbiers marins exposés ou situés jusqu'à 0,49 m de profondeur.

- Chaussures imperméables adaptées
- Ardoises submersibles et crayon en plastique attaché par une ficelle ([Annexe C](#) pour le modèle d'ardoise)
- Quadrats en PVC perforés ou lestés de 50 x 50 cm divisés en 4 quarts
- Ruban à mesurer de 1 mètre
- 3 rubans à mesurer de 50 m avec enrouleur
- Appareil photo et boîtier étanche (non essentiel)
- Guide d'identification des herbiers marins
- GPS dans une pochette étanche
- Ordinateur portable et clé internet pour la saisie et la transmission des données

6.3 Équipement d'observation en apnée

Cette liste d'équipement doit être utilisée pour étudier les herbiers marins d'une profondeur de 0,5 à 3 mètres.

- Palmes, masque et tuba
- Ceinture de poids et poids
- Ardoises submersibles et crayon en plastique attaché par une ficelle ([Annexe C](#) pour le modèle d'ardoise)
- Quadrats en PVC perforés ou lestés de 50 x 50 cm divisés en 4 quarts
- Ruban à mesurer de 1 mètre
- 3 rubans à mesurer de 50 m avec enrouleur
- Boussole
- Appareil photo et boîtier étanche (non essentiel)
- Guide d'identification des herbiers marins
- GPS dans une pochette étanche
- Ordinateur portable et clé internet pour la saisie et la transmission des données

6.4 Équipement pour le relevé en plongée sous-marine (SCUBA)

Cette liste d'équipement est à utiliser lors des relevés des herbiers marins situés à plus de 3 mètres de profondeur.

- Équipement de plongée sous-marine (SCUBA)
- Ardoises submersibles et crayon en plastique attaché par une ficelle
- Quadrats en PVC perforés ou lestés de 50 x 50 cm divisés en 4 quarts
- Ruban à mesurer de 1 mètre ou règles marquées sur l'ardoise de plongée
- Ruban à mesurer de 50 m avec enrouleur
- Boussole
- Appareil photo et boîtier étanche (non essentiel)
- Guide d'identification des herbiers marins
- GPS dans une pochette étanche
- Ordinateur portable et clé internet pour la saisie et la transmission des données

7. Conception du relevé et installation des transects

7.1 Modèle d'échantillonnage

Utilisez une méthode d'échantillonnage stratifié pour sélectionner des sites représentatifs au sein de la zone marine protégée (ZMP). Cette méthode consiste à diviser la zone en sous-groupes distincts ou « strates » (par exemple, des zones de gestion ou des plages de profondeur) et à effectuer des prélèvements dans chacune d'elles afin de garantir que tous les types d'habitats clés et conditions soient représentés.

Lorsque cela est possible, incluez les différentes zones de gestion telles que le cœur dur (Hard Core - HC), les zones d'utilisation contrôlée (Controlled Use Areas - CUA), les sites témoins non protégés (Unprotected Control Sites - UCS) et les zones tampons. Si les zones de gestion ne sont pas définies, stratifiez l'échantillonnage en fonction des gradients de profondeur ou d'autres caractéristiques environnementales pertinentes.

Lorsque cela est possible et autorisé, établissez des transects permanents dans chaque zone sélectionnée. Cela permet un suivi cohérent et répétable dans le temps, améliorant ainsi la capacité à détecter les changements et tendances écologiques.

7.2 Installation de transects permanents

La méthode des transects permanents est utilisée pour évaluer la couverture des herbiers marins, la composition des espèces et la biodiversité à travers les prairies marines de manière cohérente et répétable. Pour garantir la comparabilité dans le temps, établissez trois transects permanents dans chaque AMP.

Une fois un herbier marin identifié, déployez un transect de base de 50 mètres perpendiculaire au rivage, s'étendant vers le large. Le long de ce transect de base, sélectionnez trois stations qui serviront de points centraux pour trois transects de 50 mètres chacun, parallèles à la côte. (voir [Figure 5](#)). Enregistrez les coordonnées GPS à chaque station et marquez-les avec des repères benthiques permanents afin de garantir un repositionnement précis lors des futurs relevés.

Ces repères définissent les transects suivants:

- **Transect peu profond** – situé à au moins 1 mètre à l'intérieur du bord de l'herbier marin
- **Transect de profondeur moyenne** – positionné à mi-chemin entre les transects peu profond et profond, ou à une transition notable dans les espèces ou l'habitat
- **Transect profond** – placé jusqu'à 50 mètres du rivage et à au moins 1 mètre à l'intérieur de la limite de l'herbier marin

Cette configuration permet de saisir la variation écologique selon les gradients de profondeur et améliore la capacité à détecter les changements spatiaux et temporels de l'état des herbiers marins.

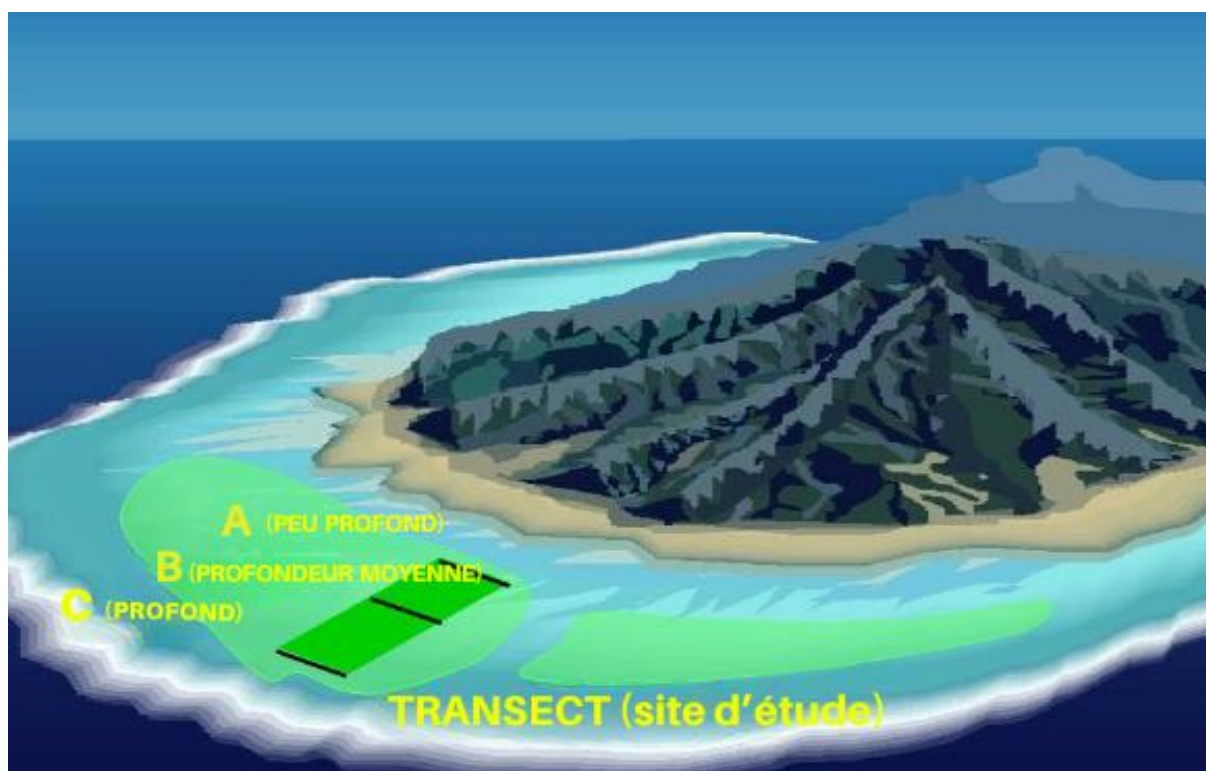


Figure 5. Installation des transects pour le suivi des herbiers marins.

Options de repères permanents:

- **Point de référence GPS** - Un appareil GPS portable est utilisé pour enregistrer les coordonnées exactes de chaque station. Ces points doivent être sauvegardés avec des étiquettes claires et conservés à la fois sous forme numérique et papier. Bien que le GPS seul ne permette pas un repositionnement précis sous l'eau, il constitue un repère de secours utile en complément des marqueurs physiques.
- **Vis de sable** (voir méthode d'installation en [Annexe E](#)) - Une vis de sable offre un point d'ancrage stable et durable dans les environnements sableux ou à sédiments mous. Elle doit être installée en enfonçant la vis profondément dans le substrat pour garantir sa fixation dans le temps. Une corde courte ou un marqueur peut être attaché pour faciliter le repositionnement visuel lors des relevés.
- **Makeshift Buoy** - Une bouée de surface ou submersible peut être installée comme repère visuel pour chaque station. Ceci est particulièrement utile dans les zones où la visibilité sous-marine est faible. Les bouées doivent être solidement ancrées et étiquetées si possible. Toutefois, il faut garder à l'esprit que les bouées peuvent se déplacer ou être perdues à cause des courants, des tempêtes ou des activités humaines, il est donc important de les vérifier régulièrement.

7.3 Procédure générale pour l'échantillonnage avec quadrat

- 1) Localisez les 3 repères permanents des transects.
- 2) Déroulez un ruban à mesurer de 50 mètres, parallèle au rivage, à partir de chaque repère. Assurez-vous que la marque des 25 mètres sur le ruban soit positionnée le plus près possible du repère permanent.
- 3) Si le courant est fort, fixez le ruban déroulé à l'aide de pierres ou de débris légers.
- 4) Notez les caractéristiques du transect (site, type de transect, date, heure, coordonnées, visibilité, etc.).
- 5) Si possible, prélevez un échantillon d'eau (voir le protocole dans la [Section 8.1](#)).
- 6) En partant de 0 m, des échantillons avec quadrats sont prélevés tous les 5 mètres le long de chaque ligne de transect. Le quadrat doit être placé à gauche de la ligne de transect, de manière à ce que le coin inférieur droit soit positionné sur la marque de distance (voir [Figure 6](#)).
- 7) Si vous disposez d'un appareil photo, prenez une photo à environ 50 cm au-dessus du quadrat.
- 8) Voir les [Sections 8 & 9](#) pour connaître les données à collecter tout au long du relevé.

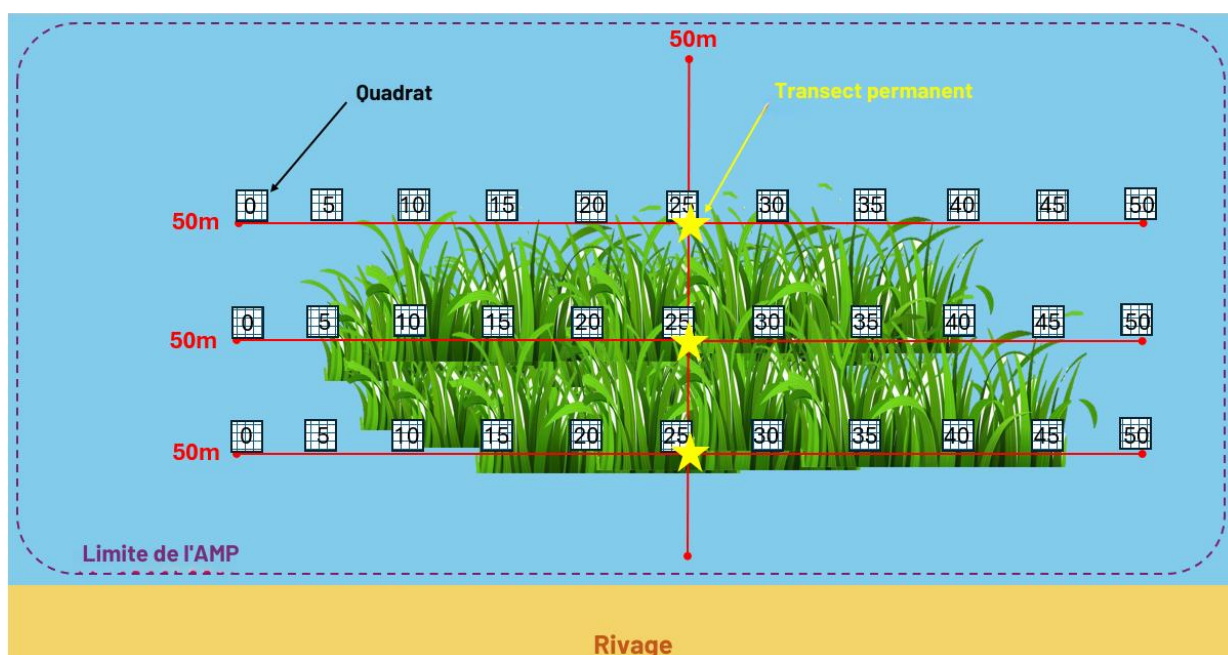


Figure 6. Modèle d'échantillonnage par quadrats pour le suivi des prairies marines de phanérogames.

Dans les cas où le transect peu profond se trouve au-dessus de la ligne d'eau au moment de l'échantillonnage, il est important de faire attention aux éventuels dommages causés par les passages piétons sur l'herbier marin lors du prélèvement.

8. Collecte des données avant le relevé

8.1 Qualité de l'eau

Au début de la journée de relevé, si possible, mesurez la qualité de l'eau à chaque site afin d'évaluer les conditions hydrologiques au sein de l'AMP.

- 1) Sur le site d'échantillonnage, marchez, pataugez ou naviguez jusqu'à la zone d'herbier marin.
- 2) Utilisez une bouteille propre (de 500 ml à 1 litre) et rincez-la trois fois avec l'eau du site avant de prélever l'échantillon.
- 3) Prélevez l'eau juste au-dessus de la canopée des herbiers (~10 cm au-dessus). Évitez de perturber les sédiments autant que possible.
- 4) Remplissez complètement la bouteille pour minimiser l'espace d'air et fermez-la de manière hermétique.
- 5) Mesurez la température de l'eau sur place à l'aide d'un ordinateur de plongée. Utilisez dès que possible une sonde multi-paramètres pour tester la température, la salinité et le pH.
- 6) Notez toutes les mesures effectuées.

Ces mesures sont importantes pour comprendre les facteurs abiotiques qui influencent la santé des herbiers marins à l'intérieur de l'aire protégée.

8.2 Caractéristiques des sédiments

Au début du relevé, notez la visibilité sous-marine (en mètres) sur le plan horizontal comme indicateur du niveau de sédimentation dans l'eau.

Dans les quadrats situés à 0 m, 25 m et 50 m du transect de relevé, frottez un petit échantillon de sédiment entre vos doigts pour évaluer et noter la taille des grains et la texture:

- **Sablonneux:** Texture granuleuse.
- **Boueux:** Texture lisse et collante.
- **Mixte:** Combinaison de texture granuleuse et lisse.

La composition des sédiments influence l'enracinement des herbiers marins, et les changements peuvent refléter des modifications environnementales plus larges.

9. Collecte des données par quadrat

Dans chaque quadrat, enregistrez les données pour tous les paramètres listés ci-dessous (voir la disposition de l'ardoise de plongée dans l'[Annexe C](#)). Si possible, prenez une photo de chaque quadrat à l'aide de l'appareil photo sous-marin pour faciliter les analyses ultérieures.

9.1 Pourcentage de couverture des herbiers marins

En regardant le quadrat depuis le dessus, estimez visuellement le pourcentage total (%) du fond marin couvert par les feuilles d'herbier marin à l'intérieur du quadrat (voir **Figure 7**). D'autres exemples peuvent être trouvés dans l'**Annexe E**.

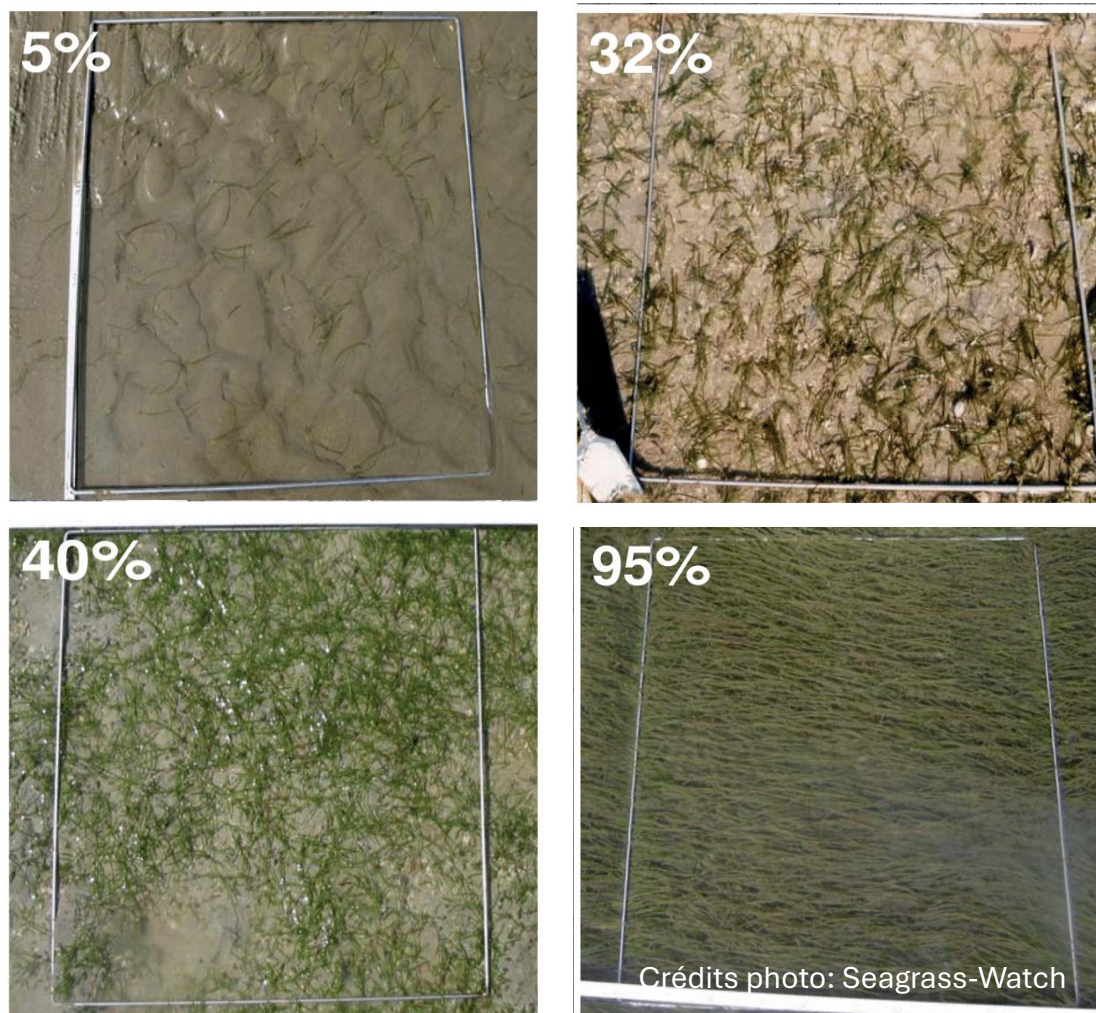


Figure 7. Exemples d'images illustrant le pourcentage de couverture des herbiers marins dans un quadrat.

9.2 Densité des herbiers marins

Dans le quart le plus représentatif du quadrat, comptez le nombre de pousses et tiges d'herbier marin hors sol pour estimer la densité des herbiers. **Note:** *Faites attention à ne pas inclure les rhizomes dans votre décompte - seules les pousses et tiges visibles doivent être enregistrées.*

Une AMP efficace devrait idéalement montrer une couverture en herbiers marins stable ou en augmentation au fil du temps. Des densités de pousses plus élevées sont également souvent associées à une meilleure santé de l'habitat et à une récupération accrue dans les zones protégées.

9.3 Composition des espèces

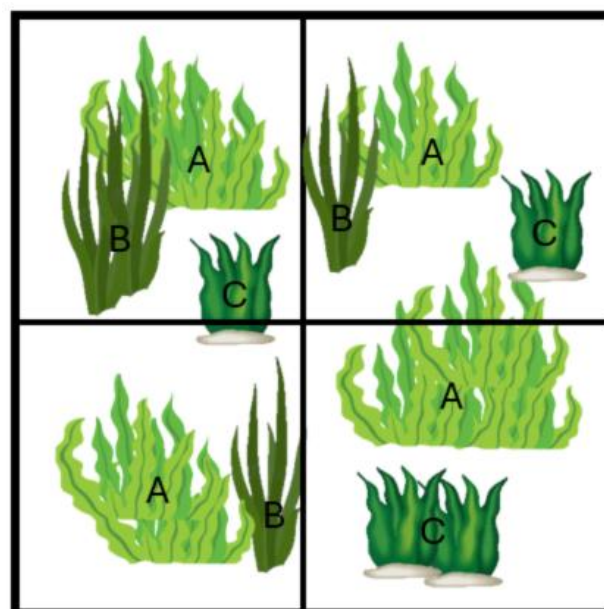
Identifiez les espèces d'herbier marin présentes dans le quadrat et calculez le pourcentage de contribution de chaque espèce, en commençant par la moins abondante. La composition totale doit représenter 100 % de l'habitat d'herbier marin identifié dans le quadrat (voir l'image d'exemple ci-dessous).

L'identification des espèces se base sur des caractéristiques morphologiques distinctes, notamment la structure et le ramification des rhizomes, le nombre de racines par nœud, ainsi que les caractéristiques des feuilles telles que la forme et la présence de cellules à tanin (voir dans l'[Annexe A](#) pour le guide complet d'identification.). Des ressources fiables telles que « Seagrass-Watch » et le « World Atlas of Seagrasses » doivent être utilisées pour appuyer l'identification. (voir dans la [Section 15](#) du protocole).

En cas d'incertitude sur le terrain, une confirmation doit être obtenue par l'analyse des images prises avec l'appareil photo ou par la collecte d'échantillons pour une vérification en laboratoire. Les changements documentés dans la composition des espèces au fil du temps peuvent indiquer un stress ou un rétablissement de l'écosystème.

Espèces d'herbiers marins de Madagascar et codes d'identification:

EA - *Enhalus acoroides*
Cs - *Cymodocea serrulate*
Cr - *Cymodocea rotundata*
Ho - *Halophila ovalis*
Hp - *Halodule pinifolia*
Hw - *Halodule wrightii*
Hu - *Halodule uninervis*
Si - *Syringodium isoetifolium*
Th - *Thalassia hemprichii*
Tc - *Thalassodendron ciliatum*
Zc - *Zostera capensis*



Espèce A – 60%, Espèce B – 20%,
Espèce C – 20 %

9.4 Hauteur de la canopée

Mesurez la hauteur moyenne de la canopée (en centimètres) de l'espèce dominante à l'intérieur du quadrat. La mesure doit être prise depuis la surface du sédiment jusqu'à la pointe moyenne des feuilles (voir **Figure 8**).

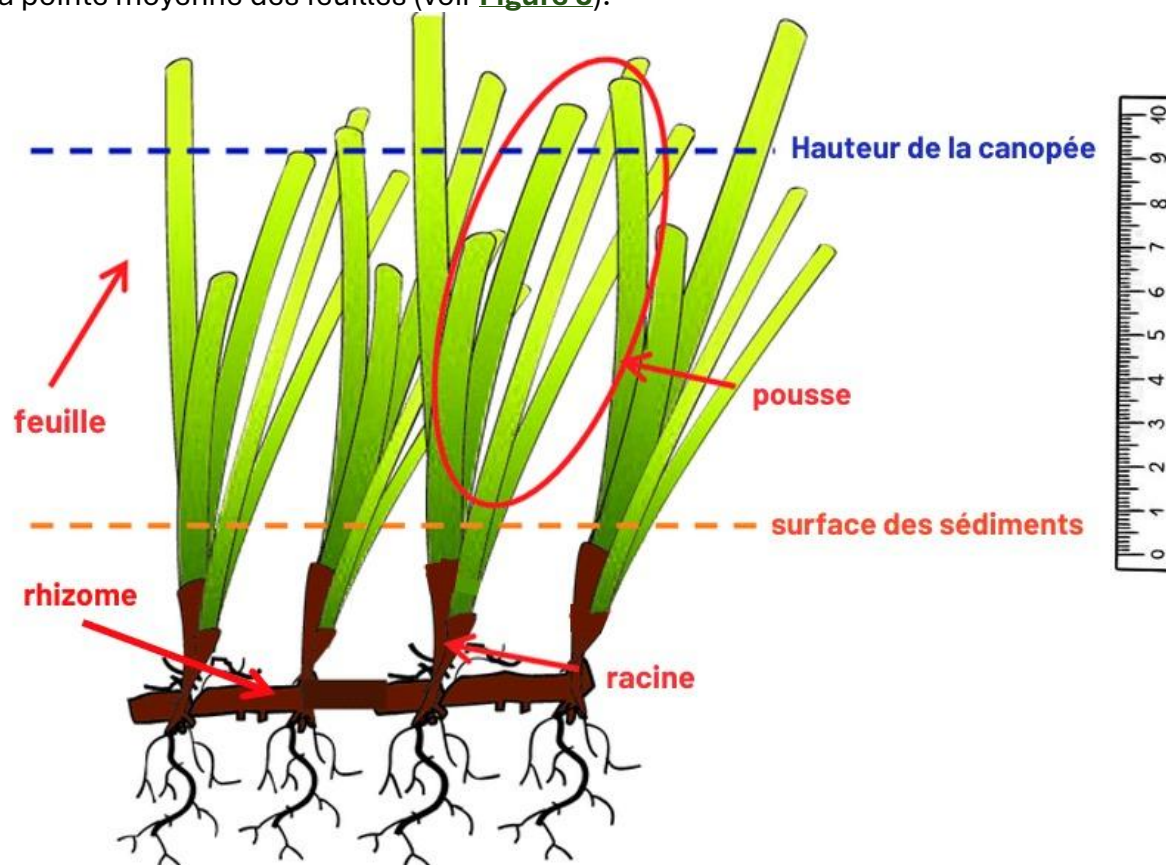


Figure 8. Méthode de mesure de la hauteur de la canopée des herbiers marins.

9.5 Caractéristiques supplémentaires et macrofaune

Documentez toute macrofaune associée ou toute caractéristique particulière jusqu'à 5 mètres de chaque côté de la ligne de transect, pouvant présenter un intérêt pour le site de transect (Voir images d'exemple dans l'**Annexe F**).

Les caractéristiques supplémentaires peuvent inclure:

- La présence de tortues, poissons, invertébrés (par exemple crabes, oursins, bernard-l'ermite, escargots), terriers de crabes, trous de vers, etc.
- La présence de traces d'herbivores provenant d'espèces clés telles que les tortues marines, les dugongs et certaines espèces de poissons (par exemple les poissons-perroquets). La présence de ces herbivores peut indiquer la santé de l'écosystème, car ces espèces dépendent d'herbiers marins en bon état de fonctionnement.
- Un fort pourcentage de couverture par les épiphytes (algues, micro-organismes et autres petits organismes poussant sur les feuilles d'herbier marin) sur les prairies

d’herbiers marins. Une couverture élevée d’épiphytes indique souvent une eutrophisation et peut empêcher la lumière d’atteindre les herbiers, réduisant ainsi leur santé et leur croissance.

- Évaluez les signes de dommages physiques (par exemple, cicatrices causées par des hélices de bateau, piétinement). (voir **Figure 2**) ou de pollution (par exemple, débris plastiques). Le suivi des impacts anthropiques permet d’évaluer l’application des mesures de protection des AMP et la nécessité d’actions de gestion supplémentaires.

10. Gestion et analyse des données

10.1 Enregistrement et traitement des données

Utilisez des fiches de terrain standardisées avec des catégories cohérentes pour toutes les zones de la MPA, afin de garantir la comparabilité des données entre les sites.

- Les données sont saisies dès que possible après leur collecte. Chaque observateur saisit ses propres données.
- Les résultats du TPhM et les valeurs des paramètres abiotiques enregistrés sur les ardoises sont directement saisis dans le modèle standard de fichier Excel fourni, intitulé « *SaisieTPhM* ».
- Le fichier Excel contenant les données sera enregistré sous un nouveau titre avec le code suivant: « *AMP_Station_Année_TPhM* ».

Le fichier est ensuite immédiatement envoyé par internet à la personne chargée de centraliser les données au siège de Madagascar National Parks.

10.2 Stockage des données et bonnes pratiques

Toutes les données collectées dans le cadre du programme de suivi doivent être stockées de manière sécurisée dans une base de données numérique. Cela garantit que l’information est préservée dans le temps, facilement accessible lorsqu’elle est nécessaire, et disponible pour soutenir la prise de décision.

Bonnes pratiques pour le stockage des données:

- **Stockage numérique centralisé:** Utilisez une plateforme cloud ou un serveur partagé accessible aux parties prenantes concernées, y compris les gestionnaires des AMP, les organismes étatiques et les institutions de recherche.
- **Nom et format cohérents des fichiers:** Utilisez des modèles standardisés et des noms de fichiers clairs (par exemple, *NomSite_Date_Variable.xlsx*) pour garder les enregistrements organisés et faciles à retrouver.

- **Sauvegardes régulières:** Effectuez des sauvegardes fréquentes des données pour prévenir toute perte due à une panne matérielle, une suppression accidentelle ou des catastrophes naturelles.
- **Métadonnées et documentation:** Incluez des notes décrivant comment et quand les données ont été collectées, par qui, ainsi que les méthodes utilisées. Cela rend les données compréhensibles et utilisables à l'avenir.
- **Contrôle des versions:** Suivez les modifications apportées aux ensembles de données afin de maintenir un historique clair des mises à jour dans le temps.
- **Contrôle d'accès:** Définissez qui peut consulter, modifier ou partager les données pour garantir une utilisation responsable et sécurisée de l'information.

Un stockage approprié des données protège non seulement votre travail acharné, mais garantit également que les données peuvent être utilisées pour informer le suivi à long terme, guider la gestion adaptative et soutenir la recherche scientifique ainsi que la collaboration.

10.3 Analyse statistique

L'analyse statistique aide à transformer les données collectées en informations utiles pouvant orienter les décisions de gestion et la planification future. En analysant les tendances et les motifs présents dans les données, vous pouvez comprendre comment les herbiers marins évoluent au fil du temps, quels facteurs peuvent influencer ces changements, et l'efficacité des différentes mesures de protection (comme les aires marines protégées).

L'analyse statistique vous permet de:

- Détecter les changements dans la santé des herbiers marins au fil du temps ou entre différentes zones.
- Comparer des zones avec différents niveaux de gestion, comme les zones interdites à la pêche par rapport aux zones ouvertes à certains usages.
- Identifier les relations entre la santé des herbiers marins et les conditions environnementales telles que la clarté de l'eau ou le type de sédiment.
- Soutenir la gestion adaptative en fournissant des preuves sur ce qui fonctionne et ce qui nécessite des ajustements.

Cela permet de s'assurer que les décisions concernant l'utilisation et la conservation des ressources marines sont basées sur des preuves solides, et non sur des suppositions.

Principaux types d'analyse statistique

Vous n'avez pas besoin d'être statisticien pour comprendre ou appliquer des outils statistiques de base. Voici trois approches courantes utilisées dans le suivi des herbiers marins:

1. Comparaison des zones avec l'ANOVA (Analyse de la variance)

- L'ANOVA est utilisée lorsque vous souhaitez comparer les valeurs moyennes entre trois groupes ou plus.
- **Exemple:** La couverture moyenne en pourcentage d'herbiers marins diffère-t-elle entre les zones interdites à la pêche, les zones tampons et les zones non protégées? L'ANOVA peut vous indiquer si les différences observées sont statistiquement significatives ou probablement dues à une variation aléatoire.

2. Identification des relations avec l'analyse de régression

- La régression sert à explorer comment une variable influence une autre.
- **Exemple:** La hauteur de la canopée des herbiers marins augmente-t-elle avec l'amélioration de la clarté de l'eau? L'analyse de régression vous aide à répondre à ce type de questions en mesurant la relation entre deux facteurs.

3. Visualisation des tendances par cartographie spatiale

- La cartographie de vos données vous permet de voir comment la santé des herbiers et les caractéristiques de l'habitat varient dans l'espace.
- **Exemple:** Vous pouvez créer une carte montrant où les herbiers sont les plus denses, où la couverture en épiphytes est la plus élevée, ou bien où les dommages causés par les hélices sont les plus sévères. Cela aide à identifier les zones prioritaires pour la protection ou la restauration.

Que faut-il analyser?

Vous pouvez appliquer ces outils statistiques à un large éventail de données collectées, notamment:

- La densité des herbiers, la couverture en pourcentage, la composition des espèces et la hauteur de la canopée.
- Les conditions environnementales telles que la visibilité de l'eau et le type de sédiment.
- Les indicateurs d'utilisation et d'impact sur l'écosystème, comme l'herbivorie, la présence d'espèces clés (par exemple, les tortues), les déchets et les cicatrices causées par les hélices.

En combinant ces variables, vous pouvez construire une image plus complète de ce qui se passe dans l'écosystème des herbiers marins.

Intégration dans la gestion et la planification

Les résultats des analyses statistiques peuvent:

- Être communiqués aux décideurs et aux parties prenantes pour justifier les actions de conservation ou les changements de politique.
- Être utilisés pour évaluer le succès des Aires Marines Protégées (AMP) ou des efforts de restauration.
- Être intégrés dans des plans de gestion adaptative, permettant aux stratégies d'évoluer en fonction des preuves recueillies.
- Être partagés avec les communautés et les bailleurs de fonds pour montrer les résultats obtenus et promouvoir la transparence.

Obtenir de l'aide en statistique

Vous n'êtes pas obligé(e) de tout faire seul(e). De nombreux outils gratuits ou à moindre coût (comme Excel, R ou QGIS) peuvent vous aider à réaliser des analyses de base ou à créer des cartes. Collaborer avec des universités, des ONG ou des bénévoles expérimentés en données peut également apporter un soutien précieux.

11. Renforcement des capacités

11.1 Formation et mise à jour des protocoles

Il est essentiel d'organiser régulièrement des ateliers de formation pour le personnel concerné du MNP sur l'identification des herbiers marins, les techniques de collecte de données et les principes de gestion des AMP. Ces ateliers doivent être conçus pour renforcer les connaissances et les compétences du personnel, afin qu'il soit bien équipé pour réaliser des relevés précis et fiables.

Pour maintenir des normes élevées lors des relevés et assurer une qualité de données constante, nous recommandons une formation continue des nouveaux membres du personnel ainsi que des sessions de remise à niveau périodiques pour le personnel en place. Cela garantit que tout le personnel est à jour des meilleures pratiques actuelles et des nouveautés dans le suivi des herbiers marins et la gestion des AMP. De plus, il est essentiel d'établir un système de révision et de mise à jour régulière des protocoles de relevé, afin qu'ils reflètent les nouvelles découvertes scientifiques, les progrès des méthodes de suivi ou les évolutions des stratégies de gestion.

12. Rapports et gestion adaptative

12.1 Rapports annuels et gestion adaptative

Préparer des rapports annuels qui résument:

- Les indicateurs de santé des herbiers marins (par exemple, couverture des herbiers, composition des espèces).
- Les évaluations de la biodiversité (par exemple, faune associée).
- L'efficacité des AMP (par exemple, tendances dans les zones protégées versus non protégées).

Partagez les résultats avec les gestionnaires des AMP, les organismes étatiques locales et les organisations de conservation afin d'éclairer les décisions politiques.

Les données de suivi rapportées peuvent ensuite être utilisées pour orienter les actions de gestion adaptative:

- Ajuster le zonage ou l'application des mesures de protection des AMP si des déclins sont observés dans des zones clés.
- Mettre en œuvre des efforts de restauration dans les herbiers marins dégradés.
- Renforcer la sensibilisation et l'éducation des communautés si des impacts humains sont détectés.

13. Objectifs de conservation et de suivi

13.1 Définition des objectifs de conservation

Un objectif de conservation fait référence à un but précis visant à protéger et à maintenir la santé de l'écosystème marin dans une zone donnée, y compris ses habitats et ses espèces. Il définit l'état de conservation souhaité à long terme du site ; en d'autres termes, il précise ce que l'AMP cherche à accomplir en matière de conservation.

- **Spécificité:** Chaque AMP aura son propre ensemble d'objectifs de conservation, fondés sur les caractéristiques écologiques uniques qui s'y trouvent.
- **Objectifs mesurables:** Ces objectifs doivent être clairement définis et inclure des indicateurs mesurables permettant de suivre les progrès vers l'état de conservation souhaité.
- **Ciblage des espèces et des habitats:** Les objectifs de conservation peuvent viser la protection d'espèces menacées spécifiques, le maintien de populations saines d'espèces clés ou la préservation d'habitats importants.

- **Ciblage socio-économique:** Les objectifs de conservation peuvent également viser la protection et le maintien des éléments de la biodiversité dont dépendent les communautés locales, par exemple à travers le tourisme ou la pêche.
- **Stratégies de gestion:** Une fois les objectifs de conservation établis, des plans de gestion sont élaborés pour mettre en œuvre les actions qui permettront d'atteindre ces objectifs.

Exemples d'objectifs de conservation pour une AMP (Aire Marine Protégée):

- Maintenir une couverture moyenne en herbiers marins de $\geq 70\%$ et une richesse spécifique d'au moins 3 espèces d'herbiers marins par site (selon les données sur la composition des espèces) dans tous les sites suivis de la zone protégée d'ici 2029, sans diminution significative de la hauteur de la canopée ($> 10\%$) par rapport à la référence de 2025.
- Augmenter la couverture en herbiers marins dans les zones dégradées désignées, passant de $< 30\%$ à $\geq 60\%$, et faire passer la composition spécifique de ≤ 1 espèce à ≥ 2 espèces d'ici 2028, en utilisant un suivi annuel des indicateurs des herbiers marins et des preuves de régénération (ex. hauteur de la canopée ≥ 5 cm, réduction des zones nues).
- Soutenir des populations de poissons durables en veillant à ce que les habitats d'herbiers marins conservent une couverture de $\geq 70\%$ et une structure diversifiée (≥ 2 espèces d'herbiers, hauteur de la canopée ≥ 6 cm) comme indicateurs de la qualité de l'habitat pour les poissons, et enregistrer la présence des espèces clés de poissons chaque année à travers des observations visuelles jusqu'en 2029.

13.2 Quel sont les indicateurs de suivi?

Les indicateurs, dans le contexte des AMP, désignent des mesures ou paramètres spécifiques utilisés pour évaluer et suivre les changements environnementaux. (voir la **Table 1**). Ces mesures constituent un outil précieux pour répondre à diverses questions liées à une AMP. L'utilisation d'indicateurs permet de rendre les efforts de suivi plus efficaces et ciblés.

Table 1. Exemple d'indicateurs de biodiversité, d'habitat et d'activités humaines.

Indicateurs de biodiversité	Richesse en espèces, indices de diversité, abondance des populations
	Présence et état de santé des espèces clés

	Changements dans la composition des communautés écologiques
Indicateurs d'habitat	Couverture, étendue ou état de santé d'une espèce formatrice d'habitat (couverture corallienne, étendue des herbiers marins, santé des mangroves)
	Caractéristiques physiques (complexité du substrat, ...)
	Taux de sédimentation et clarté de l'eau
Activités humaines et pressions	Effort de pêche, composition des captures
	Niveaux de pollution (par exemple, écoulements de nutriments, marées noires, ...)
	Tourisme, activités récréatives

En utilisant des indicateurs, les gestionnaires d'AMP peuvent évaluer l'état des habitats, des espèces et des écosystèmes, analyser la répartition des espèces dans le temps et l'espace, et mesurer l'impact des activités humaines, contribuant ainsi à une compréhension globale de la dynamique écologique de l'AMP.

La graphie ci-dessous présente un exemple de deux indicateurs, des métriques pertinentes et des activités de suivi associées pour une AMP, qui peuvent être utilisées pour surveiller et rendre compte de l'objectif de conservation *maintenir les herbiers marins en bon état*. (voir **Figure 9**).

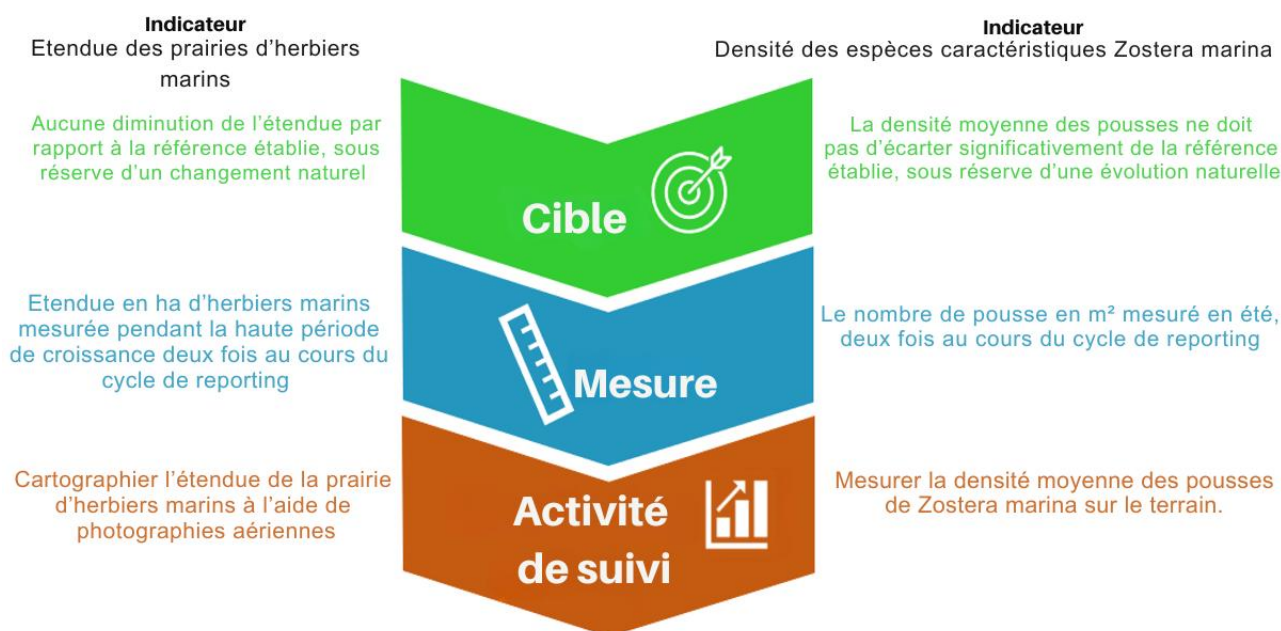


Figure 9. Exemple d'indicateurs pour le suivi des habitats d'herbiers marins.

13.3 Intégration au plan de gestion

Intégrer les preuves dans les plans de gestion signifie incorporer activement les données scientifiques, les informations socio-économiques et les connaissances locales pour éclairer la prise de décision au sein de l'AMP. Cela garantit que les stratégies de gestion reposent sur la meilleure compréhension disponible de l'écosystème et de ses interactions avec les activités humaines, conduisant à des résultats de conservation plus efficaces.

Les objectifs actuels de gestion du MNP se concentrent sur un cycle de protection de 5 ans de la caractéristique protégée. Les menaces et les actions de gestion associées sont identifiées pour cette caractéristique protégée, et cela est intégré aux objectifs de conservation spécifiques au site ainsi qu'au plan de gestion.

13.4 Contribution aux bases de données mondiales

Pour maximiser la valeur des efforts de suivi des herbes marines et contribuer à la conservation mondiale, il est fortement recommandé que les données collectées selon ce protocole soient soumises à des bases de données internationales reconnues, notamment « Seagrass-Watch » et « SeagrassNet ».

Ces plateformes servent de répertoires mondiaux pour les données de suivi des herbiers marins, permettant aux scientifiques, aux décideurs politiques et aux acteurs de la conservation de suivre les tendances, de comparer les données entre les régions et de mieux comprendre l'état des écosystèmes d'herbiers marins à l'échelle mondiale.

En contribuant à ces réseaux, Madagascar peut s'assurer que ses données soutiennent non seulement la gestion locale et la planification adaptative, mais aussi qu'elles alimentent les évaluations globales, telles que celles menées par le PNUE, l'UICN et l'IPBES.

Les deux plateformes accueillent les contributions de nouvelles régions et offrent des retours d'information précieux ainsi que des opportunités de mise en réseau. Pour des instructions sur la soumission, consultez les sites web respectifs mentionnés à la [**Section 15**](#).

14. Restauration des herbiers marins

Les herbiers marins fournissent des services écologiques essentiels, notamment un habitat pour la vie marine, la protection des côtes, le stockage du carbone et le soutien aux moyens de subsistance des communautés côtières. Lorsque les herbiers marins déclinent, la restauration peut être un outil précieux pour récupérer les fonctions perdues et préserver la résilience des écosystèmes. Bien que la restauration ne soit pas un substitut à la protection, elle devient de plus en plus nécessaire pour inverser la dégradation, soutenir la biodiversité, stabiliser le climat et renforcer la résilience des communautés face aux changements globaux.

14.1 Signes d'impact humain sur les herbiers marins

Les indicateurs visibles et chimiques aident à déterminer quand une restauration peut être nécessaire.

Indicateurs physiques et biologiques:

- Diminution de la couverture des herbiers marins ou fragmentation des prairies.
- Augmentation de la turbidité de l'eau due aux sédiments en suspension (souvent causée par l'érosion ou la construction côtière).
- Prolifération d'algues opportunistes ou d'épiphytes, indiquant une pollution par les nutriments provenant des eaux usées ou de l'agriculture.
- Déclin de la faune associée (par exemple poissons, tortues, dugongs, invertébrés).
- Cicatrices de dragage ou d'ancrage sur le fond marin.

Indicateurs chimiques et environnementaux:

- Faible teneur en oxygène dissous (souvent causée par l'eutrophisation).
- Variations du pH ou de la salinité (liées aux changements dans le débit d'eau douce).

- Présence de polluants tels que les métaux lourds, les pesticides ou les hydrocarbures dans l'eau, les sédiments ou les tissus végétaux.

14.2 Approches en matière de restauration

Les stratégies de restauration dépendent de l'étendue et des causes de la dégradation. De manière générale, il existe deux approches principales:

1. Réduire les Pressions Humaines (restauration passive)

Traiter les causes profondes est essentiel avant que les efforts de restauration active ne puissent réussir.

Les actions courantes incluent :

- **La gestion des nutriments:** Améliorer le traitement des eaux usées et réduire le ruissellement agricole
- **Le contrôle des impacts maritimes:** Établir des aires marines protégées (AMP), introduire des mouillages écologiques et restreindre la pêche destructive
- **Le contrôle des sédiments:** Reboiser les bassins versants en amont et limiter l'aménagement littoral pour réduire l'érosion

2. Restauration active

Lorsque le rétablissement naturel ne se produit pas, des interventions actives peuvent aider à rétablir les prairies d'herbiers marins. La restauration active doit être soigneusement planifiée, avec un suivi mis en place pour évaluer le succès et ajuster les méthodes si nécessaires. (voir [Annexe G](#) pour les images des méthodes courantes de restauration active).

Les techniques courantes incluent:

- **La transplantation:** Déplacement de pousses ou de systèmes racinaires de zostères depuis des sites donneurs sains ou des pépinières vers des zones dégradées (voir [Figure 10](#)). Les transplantations peuvent inclure du sédiment intact (« mottes ») ou uniquement du matériel végétal.
- **La restauration à partir de semences:** Collecte et dispersion de semences pour favoriser la germination naturelle et l'expansion des prairies d'herbiers marins. Cette méthode est souvent moins invasive et permet une restauration à plus grande échelle si la disponibilité en semences est élevée.



Crédit photo: IH.SM, Université de Toliara

Figure 10. Image d'une transplantation de zostères à Madagascar.

Le choix du site est crucial. La restauration doit se concentrer sur des zones qui abritaient historiquement des zostères mais qui ont depuis été dégradées. Il faut éviter de planter dans des endroits qui n'ont jamais accueilli de zostères, car ces sites pourraient ne pas offrir les conditions nécessaires à la survie et à la croissance à long terme.

La restauration doit aller dans le sens de la nature, et non contre elle — l'objectif est de favoriser le rétablissement naturel dans les zones offrant les meilleures probabilités de réussite.

Pour obtenir des conseils détaillés et des ressources pratiques sur les techniques de restauration des herbiers marins, consultez le site web du « Project Seagrass ». (voir la [Section 15](#)).

14.3 Approche participative et suivi

La réussite de la restauration des herbiers marins dépend non seulement des techniques appropriées, mais aussi de l'implication de la communauté et du suivi continu. La restauration est plus efficace lorsqu'elle est inclusive, adaptative et ancrée dans le contexte local.

Les éléments essentiels d'une restauration efficace

- **Engagement communautaire:** Impliquer les communautés locales par la sensibilisation, l'éducation et la participation aux activités de restauration et de conservation. Les connaissances locales et la gestion communautaire sont essentielles pour la réussite et la durabilité à long terme. Toutes les activités

d'engagement doivent prioriser la sécurité et le bien-être des participants en intégrant des évaluations complètes des risques et en veillant à ce que les actions soient supervisées par du personnel qualifié et correctement formé, conformément au principe de « ne pas nuire ».

- **Suivi écologique:** Utilisez des images satellite, des relevés par drone ou un suivi in situ pour suivre l'évolution des zones restaurées au fil du temps. Le suivi permet d'évaluer la régénération, de détecter rapidement les problèmes et de mesurer les résultats.
- **Gestion adaptative:** Les stratégies de restauration doivent être ajustées en fonction des résultats du suivi et des conditions environnementales changeantes. La flexibilité et la réactivité sont essentielles pour garantir que les méthodes restent efficaces et adaptées.

15. Ressources utiles

- **Green E.P., Short F.T. (2003)** *World Atlas of Seagrasses. Prepared by the UNEP World Conservation Monitoring Centre. University of California Press, Berkeley, USA.*
<https://resources.unep-wcmc.org/products/world-atlas-seagrasses/download/1293948>
Préparé par l'UNEP-WCMC, cet atlas mondial présente la répartition, le statut et la valeur écologique des habitats d'herbiers marins dans 24 régions, mettant en lumière leur rôle dans la biodiversité, la pêche et la protection côtière, ainsi que les menaces liées aux activités humaines et aux changements environnementaux.
- **Large-scale Seagrass Mapping and Management Initiative (LaSMMI)** <https://www.lasmmi.org/>
Le site web LaSMMI présente un partenariat dirigé par WIOMSA, The Pew Charitable Trusts et l'Université de Southampton, visant à créer des cartes vérifiées sur le terrain des herbiers marins à travers l'océan Indien occidental afin d'éclairer les efforts de conservation, les politiques et la résilience climatique.
- **McKenzie, L.J. & Yoshida, R.L. (2018)** *Seagrass-Watch: Proceedings of a Workshop for Monitoring and Mapping Seagrass Habitats in Madagascar, Nosy Bé, 19–21 March 2018.*
https://www.seagrasswatch.org/wp-content/uploads/Resources/Proceeding/PDF/Madagascar_Mar18.pdf
Ce rapport décrit les activités de formation, les méthodes de suivi et les principaux résultats d'un atelier régional à Madagascar. Il offre des informations précieuses sur les écosystèmes locaux d'herbiers marins et le suivi participatif mené par les communautés.
- **Project Seagrass – Publications évaluées par les pairs**
<https://www.projectseagrass.org/our-publications/>
Une vaste collection de publications scientifiques couvrant des sujets tels que la sécurité alimentaire, la pêche artisanale, la pollution, la restauration et la science participative dans les écosystèmes d'herbiers marins.
- **Seagrass Restoration Handbook - UK & Ireland (2021)**
<https://www.decadeonrestoration.org/publications/seagrass-restoration-handbook>
Un guide pratique détaillant des techniques et des études de cas pour la restauration des herbiers marins en régions tempérées. Il fournit des instructions étape par étape pour la planification, la mise en œuvre et le suivi des projets de restauration.
- **Seagrass Net** <https://www.seagrassnet.org/>
Un réseau mondial de suivi écologique axé sur la science, la conservation et la restauration des herbiers marins. Il offre des outils, des formations et une plateforme collaborative pour les chercheurs et les communautés.
- **Seagrass-Watch** <https://www.seagrasswatch.org/madagascar/>
Un programme mondial de suivi des herbiers marins proposant des formations, des méthodes de collecte de données et des stratégies de suivi à long terme. Il soutient plus de 335 sites à travers le monde.

16. Annexes

Annexe A. Guide d'identification des herbiers marins.....	38-40
Annexe B. Exemple d'évaluation des risques pour un relevé sur les herbiers marins	41-43
Annexe C. Exemple d'ardoise de plongée.....	44
Annexe D. Guide photographique du pourcentage de couverture des herbiers marins...	45-46
Annexe E. Méthode d'installation de la vis de sable	47
Annexe F. Exemples d'images de caractéristiques supplémentaires et de macrofaune.....	48
Annexe G. Méthodes actives de restauration des herbiers marins.....	49

Annexe A. Guide d'identification des herbiers marins

Cr

Cymodocea rotundata

- extrémité de feuille arrondie
- limbe étroit (2 à 4 mm de large)
- feuilles de 7 à 15 cm de long
- 9 à 15 nervures longitudinales
- gaine foliaire bien développée



Hp

Halodule pinifolia

- extrémité de feuille arrondie
- 1 nervure centrale
- rhizome généralement pâle, avec des cicatrices foliaires noires et nettes



Tc

Thalassodendron ciliatum

- touffe de feuilles courbées en forme de ruban
- extrémité de feuille arrondie et dentelée
- racines très enroulées et ramifiées
- rhizomes durs et ligneux avec des cicatrices de pousses successives
- généralement trouvé dans les zones rocheuses avec des crêtes récifales marquées



Hu

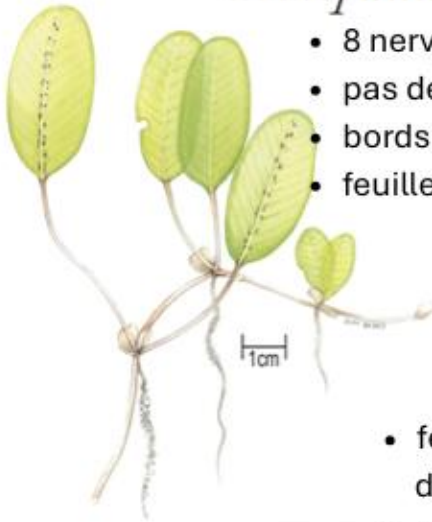
Halodule uninervis

- extrémité de feuille en trident
- 1 nervure centrale
- rhizome généralement pâle, avec des cicatrices foliaires noires et nettes



Ho

Halophila ovalis



- 8 nervures transversales ou plus
- pas de poils sur la surface de la feuille
- bords de la feuille
- feuille de 5 à 20 mm de long

Th

Thalassia hemprichii



- feuilles en forme de ruban, courbées, de 10 à 40 cm de long
- extrémité de la feuille arrondie, légèrement dentelée
- petites cellules à tanin noires, de 1 à 2 mm de long dans le limbe
- rhizome épais avec des cicatrices entre les pousses

Si

Syringodium isoetifolium



- feuilles fines en forme de spaghetti
- section cylindrique, diamètre de 1 à 2 mm
- feuilles contenant des cavités aériennes
- extrémité de la feuille effilée en pointe
- feuilles de 7 à 30 cm de long

Cs

Cymodocea serrulata



- extrémité de feuille dentelée
- limbe large (5 à 9 mm de large)
- feuilles de 6 à 15 cm de long
- 13 à 17 nervures longitudinales
- rhizome robuste/solide

Illustrations copyright Seagrass-Watch HQ



E

Enhalus acoroides

- très longues feuilles en forme de ruban, de 30 à 150 cm de long
- feuilles aux bords enroulés vers l'intérieur
- rhizome épais avec de longs poils noirs et des racines en forme de cordon
- présent sur les bancs de sable et de vase peu profonds / intertidaux (souvent à proximité des forêts de mangroves)

Hw

Halodule wrightii

- les feuilles sont étroites, plates et en forme de ruban, généralement de 1 à 3 mm large et de 5 à 15 cm de long
- les extrémités des feuilles présentent une forme caractéristique à trois dents (en trident)
- une nervure centrale foncée est visible sur toute la longueur de chaque feuille
- les rhizomes sont fins et s'étendent latéralement, contribuant à la formation de tapis denses



Zc

Zostera capensis



- les feuilles sont longues, plates et en forme de ruban, généralement de 2 à 5 mm de large et peuvent atteindre jusqu'à 30 cm de long.
- les extrémités des feuilles sont arrondies ou légèrement pointues, sans dents ni fentes.
- les feuilles présentent plusieurs nervures parallèles peu marquées, sans nervure centrale foncée unique.
- on les trouve également mélangées à d'autres espèces de plantes marines dans des environnements à faible salinité

Illustrations copyright Seagrass-Watch HQ

Annexe B. Exemple d'évaluation des risques pour un relevé sur les herbiers marins

Évaluation effectuée par: ...Lee Mur.....

L'évaluation de la date a été effectuée: ...01/01/2025.....

Localisation: Madagascar **Site:** Nosy Be..... **Activité:** Relevé de suivi des herbiers marins par plongée en apnée

Si vous avez connaissance d'autres risques ou dangers liés à cette activité, veuillez les ajouter au formulaire et en discuter avec le service de santé et de sécurité.

Les participants doivent porter ou avoir accès à une trousse de premiers secours et à un téléphone portable entièrement chargé. Le snorkeling et la baignade en mer ne doivent être effectués qu'avec un binôme ou une personne de contact désignée pour assurer un suivi.

Dangers	Qui est exposé au risque de blessure et comment?	Mesures de contrôle	Qui est responsable de l'action?
Courants	Les participants Être emporté par le courant, se noyer.	• Utiliser les tables des marées lorsque cela est pertinent. • Prévoir des points de sortie de secours accessibles depuis le rivage. • Nager ou faire de la plongée en apnée uniquement dans des zones désignées comme sûres. • Informer quelqu'un de votre groupe de voyage de votre départ et lui faire savoir lorsque vous êtes de retour. • Se renseigner auprès de votre hébergement ou de contacts locaux sur les endroits sûrs pour nager, et faire attention à ne pas laisser d'objets sans surveillance sur la plage.	Participants
Conditions météorologiques défavorables	Participants Désorientation du plongeur, ingestion d'eau, électrocution par la foudre, noyade.	• Vérifier les prévisions météorologiques avant de faire de la plongée en apnée. • Ne pas nager ni faire de plongée en apnée par mauvais temps. • Si les conditions se détériorent pendant la session, sortir immédiatement de l'eau. • Être conscient des conditions météorologiques locales et de leur impact sur la plongée en apnée.	Participants

Bateaux	Les participants Blessures graves pour les plongeurs avec tuba ou les nageurs, voire décès	• Éviter de nager et de faire de la plongée avec tuba dans les zones où le trafic maritime est important. • Être attentifs aux types et aux tailles des bateaux qui fréquentent ces zones. • Faire des pauses régulières pour vérifier l'activité dans la zone.	Participants
Chutes accidentelles par-dessus bord	Les participants Noyade, hypothermie ou blessures dues à la chute.	• Veiller toujours à ce que tous les passagers portent un gilet de sauvetage à bord. • Seuls les bons nageurs peuvent participer aux activités de plongée avec tuba. • Effectuer des comptages réguliers pour s'assurer que tous les passagers sont comptabilisés. • Mettre en place un exercice d'homme à la mer et un plan de récupération.	Conducteur de bateau et participants
Eau froide et/ou refroidissement éolien	Les participants Hypothermie	• Les plongeurs avec tuba et les nageurs doivent choisir une protection appropriée, bien ajustée et en bon état. • Être prêt à quitter l'eau si vous avez froid et avoir des vêtements chauds appropriés pour vous changer.	Participants
Mauvaise visibilité depuis l'eau	Les participants Désorientation ou noyade du plongeur ou du nageur	• Planifier la zone où vous allez plonger et vérifiez les conditions avant d'entrer dans l'eau. • Surveiller en permanence les conditions lorsque vous êtes dans l'eau et sortir immédiatement si nécessaire. • Ne pas nager ou faire de l'apnée par temps de brouillard ou par faible visibilité.	Participants
Temps chaud	Les participants Hyperthermie/brûlure solaire	• Les plongeurs avec tuba et les nageurs doivent prendre des précautions contre la surchauffe et le soleil. • Les personnes qui pratiquent la plongée en apnée ou la natation pour éviter la déshydratation. • De l'eau doit être disponible à terre.	Participants
Objets tranchants/ Corail	Les participants Blessure d'un plongeur ou d'un nageur	• Les plongeurs avec tuba doivent éviter de toucher les bords métalliques dentelés ou rouillés des épaves, sauf s'ils portent des gants. • Veiller à ce que toute blessure causée par des éraflures de coraux ou des objets tranchants soit traitée dès votre arrivée sur le rivage. • Veiller à ce qu'elles soient nettoyées/désinfectées et surveiller	Participants

		l'absence d'infection.	
Crampe	Les participants Noyade	• Etirer/échauffer les muscles avant d'entrer dans l'eau • S'hydrater • Sortir de l'eau en cas de crampe	Participants
Faune marine	Les participants Morsures et piqûres	• Etre attentifs et conscients des espèces locales nuisibles (requins, méduses, espèces vénéneuses et prédateurs). • Ne pas essayer d'attraper ou de toucher la faune marine.	Participants
Pressage du masque	Les participants Blessure d'un plongeur en apnée	• Comprendre et pratiquer l'égalisation des masques • Seuls les masques protégeant les yeux et le nez dans le même espace aérien peuvent être utilisés.	Participants
Crise cardiaque/convulsions	Les participants Décès	• Les personnes pratiquant la plongée avec tuba ou la natation doivent être médicalement aptes à entreprendre l'activité.	Participants
Manque de communication	Les participants Décès	• Les plongeurs avec tuba ou les nageurs doivent s'informer auprès d'un collègue ou de la personne qu'ils ont désignée pour leur indiquer le temps estimé qu'ils passeront dans l'eau et hors de l'eau.	Participants
Environnement	Les participants Infection, maladie, blessure et décès	• Attention aux espèces bactériennes tropicales qui peuvent être nocives (mangeuses de chair). • Éviter les points de rejet des eaux usées. • Attention aux vendeurs/marchands ambulants qui exercent leur activité illégalement sur la plage.	Participants

Annexe C. Exemple d'ardoise de plongée

Parcs nationaux de Madagascar

Suivi des herbiers marins - Modèle d'ardoise

Début des coordonnées du transect (relevé GPS)

Latitude: _____° _____' Longitude: _____° _____'



OBSERVATEUR: _____ DATE: _____

EMPLACEMENT: _____

CODE DU SITE: _____ TYPE DE TRANSECT: _____

HEURE DE DEBUT: _____ HEURE DE FIN: _____

VISIBILITÉ: _____ M ÉTAT DE LA MER: _____

Quadrat	Type de sédiment (boue, sable, mixte)	Couverture d'herbiers (%)	Composition des espèces d'herbiers (%)				Densité de l'herbier (nombre)	Hauteur de la canopée (cm)	Caractéristiques supplémentaires
1 (0m)									
2 (5m)									
3 (10m)									
4 (15m)									
5 (20m)									
6 (25m)									
7 (30m)									
8 (35m)									
9 (40m)									
10 (45m)									
11 (50m)									

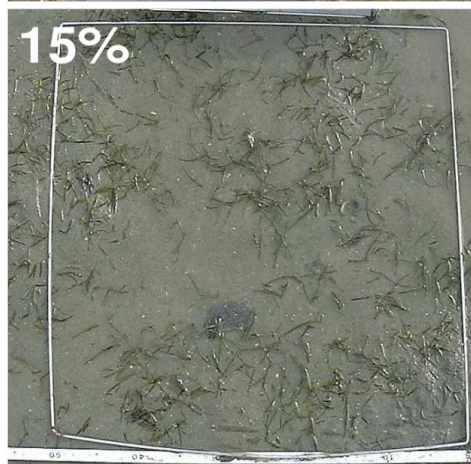
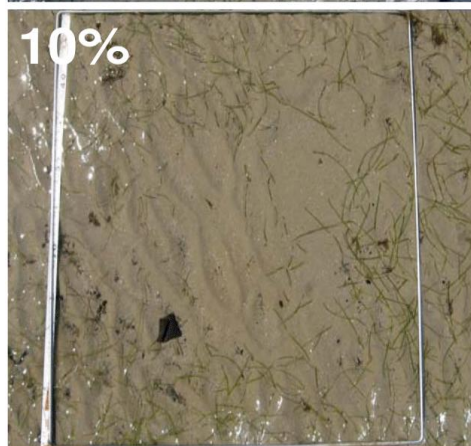
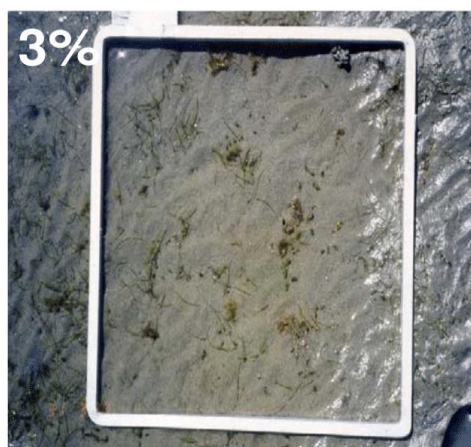
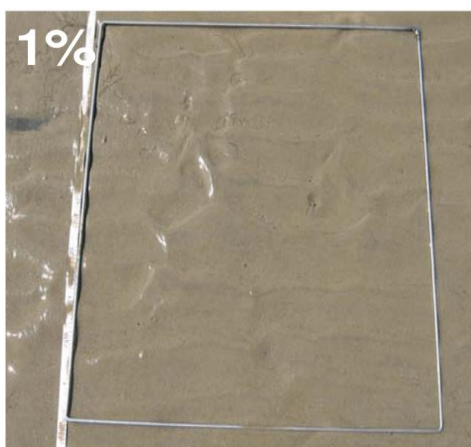
Fin des coordonnées du transect (relevé GPS)

Latitude: _____° _____' Longitude: _____° _____'

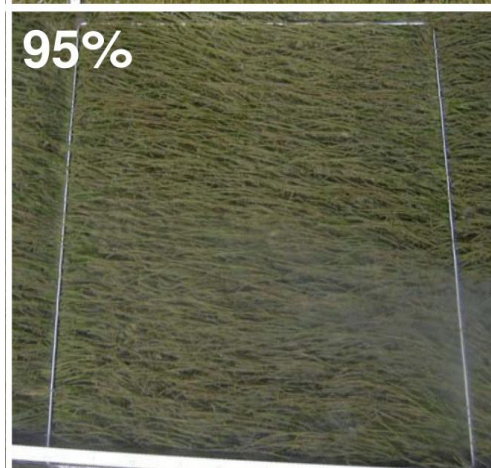
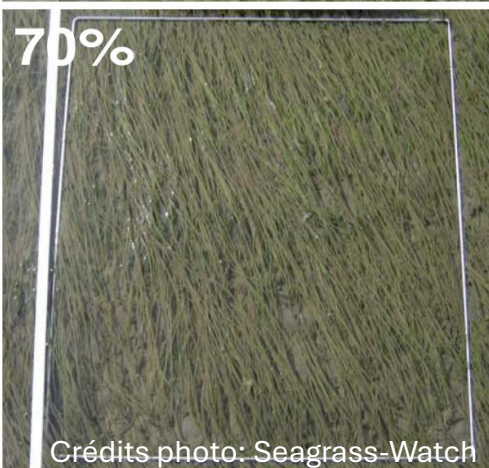
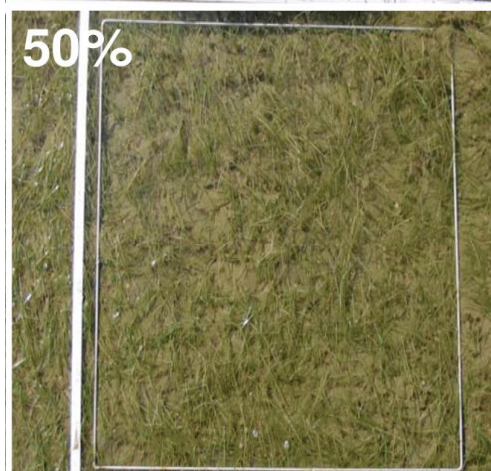
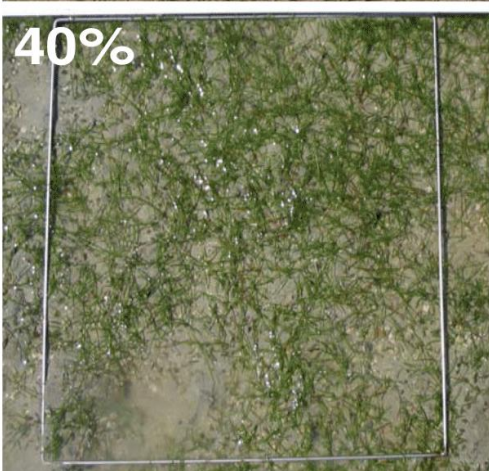
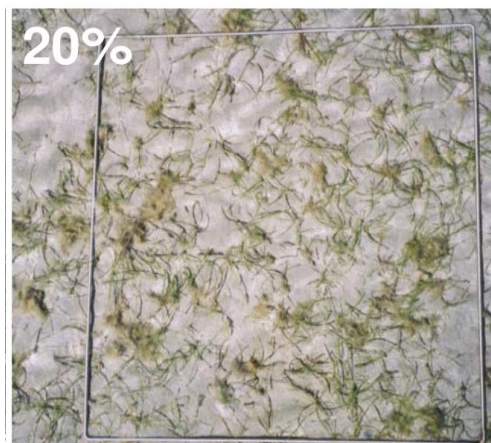
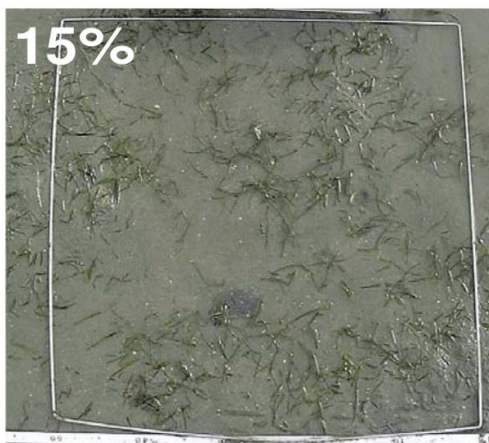
(Ne pas être à l'échelle)



Annexe D. Guide photographique du pourcentage de couverture des herbiers marins



Crédits photo: Seagrass-Watch

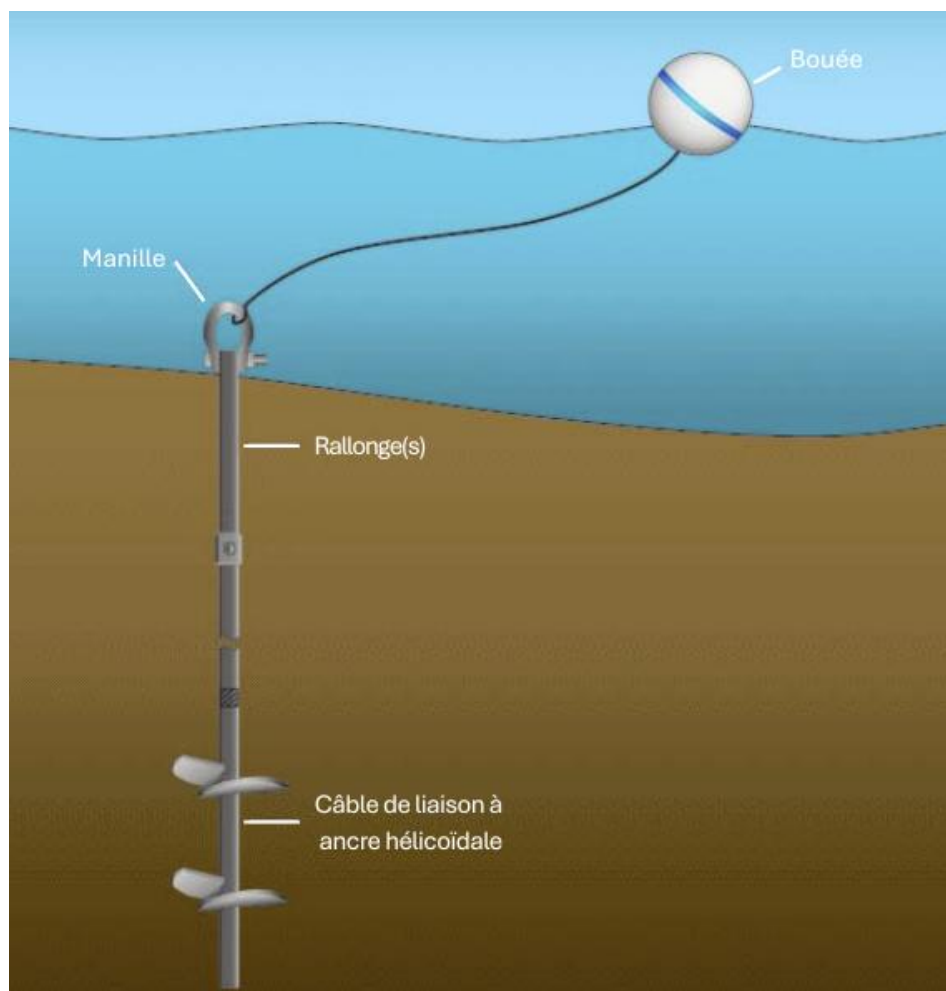


Crédits photo: Seagrass-Watch

Annexe E. Méthode d'installation de la vis de sable

Méthode d'installation d'un repère benthique permanent, par exemple une vis de sable / une petite ancre hélicoïdale / une ancre à vis:

- 1) Positionnez la vis de sable verticalement et commencez à la faire tourner dans le sens des aiguilles d'une montre tout en exerçant une pression vers le bas.
- 2) Continuez à tourner jusqu'à ce que la vis soit complètement enfoncée et fixée dans le sédiment, seule la boucle de fixation ou le marqueur restant visible.
- 3) Fixez une étiquette durable et étiquetée à la vis de sable, à l'aide d'un collier de serrage (serre-câble).
- 4) Si cela est approprié, vous pouvez également attacher une petite bouée à la vis avec une corde pour la rendre clairement visible depuis la surface. Évitez d'utiliser une chaîne attachée à la bouée, car cela pourrait endommager les herbiers marins.



Annexe F. Exemples d'images de caractéristiques supplémentaires et de macrofaune



A) Cicatrices laissées par l'hélice d'un bateau sur un herbier marin, **B)** Traces laissées sur les prairies d'herbiers marins par le pâturage du dugong, **C)** Couverture d'épiphytes sur l'herbier marin, **D)** Terriers de crabes dans l'herbier marin, and **E)** Une zone de pâturage naturel par une tortue verte et une zone adjacente non pâturée.

Annexe G. Méthodes de restauration active des herbiers marins



A & B) Plantes d'herbes marines attachées à une structure métallique placée et maintenue sur le fond marin pour restaurer les zones endommagées. **C, D & E)** Fixation d'un rameau d'herbiers marins à une agrafe et insertion de l'agrafe dans le sédiment lors de la plantation. **F & G)** Insertion des rameaux d'herbes marines dans un tissu ou une natte biodégradable (par exemple, des sacs en toile de jute) qui sont fixés à la surface du sédiment en tant qu'unité de plantation.

