

CARMEN B. DE LOS SANTOS • HENRIQUE QUEIROGA
MOHAMED AHMED SIDI CHEIKH • ANTÓNIO ARAÚJO • ESTER A. SERRÃO

MANUEL DE FORMATION POUR
LE SUIVI ET LA GESTION DES

HERBIERS MARINS

DANS LES PAYS MEMBRES
DU RAMPÃO

RÉSEAU RÉGIONAL D'AIRES MARINES PROTÉGÉES EN AFRIQUE DE L'OUEST (RAMPÃO)

CENTRO DE CIÊNCIAS DO MAR DO ALGARVE

MANUEL DE FORMATION POUR LE SUIVI ET LA GESTION DES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMP AO

Numéro de travail:

O-S-C-01/2021 (CCMAR).

Cette publication peut être reproduite en totalité ou en partie, exclusivement à des fins éducatives ou non lucratives, sans autorisation spéciale du détenteur des droits d'auteur, à condition que la source soit mentionnée. La présente publication ne peut être utilisée pour la vente ou à toute autre fin commerciale.

Citation suggérée: de los Santos C.B., Queiroga H., Sidi Cheikh M.A., Araújo, A., Serrão, E.A. (éditeurs) (2022). Manuel de formation pour le suivi et la gestion des herbiers marins dans les pays membres du RAMP AO. Centre des Sciences Marines de l'Algarve, Faro.

Mise en page et illustrations: Lúcia Antunes.

Remerciements: Les herbes marines étant un habitat important pour les tortues vertes dans cette région, une très grande partie des informations et des données présentées dans ce manuel ont été recueillies dans le cadre du projet STM "Survie des Tortues Marines", financé par le PRCM (Partenariat régional pour la conservation de la zone côtière et marine) et la Fondation MAV A. Certaines informations recueillies pour ce manuel ont été financées par MARAFRICA (Fondations Aga-Khan, Pew et Fondation Portugaise pour la Science et la Technologie-FCT) et Tropibio (subvention EU H2020 854248). Nous remercions en particulier le personnel des institutions IBAP (Instituto para a Biodiversidade e Áreas Protegidas) et CIPA (Centro de Investigação Pesqueira Aplicada) de Guiné-Bissau, PNBA (Parc National du Banc d'Arguin) et IMROP (Institut Mauritanien de Recherche Océanographique et des Pêches) de Mauritanie, et BIOS-CV de Cabo Verde, pour leurs efforts et leur soutien dans la collecte

d'informations pour ce manuel. Nous remercions également toute l'équipe du projet ResilienSEA, en particulier Iderlindo Santos et Maria Potouroglou, pour le partage des informations et des photos. Nous remercions Riccardo Losciale pour avoir partagé les fichiers de forme utilisés dans la figure 1.2.

Éditeurs: Carmen B. de los Santos, Henrique Queiroga, Sidi Cheikh, António Araújo, Ester Serrão.

Auteurs: Carmen B. de los Santos (Centre des Sciences Marines d'Algarve, Portugal), Carolina de la Hoz Schilling (Centre des Sciences Marines d'Algarve, Portugal), Henrique Queiroga (Université d'Aveiro, Portugal), Mohamed Ahmed Sidi Cheikh (Université de Groningue), António Araújo (Azul e Verde, Cabo Verde), Duarte Frade (Centre des Sciences Marines d'Algarve), Samir Martins (Bios CV, Cabo Verde), Iça Barri (Centro de Investigação Pesqueira Aplicada, Guiné-Bissau), Salomão Bandeira (Université Eduardo Mondlane, Moçambique), Pierre Failler (Université de Portsmouth, UK), Ester Serrão (Centre des Sciences Marines d'Algarve, Portugal).

Coordination: Centro de Ciências do Mar do Algarve (CCMAR).

Réviseurs: Salla Ba (MAVA Foundation), Iderlindo Santos (Wetlands Africa), et Marco Vinaccia (Grid-Arendal), Francine NDONG (RAMP AO).

Financement: Ce rapport a été financé par la Fondation MAV A.

Photo de couverture: Ester A. Serrão, prairie de *Cymodocea nodosa* au Banc d'Arguin, en Mauritanie.



© Ester Sarrão

Halodule wrightii,
Banc d'Arguin, Mauritania.



© Carolina de la Hoz Schilling

Zostera noltei

PRÉFACE

Identifiés dans presque tous les pays du RAMP AO, les herbiers marins, sont connus et reconnus, comme un habitat essentiel pour atténuer les impacts des changements climatiques et renforcer la résilience des communautés côtières.

La présence, dans les AMP du réseau, de ces prairies sous-marines qui ont une très haute valeur biologique et écologique et qui fournissent de nombreux biens et services écosystémiques, en font des sujets de recherche par excellence, afin d'améliorer les connaissances et mieux renforcer leur statut de protection.

A travers ce manuel, réalisé dans le cadre du Projet ResilienSea, financé par la Fondation MAV A, le RAMP AO vise à informer, sensibiliser et former aux pratiques de suivi et de gestion, les professionnels, les acteurs et les conservateurs des AMP. Pour la toute première fois, un bilan majeur des informations essentielles, pertinentes et spécifiques à la région de l'Afrique de l'Ouest, est compilé par des experts des herbiers marins.

Ce manuel, en transcendant les langues et les frontières, fournit les connaissances de base, pour des pratiques conjointes de gestion et de suivi des herbiers marins intégrées. Cela devrait, à terme, contribuer à la durabilité de ces habitats dont dépendent tant d'espèces emblématiques pour se nourrir et se reproduire.

Je nourris l'espoir, que ce manuel renforcera la mise en réseau et l'apprentissage mutuel entre les membres du RAMP AO, pour unir leurs efforts pour la conservation des herbiers marins de la région Ouest Africaine.

Marie Suzanne Traore
Secrétaire Général RAMP AO

INDEX

08 **MODULE 1:** INTRODUCTION À LA BIOLOGIE ET À L'ÉCOLOGIE DES HERBIERS MARINS

1.1. Biologie et écologie des herbiers marins 1.2. Services écosystémiques fournis par les herbiers marins
1.3. Espèces d'herbiers marins dans l'Afrique de l'Ouest: identification, biologie et distribution 1.4. Bibliographie

38 **MODULE 2:** MENACES MONDIALES, RÉGIONALES ET LOCALES SUR LES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS DU RAMPAO

2.1. Introduction aux menaces pesant sur les herbiers marins 2.2. Menaces qui affectent la qualité de l'eau
2.3. Menaces qui affectent l'adéquation de l'habitat 2.4. Menaces biologiques 2.5. Menaces liées aux événements météorologiques et au changement climatique 2.6. Effets synergiques et interactifs des différents facteurs
2.7. Menaces globales, régionales et locales sur les herbiers marins dans les pays membre du RAMPAO 2.8. Bibliographie

64 **MODULE 3:** OPTIONS DE MESURES POLITIQUES ET DE GESTION DES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAO

3.1. Besoins de conservation des prairies sous-marines dans les pays membres du RAMPAO 3.2. Directives politiques
3.3. Stratégies de gestion de l'environnement 3.4. Bibliographie

94 **MODULE 4:** MÉTHODES DE SUIVI POUR ÉVALUER LA SANTÉ ET LES TENDANCES DES HERBIERS MARINS

4.1. L'importance de suivre les herbiers marins 4.2. Indicateurs de l'état des herbiers marins et les herbiers marins comme bioindicateurs 4.3. Méthodes de cartographie des herbiers marins 4.4. Méthodes de surveillance des herbiers marins
4.5. Protocole de surveillance standardisé pour les herbiers marins dans le réseau RAMPAO 4.6. Bibliographie

120 **ANNEXES**

ANNEXE 1. Guide d'identification des herbiers marins ANNEXE 2. Fiches techniques de cartographie et de suivi des herbiers
ANNEXE 3. Cartes de distribution des herbiers marins dans le réseau RAMPAO

MODULE 1: INTRODUCTION À LA BIOLOGIE ET À L'ÉCOLOGIE DES HERBIERS MARINS

Carmen B. de los Santos, Carolina de la Hoz Schilling, Mohamed Ahmed Sidi Cheikh, Duarte Frade, Iça Barri, António Araújo, Ester A. Serrão.

INDEX

- 1.1. BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DES HERBIERS MARINS
- 1.2. SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES FOURNIS
PAR LES HERBIERS MARINS
- 1.3. ESPÈCES D'HERBIERS MARINS DANS L'AFRIQUE
DE L'OUEST: IDENTIFICATION, BIOLOGIE ET DISTRIBUTION
- 1.4. BIBLIOGRAPHIE



Introduction à la biologie et à l'écologie des herbiers marins

1.1. BIOLOGIE ET ÉCOLOGIE DES HERBIERS MARINS

Les herbiers marins sont des angiospermes (plantes à fleurs) qui ont la particularité d'être les seules plantes à être spécialisées dans les environnements marins (Figure 1.1). D'autres plantes peuvent tolérer l'eau salée (mangroves et marais salants) mais ne sont pas des plantes strictement marines. La trajectoire évolutive des herbiers marins est liée à des ancêtres aquatiques provenant de milieux d'eau douce et originaires de plantes terrestres. Elles ont colonisé avec succès tous les continents, à l'exception de l'Antarctique ^[1] (Figure 1.2). Sur le plan taxonomique, les espèces d'herbiers marins appartiennent à la grande subdivision des monocotylédones, des plantes avec la présence d'un seul cotylédon, de racines fibreuses, de faisceaux vasculaires épars, de feuilles longues et fines avec des nervures parallèles et des parties florales en multiples de trois. Une classification phylogénétique récente attribue environ 70 espèces à 13 genres et 5 familles qui sont toutes comprises dans l'ordre des Alismatales ^[2]. Cependant, seulement 4 familles sont exclusivement adaptées à la vie marine (Posidoniaceae, Zosteraceae, Hydrocharitaceae et Cymodoceaceae). Certaines espèces de la famille des Ruppiaceae sont également adaptées aux milieux marins mais la classification des *Ruppia* spp. (par exemple, *Ruppia maritima*) en tant que véritables herbiers marins n'est pas consensuelle, car elles peuvent compléter leur cycle de vie en dehors d'un environnement marin et se trouvent dans des eaux saumâtres, salines ou hypersalines, dans des marais salants, des

lagunes et des lacs salés, généralement près de la côte mais parfois aussi à l'intérieur des terres. Cela étant, l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) classe le genre *Ruppia* parmi les herbiers marins. Si l'on considère les cinq familles, les herbiers marins existants représentent moins de deux pour cent de toutes les espèces à fleurs.

Sur le plan biogéographique, les herbiers marins sont divisés en six biorégions mondiales ^[3] (Figure 1.2). Les pays membres du RAMPAO (Mauritanie, Cabo Verde, Sénégal, La Gambie, Guinée-Bissau, Guinée et Sierra Leone) appartiennent à la biorégion de l'Atlantique tropical, qui comprend une mégafaune herbivore qui broute les herbiers marins, comme le lamantin africain (*Trichechus senegalensis*) et la tortue verte (*Chelonia mydas*). Quatre espèces d'herbiers marins appartenant à trois familles différentes sont connues dans la région: *Cymodocea nodosa* (Cymodoceaceae), *Zostera noltei* (Zosteraceae), *Halodule wrightii* (Cymodoceaceae); et *Ruppia maritima* (Ruppiaceae) ^[4]. Malgré la faible diversité des espèces, l'abondance des herbiers marins dans l'une des aires marines protégées du nord de l'Afrique de l'Ouest, le Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) en Mauritanie, est classée parmi les plus élevées dans les sites marins du patrimoine mondial de l'UNESCO et s'étend au-delà des limites du site ^[4]. Ainsi, les herbiers marins constituent des habitats côtiers écologiquement pertinents dans cette région.



FIGURE 1.1. Photos d'herbiers marins du monde: A) *Halodule uninervis* (Wakatobi, Indonésie), B) *Syringodium filiforme* et *Thalassia testudinum* (Quintana Roo, Mexique), C) *Phyllospadix* sp. (Bamfield, Canada), D) *Posidonia oceanica* (Sicile, Italie), E) *Thalassia testudinum* (Santa Marta, Colombie), F) *Zostera marina* (Troia, Portugal). **Photo par :** B. Jones / Ocean Image Bank (A,B) ; C.B. de los Santos (C,E), P. Wirtz (D), E.A. Serrão (F).

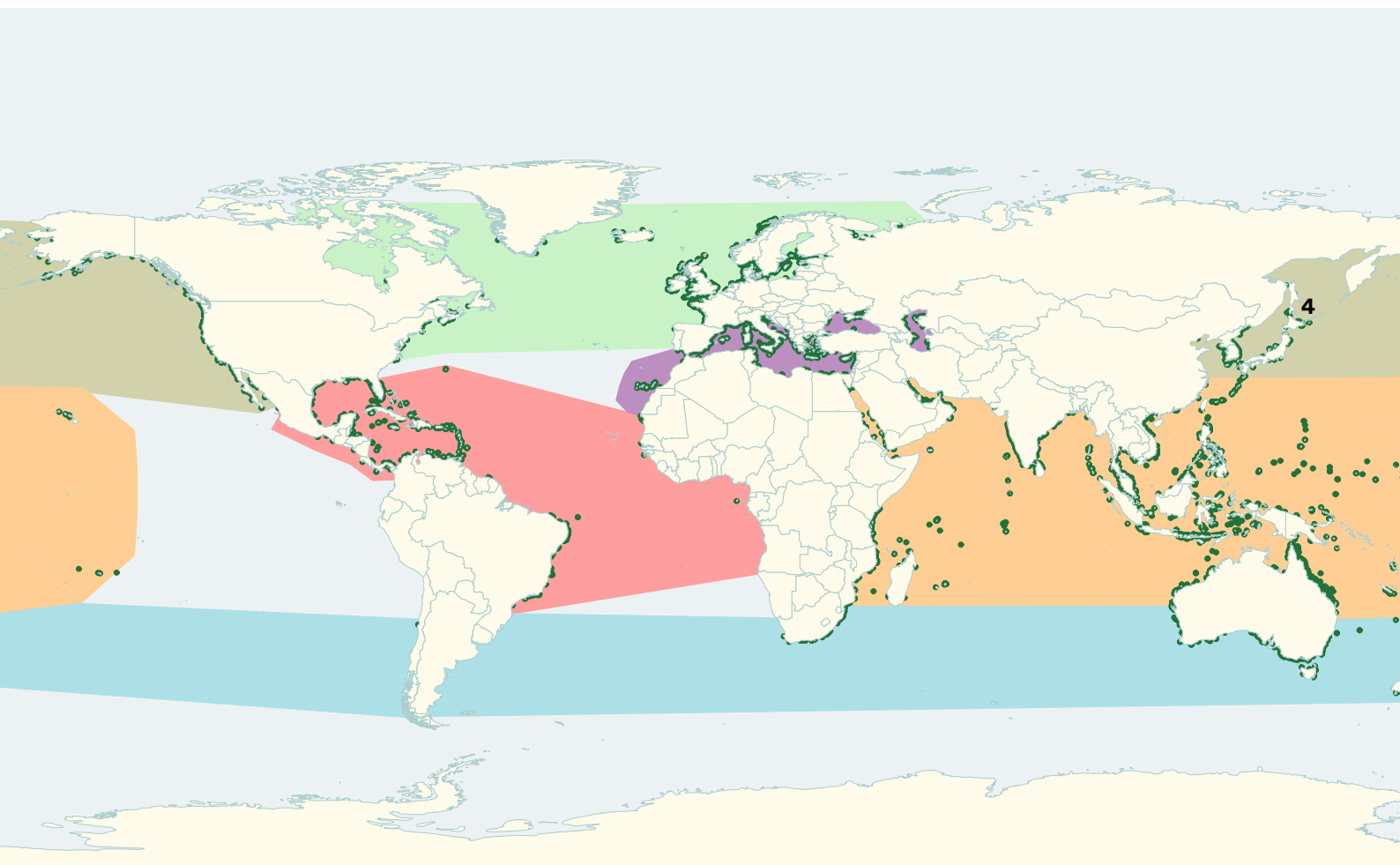
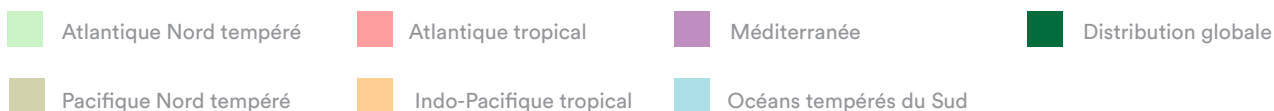


FIGURE 1.2. Biorégions d'herbiers marins dans le monde. Adapté de [3,5].



Les herbiers marins sont fortement assimilés aux plantes terrestres et partagent donc certains de leurs éléments caractéristiques [6]. Contrairement aux algues, les herbiers marins sont des plantes vasculaires avec des tissus qui produisent des fleurs, des fruits et des graines (Encadré 1.1). Les herbiers marins sont composés de pousses individuelles, une unité capable de vivre de manière indépendante, qui comprend un nœud de rhizome connecté à des feuilles et des racines. Chaque pousse contient plusieurs feuilles qui ont normalement une forme de lanière (Figure 1.3). Les feuilles présentent deux parties distinctes, le limbe et la gaine, qui présentent des caractéristiques qui aident à l'identification des espèces (Encadré 1.2). Les pousses naissent de rhizomes, des tiges qui peuvent être verticales ou horizontales et sont divisées en segments appelés entre-nœuds, qui sont les sections entre deux nœuds consécutifs

(Figure 1.3). Un nœud est le point de jonction de la pousse au rhizome ou l'endroit où les anciennes feuilles étaient attachées (Figure 1.3). Les racines sont importantes à la fois pour l'ancrage et l'absorption des nutriments, tandis que le réseau de rhizomes sert d'ancrage et fournit un système de communication et de transport des nutriments pour soutenir la croissance de la plante et du rhizome [7]. Grâce à ce mode de croissance, les herbiers marins forment souvent des prairies éparées à denses, bien adaptées pour résister aux forts courants de marée et à l'action des vagues.

En fonction de l'espèce, les herbiers marins se trouvent dans la zone intertidale, qui est la zone exposée à l'air à marée basse et immergée à marée haute, ou dans la zone subtidale, qui est la zone toujours immergée même à marée basse (Figure 1.4). Les herbiers marins

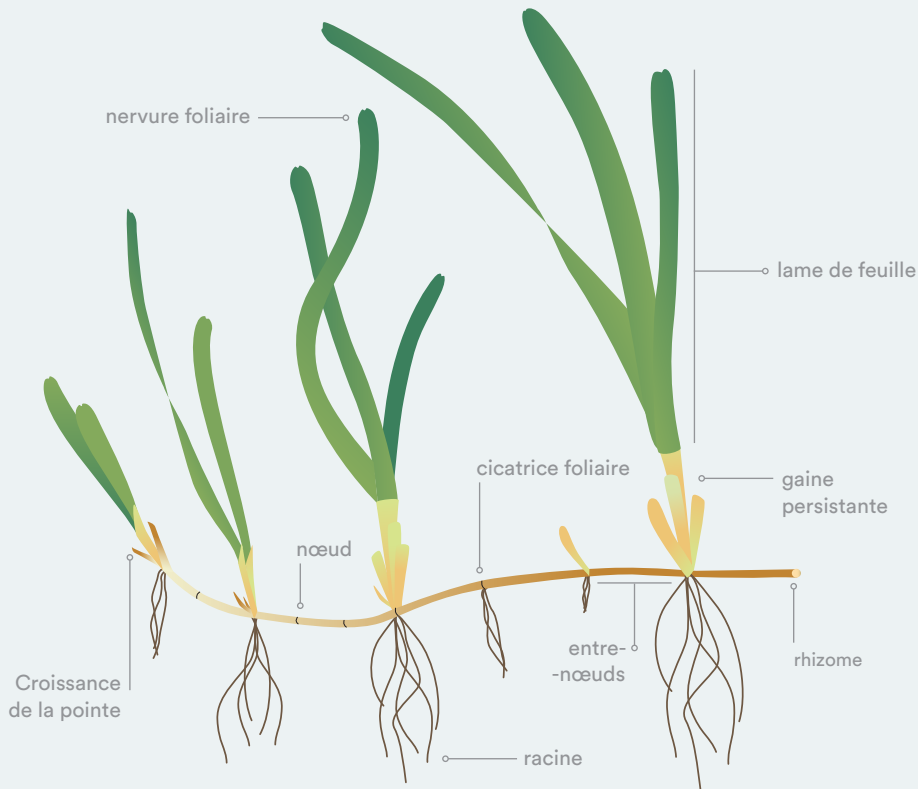


FIGURE 1.3. Morphologie commune des herbiers marins.

Illustrations adaptées du «Integration and Application Network (ian.umces.edu/media-library)».

ENCADRÉ 1.

LES HERBIERS MARINS PAR RAPPORT AUX ALGUES MARINES

· Les herbiers marins sont des plantes

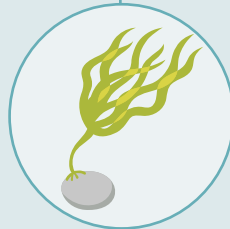
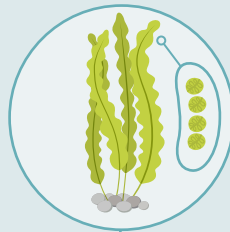
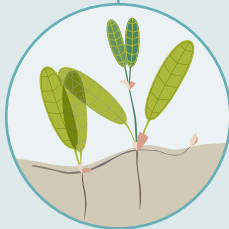
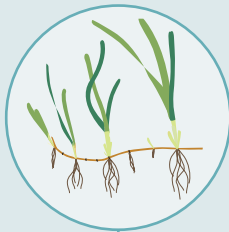
· Les herbiers marins produisent des fleurs, des graines et des fruits

· Les herbiers marins ont un système de racines souterrain

· Les feuilles des herbiers marins sont généralement en forme d'herbe et de lame

· Les herbiers marins utilisent les racines et les feuilles pour extraire les nutriments du sol et de l'eau

· Les herbiers marins comptent environ 70 espèces dans le monde



· Les macroalgues sont des eucaryotes végétaux de différents groupes

· Les macroalgues produisent différents types de spores et de gamètes nus

· Les macroalgues ont des crampons qui les fixent aux rochers et à d'autres structures solides, et certaines, comme *Caulerpa* spp., ont des rhizoïdes qui les maintiennent en place dans les sédiments mous, mais ce ne sont pas des racines

· Les macroalgues n'ont pas de feuilles, mais un thalle qui peut avoir des formes et des tailles très variées

· Les macroalgues en comptent plus de 8000 espèces

ENCADRÉ 2.

CARACTÉRISTIQUES DES FEUILLES D'HERBIERS MARINS

Les feuilles des herbiers marins sont des organes très spécialisés pour résister au mouvement de l'eau et réaliser la photosynthèse. Plusieurs de leurs caractéristiques aident à l'identification de l'espèce.



arrondies



pointues



parallèle



croisées



centrale

perpendiculaires
à la longueur

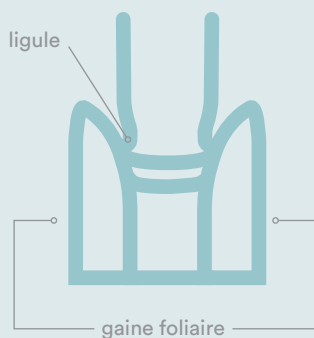
dentelé



lisse



roulé



ligule

gaine foliaire

EXTRÉMITÉ DE LA FEUILLE. La partie supérieure de la feuille est normalement détériorée par l'herbivorie ou les forts courants, il est donc préférable d'observer les jeunes feuilles. Les extrémités des feuilles d'herbier marin sont normalement arrondies ou pointues.

LES VEINES DE LA FEUILLE. Les veines sont le tissu vasculaire de la feuille utilisé pour le transport de l'eau, des nutriments et des produits photosynthétiques. Le dessin des veines est appelé nervation, et il est normalement parallèle (c'est-à-dire dans le sens de la longueur de la feuille) chez les herbiers marins. Certaines espèces présentent également des veines croisées, c'est-à-dire perpendiculaires à la longueur de la feuille, ou une veine médiane, c'est-à-dire une veine centrale distincte.

BORD DE LA FEUILLE. Les feuilles d'herbier marin peuvent avoir un bord dentelé, lisse ou roulé.

GAINE DE LA FEUILLE. La gaine se trouve à la base de la feuille et protège les nouvelles feuilles en cours de développement. La gaine peut être continue, si elle entoure tout le rameau, ou non continue, si le rameau est seulement partiellement entouré par elle. Les anciennes gaines des feuilles peuvent rester attachées au rhizome après la chute des limbes des feuilles.

se trouvent généralement dans des zones peu profondes, mais on peut les trouver à des profondeurs plus élevées (jusqu'à 60 m) dans certaines régions où l'eau est claire et transparente et où ils peuvent obtenir suffisamment de lumière. Leur gamme de profondeur est fortement contrôlée par leur tolérance à la dessiccation (c'est-à-dire la durée pendant laquelle elles peuvent rester hors de l'eau) à la limite de profondeur peu élevée du rivage et par leurs besoins minimaux en lumière pour effectuer la photosynthèse à la limite de profondeur

inférieure la plus profonde^[8]. La disponibilité de la lumière est particulièrement importante car elle est diminuée dans les environnements aquatiques en raison de l'absorption rapide par l'eau et de la diffusion de la lumière par les particules en suspension.

Contrairement aux plantes terrestres, les herbiers marins sont complètement (espèces subtidales) ou partiellement (espèces intertidales) immergés. Ils présentent diverses adaptations génétiques et morphologiques à la vie

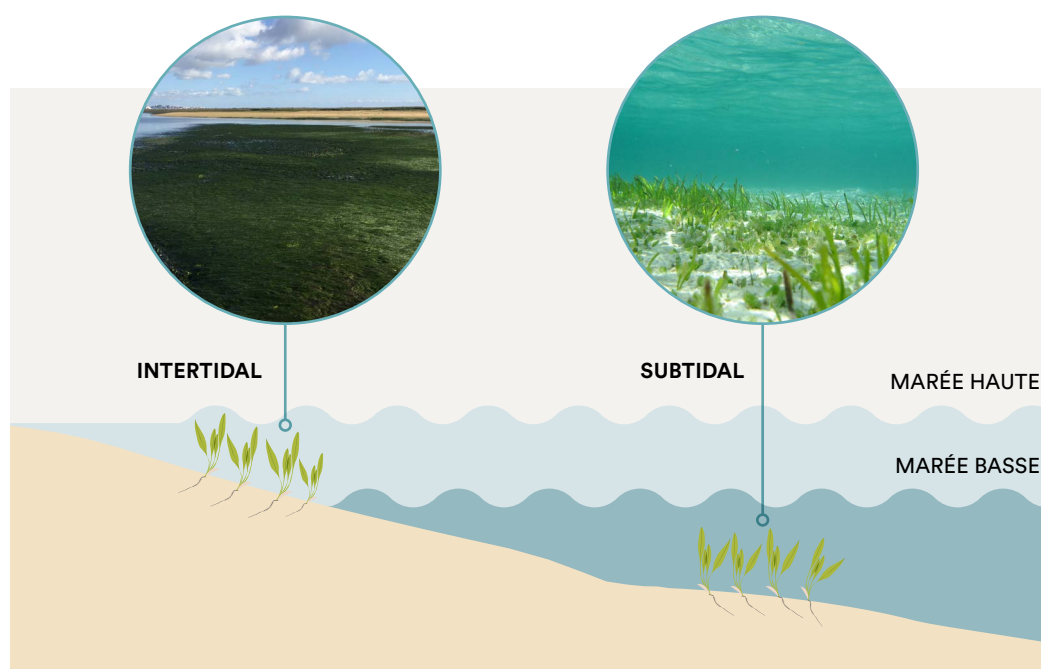


FIGURE 1.4. Position des herbiers marins dans la zone côtière par rapport à la marée, montrant un exemple d'herbiers marins intertidaux et subtidaux. **Photos par:** C.B. de los Santos. Illustrations adaptées de Catherine Collier, James Cook University (ian.umces.edu/media-library)

sous l'eau^[6], notamment la capacité d'absorber les nutriments par deux organes, les racines et les feuilles, ainsi que des membranes cellulaires qui permettent les échanges gazeux sans la présence de stomates, et une tolérance au sel qui leur permet de coloniser les environnements marins^[9].

Les herbiers marins se développent principalement sur des fonds vaseux ou sableux dans des conditions environnementales variées allant de zones abritées comme les lagunes ou les estuaires à des habitats exposés à de forts mouvements d'eau. Certaines espèces (par exemple *Phyllospadix* spp.) constituent des exceptions notables car elles se fixent sur des substrats rocheux. L'azote et le phosphore

peuvent agir comme agents limitant la croissance, individuellement ou combinés. Cependant, par rapport à d'autres producteurs primaires, les herbiers marins peuvent prospérer avec des niveaux de nutriments plus bas et se sont adaptés à des environnements pauvres en nutriments en développant la capacité supplémentaire d'absorption des nutriments par les feuilles et la redistribution des nutriments dans le réseau de rhizomes interconnectés.

En raison des conditions de sol généralement anoxiques ou hypoxiques dans les sédiments boueux et riches en matières organiques, les racines sont oxygénées par un réseau interne de redistribution des gaz qui se base sur les concentrations d'oxygène à l'in-

térieur et à l'extérieur de la plante. Les tissus des herbiers marins contiennent de petites poches d'air appelées cavités qui permettent aux feuilles de flotter, mais aussi d'échanger de l'oxygène et du dioxyde de carbone dans toute la plante. Pendant la journée, les racines sont unilatéralement alimentées en oxygène produit par les feuilles grâce à la photosynthèse. En l'absence de lumière, l'oxygène se diffuse dans les feuilles depuis la colonne d'eau et est ensuite transporté vers le système racinaire en suivant un gradient d'oxygène décroissant. Le dioxyde de carbone produit par la respiration des racines peut suivre le chemin inverse et être transporté vers les feuilles pour la photosynthèse. Les herbiers marins sont adaptés aux environnements hypersalins, cependant, les différentes espèces ont des niveaux de tolérance de salinité variables.

Les herbiers marins ont deux stratégies de reproduction, sexuée (graines) et asexuée (croissance végétative, également appelée propagation clonale). Le flux génétique d'une population est assuré par la pollinisation et la dispersion des graines dans le cadre de la reproduction sexuée. La plupart des genres d'herbiers marins, 9 sur 13, comprennent des espèces dioïques, où les individus sont soit femelles, soit mâles, produisant seulement des fleurs femelles ou seulement des fleurs mâles. Lorsqu'ils utilisent une stratégie de reproduction asexuée, les herbiers marins se propagent par croissance clonale. La proportion relative de la propagation clonale (croissance végétative) par rapport à la propagation sexuelle (production de fleurs) peut être très variable entre les populations d'une même espèce, et dans une même population au fil du temps, en fonction des conditions environnementales. De nombreuses populations allouent peu de ressources à la reproduction sexuée et seule une petite partie des pousses produit des fleurs chaque année. Les événements de floraison varient entre les populations d'une même espèce et peuvent dépendre des condi-

tions environnementales. Au cours d'un événement de floraison, les plantes femelles sont fécondées par le pollen libéré dans la colonne d'eau par les individus mâles. À l'exception d'une espèce (*Enhalus acoroides*) dont le pollen voyage à la surface de l'eau, le pollen est distribué par les courants sous-marins. Les graines qui émergent d'un événement de pollinisation ne se dispersent pas forcément très loin si elles sont seulement transportées par les courants marins depuis leur source (par exemple, 20-30 m, ou beaucoup moins chez les espèces qui produisent des graines basales près du sédiment) et peuvent souvent être perdues à cause de l'herbivorie, des dommages physiques ou du manque d'habitat approprié, entre autres. Les graines peuvent être transportées par les courants océaniques, mais parmi les populations d'herbiers marins dans les AMP d'Afrique de l'Ouest, la probabilité de connectivité entre les populations par les courants océaniques est très faible ^[11]; les graines pourraient plutôt être transportées par des herbivores tels que les tortues vertes le long de la côte atlantique de l'Afrique ^[12]. Cependant, les graines qui sont retenues dans les sédiments peuvent rester en dormance pendant plusieurs mois avant de germer et, en général, seules quelques plantules survivent aux premiers stades de croissance. La combinaison de ces facteurs (faibles taux de floraison, distance de dispersion des graines et taux de survie des plantules) peut entraîner une contribution plutôt faible de la reproduction sexuée à la persistance des populations. La reproduction sexuelle joue un rôle important dans le maintien de la diversité génétique chez tous les organismes vivants, y compris les herbiers marins, mais comme de nombreuses plantes, les herbiers marins comptent souvent sur la croissance clonale pour se développer. Dans certains cas, ces clones peuvent occuper de très grandes surfaces (par exemple, un clone de 43 km de *Cymodocea nodosa* et un clone de 26 km de *Zostera noltei*, tous deux situés dans la Ria Formosa, au Portugal) ^[13].

1.2. SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES FOURNIS PAR LES HERBIERS MARINS

Les herbiers marins jouent un rôle clé en procurant une grande variété de services écosystémiques très précieux qui bénéficient à la planète et à l'homme ^[14] (Figure 1.5), et qui peuvent varier selon les espèces et les régions ^[15].

Soutien aux pêcheries. Les herbiers marins soutiennent les pêcheries de diverses manières: ils constituent des habitats de reproduction, de croissance et d'alimentation pour de nombreuses espèces de poissons, de mollusques et de crustacés ayant une valeur commerciale ^[16,17]. Ils exportent également la production primaire vers d'autres écosystèmes et espèces, soutenant ainsi les stocks de poissons dans d'autres zones côtières. Les herbiers marins peuvent réduire les agents pathogènes responsables des maladies des poissons ^[18]. En Afrique occidentale, les zones de pêche du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) sont principalement associées à des herbiers marins, qui exportent également leur productivité vers les zones adjacentes ^[19]. Le nombre d'espèces au stade juvénile et leur abondance sont plus élevés à l'intérieur des herbiers marins (Figure 1.6), et comprend des juvéniles des espèces comme *Citharichthys stampflii*, *Coptodon guineensis*, *Cynoglossus senegalensis*, *Fonitrygon margarita*, *Diplodus bellottii*, *Diplodus sargus*, *Epinephelus aeneus*, *Epinephelus guaza*, *Epinephelus marginatus* et *Etmalosa fimbriata*, qui ont une grande valeur économique dans la région ^[20].

Soutien à la biodiversité. Les herbiers marins fournissent un habitat, un abri, de la nourriture et des zones de reproduction à une grande diversité et abondance d'espèces fauniques ^[21] (Figure 1.7). Plusieurs de ces espèces

sont des espèces menacées et/ou charismatiques, comme les hippocampes, les tortues marines et les élaémobranches ^[22]. Par exemple, les prairies d'herbiers marins étendues du Banc d'Arguin en Mauritanie sont connues pour abriter un large nombre d'espèces de requins et de raies, dont beaucoup sont menacées d'extinction ^[23]. Certaines espèces utilisent la zone comme lieu de reproduction et de croissance ^[24], bénéficiant de l'abri et des sources de nourriture offerts par les herbiers marins. Le PNBA est également classé comme l'un des sites d'alimentation les plus importants pour les tortues vertes, car elles sont principalement herbivores et les herbiers marins constituent l'un de leurs principaux aliments (Encadré 1.3). Les herbiers marins du PNBA sont également des zones d'alimentation vitales pour de nombreuses espèces d'oiseaux des zones humides (Figure 1.8), en particulier les échassiers, dont la densité à marée basse dans les zones intertidales couvertes d'herbiers marins du Banc d'Arguin est la plus élevée au monde ^[25]. Certaines des espèces qui vivent dans les herbiers marins sont considérées comme des espèces phares, et sont donc utiles pour la planification de la conservation ^[26].

Purification de l'eau. Les herbiers marins améliorent la qualité de l'eau en filtrant ou en stockant les polluants de l'eau, ce qui implique la fixation et le stockage des nutriments et le piégeage des particules en suspension ^[32,33]. Ils régulent également la composition chimique de l'eau de mer en contrôlant les concentrations de gaz dissous tels que l'oxygène. Les herbiers marins éliminent les nutriments inorganiques (ammonium, nitrates, phosphates) et organiques dissous de la colonne d'eau grâce à leurs feuilles et à leurs racines, qui peuvent

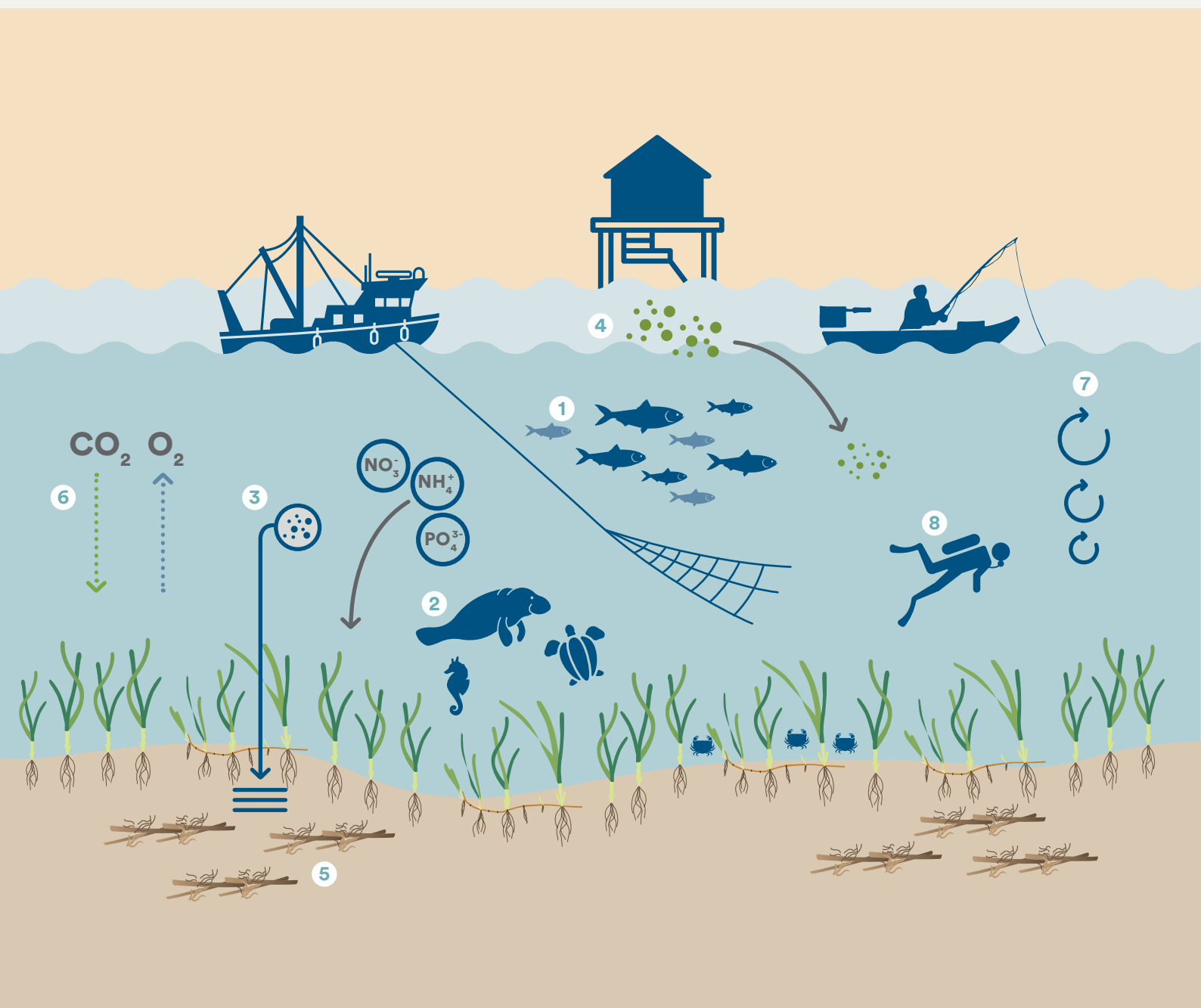


FIGURE 1.5. Services écosystémiques fournis par les herbiers marins. Illustrations adaptées du «Integration and Application Network (ian.umces.edu/media-library)».

1. Soutien aux pêcheries.
2. Soutien à la biodiversité.
3. Purification de l'eau.
4. Lutte contre les maladies.
5. Séquestration et stockage du carbone.
6. Atténuation de l'acidification des océans.
7. Protection du littoral.
8. Services culturels.

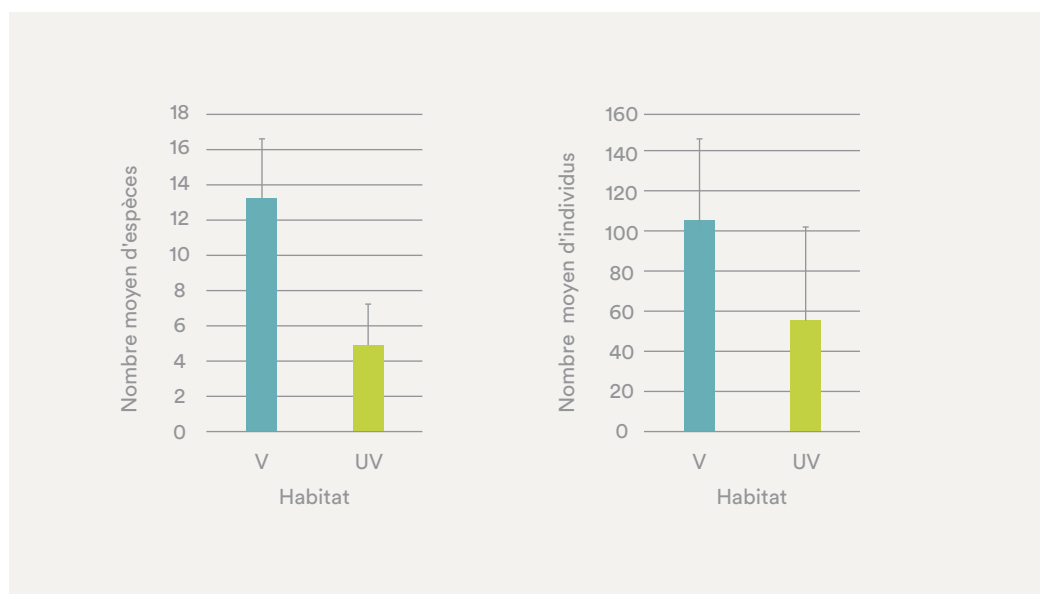


FIGURE 1.6. Exemple de soutien aux pêcheries par les herbiers marins au PNBA : A) Nombre moyen d'espèces de poissons et B) nombre moyen d'individus de poissons dans les zones avec végétation (V, herbiers marins) et sans végétation (UV, sédiment nu) du Parc National du Banc d'Arguin. Adapté de [20].

absorber les nutriments fixés et stockés dans leurs tissus. Ils sont très efficaces pour retenir les matières particulaires en suspension, y compris les microplastiques [34], les sédiments fins et les nutriments et matières organiques associés, ce qui rend l'eau plus claire. En outre, les écosystèmes d'herbiers marins sont l'un des écosystèmes les plus productifs de la planète, libérant de grandes quantités d'oxygène par photosynthèse. En raison de ce service important, les herbiers marins sont considérés comme des biofiltres naturels qui apportent des avantages aux activités économiques telles que l'aquaculture et l'élevage de bivalves.

Lutte contre les maladies. Les herbiers marins peuvent éliminer et réduire la contamination microbologique de l'eau, réduisant ainsi l'exposition des poissons, des humains et des invertébrés aux agents pathogènes. Par exemple, il a été constaté que les niveaux de bactéries marines potentiellement pathogènes sont réduits de 50 % dans les zones tropicales où les herbiers marins sont présents, par rapport aux zones où les herbiers marins sont absents [18]. Dans les herbiers marins tempérés, la concentration de bactéries *Vibrio* était également inférieure d'environ 40% en présence d'herbiers par rapport aux zones non végétalisées [35]. Les herbiers marins peuvent également produire des substances chimiques à activité antibactérienne qui tuent ou inhibent la croissance des agents pathogènes chez l'homme [36].

Séquestration et stockage du carbone.

Les herbiers marins, tout comme les mangroves et les marais salants, comptent parmi les puits de dioxyde de carbone les plus efficaces [37], car ils séquestrent le CO₂ sous forme de carbone organique (également appelé carbone bleu [38]), à la fois dans leur biomasse et surtout dans leurs sédiments. L'accumulation et le stockage du carbone organique dans les sédiments des herbiers marins sont dus à une combinaison de processus (Figure 1.9). Tout d'abord, les herbiers marins sont très productifs et génèrent de grandes quantités de matières organiques qui sont conservées dans l'écosystème [39]. De plus, leur canopée et leur biomasse interagissent avec les courants et les vagues, réduisant leur vitesse [40], améliorant le dépôt et le piégeage des particules en suspension [41], et réduisant l'érosion et la remise en suspension des sédiments [42], tout en favorisant le stockage de la matière organique. Une fois la matière organique (et donc le carbone organique) enfouie dans les sédiments, sa vitesse de décomposition est très basse en raison des conditions anoxiques communes des sédiments d'herbiers marins [43]. De cette façon, les herbiers marins peuvent stocker et préserver le carbone pendant plusieurs siècles ou millénaires. Le service de séquestration et de stockage du carbone suscite aujourd'hui un vif intérêt en raison de sa contribution à la lutte contre le changement climatique par l'élimination du carbone [44,45].



FIGURE 1.7. Faune associée aux herbiers marins : A) Seiche *Sepia officinalis* (Troia, Portugal), B) Bivalves (Iwik, Mauritanie), C) Crabe des mers *Carcinus maenas* (îles Scilly, Royaume-Uni), D) Hippocampe *Hippocampus guttulatus* (Ría Formosa, Portugal), E) Requin rousette *Scyliorhinus canicula* (Helford, Royaume-Uni), F) Gastéropode (Grèce). **Photos par :** S. Tavares (A); C. de la Hoz Schilling (B); M. Vos / Ocean Image Bank (C); C.B. de los Santos (D); S. Moran / Ocean Image Bank (E); D. Poursanidis / Ocean Image Bank (F).

Atténuation de l'acidification des océans. L'acidification des océans est le résultat de l'augmentation des niveaux de CO_2 dans l'atmosphère, qui se dissout dans la mer. En conséquence, l'eau devient plus acide (le pH diminue), ce qui peut avoir des effets négatifs sur la faune et la flore marines, en particulier sur les espèces calcaires (par exemple, les coquillages et les algues calcaires ^[46,47]). Les herbiers marins sont très productifs et prélèvent de grandes quantités de carbone inorganique

dissous dans la colonne d'eau, pour l'utiliser dans la photosynthèse. En conséquence, le pH de l'eau entourant les herbiers marins augmente, ce qui peut compenser l'acidification des océans et ses conséquences négatives sur la flore et la faune associées ^[48].

Protection du littoral. La présence d'herbiers marins dans les zones côtières contribue à la protection de ces dernières contre l'érosion, les inondations et les ondes de tempête ^[49].

ENCADRÉ 3.

TORTUES VERTES ET HERBIERS MARINS DANS LE NORD DE L'AFRIQUE DE L'OUEST

L'Afrique de l'Ouest est une région particulièrement importante pour les tortues caouannes (*Caretta caretta*) et les tortues vertes (*Chelonia mydas*) eu égard à la présence de grandes populations de ces deux espèces. L'archipel du Cabo Verde ^[27] et l'archipel des Bijagós en Guinée-Bissau ^[28] sont des sites de reproduction importants pour les caouannes et les tortues vertes, respectivement, tandis que le Parc National du Banc d'Arguin en Mauritanie est un site d'alimentation clé pour les tortues vertes.

La connexion entre ces sites en Afrique de l'Ouest au cours du cycle de vie des tortues vertes a été étudiée en utilisant la télémétrie satellitaire ^[28]. Les études ont montré qu'une grande partie des individus marqués dans les zones de nidification de l'archipel de Bijagós (où ils mangent les herbiers marins

aussi) ^[19], ont parcouru plus de 1000 km pour s'alimenter dans les vastes étendues d'herbiers marins du Banc d'Arguin, après avoir déposé leurs œufs. Les herbiers constituent une source de nourriture importante pour les tortues vertes et, à leur tour, les herbiers bénéficient des tortues marines, car la productivité est généralement accrue par l'élimination de la biomasse des herbiers par le broutage, et parce que les tortues vertes peuvent disperser les graines d'herbiers sur de longues distances le long des pays d'Afrique de l'Ouest, contrecarrant ainsi les barrières océanographiques ^[12].

En conclusion, la conservation des herbiers marins et des tortues vertes en Afrique de l'Ouest est co-dépendante, il est donc essentiel de mettre en place des mesures de gestion qui prennent en compte cette relation d'interdépendance.



Tortue verte (*Chelonia mydas*) à Tenerife, Espagne. Photo par: L. McGuire / Ocean Image Bank

Illustré sous forme de story-map à l'adresse suivante: Potouroglou, M., Vinaccia, M., Fylakis, G., and Bhakta, D. 2020. Follow Sea Turtles In Their Search for Greener Pastures: Tracking the green turtles' 1,000-kilometer migration from Guinea Bissau to the lush seagrass meadows in Mauritania. Story Map, GRID-Arendal. <https://storymaps.arcgis.com/stories/61c7a049833f4149a9fdd596f7aa10db>



FIGURE 1.8. Sélection d'espèces d'oiseaux qui utilisent les herbiers marins du Banc d'Arguin (Mauritanie), où il y a peu de végétation terrestre, contrairement à l'abondance des herbiers marins. Les herbiers marins y sont donc une ressource précieuse pour les oiseaux. Espèces d'oiseaux qui utilisent les feuilles d'herbier marin pour construire leurs nids: A) *Thalasseus maximus* (Zira), B) *Platalea leucorodia balsacii* (Arel), C) *Croicocephalus cirrocephalus* (Nair), D) *Onychoprion anaethetus* (Arel). Espèces d'oiseaux qui utilisent les herbiers marins comme aires d'alimentation: E) *Calidris alpina* (Nair), F) *Larus genei* (Zira), G) *Arenaria interpres* (Kiaone), H) *Phoenicopterus roseus* (en haut) et *Pelicanus onocrotalus* (en bas) (Bellaat), I) *Calidris alba* (Cap Tagarit). Photos par: E.A. Serrão (A-F); A. Araújo (G) ; M. Broquere, BACOMAB (H) ; C. de la Hoz Schilling (I) .

Ce service de protection est assuré par leur capacité à diminuer l'énergie des vagues et à réduire les courants, favorisant ainsi la sédimentation, empêchant l'érosion et stabilisant les sédiments [42,50]. Ce service écosystémique est renforcé lorsque les herbiers marins coexistent avec d'autres écosystèmes tels que les forêts de mangroves, les marais salants ou les récifs coralliens. Les herbiers marins génèrent normalement de grandes quantités de matière foliaire qui est transportée et déposée le long de la côte, formant une première barrière naturelle qui protège le littoral de l'action des vagues [51], favorisant la croissance d'espèces végétales terrestres comme *Arthrocnemum macrostachyum*, qui piègent les sédiments éoliens, favorisent l'établissement de dunes et constituent un important site de reproduction pour des espèces d'oiseaux comme la spatule endémique du Banc d'Arguin. Le service de protection du littoral est particulièrement important dans le contexte du changement climatique, car il aide les zones côtières à s'adapter à la fréquence et à l'intensité croissantes des vagues et des ondes de tempête [52].

Services culturels. Les herbiers marins peuvent fournir des services culturels, notamment en attirant le tourisme et en offrant des possibilités de loisirs, ainsi qu'en revêtant une importance spirituelle et religieuse. Par exemple, dans certaines régions, les zones d'herbiers marins attirent de nombreux touristes passionnés de nature car ils abritent une mégafaune charismatique comme des tortues vertes, des dugongs, des hippocampes ou des oiseaux. Dans d'autres régions, les pêcheurs et les communautés locales côtières sont directement liés aux herbiers marins, qui représentent leur principale source de nourriture et assurent donc leur subsistance, ce qui confère aux herbiers une valeur identitaire et spirituelle supplémentaire [52].

La grande variété de services fournis par les herbiers marins souligne l'importance de ces habitats dans le maintien du fonctionnement des écosystèmes côtiers et constitue une forte motivation pour les protéger et les conserver, afin de garantir leurs avantages pour le bien-être de la nature et les générations actuelles et futures [53].

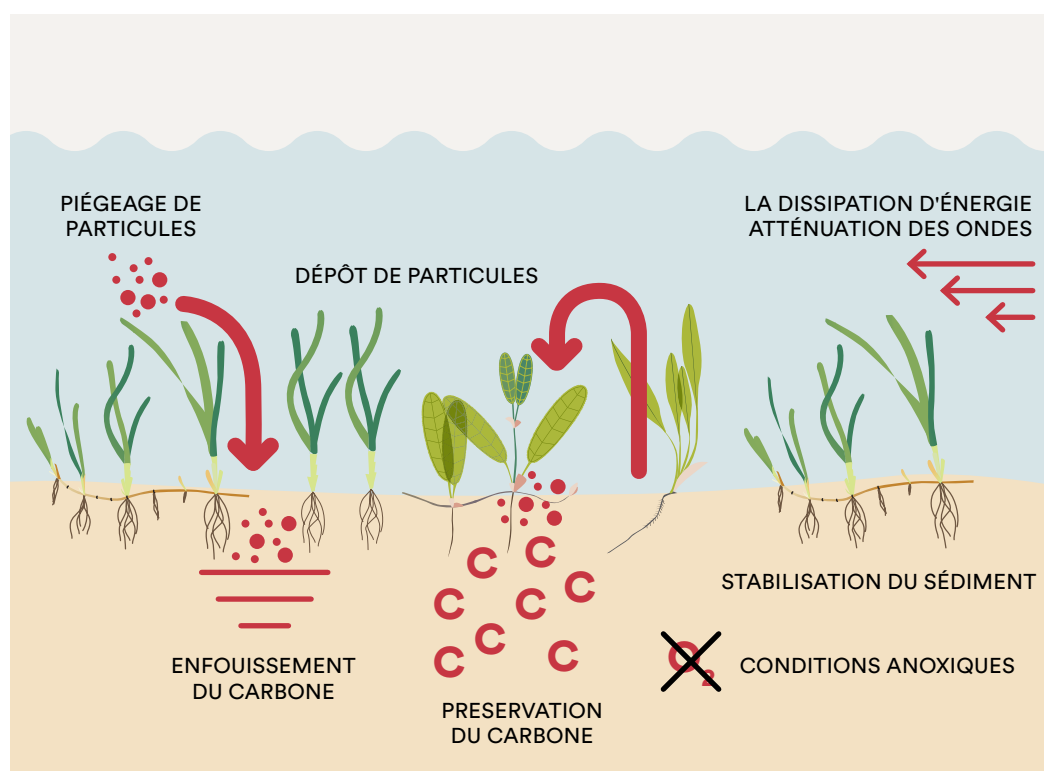


FIGURE 1.9. Processus impliqués dans la séquestration du carbone. Illustrations adaptées du «Integration and Application Network (ian.umces.edu/media-library)».

1.3. ESPÈCES D'HERBIERS MARINS DANS L'AFRIQUE DE L'OUEST: IDENTIFICATION, BIOLOGIE ET DISTRIBUTION

Il existe quatre espèces connues d'herbiers marins dans l'Afrique de l'Ouest: *Cymodocea nodosa*, *Zostera noltei*, *Halodule wrightii*, et *Ruppia maritima* (Tableau 1.1).

TABLEAU 1.1. Présence d'espèces d'herbiers marins dans les pays du RAMPAO, sur la base d'observations réelles récentes. * Présent historiquement, mais actuellement non vérifié. ** Incertitudes dans l'identification des espèces.

PAYS	<i>Cymodocea nodosa</i>	<i>Zostera noltei</i>	<i>Halodule wrightii</i>	<i>Ruppia maritima</i>
Cabo Verde	Non	Non	Oui	Oui
Mauritanie	Oui	Oui	Oui	Oui*
Sénégal	Oui	Oui	Oui	Oui**
La Gambie	Oui	Non	Oui	Non
Guinée - Bissau	Non	Non	Oui	Non
Guinée	Non	Non	Oui	Non
Sierra Leone	Non	Non	Oui	Non

1.3.1. CYMODOCEA NODOSA

Cymodocea nodosa est une espèce tempérée qui se trouve dans les zones subtidales à travers de larges profils de profondeur, depuis des eaux peu profondes jusqu'à 50-60 m de profondeur dans des eaux transparentes comme dans les îles Canaries. Cependant, la gamme de profondeur de l'espèce a tendance à être très faible dans les prairies côtières africaines en raison de la limitation de la lumière causée par les eaux turbides. La profondeur maximale rapportée est d'environ 4 m, mais souvent moins^[54]. Cette espèce peut se trouver dans des eaux côtières plus exposées et ouvertes ainsi que dans des environnements plus abrités tels que les lagunes côtières et les estuaires. L'espèce est distribuée le long de la biorégion méditerranéenne et de la côte atlantique nord-est tempérée et subtropicale, du centre du Portugal à La Gambie, ainsi que dans les îles Canaries et Madère. Certaines sources indiquent qu'on peut également la trouver au Cabo Verde,

mais de multiples recherches n'ont pas permis de confirmer sa présence dans cette région. Les descriptions passées d'identification du *C. nodosa* au Cabo Verde pourraient être une mauvaise identification de *Halodule wrightii* ou une attribution incorrecte des observations de la péninsule du Cap Vert au Sénégal, une région tempérée influencée par des remontées d'eau de mer plus froide. En Afrique de l'Ouest, la distribution de *C. nodosa*^[54] est limitée à de grandes prairies dans le Banc d'Arguin (Mauritanie) et au Sénégal, principalement dans la région du Delta des rivières du Sine Saloum. Il existe également des prairies plus petites le long de la Petite Côte sénégalaise (par exemple Joal Fadiouth) et au sud du fleuve Gambie (Figure 1.10, Figure 1.11). Dans le Banc d'Arguin, *C. nodosa* forme de grandes prairies denses qui abritent une grande quantité de biodiversité.

L'espèce se distingue des autres herbiers marins par les caractéristiques suivantes: les

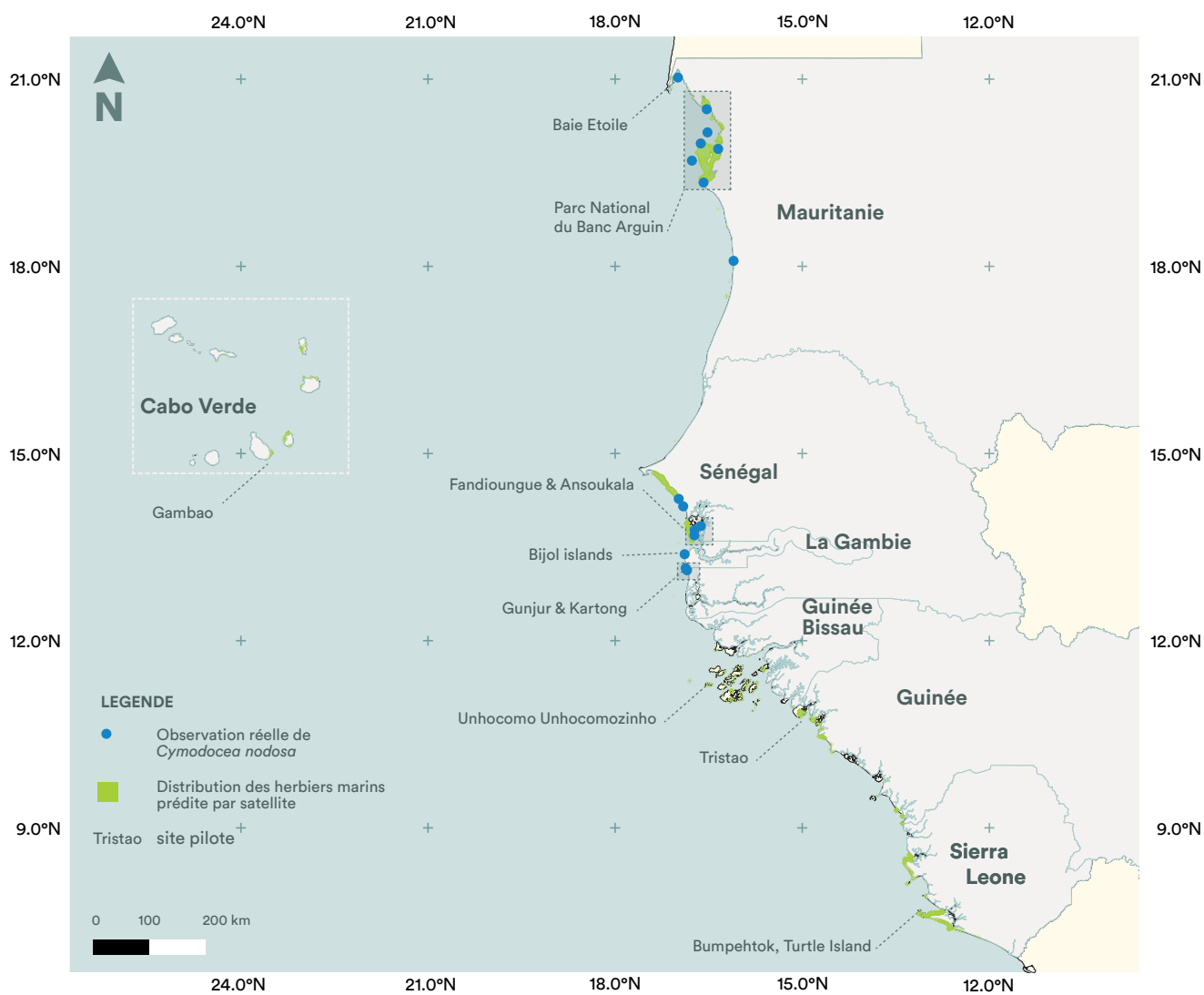


FIGURE 1.10. Distribution de *Cymodocea nodosa* dans les sept pays du RAMPAO d'après les observations réelles (points bleus) et la distribution prédite par satellite de toutes les espèces d'herbiers marins (zone verte).

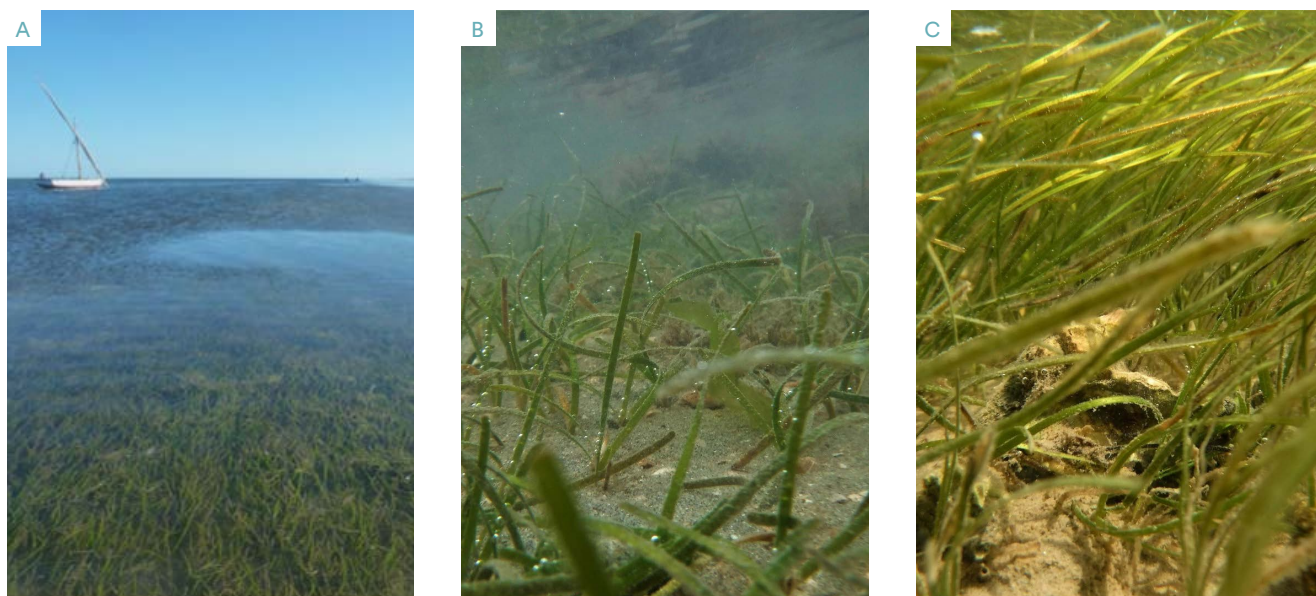


FIGURE 1.11. Prairies de *Cymodocea nodosa* dans les pays du RAMPAO: A) Banc d'Arguin, Mauritanie, B) La Gambie C) Sénégal. Photos par: E.A. Serrão (A); M. Potouroglou (B,C).

pousses de *C. nodosa* contiennent entre 3 et 4 feuilles chacune qui peuvent atteindre une longueur maximale de 60 cm et une largeur de 1,5 à 6,0 mm ^[55]. Chaque feuille présente entre 5 et 7 nervures et possède une gaine ouverte et une extrémité dentelée. Le rhizome est plus épais que 2 mm et a une tonalité rose-brunâtre. Les rhizomes peuvent être horizontaux ou verticaux. À chaque nœud du rhizome horizontal pousse une seule racine verticale d'une longueur pouvant atteindre 35 cm qui,

à la différence d'autres espèces co-occurentes en Afrique de l'Ouest, est fortement ramifiée (Figure 1.12). *Cymodocea nodosa* est dioïque, avec des plantes femelles et mâles séparés. La floraison a lieu au début du printemps et peut durer jusqu'à l'été ^[56,57,58]. Les plantes femelles produisent deux graines relativement grandes (8 mm) en forme de lentille (Figure 1.12F), qui peuvent rester attachées à la plante ou en dormance dans le sol pendant plusieurs mois.



FIGURE 1.12. Caractéristiques et structures reproductives de *Cymodocea nodosa*: A) détail de l'extrémité de la feuille, B) pousses et rhizome horizontal avec racines, C) pousses et rhizome vertical provenant d'un rhizome horizontal, D) fleur mâle, E) plantule (au-dessus) et graines jumelées en forme de lentille au bas de la pousse (au-dessus), F) et graines. **Photos par:** C. B. de los Santos (A,D); Groupe de recherche EDEA; Université de Cádiz (B,C,E); E.A. Serrão (F).

1.3.2. ZOSTERA NOLTEI

Zostera noltei est une espèce d'herbiers marins tempérée qui peut se développer dans des régimes de température très différents, car son aire de répartition comprend trois biorégions d'herbiers marins mondiales: l'Atlantique Nord tempéré, la Méditerranée et l'Atlantique tropical. En Afrique de l'Ouest, on sait que *Z. noltei* est présent dans le Banc d'Arguin et la Baie de l'Etoile (Mauritanie), ainsi qu'à Fandioungue et Ansoukala (Sénégal) (Figure 1.13, Figure 1.14).

Zostera noltei, similaire à *C. nodosa*, peut former des herbiers denses, mais grâce à sa haute tolérance à la dessiccation, elle se développe principalement dans les zones intertidales où elle est exposée à l'air pendant de longues périodes à marée basse et où elle a un avantage compétitif par rapport aux autres espèces d'herbiers marins. Cependant, pendant l'exposition à l'air, les feuilles restent généralement hydratées grâce à la fine couche d'eau que l'on trouve sur les sols boueux (Figure 1.14).

Les feuilles de *Zostera noltei* atteignent une longueur maximale de 25 cm et une largeur maximale de 0,5 - 1 mm ^[55]. Chaque pousse peut contenir entre 2 et 5 feuilles. Chaque feuille a une gaine ouverte et présente 3 veines et une extrémité émoussée et dentelée. L'épaisseur du rhizome peut varier entre 0,5 - 2 mm, et, bien que les sections de rhizome plus anciennes prennent une couleur jaune-brunâtre, les segments de rhizome plus jeunes sont vert clair. Chaque nœud peut contenir entre 1 et 4 racines verticales fines et non ramifiées (Figure 1.15).

Zostera noltei est monoïque, ce qui signifie que les fleurs mâles et femelles poussent sur le même individu sur des pousses spécialisées (Figure 1.15). Pour éviter l'autopollinisation, les fleurs mâles et femelles mûrissent à des rythmes différents, et les graines, une fois formées, sont libérées dans la colonne d'eau où elles peuvent être disséminées par leur consommation par différents animaux qui se nourrissent dans les herbiers marins intertidaux.

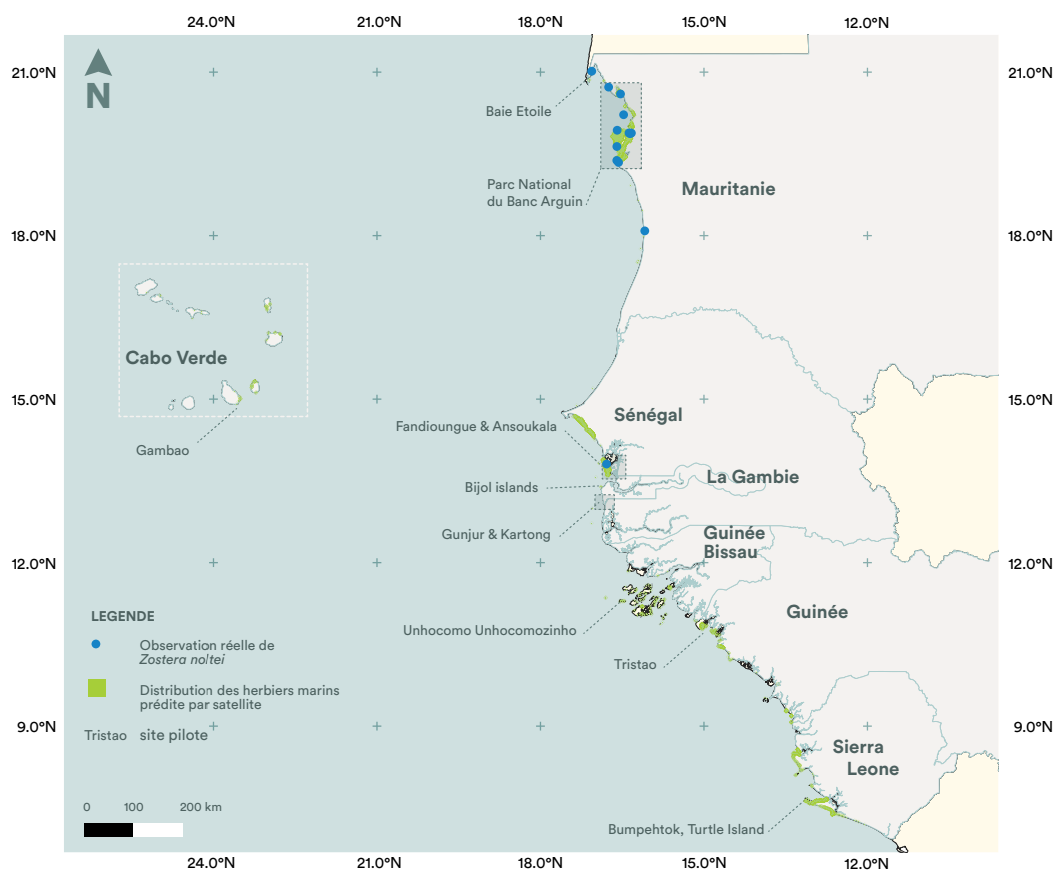


FIGURE 1.13. Distribution de *Zostera noltei* dans dans les sept pays du RAMP AO d'après les observations réelles (points bleus) et la distribution prédite par satellite de toutes les espèces d'herbiers marins (zone verte).



FIGURE 1.14. Prairies de *Zostera noltei* dans les pays du RAMPAO: A) Banc d'Arguin, Mauritanie, B. Sénégal, C) Sénégal. Photos par: C) de la Hoz Schilling (A), M. Potouroglou (B,C).

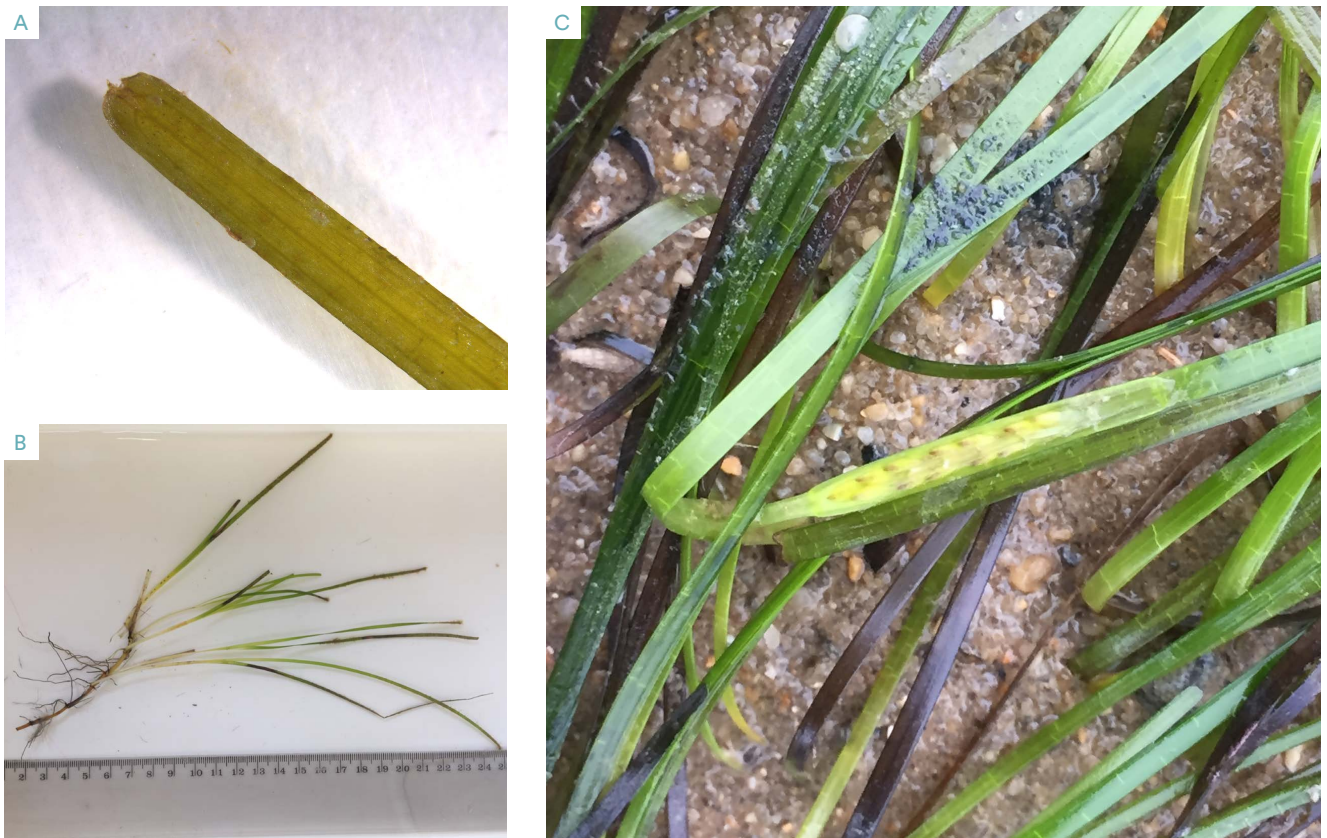


FIGURE 1.15. Caractéristiques et structures reproductives de *Zostera noltei*: A) détail de l'extrémité de la feuille, B) rhizome avec racines, C) pousse reproductrice portant les fleurs. Photos par: C.B. de los Santos (A-C)

1.3.3. HALODULE WRIGHTII

Halodule wrightii est la seule espèce tropicale présente dans le nord de l'Afrique de l'Ouest, où elle est la seule espèce d'herbiers marins qui se trouve dans tous les pays, de la Mauritanie à la Sierra Leone, en passant par le Cabo Verde ^[54,59] (Figure 1.16, Figure 1.17). Il s'agit d'une espèce atlantique, car les anciennes observations de *H. wrightii* dans l'Océan Indien sont actuellement identifiées comme *Halodule univervis*, ce qui a été confirmé par des preuves ADN ^[9,12].

Halodule wrightii est une espèce d'herbier marin dont la profondeur peut varier entre 0 et 30 m dans les eaux transparentes des Caraïbes ^[60], et que l'on trouve également dans la zone intertidale très basse (Figure 1.17). Cependant, en Afrique, elle se trouve principalement dans des zones où les eaux sont turbides et les limites de profondeur dépassent rarement 2 m environ, et même moins, sauf dans de rares endroits où les

eaux sont plus transparentes. On la trouve principalement dans des environnements abrités ou semi-abrités tels que des rivages peu profonds, des estuaires ou des lagunes, souvent associés à d'autres éléments structurels tels que des mangroves ou des récifs coralliens ou en combinaison avec d'autres espèces d'herbiers marins.

Chaque pousse d'une plante *H. wrightii* contient entre 2 et 4 feuilles et peut mesurer de 3 à 30 cm de long, et de 2 à 5 mm de large ^[61]. L'apex de la feuille présente deux petits prolongements latéraux ainsi qu'un petit prolongement médian occasionnel, ou plus fréquemment un simple apex central concave. Le rhizome horizontal blanchâtre-brunâtre est fin et se finit par une pousse foliaire. Trois à cinq racines verticales simples et non ramifiées naissent généralement des nœuds du rhizome et se terminent par un point sombre (Figure 1.18). Les racines sont généralement peu profondes, ne dépassant pas 5 cm de profondeur.

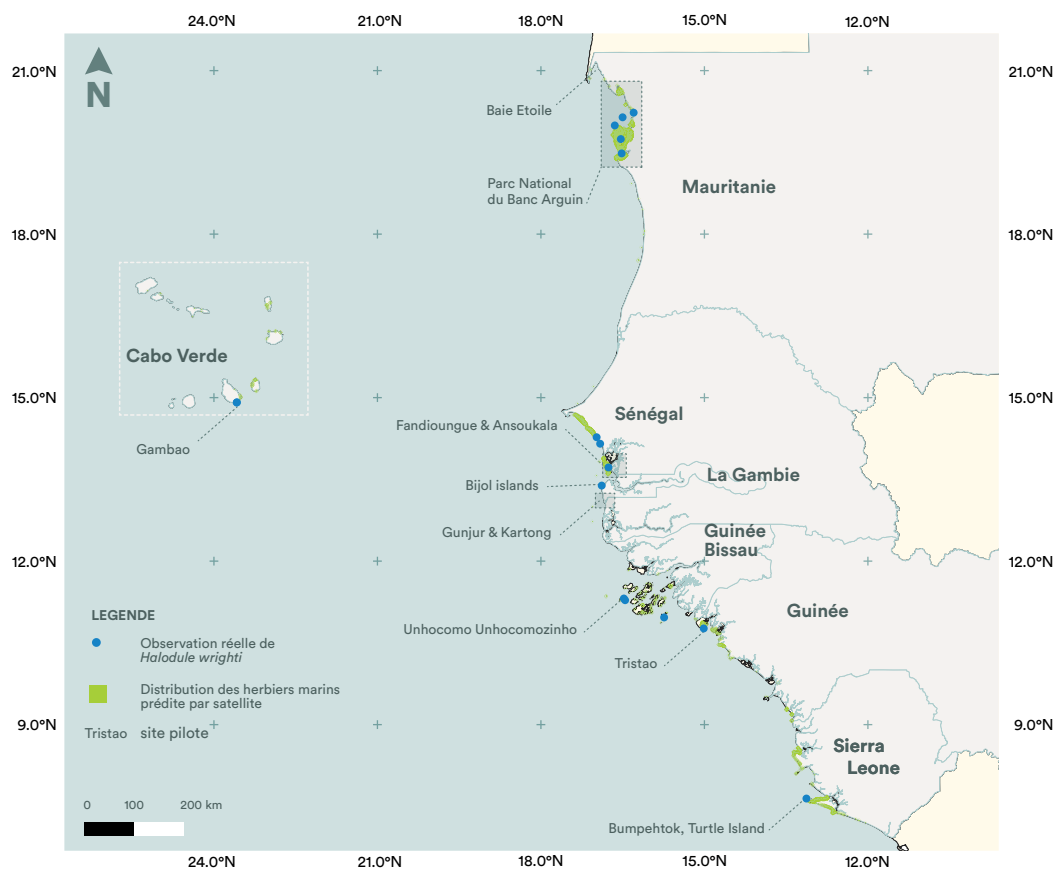


FIGURE 1.16. Distribution de *Halodule wrightii* dans les sept pays du RAMP AO d'après les observations réelles (points bleus) et la distribution prédite par satellite de toutes les espèces d'herbiers marins (zone verte).

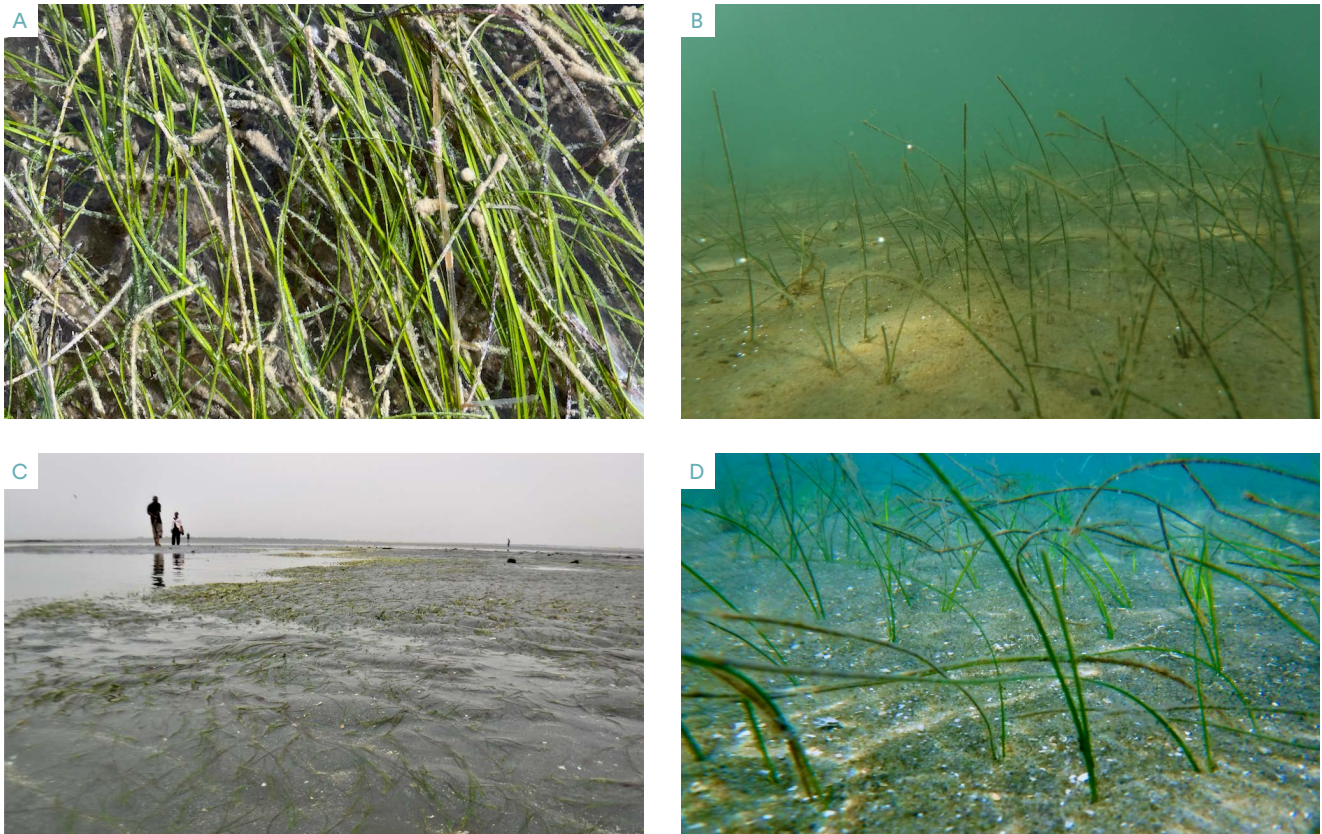


FIGURE 1.17. Prairies de *Halodule wrightii* dans les pays du RAMPAO: A) Banc d'Arguin, Mauritanie B) Unhocomo, Guinée-Bissau C) La Gambie D) Sierra Leone. **Photos par:** E.A. Serrão (A); avec la permission de ^[59] (B); M. Potouroglou (C,D).

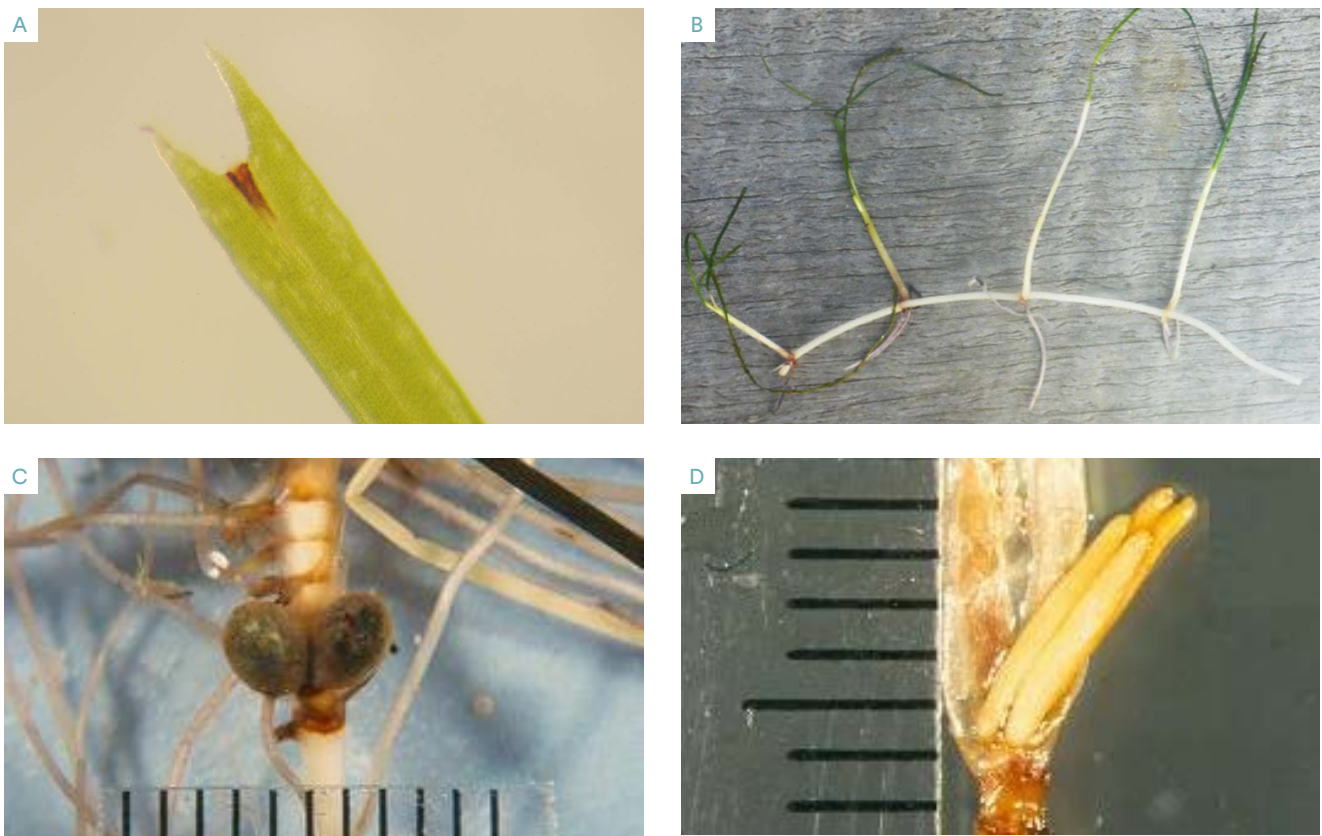


FIGURE 1.18. Caractéristiques et structures reproductives de *Halodule wrightii*: A) détail de l'extrémité de la feuille, B) rhizome avec racines, C) fruits attachés à la pousse maternelle, D) fleur. **Photos par:** E.A. Serrão (A); M.A. Sidi Cheikh (B); J. Kowalski, référence du article avec la permission des auteurs (C,D).

Comme tous les herbiers marins, *H. wrightii* peut se propager par croissance clonale ou par graines (Figure 1.18). De plus, la dispersion des graines est limitée dans l'espace car les graines sont produites à la base des pousses

(comme chez *Cymodocea nodosa*). Les graines peuvent rester dormantes dans les sédiments pendant de longues périodes, ce qui permet à l'espèce de continuer à se développer après d'éventuelles perturbations.

1.3.4. RUPPIA MARITIMA

Ruppia maritima a une large gamme de distribution. C'est la seule espèce de *Ruppia* qui a été rapportée en Afrique de l'Ouest, avec des populations confirmées au Cabo Verde, où elle a été rapportée sur les îles de Sal, Boavista et Santiago ^[62] (Figure 1.19, Figure 1.20). L'espèce a également été historiquement collectée dans plusieurs régions du Sénégal et de la Mauritanie. Cependant, la taxonomie du genre n'est pas encore résolue, et d'autres espèces peuvent être présentes dans la région, car d'autres parties de l'Afrique abritent une diversité considérable

d'espèces de *Ruppia* ^[61].

Ruppia maritima est une espèce d'herbiers marins intertidale que l'on trouve principalement dans les lagunes côtières (Figure 1.20), les petits étangs salins ou saumâtres près de la mer, ou les canaux de drainage dans les marais salants. Cependant, l'espèce peut se développer dans un large spectre d'habitats, avec une plus grande gamme de salinité que les herbiers entièrement marins.

Les feuilles vertes brillantes de *Ruppia maritima* peuvent atteindre une longueur de 2 à 11,5 cm, mais sont plus fines que celles des

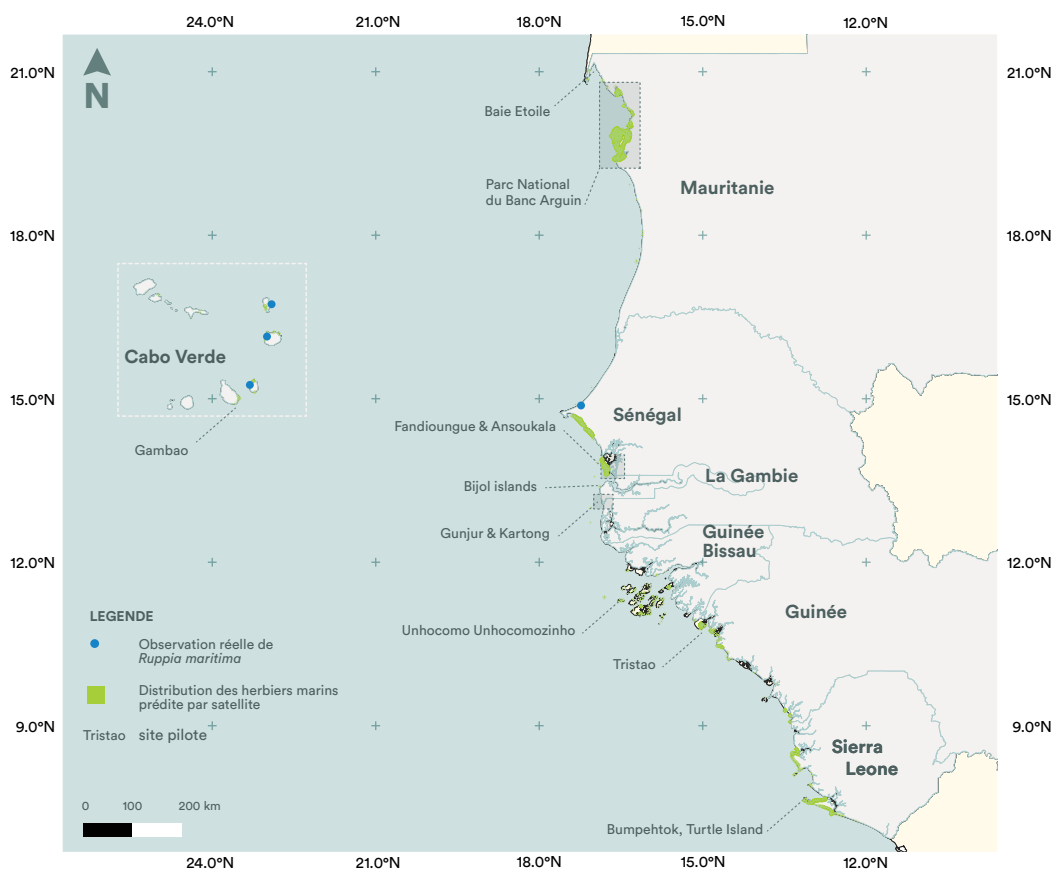


FIGURE 1.19. Distribution de *Ruppia maritima* dans les sept pays du RAMPAAO d'après les observations réelles (points bleus) et la distribution prédite par satellite de toutes les espèces d'herbiers marins (zone verte).



FIGURE 1.20. Prairies de *Ruppia maritima* dans les pays du RAMPAO: A) Santiago Island, Cabo Verde B) Santiago Island, Cabo Verde. Photos adaptées de ^[62].

autres espèces d'herbiers marins régionaux, avec une largeur de feuille comprise entre 0,2 et 0,5 mm. L'apex a des extrémités pointues et légèrement dentées. Les feuilles sont généralement alternes, ce qui signifie qu'il y a une seule feuille à chaque nœud ascendant le long de la tige. Cependant, il arrive que les feuilles semblent être placées sub-opposées les unes aux autres, émergeant près du même nœud, l'une étant légèrement au-dessus de l'autre. L'espèce possède des rhizomes minces et verdâtres avec une seule racine (parfois deux) par nœud; les racines non ramifiées pénètrent rarement dans le substrat au-delà de quelques centimètres. Contrairement aux autres herbiers marins décrits ci-dessus, les plantes forment généralement de longues tiges verticales pouvant atteindre 3 m. Cette morphologie (longues tiges avec des racines peu profondes) rend les plantes facilement détachables, ce qui les rend incapables de survivre dans des habitats soumis à

de fortes marées ou à de forts courants.

Les plantes fleurissent et fructifient généralement en abondance, et ces structures reproductives peuvent être utiles pour identifier les espèces de *Ruppia* (Figure 1.21). Chaque inflorescence contient deux fleurs orientées dans des directions opposées; chaque fleur possède des parties femelles et mâles et est donc monoïque. Les inflorescences se forment à l'intérieur des gaines foliaires et chez *Ruppia maritima*, les fleurs s'auto-pollinisent généralement à l'intérieur des bulles d'air produites par la plante. Les fruits sont reliés au pédoncule par des pédicelles qui leur donnent une disposition en étoile. *Ruppia maritima* est généralement annuelle et produit jusqu'à 10 graines brunes foncées, de 2 à 2,8 mm de long, en forme de poire. Les graines peuvent rester dormantes dans les habitats qui sont saisonnièrement secs afin d'augmenter les chances de survie.



FIGURE 1.21. Caractéristiques et structures reproductives de *Ruppia maritima*: A) détail de l'extrémité de la feuille, B) rhizome avec racines, C) inflorescence D) graines. Photos par: D. Frade (A-C), S. Hurst @ USDA-NRCS PLANTS Database (D).

1.4. BIBLIOGRAPHIE

1. Green, E.P., & Short, F.T. (2003). World Atlas of Seagrasses. UNEP World Conservation Monitoring Centre, University of California Press. Berkeley, USA.
2. Hartog, C.D., & Kuo, J. (2006). Taxonomy and biogeography of seagrasses. In: Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation by Larkum, A.W.D., Orth, R.J., & Duarte, C.M. (pp. 1-23). Springer. Dordrecht, The Netherlands.
3. Short, F., Carruthers, T., Dennison, W., & Waycott, M. (2007). Global seagrass distribution and diversity: a bioregional model. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350(1-2), 3-20.
4. UNESCO. (2020). UNESCO Marine World Heritage: Custodians of the globe's blue carbon assets. Paris, France.
5. UNEP-WCMC, Short, F.T. (2021). Global distribution of seagrasses (version 7.1). Seventh update to the data layer used in Green and Short (2003). United Nations Environment World Conservation Monitoring Centre.
6. Olsen, J., Rouzé, P., Verhelst, B. *et al.* (2016). The genome of the seagrass *Zostera marina* reveals angiosperm adaptation to the sea. *Nature*, 530, 331-335.
7. Marbà, N., Hemminga, M.A., Mateo, M.A., Duarte, C.M., Mass, Y.E.M., Terrados, J., & Gacia, E. (2002). Carbon and nitrogen translocation between seagrass ramets. *Marine Ecology Progress Series*, 226, 287-300.
8. Hemminga, M.A., & Duarte, C.M. (2000). *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
9. Waycott, M., McMahon, K., Mellors, J., Calladine, A., & Kleine, D. (2004). A guide to tropical seagrasses of the Indo-West Pacific. James Cook University. Townsville, Australia.
10. Larkum, A.W.D., Orth, R.J., & Duarte, C.M. (2006). *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*. Springer. Dordrecht, The Netherlands.
11. Assis, J., Failler, P., Fragkopoulou, E., *et al.* (2021). Potential biodiversity connectivity in the network of marine protected areas in Western Africa. *Frontiers in Marine Science*, 8, 765053.
12. Tavares, A.I., Assis, J., Patricio, A.R., *et al.* (2022). Seagrass connectivity on the west coast of Africa supports the hypothesis of grazer-mediated seed dispersal. *Frontiers in Marine Sciences*, 9, 809721.
13. Berkovic, B., Coelho, N., Gouveia, L., Serrao, E.A., & Alberto, F. (2018) Individual-based genetic analyses support asexual hydrochory dispersal in *Zostera noltei*. *PLoS ONE* 13(8), e0199275.
15. de los Santos, C.B., Scott, A., Arias-Ortiz, A., *et al.* (2020). Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. In: *Out of the blue: The value of Seagrasses to the Environment and to People*, by Potouroglou, M., Grimsditch, G., Weatherdon, L., & Lutz, S. (pp. 21-34). United Nations Environment. Nairobi, Kenya.
16. Nordlund, L.M., Koch, E.W., Barbier, E.B., & Creed, J.C. (2016). Seagrass ecosystem services and their variability across genera and geographical regions. *PLoS One*, 11(10), e0163091.
16. Nordlund, L.M., Unsworth, R.K., Gullström, M., & Cullen-Unsworth, L.C. (2018). Global significance of seagrass fishery activity. *Fish and Fisheries*, 19(3), 399-412.
17. Unsworth, R.K., Nordlund, L.M., & Cullen-Unsworth, L.C. (2019). Seagrass meadows support global fisheries production. *Conservation Letters*, 12(1), e12566.

- 18.** Lamb, J.B., Van De Water, J.A., Bourne, D.G., *et al.* (2017). Seagrass ecosystems reduce exposure to bacterial pathogens of humans, fishes, and invertebrates. *Science*, 355(6326), 731-733.
- 19.** Trégarot, E., Meissa, B., Gascuel, D., *et al.* (2020). The role of marine protected areas in sustaining fisheries: The case of the National Park of Banc d'Arguin, Mauritania. *Aquaculture and Fisheries*, 5, 253–264.
- 20.** Compain, N. (2021). Biodiversity and community assemblage of shallow habitats of the National Park of Banc d'Arguin (Mauritania): influence of habitat, season and site. MSc thesis. University of Algarve.
- 21.** Lefcheck, J.S., Hughes, B.B., Johnson, A.J., *et al.* (2019). Are coastal habitats important nurseries? A meta-analysis. *Conservation Letters*, 12(4), e12645.
- 22.** Sievers, M., Brown, C.J., Tulloch, V.J., Pearson, R.M., Haig, J.A., Turschwell, M.P., & Connolly, R.M. (2019). The role of vegetated coastal wetlands for marine megafauna conservation. *Trends in ecology & evolution*, 34(9), 807-817.
- 23.** de la Hoz Schilling, C. (2021). DNA barcoding as a tool to explore elasmobranch diversity in environmental DNA off the Banc d'Arguin (Mauritania). MSc thesis. University of Algarve.
- 24.** Valadou, B., Brêthes, J.C., & Inejih, C.A.O. (2006). Observations biologiques sur cinq espèces d'Élasmobranches du Parc National du Banc d'Arguin (Mauritanie). *Cybiurn*, 30(4), 313-322.
- 25.** Campredon, P. (2000). Between the Sahara and the Atlantic: Banc d'Arguin National Park, Mauritania. FIBA. Arles, France.
- 26.** Shokri, M.R., Gladstone, W., & Jelbart, J. (2009). The effectiveness of seahorses and pipefish (Pisces: Syngnathidae) as a flagship group to evaluate the conservation value of estuarine seagrass beds. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 19(5), 588-595.
- 27.** Marco, A., Abella Pérez, E., Monzón Argüello, C., Martins, S., Araujo, S., & López-Jurado, L. F. (2011). The international importance of the archipelago of Cape Verde for marine turtles, in particular the loggerhead turtle *Caretta caretta*. *Zoologia Caboverdiana*, 2(1), 1-11.
- 28.** Catry, P., Barbosa, C., Indjai, B., Almeida, A., Godley, B.J., & Vié, J. C. (2002). First census of the green turtle at Poilão, Bijagós Archipelago, Guinea-Bissau: the most important nesting colony on the Atlantic coast of Africa. *Oryx*, 36(4), 400-403.
- 29.** Godley, B. J., Barbosa, C., Bruford, M., *et al.* (2010). Unraveling migratory connectivity in marine turtles using multiple methods. *Journal of Applied Ecology*, 47(4), 769-778.
- 30.** Patricio, A.R., Beal, M., Barbosa, C., *et al.* (2022). Green turtles highlight connectivity across a regional Marine Protected Area network in West Africa. *Frontiers in Marine Science*, 9, 812144.
- 31.** Díaz-Abad, L., Bacco-Mannina, N., Madeira, F.M., *et al.* (2022). eDNA metabarcoding for diet analyses of green sea turtles (*Chelonia mydas*). *Marine Biology*, 169(1), 1-12.
- 32.** de los Santos, C.B., Olivé, I., Moreira, M., *et al.* (2020). Seagrass meadows improve inflowing water quality in aquaculture ponds. *Aquaculture*, 528, 735502.

- 33.** Sandoval-Gil, J., Alexandre, A., Santos, R., & Camacho-Ibar, V.F. (2016). Nitrogen uptake and internal recycling in *Zostera marina* exposed to oyster farming: Eelgrass potential as a natural biofilter. *Estuaries and Coasts*, 39(6), 1694-1708.
- 34.** Cozzolino, L., Nicastro, K., Zardi, G., & de los Santos, C.B. (2020). Species-specific plastic accumulation in the sediment and canopy of coastal vegetated habitats. *Science of the Total Environment*, 723, 138018.
- 35.** Reusch, T.B., Schubert, P.R., Marten, S.M., Gill, D., Karez, R., Busch, K., & Hentschel, U. (2021). Lower *Vibrio* spp. abundances in *Zostera marina* leaf canopies suggest a novel ecosystem function for temperate seagrass beds. *Marine Biology*, 168, 149.
- 36.** Kannan, R.R.R., Arumugam, R., & Anantharaman, P. (2010). Antibacterial potential of three seagrasses against human pathogens. *Asian Pacific Journal of Tropical Medicine*, 3(11), 890-893.
- 37.** Fourqurean, J. W., Duarte, C.M., Kennedy, H., *et al.* (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature geoscience*, 5(7), 505-509.
- 38.** Nellemann, C., Corcoran, E., Duarte, C.M., Valdés, L., De Young, C., Fonseca, L., Grimsditch, G. (2009). Blue carbon: the role of healthy oceans in binding carbon: a rapid response assessment. United Nations Environment Programme, GRID-Arendal.
- 39.** Duarte, C.M., & Cebrián, J. (1996). The fate of marine autotrophic production. *Limnology and Oceanography*, 41(8), 1758-1766.
- 40.** Infantes, E., Orfila, A., Simarro, G., Terrados, J., Luhar, M., & Nepf, H. (2012). Effect of a seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow on wave propagation. *Marine Ecology Progress Series*, 456, 63-72.
- 41.** Agawin, N.S., & Duarte, C.M. (2002). Evidence of direct particle trapping by a tropical seagrass meadow. *Estuaries*, 25(6), 1205-1209.
- 42.** Terrados, J., & Duarte, C.M. (2000). Experimental evidence of reduced particle resuspension within a seagrass (*Posidonia oceanica* L.) meadow. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 243(1), 45-53.
- 43.** Mateo, M., Cebrián, J., Dunton, K., & Mutchler, T. (2006). Carbon flux in seagrass ecosystems. In: *Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation*, eds A. W. D. Larkum, R. J. Orth, and C. M. Duarte (Dordrecht: Springer), 159–192.
- 44.** Duarte, C.M., Losada, I.J., Hendriks, I.E., Mazarrasa, I., & Marbà, N. (2013). The role of coastal plant communities for climate change mitigation and adaptation. *Nature climate change*, 3(11), 961-968.
- 45.** Kennedy H., Alongi, D.M., & Karim, A. (2014). In: 2013 Supplement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories: Wetlands, by Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M. and Troxler, T.G. IPCC. Switzerland.
- 46.** Ragazzola, F., Foster, L.C., Form, A., Anderson, P.S., Hansteen, T.H., & Fietzke, J. (2012). Ocean acidification weakens the structural integrity of coralline algae. *Global change biology*, 18(9), 2804-2812.
- 47.** Narita, D., Rehdanz, K., & Tol, R.S. (2012). Economic costs of ocean acidification: a look into the impacts on global shellfish production. *Climatic Change*, 113(3), 1049-1063.
- 48.** Ricart, A.M., Ward, M., Hill, T.M., *et al.* (2021). Coast-wide evidence of low pH amelioration by seagrass ecosystems. *Global Change Biology*, 27(11), 2580-2591.

49. Ondiviela, B., Losada, I.J., Lara, J.L., Maza, M., Galván, C., Bouma, T.J., & van Belzen, J. (2014). The role of seagrasses in coastal protection in a changing climate. *Coastal Engineering*, 87, 158-168.
50. Potouroglou, M., Bull, J. C., Krauss, *et al.* (2017). Measuring the role of seagrasses in regulating sediment surface elevation. *Scientific Reports*, 7(1), 1-11.
51. Simeone, S., De Muro, S., & De Falco, G. (2013). Seagrass berm deposition on a Mediterranean embayed beach. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 135, 171-181.
52. de la Torre-Castro, M., & Rönnbäck, P. (2004). Links between humans and seagrasses-an example from tropical East Africa. *Ocean & Coastal Management*, 47(7-8), 361-387.
53. Cullen-Unsworth, L.C., & Unsworth, R. (2018). A call for seagrass protection. *Science*, 361(6401), 446-448.
54. Chefaoui, R.M., Duarte, C.M., Tavares, A.I., Frade, D.G., Cheikh, M.A.S., Ba, M.A., & Serrao, E.A. (2021) Predicted regime shift in the seagrass ecosystem of the Gulf of Arguin driven by climate change. *Global Ecology and Conservation*, 32, e01890.
55. Borum, J., Duarte, C.M., Krause-Jensen, D., & Greve, T.M. (2004). European seagrasses: an introduction to monitoring and management. *Monitoring and Managing of European Seagrasses. The M&MS project.*
56. Buia, M.C., & Mazzella, L. (1991). Reproductive phenology of the Mediterranean seagrasses *Posidonia oceanica* (L.) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers., and *Zostera noltii* Hornem. *Aquatic Botany*, 40(4), 343-362.
57. Reyes, J., Sanson, M., & Alfonso-Carrillo, J. (1995). Distribution and reproductive phenology of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in the Canary Islands. *Aquatic Botany*, 50, 171-80.
58. Caye, G., & Meinesz, A. (1985). Observations on the vegetative development, flowering and seeding of *Cymodocea nodosa* (Ucria) ascherson on the Mediterranean coasts of France. *Aquatic Botany*, 22(3-4), 277-289.
59. Creed, J.C., Engelen, A.H., D'Oliveira, E.C., Bandeira, S., & Serrao, E.A. (2016) First record of seagrass in Cape Verde, eastern Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, 9, 57.
60. Gallegos, M.E., Merino, M., Rodríguez, A., Marbà, N., & Duarte, C.M. (1994). Growth patterns and demography of pioneer Caribbean seagrasses *Halodule wrightii* and *Syringodium filiforme*. *Marine Ecology Progress Series*, 109, 99-104.
61. Rivera-Guzmán, N. E., Moreno-Casasola, P., Espinosa, E. C., *et al.* (2017). The biological flora of coastal dunes and wetlands: *Halodule wrightii* Ascherson. *Journal of Coastal Research*, 33(4), 938-948.
62. Martínez-Garrido, J., Creed, J.C., Martins, S., Almada, C.H., & Serrao, E.A. (2017). First record of *Ruppia maritima* in West Africa supported by morphological description and phylogenetic classification. *Botanica Marina*, 60(5), 583-589.
63. Ito, Y., Ohi-Toma, T., Tanaka, N., Murata, J., & Muasya, A.M. (2015). Phylogeny of *Ruppia* (Ruppiales) revisited: molecular and morphological evidence for a new species from Western Cape, South Africa. *Systematic Botany*, 40, 942-949.

MODULE 2: MENACES MONDIALES, RÉGIONALES ET LOCALES SUR LES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMP AO

Henrique Queiroga, Carmen B. de los Santos, Mohamed Ahmed Sidi Cheikh, Samir Martins, Duarte Frade, Antonio Araújo, Ester A. Serrão

INDEX

- 2.1. INTRODUCTION AUX MENACES PESANT SUR LES HERBIERS MARINS
- 2.2. MENACES QUI AFFECTENT LA QUALITÉ DE L'EAU
- 2.3. MENACES QUI AFFECTENT L'ADÉQUATION DE L'HABITAT
- 2.4. MENACES BIOLOGIQUES
- 2.5. MENACES LIÉES AUX ÉVÉNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE
 - 2.5.1. EFFETS GÉNÉRAUX ASSOCIÉS AUX ÉVÉNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES
 - 2.5.2. EFFETS GÉNÉRAUX DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES HERBIERS MARINS
- 2.6. EFFETS CUMULATIFS ET INTERACTIFS DES DIFFÉRENTS FACTEURS
- 2.7. MENACES GLOBALES, RÉGIONALES ET LOCALES SUR LES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMP AO
 - 2.7.1. MENACES SUR LES HERBIERS IDENTIFIÉES PAR LES ENQUÊTES RÉGIONALES
 - 2.7.2. EFFETS OBSERVÉS ET POTENTIELS DES MENACES SUR LES HERBIERS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMP AO
 - 2.7.2.1. EFFETS DES IMPACTS PHYSIQUES
 - 2.7.2.2. EFFETS D'APPAUVRISSMENT DE LA QUALITÉ DE L'EAU
 - 2.7.2.3. EFFETS BIOTIQUES
 - 2.7.2.3.1. DÉSÉQUILIBRE DU RÉSEAU ALIMENTAIRE ET PRÉDATION
 - 2.7.2.3.2. CONNECTIVITÉ DES POPULATIONS
 - 2.7.2.3.3. ÉPIPHYTES
 - 2.7.2.3.4. AGENTS PATHOGÈNES
 - 2.7.2.4. EFFETS MÉTÉOROLOGIQUES: ONDES DE TEMPÊTE
 - 2.7.2.5. EFFETS MÉTÉOROLOGIQUES: POUSSIÈRES ÉOLIENNES
 - 2.7.2.6. EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE
- 2.8. BIBLIOGRAPHIE



2.1. INTRODUCTION AUX MENACES PESANT SUR LES PRAIRIES SOUS-MARINES

Le déclin des importants habitats marins côtiers créés par les herbiers marins a été enregistré depuis les années 1930 ^[1,2] et continue de s'étendre, ce qui a un impact négatif sur les services clés fournis par ces écosystèmes, notamment la séquestration du carbone, la protection des côtes et le soutien aux pêcheries (voir module 1). Bien qu'une étude récente ait révélé que le déclin des prairies marines européennes s'est ralenti et que les espèces à croissance rapide se rétablissent dans certaines parties ^[3], les tendances actuelles restent largement imprécises pour certaines biorégions, notamment celles où le suivi fait défaut ^[2,4]. Les projections futures basées sur différents scénarios de changement climatique indiquent toutefois une nouvelle perte ou contraction de l'aire de répartition pour certaines espèces ^[5], et de nombreux sites non suivis risquent de décliner ^[4].

Les menaces pesant sur les herbiers marins peuvent être dues à des causes naturelles et anthropiques. Les principales menaces qui pèsent sur les herbiers marins sont les actions qui affectent les conditions essentielles de leur habitat, qui sont liées à l'adéquation de l'habitat (par exemple, la température de l'eau, la profondeur, le type de substrat et la vitesse du courant) et à la qualité de l'eau (par exemple, la disponibilité de la lumière, la concentration

en nutriments, la salinité et les polluants) ^[6]. Ces conditions sont principalement modifiées en raison de la réduction de la lumière par la turbidité de l'eau causée par le ruissellement terrestre transportant des sédiments, des eaux usées et des engrais, ou par la perturbation mécanique ou l'élimination des herbiers marins causée par le dragage, la construction côtière et d'autres facteurs de stress physique ^[7]. En outre, le changement climatique et les facteurs biotiques, tels que les espèces envahissantes ou les maladies, représentent également des menaces pour les herbiers. Ces effets sont décrits dans les sections suivantes et résumés dans le Tableau 2.1.

Ce module présente une introduction générale sur les menaces pesant sur les herbiers marins et une compilation des menaces observées et attendues pour les herbiers marins dans les pays membres du RAMPAO (section 2.7). Dans de nombreux cas, plusieurs des activités qui sont répertoriées comme des menaces dans ces pays ont eu lieu à de petites échelles, par des populations locales dépendant des habitats marins. Cependant, avec la croissance rapide de la population et du tourisme, l'équilibre entre l'utilisation et la récupération peut être rapidement perdu, car les pressions croissantes peuvent commencer à provoquer des effets plus drastiques et irréversibles.

2.2. MENACES QUI AFFECTENT LA QUALITÉ DE L'EAU

La lumière et les nutriments sont deux facteurs essentiels à la croissance, à la reproduction et au maintien de populations saines d'herbiers marins. La lumière (également appelée irradiance) est nécessaire à la photosynthèse, et les herbiers marins ont généralement besoin d'un niveau d'irradiance sous-marin d'au moins 10 % des niveaux d'irradiance de surface pour se développer^[8]. Cependant, ils ont souvent besoin de niveaux plus élevés, supérieurs à 40 % de l'irradiance de surface [9]. Par conséquent, en règle générale, les facteurs qui réduisent les niveaux de lumière ou font de l'ombre aux herbiers provoqueront leur perte généralisée ou localisée, selon l'ampleur des facteurs menaçants. La principale cause de réduction de la lumière est l'augmentation de la turbidité de l'eau causée par le ruissellement des sédiments provenant des bassins versants en amont où la végétation terrestre a été défrichée pour la déforestation commerciale, la construction et l'agriculture (par exemple, ^[10]; Figure 2.1). Une autre cause principale de la diminution de la pénétration de la lumière est la prolifération du phytoplancton et des macroalgues (c'est-à-dire la croissance rapide de leur biomasse qui est inhabituellement élevée pour un plan d'eau donné). Ces efflorescences sont typiques des épisodes d'eutrophisation, dus à l'augmentation des charges en matières organiques et en nutriments provenant des effluents, issus par exemple des activités agricoles et aquacoles (par exemple, ^[11]).

Pour que les herbiers puissent se développer et prospérer, la disponibilité des nutriments dans l'environnement est essentielle mais, en général, les herbiers sont adaptés aux eaux oligotrophes (i.e. aux eaux à faible concentration de nutriments). Les nutriments inorganiques, tels que l'ammonium, le nitrate et le phosphate, sont essentiels à la croissance des herbiers, mais en excès, ils peuvent dégrader la qualité de l'habitat. Des charges élevées de nutriments peuvent résulter de la décomposition de la matière organique ou du ruissellement de l'eau riche en engrais chimiques. Une conséquence notoire des charges élevées en nutriments est l'eutrophisation, comme expliqué précédemment. Ce processus commence par favoriser la croissance du phytoplancton et des macroalgues, qui sont très efficaces pour absorber les nutriments dissous dans l'eau. Des abondances anormales de phytoplancton et de macroalgues empêchent suffisamment de lumière d'atteindre les herbiers et diminuent leur taux de croissance. L'accumulation et la décomposition de la matière organique finissent par entraîner un faible taux d'oxygène et la formation de sulfures toxiques, ce qui dégrade encore plus la qualité de l'habitat des herbiers ^[12]. L'eutrophisation est une cause majeure de la disparition des herbiers marins dans le monde entier.

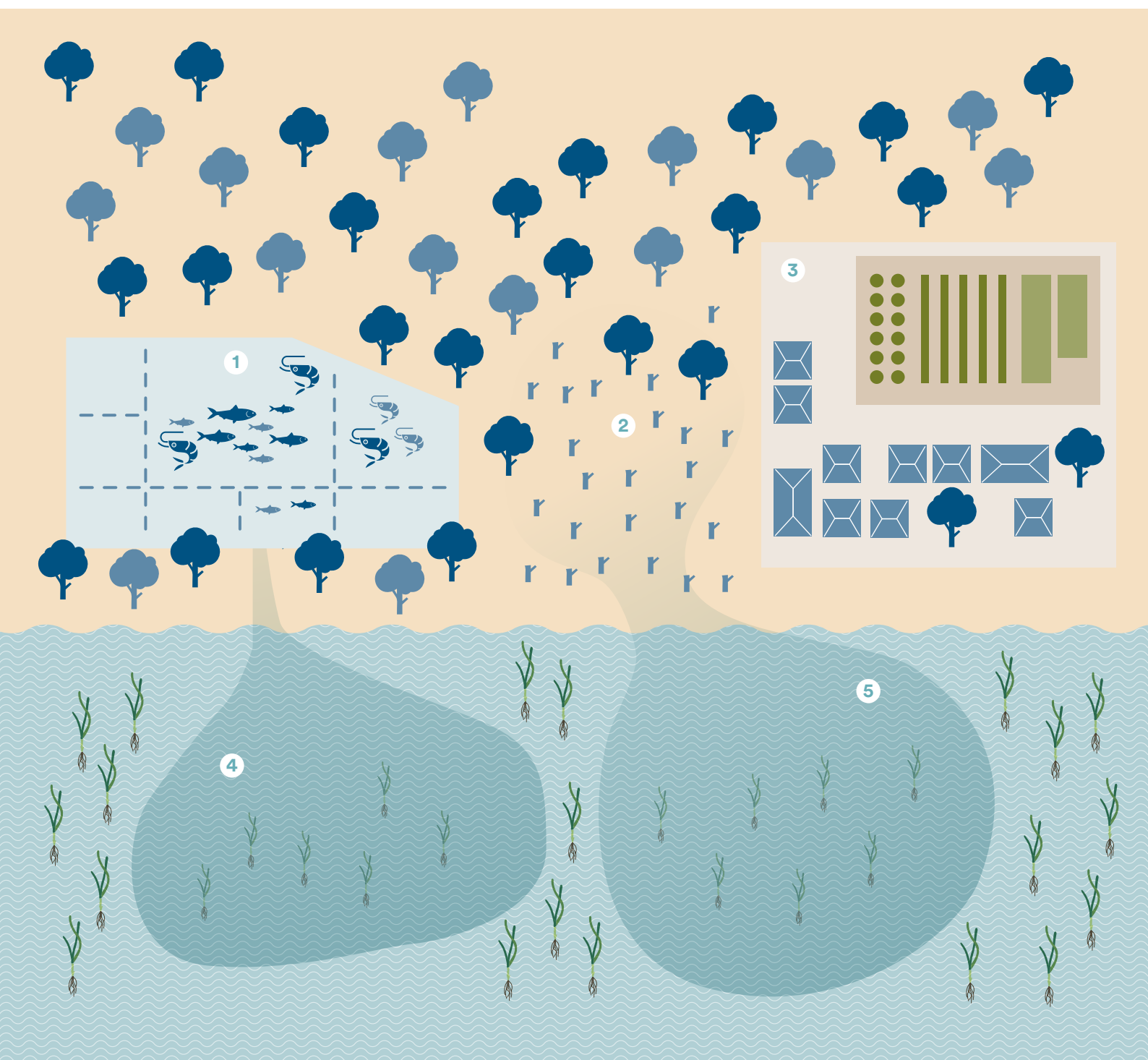


FIGURE 2.1. Menaces générales pesant sur les herbiers et affectant la qualité de l'eau:

- 1. Ferme aquacole
- 2. Déforestation
- 3. Agriculture, constructions urbaines et industrielles
- 4. Ombrage et enrichissement en nutriments causés par les effluents de l'aquaculture
- 5. Ombrage, envasement et enrichissement en nutriments causés par le ruissellement des zones défrichées et de l'agriculture

Illustrations adaptées de Integration and Application Network (ian.umces.edu/media-library).

2.3. MENACES QUI AFFECTENT L'ADÉQUATION DE L'HABITAT

Les habitats appropriés pour les herbiers marins nécessitent la stabilité des sédiments et l'absence de perturbations mécaniques. Les rhizomes et les racines des herbiers marins sont enfouis dans les sédiments, qui fournissent des nutriments et un échafaudage physique aux plantes. À son tour, le réseau dense de racines et de rhizomes stabilise les sédiments, et les feuilles créent des conditions propices à un dépôt accru de particules sédimentaires, créant ainsi un habitat supplémentaire pour la croissance des herbiers marins ^[13,14]. Les jeunes pousses d'herbiers et les prairies fragmentées ne disposent pas d'un grand rhizome et de systèmes racinaires bien établis pour les maintenir en place, et ont donc besoin d'eaux calmes et de sédiments abrités pour ne pas être emportés par les courants. De tels environnements peuvent se trouver dans des zones calmes comme les lagunes côtières et les rivages abrités. Cet équilibre sédimentaire est menacé par des perturbations physiques telles que les ancres et les chaînes de bateaux qui traînent le fond de la mer, ainsi que la navigation de plaisance ^[15], la récolte des coquillages, la pêche à l'aide d'engins en contact avec le fond et le dragage ^[16], qui peuvent enlever et fragmenter les herbiers marins, laissant des cicatrices

locales ou provoquant une érosion sur de vastes zones (Figures 2.2 et 2.3). Il est courant de voir des accumulations massives de feuilles d'herbiers à la suite de perturbations physiques causées par des ancres de bateaux et des activités de pêche destructrices. Les herbiers sont également détruits par tout ce qui transforme les sédiments naturellement stables en d'autres types d'habitats, comme le développement côtier, le tourisme, l'habitat et la construction d'infrastructures en général. Les stratégies de gestion visant à éviter la disparition des prairies d'herbiers marins et à assurer leur continuité devraient se concentrer sur: la prévention, la réduction ou l'élimination des facteurs qui diminuent la stabilité des sédiments, ce qui peut inclure, par exemple, la réglementation de l'utilisation des activités de pêche et de la navigation de plaisance dans les zones de prairies sous-marines. L'utilisation humaine des zones d'herbiers a longtemps été en équilibre, mais le développement et la croissance démographique peuvent entraîner une augmentation des activités nuisibles telles que l'utilisation des bateaux, l'extraction de ressources et d'autres industries touristiques, qui, si elles ne sont pas contrôlées, peuvent atteindre des niveaux insoutenables.



FIGURE 2.2. Menaces générales pour les herbiers qui affectent la stabilité des sédiments et qui causent des dommages physiques:

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> 1. L'érosion côtière due aux constructions, y compris les routes et les parkings 2. Le piétinement 3. La récolte d'invertébrés 4. Les pratiques de pêche qui affectent le fond (filets, sennes, dragues) | <ul style="list-style-type: none"> 5. Les marinas et les ports, les hélices des bateaux 6. L'ancrage 7. Les câbles d'amarrage 8. Le dragage industriel 9. les tempêtes de mer, provoquant soit le dépôt soit la mobilisation de sédiments. |
|---|---|

Illustrations adaptées de Integration and Application Network (ian.umces.edu/media-library).

2.4. MENACES BIOLOGIQUES

Les effets biotiques tels que l'introduction d'espèces non indigènes envahissantes et d'autres espèces concurrentes peuvent être une source de préoccupation. Un type particulier d'organisme qui a tendance à occuper les habitats des herbiers et qui peut empêcher les herbiers de s'y réimplanter est la macroalgue verte du genre *Caulerpa* (par exemple, ^[17]). Celles-ci peuvent provoquer des altérations de l'habitat qui réduisent ou empêchent la reproduction des herbiers marins. De grandes quantités d'autres macroalgues envahissantes peuvent également s'accumuler et se décomposer sur les herbiers marins, augmentant la mortalité des herbiers marins et diminuant leur biomasse totale sous ces plaques de gazon ^[18].

Les agents pathogènes qui attaquent couramment les herbiers sont des endophytes appartenant à deux groupes principaux: Labyrinthulomycetes et Oomycetes, qui ont provo-

qué une maladie de dépérissement massive des herbiers marins dans le passé ^[19]. Une charge excessive d'épiphytes (par exemple des algues filamenteuses ou des bryozoaires) poussant sur les feuilles des herbiers peut également avoir un impact négatif sur les herbiers marins.

Enfin, les herbiers peuvent être fortement consommés par la macrofaune herbivore (tortues, dugongs, poissons) et les gastéropodes et petits crustacés. Il s'agit toutefois de processus naturels qui ne devraient pas constituer une menace pour les herbiers, sauf lorsque les réseaux trophiques sont perturbés. C'est le cas, par exemple, lorsque la surpêche de prédateurs, tels que les requins, provoque une forte augmentation des brouteurs dans une certaine zone ^[20] ou lorsqu'une certaine espèce herbivore provoque l'effondrement de l'habitat des herbiers après un surpâturage dans des zones marines protégées ^[21,22].

2.5. MENACES LIÉES AUX ÉVÉNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES ET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

La météo et le climat sont des concepts différents. Selon le IPCC ^[23], la météo décrit les conditions de l'atmosphère à un certain endroit et à un certain moment en se référant à la température, la pression, l'humidité, le vent et d'autres paramètres clés tels que la présence de nuages et l'occurrence d'orages ou de tornades. Le climat est généralement défini comme le temps moyen ou, plus rigoureusement, comme la description statistique

en termes de moyenne et de variabilité des quantités pertinentes (par exemple, la température, les précipitations ou la fréquence des tempêtes) sur une période de temps allant de quelques mois à des milliers ou des millions d'années. Classiquement, la période de calcul de la moyenne de ces variables est de 30 ans, comme le définit l'Organisation Météorologique Mondiale. Lorsque nous parlons de changement climatique, nous devons tenir

compte non seulement de la moyenne des conditions météorologiques et de leur variabilité sur une certaine période, mais aussi de leurs tendances passées et futures. En d'autres termes, nous devons comprendre si le temps moyen a changé dans le passé, mais aussi quelles sont les augmentations ou diminutions attendues des variables météorologiques à l'avenir.

2.5.1. EFFETS GÉNÉRAUX ASSOCIÉS AUX ÉVÉNEMENTS MÉTÉOROLOGIQUES SUR LES HERBIERS MARINS

Les tempêtes sont, et ont toujours été, des éléments typiques de la météo de n'importe quelle région du globe. Les tempêtes océaniques, en raison de l'intensité du vent et de la baisse de la pression atmosphérique, peuvent provoquer de grandes vagues et élever le niveau de la mer près de la côte. Ces effets sont connus sous le nom d'ondes de tempête et entraînent des inondations et l'érosion des habitats côtiers, en particulier sur les côtes basses et plates. Les ondes de tempête ont été associées à des impacts dommageables importants sur les prairies sous-marines ^[24,25], en

2.5.2. EFFETS GÉNÉRAUX DU CHANGEMENT CLIMATIQUE SUR LES HERBIERS MARINS

L'augmentation de la concentration de gaz à effet de serre dans l'atmosphère (principalement le dioxyde de carbone, mais aussi le méthane et le protoxyde d'azote), causée par la combustion de combustibles fossiles (pétrole, charbon ou gaz naturel), par des changements dans l'utilisation des terres (par exemple, la déforestation, que ce soit pour l'agriculture, le bétail, le bois de chauffage domestique ou les meubles, l'utilisation d'engrais artificiels), et par plusieurs processus industriels (par exemple, la production de ciment

Les événements météorologiques typiques d'une région donnée, ainsi que la modification du climat qui se produit et qui devrait s'accroître dans le futur en raison des émissions anthropiques de gaz à effet de serre, peuvent constituer des menaces pour les herbiers marins, en particulier lorsqu'ils interagissent avec les facteurs de stress qui affectent la qualité de l'eau et la stabilité des sédiments.

particulier lorsque celles-ci ont été affectées précédemment par d'autres facteurs de stress tels que les cicatrices laissées par les bateaux à moteur ^[26].

Les éruptions de poussières éoliennes sont un facteur météorologique qui affecte certaines régions du globe. L'une des régions les plus touchées est l'Atlantique Nord, dans une ceinture située entre 10° et 25° N qui s'étend de la côte africaine aux Caraïbes. Dans cette région, les charges de poussière dans l'atmosphère sont dues à la poussière soulevée par les perturbations convectives dans les régions arides du Sahara et du Sahel ^[27], qui sont les sources les plus importantes de poussière éolienne dans le monde ^[28].

et d'acier) entraîne trois changements majeurs au niveau mondial ^[23]:

1. La température de l'atmosphère et de la couche superficielle des océans augmente en tant qu'effet direct des gaz à effet de serre.
2. Le niveau de la mer augmente en raison de l'expansion thermique de l'eau et de la fonte des glaciers.
3. L'acidité des océans augmente en raison de la dissolution de l'excès de dioxyde de carbone dans l'eau qui crée un acide faible (acide carbonique).

L'augmentation de la température et l'élévation du niveau de la mer ont déjà eu, ou devraient avoir, un effet sur les herbiers dans un avenir proche (quelques dizaines d'années)^[5]. Les augmentations de température supérieures à la tolérance thermique des espèces d'herbiers perturbent la photosynthèse et entraînent la mortalité des pousses et le déclin régional de l'abondance des herbiers^[29,30]. L'augmentation globale de la température crée également de nouveaux habitats compatibles, vers les pôles, à l'aire de répartition naturelle des espèces, ce qui, dans le cas des herbiers, peut conduire à la colonisation de zones de plus haute latitude lorsque les propagules des herbiers (graines ou fragments végétatifs) sont transportées par les courants. En fait, une étude de synthèse de l'effet du changement climatique sur la vie marine a montré que, dans plus de 60 % des cas, les herbiers marins s'adaptent au réchauffement climatique en modifiant la saisonnalité de leur croissance et de leur reproduction, ou en étendant leur répartition géographique vers les pôles^[31]. Des températures plus chaudes peuvent également entraîner des réductions de l'aire de répartition si les températures vers l'équateur dépassent les limites physiologiques, en particulier dans les zones intertidales où les herbiers marins peuvent être exposés à des températures très élevées pendant les marées basses diurnes. Des mesures in situ dans des prairies tropicales indiquent que les températures élevées pendant les marées basses de jour réduisent le dioxyde de carbone disponible dans les bassins d'eau et réduisent la photosynthèse. Ces effets s'inversent dès que la température baisse (ou que les marées montantes inondent la zone). Cependant, les températures supérieures à 45° C entraînent des dommages sur les feuilles^[32]. L'effet du réchauffement climatique sur les herbiers peut également se faire sentir indirectement, car les herbivores se déplacent vers le pôle avec l'augmentation simultanée de la

température. Les méga-herbivores abondants dans les eaux côtières tropicales, comme les lamantins et les tortues vertes, consomment de grandes quantités de biomasse d'herbiers et ont un effet important sur la structure trophique des écosystèmes d'herbiers^[20]. Les oursins et plusieurs poissons se nourrissent également d'herbiers et sont abondants sous les tropiques. À mesure que les températures augmentent et que les habitats des herbiers se déplacent, il est possible que ces espèces herbivores envahissent la région ou augmentent leur abondance, ce qui aurait un impact sur la densité et l'étendue des herbiers.

L'apparition de vagues de chaleur liées au changement climatique constitue également une menace pour les herbiers marins. Une vague de chaleur est une série de jours exceptionnellement chauds. Il est prouvé que les prairies sous-marines peuvent être affectées de manière catastrophique par les vagues de chaleur. C'est le cas de Shark Bay, en Australie, où une vague de chaleur marine a entraîné un dépérissement massif des herbiers en 2010 et 2011, avec une perte de 1310 km² de surface d'herbiers^[33]. Les conséquences de la vague de chaleur vont au-delà de la perte des herbiers marins elles-mêmes, puisqu'elle implique l'exposition des sédiments des herbiers marins à des conditions oxygènes, puis la dégradation du stock de carbone organique, ce qui entraîne l'émission d'énormes quantités de dioxyde de carbone dans l'atmosphère^[34]. De plus, le rétrécissement de l'habitat des herbiers marins a eu des impacts sur la communauté à long terme, puisqu'il a été observé un déclin de l'état de santé des tortues vertes (*Chelonia mydas*), dans les 2 années suivant la vague de chaleur^[35]. La fréquence et l'intensité des événements extrêmes tels que les vagues de chaleur devraient augmenter au cours des prochaines décennies en raison du changement climatique.

TABLEAU 2.1. Menaces sur les herbiers, leurs effets et leurs conséquences environnementales.

MENACE	EFFET PHYSIQUE OU CHIMIQUE	CONSÉQUENCES ÉCOLOGIQUES
Événements météorologiques	Ondes de tempête	Fragmentation Rétrécissement de l'habitat Étouffement Exposition des racines et rhizomes des herbiers
Événements météorologiques	Dépôt de poussière éolienne La pluie entraîne les sédiments terrestres vers la côte Turbidité	Étouffement Limitation de la lumière Mortalité des pousses
Changement climatique	Changement climatique Augmentation de la température au niveau régional Vagues de chaleur d'eau de mer sur la zone subtidale et intertidale	Mortalité des pousses Déclin régional Déplacement vers les pôles Déclin local Déplacements verticaux de l'aire de répartition
Changement climatique	L'élévation du niveau de la mer Érosion et enfouissement Augmentation de la fréquence des tempêtes	Rétrécissement de l'habitat (dépendant de la morphologie et de l'occupation de la zone côtière)
Navigation de plaisance, ancrage	Cicatrices Érosion	Fragmentation Rétrécissement de l'habitat
Épiphytes (algues filamenteuses, animaux coloniaux encroûtants) et endophytes (parasites Oomycetes et Labyrinthulomycete)	Perte de feuilles, maladies et mortalité des herbiers marins	Perte généralisée des prairies marines Densité plus faible, longueur des feuilles plus court, rétrécissement de l'habitat.
Récolte, pêche	Piétinement Érosion Déséquilibre du réseau alimentaire, l'élimination des prédateurs augmente l'herbivorie.	Diminution de la biomasse des prairies marines Diminution de la biomasse et la diversité de la vie marine
Tourisme	Piétinement Érosion Navigation de plaisance Constructions et perte d'habitat physique	Diminution de la biomasse des prairies marines Diminution de la biomasse de la vie marine Réduction de l'habitat

MENACE	EFFET PHYSIQUE OU CHIMIQUE	CONSÉQUENCES ÉCOLOGIQUES
Déforestation en amont	Turbidité Ombrage Envasement Charge en nutriments	Limitation de la lumière Diminution des taux de croissance Eutrophisation Étouffement
Fermes d'aquaculture	Turbidité Ombrage Envasement Charge en nutriments	Limitation de la lumière Diminution des taux de croissance Eutrophisation Étouffement
Parcelles d'horticulture	Turbidité Ombrage Envahissement Charge en nutriments	Diminution des taux de croissance Eutrophisation Étouffement
Quais, ports et marinas	L'habitat a changé Cicatrices Érosion Ombrage	Perte de prairie marine due à la construction Réduction de l'habitat Diminution des taux de croissance

2.6. EFFETS CUMULATIFS ET INTERACTIFS DE DIFFÉRENTS FACTEURS

Les facteurs environnementaux qui menacent les herbiers, tels que le manque de lumière, les dommages physiques, les fortes charges en nutriments et le changement climatique, ne se produisent pas isolément. Les effets cumulatifs et les interactions entre les facteurs sur l'herbier, qu'ils soient mondiaux ou locaux, et entre les perturbations anthropiques et naturelles, pourraient avoir une ampleur et un impact plus importants que la

somme des pressions isolées ^[36]. Par exemple, les prairies sous-marines ont tendance à se trouver sur des côtes abritées, ce qui favorise le dépôt de sédiments et le maintien ou la propagation des prairies. Mais ce sont ces zones qui sont les plus exposées aux effets délétères de la pollution, de l'excès de nutriments et de l'envasement d'origine terrestre, car les courants et les vagues sont lents à disperser ces agents. L'augmentation de la température due

au changement climatique, un facteur global, peut également interagir avec les charges excessives de nutriments, une menace locale. L'augmentation de la température a pour effet de réduire la solubilité des gaz dans l'eau et, si l'excès de nutriments entraîne le développement de situations eutrophiques, les conditions hypoxiques peuvent être aggravées par la diminution de la solubilité de l'oxygène pendant les vagues de chaleur. Autre exemple, l'effet d'érosion des ondes de tempête, une perturbation naturelle dans de nombreuses régions, peut être amplifiée par l'effet local des cicatrices et de l'érosion causées par la navigation, l'ancrage et la pêche, qui sont des perturbations anthropiques, retardant ou empêchant la reconstitution des herbiers.

Les interactions entre les différentes menaces étant communes et complexes, les gestionnaires doivent donc adopter une approche globale de la conservation des herbiers. Aucune variable ne doit être considérée indépendamment des autres facteurs synergiques existants ou potentiels. Les gestionnaires doivent comprendre la biologie et l'écologie des herbiers en général. En outre, ils doivent être conscients des facteurs locaux et régionaux susceptibles d'avoir un impact sur les herbiers de leur région, des facteurs de stress globaux susceptibles d'agir localement et de l'ensemble des interactions possibles entre les différents facteurs qui pourraient survenir à court, moyen et long terme.

2.7. MENACES RÉGIONALES ET LOCALES SUR LES HERBIERS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAO

2.7.1. MENACES SUR LES HERBIERS IDENTIFIÉES PAR LES ENQUÊTES RÉGIONALES

Selon une récente enquête menée auprès des gestionnaires et autres parties prenantes régionales et locales dans les pays membres du RAMPAO, visant à comprendre les principales menaces régionales et locales, une grande majorité des personnes interrogées estiment que les herbiers à l'échelle régionale sont menacés. Les principales menaces identifiées à partir de sources terrestres étaient centrées sur la destruction de l'habitat par le développement côtier, et la pollution de l'habitat par le ruissellement industriel et du sol causé par la déforestation. Les principales menaces identifiées à partir de sources maritimes comprenaient des problèmes

communs tels que l'enlèvement ou la destruction physique par la pêche ou la navigation, ainsi que l'élévation du niveau de la mer et l'acidification des océans. La seine de plage a été désignée comme l'engin de pêche le plus destructeur en termes d'élimination des herbiers, suivie par le chalutage, les autres méthodes de pêche utilisées dans la région (par exemple, le filet à crabe, le filet à crevettes, le filet à main, le filet de lancement) n'étant pas considérées comme des menaces importantes pour les herbiers. Les impacts des installations aquacoles ont été jugés les moins préoccupants. Dans l'ensemble, il a été largement reconnu que la région a souffert de changements tant environnementaux qu'induits par l'homme au cours des dernières années ou décennies.

2.7.2. EFFETS OBSERVÉS ET POTENTIELS DES MENACES NATURELLES ET ANTHROPIQUES SUR LES HERBIERS DANS LE RÉSEAU RAMP AO

Les zones d'herbiers présents dans les pays membres du RAMP AO sont soumis à des impacts naturels et anthropiques comme d'autres herbiers ailleurs dans le monde. Nous

2.7.2.1. IMPACTS PHYSIQUES

Les herbiers dans les pays membres du RAMP AO peuvent être menacés par le dragage qui peut avoir lieu dans les zones estuariennes, la poldérisation due au développement côtier et à la construction de nouvelles infrastructures (ports, marinas, jetées, urbanisation), ainsi que par la navigation de plaisance et l'ancrage. Dans les baies autour de Dakar (Sénégal), on a observé que les herbiers de *Cymodocea nodosa* étaient sérieusement endommagés par l'ancrage des bateaux^[37] (Figures 2.3 et 2.4).

Les herbiers sont également affectés physiquement par les activités de pêche (Figure 2.3). La récolte des coquillages peut affecter localement les herbiers (par exemple, dans le Delta du Saloum au Sénégal et dans les Bijagos en Guinée Bissau) et peut entraîner une fragmen-

présentons ici les impacts et les menaces qui ont déjà été identifiés dans la région et d'autres qui pourraient survenir dans le futur. Les principales influences anthropogéniques sur les herbiers proviennent des habitats terrestres, et leur réduction nécessite des changements dans la gestion terrestre, car ces problèmes ne peuvent être résolus exclusivement par des mesures de gestion marine telles que les AMP.

tation sévère des herbiers. Le long de la côte sud de Dakar, de grandes accumulations de feuilles et de rhizomes d'herbiers marins sont fréquemment observées sur les plages, principalement en raison des activités de pêche côtière^[37]. Les sennes de plage, largement utilisées dans certaines régions dans le cadre de la pêche de subsistance, semblent constituer une menace importante pour les herbiers, du moins dans certaines zones^[37]. Les dommages causés par les activités de pêche semblent être considérables, notamment au Sénégal, où une grande flotte de bateaux de pêche artisanale est ancrée près du rivage. Ceux-ci sont poussés par la brise de mer, et les longs cordages et chaînes attachés aux ancres raclent en permanence les fonds marins, détruisant les herbiers, les coraux et les algues. Leur impact est si important qu'il peut parfois être observé sur des photographies aériennes.

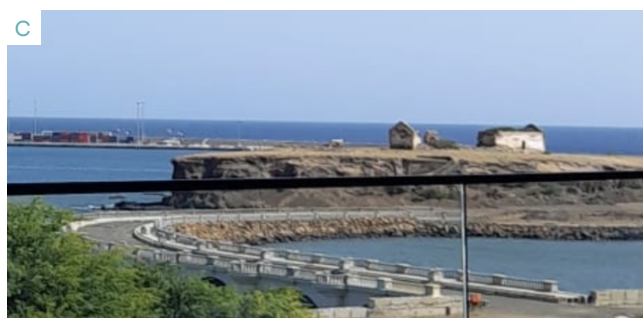


FIGURE 2.3. Photos montrant certains des impacts physiques sur les praires sous-marines des pays membres du RAMP AO: A) récolte de bivalves à Bijagós (Guinée-Bissau), B) filets de pêche qui entrent en contact avec le fond à Unhocomo, Bijagós (Guinée-Bissau), et C) construction côtière qui a fortement impacté un herbier marin à Praia de Gamboa (Praia, Santiago, Cabo Verde).

Photos par: E.A. Serrão (A,B), A. Araújo (C).



FIGURE 2.4. Impacts physiques des bateaux sur les prairies sous-marines: A) Accumulation de feuilles et de rhizomes de *Cymodocea nodosa* sur la plage en raison de l'impact physique des bateaux (pirogues) au Sénégal, B) cicatrices d'ancrage sur le fond à Unhocomo, Bijagós (Guinée-Bissau), C) et D) bateaux ancrés sur l'habitat d'herbiers à Unhocomozinho, Bijagós (Guinée-Bissau).
Photos par: A. Araújo (A,B), E.A. Serrão (C,D).

2.7.2.2. APPAUVRISSEMENT DE LA QUALITÉ DE L'EAU

Les effets de l'appauvrissement de la qualité de l'eau dû aux activités humaines (par exemple, les déchets industriels et domestiques, l'aquaculture) sur les écosystèmes d'herbiers dans les pays membres du RAMP AO ne sont pas étudiés. On sait cependant qu'ils ont un impact sur les prairies sous-marines avec différents niveaux d'intensité, selon les stades de développement des pays. Les effets de la pollution industrielle et l'augmentation de la matière organique dissoute provenant des eaux usées non traitées sont un problème, du moins à proximité des grandes villes comme Dakar (Sénégal) (par exemple, la baie de Ngor, Hann et Bargny), où l'on trouve des herbiers. Les activités liées à l'aquaculture, comme les usines de farine de poisson à Nouadhibou (Mauritanie), par exemple, pourraient également constituer une menace potentielle pour les herbiers, en raison des fortes charges en

matières organiques associées à la production. Celles-ci peuvent provoquer l'anoxie et finalement la disparition des herbiers.

La qualité de l'eau peut également se détériorer en raison de causes naturelles (Figure 2.5). L'augmentation de la turbidité due à de fortes pluies sur de courtes périodes et l'augmentation de la vitesse du vent et des tempêtes qui se produisent dans la plupart des des pays membres du RAMP AO peuvent avoir des impacts négatifs sur les herbiers marins. Les apports de sédiments dans les zones d'herbiers provenant de mangroves boueuses adjacentes ou d'écoulements fluviaux turbides, l'augmentation de la poussière à proximité du Sahara et dans la région du Sahel (voir section 2.7.2.5.), ou les pluies torrentielles concentrées provoquent également une augmentation de la turbidité de l'eau, réduisant la lumière disponible pour les herbiers et nuisant ainsi à leur activité photosynthétique et à leur croissance.

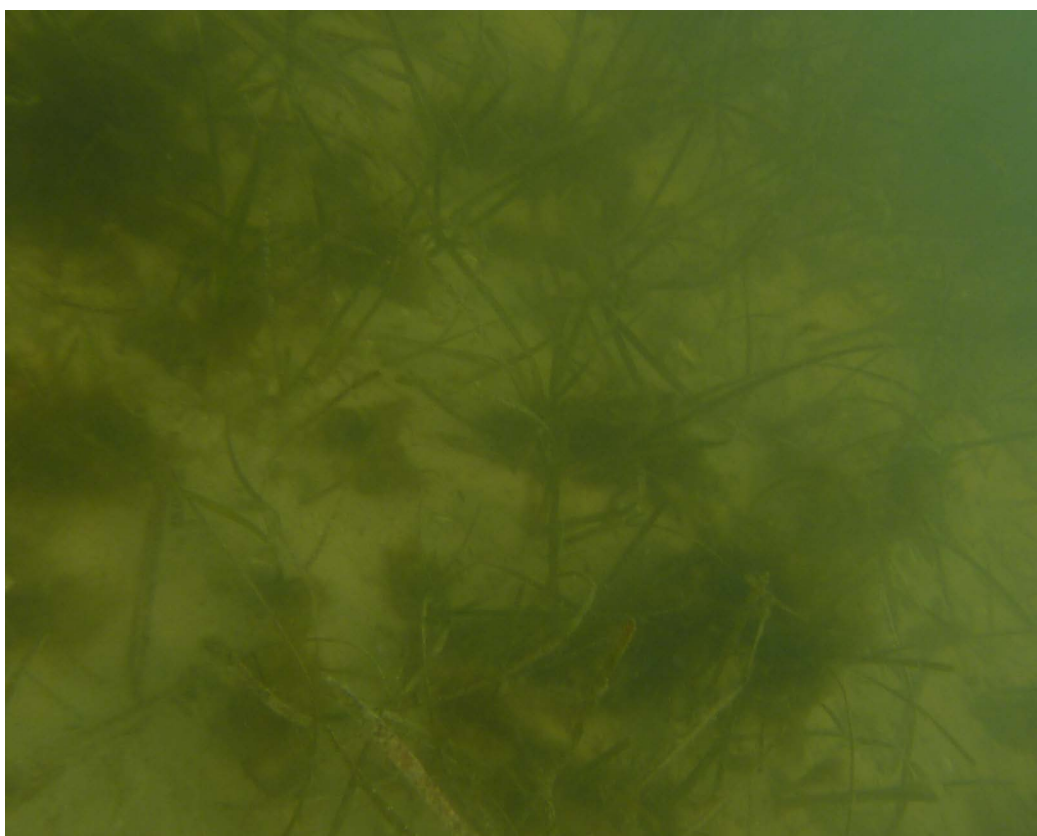


FIGURE 2.5. Herbiers marins à 2 m de profondeur dans le Banc d'Arguin (Mauritanie) dans une eau très turbide. Photo par: E.A. Serrão.

2.7.2.3. EFFETS BIOTIQUES

2.7.2.3.1. LE SURPÂTURAGE

En Afrique de l'Ouest, y compris dans les pays membres du RAMP AO, les herbiers marins constituent une part importante du régime alimentaire des tortues marines vertes (*Chelonia mydas*,^[38]) et des lamantins africains (*Trichechus senegalensis*,^[39,40]). Ces herbivores peuvent fortement influencer les niveaux des services écosystémiques fournis par les herbiers dont ils se nourrissent^[41]. Il a été démontré dans différentes

parties du monde que la surpêche des prédateurs supérieurs, tels que les requins, a un impact négatif sur les herbiers marins en augmentant les populations de tortues dans des proportions très importantes^[42]. Malgré le fait qu'aucune étude ne rapporte cette menace en Afrique de l'Ouest, les requins prédateurs sont sujets à la pêche (par exemple, Figure 2.6) et il est important de prévenir les actions qui altèrent l'équilibre des réseaux alimentaires, comme la surpêche.



FIGURE 2.6. Requin tigre juvénile (*Galeocerdo cuvier*) capturé dans la Mauritanie. Les requins tigres sont des prédateurs connus de tortues, et les tortues d'herbiers marins. Photo par: C. de la Hoz Schilling.

2.7.2.3.2. COMPÉTITION

Un type particulier de compétiteur qui a tendance à occuper les habitats des herbiers marins sont les macroalgues vertes du genre *Caulerpa* (par exemple, ^[17] (Figure 2.7). Celles-ci peuvent provoquer des altérations de l'habitat qui réduisent ou empêchent le recrutement des herbiers marins. Les macroalgues à croissance rapide comme *Caulerpa* peuvent occuper l'es-

pace plus rapidement que les herbiers marins. Cependant, les conséquences pour l'environnement et pour leurs brouteurs peuvent être distinctes, comme le montrent leurs différentes communautés microbiennes, qui sont plus saines dans les herbiers que dans la *Caulerpa*, avec des bactéries pathogènes comme les genres *Vibrio* et *Mycoplasma* trouvées dans la *Caulerpa* et pas dans les herbiers (observation personnelle).

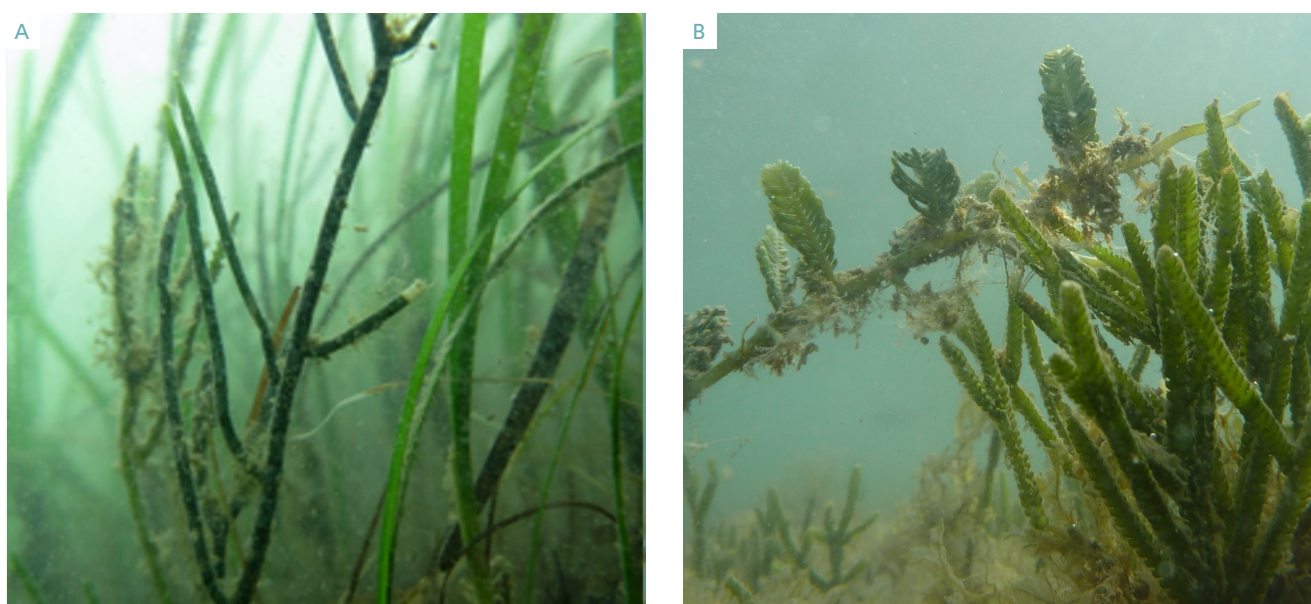


FIGURE 2.7. Trois espèces distinctes de macroalgues du genre *Caulerpa* trouvées dans des prairies mixtes avec des herbiers marins dans le pays membres du RAMPAO: A) île d'Arguin (Banc d'Arguin, Mauritanie), et B) Unhocomo (Bijagós, Guinée-Bissau). **Photos par:** E.A. Serrão.

2.7.2.3.3. EPIPHYTES

L'une des principales menaces locales observées dans la région sont les épiphytes, des espèces qui poussent sur les feuilles des herbiers. Ce sont également des compétiteurs, mais au lieu d'occuper le même habitat que l'herbier, ils vivent en fait attachés à la surface des feuilles de l'herbier. Il s'agit principalement d'algues filamenteuses et d'animaux coloniaux:

A. ALGUES FILAMENTEUSES: dans certains sites et à certaines périodes de l'année en Afrique de l'Ouest, de petites algues filamenteuses recouvrent les feuilles de l'herbier de façon très dense (figure 2.8), leur faisant

concurrence pour la lumière et les nutriments. Cet effet tend à être plus grave dans les endroits et aux périodes de l'année où les conditions sont hypertrophiques, en raison d'un excès de nutriments. Cet effet peut donc être corrélé avec les facteurs d'enrichissement en nutriments (voir les sections 2.7.2.2 sur la qualité de l'eau et 2.7.2.5 sur les charges de poussière). Les herbiers subtidiaux ont tendance à être plus affectés par les charges élevées d'algues épiphytes filamenteuses parce que l'exposition au stress de la marée basse subie par les herbiers intertidaux est nuisible à la survie et au développement des algues épiphytes filamenteuses.

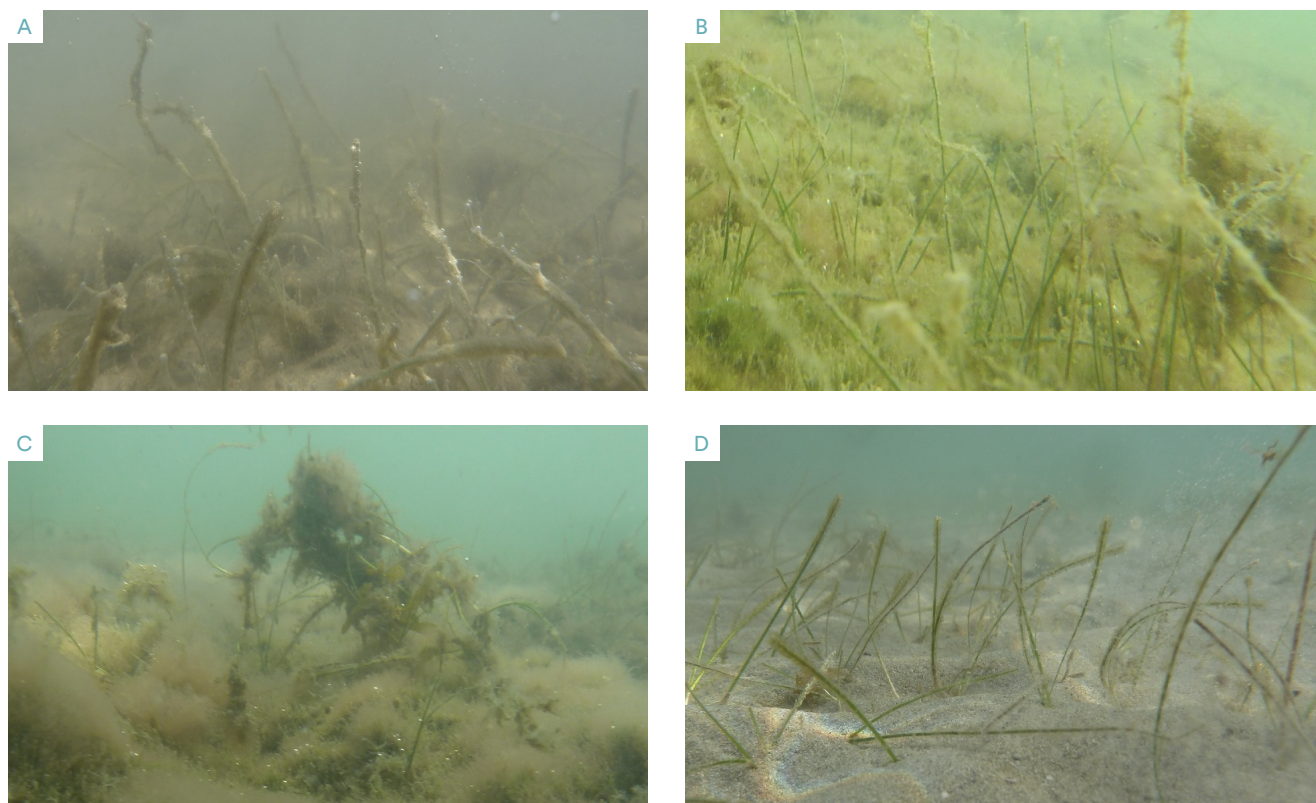


FIGURE 2.8. Algues filamenteuses épiphytes sur *Halodule wrightii* dans les Bijagós, Guinée-Bissau, à João Vieira (A) et Unhocomo (B,C), comparées à des herbiers moins épiphytes sur la côte ouverte extérieure à Unhocomo (D). **Photos par:** E.A. Serrão.

B. ANIMAUX COLONIAUX: les animaux épiphytes, tels que les colonies d'ascidies et de bryozoaires encroûtés, sont particulièrement fréquents sur les feuilles de *C. nodosa*, étant donné sa plus grande surface de support pour abriter des colonies. Ils peuvent être locale-

ment et temporellement abondants, provoquant la perte de feuilles soit en diminuant la capacité de la feuille à acquérir des ressources, soit par l'impact mécanique du poids et de la traînée résultant du recouvrement par un animal colonial (Figure 2.9).



FIGURE 2.9. Animaux coloniaux fréquents épiphytes sur *Cymodocea nodosa* dans le Banc d'Arguin (Mauritanie): A) bryozoaires, B) ascidies. **Photos par:** E.A. Serrão.

2.7.2.3.4. PATHOGÈNES

Les endophytes sont des espèces qui vivent à l'intérieur des cellules de l'herbier, par opposition aux épiphytes qui vivent sur celles-ci mais à l'extérieur des parois cellulaires. Les pathogènes endophytes des groupes Oomycetes et Labyrinthulomycetes peuvent être des causes majeures de mortalité

des herbiers, provoquant un effet connu sous le nom de "maladie de dépérissement des herbiers", qui a été signalé comme ayant causé une mortalité et une perte majeure des herbiers en Europe. Dans le Banc d'Arguin, plus de 50% des feuilles peuvent être infectées par ce pathogène dans certains sites (observation personnelle; Figure 2.10).



FIGURE 2.10. Détails de feuilles de prairie marine infectées par des pathogènes endophytes dans le Banc d'Arguin (Mauritanie). **Photos par:** E.A. Serrão.

2.7.2.3.5. CONNECTIVITÉ DES POPULATIONS

Le maintien de la connectivité entre les populations (par dispersion ou migration entre les populations) est essentiel pour empêcher les populations de devenir trop petites et isolées pour être viables et persister. Les herbiers ne peuvent migrer que s'ils sont transportés (par exemple, par des herbivores) ou par des fragments dérivants transportés par les courants océaniques, qui peuvent se recoller ou libérer des graines après avoir atteint un habitat approprié (figures 2.12 et 2.13). Les menaces qui bloquent la dispersion entre les populations les

laissent isolées, avec de petites tailles effectives qui réduisent leur résilience aux perturbations ou aux événements stochastiques défavorables occasionnels. Ces menaces peuvent être la destruction de populations d'appoint le long des corridors de dispersion, ou la perte de vecteurs de transport tels que les broutards.

Dans cette région, il y a des preuves soutenant un rôle pertinent des tortues sur la dispersion des herbes marines entre des régions éloignées, donc la conservation des tortues vertes est essentielle pour la conservation des herbes marines (données inédites).

2.7.2.4. EFFETS MÉTÉOROLOGIQUES: ONDES DE TEMPÊTE

Les tempêtes océaniques sont fréquentes dans les pays membres du RAMPAO. De nombreuses tempêtes dans l'Atlantique ont pour origine des perturbations qui se forment au-dessus de l'Afrique subsaharienne de juin à octobre, pendant la saison de la mousson ouest-africaine [42]. La plupart de ces dépressions s'intensifient lorsqu'elles se déplacent vers l'ouest de l'Atlantique jusqu'aux Caraïbes et à la côte est de l'Amérique du Nord, mais certaines peuvent atteindre une forte intensité non loin de la côte africaine et avoir un impact sur les conditions météorologiques dans cette région. D'autres dépressions peuvent suivre des trajectoires moins fréquentes en se déplaçant vers le nord et avoir un impact sur les conditions météorologiques et maritimes le long de la côte de la Guinée à la Mauritanie. Les ondes de mer provoquées par ces tempêtes

peuvent endommager les herbiers marins car elles peuvent éroder de vastes zones d'habitat, redistribuer les sédiments avec le risque d'étouffer les parcelles d'habitat restantes, et rompre les cordons dunaires protecteurs [47]. Le risque de dommages est particulièrement élevé si les ondes de tempête coïncident temporellement avec la marée haute. Une étude de modélisation, basée sur des séries chronologiques de l'activité des tempêtes au cours de la période 1979-2014 et des fluctuations attendues des marées, prévoit que les niveaux extrêmes de la mer avec une période de retour de 100 ans (c'est-à-dire qui peuvent se produire une fois tous les 100 ans) peuvent atteindre 1,5 à 5,0 m à l'échelle régionale [44]. De tels événements (qui n'incluent pas l'effet de l'élévation du niveau de la mer due au changement climatique) ont le potentiel de modifier considérablement la physiographie des côtes sableuses peu profondes et l'habitat des herbiers marins.

2.7.2.5. EFFETS MÉTÉOROLOGIQUES: POUSSIÈRE ÉOLIENNE

La poussière éolienne provenant des régions arides du Sahara et du Sahel est transportée vers l'Atlantique par la couche d'air saharienne et se dépose sur de très vastes zones de l'Atlantique Nord, du littoral de l'Afrique du Nord-Ouest aux Caraïbes [27,45]. Cette poussière saharienne qui atteint la côte est en fait la plus grande source de poussière dans l'atmosphère de toute la planète [46] et a un impact majeur sur les écosystèmes marins, qui peut être positif en tant qu'enrichissement en nutriments pour la productivité primaire des régions oligotrophes, mais peut aussi avoir des

impacts négatifs drastiques sur les écosystèmes côtiers peu profonds. En effet, les données provenant d'un récif corallien au Cabo Verde indiquent une forte corrélation entre les dépôts de poussière éolienne et les anomalies de précipitations dans la région du Sahel [47]. De forts événements de dépôt de poussière, tels que ceux détectés dans le Banc d'Arguin en 2020 peuvent étouffer les herbiers et entraîner la mortalité des pousses sur de larges zones. Par coïncidence, une mortalité massive des feuilles d'herbiers intertidaux a été enregistrée dans les sites de surveillance des herbiers du Banc d'Arguin pendant ces tempêtes de poussière en 2020 (Figure 2.11; observation personnelle).

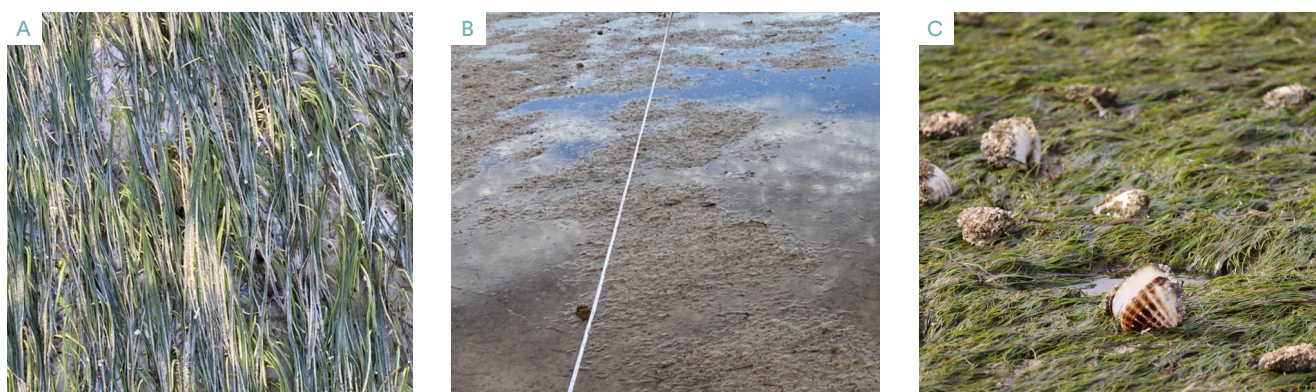


FIGURE 2.11. Une région du Banc d'Arguin (Mauritanie) qui a perdu toute couverture foliaire de *Zostera noltei* fin 2020 mais qui s'est rétablie quelques mois plus tard. Photos par: E.A. Serrão (A,B); C. de la Hoz Schilling (C).

2.7.2.6. EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

On s'attend à ce que la fréquence et l'intensité des tempêtes et des ouragans augmentent à l'échelle mondiale avec le changement climatique, bien que les tendances futures relatives aux tempêtes tropicales dans l'Atlantique Nord restent pour l'instant peu fiables ^[23]. Toutefois, même si ces augmentations ne se produisent pas, les tempêtes constituent une menace importante pour la persistance des herbiers marins, car les mouvements de sédiments provoqués par les ondes de tempête des ouragans peuvent déraciner les plantes, détruisant ainsi la végétation marine à l'échelle régionale. Les données disponibles indiquent également que les émissions de poussières provenant des régions du Sahara et du Sahel ont augmenté au cours du XXe siècle, en raison des périodes de sécheresse en Afrique occidentale tropicale et des changements d'utilisation des terres dans la région du Sahel ^[28]. Ce facteur pourrait également constituer un danger pour les prairies marines d'Afrique du Nord-Ouest, en augmentant le risque d'ombrage et d'étouffement.

Les prairies sous-marines d'Afrique du Nord-Ouest couvertes par ce manuel de formation sont situées entre 6 et 21 degrés de latitude, dans une région qui a subi des augmentations de la température de la surface de la mer entre 0,1 et 0,2° C par décennie ^[23]. La tendance de la température moyenne de l'eau de mer n'est toutefois peut-être pas le meilleur indicateur pour évaluer le risque de stress thermique, car le réchauffement climatique est associé à l'augmentation de la fréquence et de l'ampleur des vagues de chaleur et d'autres événements météorologiques extrêmes. Les vagues de chaleur marines ont augmenté en intensité et en durée au niveau mondial au cours de la dernière décennie ^[48]. Les vagues de chaleur atmosphériques ont également augmenté sur l'Afrique du Nord et de l'Ouest ^[49] et devraient augmenter à l'avenir, notamment dans le cadre des scénarios de changement climatique les plus extrêmes ^[50]. Ces tendances pourraient s'accroître à l'avenir et menacer la composition et l'éten-

due des prairies sous-marines dans la région. La menace la plus préoccupante liée au changement climatique dans la région devrait être la perte des prairies marines tempérées qui rencontrent les limites sud de leur aire de répartition dans cette région, *Zostera noltei* et *Cymodocea nodosa* ^[51]. La comparaison des distributions actuelles avec les prédictions basées sur les modèles de distribution des espèces pour toutes les espèces dans chacun des pays membres du RAMPAAO sont variables par pays mais montrent qu'en général on s'attend à ce que les espèces tempérées *Z. noltei* et *C. nodosa* aient tendance à disparaître contrairement à l'espèce tropicale *H. wrightii* (données non publiées). Cependant, dans les scénarios les plus extrêmes d'émissions de gaz à effet de serre, même les espèces tropicales pourraient disparaître des pays de basse latitude.

Selon le IPCC ^[51], le niveau de la mer a augmenté de 2 mm par an au cours des 100 dernières années au niveau mondial, et devrait augmenter au rythme de 5 mm par an au cours du 21^e siècle. L'Afrique du Nord-Ouest est l'une des régions les plus exposées à l'élévation du niveau de la mer, une étude de la Banque Mondiale ^[52] estimant que 25 % du littoral sénégalais est actuellement soumis à un risque élevé d'érosion et de perte, alors que les prévisions pour 2080 sont que 75 % seront soumis à un risque élevé d'érosion en raison de l'élévation du niveau de la mer. Une étude récente utilisant un modèle probabiliste ^[53,54] indique que le niveau de la mer à Dakar devrait augmenter (avec une confiance de 95%) de 31 et 33 cm d'ici 2050 selon les scénarios RCP 2.6 et RCP 8.8 du IPCC, et de 60 et 111 cm d'ici 2100 selon les mêmes scénarios. Ces projections indiquent que les herbiers marins de la région seront sévèrement affectés par l'érosion côtière et la compression de l'habitat causée par l'élévation du niveau de la mer ^[5]. Par exemple, les projections pour La Gambie indiquent que toutes les espèces d'herbiers pourraient disparaître d'ici 2050, même dans le cadre du scénario RCP 2.6 le plus favorable, alors que pour tous les autres pays continentaux de la région, les herbiers pourraient être sévèrement réduits ou

disparaître d'ici 2100 dans le cadre du scénario RCP 8.8 le plus extrême (données non publiées).

Dans le Banc d'Arguin, la composition des espèces d'herbiers, la densité des pousses et la longueur des feuilles de chaque espèce présentent de fortes variations (Figure 2.12), selon les conditions locales qui reflètent le gradient climatique de cette zone de transition tempérée/tropicale (données non publiées). Dans cette zone, la distribution des prairies marines et la structure

de leur population montrent un fort gradient entre les conditions tempérées du nord, où les prairies marines tempérées prédominent, et les conditions plus chaudes du sud, où les espèces tropicales prospèrent. Dans quelques décennies, les modèles de répartition des espèces prévoient que les espèces tempérées pourraient disparaître et que seule l'espèce tropicale subsisterait, voire se développerait. L'élévation du niveau de la mer limitera également l'habitat disponible pour les espèces intertidales ^[5].



FIGURE 2.12. Dans la région la plus méridionale du Banc d'Arguin (Mauritanie), près de la limite de l'aire de répartition de l'herbier tempéré *Cymodocea nodosa*, il est fréquemment observé qu'il est malsain (A) alors que dans les mêmes conditions, l'espèce tropicale co-occurrence dans les prairies mixtes reste verte (B). **Photos par:** E.A. Serrão.

2.8. BIBLIOGRAPHIE

1. Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J., *et al.* (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(30), 12377-12381.
2. Dunic, J.C., Brown, C.J., Connolly, R.M., Turschwell, M.P., & Côté, I.M. (2021). Long-term declines and recovery of meadow area across the world's seagrass bioregions. *Global Change Biology*, 27(17), 4096-4109.
3. de los Santos, C.B., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., *et al.* (2019). Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nature Communications*, 10(1), 1-8.
4. Turschwell, M.P., Connolly, R.M., Dunic, J.C., *et al.* (2021). Anthropogenic pressures and life history predict trajectories of seagrass meadow extent at a global scale. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(45), e2110802118.
5. Chefaoui, R.M., Duarte, C.M., Tavares, A.I., Frade, D.G., Sidi Cheikh, M.A., Ba, M.A., & Serrão, E.A. (2021). Predicted regime shift in the seagrass ecosystem of the Gulf of Arguin driven by climate change. *Global Ecology and Conservation*, 32, e01890.
6. Connolly, R., Collier, C., O'Leary, J., *et al.* (2020). Threats to seagrasses and ecosystem resilience. In: *Out of the blue: The value of Seagrasses to the Environment and to People*, by Potouroglou, M., Grimsditch, G., Weatherdon, L., & Lutz, S. (pp. 36-47). United Nations Environment. Nairobi, Kenya.
7. Grech, A., Chartrand-Miller, K., Erftemeijer, P., *et al.* (2012). A comparison of threats, vulnerabilities and management approaches in global seagrass bioregions. *Environmental Research Letters*, 7(2), 024006.
8. Duarte, C.M. (1991). Seagrass depth limits. *Aquatic Botany*, 40(4), 363-377.
9. Beck, M.W., Hagy, J.D., & Le, C. (2018). Quantifying seagrass light requirements using an algorithm to spatially resolve depth of colonization. *Estuaries and Coasts*, 41(2), 592-610.
10. Freeman, A.S., Short, F.T., Isnain, I., Razak, F.A., & Coles, R.G. (2008). Seagrass on the edge: land-use practices threaten coastal seagrass communities in Sabah, Malaysia. *Biological Conservation*, 141(12), 2993-3005.
11. Thomsen, E., Herbeck, L.S., & Jennerjahn, T.C. (2020). The end of resilience: surpassed nitrogen thresholds in coastal waters led to severe seagrass loss after decades of exposure to aquaculture effluents. *Marine Environmental Research*, 160, 104986.
12. Burkholder, J.M., Tomasko, D.A., & Touchette, B.W. (2007). Seagrasses and eutrophication. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 350(1-2), 46-72.
13. Hemminga, M.A., & Duarte, C.M. (2000). *Seagrass Ecology*. Cambridge University Press. Cambridge, UK.
14. Agawin, N.S., & Duarte, C.M. (2002). Evidence of direct particle trapping by a tropical seagrass meadow. *Estuaries*, 25(6), 1205-1209.
15. Unsworth, R.K., Williams, B., Jones, B.L., & Cullen-Unsworth, L.C. (2017). Rocking the boat: damage to eelgrass by swinging boat moorings. *Frontiers in Plant Science*, 1309.
16. Erftemeijer, P.L., & Lewis III, R.R.R. (2006). Environmental impacts of dredging on seagrasses: a review. *Marine Pollution Bulletin*, 52(12), 1553-1572.

17. Molenaar, H., Meinesz, A., & Thibaut, T. (2009). Alterations of the structure of *Posidonia oceanica* beds due to the introduced alga *Caulerpa taxifolia*. *Scientia Marina*, 73(2), 329-335.
18. Marbà, N., Arthur, R., & Alcoverro, T. (2014). Getting turfed: The population and habitat impacts of *Lophocladia lallemandii* invasions on endemic *Posidonia oceanica* meadows. *Aquatic botany*, 116, 76-82.
19. Sullivan, B.K., Trevathan-Tackett, S.M., Neuhauser, S., & Govers, L.L. (2018). Host-pathogen dynamics of seagrass diseases under future global change. *Marine Pollution Bulletin*, 134, 75-88.
20. Burkholder, D.A., Heithaus, M.R., Fourqurean, J.W., Wirsing, A. & Dill, L.M. (2013). Patterns of top-down control in a seagrass ecosystem: could a roving apex predator induce a behaviour-mediated trophic cascade? *Journal of Animal Ecology*, 82, 1192-1202.
21. Christianen, M.J., Herman, P.M., Bouma, *et al.* (2014). Habitat collapse due to overgrazing threatens turtle conservation in marine protected areas. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281(1777), 20132890.
22. Heithaus, M.R., Alcoverro, T., Arthur, R., *et al.* (2014). Seagrasses in the age of sea turtle conservation and shark overfishing. *Frontiers in Marine Science*, 1, 28.
23. IPCC (2013). *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., Qin, D., Plattner, G.-K., Tignor, M., Allen, S.K., Boschung, J., Nauels, A., Xia, Y., Bex, V., & Midgley, P.M. (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, USA.
24. Gera, A., Pages, J.F., Arthur, R., Farina, S., Roca, G., Romero, J., & Alcoverro, T. (2014). The effect of a centenary storm on the long-lived seagrass *Posidonia oceanica*. *Limnology and Oceanography*, 59(6), 1910-1918.
25. Oprandi, A., Mucerino, L., De Leo, F., *et al.* (2020). Effects of a severe storm on seagrass meadows. *Science of the Total Environment*, 748, 141373.
26. Whitfield, P.E., Kenworthy, W.J., Hammerstrom, K.K., & Fonseca, M.S. (2002). The role of a hurricane in the expansion of disturbances initiated by motor vessels on seagrass banks. *Journal of Coastal Research*, 37, 86-99.
27. Bozzano, G., Kuhlmann, H. & Alonso, B. (2002). Storminess control over African dust input to the Moroccan Atlantic margin (NW Africa) at the time of maxima boreal summer insolation: a record of the last 220 kyr. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 183, 155-168.
28. Mulitza, S., Heslop, D., Pittauerova, D., *et al.* (2010). Increase in African dust flux at the onset of commercial agriculture in the Sahel region. *Nature*, 466, 226-228.
29. Marbà, N. & Duarte, C.M. (2010). Mediterranean warming triggers seagrass (*Posidonia oceanica*) shoot mortality. *Global Change Biology*, 16, 2366-2375
30. Hyndes, G.A., Heck, K.L., Vergés, A., *et al.* (2016). Accelerating tropicalization and the transformation of temperate seagrass meadows. *BioScience*, 66, 938-948.
31. Poloczanska, E.S., Brown, C.J., Sydeman, W.J., *et al.* (2013). Global imprint of climate change on marine life. *Nature Climate Change*, 3, 919-925.

- 32.** Pedersen, O., Colmer, T.D. & New, J.B. (2016). Heat stress of two tropical seagrass species during low tides – impact on underwater net photosynthesis, dark respiration and diel in situ internal aeration. *New Phytologist*, 210, 1207-1218.
- 33.** Strydom, S., Murray, K., Wilson, S., *et al.* (2020). Too hot to handle: unprecedented seagrass death driven by marine heatwave in a World Heritage Area. *Global Change Biology*, 26(6), 3525-3538.
- 34.** Arias-Ortiz, A., Serrano, O., Masqué, P., *et al.* (2018). A marine heatwave drives massive losses from the world's largest seagrass carbon stocks. *Nature Climate Change*, 8(4), 338-344.
- 35.** Thomson, J.A., Burkholder, D.A., Heithaus, M.R., Fourqurean, J.W., Fraser, M.W., Statton, J., & Kendrick, G.A. (2015). Extreme temperatures, foundation species, and abrupt ecosystem change: an example from an iconic seagrass ecosystem. *Global Change Biology*, 21(4), 1463-1474.
- 36.** Ostrowski, A., Connolly, R.M., & Sievers, M. (2021). Evaluating multiple stressor research in coastal wetlands: A systematic review. *Marine Environmental Research*, 164, 105239.
- 37.** Cunha, A.H., & Araújo, A. (2009). New distribution limits of seagrass beds in West Africa. *Journal of Biogeography*, 36(8), 1621-1622.
- 38.** Díaz-Abad, L., Bacco-Mannina, N., Madeira, F.M., *et al.* (2022). eDNA metabarcoding for diet analyses of green sea turtles (*Chelonia mydas*). *Marine Biology*, 169(1), 1-12.
- 39.** Powel, J.A. (1990). Manatees in the Bijagós Archipelago: recommendations for their observation. Technical report for IUCN, Wetland Program. 30 pp.
- 40.** Diagne, L.W.K. (2014). Phylogenetics and feeding ecology of the African manatee, *Trichechus senegalensis*. PhD thesis. University of Florida.
- 41.** Heithaus, M.R., Alcoverro, T., Arthur, R., *et al.* (2014). Seagrasses in the age of sea turtle conservation and shark overfishing. *Frontiers in Marine Science*, 1, 28.
- 42.** Burpee, R.W. (1972). The origin and structure of easterly waves in the lower troposphere of North Africa. *Journal of Atmospheric Science*, 29(1), 77-90.
- 43.** Trégarot, E., Catry, T., Pottier, A., *et al.* (2021). Coastal protection assessment: a trade-off between ecological, social, and economic issues. *Ecosphere*, 12, e03364.
- 44.** Muis, S., Verlaan, M., Winsemius, H.C., Aerts, J.C.J.H. & Ward, P.J. (2016). A global reanalysis of storm surges and extreme sea levels. *Nature Communications*, 7, 11969.
- 45.** Goudie, A.S. & Middleton, N.J. (2001). Saharan dust storms: nature and consequences. *Earth-Science Reviews*, 56, 179-204.
- 46.** Tanaka, T. Y., Chiba, M. A (2006). Numerical study of the contributions of dust source regions to the global dust budget. *Global and Planetary Change* 52, 88-104.
- 47.** Mahowald, N.M., Kloster, S., Engelstaedter, S., *et al.* (2010). Observed 20th century desert dust variability: Impact on climate and biogeochemistry. *Atmospheric Chemistry and Physics*, 10, 10875-10893.
- 48.** Oliver, E. C., Benthuisen, J. A., Darmaraki, S., *et al.* (2021). Marine heatwaves. *Annual Review of Marine Science*, 13, 313-342.

- 49.** Engdaw, M.M., Ballinger, A.P., Hegerl, G.C., & Steiner, A.K. (2022). Changes in temperature and heat waves over Africa using observational and reanalysis data sets. *International Journal of Climatology*, 42, 1165-1180.
- 50.** Dosio, A. (2016). Projection of temperature and heat waves for Africa with an ensemble of CORDEX Regional Climate Models. *Climate Dynamics*, 49, 493-519.
- 51.** IPCC (2019). IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [Pörtner, H.-O., Roberts, D.C., Masson-Delmotte, V., Zhai, P., Tignor, M., Poloczanska, E., Mintenbeck, K., Alegría, A., Nicolai, M., Okem, A., Petzold, J., Rama, B., & Weyer, N.M. (eds.)].
- 52.** World Bank (2013). Economic and spatial study of the vulnerability and adaptation to climate change of coastal areas in Senegal. Washington, USA.
- 53.** Abadie, L.M., Jackson, L.P., de Murieta, E.S., Jevrejeva, S. & Galarraga, I. (2020). Comparing urban coastal flood risk in 136 cities under two alternative sea-level projections: RCP 8.5 and an expert opinion-based high-end scenario. *Ocean & Coastal Management*, 193, 105249.
- 54.** Abadie, L.M., Jackson, L.P., de Murieta, E.S., Jevrejeva, S. & Galarraga, I. (2021). Additional dataset to "Comparing urban coastal flood risk in 136 cities under two alternative sea-level projections: RCP 8.5 and an expert opinion-based high-end scenario", Zenodo, 4733499.

MODULE 3:

OPTIONS DE MESURES POLITIQUES ET DE GESTION DES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAAO

Henrique Queiroga, Carmen B. de los Santos, Mohamed Ahmed Sidi Cheikh, Samir Martins, Duarte Frade, Salomão Bandeira, Pierre Failler, António Araújo, Ester A. Serrão

INDEX

- 3.1. BESOINS DE CONSERVATION DES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAAO**
 - 3.1.1. PERCEPTION DES MESURES ET ACTIONS ACTUELLES SUR LA GOUVERNANCE, LA GESTION, LA SURVEILLANCE ET LE SUIVI DES HERBIERS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAAO
 - 3.1.2. PERCEPTION DES BESOINS DE CONSERVATION DES HERBIERS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAAO
- 3.2. DIRECTIVES POLITIQUES**
 - 3.2.1. CONCEPT DE CONSERVATION DE LA NATURE
 - 3.2.2. CONCEPT DE DÉVELOPPEMENT DURABLE
 - 3.2.3. CONCEPT DE PRINCIPE DE PRÉCAUTION
 - 3.2.4. LES OBJECTIFS D'AICHI EN MATIÈRE DE BIODIVERSITÉ ET LE CADRE MONDIAL POUR LA BIODIVERSITÉ POST-2020
 - 3.2.5. LE PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT DURABLE 2030 ET LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE
 - 3.2.6. L'ACCORD DE PARIS ET LES CONTRIBUTIONS DÉTERMINÉES AU NIVEAU NATIONAL POUR LA RÉDUCTION DES GAZ À EFFET DE SERRE.
 - 3.2.7. LE CADRE DE SENDAI POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES DE CATASTROPHE
 - 3.2.8. LA CONVENTION DE RAMSAR RELATIVE AUX ZONES HUMIDES D'IMPORTANCE INTERNATIONALE PARTICULIÈREMENT COMME HABITATS DES OISEAUX D'EAU
 - 3.2.9. LA DÉCENNIE DES NATIONS UNIES POUR LA RESTAURATION DES ÉCOSYSTÈMES (2021-2030) ET LA DÉCENNIE DES NATIONS UNIES POUR L'OCÉANOGRAPHIE AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2021-2030)
- 3.3. STRATÉGIES DE GESTION DE L'ENVIRONNEMENT**
 - 3.3.1. ÉVALUATION DE L'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT
 - 3.3.2. GESTION INTÉGRÉE DES ZONES CÔTIÈRES
 - 3.3.3. AMÉNAGEMENT DE L'ESPACE MARIN
 - 3.3.4. APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE DE LA PÊCHE
 - 3.3.5. CADRES JURIDIQUES POUR LA PROTECTION ET LA DÉSIGNATION DES AMPs DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAAO
 - 3.3.6. RESTAURATION DES HERBIERS MARINS
 - 3.3.7. PROGRAMMES DE SUIVI ET CARTOGRAPHIE DES HERBIERS
 - 3.3.8. SENSIBILISATION DU PUBLIC
 - 3.3.9. ENGAGEMENT DES COMMUNAUTÉS LOCALES
- 3.4. BIBLIOGRAPHIE**



3.1. BESOINS DE CONSERVATION DES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAO

La préparation du présent manuel a été précédée d'un questionnaire adressé aux gestionnaires de l'environnement et autres parties prenantes des pays membres du RAMPAO (le Sénégal, la Gambie, la Sierra Leone, la Guinée-Bissau, la Mauritanie, la Guinée, le Cabo Verde) visant à connaître leur perception de la gouvernance, de la gestion, de la surveillance, du suivi et des besoins de conservation des herbiers dans leur pays, entre autres aspects

^[1]. Le questionnaire a été réalisé auprès de 31 participants. La plupart des répondants travaillent pour des agences ou des départements gouvernementaux (77 %), ont une formation supérieure (23 % de bacheliers, 48 % de MSc et 10 % de docteurs) et utilisent le français (77 %), l'anglais (42 %) ou le portugais (26 %) comme principale langue de communication. Nous présentons ici les principaux résultats de ces questionnaires.

3.1.1. PERCEPTION DES MESURES ET ACTIONS ACTUELLES EN MATIÈRE DE GOUVERNANCE, DE GESTION, DE SURVEILLANCE ET DE SUIVI DES HERBIERS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAO

Une grande majorité des personnes interrogées (72%) ont déclaré que les herbiers marins de leur pays ou de leur région ne sont pas légalement protégés (Figure 3.1). Ceux qui sont protégés se trouvent dans des aires marines protégées (57%). La protection au niveau de l'espèce était rarement mentionnée (14%). Les répondants ont donné le nom des zones d'herbiers qui ne sont pas légalement protégées, mais beaucoup d'entre elles sont actuellement désignées comme AMP, indiquant que les gestionnaires et autres acteurs locaux peuvent ne pas être bien informés des instruments, mesures et réglementations de protection déjà mis en œuvre dans leurs régions.

Selon 60% des répondants, les herbiers marins sont gérés dans leur pays ou région, et ils ont évalué le système de gestion comme modérément efficace (53% des répondants), efficace (27%) ou inefficace (20%). Environ la moitié des répondants ont déclaré que des systèmes de surveillance pour la protection des herbiers marins sont présents dans leur pays ou région, composés de conservateurs nommés par le gouvernement (92%), de représentants des communautés locales (58%), d'ONG (17%) ou d'autres (8%).

En ce qui concerne les programmes de surveillance des herbiers marins pour enquêter sur l'état des herbiers marins, 68% des répondants ont déclaré qu'ils existent dans leur pays ou région et, dans ces cas, ils sont menés par des conservateurs nommés par le gouvernement (88%), des ONG locales (29%), représentants de la communauté locale (12%) ou autres (12%).

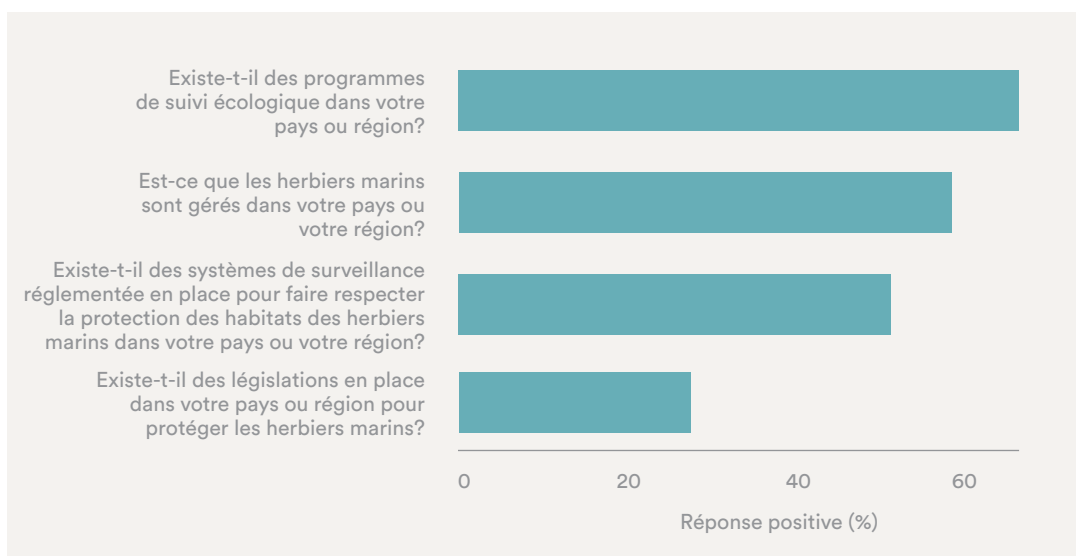


FIGURE 3.1. Perception de l'existence de mesures et d'actions sur la gouvernance, la gestion, la surveillance et le suivi des herbiers marins dans les pays membres RAMPAO, selon les répondants au questionnaire.

3.1.2. PERCEPTION DES BESOINS DE CONSERVATION DES HERBIERS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAO

Les réponses ont montré que 80 % des participants pensent qu'il est nécessaire de mener des recherches scientifiques pour soutenir les actions de conservation dans leur région, 72% pensent que les menaces locales doivent être identifiées pour mieux cibler les actions de gestion, 68% que la protection juridique est nécessaire, 68% qu'il est nécessaire de comprendre la valeur des herbiers dans un contexte socio-économique, 64% qu'il faut obtenir une reconnaissance sociale de la valeur

et de l'importance des herbiers, et 64 % qu'il est nécessaire d'obtenir et de maintenir des informations sur le statut et l'état des herbiers (Figure 3.2).

Les participants estiment que les actions de conservation efficaces dans leur région seraient: la sensibilisation du public (80%), la sensibilisation des décideurs et des parties prenantes (68%), les projets communautaires (68%), l'amplification ou la désignation de AMP (60 %), la restauration des herbiers dans les zones où ils sont dégradés ou ont disparu (52%), et le paiement des services écosystémiques (16%) (Figure 3.3).

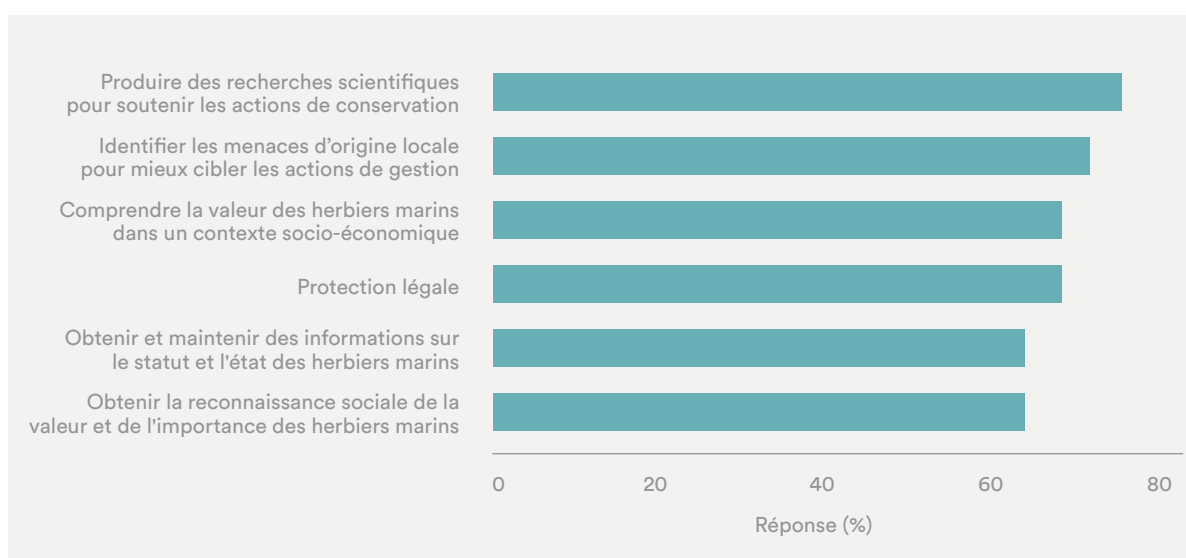


FIGURE 3.2. Évaluation des besoins de conservation des herbiers à mettre en œuvre ou à renforcer dans les pays membres RAMPAO, selon les répondants au questionnaire.

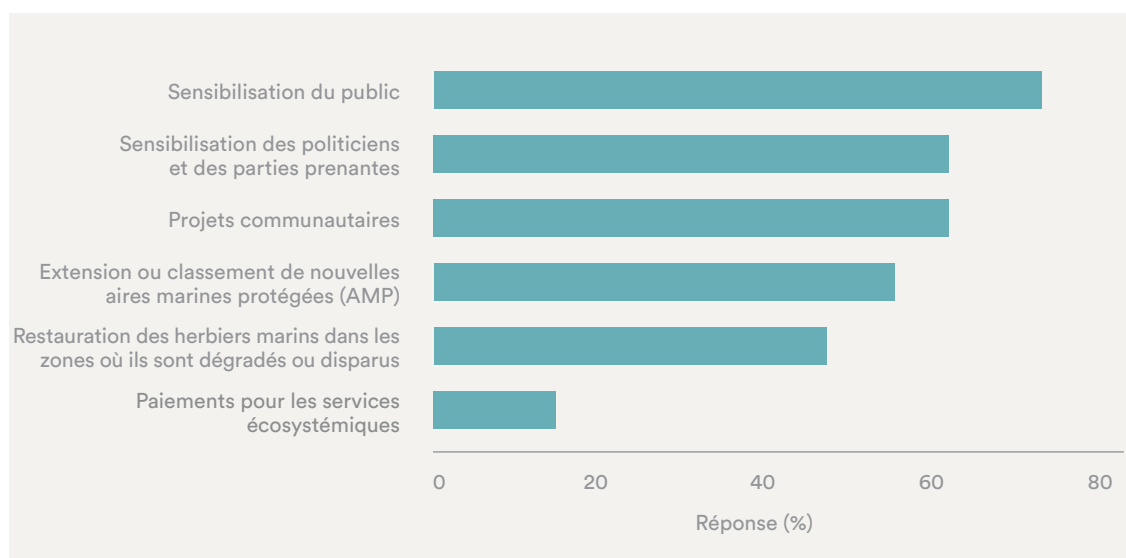


FIGURE 3.3. Évaluation des actions de conservation qui seraient efficaces dans les pays membres RAMPAO pour couvrir les besoins de conservation, selon les répondants au questionnaire.

3.2. DIRECTIVES POLITIQUES

Selon le rapport *Out of the Blue*^[2], les écosystèmes d'herbiers marins n'ont pas été la priorité en matière de conservation des habitats côtiers dans le monde, puisque seulement 26 % de la zone connue est incluse dans une aire marine protégée. Ce niveau de protection contraste avec celui des écosystèmes de mangroves, de marais salants et de coraux d'eau chaude, où la superficie connue au sein d'une AMP dépasse 40%. Dans le cas de la biorégion de l'Atlantique tropical (où se trouvent les pays membres RAMPAO), 32% de la superficie connue des herbiers marins est incluse dans une AMP. Pourtant, les prairies sous-marines remplissent des fonctions écologiques irremplaçables, essentielles à la santé des écosystèmes marins

et à la fourniture de bénéfices uniques pour l'humanité. Au cours des dernières décennies, la communauté internationale a adopté de nombreuses directives politiques internationales qui fournissent le cadre conceptuel et contraignant pour la conservation des écosystèmes au niveau mondial, ainsi que pour le bien-être et le développement durable des communautés locales. Ces orientations politiques, qui reposent sur des concepts largement acceptés par les scientifiques et les gestionnaires, sont résumées dans cette section, en soulignant leur pertinence pour la conservation des herbiers marins, en commençant par les concepts généraux sur la gestion et la conservation, puis en passant aux instruments politiques (Tableau 3.1).

TABLEAU 3.1. Principaux concepts et accords internationaux relatifs à la conservation des herbiers marins. UICN: Union internationale pour la Conservation de la Nature; ONU: Organisation des Nations Unies; UNESCO-COI: Commission Océanographique Intergouvernementale de l'Organisation des Nations Unies pour l'Éducation, la Science et la Culture. La date d'adoption de l'instrument politique est indiquée.

ACCORD, DÉCISION OU DOCUMENT FONDATEUR	ORGANISATION	DATE	OBJECTIF OU CONCEPT PRINCIPAL EN RAPPORT AVEC LES HERBIERS MARINS
CONCEPT DE CONSERVATION DE LA NATURE	IUCN	1980	"[...] la gestion de l'utilisation humaine de la biosphère de manière à ce qu'elle puisse apporter le plus grand bénéfice durable aux générations actuelles tout en maintenant son potentiel pour répondre aux besoins et aux aspirations des générations futures."
CONCEPT DE DÉVELOPPEMENT DURABLE	ONU	1987	"[...] un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre à leurs propres besoins."
CONCEPT D'APPROCHE DE PRÉCAUTION	ONU	1992	"[...] afin de protéger l'environnement, l'approche de précaution doit être largement appliquée par les États en fonction de leurs capacités. En cas de menace de dommages graves et irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement."
OBJECTIFS D'AICHI EN MATIÈRE DE BIODIVERSITÉ	ONU	2010	<p>Objectif stratégique A: s'attaquer aux causes sous-jacentes de la perte de biodiversité en intégrant la biodiversité dans l'ensemble du gouvernement et de la société.</p> <p>Objectif stratégique B: réduire les pressions directes sur la biodiversité et promouvoir une utilisation durable.</p> <p>Objectif stratégique C: améliorer l'état de la biodiversité en sauvegardant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique.</p> <p>Objectif stratégique D: Accroître les avantages pour tous de la biodiversité et des services écosystémiques.</p> <p>Objectif stratégique E: améliorer la mise en œuvre par la planification participative, la gestion des connaissances et le renforcement des capacités.</p> <p>Indicateur pertinent: "[...] d'ici à 2020, au moins 10 % des zones côtières et marines, en particulier des zones particulièrement importantes pour la biodiversité et les services écosystémiques, sont conservées grâce à des systèmes d'aires protégées et d'autres mesures efficaces de conservation par zone, gérés de manière efficace et équitable, représentatifs sur le plan écologique et bien reliés entre eux, et intégrés dans les paysages terrestres et marins au sens large".</p>

TABLEAU 3.1. Continué

ACCORD, DÉCISION OU DOCUMENT FONDATEUR	ORGANISATION	DATE	OBJECTIF OU CONCEPT PRINCIPAL EN RAPPORT AVEC LES HERBIERS MARINS
PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT DURABLE À L'HORIZON 2030	ONU	2015	"un plan d'action pour les personnes, la planète et la prospérité". ODD 14: "Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines pour le développement durable". ODD 13: "Prendre des mesures urgentes pour lutter contre le changement climatique et ses effets".
CADRE MONDIAL POUR LA BIODIVERSITÉ POST-2020	ONU - Convention sur la diversité biologique	2022	Vision 2050: "Vivre en harmonie avec la nature".
ACCORD DE PARIS	ONU	2015	"[...] renforcer la réponse mondiale à la menace du changement climatique, dans le contexte du développement durable et des efforts visant à éradiquer la pauvreté, notamment en: (a) maintenant l'augmentation de la température moyenne mondiale bien en deçà de 2°C par rapport aux niveaux préindustriels et en poursuivant les efforts visant à limiter l'augmentation de la température à 1,5°C par rapport aux niveaux préindustriels, sachant que cela réduirait considérablement les risques et les effets du changement climatique; b) en augmentant la capacité d'adaptation aux effets néfastes du changement climatique et en favorisant la résilience climatique et un développement à faibles émissions de gaz à effet de serre, d'une manière qui ne menace pas la production alimentaire; etc) en rendant les flux financiers compatibles avec une trajectoire vers un développement à faibles émissions de gaz à effet de serre et résilient au climat. "
CONTRIBUTIONS DÉTERMINÉES AU NIVEAU NATIONAL	ONU	2015	"[...] d'entreprendre par la suite des réductions rapides conformément aux meilleures données scientifiques disponibles, de manière à parvenir à un équilibre entre les émissions anthropiques par les sources et l'absorption par les puits de gaz à effet de serre dans la seconde moitié de ce siècle, sur la base de l'équité, et dans le contexte du développement durable et des efforts visant à éliminer la pauvreté."
CADRE DE SENDAI POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES DE CATASTROPHES 2015-2030	ONU	2015	"La réduction substantielle des risques de catastrophes et des pertes de vies, de moyens de subsistance et de santé et des actifs économiques, physiques, sociaux, culturels et environnementaux des personnes, des entreprises, des communautés et des pays".

ACCORD, DÉCISION OU DOCUMENT FONDATEUR	ORGANISATION	DATE	OBJECTIF OU CONCEPT PRINCIPAL EN RAPPORT AVEC LES HERBIERS MARINS
CONVENTION DE RAMSAR	Les parties contractantes à la convention	1971	"La conservation et l'utilisation rationnelle de toutes les zones humides par des actions locales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier."
DÉCENNIE DES NATIONS UNIES POUR LA RESTAURATION DES ÉCOSYSTÈMES 2021-2030	ONU	2019	"La restauration des écosystèmes consiste à aider à la récupération des écosystèmes qui ont été dégradés ou détruits, ainsi qu'à conserver les écosystèmes qui sont encore intacts."
DÉCENNIE DES NATIONS UNIES POUR L'OcéANOGRAPHIE AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE 2021-2030	IOC-UNESCO	2017	"Vers l'océan dont nous avons besoin pour l'avenir que nous voulons", "avec les objectifs préliminaires suivants: (i) stimuler la coopération internationale en ce qui concerne les besoins en sciences marines nécessaires pour soutenir la mise en œuvre de l'Agenda 2030 ; (ii) comprendre les impacts des facteurs de stress cumulatifs et rechercher des solutions durables pour pérenniser les avantages tirés de l'océan; (iii) partager les connaissances et renforcer les capacités de recherche marine interdisciplinaire, ce qui se traduira par des avantages pour tous les États membres, en particulier pour les PEID et les pays les moins avancés (PMA); (iv) d'acquérir une meilleure connaissance quantitative de la dynamique des océans, des écosystèmes et de leur contribution à la société, sur l'ensemble de la colonne océanique, de la surface au fond, et du point de vue des forçages naturels et anthropiques; (v) de compléter la carte des fonds océaniques et de leurs ressources afin de favoriser leur gestion durable".

3.2.1. CONCEPT DE CONSERVATION DE LA NATURE

Selon l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature ^[3], la conservation de la nature est "la gestion de l'utilisation humaine de la biosphère de manière à ce qu'elle puisse apporter le plus grand bénéfice durable aux générations actuelles tout en maintenant son potentiel pour répondre aux besoins et aux aspirations des générations futures". Selon une autre définition, la conservation est "l'intervention humaine dans les processus dynamiques qui déterminent la composition des communautés végétales et animales, de manière à maintenir

un modèle ou une série de processus particuliers souhaités" ^[4]. La conservation implique donc une certaine forme d'action active sur l'écosystème, soit pour interdire de manière proactive certaines activités qui pourraient entraîner une exploitation excessive des ressources et des dommages, soit pour minimiser les dommages en réduisant l'intensité de ces activités ou en appliquant des mesures d'atténuation. Un autre aspect essentiel de la conservation, très bien exprimé dans la définition de l'UICN, est que la conservation de la nature doit avoir à l'esprit le fonctionnement futur des écosystèmes afin de soutenir durablement l'humanité à long terme.

3.2.2. LE CONCEPT DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le concept de développement durable a été formalisé dans le rapport d'une série de réunions de la Commission mondiale sur l'environnement et le développement, convoquées par les Nations unies entre 1983 et 1987: Notre trait commun ^[5]. Ce rapport est également connu sous le nom de rapport Brundtland, car il a été coordonné par Gro Brundtland, ancien premier ministre de Norvège. Le rapport définit le développement durable

comme "un développement qui répond aux besoins du présent sans compromettre la capacité des générations futures à répondre aux leurs". Le rapport reconnaît que le développement humain, sous la forme d'une réduction de la pauvreté et d'une répartition des richesses, est crucial pour formuler des stratégies de conservation de l'environnement, mais aussi qu'il existe des limites à la croissance économique qui sont imposées par l'environnement. Il est donc nécessaire d'équilibrer l'économie et l'écologie.

3.2.3. LE CONCEPT DE PRINCIPE DE PRÉCAUTION

Le concept de principe de précaution a été défini dans la Déclaration de Rio sur l'environnement et le développement ^[6], l'une des conclusions de la Conférence des Nations unies sur l'environnement et le développement. La Déclaration stipule que "les êtres humains sont au centre des préoccupations en matière de développement durable. Ils ont droit à une vie saine et productive en harmonie avec la nature" et que, "pour protéger l'environnement, le principe de précaution doit être largement appliquée par les États selon leurs capa-

cités. En cas de risque de dommages graves et irréversibles, l'absence de certitude scientifique absolue ne doit pas servir de prétexte pour remettre à plus tard l'adoption de mesures effectives visant à prévenir la dégradation de l'environnement". Par conséquent, si les gestionnaires ne sont pas sûrs qu'une certaine activité soit nuisible pour l'environnement, il vaut mieux pécher par excès de prudence et ne pas autoriser cette activité. En outre, si une activité autorisée nuit à l'environnement, c'est le promoteur de cette activité qui devrait supporter le coût de l'application de mesures d'atténuation pour réduire l'impact nuisible.

3.2.4. LES OBJECTIFS D'AICHI EN MATIÈRE DE BIODIVERSITÉ ET LE CADRE MONDIAL POUR LA BIODIVERSITÉ POST-2020

Les objectifs d'Aichi en matière de biodiversité ont été adoptés lors de la COP 10 qui s'est réunie à Aichi, au Japon, en 2010, afin de poursuivre les efforts de conservation initiés par la Convention sur la Diversité Biologique. Les parties ont convenu d'un Plan stratégique pour la biodiversité 2011-2020 ^[7] qui comprend cinq objectifs stratégiques, tous directement pertinents pour la conservation des herbiers dans les pays membres du RAMPPO. Ces objectifs sont les suivants:

OBJECTIF STRATÉGIQUE A: S'attaquer aux causes sous-jacentes de la perte de biodiversité en intégrant la biodiversité au sein des gouvernements et de la société.

OBJECTIF STRATÉGIQUE B: Réduire les pressions directes sur la biodiversité et promouvoir une utilisation durable.

OBJECTIF STRATÉGIQUE C: améliorer l'état de la biodiversité en sauvegardant les écosystèmes, les espèces et la diversité génétique.

OBJECTIF STRATÉGIQUE D: Accroître les avantages pour tous de la biodiversité et des services écosystémiques.

OBJECTIF STRATÉGIQUE E: améliorer la mise en œuvre par la planification participative, la gestion des connaissances et le renforcement des capacités.

Le plan stratégique pour la biodiversité a conseillé un plan de mise en œuvre à adopter par les partenaires signataires dans chaque pays, fixant plusieurs objectifs explicites. Parmi ceux-ci, l'un des plus ambitieux, qui constituerait une avancée majeure en matière de conservation marine, est que, d'ici 2020, "au moins 10 % des zones côtières et marines, en particulier les zones revêtant une importance particulière pour la biodiversité et les services éco-

systemiques", soient "conservées par le biais de systèmes d'aires protégées et d'autres mesures efficaces de conservation par zone, gérés efficacement et équitablement, représentatifs sur le plan écologique et bien reliés entre eux, et intégrés dans les paysages terrestres et marins au sens large".

Cet objectif d'Aichi n'a été atteint dans aucun des pays membres RAMPAAO ^[8] ni au niveau mondial ^[9]. Reconnaisant que de nombreux objectifs d'Aichi n'ont pas été atteints, un groupe de travail est chargé de faire avancer les préparatifs pour l'élaboration du cadre mondial de la biodiversité post-2020. Ce processus devrait aboutir à l'adoption d'un cadre mondial pour la biodiversité post-2020 lors de la deuxième phase de la Conférence des Nations unies sur la biodiversité en 2022, à Kunming, en Chine.

3.2.5. LE PROGRAMME DE DÉVELOPPEMENT DURABLE 2030 ET LES OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE

Le Programme de développement durable qui a été adopté par les Nations unies ^[11] est un "plan d'action pour les personnes, la planète et la prospérité" qui devrait être accompli d'ici 2030. Cet Agenda est opérationnalisé à travers 17 Objectifs de Développement Durable (ODD; Figure 3.4), chacun comprenant plusieurs cibles et des indicateurs respectifs. L'ODD 14 couvre la vie sous l'eau, et entend " Conserver et utiliser durablement les océans, les mers et les ressources marines pour le développement durable".

Les cibles les plus pertinentes pour la conservation des herbiers marins sont Cible 14.1: D'ici à 2025, prévenir et réduire sensiblement les pollutions marines de toutes sortes, en particulier celles provenant d'activités terrestres, y compris les débris marins et la pollution par les nutriments. Cible 14.2: D'ici à 2020, gérer et protéger durablement les écosystèmes marins

et côtiers pour éviter qu'ils n'aient des effets néfastes notables, notamment en renforçant leur résilience, et prendre des mesures pour les remettre en état afin d'obtenir des océans sains et productifs. Cible 14.4: D'ici à 2020, réglementer efficacement les prélèvements et mettre fin à la surpêche, à la pêche illicite, non déclarée et non réglementée et aux pratiques de pêche destructrices, et mettre en œuvre des plans de gestion fondés sur des données scientifiques, afin de reconstituer les stocks de poissons dans les meilleurs délais, au moins à des niveaux susceptibles de produire un rendement maximal durable, tel que déterminé par leurs caractéristiques biologiques. Cible 14.5: D'ici 2020, conserver au moins 10 % des zones côtières et marines, conformément au droit national et international et sur la base des meilleures informations scientifiques disponibles. La plupart de ces cibles n'ont pas été atteintes au cours de la période indicative, que ce soit dans les pays membres du RAMPAAO ou au niveau mondial, mais il existe un consensus général sur le fait qu'elles doivent être poursuivies en permanence.

OBJECTIFS DE DÉVELOPPEMENT DURABLE



FIGURE 3.4. Les 17 Objectifs de Développement Durable.

3.2.6. L'ACCORD DE PARIS ET LES CONTRIBUTIONS DÉTERMINÉES NATIONAL POUR LA RÉDUCTION DES GAZ À EFFET DE SERRE

L'Accord de Paris est un traité international juridiquement contraignant sur le changement climatique adopté en 2015 par 196 Parties lors de la COP 21 à Paris ^[11]. Son objectif est de limiter le réchauffement climatique à bien moins de 2, de préférence 1,5 degré Celsius, par rapport aux niveaux préindustriels. Pour atteindre cet objectif à long terme, les pays visent à parvenir à un monde climatiquement neutre d'ici 2050. Un élément clé pour atteindre les objectifs mondiaux définis dans l'Accord de Paris est la contribution déterminée au niveau national (CDN), dans laquelle chaque pays fournit un plan d'action climatique autodéterminé pour réduire les émissions nationales et s'adapter aux impacts du changement climatique. Les CDN comprennent des objectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre liés au climat, ainsi que des poli-

tiques et des mesures que les gouvernements entendent mettre en œuvre en réponse au changement climatique. L'Accord de Paris exige que chaque pays prépare, communique et mette à jour tous les cinq ans les CDN qu'il entend réaliser. Les pays doivent adopter des mesures nationales d'atténuation afin d'atteindre les objectifs de ces contributions.

Les prairies sous-marines sont des solutions fondées sur la nature pour l'atténuation et l'adaptation au changement climatique (voir module 1), de sorte que la protection et la restauration de ces écosystèmes peuvent être incluses dans les CDN (Encadré 3.1), notamment dans le cadre des inventaires nationaux de gaz à effet de serre, suivant les lignes directrices du GIEC ^[12], agissant comme une stratégie de réduction des émissions ^[13,14]. Pourtant, le couplage de la conservation des océans et de l'action climatique dans les CDN est encore déficient en termes d'actions océaniques spécifiques en tant que solutions climatiques ^[15].

En effet, moins de 20 % des parties possédant des écosystèmes côtiers à carbone bleu les reconnaissent comme des puits de carbone dans leurs CDN ^[15]. En 2019, dix pays avaient explicitement inclus les prairies sous-marines dans leurs CDN, que ce soit pour l'adaptation au climat, l'atténuation ou les deux ^[16]. Cependant, les objectifs mesurables dans les CDN de ces pays concernant les écosystèmes d'herbiers marins font pour la plupart défaut [16].

Les sept pays du RAMP AO sont signataires de l'Accord de Paris (Tableau 3.2). Parmi eux, le Cabo Verde et la Sierra Leone incluent les herbiers dans leur CDN (Encadré 3.1). La Gambie est un autre pays à mettre en avant dans la région, puisqu'elle était autrefois reconnue comme le seul pays à être sur la bonne voie pour atteindre l'objectif climatique de 1,5 degré, mais récemment, elle a été évaluée comme étant hors de la voie ^[17].

TABLEAU 3.2. Détails de la participation des pays membres du RAMP AO à l'Accord de Paris et du statut des contributions déterminées au niveau national (CDN). Les CDN peuvent avoir différents statuts : première (si c'est celle qui est soumise pour la première fois), archivée (si elle est archivée parce qu'une nouvelle mise à jour a été soumise), et mise à jour (étant la dernière mise à jour puis l'active).

PAYS	% DE GES POUR LA RATIFICATION	DATE DE LA SIGNATURE	DATE DE LA RATIFICATION	DATE D'ENTRÉE EN VIGUEUR	STATUT DU NDC
SÉNÉGAL	0.05%	22 avril 2016	21 septembre 2016	04 novembre 2016	29/12/2020 (première)
LA GAMBIE	0.05%	26 avril 2016	7 novembre 2016	7 décembre 2016	07/11/2016 (archivé) 12/09/2021 (mise à jour)
SIERRA LEONE	0.04%	22 septembre 2016	01 novembre 2016	01 décembre 2016	01/11/2016 (archivé) 31/07/2021 (mise à jour)
GUINÉE-BISSAU	0.02%	22 avril 2016	22 octobre 2018	21 novembre 2018	22/10/2018 (archivé) 12/10/2021 (mise à jour)
MAURITANIE	0.02%	22 avril 2016	27 février 2017	29 March 2017	27/02/2017 (archivé) 12/10/2021 (mise à jour)
GUINÉE	0.01%	22 avril 2016	21 septembre 2016	4 novembre 2016	21/09/2016 (archivé) 28/07/2021 (mise à jour)
CABO VERDE	< 0.00%	22 avril 2016	21 septembre 2017	21 octobre 2017	21/09/2017 (archivé) 02/04/2021 (mise à jour)

ENCADRÉ 3.1.

ÉTUDE DE CAS: INTÉGRATION DES HERBIERS MARINS DANS LES CONTRIBUTIONS DÉTERMINÉES AU NIVEAU NATIONAL (CDN) DU CABO VERDE.

Le Cabo Verde est devenu le premier pays membre du RAMPAO à intégrer les prairies sous-marines dans sa CDN en 2021. Les mesures spécifiques pour les zones humides, et donc les herbiers, incluses dans le NDC sont ^[22]:

CONTRIBUTION À L'ATTÉNUATION N°5: FAVORISER LA FONCTION DE Puits NATUREL DES ÉCOSYSTÈMES (PAGE 30)

- Explorer la séquestration naturelle du carbone à partir des océans;
- Améliorer la collecte et la gestion des données sur les zones humides, mettre à jour l'inventaire actuel des zones humides et améliorer l'accès et le partage des données et des méthodologies;
- Intégrer les informations sur les zones humides, notamment les données et les plans de conservation et de restauration, dans les plans de développement municipaux;

CONTRIBUTION À L'ADAPTATION N°5: ÉTENDRE LES ZONES MARINES PROTÉGÉES (PAGE 39)

- Utiliser les connaissances et les outils d'analyse spatiale pour identifier le potentiel de séquestration du carbone et les emplacements optimaux pour les aires marines protégées;

CONTRIBUTION À L'ADAPTATION N°6: DÉFENDRE LES RESSOURCES MARINES ET LES ZONES CÔTIÈRES (PAGE 40)

- Mettre en œuvre une protection côtière dans chaque île, en donnant la priorité aux herbiers marins, en utilisant des "solutions fondées sur la nature, les écosystèmes et les paysages" combinées à (ou substituées à) des infrastructures grises, en tirant parti de la séquestration du carbone parmi d'autres avantages adaptatifs;
- Élaborer un inventaire des prairies sous-marines, une stratégie de protection et un régime complet de conservation des prairies sous-marines d'ici 2024, en assurant la continuité du projet d'inventaire des prairies sous-marines actuellement développé à Santiago et Maio;
- Renforcement de l'expertise des connaissances dans ce domaine au sein de la communauté scientifique et universitaire de Cabo Verde, ainsi que l'identification et le soutien de la recherche en collaboration avec des centres de recherche internationaux sur la biologie marine, y compris les herbiers marins;

CONTRIBUTION À L'ADAPTATION N°7 : UTILISER L'AMÉNAGEMENT DU TERRITOIRE COMME ALLIÉ DANS L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET L'ATTÉNUATION DE SES EFFETS (PAGE 42)

- Identifier les zones présentant le plus grand potentiel d'atténuation et d'adaptation et les points chauds du risque climatique, y compris la protection des zones humides ;
- Conserver et protéger la biodiversité marine, y compris les zones d'herbiers marins, et adapter ainsi l'aménagement de cette zone au changement climatique, y compris la prévision de l'élévation du niveau de la mer.

3.2.7. LE CADRE DE SENDAI POUR LA RÉDUCTION DES RISQUES DE CATASTROPHES

Le Cadre de Sendai pour la réduction des risques de catastrophe 2015-2030 a été adopté lors de la troisième conférence mondiale de l'ONU à Sendai, au Japon, le 18 mars 2015 ^[18]. Le Cadre de Sendai souligne que, plus que de gérer les catastrophes après quelles soient survenues, les autorités régionales, nationales et locales devraient agir afin de prévenir et de réduire le risque de survenue de catastrophes à l'avenir, et développer des mesures pour prévenir et atténuer ces dangers s'ils se produisent. La réduction des risques de catastrophe est une tâche complexe qui nécessite une approche multirisque, où le changement climatique et sa variabilité sont des facteurs critiques impliquant une gestion environnementale appropriée.

La conservation des prairies sous-marines est très importante à cet égard, car on sait qu'elles ont pour effet d'atténuer le risque d'érosion et d'inondation des côtes lors des ondes de tempête et de l'élévation du niveau de la mer causée

par le réchauffement climatique. Cette fonction dépend de la hauteur, de la densité et de la superficie de l'herbier, ainsi que de son interaction avec la colonne d'eau, les courants et les vagues ^[19]. Cependant, le rôle des herbiers marins dans la protection des côtes dépend des conditions physiques du lieu et des propriétés des herbiers marins, ce qui signifie que tous les herbiers marins n'ont pas la même capacité à protéger le littoral des risques ^[20]. Dans les pays membres du RAMPAAO, l'espèce d'herbiers marins la plus commune, *Halodule wrightii*, a un plus faible potentiel de réduction des catastrophes en raison de sa plus petite taille parmi toutes les espèces (voir ^[21] pour des comparaisons de taille et de densité entre les espèces). En revanche, l'espèce intertidale *Zostera noltei* a un plus fort potentiel de réduction des catastrophes en raison de sa forte densité et *Cymodocea nodosa* également en raison de ses grandes feuilles. Quoi qu'il en soit, toutes ces espèces peuvent être conservées dans le but de contribuer, dans une certaine mesure, à la prévention des catastrophes.

3.2.8. LA CONVENTION DE RAMSAR RELATIVE AUX ZONES HUMIDES D'IMPORTANCE INTERNATIONALE, PARTICULIÈREMENT COMME HABITATS DES OISEAUX D'EAU

La Convention de Ramsar relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau a été adoptée dans la ville de Ramsar, en Iran, en 1971 et est entrée en vigueur en 1975. La Convention de Ramsar ^[23] est un traité intergouvernemental qui vise "la conservation et l'utilisation rationnelle de toutes les zones humides par des actions locales et nationales et par la coopération internationale, en tant que contribution à la réalisation du développement durable dans le monde entier". Les Parties contractantes de la Convention de Ramsar ont convenu de "trois piliers", en vertu desquels elles s'engagent à: œuvrer à l'utilisation rationnelle de toutes leurs zones humides; inscrire des zones humides appropriées sur la

liste des zones humides d'importance internationale (la "Liste de Ramsar") et assurer leur gestion efficace; et coopérer au niveau international sur les zones humides transfrontalières, les systèmes de zones humides partagés et les espèces partagées.

Les sept membres du RAMPAAO et bénéficiaires du projet ResilienSea sont des parties contractantes de la convention RAMSAR, avec des dates d'entrée allant de 1977 à 2005: le Sénégal 1977, la Mauritanie 1983, la Guinée-Bissau 1990, la Guinée 1993, La Gambie 1997, la Sierra Leone 2000 et le Cabo Verde 2005. Il y a au total 40 sites RAMSAR désignés dans les pays membres du RAMPAAO: 8 sites au Sénégal, 3 sites en La Gambie, 1 site en Sierra Leone, 4 sites en Guinée-Bissau, 4 sites en Mauritanie, 16 sites en Guinée et 4 sites au Cabo Verde. Parmi ces sites, les herbiers sont connus pour être présents dans 7 d'entre eux et doivent être vérifiés dans 4 sites (Tableau 3.3).

TABLEAU 3.3. Sites Ramsar des pays membres du RAMPAO dans lesquels la présence de prairies marines est confirmée ou doit être confirmée. L'année d'inscription du site est indiquée entre parenthèses.

PAYS	PRÉSENCE DE PRAIRIES MARINES	NOM DU SITE RAMSAR ET ANNÉE DE DÉSIGNATION
SÉNÉGAL	Confirmée	Parc National du Delta du Saloum (1984)
	À confirmer	Réserve Naturelle Communautaire de Palmarin (2017)
	À confirmer	Réserve Naturelle d'Intérêt Communautaire de la Somone (1917)
GUINÉE-BISSAU	Confirmée	Archipel Bolama-Bijagós (2014)
LA GAMBIE	Confirmée	Parc national de Niomi (2008)
MAURITANIE	Confirmée	Parc National du Banc d'Arguin (1982)
GUINÉE	Confirmée	Iles Tristao (1992)
	Confirmée	Rio Pongo (1992)
	Confirmée	Rio Kapatchez (1992)
	Confirmée	Ile Blanche (1993)
CABO VERDE	À confirmer	Lagune de Rabil (2005)*
	Confirmée	Lagune de Pedra Badejo (2005)
	À confirmer	Salines de Porto Inglês (2013)
	Confirmée	Salines de Pedra de Lume (2018)

* Les herbiers marins ont probablement disparu sur ce site.

3.2.9. LA DÉCENNIE DES NATIONS UNIES POUR LA RESTAURATION DES ÉCOSYSTÈMES (2021-2030) ET LA DÉCENNIE DES NATIONS UNIES POUR L'OCÉANOGRAPHIE AU SERVICE DU DÉVELOPPEMENT DURABLE (2021-2030).

Selon la Décennie des Nations unies pour la restauration des écosystèmes ^[24], "la restauration des écosystèmes consiste à aider à la reconstitution des écosystèmes qui ont été dégradés ou détruits, ainsi qu'à conserver les écosystèmes qui sont encore intacts". La perte mondiale de

la superficie des herbiers marins a été estimée à 7 % par an à la fin du vingtième siècle ^[25]. En tant qu'habitats côtiers remarquables fournissant des services écosystémiques côtiers essentiels à l'homme et à la nature ^[26], les herbiers devraient être au centre du programme mondial de restauration. Pour préserver ces avantages, il est nécessaire de réduire ou d'éliminer la pression exercée sur les écosystèmes d'herbiers, afin de permettre une régénération naturelle, ou de prendre des mesures positives, afin de restaurer activement l'habitat et la communauté associée (voir section 3.3.6).

La vision de la Décennie des Nations Unies pour l'océanologie au service du développement durable est "la science dont nous avons besoin pour l'océan que nous voulons" ^[27]. La Décennie de l'océan est un cadre permettant à diverses parties prenantes de concevoir et de mener conjointement des recherches axées sur les solutions nécessaires au bon fonctionnement des océans, à l'appui de l'Agenda 2030. Elle est coordonnée par la Commission océanogra-

phique intergouvernementale de l'UNESCO, l'organe des Nations Unies chargé de soutenir les sciences et services océaniques à l'échelle mondiale. Contribuer au développement des capacités, à la connaissance des océans et à la suppression des obstacles à la pleine diversité des sexes, des générations et des zones géographiques sont des éléments essentiels de la Décennie de l'océan, qui sont des aspects clés pour mettre en œuvre l'Objectif de développement durable 14.

3.3. STRATÉGIES DE GESTION ENVIRONNEMENTALE

La gestion de l'environnement consiste en des initiatives environnementales visant à résoudre les problèmes environnementaux qui affectent une région ou un lieu spécifique, voire le niveau mondial. L'objectif d'encourager les initiatives de gestion environnementale est de prévenir la dégradation de l'environnement et la perte de biodiversité, et de veiller à ce que les écosystèmes soient maintenus dans un état sain pour les générations à venir.

Dans les pays membres du RAMPAO, une gestion efficace est nécessaire à l'échelle régionale et locale pour protéger les prairies sous-marines et promouvoir leur résilience à

long terme. Dans cette section, nous présentons des instruments de gestion généraux qui pourraient être appliqués dans la région.

Nombre des options de gestion présentées ici contribuent à accroître la résilience des herbiers. En écologie, la résilience est la capacité d'un écosystème à répondre à une perturbation ou à un dérangement en résistant aux dommages et en se rétablissant rapidement. Ainsi, l'amélioration de la résilience des herbiers devrait être au centre des préoccupations des gestionnaires de l'environnement, et devrait être fondée sur des données scientifiques ^[28].

3.3.1. ÉVALUATION DES INCIDENCES SUR L'ENVIRONNEMENT

Le développement et les activités humaines peuvent avoir des impacts négatifs sur les écosystèmes, mettant en danger la biodiversité et les services écosystémiques qu'ils fournissent, ce qui peut avoir des conséquences négatives pour les personnes et le bien-être humain. Les activités humaines peuvent être précédées par la proposition de projets par des entités privées ou publiques. En ce sens, l'évaluation de l'im-

act sur l'environnement (EIE) est une stratégie de gestion qui peut être définie comme "le processus d'identification, de prévision, d'évaluation et d'atténuation des effets biophysiques, sociaux et autres effets pertinents des propositions de développement avant que des décisions majeures ne soient prises et des engagements pris" ^[29]. Selon la définition de l'Association internationale pour l'évaluation d'impact (IAIA), les EIE ont pour but de:

- Veiller à ce que les considérations environnementales soient explicitement prises en compte et intégrées dans le processus décisionnel en matière de développement;

- Prévoir et éviter, minimiser ou compenser les effets biophysiques, sociaux et autres effets négatifs importants des propositions de développement;

- protéger la productivité et la capacité des systèmes naturels et les processus écologiques qui maintiennent leurs fonctions; et

- promouvoir un développement durable et optimiser l'utilisation des ressources et les possibilités de gestion.

Globalement, l'EIE est un instrument clé pour les gestionnaires afin de planifier un développement qui soit "compatible avec la

3.3.2. GESTION INTÉGRÉE DES ZONES CÔTIÈRES

La gestion intégrée des zones côtières (GIZC) est un "processus dynamique, multidisciplinaire et itératif visant à promouvoir la gestion durable des zones côtières". Elle couvre le cycle complet de la collecte d'informations, de la planification (dans son sens le plus large), de la prise de décision, de la gestion et du suivi de la mise en œuvre. La GIZC fait appel à la participation éclairée et à la coopération de toutes les parties prenantes pour évaluer les objectifs sociétaux dans une zone côtière donnée et pour prendre des mesures visant à atteindre ces objectifs. La GIZC cherche, à long terme, à équilibrer les objectifs environnementaux, économiques, sociaux, culturels et récréatifs, le tout dans les limites fixées par la dynamique naturelle. Le terme "intégré" dans la GIZC fait référence à l'intégration des objectifs et à l'intégration des nombreux instruments nécessaires pour atteindre ces objectifs. Cela signifie l'intégration de tous les domaines politiques, secteurs et niveaux d'administration pertinents. Il signifie l'intégration des composantes ter-

restres et marines du territoire cible, dans le temps et dans l'espace" ^[31]. Les Principes internationaux de bonnes pratiques pour la biodiversité et les services écosystémiques dans l'évaluation d'impact [30] énumèrent 9 principes (Encadré 3.2) qui peuvent être appliqués à toutes les étapes et à tous les types d'évaluation d'impact, et qui visent à soutenir les efforts pour obtenir des résultats durables pour la biodiversité, les écosystèmes et les services qu'ils fournissent.

Ces pratiques devraient être appliquées dans les pays membres RAMPAAO pour une évaluation critique des conséquences sur les herbiers marins et leurs services, avant toute décision de gestion côtière telle que la déforestation et la construction côtière.

restres et marines du territoire cible, dans le temps et dans l'espace" ^[31].

Dans les pays membres RAMPAAO, il est essentiel que la gestion des zones côtières intègre la prise en compte de la santé des écosystèmes marins, et des herbiers en particulier, dans la planification de la gestion des zones terrestres, car le ruissellement des sédiments et des nutriments terrestres est une cause majeure de la disparition des herbiers:

- La construction devrait être réglementée et il ne devrait pas y avoir de déboisement dans la zone côtière où les herbiers sont présents car les sédiments seront érodés vers la mer et enterreront les herbiers et les détruiront, et réduiront la lumière essentielle, abaissant ainsi la profondeur de l'habitat.

- Les rejets ou les écoulements riches en nutriments doivent être évités et fortement réglementés à proximité des sites d'herbiers marins car les nutriments élevés favoriseront la croissance du phytoplancton et des algues filamenteuses qui entreront en concurrence avec les herbiers marins pour la lumière.

ENCADRÉ 3.2.

PRINCIPES INTERNATIONAUX DE MEILLEURES PRATIQUES POUR LA BIODIVERSITÉ ET LES SERVICES ÉCOSYSTÉMIQUES DANS L'ÉVALUATION DES IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT (ÉIE).

PRINCIPE 1: Utiliser ÉIE pour maintenir et améliorer la biodiversité, avec un objectif d'aucune perte nette (NNL) comme minimum et une aspiration à un gain net (NG).

PRINCIPE 2: Intégrer la biodiversité et les services écosystémiques dans la planification du développement et ÉIE dès les premières étapes possibles.

PRINCIPE 3: Adopter une perspective écosystémique pour encadrer ÉIE, permettant d'évaluer l'importance des changements écologiques à des échelles spatiales et temporelles appropriées.

PRINCIPE 4: Aborder les droits, les valeurs, les dépendances et les avantages que les personnes tirent de la biodiversité et des écosystèmes dans ÉIE, en adoptant une approche participative et transparente tout au long du processus.

PRINCIPE 5: Concevoir des enquêtes et des évaluations de base de ÉIE afin de générer les informations et la compréhension nécessaires pour soutenir des approches factuelles de l'évaluation des impacts sur la biodiversité et les écosystèmes.

PRINCIPE 6: Veiller à ce que les incidences sur la biodiversité et les services écosystémiques soient pleinement prises en compte en utilisant des approches transparentes et fondées sur des données probantes, ainsi que les compétences appropriées.

PRINCIPE 7: Appliquer la hiérarchie des mesures d'atténuation (MH), en mettant l'accent sur les mesures préventives et en prévoyant des compensations pour les impacts résiduels sur la biodiversité, les écosystèmes et les services qu'ils fournissent.

PRINCIPE 8: Utiliser des approches de précaution lorsque les conséquences du développement sur la biodiversité et les services écosystémiques ne sont pas claires et que les informations sont insuffisantes pour exclure la possibilité d'impacts inacceptables, irréversibles ou non compensables.

PRINCIPE 9: Mettre en place des systèmes de gestion adaptative solides pour garantir que les engagements en matière d'EI seront respectés, que les mesures d'atténuation seront mises en œuvre et que les résultats en matière d'absence de perte nette/gain net (NNL/NG) peuvent être démontrés par le biais de ce suivi, de l'audit et des rapports.

3.3.3. AMÉNAGEMENT DE L'ESPACE MARIN

La Planification Spatiale Marine (PSM) est un "processus public d'analyse et de répartition spatiale et temporelle des activités humaines dans les zones marines afin d'atteindre des objectifs écologiques, économiques et sociaux qui ont été spécifiés par un processus politique" ^[32]. La PSM vise à minimiser les conflits entre les activités humaines tout en assurant le bon fonctionnement et la résilience des écosystèmes marins. Les exemples de la PSM sont l'allocation d'espace pour des usages particuliers (et l'exclusion d'usages) ou des conditions spécifiques pour l'utilisation de zones ou de ressources maritimes. La planification de l'espace maritime est généralement réalisée en identifiant et en cartographiant toutes les questions et activités marines qui se produisent dans la zone d'intérêt.

La PSM peut être appliquée aux zones d'herbiers pour comprendre quelles sont les activités qui peuvent interférer avec l'état des herbiers. Cette activité permettrait de donner des orientations spatiales pour gérer correctement les zones d'herbiers et les activités qui s'y déroulent (par exemple, les activités de pêche).

Dans les pays membres RAMPAAO, la planification de l'espace marin devrait être appli-

quée pour définir que dans les zones d'herbiers marins, les activités de contact avec le fond doivent être fortement réglementées et minimisées dans la mesure du possible. Il s'agit notamment de l'amarrage ou de l'ancrage des bateaux, des pratiques de pêche avec des filets qui touchent le fond, et de la récolte de bivalves avec des techniques de creusement ou de dragage. Si ces activités ne peuvent être éradiquées pour des raisons sociales ou économiques, des programmes d'éducation à l'environnement doivent être organisés par les autorités locales afin d'expliquer les dommages causés aux herbiers marins et d'explorer des pratiques alternatives moins dommageables. Une surveillance active de ces activités est obligatoire, soit pour alerter les utilisateurs de l'habitat des herbiers des dommages causés et les faire participer dans les programmes d'éducation environnementale, soit pour appliquer des amendes à ceux qui ne veulent pas se conformer aux réglementations mises en place. En outre, la PSM devrait être utilisée pour améliorer les interactions terre-mer et plus particulièrement la gestion de la pollution et des pressions humaines. Pour la mise en œuvre de la CND, la PSM est également nécessaire pour suivre l'évolution des surfaces d'herbiers et leur état écologique afin d'estimer leur contribution aux objectifs d'atténuation.

3.3.4. APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE DE LA PÊCHE

L'approche écosystémique des pêches (AEP) est un concept adopté par l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture ^[33] qui reconnaît que la gestion des pêches ne sera pas réussie si l'intégrité de l'écosystème n'est pas maintenue. Selon cette approche, il ne suffit pas de gérer une seule espèce séparément des autres composantes de l'écosystème. L'AEP peut être définie comme "une extension de la gestion conventionnelle des pêches reconnaissant plus explicitement l'interdépendance entre le bien-être humain et la santé des écosystèmes et la nécessité de maintenir la pro-

ductivité des écosystèmes pour les générations actuelles et futures, par exemple en conservant les habitats essentiels, en réduisant la pollution et la dégradation, en minimisant les déchets, en protégeant les espèces menacées" ^[34]. Ce concept est similaire à la gestion des pêches basée sur les écosystèmes ^[35], bien que cette dernière n'aborde pas explicitement les implications et dépendances sociétales de la gestion des écosystèmes.

L'AEP est particulièrement pertinente pour la conservation des herbiers marins car ceux-ci sont des habitats essentiels pour l'achèvement du cycle de vie de nombreuses espèces marines

d'importance commerciale ^[36], agissant comme des pépinières où les stades juvéniles de nombre de ces espèces trouvent de bonnes conditions pour se nourrir, s'abriter et se développer ^[37]. Les populations locales et les instances dirigeantes devraient donc adopter une approche de précaution vis-à-vis de ces écosystèmes, en équilibrant les avantages directs à court terme qui peuvent être tirés des pratiques d'exploitation qui, dans de nombreux cas, produisent des dommages directs aux herbiers marins, avec les avantages à plus long terme qui sont obtenus grâce à des stocks de poissons et de crustacés sains.

Dans les pays membres RAMP AO, les herbiers constituent un habitat essentiel pour les espèces d'intérêt commercial, qui survivent jusqu'à la taille de capture en plus grand

nombre que sans d'herbiers, et dont une grande partie de la biodiversité marine dépend pour se nourrir et s'abriter ^[38]. Par exemple, dans le Banc d'Arguin, en Mauritanie, les pêcheries artisanales ciblant les courbines, les mulets, les soles et les requins-chiens ont contribué à une valeur ajoutée de 1 million d'euros par an sur la période 2006-2017, tandis que les estimations basées sur un modèle bio-économique prévoient que la fonction de nurserie du Parc contribue à 15% des pêcheries de la zone économique exclusive mauritanienne, soit une création de valeur ajoutée de 71 millions d'euros par an ^[38]. Les bénéfices de la conservation des herbiers vont donc bien au-delà de la protection directe de l'habitat des herbiers, et doivent être considérés comme protégeant tous ces bénéfices fonctionnels de l'écosystème.

3.3.5. CADRES JURIDIQUES POUR LA PROTECTION ET LA DÉSIGNATION DES AMP DANS LE RÉSEAU RAMP AO

L'identification des zones abritant des herbiers marins est relativement récente dans la plupart du réseau RAMP AO. Bien que la plupart des habitats d'herbiers de la région soient en fait situés à l'intérieur d'AMP, leurs plans de gestion n'incluent pas de mesures ciblées pour la protection de ces habitats, comme un zonage qui pourrait restreindre les activités dommageables, ni de plans de réhabilitation. De plus, la gestion/conservation des herbiers sont souvent pris en compte dans les lois générales protégeant les habitats côtiers et marins, comme les codes de l'environnement ou de la pêche, ce qui dilue l'efficacité de ces codes pour protéger et restaurer les herbiers. Cette situation n'est pas propre au pays du réseau RAMP AO mais affecte les efforts de conservation des herbiers à travers le monde.

Dans le réseau RAMP AO, la première identification et cartographie formelle à grande échelle des habitats des herbiers marins a été réalisée en 2010 dans le cadre d'un projet financé par la MAV A relatif à l'évaluation des services écosystémiques des AMP (6 écosystèmes dont les

herbiers) par rapport aux aires non protégées ^[39]. Dans le projet ResilienSea ^[40], plusieurs sites pilotes bénéficient de cadres de protection qui ont été conçus à l'origine pour la conservation d'écosystèmes, d'habitats et d'espèces particulières comme les tortues marines, les poissons ou les oiseaux. La phase II du projet ResilienSea se concentre sur la mise en œuvre de techniques de suivi et de mesures de gestion appropriées pour la protection des sites pilotes d'herbiers, à travers la production de connaissances, la communication et le plaidoyer, afin d'aboutir à des actions de conservation des herbiers dans les 7 pays cibles. Le RAMP AO est responsable de la mise en œuvre de la stratégie 3 (Renforcer la gestion et la protection des sites) dans les sites pilotes, par le biais du réseau d'AMP existant. Cette section fournit des informations sur le statut de protection des herbiers dans les sites pilotes, qui sont tirées des documents du projet ResilienSea qui ont été présentés lors de la réunion du comité de pilotage de novembre 2021 en La Gambie ^[40].

A) CABO VERDE:

Gamboa (Praia, Île de Santiago). Le site de Gamboa à Praia est déjà menacé par l'industrie du tourisme en raison de la construction d'un complexe hôtelier et d'un pont, en plus de sa

proximité avec les activités portuaires. Le site n'a pas de statut juridique contraignant pour la protection des herbiers marins, bien qu'il contienne la seule population d'*Halodule wrightii* connue pour le Cabo Verde^[41]. Cependant, il est envisagé que sa protection soit liée au programme de gestion intégrée des zones côtières qui est à l'étude. Les règlements de protection marine peuvent potentiellement inclure des clauses sur la conservation et la protection des herbiers marins. Une autre approche consiste à promulguer des politiques nationales intégrées sur la conservation des herbiers dans le cadre de la contribution déterminée au niveau national du Cabo Verde pour réduire l'émission de gaz à effet de serre. C'est un grand pas en avant pour le pays et un exemple à suivre dans la région.

Pedra Badejo (Île de Santiago). La zone humide de Pedra Badejo est située sur la côte est de l'île de Santiago. Elle est caractérisée par deux lagunes séparées, la "lagoa" et la "lagoinha". Ces lagunes sont reliées à la mer mais sont alimentées occasionnellement par des crues pluviales. La zone humide a été déclarée site Ramsar en 2005 (n° 1577), mais elle nécessite actuellement des mesures de conservation urgentes. Après la construction du barrage de Poilão, le lagoinha a cessé de recevoir de l'eau de pluie, n'étant plus alimenté que par l'eau de mer. Le lagoa a réduit son débit et sa taille de manière drastique en raison des débris de construction de routes déversés dans la zone. Les activités d'agriculture intensive réduisent également la taille de la zone humide, principalement dans le lagoinha, mettant ainsi en danger l'herbier marin (*Ruppia maritima*) de cette zone humide, jusqu'à présent la seule observation confirmée de cette espèce en Afrique atlantique^[42].

Pedra de Lume (Île de Sal). Les marais salants de Pedra de Lume sont une propriété privée située dans la caldeira d'un volcan éteint, située sur l'île de Sal, l'île la plus touristique de l'archipel. La zone a été classée comme paysage protégé (par le décret-loi 3/2003, du 24 février), dans le but de préserver les éléments naturels et culturels qu'elle détient, et en 2012, le site a été déclaré patrimoine national naturel, historique

et culturel (résolution n° 21/2012, du 24 avril). C'est l'un des lieux touristiques les plus visités de l'île de Sal, ce qui peut représenter un risque élevé pour le petit herbier de *Ruppia sp.* présent dans les marais salants.

Ribeira de Rabil (Île de Boa Vista). La lagune de Ribeira de Rabil, dans l'île de Boa Vista, est considérée comme un site Ramsar depuis 2005 (site Ramsar n° 1576), en raison de sa grande importance pour les oiseaux migrateurs. En outre, en raison de ses valeurs paysagères pour la préservation et le maintien des ressources écologiques dérivées de la dynamique des dunes de sable, elle a été insérée dans la réserve naturelle de Boa Esperança (décret réglementaire n° 16/2014 du 10 février). Actuellement, elle borde les zones côtières de développement touristique, ce qui entraîne une forte pression anthropique, due aux activités touristiques et nautiques, conduisant à la dégradation de la lagune. Malheureusement, la construction de ponts et de routes qui traversent la lagune a conduit à la disparition de l'herbe marine (*Ruppia sp.*) dans cette zone, et le site doit être suivi pour détecter si la régénération de l'espèce aura lieu.

Porto Inglês (Île de Maio). Les marais salants de Porto Inglês, dans l'île de Maio, sont caractérisés par une plaine salée avec un bassin lagunaire, des dunes de sable et des zones rocheuses semi-désertiques. La zone est actuellement utilisée pour l'extraction du sel et le pâturage du bétail. La zone a été classée comme paysage protégé en 2003 (décret-loi 3/2003, du 24 février) et déclarée site Ramsar (n° 2182) en 2013. La zone constitue un site important pour un herbier marin (*Ruppia sp.*) qui est saisonnier, variant avec le niveau d'eau du site, mais elle fait face à des menaces émergentes comme la circulation de véhicules tout-terrain, l'extraction de sable et l'expansion du quai principal de l'île.

B) LA GAMBIE:

Îles Bijol -Tanji, Ganjur et Kartong. La Gambie possède des aires d'alimentation hautement prioritaires pour les tortues vertes, en

particulier dans et autour des îles Bijol. Le site des îles Bijol bénéficie d'un statut de protection pour les tortues et donc, indirectement, pour les herbiers marins. En outre, la conservation des herbiers marins a été intégrée dans la législation nationale, comme la loi sur la faune de 2020 et les plans de gestion du sanctuaire d'oiseaux de Tanji. L'équipe du projet ResilienSea en La Gambie et l'UGP du FEM 6 ont accepté d'étendre les deux AMP proposées pour couvrir les sites pilotes d'herbiers marins à Gunjur et Kartong. Le projet GCCA+ a inclus les sites pilotes d'herbiers dans le plan de gestion intégrée des zones côtières, et des discussions sont en cours avec le projet GCCA+ pour envisager la restauration des herbiers dans le cadre de la composante de verdissement côtier basée sur l'écosystème. ResilienSEA et "Ba Nyamo Tango" (restauration des herbiers marins) travailleront en étroite collaboration pour protéger, conserver et restaurer les herbiers marins en La Gambie. La Gambie vient de recevoir un financement du PNUE pour étendre et reproduire la conservation et la restauration des herbiers marins sur l'ensemble du littoral gambien.

C) GUINÉE:

Îles Tristao. Les îles Tristao sont inscrites à la convention de Ramsar sur les zones humides depuis 1992. Depuis 2013, le site bénéficie d'un statut d'aire marine protégée communautaire, qui vise à préserver et valoriser la diversité biologique, sociale et culturelle du site. Les îles Tristao ont également le statut de ZICO de BirdLife. Elles forment un écosystème précieux en raison des nombreuses forêts de mangroves qui poussent dans la région. Actuellement, un processus est en cours pour l'intégration de la conservation des herbiers marins dans le plan de gestion des AMP de Guinée.

D) GUINÉE BISSAU:

Unhocomo et Unhocomozinho. Les îles Unhocomo et Unhocomozinho font partie de la réserve de biosphère Bolama Bijagós désignée par l'UNESCO en 1996. La réserve de biosphère de Bolama Bijagós couvre l'ensemble de l'archipel de Bijagós et comprend trois zones

protégées, la l'AMP communautaire d'Urok, le parc national d'Orango et le parc marin national de João Vieira-Poilão. Les zones autour des îles Unhocomo-Unhocomozinho ont été signalées comme un site de concentration pour les tortues vertes juvéniles et comme une aire de reproduction pour les adultes qui nichent, mais ne sont pas reconnues comme un parc national. Cependant, un processus de révision de la réglementation sur la pêche artisanale est en cours afin d'intégrer la protection des herbiers dans la législation nationale. La révision a été validée par le Conseil des ministres et est en attente de promulgation.

E) MAURITANIE:

Parc National du Banc d'Arguin et Baie de l'Étoile. Le Parc National du Banc d'Arguin est un site du patrimoine mondial et a le statut d'Aire Marine Protégée avec une loi spécifique adoptée depuis 2000 par la loi 2000/24 et ses décrets d'application. Le site est reconnu mondialement pour sa grande importance pour la biodiversité, notamment les herbiers marins. Le site de la Baie de l'Étoile, situé près de Nouadhibou, au nord du Banc d'Arguin, abrite des herbiers mais n'a pas encore obtenu le statut de protection malgré diverses tentatives menées par l'UICN.

F) SÉNÉGAL:

Réserve Biosphère du Delta du Saloum. La grande zone abritant les herbiers marins est incluse dans les limites du parc national du delta du Saloum et dans l'aire marine protégée de Joal-Fadiouth. Ici, le risque majeur pour les herbiers est souvent le chalutage de fond et l'ancrage des bateaux de pêche. Des réglementations contraignantes sont incluses dans le code de la pêche maritime de 2015 et son décret de 2016 définissant une frange maritime, s'étendant de 0 à 6 milles nautiques de la ligne de base, où l'utilisation de chaluts de fond est interdite. Par ailleurs, les opérations de pêche se déroulent au-delà des limites maritimes des AMP, telles que définies par le décret n° 2004-1408 portant création des AMP de Bamboung, Kayar, Abene, St Louis et Joal Fadiouth.

Lagunes salines et saumâtres. Les herbiers marins du genre *Ruppia* ont été historiquement présentes dans plusieurs lacs salins et saumâtres au nord de Dakar, y compris le lac Retba (lac Rose) et le lac Tanma (plan d'eau saisonnier), bien que leur statut actuel dans la région ne soit pas clair. La principale menace pour ces herbiers semble être une salinité élevée permanente, car ces zones humides ont été réduites depuis les années 1970 en raison de la sécheresse et du pompage excessif, ce qui a entraîné une salinité très élevée. Le lac Retba contenait des *Ruppia sp.* au moins en 1985^[43]; il est actuellement utilisé pour la production de sel et est considéré par l'UNESCO comme un site du patrimoine mondial. Jusqu'à présent, aucun de ces lacs n'est un site Ramsar ou une zone protégée.

G) SIERRA LEONE:

Îles Tortue (île Bumpetuk). Les îles Tortue sont situées dans la province du sud-est de la Sierra Leone. Elles font partie de la zone de protection marine de l'estuaire de Bonthe-Sherbo.

L'environnement est caractérisé par de vastes forêts de mangroves, des vasières et des bancs de sable. La présence d'herbiers marins ajoute à cette variété d'habitats. L'équipe du projet ResilienSea en Sierra Leone a élaboré un "Livre Blanc" qui encourage l'intégration de la conservation des herbiers marins dans les lois nationales et locales régissant les zones côtières et les habitats marins en Sierra Leone. Le livre blanc fournit des recommandations sur la nécessité de renforcer la conservation des ressources naturelles dans l'environnement côtier et marin. L'analyse documentaire des politiques et législations nationales a permis d'identifier les institutions ayant le mandat requis pour la protection et la gestion des herbiers marins. L'étude a également analysé les politiques et la législation existantes et a déterminé le cadre juridique approprié pour la conservation et la gestion des herbiers. Le résultat de cette étude est un ensemble de recommandations qui donnent la priorité à la conservation des herbiers et la soutiennent au niveau national.

3.3.6. RESTAURATION DES PRAIRIES SOUS-MARINES

La principale raison de la restauration des herbiers marins est de rétablir les populations d'herbiers perturbées ou perdues. La restauration des herbiers marins ne vise généralement pas à transformer d'autres habitats naturels vierges en habitats d'herbiers marins plantés artificiellement, car tous les habitats naturels ont leur propre valeur complémentaire et ne devraient pas être détruits pour être transformés en quelque chose de plus précieux sans une justification très solide.

L'objectif de la restauration des herbiers est généralement de rétablir les nombreuses fonctions de l'écosystème assurées par les herbiers, plutôt que de protéger les herbiers eux-mêmes pour des raisons de conservation des espèces. Bien que les herbiers sains présentent de nombreux avantages écologiques et économiques (voir module 1), ces avantages ne peuvent pas tous être obtenus à la même échelle de

temps dans les programmes de restauration. Certains avantages, comme les services d'approvisionnement en poissons, peuvent être améliorés dès que des herbiers sains sont rétablis, ce qui stimule également la biodiversité et la faune charismatique comme les lamantins, les tortues de mer et les hippocampes. En revanche, la séquestration du carbone par les herbiers marins se fait principalement par l'accumulation de la matière organique dans les sédiments sur de longues échelles temporelles. Par conséquent, si une ancienne prairie marine stable est détruite et que les sédiments sont mobilisés, le carbone accumulé au cours des siècles est perdu et il faudra à nouveau des siècles pour retrouver les mêmes fonctions que celles assurées par la prairie marine d'origine. Il ne suffit pas de replanter une prairie marine saine pour accumuler rapidement, en quelques années, une épaisse couche de sédiments riches en carbone similaire à celle que l'on trouve dans les prairies séculaires. Par exemple, si la construction d'une marina détruit un herbier,

le fait de replanter l'herbier ailleurs permet de récupérer une partie de l'effet de pépinière de la canopée, mais ne permet pas de récupérer le piégeage du carbone détruit par la construction de la marina. Le message important à souligner pour la gestion est que la restauration ne remplace pas la conservation.

La restauration des herbiers peut demander beaucoup de travail, être coûteuse et les résultats sont souvent incertains et souvent infructueux. Lorsqu'un herbier est perdu, l'environnement physique et biologique peut changer à tel point qu'il ne permet plus à l'herbier de se développer dans la zone. Le passage d'un herbier à une zone dénudée est un point de basculement entre des états stables distincts de l'écosystème qui, une fois modifié, peut nécessiter un effort énorme (par exemple, ^[44]) pour revenir à l'herbier, ou même être impossible à inverser en raison de la modification du cadre environnemental après la disparition de l'herbier. Il est donc impératif que les gestionnaires et les praticiens donnent toujours la priorité à la protection et à la conservation des prairies sous-marines existantes. Une première étape importante consiste à favoriser la régénération naturelle des herbiers en s'attaquant aux facteurs qui ont provoqué leur déclin ou leur disparition (restauration passive). Lorsque la cause de la disparition des herbiers échappe au contrôle de la direction, il peut être nécessaire de restaurer les herbiers par une intervention active (restauration active).

La restauration des herbiers peut être entreprise au sein d'un réseau doté d'une plateforme centralisée permettant aux principales parties prenantes de communiquer et de partager des informations sur la restauration, le suivi, la gestion, la protection et la conservation des herbiers. Un tel réseau peut se réunir périodiquement pour coordonner le dialogue autour des travaux de restauration d'une manière qui favorise la transparence et atténue la confusion en encourageant une discussion ouverte et la diffusion de la science des herbiers, ainsi que des ambitions et des défis à long terme en matière de restauration et de conservation des herbiers. Au fur et à mesure qu'une initia-

tive de réseau progresse, elle devrait créer une communauté unifiée qui accueille les discussions ouvertes, partage les connaissances (tant locales que scientifiques) et fait tomber les barrières de communication qui existent entre les parties prenantes et les responsables de la mise en œuvre de la restauration.

Plusieurs méthodes de restauration des herbiers ont été développées et testées. La méthode la plus appropriée sera différente pour chaque lieu et chaque espèce. Lors du choix d'une méthode, il convient de prendre en compte les éléments suivants:

- les causes de la disparition des herbiers marins et les menaces restantes sur le site,
- la taille du site de restauration et des espèces d'herbiers,
- les résultats antérieurs dans des environnements similaires et pour des espèces similaires,
- le coût et les risques potentiels,
- les résultats des essais pilotes à petite échelle.

La transplantation manuelle des herbiers marins nécessite un stock sauvage, sous forme de plantes adultes ou de graines. Les projets qui recourent à la transplantation manuelle comme méthode de restauration impliquent généralement l'utilisation de gazons d'algues avec des sédiments et des systèmes rhizomatiques/racinaires intacts, de pousses d'algues sans sédiments ou de graines/fruits.

En général, la transplantation d'herbiers marins avec des sédiments garantit que le système de racines et de rhizomes reste relativement intact et fournit également un réservoir du milieu d'enracinement d'origine. Cette technique implique l'enlèvement et la plantation d'une pelle pleine d'herbiers marins avec des sédiments et des rhizomes/racines intacts. Les équipements nécessaires pour cette technique sont des pelles et des sortes de (grands) bassins pour contenir les mottes. La méthode du bouchon, qui est une méthode d'extraction de l'herbe de mer avec sédiment, utilise des tubes comme dispositifs de carottage pour extraire les plantes avec le sédiment et les rhi-

zomes intacts. Les tubes de carottage peuvent être fabriqués à partir d'un tuyau en plastique PVC de n'importe quel diamètre (largement utilisé dans la construction de bâtiments) avec un bouchon pour créer initialement un vide et empêcher les sédiments de s'écouler par le fond. Le tube est inséré dans le sédiment, pressé jusqu'à environ 10 cm sous terre, bouché (ce qui crée un vide), puis retiré du sédiment et bouché à l'autre extrémité pour éviter de perdre le bouchon. Cette méthode présente l'avantage d'avoir un taux de survie plus élevé, mais l'inconvénient d'être plus difficile à transporter, surtout lorsque le lit donneur est éloigné du site de restauration.

La méthode sans sédiment consiste à retirer les plantes du sédiment à l'aide d'une pelle. Le sédiment est secoué pour enlever les racines et les rhizomes et les plantes sont placées dans des réservoirs d'eau de mer courante, des enclos flottants ou similaires pour les conserver jusqu'à ce qu'elles soient transformées en "unités de plantation". Lorsque l'on utilise cette méthode, il est essentiel de s'assurer que les extrémités des rhizomes en croissance sont présentes dans les unités de plantation individuelles, car elles constituent une source de nouvelles pousses et de croissance horizontale, et un moyen ultérieur d'étendre un pré. L'herbe de mer doit être plantée soit directement dans le lit au moyen de brins, en utilisant les doigts, soit ancrée à l'aide d'une variété de dispositifs tels que des tiges, des chevilles, des anneaux, des clous, des pierres, des coquillages, des barres d'armature, des broches ou des agrafes. Les agrafes métalliques en forme de U ou les crochets en fil métallique robuste (par exemple, le fil de clôture) sont les dispositifs d'ancrage les plus courants qui ont été utilisés avec succès à ce jour dans les projets de plantation d'herbiers sans sédiments. Une modification de ce dispositif peut être l'utilisation du fil de construction qui aide à ancrer les espèces de prairie marine et le fil se rouille et se dégrade assez rapidement dans l'eau de mer. La méthode de

plantation d'herbiers marins sans sédiments a plus de chances de réussir dans les zones où les sables sont fins, où le mouvement de l'eau est modéré et où la lumière est abondante. Le transport de la plante sans sédiments est un grand avantage en raison de son poids et de son volume réduit, mais il présente l'inconvénient d'exiger beaucoup de travail et d'avoir des taux de survie parfois plus faibles.

La Gambie est le seul pays du réseau du RAMPAO et le seul pays de l'Afrique de l'Ouest, à développer une initiative de restauration des herbiers marins, qui s'appelle Ba Nyamo Tanko et a débuté en janvier 2022. Ba Nyamo Tanko, qui signifie Conservation des herbiers à Mandika, est une nouvelle initiative unique en La Gambie et en Afrique de l'Ouest, visant à restaurer, gérer et renforcer la capacité de conservation des herbiers dans ce pays.

Ba Nyamo Tanko est un projet multi-acteurs porté par le département des parcs et de la gestion de la faune sauvage de La Gambie. Il est financé par l'Initiative internationale pour les récifs coralliens (ICRI) et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE), et soutenu par l'Université Eduardo Mondlane (Mozambique) et Alma Group (Royaume-Uni). Ba Nyamo Tanko a accueilli son premier atelier de formation au Gunjur Project Lodge du 17 au 21 Janvier 2022. L'initiative est centrée sur les communautés de Gunjur et vise à renforcer les capacités d'application des techniques de restauration, de gestion et de conservation des prairies marines locales, ainsi qu'à promouvoir les meilleures pratiques et les actions de sensibilisation appropriées pour le bien-être de ces écosystèmes importants. Jusqu'à 7 ha sont envisagés pour la restauration, ce qui correspond à environ 5 % de la superficie estimée des prairies sous-marines dans le pays. Le partenariat pour la restauration et le réseau de suivi des herbiers marins renforce la mise en œuvre de la stratégie de CESP (communication, éducation et sensibilisation du public) en La Gambie.

3.3.7. PROGRAMMES DE SUIVI ET CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS

Le suivi environnemental consiste en des processus et des activités visant à mesurer, évaluer et déterminer périodiquement les paramètres environnementaux d'un système afin de prévenir les effets négatifs et dommageables pour l'environnement. Comme les herbiers sont situés dans les zones côtières, sous la pression d'impacts humains multiples et cumulatifs (voir module 2), y compris le changement climatique, le suivi environnemental est nécessaire pour évaluer leur état et détecter les changements dans le temps. Ainsi, en cas de détection de signes de détérioration par les activités de suivi, des mesures de gestion pourraient alors être mises en œuvre pour éviter, inverser ou atténuer toute dégradation supplémentaire. Le suivi peut également être utilisé pour évaluer le rétablissement des herbiers lorsque de nouveaux outils de gestion

ont été adoptés comme, par exemple, des projets de restauration, ou la mise en œuvre d'un plan spatial marin réglementant l'ancrage des bateaux sur les herbiers. Les programmes de suivi sont normalement adaptés aux spécificités des herbiers à suivre (superficie, profondeur, espèces, etc.) et aux impacts auxquels ils sont soumis.

Les herbiers présents dans le réseau du RAMPAO manquent de programmes de suivi, ce qui rend difficile la compréhension des tendances passées et présentes. La mise en œuvre d'un programme de suivi est donc une priorité afin de fournir des informations aux gestionnaires sur l'état des herbiers et d'éviter leur dégradation et leur disparition à l'avenir. Le module 4 du présent manuel comprend un aperçu complet des techniques de suivi des herbiers et un protocole spécifique à mettre en œuvre pays membres du RAMPAO.

3.3.8. SENSIBILISATION DU PUBLIC

Il est essentiel que la société soit bien informée des valeurs et des avantages des écosystèmes naturels pour pouvoir prendre des décisions de gestion appropriées. Les prairies sous-marines, du fait qu'elles sont immergées, ne sont pas visibles pour les citoyens, de sorte qu'elles sont souvent inconnues du grand public ou confondues avec les algues. La reconnaissance des avantages et de la contribution des écosystèmes d'herbiers au bien-être humain est également encore limitée dans de nombreuses régions ^[45]. Il peut y avoir des exceptions, car les pêcheurs artisanaux associent normalement les herbiers à la pêche, ce qui les valorise. Pourtant, d'autres services, qui ne sont pas directement observés, sont peu ou pas reconnus. Par exemple, la valeur des herbiers dans l'atténuation du changement climatique par la séquestration du carbone ou leur rôle dans la purification et l'hygiénisation de l'eau. La sensibilisation du public à l'importance des herbiers fait partie des plus grands défis de la conservation des herbiers ^[46],

et il est essentiel de viser des décisions bien informées, du niveau des individus (par exemple, les pêcheurs) aux actions régionales et nationales prises par les gouvernements.

La sensibilisation du public aux herbiers devrait se faire par le biais de possibilités d'éducation et d'expérience pour les personnes de tous âges ^[46] et les groupes de parties prenantes. Les activités pourraient consister en des sorties sur le terrain dans des zones où se trouvent des herbiers, afin que les gens puissent faire l'expérience directe du contact avec les herbiers, soit dans les zones intertidales (qui offrent un accès facile), soit dans des eaux peu profondes où les participants peuvent utiliser des lunettes et un tuba (ce qui permet de voir toute la complexité et l'enchantement de l'habitat). D'autres activités visant à sensibiliser le public comprennent des activités scolaires (conférences), la publication de livres pour enfants, des expositions, des articles de vulgarisation dans les médias locaux, etc. Ces dernières années, la commu-

nauté des chercheurs sur les herbiers a célébré en mars le mois de la sensibilisation aux herbiers et les Nations Unies ont récemment déclaré le 1er mars comme la Journée Mon-

diale des Herbiers Marins. Ces dates sont également de bonnes occasions pour organiser des activités visant à commémorer les énormes avantages des herbiers marins pour l'homme.

3.3.9. ENGAGEMENT DES COMMUNAUTÉS LOCALES

Les efforts de gestion et de conservation peuvent intégrer les intérêts et les points de vue des populations locales, une approche souvent appelée gestion communautaire (CBM) ou conservation communautaire (CBC). Cette stratégie de gestion est de plus en plus adoptée dans de nombreuses régions, et se caractérise par le fait qu'elle combine conservation et développement, et qu'elle est centrée sur les personnes qui dépendent des ressources naturelles, qui participent activement aux projets^[47]. La conception des projets de conservation communautaire doit être faite avec soin, en

suivant les principes sociaux^[48], en considérant les caractéristiques des communautés locales et les besoins de conservation et de développement. Il a été prouvé que cette approche, lorsqu'elle est bien conçue et menée, facilite des pratiques de gestion plus durables.

La gestion communautaire est une "opportunité pour une conservation efficace, efficiente et socialement juste des herbiers marins"^[48]. Certaines initiatives, qui n'en sont encore qu'à leurs débuts, envisagent des projets de paiements pour services écosystémiques (PSE) comme modèle pour soutenir la conservation communautaire des prairies sous-marines^[48].

3.4. BIBLIOGRAPHIE

1. de los Santos, C.B., Serrão, E.A., Queiroga, H., Araújo, A., Sidi Cheikh, M.A., Barri, I., de la Hoz Schilling, C., Santos, R., and Bandeira, S. (2021). Deliverable L1.2: Synthesis of the results of the questionnaires highlighting the priority axes and themes of the draft training manual. Project to improve knowledge and management of seagrass beds in West Africa. Technical report for RAMPAO. Centro de Ciências do Mar do Algarve. Faro, Portugal.
2. United Nations Environment Programme (2020). Out of the Blue: The Value of Seagrasses to the Environment and to People. [Potouroglou, M., Grimsditch, G., Weatherdon, L., & Lutz, S. (eds)]. United Nations Environment, Nairobi, Kenya.
3. IUCN-UNEP-WWF (1980). World Conservation Strategy: Living Resource Conservation for Sustainable Use. IUCN.
4. Holdgate (1991). Conservation in a World Context.
5. United Nations (1987). Our common future, from one Earth to one world. An overview by the World Commission on Environment and Development. [Brundtland, G. (coord.)]. United Nations.
6. United Nations (1992). Report of the United Nations Conference on Environment and Development. Annex I. Rio Declaration on Environment and Development. United Nations.
7. CBD, UNEP (2010). The Strategic Plan for biodiversity 2011–2020 and the Aichi targets. In Report of the Tenth Meeting of the Conference of the Parties to the Convention on Biological Diversity.
8. Failler P., Touron-Gardic, G., & Traoré, M.-S. (2019). Is Aichi Target 11 Progress correctly measured for developing countries? Trends in Ecology and Evolution, 34, 10, 875-879.
9. Failler P., Touron-Gardic, G., Traoré, M.-S., & Chian Phang, S. (2020). Evaluating the official achievement of Aichi Target 11 for West African countries: a twofold challenge of accuracy and catching-up, Science of the Total Environment, 698, 134284, 1-12.
10. UN General Assembly (2015). Resolution adopted by the General Assembly on 25 September 2015. A/RES/70/1. Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development. UN General Assembly.
11. UN General Assembly (2015). Paris agreement.
12. Hiraishi, T., Krug, T., Tanabe, K., Srivastava, N., Baasansuren, J., Fukuda, M., & Troxler, T. G. (2014). 2013 supplement to the 2006 IPCC guidelines for national greenhouse gas inventories: Wetlands. IPCC. Switzerland.
13. Herr, D., & Landis, E. (2016). Coastal blue carbon ecosystems: Opportunities for Nationally Determined Contributions. 2016. International Union for Conservation of Nature.
14. Martin, A., Landis, E., Bryson, C., Lynaugh, S., Mongeau, A., Lutz, S. (2016). Blue Carbon - Nationally Determined Contributions Inventory. Appendix to: Coastal blue carbon ecosystems. Opportunities for Nationally Determined Contributions. GRID- Arendal, Norway.
15. Ocean Conservancy (2021). Ocean-Based Climate Solutions in Nationally Determined Contributions. November 2021 update.

- 16.** Fortes, M., Griffiths, L., Collier, C., *et al.* (2020). Policy and management options. In: *Out of the blue: The value of Seagrasses to the Environment and to People*, by Potouroglou, M., Grimsditch, G., Weatherdon, L., & Lutz, S. (pp. 63-69). United Nations Environment. Nairobi, Kenya.
- 17.** Climate Action Tracker (2022). The Gambia. [accessed 10 March 2022].
- 18.** UN General Assembly (2015). Sendai Framework for Disaster Risk Reduction 2015 - 2030.
- 19.** Fonseca, M.S., & Cahalan, J.A. (1992). A preliminary evaluation of wave attenuation by four species of seagrass. *Estuarine and Coastal Shelf Science*, 35, 565-576
- 20.** Ondiviela, B., Losada, I. J., Lara, J. L., Maza, M., Galván, C., Bouma, T. J., & van Belzen, J. (2014). The role of seagrasses in coastal protection in a changing climate. *Coastal Engineering*, 87, 158-168.
- 21.** Chefaoui, R.M., Duarte, C.M., Tavares, A.I., Frade, D.G., Sidi Cheikh, M.A., Ba, M.A., & Serrão, E.A. (2021). Predicted regime shift in the seagrass ecosystem of the Gulf of Arguin driven by climate change. *Global Ecology and Conservation*, 32, e01890.
- 22.** Ministério da Agricultura e Ambiente (2021). Cabo Verde, 2020 Update to the first Nationally Determined Contribution (NDC). United Nations Development Programme and Governo de Cabo Verde.
- 23.** Ramsar Convention (1994). Convention on Wetlands of International Importance especially as Waterfowl Habitat, as amended by the Protocol of 3.12.1982 and the Amendments of 28.5.1987.
- 24.** United Nations General Assembly (2019). United Nations Decade on Ecosystem Restoration (2021–2030).
- 25.** Waycott, M., Duarte, C. M., Carruthers, T. J., *et al.* (2009). Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(30), 12377-12381.
- 26.** de los Santos, C.B., Scott, A., Arias-Ortiz, A., *et al.* (2020). Seagrass ecosystem services: Assessment and scale of benefits. In: *Out of the blue: The value of Seagrasses to the Environment and to People*, by Potouroglou, M., Grimsditch, G., Weatherdon, L., & Lutz, S. (pp. 21-34). United Nations Environment. Nairobi, Kenya.
- 27.** United Nations Decade of Ocean Science for Sustainable Development (2021-2030).
- 28.** Cullen-Unsworth, L.C., & Unsworth, R.K. (2016). Strategies to enhance the resilience of the world's seagrass meadows. *Journal of Applied Ecology*, 53(4), 967-972.
- 29.** International Association for Impact Assessment (1999). Principles of Environmental Impact Assessment Best Practice. USA.
- 30.** Brownlie, S., & Treweek, J. (2018). Biodiversity and Ecosystem Services in Impact Assessment. Special Publication Series No. 3. International Association for Impact Assessment. Fargo, USA.
- 31.** EEA Glossary (2000). Integrated coastal zone management [Accessed 22 March 2022].
- 32.** UNESCO-IOC and European Commission (2021). MSP global International Guide on Marine/Maritime Spatial Planning. Paris, UNESCO. IOC Manuals and Guides no 89.

- 33.** Garcia, S.M., Zerbi, A., Aliaume, C., Do Chi, T., & Lasserre, G. (2003). The ecosystem approach to fisheries. Issues, terminology, principles, institutional foundations, implementation and outlook. FAO Fisheries Technical Paper. No. 443. FAO. Rome, Italy.
- 34.** Ward, T., Tarte, D., Hegerl, E., Short, K. (2002). Ecosystem-based management of marine capture fisheries. World Wide Fund for Nature Australia.
- 35.** Pikitch, E.K., Santora, C., Babcock, E.A., *et al.* (2004). Ecosystem-based fishery management. *Science*, 305, 346-347
- 36.** Heck, K.L., Hays, G., & Orth, R.J. (2003). Critical evaluation of the nursery role hypothesis for seagrass meadows. *Marine Ecology Progress Series*, 253, 123-136.
- 37.** Trégarot, E., Meissa, B., Gascuel, D., *et al.* (2020). The role of marine protected areas in sustaining fisheries: The case of the National Park of Banc d'Arguin, Mauritania. *Aquaculture and Fisheries*, 5(5), 253-264.
- 38.** Trégarot, E., Touron-Gardic, G., Cornet, C., & Failler, P. (2020). Valuation of coastal ecosystem services in the Large Marine Ecosystems of Africa. *Environmental Development*, 36, 100584, 1-13.
- 39.** Failler, P., & Binet, T. (2012). Évaluation de la valeur socio-économique des écosystèmes marins et côtiers des Aires marines protégées de l'Afrique de l'Ouest, Résumé, projet EVA dans le cadre du programme d' "Appui au renforcement institutionnel du Réseau Régional d'AMP en Afrique de l'Ouest - RAMP AO - et à la mise en œuvre de son plan de travail".
- 40.** ResilienSea (2021). Compte rendu du comité de pilotage du projet ResilienSea. WIACO/MAVA. Banjul, The Gambia.
- 41.** Creed, J.C., Engelen, A.H., D'Oliveira, E.C., Bandeira, S., & Serrão, E.A. (2016). First record of seagrass in Cape Verde, eastern Atlantic. *Marine Biodiversity Records*, 9, 57.
- 42.** Martinez-Garrido, J., Creed, J., Martins, S., Almada, C.H., & Serrão, E.A. (2017). First record of *Ruppia maritima* in West Africa supported by morphological description and phylogenetic classification. *Botanica Marina*, 60(5), 583-589.
- 43.** Thoen, D. (1987). First observations on the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizae (VAM) in hydrophytes, hygrophytes, halophytes and xerophytes in the region of Lake Retba (Cabo Verde, Senegal) during the dry season. *Bulletin de la Société Royale de Botanique de Belgique*, 9, 60-66.
- 44.** Paulo, D., Cunha, A. H., Boavida, J., Serrão, E. A., Gonçalves, E. J., & Fonseca, M. (2019). Open coast seagrass restoration. Can we do it? Large scale seagrass transplants. *Frontiers in Marine Science*, 6, 52.
- 45.** Cullen-Unsworth, L. C., Nordlund, L. M., Paddock, J., Baker, S., McKenzie, L. J., & Unsworth, R. K. (2014). Seagrass meadows globally as a coupled social-ecological system: Implications for human wellbeing. *Marine Pollution Bulletin*, 83(2), 387-397.
- 46.** Unsworth, R.K., McKenzie, L.J., Collier, C.J., *et al.* (2019). Global challenges for seagrass conservation. *Ambio*, 48(8), 801-815.
- 47.** Brooks, J., Waylen, K.A., & Mulder, M.B. (2013). Assessing community-based conservation projects: A systematic review and multilevel analysis of attitudinal, behavioral, ecological, and economic outcomes. *Environmental Evidence*, 2(1), 1-34.
- 48.** United Nations Environment Programme (2020). Opportunities and Challenges for Community-Based Seagrass Conservation. UNEP. Nairobi, Kenya.

MODULE 4: MÉTHODES DE SUIVI ET DE CARTOGRAPHIE POUR ÉVALUER L'ÉTAT ET LES TENDANCES DES HERBIERS MARINS

Carmen B. de los Santos, Carolina de la Hoz Schilling, Mohamed Ahmed Sidi Cheikh,
Henrique Queiroga, Ester A. Serrão.

INDEX

- 4.1. L'IMPORTANCE DU SUIVI DES HERBIERS MARINS
- 4.2. INDICATEURS DE L'ÉTAT DES HERBIERS MARINS ET LES HERBIERS MARINS COMME BIOINDICATEURS
- 4.3. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS
 - 4.3.1. INTRODUCTION AUX MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS
 - 4.3.2. CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS INTERTIDEAUX
 - 4.3.3. CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS SUBTIDEAUX
 - 4.3.4. CRÉATION DE LA CARTE DES HERBIERS MARINS
- 4.4. MÉTHODES DE SUIVI DES HERBIERS MARINS
 - 4.4.1. SÉLECTION DU SITE
 - 4.4.2. PLAN DE SUIVI
 - 4.4.3. QUALITÉ, STOCKAGE, ORGANISATION, TRAITEMENT ET PARTAGE DES DONNÉES
- 4.5. PROTOCOLE DE SUIVI STANDARDISÉ POUR LES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAD
 - 4.5.1. OBJECTIF ET DESCRIPTION GÉNÉRALE
 - 4.5.2. PRÉPARATION À DU SUIVI
 - 4.5.3. PROTOCOLE DE SUIVI DES HERBIERS MARINS INTERTIDEAUX
 - 4.5.4. PROTOCOLE DE SUIVI DES HERBIERS MARINS SUBTIDEAUX
 - 4.5.5. PROCÉDURES POUR OBTENIR LA BIOMASSE ET LA DENSITÉ DES POUSSÉS À PARTIR DES ÉCHANTILLONS
- 4.6. BIBLIOGRAPHIE



4.1. L'IMPORTANCE DU SUIVI DES HERBIERS MARINS

La croissance démographique rapide dans les zones côtières modifie l'environnement marin par le développement des constructions côtières et l'apport de nutriments, de matières organiques et d'autres contaminants. En conséquence, les écosystèmes côtiers, tels que les herbiers marins, souffrent d'une détérioration généralisée de la qualité de l'environnement, ce qui entraîne la dégradation des herbiers et finalement leur disparition (voir module 2). En outre, le changement climatique a déjà un impact visible sur les herbiers marins, qui devrait s'accroître à l'avenir en raison de l'élévation du niveau et de la température de la mer, des canicules et de la fréquence accrue des tempêtes (voir module 2).

Le suivi environnemental est l'observation répétée d'un système et vise à détecter les changements au niveau de ce système. En raison de la forte pression humaine sur les zones côtières, les herbiers marins doivent être suivis pour détecter les signes précoces de dégradation dus aux impacts humains locaux et globaux^[1]. En même temps, les herbiers marins sont utilisés comme indicateurs pour évaluer l'état environnemental des zones côtières dans de nombreuses régions^[2]. Les herbiers marins sont utilisés comme bioindicateurs car ils constituent un habitat essentiel pour la biodiversité associée, ils fournissent des services essentiels (voir module 1) et ils sont très sensibles à la dégradation de l'environnement (par exemple, eutrophisation, érosion, diminution de la transparence de l'eau).

Les programmes de suivi des herbiers marins, et l'utilisation des herbiers comme indicateurs environnementaux, fournissent des informations importantes aux gestionnaires des côtes, leur permettant de prendre des décisions avec

plus de confiance sur les mesures à adopter pour minimiser le risque de perte d'herbiers marins et de dégradation générale de l'environnement. Les programmes de suivi peuvent également être appliqués pour évaluer le rétablissement des herbiers marins après des projets de restauration ou après l'application de mesures visant à réduire les impacts. Dans la mesure où les espèces d'herbiers marins peuvent réagir différemment au stress environnemental et où les zones côtières sont exposées à des impacts différents, les programmes de suivi doivent être adaptés aux espèces et aux habitats en question^[3]. Cependant, il existe également des protocoles de suivi standardisés à l'échelle mondiale qui permettent de comparer les sites à travers le monde. Ces protocoles globaux sont fournis par les réseaux SeagrassNet^[4] et SeagrassWatch^[5]. La mise en œuvre de mesures de conservation et la prise des décisions concernant la protection et la restauration des herbiers marins dépendent de la qualité des programmes de suivi et des données recueillies.

Comme expliqué dans le module 2, les herbiers marins dans le réseau RAMPAO sont menacés par les impacts humains globaux et locaux. Afin d'adopter des stratégies de gestion bien informées pour protéger et récupérer les herbiers marins, il est nécessaire de comprendre les changements et les tendances de leur état de santé et leur vulnérabilité à la dégradation. En raison de l'absence de programmes de suivi dans le passé, il est difficile de comprendre les tendances des herbiers marins dans les pays membres du RAMPAO au cours des dernières décennies, ainsi que leur état actuel. La mise en place d'un réseau de suivi des herbiers dans le réseau RAMPAO est donc essentielle pour éviter la dégradation et la disparition de ces herbiers.

4.2. INDICATEURS DE L'ÉTAT DES HERBIERS MARINS ET LES HERBIERS MARINS COMME BIOINDICATEURS

Les indicateurs utilisés pour évaluer la santé des herbiers marins sont nombreux, et différents programmes de suivi peuvent utiliser leur propre série d'indicateurs pour évaluer l'état des herbiers marins. En Europe, par exemple, plus de 49 indicateurs d'herbiers marins ont été identifiés dans 42 programmes de suivi ^[2].

Les indicateurs peuvent représenter différents niveaux structurels et fonctionnels, depuis la distribution spatiale et l'extension de la couverture, jusqu'à la composition chimique des plantes, à des processus tels que la dynamique des populations ou la biodiversité associée aux herbiers marins (Tableau 4.1 ^[2]).

TABLEAU 4.1. Liste des indicateurs communs d'herbiers marins par catégorie (modifiée d'après ^[2]). Chaque programme de suivi particulier est généralement focalisé sur seulement un sous-ensemble de ces indicateurs, considérés comme plus adéquats pour le système et les objectifs particuliers.

DISTRIBUTION	- Limites de profondeur - Zone	- Fragmentation spatiale
ABONDANCE	- Densité des pousses - Pourcentage de couverture - Pourcentage de couverture	- Biomasse souterraine - Couverture de la matière morte
CARACTÉRISTIQUES DES POUSSES	- Biomasse des pousses - Surface foliaire des pousses - Densité des pousses florifères - Nombre de feuilles par pousse	- Largeur des feuilles - Longueur de la feuille - Nécrose de la feuille - Feuilles brisées
PROCESSES	- Production de feuilles - Production du rhizome - Élongation du rhizome - Recrutement des pousses - Mortalité des pousses - Enterrement des pousses	- Temps de floraison (phénologie) - Recrutement des graines - Production de graines - Densité de la banque de graines - Flux de gènes (pousses/graines/pollen) - Pression des herbivores
COMPOSANTS CHIMIQUES	- Contenu en nutriments (N et P) dans les rhizomes ou les feuilles	- Contenu en métaux dans les rhizomes ou les feuilles
LA FLORE ET LA FAUNE ASSOCIÉES	- Diversité des macroalgues - Diversité de la faune - Présence d'espèces invasives	- Biomasse des épiphytes - Identification des endophytes (causant des maladies) - Abondance de la macrofaune

Lorsque les herbiers marins eux-mêmes sont utilisés comme bioindicateurs, ils peuvent être organisés selon les niveaux d'organisation biologique: physiologique et biochimique, morphologique et croissance, et structurel et démographique^[6]. Le choix des indicateurs à utiliser dépend des facteurs de stress qui sont évalués (Tableau 4.2). Par exemple, lorsque les herbiers marins sont soumis à un stress d'enfouissement, les indicateurs structurels tels que la biomasse, la mortalité des pousses

et la densité des pousses sont des indicateurs robustes^[6]. La plupart des paramètres structurels et démographiques (tels que la densité des pousses et la biomasse) ne sont pas spécifiques, c'est-à-dire que ces paramètres répondent à de nombreux facteurs de stress différents. Cependant, les indicateurs biochimiques et physiologiques présentent des réponses plus spécifiques aux facteurs de stress et sont plus sensibles aux alertes précoces de récupération environnementale^[6].

TABLEAU 4.2. Exemple d'indicateurs robustes d'herbiers marins pour des facteurs de stress environnementaux spécifiques (source: ^[6]).

	OMBRAGE	NUTRIMENTS	ENTERREMENT	MATIÈRE ORGANIQUE	HYPERSALINITÉ
PHYSIOLOGIQUE ET BIOCHIMIQUE					
Contenu en azote des feuilles	•	•			
Contenu en azote des rhizomes	•	•			
Contenu en chlorophylle a		•			
Contenu en saccharose du rhizome					•
Saccharose du rhizome	•			•	
Delta ¹³ C de la feuille	•				
Rapport carbone/azote		•			
MORPHOLOGIQUE ET CROISSANCE					
Croissance de la feuille	•	•		•	•
STRUCTUREL ET DÉMOGRAPHIQUE					
Densité	•	•	•	•	
Biomasse aérienne	•	•	•	•	
Biomasse souterraine			•		
Mortalité des pousses			•		•

4.3. MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS

4.3.1. INTRODUCTION AUX MÉTHODES DE CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS

Les cartes de distribution des herbiers marins sont les informations les plus importantes pour les gestionnaires, afin qu'ils sachent où se trouvent les ressources à gérer. Les cartes d'herbiers marins sont également essentielles pour sélectionner un site de suivi approprié lors de la conception d'un programme de suivi dans une région spécifique^[7].

Les techniques de cartographie des herbiers marins peuvent être regroupées en trois groupes principaux^[8]: **1)** les techniques optiques utilisant des instruments de télédétection tels que les satellites et les drones; **2)** les techniques acoustiques utilisant des instruments de télédétection tels que les sonars à balayage latéral; et **3)** les techniques de terrain réalisées en plongée, en snorkeling, à pied ou à partir de bateaux. Ce manuel présente seulement des approches pour cartographier les herbiers marins basées sur des méthodes de terrain, pour les herbiers intertidaux et subtidaux.

Le processus de cartographie vise à déterminer les limites des prairies marines et à enregistrer les informations de base telles que les espèces présentes, la couverture, le type de sédiment et la profondeur (si subtidal)^[7]. La carte d'une prairie d'herbiers marins comporte deux éléments importants: le bord intérieur ou limite supérieure de profondeur (c'est-à-dire le bord de la prairie près de la terre) et le bord extérieur ou limite inférieure de profondeur (c'est-à-dire le bord vers la haute mer).

Le choix d'une stratégie de cartographie dépendra des points suivants:

1) ÉCHELLE: l'approche cartographique est différente en considérant que la zone à cartographier est à une échelle de dizaines de kilomètres ou de dizaines de mètres. L'échelle est liée à la résolution, c'est-à-dire à l'intensité de l'échantillonnage, ce qui signifie que plus la

zone à cartographier est grande, plus la résolution de la cartographie est basse. Pour les grandes zones, la cartographie sur le terrain est très limitée et doit être combinée avec des méthodes optiques ou acoustiques^[8].

2) RESSOURCES: l'approche cartographique est déterminée par les ressources financières et humaines, ainsi que par les compétences techniques des personnes impliquées. Par exemple, la cartographie des herbiers marins subtidaux peut être réalisée en plongée sous-marine à l'aide de transects, mais si les plongeurs ne sont pas disponibles, elle peut être réalisée à partir d'un bateau avec une caméra suspendue (si la turbidité et les courants le permettent) ou en utilisant des pinces à sédiments.

3) PRÉCISION: La précision est la qualité d'être correct, avec un minimum d'erreurs. Si la carte finale doit être très précise, les erreurs méthodologiques doivent être minimisées lors de la collecte des données sur le terrain. Par exemple, pour une cartographie très précise, marquer la position d'une limite d'herbier marin avec un GPS (*Global Positioning System*) nécessitera d'être placé le plus près possible de cette limite.

Avant de choisir une stratégie de cartographie, il est recommandé de faire une évaluation initiale basée sur les informations disponibles telles que les images aériennes (par exemple, GoogleEarth), les anciennes cartes, les communications personnelles des populations locales, etc. Si nécessaire et possible, une enquête préliminaire peut être réalisée sur le terrain avec un bateau, un drone ou à pied. Cela donnera une première idée de l'étendue générale des herbiers marins à cartographier et aidera à choisir la stratégie de cartographie la plus appropriée. Après avoir effectué le travail de terrain pour cartographier les herbiers, les données recueillies doivent être numérisées à l'aide d'un logiciel de système d'information géographique (SIG) pour créer une carte numérique. Dans les

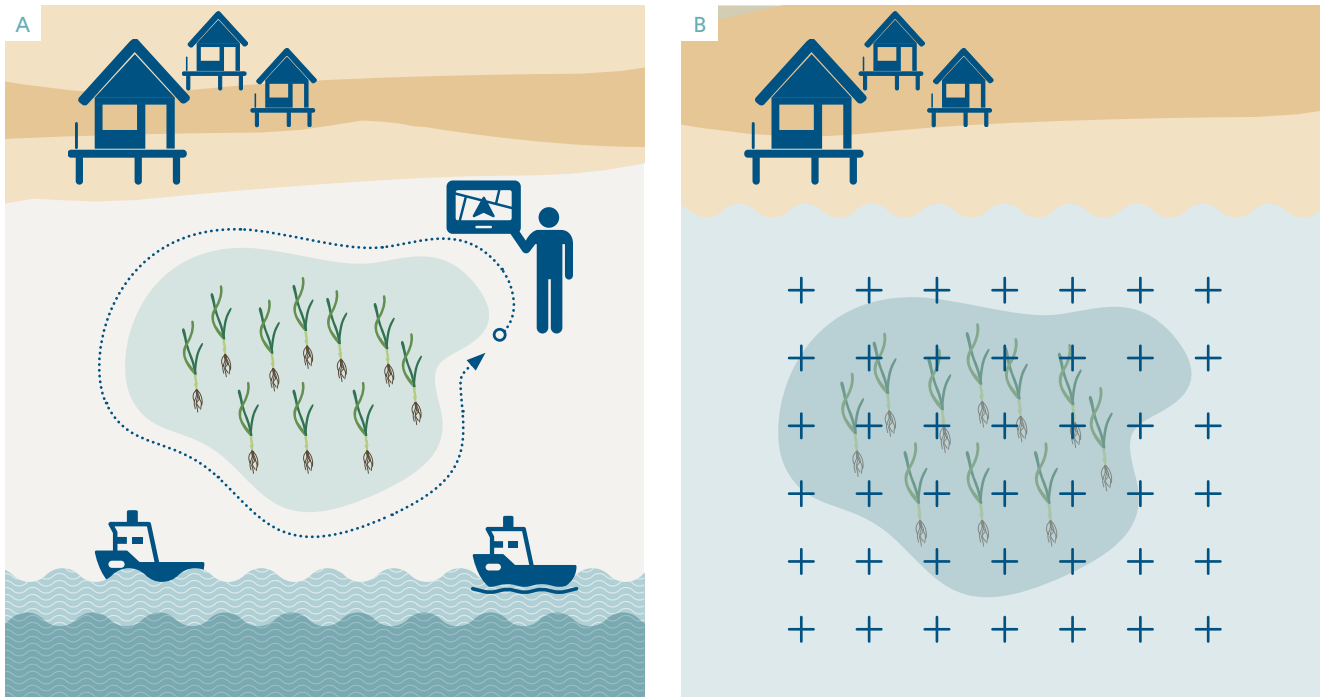


FIGURE 4.1. Diagrammes montrant les deux techniques communes de cartographie des herbiers marins, avec des adaptations aux prairies intertidales ou subtidales: A) en utilisant la technique du périmètre, et B) en utilisant la technique de la grille ou du transect. Illustrations adaptées de: Réseau d'intégration et d'application (ian.umces.edu/media-library).

cas où l'accès à un logiciel SIG n'est pas possible, l'emplacement et l'étendue approximatifs des herbiers doivent être dessinés sur une carte existante.

4.3.2. CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS INTERTIDUAUX

La cartographie des prairies intertidales est plus facile à réaliser lors des marées basses de printemps, lorsque les prairies sont exposées à l'air. Le temps pour le travail de terrain sera alors limité par la durée de la marée basse, il est donc nécessaire de vérifier à l'avance l'heure des marées basses et hautes. Les règles de sécurité doivent également être prises en compte lors du travail dans la zone intertidale, notamment dans les zones très boueuses.

Pour enregistrer les positions, il est préférable d'utiliser un GPS portable. Si un GPS n'est pas disponible, envisagez d'utiliser un smartphone avec une application GPS. Les applications GPS pour smartphones sont de plus en plus efficaces et beaucoup moins chères qu'un GPS manuel, et de bonnes cartes numériques peuvent être téléchargées avant le travail sur le terrain.

Deux techniques communes de cartographie des prairies intertidales sont (Figure 4.1):

1) TECHNIQUE DU PÉRIMÈTRE. Cette technique consiste à cartographier les limites de la prairie en marchant autour de son périmètre et en enregistrant les positions des points avec un GPS portable à chaque 5 à 25 mètres, selon la zone à cartographier et le temps disponible pendant la marée basse. De nombreux appareils GPS peuvent être configurés pour enregistrer continuellement la position pendant la marche (méthode des traces), mais cela consomme plus de mémoire et de batteries.

2) TECHNIQUE DE LA GRILLE OU DU TRANSECT. Cette technique repose sur l'emplacement de transects (normalement en parallèle, formant une grille) à travers la zone à cartographier, et sur la prise d'observations à intervalles réguliers. Le transect peut être établi avec un ruban métrique si la zone n'est pas trop grande. Pour les petites prairies, les points peuvent être enregistrés à de courtes distances (quelques mètres). Pour les prairies de taille moyenne, les points peuvent être enregistrés à 20-50 m, et dans les grandes prairies, les points peuvent être espacés de 100 ou 500 m ^[7]. A chaque point, les coordonnées doivent être enregistrées avec un GPS.

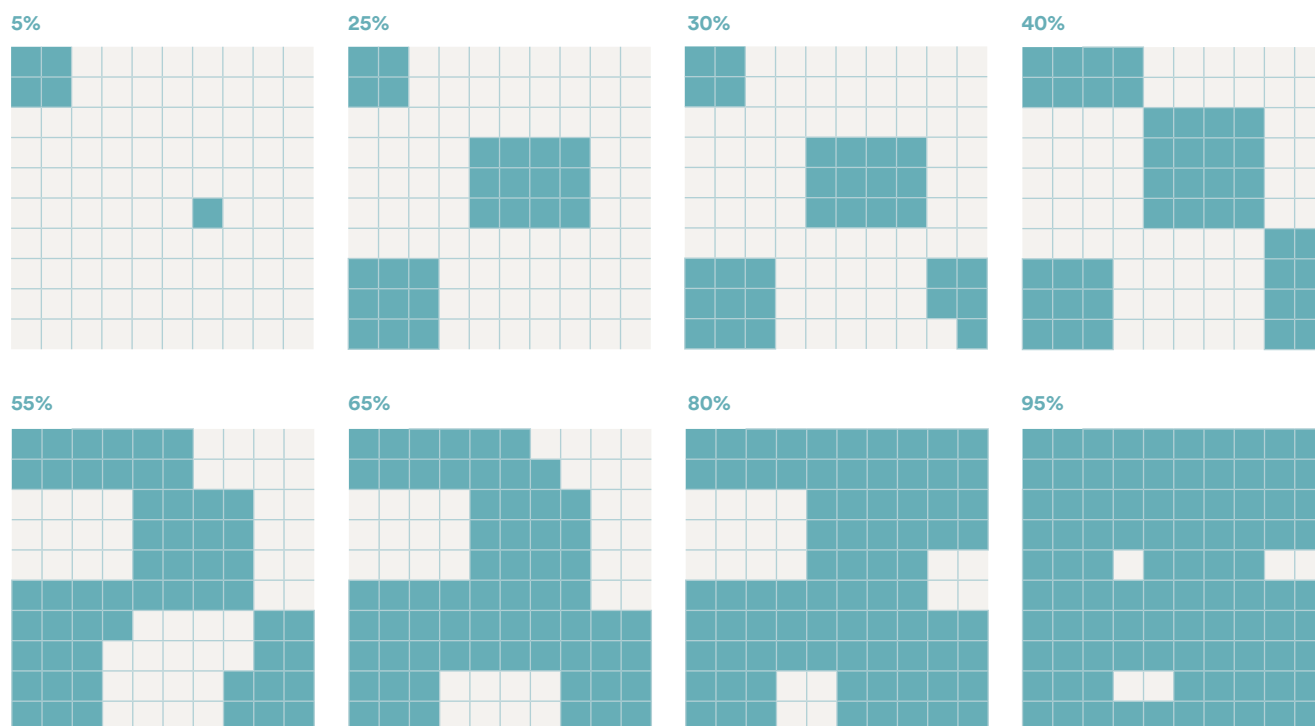


FIGURE 4.2. Exemple de guide pour l'estimation du pourcentage de couverture des herbiers marins.

Pour toute technique sélectionnée, les observations sur le terrain doivent être enregistrées dans un cahier imperméable (suivant le modèle de l'annexe 2.1) à chaque point. Si possible, un quadrat doit être jeté au hasard à chaque point d'observation pour enregistrer le pourcentage de couverture des herbiers marins. La fiche de données de la cartographie de terrain doit inclure les informations suivantes:

- Date et heure
- Nom du site
- Observateurs (nom des personnes effectuant le travail de terrain)
- ID du point enregistré par le GPS
- Profondeur de l'eau (en mètres) à cet emplacement

4.3.3. CARTOGRAPHIE DES HERBIERS MARINS SUBTIDAUX

La cartographie des herbiers subtidaux nécessite l'accès à un bateau et, si elle est réalisée sous l'eau, des personnes compétentes en matière de snorkeling ou en plongée avec bouteille. Si les herbiers marins subtidaux se

- Type de sédiment (sable, boue, gravier, gravillons de coquillages) à ce point
- Espèces d'herbiers marins présentes à cet emplacement
- Si possible, pourcentage de couverture d'herbiers marins à chaque point (par exemple, Figure 4.2).
- Tout autre commentaire (par exemple, présence de nombreuses algues, signes de dégradation des herbiers marins, etc.)

Pour les herbiers intertidaux très étendus, d'autres techniques basées sur l'imagerie aérienne peuvent être nécessaires. Par exemple, une étude récente a utilisé des images haute résolution de Sentinel-2 en combinaison avec des données de terrain pour mettre à jour la carte de distribution des herbiers marins du Parc National du Banc d'Arguin (PNBA) ^[9].

trouvent dans une zone très peu profonde (< 1 m), la cartographie peut être réalisée simplement en pataugeant dans l'eau. Le moment de la marée n'est pas très important pour la cartographie des herbiers marins subtidaux, mais il peut être souhaitable de le faire à marée basse si les techniques choisies sont le

snorkeling ou la plongée avec bouteille, afin que le niveau de l'eau ne soit pas très profond. Comme pour les herbiers intertidaux, il est nécessaire de vérifier à l'avance l'heure des marées basses et hautes pour le jour où le travail de terrain sera effectué. Les règles de sécurité doivent également être prises en compte lors du travail dans la zone subtidale, notamment lors de la plongée.

Deux techniques communes pour cartographier les prairies subtidales sont (Figure 4.1) :

1) TECHNIQUE DU PÉRIMÈTRE. Cette technique consiste à cartographier les limites de la prairie en pataugeant, en faisant du snorkeling ou en plongée avec bouteille autour de son périmètre et en enregistrant la position avec un GPS portable. Lors de la plongée ou du snorkeling, le GPS doit être fixé en sécurité sur une bouée attachée à la personne à l'aide d'une corde, le GPS étant configuré pour enregistrer continuellement la position (méthode de la trace). Cette technique peut comporter une erreur de quelques mètres s'il y a des courants qui font que la corde et la bouée sont entraînées. Cette technique peut avoir des limites compte tenu du temps de plongée disponible, de la visibilité ou de la durée de la marée basse (en cas du snorkeling).

2) TECHNIQUE DE LA GRILLE OU DU TRANSECT. Cette technique est basée sur l'enregistrement d'observations à intervalles réguliers à travers un ensemble de transects normalement disposés en parallèle sur la zone à cartographier. La grille peut être établie par une route de navigation (si elle est faite en bateau) ou avec un ruban métrique sous l'eau. Les points peuvent être enregistrés à de courtes distances (5 m) pour les petites prairies, à 20-50 m pour les prairies de taille moyenne, et à 100 ou 500 m de distance pour les grandes prairies^[7]. Lorsqu'elles sont effectuées à partir d'un bateau, les observations peuvent être réalisées par une personne qui entre dans l'eau et vérifie le fond de la mer en faisant du snorkeling ou en plongeant à chaque point. Alternativement, les observations peuvent être faites en utilisant une caméra imper-

méable connectée à un câble qui transmet l'image à une tablette à la surface. Cependant, cette méthode est seulement valable si la visibilité est assez bonne, si les courants ne sont pas très forts et s'il n'y a pas d'objets sur le fond marin où la caméra peut s'emmêler (par exemple, des filets de pêche). Une autre alternative pour enregistrer la présence d'herbiers marins à chaque point est d'utiliser une pince à sédiments pour prélever des échantillons depuis le bateau, mais cette méthode est destructive et doit être évitée. Dans tous les cas (plongée sous-marine, snorkeling, caméra ou pince), l'enregistrement de la position où la présence d'herbiers marins est vérifiée doit être effectué sur le bateau à l'aide d'un GPS portable.

Pour toute technique sélectionnée, les observations sur le terrain doivent être enregistrées dans un cahier imperméable (suivant le modèle de l'annexe 2.1) à chaque point. Si possible, un quadrat doit être jeté au hasard à chaque point d'observation pour enregistrer le pourcentage de couverture des herbiers marins. La fiche de données de la cartographie de terrain doit inclure les informations suivantes:

- Date et heure
- Nom du site
- Observateurs (nom des personnes effectuant le travail de terrain)
- ID du point enregistré par le GPS
- Profondeur de l'eau (en mètres) à cet emplacement
- Type de sédiment (sable, boue, gravier, gravillons de coquillages) à ce point
- Espèces d'herbiers marins présentes à cet emplacement
- Si possible, pourcentage de couverture d'herbiers marins à chaque point (par exemple, Figure 4.2).
- Tout autre commentaire pertinent (par exemple, limite supérieure ou inférieure de la prairie, présence de nombreuses algues, signes de dégradation des herbiers marins, etc.)

Pour les herbiers subtidales très étendus, d'autres techniques basées sur des méthodes acoustiques peuvent être nécessaires.

4.3.4. CRÉATION DE LA CARTE DES HERBIERS MARINS

La façon la plus simple de créer une carte avec la distribution des herbiers marins est de dessiner les limites et les points observés sur une carte marine en papier, en utilisant les coordonnées géographiques enregistrées sur le terrain. Si vous n'avez pas accès à un logiciel SIG, vous pouvez utiliser cette méthode. Cependant, cette méthode ne vous permet pas de partager facilement les informations ou de transformer les données, et rend difficile la comparaison avec les cartes futures.

Ainsi, si les ressources sont disponibles, il est recommandé de créer une carte digitale en utili-

sant un logiciel SIG. Ce type de logiciel permet d'importer les coordonnées enregistrées lors du processus de cartographie et de créer des cartes ponctuelles ou des polygones de la prairie cartographiée (Figure 4.3). Il existe des logiciels SIG gratuits et libres, qui peuvent être téléchargés sur Internet sans enregistrement, comme QGIS (<https://www.qgis.org/>). L'utilisation de QGIS nécessite une certaine formation, qui peut être effectuée en ligne grâce aux nombreux tutoriels disponibles (<https://docs.qgis.org/>). GoogleEarth est également un outil approprié pour créer des cartes à partir des positions enregistrées par le GPS. Il est également possible de demander l'aide d'un expert en systèmes géographiques.

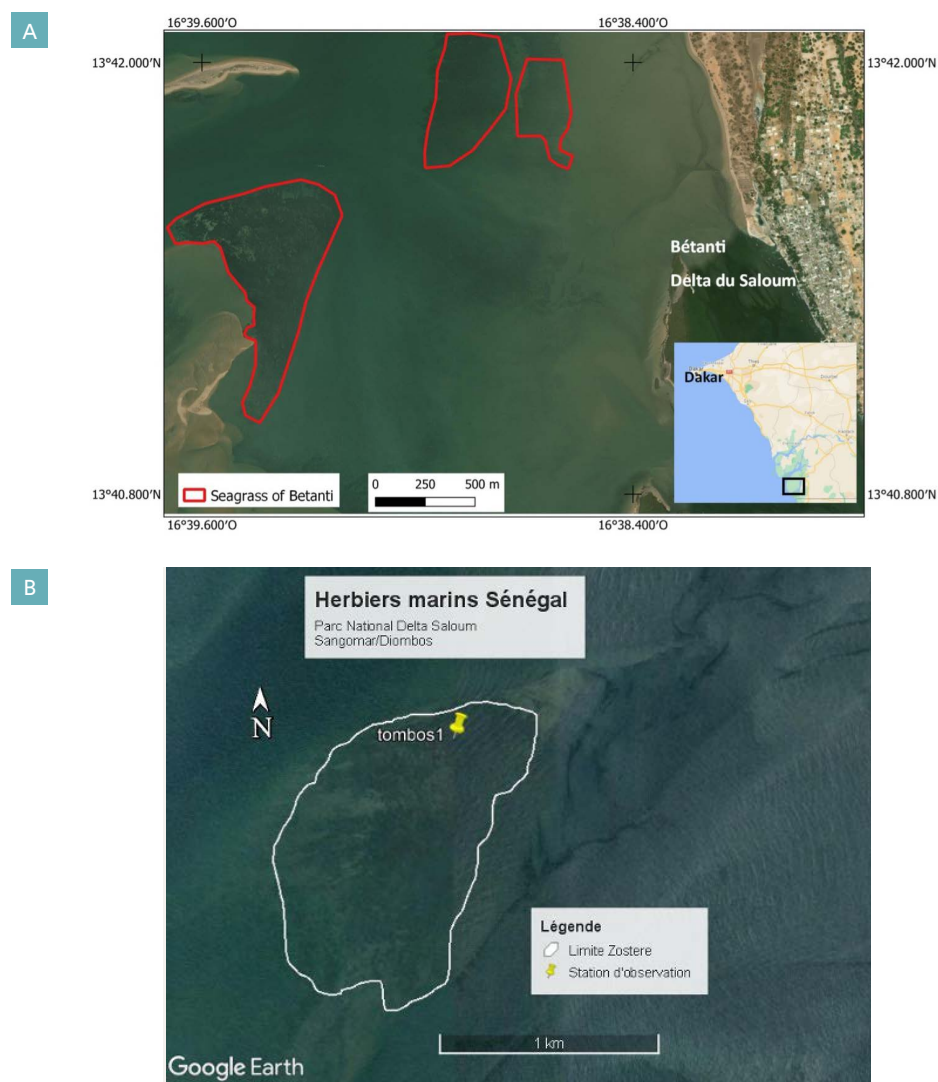


FIGURE 4.3. Exemples de cartes de distribution d'herbiers marins (*Zostera noltei*, *Halodule wrightii* et *Cymodocea nodosa*) dont les limites ont été obtenues par la technique du périmètre en deux endroits du Delta du Saloum (Sénégal) : A) Ansoukoula et B) Fandioungue - Diombos. Après le travail de terrain, les positions enregistrées avec un GPS portable ont été importées dans un système SIG ou GoogleEarth pour obtenir les polygones, créant ainsi la carte digitale. **Source:** M.A. Sidi Cheikh.

4.4. MÉTHODES DE SUIVI DES HERBIERS MARINS

Les méthodes de suivi présentées ici sont celles recommandées par SeagrassWatch, le réseau mondial d'observation des herbiers marins ^[7]. SeagrassWatch est une initiative qui crée un partenariat entre les scientifiques et les citoyens pour suivre avec précision l'état et les tendances de la santé des herbiers marins. Depuis sa création en 1998, cette initiative a été étendue à plus de 400 sites dans 21 pays. (www.seagrasswatch.org).

Une fois que les herbiers marins ont été cartographiés (section 4.3), l'étape suivante consiste à concevoir le protocole de suivi, en considérant que la conception doit ^[7]:

- poser des questions appropriées et fixer des objectifs réalisables
- collecter des données exactes et précises qui répondent aux exigences des utilisateurs
- rapporter les données de manière informative
- être facile à utiliser
- utiliser efficacement le temps et les ressources disponibles

Cette section est divisée en trois parties: sélection du site (où suivre les herbiers marins), sélection de la conception du suivi (comment placer les points d'observation dans la zone des herbiers marins) et procédures de suivi (quels paramètres à enregistrer dans les points d'observation).

4.4.1. SÉLECTION DU SITE

Une fois que la carte de la zone à suivre est disponible, il est nécessaire de sélectionner un site à suivre, une étape critique qui précède la mise en œuvre d'un plan de suivi des herbiers marins. Le site sélectionné doit répondre aux critères suivants ^[1]:

1. Être facile à accéder, et sûr et être facile à suivre dans le temps,

2. Être moins assujéti à la variabilité temporelle ou à un impact anthropogénique significatif,
3. Être représentatif de la zone particulière en termes de biodiversité et de gamme de profondeur,
4. Être relativement homogène, pour permettre un échantillonnage répété.

4.4.2. PLAN DE SUIVI

4.4.2.1. Conception spatiale

Sur la base de la distribution des points de suivi dans la zone d'herbiers marins, nous pouvons définir cinq modèles spatiaux communs ^[7]. Nous les présentons ici de manière succincte, mais ils sont expliqués en détail dans le manuel SeagrassWatch ^[7].

A) SITE DE TRANSECTS FIXES. Ce type de technique de suivi est le plus utile pour suivre les herbiers marins intertidaux. Cepen-

dant, elle peut également être utilisée pour les herbiers marins subtidaux en utilisant la plongée sous-marine. L'objectif est de suivre les changements généraux qui peuvent se produire dans une prairie spécifique. Le transect fixe consiste en trois transects parallèles, généralement perpendiculaires au littoral et à égale distance les uns des autres (Figure 4.4A). Les transects fixes signifient que le transect est marqué dès le premier événement

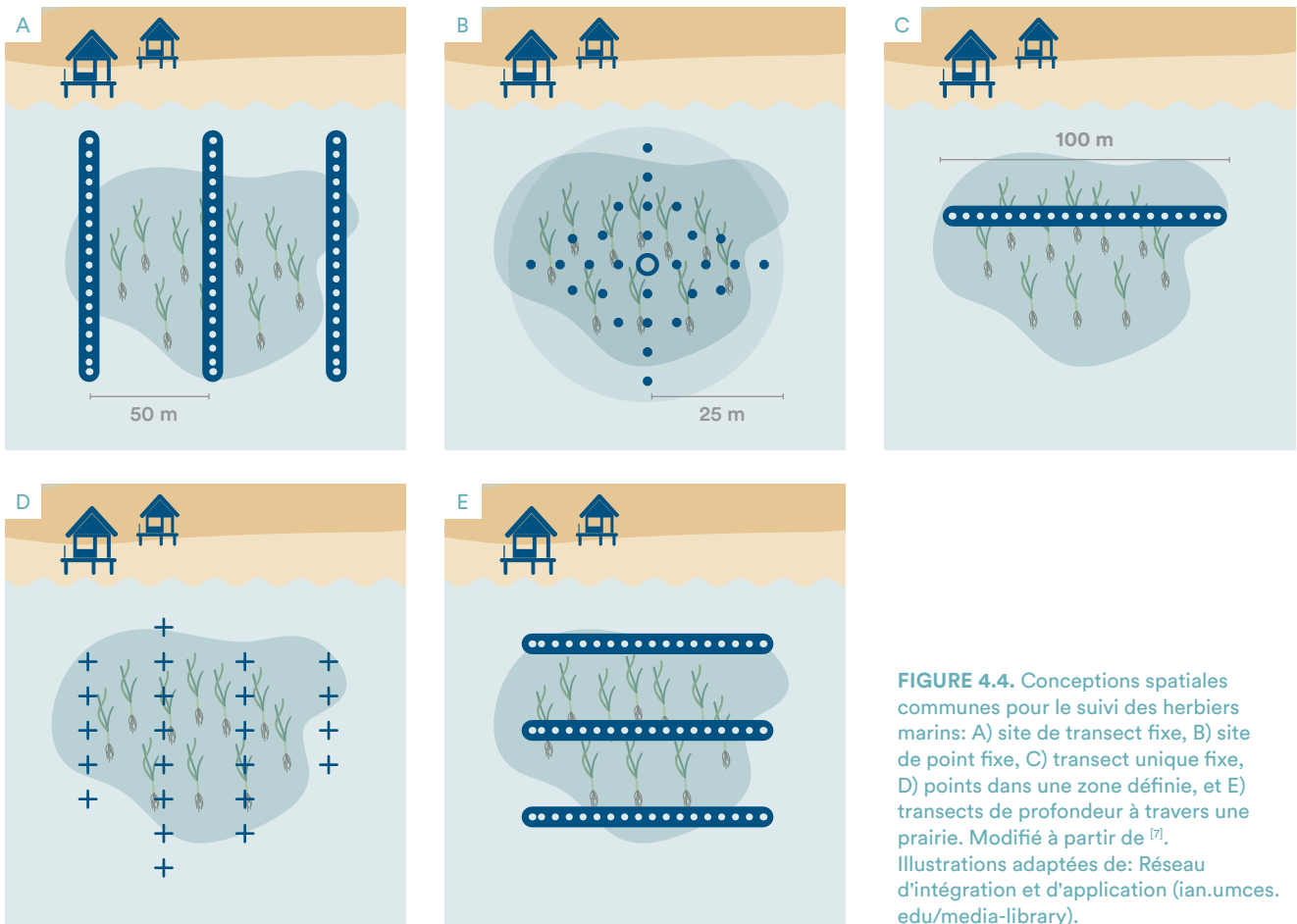


FIGURE 4.4. Conceptions spatiales communes pour le suivi des herbiers marins: A) site de transect fixe, B) site de point fixe, C) transect unique fixe, D) points dans une zone définie, et E) transects de profondeur à travers une prairie. Modifié à partir de [7]. Illustrations adaptées de: Réseau d'intégration et d'application (ian.umces.edu/media-library).

d'échantillonnage de suivi et qu'il sera revistité lors des événements de suivi suivants. Ainsi, il est nécessaire de marquer le début des transects avec une étiquette permanente afin de le retrouver lors du prochain événement d'échantillonnage, et de connaître l'orientation du transect (ou un GPS).

B) SITE À POINT FIXE. Cette technique convient à la fois aux prairies intertidales et subtidales, mais elle n'est pas recommandée pour les zones boueuses. Dans sa conception, les points d'observation sont placés autour d'un point central dans un certain rayon. Les quadrats situés dans la zone de suivi peuvent être jetés au hasard ou répartis uniformément autour du point central (Figure 4.4B). Comme pour la conception précédente, le site doit être marqué sur le terrain (généralement, seulement le point central est marqué) pour référence ultérieure.

C) TRANSECT UNIQUE FIXE. Cette technique est recommandée pour les prairies subtidales en utilisant la plongée sous-marine. Le transect doit avoir une longueur supérieure à 50 m (Figure 4.4C). Comme pour les modèles précédents, le transect doit être marqué de façon permanente, si possible (avec une bouée de surface ou de subsurface), ou alternativement, les coordonnées GPS du point de départ doivent être prises ainsi que l'orientation du transect (mesurée avec une boussole sous-marine).

D) POINTS DANS UNE ZONE DÉFINIE. Cette approche est recommandée pour les herbiers marins subtidaux à suivre en snorkeling ou à partir d'un bateau équipé d'une pince, pour des zones de quelques kilomètres telles qu'une baie ou un bras de mer. Dans cette conception, il n'y a pas de marqueurs permanents comme dans les conceptions précédentes, mais un ensemble de positions GPS

créant une grille de points qui est revisitée (Figure 4.4E). Le nombre de points et la distance entre eux dépendront de l'extension de la zone et du temps et des ressources disponibles pour le suivi.

E) TRANSECTS À PROFONDEUR FIXE À TRAVERS UNE PRAIRIE. Cette approche peut être utilisée lorsque des herbiers intertidaux et subtidaux sont présents dans la zone, ou uniquement des herbiers subtidaux. Trois transects sont disposés parallèlement l'un à l'autre et à la

côte (Figure 4.4E), le transect peu profond étant proche de la limite supérieure de l'herbier (c'est-à-dire du bord du rivage), le transect profond étant proche de la limite inférieure de l'herbier (c'est-à-dire du bord de la mer) et un autre transect étant placé entre le transect peu profond et le transect profond. Les transects ont normalement une longueur de 50 m et les observations sont effectuées à des intervalles de 5 m le long de chaque transect. Comme dans les autres modèles, les transects doivent être marqués de façon permanente pour pouvoir les revisiter.

4.4.2.1. Conception temporelle

Après avoir choisi la conception spatiale, il est nécessaire de définir à quelle fréquence la prairie d'herbiers marins va être suivie. La fréquence du suivi dépendra des ressources disponibles (équipement, personnel et fonds) et du temps. Elle dépend également de la raison pour laquelle le suivi est nécessaire, par exemple, si la raison est l'existence d'un impact continu, le suivi doit être plus fréquent.

Généralement, le suivi des herbiers marins est effectué une fois par an, à peu près à la même période de l'année pour éviter les variations saisonnières. Parfois, s'il est souhaitable de suivre les variations saisonnières, le protocole de suivi doit être appliqué tous les 3 mois. En cas de doute sur la fréquence, il convient de consulter un spécialiste des herbiers marins.

4.4.2.3. Sélection des paramètres à suivre

Comme expliqué dans la section 4.2, la variété des paramètres des herbiers marins à suivre est très élevée. En outre, le suivi des paramètres physico-chimiques de l'eau (par exemple, la température, la lumière, les nutriments) ou des sédiments (par exemple, la taille des grains) peut également être intéressante pour obtenir une image des conditions environnementales auxquelles les herbiers marins sont soumis. Le choix des paramètres à inclure dans le plan de suivi dépendra de l'objectif du suivi, des facteurs de stress et des impacts présents dans la zone, et des ressources disponibles.

Leur de la canopée et le pourcentage de couverture des algues. Cependant, de nombreux autres paramètres parmi ceux énumérés dans le Tableau 4.1 peuvent être inclus. L'inclusion des indicateurs physiologiques et biochimiques des herbiers marins, ainsi que des paramètres physico-chimiques de l'eau (température, lumière et concentration en nutriments) implique l'utilisation d'instruments spécifiques en laboratoire. La sélection des indicateurs pour le plan de suivi dépendra ensuite des ressources disponibles. En cas de doute sur le choix des paramètres à suivre, il convient de demander le conseil à un spécialiste des herbiers marins.

Les paramètres essentiels et les plus communs dans les programmes de suivi des herbiers marins sont structurels (Tableau 4.2), notamment la composition des espèces d'herbiers, la biomasse aérienne et souterraine, la densité des pousses, le pourcentage de couverture, la hau-

teur de la canopée et le pourcentage de couverture des algues. Cependant, de nombreux autres paramètres parmi ceux énumérés dans le Tableau 4.1 peuvent être inclus. L'inclusion des indicateurs physiologiques et biochimiques des herbiers marins, ainsi que des paramètres physico-chimiques de l'eau (température, lumière et concentration en nutriments) implique l'utilisation d'instruments spécifiques en laboratoire. La sélection des indicateurs pour le plan de suivi dépendra ensuite des ressources disponibles. En cas de doute sur le choix des paramètres à suivre, il convient de demander le conseil à un spécialiste des herbiers marins.

Les procédures à suivre à chaque point d'échantillonnage le long des transects ou de la zone sont les mêmes, indépendamment de la conception spatiale de suivi choisi. Cela signifie qu'une fois les variables relatives aux herbiers marins sont sélectionnées, elles doivent être mesurées à chaque point d'échantillonnage défini dans le transect ou la zone de suivi.

4.4.3. Qualité, stockage, organisation, traitement et partage des données

Le suivi des herbiers marins demande du temps et des ressources. Pour que cet effort soit rentable, les données de suivi doivent être recueillies avec soin pour garantir un niveau de qualité élevé, puis stockées et organisées correctement pour éviter de les perdre. En cas de doute sur la capacité à acquérir et conserver correctement les données, il est préférable de planifier un programme de suivi plus modeste pour commencer, puis de le développer progressivement. Dans ce cas, assurez-vous que les variables qui ont été mesurées au début le seront toujours pendant toute la durée du programme de suivi.

Une fois qu'une décision sur un programme de suivi approprié a été prise, assurez-vous de traiter les données afin que les informations sur l'état des herbiers marins puissent être partagées avec les parties prenantes intéressées. Voici quelques recommandations pour atteindre ces objectifs:

- Utilisez des fiches techniques standardisées pour la collecte des données sur le terrain et au laboratoire.
- Utilisez des guides standardisés pour le pourcentage de couverture des herbiers marins.
- Étiquetez les sacs pour les échantillons avec un identifiant unique.
- Vérifiez que toutes les données et informations nécessaires sont inscrites sur les fiches techniques de terrain et de laboratoire ou dans le cahier de notes et prenez une photo des fiches techniques après avoir terminé l'échantillonnage, le même jour où le suivi a été effectué.
- Rédigez un court rapport sur les tâches effectuées lors de chaque événement de suivi, les personnes impliquées, les problèmes rencontrés ou toute autre information qui pourrait être utile à l'avenir.
- Conservez les données sur papier (fiches techniques imprimées pour le terrain et le laboratoire et cahiers de notes) et sous forme digitale (transfert des données dans une fiche technique sur l'ordinateur).
- Sauvegardez tous les fichiers générés par le programme de suivi dans un dossier et également dans un "Cloud" sur l'Internet.
- Organisez les données de manière à les rendre facilement compréhensibles et accessibles à une personne qui n'a pas participé au programme de suivi. Cela inclut les noms complets et abrégés des variables, leurs unités et la méthodologie utilisée pour les mesures.
- Traitez les données pour obtenir un résumé des résultats, par exemple en calculant la biomasse moyenne des herbiers marins (et d'autres paramètres), en créant des cartes de distribution des herbiers marins, en créant des graphiques pour montrer l'évolution des paramètres dans le temps, etc.
- Créez un rapport annuel avec les activités réalisées, en écrivant les noms des auteurs qui ont contribué à sa préparation, les sources de financement, et les résultats obtenus.
- Les résultats du suivi dans le temps pourraient être publiés sous forme d'article scientifique.
- Si vous avez besoin d'aide pour l'une de ces étapes, contactez un spécialiste des herbiers marins.

4.5. PROTOCOLE DE SUIVI STANDARDISÉ POUR LES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMP AO

4.5.1. OBJECTIF ET DESCRIPTION GÉNÉRALE

L'objectif du protocole de suivi des herbiers marins est de réaliser un suivi à long terme de leur état dans les sites du RAMP AO afin de fournir un système d'alerte précoce sur les changements environnementaux côtiers pour une meilleure gestion.

Dans cette section, nous recommandons un protocole de suivi des herbiers marins intertidaux et subtidaux dans le réseau RAMP AO. Ce protocole a été élaboré en considérant les impacts humains dans la région, les caractéristiques des sites d'herbiers marins et d'autres questions telles que la disponibilité des ressources ou l'accès aux sites. Ce protocole est basé sur le protocole SeagrassWatch ^[7], avec quelques adaptations.

La conception spatiale recommandée pour les herbiers intertidaux est la méthode des transects fixes, tandis que pour les herbiers subtidaux, c'est la conception des points dans une zone définie. Dans tous les cas, la méthode des transects fixes peut également être appliquée aux herbiers subtidaux qui sont très peu profonds (< 50 cm). Le Tableau 4.3 montre la conception spatiale pour chaque site pilote dans les pays membres du RAMP AO. L'échantillonnage sur chaque site pilote doit être effectué deux fois par an, une fois pendant la saison froide ou sèche et une autre pendant la saison chaude ou pluvieuse, et, si possible, sur tous les sites pilotes. Une méthode scientifique standardisée est recommandée pour augmenter la qualité des données et la comparaison des résultats entre les sites pilotes. Les sections suivantes expliquent la préparation du suivi (y compris la liste du matériel) et comprennent, étape par étape, les procédures de suivi des herbiers marins dans le réseau d'AMP du RAMP AO.

TABLEAU 4.3. Conception d'un protocole de suivi des herbiers marins dans les sites pilotes dans le réseau RAMP AO.

PAYS	SITE PILOTE	TYPE DE PRAIRIE	CONCEPTION SPATIALE
Cabo Verde	Gamboa	Subtidal	Points fixes
La Gambie	Bijol Islands	Intertidal/Subtidal	Transects/ points fixes
La Gambie	Tanje, Gunjur, and Kartong	Subtidal	Points fixes
Guinée	Tristao Islands	Subtidal	Points fixes
Guinée Bissau	Unhocomo and Unhocomozinho	Subtidal	Points fixes
Mauritanie	National Park Banc d'Arguin	Intertidal/Subtidal	Transects/ points fixes
Mauritanie	Baie de l'étoile	Intertidal/Subtidal	Transects/ points fixes
Sénégal	Delta du Saloum	Intertidal/Subtidal	Transects/ points fixes
Sierra Leone	Turtle Islands	Subtidal	Points fixes

4.5.2. PRÉPARATION DU SUIVI

Le succès d'un projet de suivi repose sur une planification détaillée de la journée d'échantillonnage, suffisamment à l'avance. La planification comprend l'acquisition des ressources nécessaires et la constitution d'une équipe pour effectuer l'échantillonnage. Assurez-vous que les membres de l'équipe ont les compétences requises pour les tâches et qu'ils sont formés pour effectuer l'échantillonnage (par exemple, s'il faut faire du snorkeling, ils doivent savoir nager). Il s'agit de questions importantes à prendre en compte pour assurer le succès de l'opération de suivi :

1. PERMIS. Le prélèvement d'échantillons dans des zones protégées peut nécessiter un permis légal. Demandez-le à l'avance.

2. ÉTABLIR UN CALENDRIER. Créez un document contenant: les heures de départ et d'arrivée, le point de rencontre, les objectifs de la journée, les heures de marée basse et de marée haute, les noms des personnes impliquées et la liste du matériel qu'elles doivent apporter (par exemple, de l'eau et de la nourriture, des vêtements pour faire du snorkeling, une serviette, etc.), votre numéro de téléphone au cas où quelqu'un aurait besoin de vous contacter en cas de doute ou de changement de dernière minute. Plusieurs jours avant les activités de suivi, partagez une copie du document avec tous les partici-

pants concernés. Remettez une copie du plan de suivi à une personne de confiance qui ne sera pas sur le terrain, en cas de problème.

3. RÉSERVER DES VOITURES ET DES BATEAUX. L'accès au site de suivi peut nécessiter l'utilisation d'une voiture pour le transport de l'équipe sur le site, et l'utilisation d'un bateau pour les sites comportant des herbiers marins subtidiaux. Assurez-vous de réserver la voiture et le bateau à l'avance, y compris un chauffeur et un capitaine si nécessaire.

4. SÉCURITÉ. N'oubliez pas la devise "la sécurité avant tout". Avant la journée de suivi, vérifiez la météo, les marées, l'heure de la journée, etc. Si, pendant les activités de suivi, vous ne vous sentez pas en sécurité, abandonnez l'échantillonnage. Ne mettez pas votre vie ou celle des autres en danger. Portez des vêtements et des chaussures appropriés. Ayez une trousse de premiers soins avec vous. Prenez un téléphone portable avec vous. Des règles de sécurité spécifiques doivent être respectées en cas de plongée sous-marine.

5. ÉQUIPEMENT ET MATÉRIEL NÉCESSAIRES. Vérifiez que tout le matériel nécessaire sur le terrain est préparé plusieurs jours avant le jour du suivi (les listes de matériel sont données dans les sections suivantes).

4.5.3. PROTOCOLE DE SUIVI DES HERBIERS MARINS INTERTIDIAUX

4.5.3.1. Liste de matériel

Cette liste ne contient pas les articles personnels que les membres de l'équipe doivent apporter. Les articles personnels doivent comprendre des vêtements appropriés (qui peuvent être mouillés), des chaussures, des chaussures à raquettes (pour marcher sur la zone intertidale sans se faire enfouir), etc.

- 1 unité - GPS portable
- 3 unités - rubans de mesure de 50 m
- 6 unités - piquets de tente de 50 cm
- 1 unité - boussole
- 1 unité - carottier en métal ou PVC (diamètre de 10-12 cm)
- 1 unité - quadrat 50x50 cm
- 1 unité - passoire

- 15 unités - sacs en plastique étiquetés (grande taille)
- 1 unité - loupe
- 3 unités - fiches techniques de terrain
- 1 unité - planchette à pince
- 2 unités - crayon et gomme
- 1 unité - règle de 30 cm
- 1 unité - quadrat photo-étiquetteur
- 1 unité - appareil photo imperméable avec batteries
- 1 unité - feuille standard de pourcentage de couverture
- 3 unités - fiches d'identification des herbiers marins
- 2 unités - boîtes pour le transport du matériel
- 1 unité - glacière pour le transport des échantillons
- 1 L d'eau douce pour rincer l'appareil photo étanche sur le terrain

4.5.3.2. Mise en place des transects fixes

Avant de mettre en place les transects fixes, la zone devrait idéalement avoir été cartographiée pour connaître la distribution des herbiers marins, comme expliqué dans la section 4.3.2. Sur la base de la carte de distribution des herbiers, le site sélectionné pour l'emplacement des transects d'échantillonnage doit répondre aux critères expliqués à la section 4.4.1.

Une fois le site de suivi est sélectionné, suivez les étapes suivantes pour établir les transects fixes dans la prairie intertidale (Figure 4.5):

- Sélectionnez une zone de 50 x 50 m dans le site pilote.
- Enfoncez un piquet de tente dans le sédiment pour marquer le début du transect 2 (point central) et fixez-y une extrémité du ruban de 50 m (Figure 4.6A).
- À l'aide de la boussole, déplacez le transect selon l'orientation souhaitée (n'oubliez pas qu'il doit être perpendiculaire au rivage) jusqu'à ce que vous atteigniez 50 m, puis marquez la fin avec un autre piquet de tente enfoncé dans le sédiment.
- Assurez-vous que le ruban est aussi droit

que possible entre les deux piquets de tente. Laissez le ruban en place.

- Allez au début du transect 2 et marquez les transects 1 et 3, qui se trouvent respectivement à 25 m à gauche et à droite du transect 2.
- Laissez tous les rubans en place avec les piquets jusqu'à ce que l'échantillonnage soit terminé.
- Localisez la position géographique des points de départ et d'arrivée de chaque transect à l'aide d'un GPS manuel, afin de pouvoir revenir sur les lieux à l'avenir. Notez les coordonnées (6 coordonnées au total, chacune avec la latitude et la longitude) sur la fiche de données du travail de terrain.
- Si possible, laissez des marques permanentes (par exemple, des piquets en forme d'étoile) au début et à la fin de chaque transect afin de reconnaître facilement leur position lorsque vous revisitez la zone de suivi à l'avenir.

Note importante: l'échantillonnage se fait à droite de la bande, il faut donc toujours marcher à gauche d'un transect (en commençant du côté terre du transect) pour éviter les traces de pas là où vous allez échantillonner.

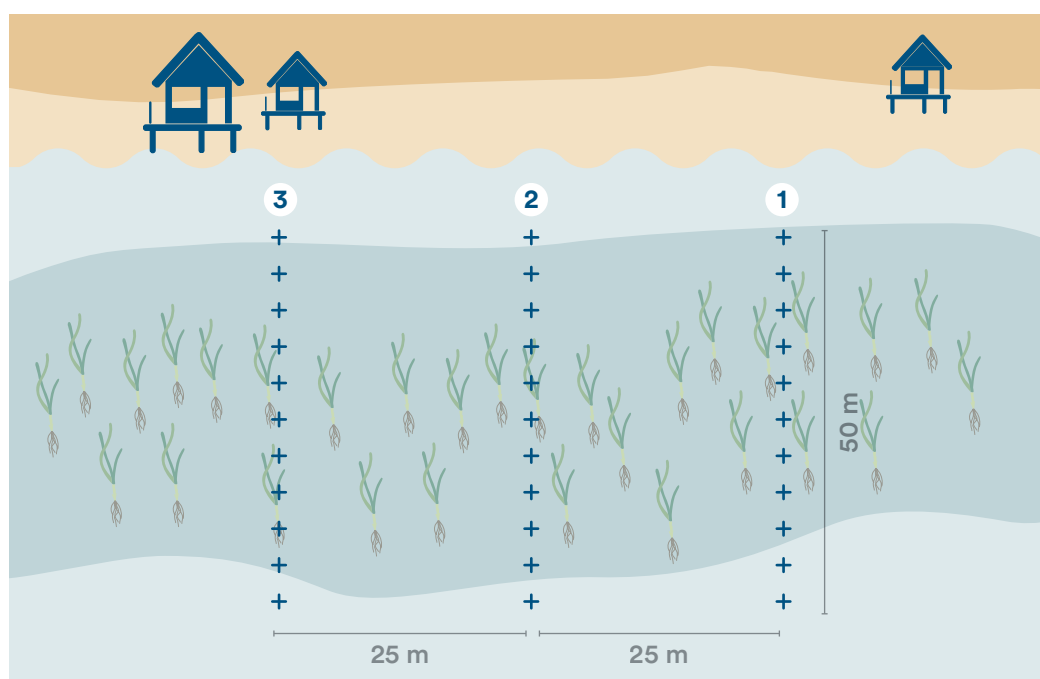


FIGURE 4.5. Diagramme montrant la mise en place des transects fixes (1 à 3) pour les herbiers marins intertidaux. Illustrations adaptées de: Réseau d'intégration et d'application (ian.umces.edu/media-library).



FIGURE 4.6. Photos montrant le suivi des herbiers marins intertidaux: A) pose d'un quadrat le long du ruban métrique marquant le transect, B) estimation du pourcentage de couverture d'herbiers dans le quadrat, C) prise d'une photo du quadrat, D) prélèvement d'un échantillon de biomasse par la technique du carottier. **Photos réalisées par:** Projet ResilienSEA (A,B,C), E.A. Serrão (D).

4.5.3.3. Procédures d'échantillonnage

Une fois les rubans métriques sont installés pour les trois transects, les mesures et l'échantillonnage sont effectués en suivant les étapes énumérées ci-dessous. La fiche technique de terrain à remplir est présentée à l'annexe 2.2.

- **Point de départ.** Commencez par le transect 1 à la position de la marque de départ.

- **Emplacement du quadrat.** Placez un quadrat de 50x50 cm sur la marque de 0-m. Le quadrat est toujours placé sur le côté droit de la bande (Figure 4.6A).

- **Photographie.** Prenez une photo du quadrat en plaçant le marqueur de photo quadrat à côté du quadrat. Cette opération est effectuée avant de prendre toute autre mesure (Figure 4.6C). La photographie doit être prise aussi verticalement que possible, y compris le cadre du quadrat et l'étiquette. Notez qu'une photo a été prise sur la fiche technique pour ce quadrat. Les photos doivent être prises au moins aux quadrats de 5 m, 25 m et 45 m de chaque transect.

- **Sédiment.** Décrivez la composition du sédiment au niveau de la strate superficielle

(moins de 5 cm de profondeur). Notez la texture et tout autre commentaire important (présence de coquillages, etc.) dans la fiche technique:

- gravier (texture très grossière, avec quelques petits cailloux)
- sable grossier (texture grossière, particules lâches)
- sable (texture granuleuse grossière, particules bien distinctes),
- sable fin (texture assez lisse avec quelques aspérités juste détectables, non collant),
- boue (très collante, normalement de couleur foncée).

• **Pourcentage de couverture des herbiers marins.** Déterminez la couverture totale d'herbiers marins dans le quadrat (Figure 4.6B) et enregistrez la valeur dans la fiche technique de terrain.

• **Composition des espèces d'herbiers marins.** Identifiez les espèces d'herbiers marins dans le quadrat et déterminez le pourcentage de contribution de chacune d'entre elles à la couverture totale, en utilisant la feuille d'identification des espèces d'herbiers marins comme guide (Annexe 1). Utilisez une loupe pour mieux observer l'extrémité de la feuille, si nécessaire. Enregistrez les valeurs dans la fiche technique de terrain. Remarque importante: la composition de toutes les espèces est égale à 100 %, quelle que soit la couverture totale (par exemple, *Cymodocea nodosa* 70 %, *Halodule wrightii* 30 %).

• **Hauteur de la canopée.** Mesurez la longueur moyenne des pousses d'herbier marin. Pour le faire, sélectionnez au hasard 3 à 5 pousses dans le quadrat et mesurez la longueur depuis la partie inférieure de la pousse (sans déraciner) jusqu'à l'extrémité de la feuille, en ignorant les 20 % des feuilles les plus longues. Enregistrez chaque longueur sur la fiche technique de terrain.

• **Pourcentage de couverture des algues.** Déterminez le pourcentage de couverture des algues non épiphytes dans le quadrat, c'est-à-dire les algues qui poussent dans les herbiers marins mais qui n'y sont pas attachées. Utilisez la même approche pour estimer la couver-

ture d'algues que pour les herbiers marins (Figure 4.2), et enregistrez la valeur dans la fiche technique de terrain.

• **Échantillon de biomasse.** Aux positions 5, 25 et 45 m, prélevez un échantillon de biomasse à l'aide du carottier, à l'extérieur du quadrat (Figure 4.6D). Pour le faire, placez le carottier sur les herbiers marins, assurez-vous que les feuilles des pousses à l'intérieur du carottier sont aussi à l'intérieur, poussez le carottier dans le sédiment, extrayez le carottier et transférez son contenu (herbiers marins, sédiment, et autres matériaux) dans la passoire. Lavez le matériel avec de l'eau de mer, loin des transects (pour éviter la turbidité) et placez les pousses d'herbier marin propres dans un sac pré-étiqueté. Cela doit être la dernière chose à faire à ces endroits. Notez qu'un échantillon de biomasse a été prélevé sur la fiche technique pour ce quadrat. Placez les échantillons dans la glacière, dans l'obscurité et au frais, jusqu'à leur arrivée dans votre institution.

• **Continuation le long du transect.** Une fois que vous avez terminé avec le quadrat à 0 m, continuez jusqu'à la marque suivante de 5 m et répétez la procédure (sachez que les photos et les échantillons de biomasse ne sont pas pris à tous ces endroits). Continuez le long du transect en échantillonnant tous les 5 m jusqu'à ce que le transect soit terminé. Ensuite, répétez le processus le long des transects 2 et 3.

• **Limites des prairies.** Après avoir terminé les transects, enregistrez les limites de la prairie. Pour le faire, commencez à la position 0-m du transect 2 et marchez vers la droite jusqu'à ce que vous atteigniez la limite de la prairie. Localisez la position géographique avec un GPS portable. Faites la même chose à gauche de la prairie. Ensuite, atteignez la limite inférieure de la profondeur, c'est-à-dire la limite de la prairie qui est plus éloignée du rivage, et enregistrez la position avec le GPS. Faites la même chose pour la limite supérieure de la prairie, c'est-à-dire la limite de la prairie la plus proche de la côte. Enregistrez les limites supérieure et inférieure de la prairie au début et à la fin, respectivement, de chaque transect.

Une fois que l'échantillonnage est terminé:

- Vérifiez que la fiche technique contient toutes les informations requises.
- Retirez l'équipement du site et vérifiez que rien n'a été oublié.
- Si vous avez utilisé un appareil photo imperméable, rincez-le immédiatement à l'eau douce.
- Lavez le reste de l'équipement d'échantillonnage à l'eau de mer sur le site, et une fois de retour à votre institution, lavez-le à nou-

veau à l'eau douce. Laissez-le sécher avant de le stocker.

- Stockez l'équipement jusqu'à la prochaine opération d'échantillonnage.
- Une fois de retour à votre institution, prenez une photo ou scannez la feuille de données de terrain pour la stocker sous forme digitale, et entrez les données dans un fichier de fiche technique.
- Traitez les échantillons de biomasse (section 4.5.5.).

4.5.4. PROTOCOLE DE SUIVI DES HERBIERS MARINS SUBTIDIAUX

4.5.4.1. Liste de matériel

Cette liste ne contient pas les articles personnels que les membres de l'équipe doivent apporter. Les articles personnels doivent comprendre des vêtements appropriés (qui peuvent être mouillés), des chaussures, masque et tuba, etc.

- 1 unité - GPS portable
- 1 unité - ligne de sondage (ligne marquée de nœuds de distance connue à intervalles réguliers, et d'une pierre ou d'un morceau de fer attaché à l'une des extrémités) ou tout autre dispositif de mesure de la profondeur (par exemple, un sondeur manuel)
- 1 unité - carottier en métal ou PVC (diamètre de 15-20 cm)
- 1 unité - sac à mailles
- 1 unité - quadrat 50x50 cm
- 15 unités - sacs en plastique étiquetés
- 1 unité - loupe
- 3 unités - fiches techniques de terrain
- 1 unité - planchette à pince imperméable
- 2 unités - crayon et gomme
- 1 unité - règle de 30 cm
- 1 unité - quadrat photo-étiquetteur

- 1 unité - appareil photo imperméable avec batteries
- 1 unité - feuille standard de pourcentage de couverture
- 3 unités - fiches d'identification des herbiers marins
- 2 unités - boîtes pour le transport du matériel
- 1 unité - glacière pour le transport des échantillons
- 1 L d'eau douce pour rincer l'appareil photo étanche sur le terrain

Les articles utilisés par les membres de l'équipe qui font de la plongée sous-marine ou du snorkeling doivent être attachés à leur corps, afin de ne pas les perdre. La méthode la plus simple consiste à utiliser un morceau de corde et des mousquetons à simple ou double extrémité. Il est également utile d'attacher une petite bouée à l'objet (quadrat, carottier, règle, etc.) pour le retrouver facilement dans l'eau, au cas où vous le perdriez.

Note importante: assurez-vous d'avoir l'assurance pour les plongeurs certifiés, le matériel de plongée vérifié au préalable et un plan d'urgence en cas d'accident. Suivez toutes les règles de sécurité pour la plongée sous-marine.

4.5.4.2. Fixation des points dans une zone définie

Avant de fixer les points dans la zone définie, la zone devrait idéalement avoir été cartographiée pour connaître la distribution des herbiers marins, comme expliqué dans la section 4.3.2. Sur la base de la carte de distribution

des herbiers marins, un ensemble de positions GPS est sélectionné sur la prairie à revisiter. Cette méthode n'implique pas de positions fixes, et elle est conçue pour suivre les herbiers marins subtidiaux en snorkeling ou en plongée sous-marine.

La sélection des points se fait sur le terrain. Les décisions à prendre incluent la distance entre eux et leur nombre, avec une recommandation minimale de 6-9 points (grille 2 x 3 ou 3 x 3), séparés de 100-150 m, et formant une grille avec des points équidistants (Figure 4.7). Les coordonnées des points doivent être

extraites d'un logiciel SIG (ou de GoogleEarth). Ensuite, une liste avec les codes d'identification de tous les points et leurs coordonnées (latitude et longitude) doit être imprimée à des fins de navigation, et les positions doivent être sauvegardées dans un GPS portable pour pouvoir retrouver les points sur le terrain.

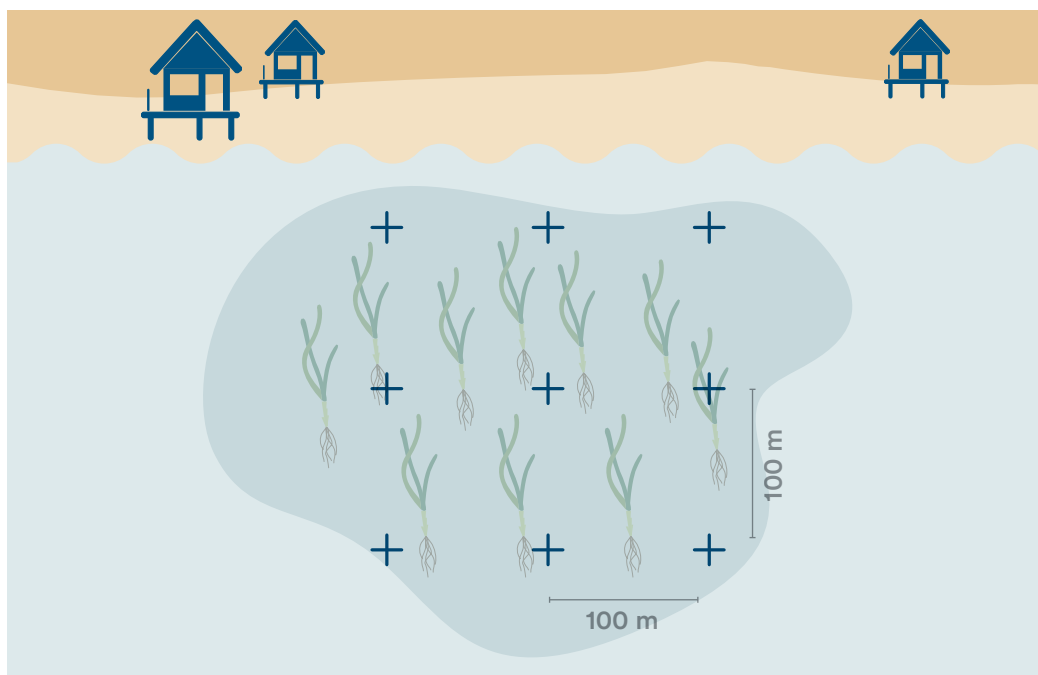


FIGURE 4.7. Diagramme montrant la mise en place de points dans une zone définie pour les herbiers marins subtidaux. Illustrations adaptées de: Réseau d'intégration et d'application (ian.umces.edu/media-library).

4.5.4.3. Procédures d'échantillonnage

Une fois à bord, suivez les étapes énumérées ci-dessous. La fiche technique de terrain à remplir se trouve à l'annexe 2.3.

- **Position.** Localisez la position des premiers points à visiter, en utilisant le GPS portable. À l'arrivée, lancez une bouée attachée à quelques poids (2-3 kg) avec une corde pour marquer le point.

- **Profondeur de l'eau.** Notez l'heure et la profondeur du point à l'aide d'un appareil de mesure de la profondeur ou d'une ligne de sondage.

- **Descente.** Une fois sur le site, les plongeurs ou les apnéistes descendent au fond de la mer avec le quadrat.

- **Pourcentage de couverture des herbiers marins.** Les plongeurs placent le quadrat sur le fond et estiment la couverture totale d'herbiers marins. Un total de trois quadrats est examiné dans la zone proche. En cas de plongée sous-marine, les trois quadrats peuvent être effectués au cours de la même plongée (et les valeurs notées dans un carnet étanche), mais pour les plongeurs en apnée, cela peut se faire sur plusieurs étapes. Une fois à la surface, les plongeurs communiquent les valeurs de pourcentage au membre de l'équipe à bord (pour remplir la fiche technique de terrain), et vérifient la feuille standardisée de couverture d'herbiers marins pour confirmer les pourcentages observés.

- **Composition des espèces d'herbiers marins.** Identifiez les espèces d'herbiers marins dans le quadrat et déterminez le pourcentage

de contribution de chacune d'entre elles à la couverture totale, en utilisant la feuille d'identification des espèces d'herbiers marins comme guide (Annexe 1). Enregistrez les valeurs dans la fiche technique de terrain. Note importante: la composition de toutes les espèces est égale à 100 % quelle que soit la couverture totale (par exemple, *Cymodocea nodosa* 70 %, *Halodule wrightii* 30 %).

- **Échantillon de biomasse.** Lors de la plongée suivante, les plongeurs laissent le quadrat à bord du bateau et prennent le carottier et le sac à mailles. Ils redescendent et prélèvent un échantillon de biomasse à l'aide du carottier. Pour cela, ils placent le carottier au dessus des herbiers marins, s'assurent que les feuilles des pousses à l'intérieur du carottier sont également à l'intérieur, appuient sur le carottier dans le sédiment, extraient le carottier et transfèrent son contenu (herbiers marins, sédiment et autres matériaux) dans le sac à mailles. Remontez et transférez le sac à mailles à un membre de l'équipe sur le bateau. Il lavera le matériel avec de l'eau de mer et placera les pousses d'herbier marin propres dans un sac pré-étiqueté. Cela doit être la dernière chose à faire à ces endroits. Notez qu'un échantillon de biomasse a été prélevé sur la feuille de données pour ce quadrat. Placez les échantillons dans la glacière, dans l'obscurité et au frais, jusqu'à l'arrivée à votre institution. Les échantillons de biomasse doivent être prélevés sur tous les deux points, c'est-à-dire à la moitié des points, mais répartis uniformément sur la grille et couvrant toutes les profondeurs.

4.5.5. PROCÉDURES POUR OBTENIR LA BIOMASSE ET LA DENSITÉ DES POUSSES À PARTIR DES ÉCHANTILLONS

La densité des pousses et la biomasse sont deux indicateurs structurels des herbiers marins. La densité des pousses est le nombre de pousses par unité de surface (par exemple, 240 pousses par mètre carré) tandis que la biomasse est la quantité de masse morte ou vivante de tissus d'herbier marin par unité de surface (par exemple, 125 g de biomasse vivante totale par mètre carré). La densité des pousses est obtenue en comptant le nombre de pousses obtenues dans un échantillon de surface connue (dans ce protocole, celui prélevé avec le carottier). Pour obtenir la biomasse, il est nécessaire de séparer les différentes parties de l'herbier marin, c'est-à-dire les parties aériennes

- **Continuation le long de la grille.** Une fois que vous avez terminé au premier point, passez au suivant et répétez la procédure.

- **Limites de la prairie.** Après avoir visité les points, enregistrez les limites supérieure et inférieure de la prairie. Pour cela, localisez les positions géographiques des limites à l'aide d'un GPS portable une fois que vous avez atteint les limites dans les deux directions (vers le rivage, c'est-à-dire la limite supérieure, et vers la mer, c'est-à-dire la limite inférieure).

Une fois que l'échantillonnage est terminé:

- Vérifiez que la fiche technique contient toutes les informations requises.
- Si vous avez utilisé un appareil photo imperméable, rincez-le immédiatement à l'eau douce.
- Lavez le reste de l'équipement d'échantillonnage à l'eau de mer sur le site, et une fois de retour à votre institution, lavez-le à nouveau à l'eau douce. Laissez-le sécher avant de le stocker.
- Stockez l'équipement jusqu'à la prochaine opération d'échantillonnage.
- Une fois de retour à votre institution, prenez une photo ou scannez la feuille de données de terrain pour la stocker sous forme digitale, et entrez les données dans une feuille de données.
- Traitez les échantillons de biomasse (section 4.5.5.).

(feuilles) et souterraines (racines et rhizomes). Dans les herbiers marins, la litière de feuilles (feuilles mortes, c'est-à-dire les détritiques) ainsi que les rhizomes et les racines mortes s'accumulent souvent dans les sédiments. Il est donc nécessaire de séparer les tissus morts et vivants des herbiers marins. Si plus d'une espèce est présente dans l'échantillon, les fractions de biomasse doivent également être séparées par espèce. La biomasse est communément exprimée en unités de poids sec, c'est-à-dire la masse de l'échantillon après en avoir retiré l'eau. À cette fin, l'échantillon est séché dans un four à air à des températures de 50-60 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant (normalement 48-72 heures). Si l'on ne dispose pas d'un four, le poids frais (c'est-à-dire avant le poids de la biomasse après l'avoir époncée avec du papier de laboratoire) est également un bon indicateur.

4.5.5.1. Liste du matériel

- Grand plateau en plastique
- Pinces à épiler
- Eau salée (si elle n'est pas disponible, l'eau douce convient également)
- Papier de soie de laboratoire
- Fiches de données sur la biomasse (Annexe 2.4)

4.5.5.2. Procédures d'analyse au laboratoire

L'objectif de l'échantillon de biomasse est d'estimer la biomasse d'herbier marin (totale, aérienne, souterraine et morte) et la densité des pousses. Si des fleurs, des fruits ou des graines sont trouvés dans l'échantillon, ils doivent également être enregistrés. Pour cela, suivez les étapes énumérées ci-dessous et utilisez la feuille de données sur la biomasse fournie à l'annexe 2.4.

- Remplissez le tableau de la partie supérieure de l'annexe 2.4, qui comprend des informations sur l'identifiant de l'échantillon, le nom de la personne qui traite l'échantillon, la date de collecte (sur le terrain) et la date de traitement de l'échantillon, la surface échantillonnée (calculée à partir du diamètre du carottier utilisé sur le terrain), la température utilisée dans le four pour sécher la biomasse (le cas échéant), la date à laquelle le poids frais (avant le four) et le poids sec (après le four) sont mesurés (le cas échéant), et les notes pertinentes.

- Placez votre échantillon sur un plateau avec de l'eau de mer (si l'eau de mer n'est pas disponible, l'eau douce convient également) (Figure 4.8A).

- Commencez à séparer le matériel, en comptant d'abord le nombre de pousses que vous trouvez pour chaque espèce (écrivez le nom de l'espèce et le nombre sur la fiche de laboratoire - section A). Les pousses mortes ou les feuilles tombées ne doivent pas être comptées, seulement les pousses vivantes (c'est-à-dire le faisceau de feuilles attaché au rhizome).

- Après avoir compté les pousses, séparez-les par espèce en matériel vivant souterrain (racines et rhizomes), matériel vivant aérien (feuilles) et matériel mort (soit racines, rhizomes ou feuilles) (Figure 4.8A).

- Crayon et gomme
- Sacs en papier ou enveloppes (peuvent être préparés à la maison)
- Four de laboratoire réglé à 60 °C (si disponible)
- Balance de terrain portable fonctionnant sur batterie (précision d'au moins 0,1 g)
- Boîte pour stocker les échantillons traités

- Si vous trouvez des graines ou des fleurs, notez le nombre sur la fiche de données du laboratoire (section B). Consultez le module 1 pour identifier les structures reproductives des espèces d'herbiers marins.

- Une fois que vous avez compté toutes les pousses et séparé tout le matériel, jetez le contenu du plateau (animaux, etc.).

- Séchez les herbiers marins avec du papier de laboratoire, en vérifiant qu'il n'y a pas d'excès d'eau sur eux.

- Pesez des sacs en papier vides étiquetés sur une balance (Figure 4.8B) et notez leurs étiquettes et leurs poids sur la fiche technique (section B, colonnes ID sac en papier et Sac en papier vide, respectivement). Il est important que la balance soit correctement mise à niveau. Les étiquettes doivent inclure le code d'identification de terrain de l'échantillon (par exemple, IW-T1-10m) et le type de tissu (AG: aérien, BG: souterrain, DM: matériel mort), ainsi que l'espèce. Par exemple: IW-T1-10m-AG-CN (il s'agit de l'échantillon IW-T1-10m, parties aériennes, espèce *Cymodocea nodosa*).

- Transférez les tissus d'herbier marin dans leurs sacs en papier correspondants.

- Pesez à nouveau les sacs sur la même balance que celle utilisée précédemment (Figure 4.8C). Notez les poids sur la feuille de données (section B, colonne Sac en papier + poids frais). Ces poids correspondent au poids frais (FW) plus le poids de l'enveloppe.

- Si un four est disponible, placez-y les sacs avec les mouchoirs à 60 °C. Les sacs doivent être ouverts pour permettre à la vapeur d'eau de s'échapper (Figure 4.8D).

- Après au moins 48 heures, sortez les sacs en papier du four et pesez-les sur la même balance que celle utilisée précédemment.

- Notez les poids sur la fiche de données (section B, colonne Sac en papier + poids sec). Ces poids correspondent au poids sec (DW) plus le poids de l'enveloppe.

- Calculez le DW et le FW pour l'AG, le BG et la biomasse morte comme expliqué dans l'exemple de la fiche technique.

- Fermez les sacs en papier contenant les échantillons et conservez-les dans un endroit sec. Ils pourraient être utiles pour des travaux futurs ou pour confirmer les résultats.

- Prenez une photo ou scannez les fiches techniques de la biomasse pour les stocker sous forme digitale, et enregistrez les données dans un fichier de fiches techniques.

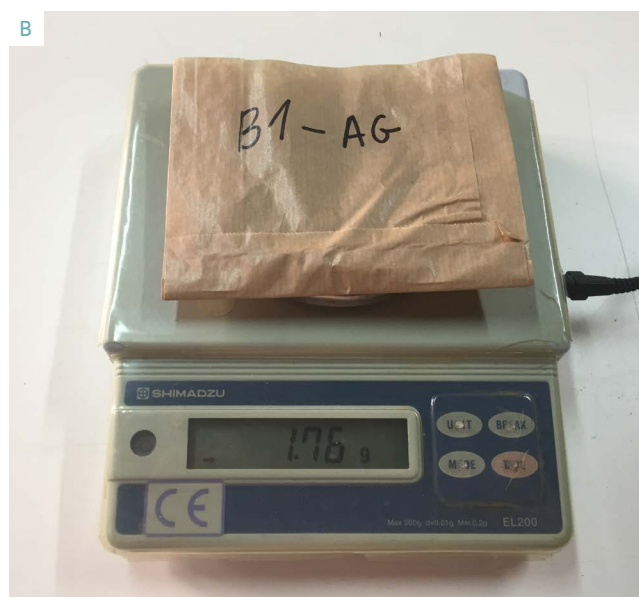


FIGURE 4.8. Photos montrant comment un échantillon de biomasse d'herbier marin est traité dans le laboratoire: A) séparation de la biomasse aérienne (feuilles) et souterraine (rhizomes et racines), B) pesage du sac en papier vide étiqueté avant d'y mettre la biomasse, C) pesage du sac en papier avec la biomasse à l'intérieur, D) séchage de la biomasse dans le four. **Photos par:** C.B. de los Santos.

4.5.5.3. Calculs

Les estimations de la biomasse des herbiers marins et de la densité des pousses sont obtenues à partir des données enregistrées dans la fiche technique sur la biomasse et de la surface des carottiers utilisés sur le terrain. Elle peut être calculée soit en poids sec (DW), soit en poids frais (FW). Voici les formules:

- Estimation de la biomasse aérienne des herbiers marins (g DW m^{-2}) = biomasse AG / surface de carottage (m^2)

- Estimation de la biomasse souterraine des herbiers marins (g DW m^{-2}) = biomasse AG / surface de carottage (m^2)

- Estimation de la biomasse totale des herbiers marins (g DW m^{-2}) = biomasse totale / surface du carottier (m^2)

- Estimation de la densité des pousses d'herbiers marins (pousses m^{-2}) = Nombre de pousses / surface du carottier (m^2)

1.4. BIBLIOGRAPHIE

1. Short, F. T., Coles, R. G., & Short, C. M. (2015). SeagrassNet manual for scientific monitoring of seagrass habitat.
2. Marbà, N., Krause-Jensen, D., Alcoverro, T., *et al.* (2013). Diversity of European seagrass indicators: patterns within and across regions. *Hydrobiologia*, 704(1), 265-278.
3. Kerninon, F., Payri, C. E., Le Loc'h, F., *et al.* (2021). Selection of parameters for seagrass management: Towards the development of integrated indicators for French Antilles. *Marine Pollution Bulletin*, 170, 112646.
4. SeagrassNet, Global Seagrass Monitoring Network. <http://www.seagrassnet.org>.
5. SeagrassWatch, Global Seagrass Observing Network. <https://www.seagrasswatch.org>.
6. Roca, G., Alcoverro, T., Krause-Jensen, D., *et al.* (2016). Response of seagrass indicators to shifts in environmental stressors: a global review and management synthesis. *Ecological Indicators*, 63, 310-323.
7. McKenzie, L.J., Campbell, S.J., & Roder, C.A. (2003). Seagrass-Watch: Manual for mapping and monitoring seagrass resources by community (citizen) volunteers. Northern Fisheries Centre. Cairns, Australia. 100 pp.
8. Traganos, D., Terauchi, G., Glavan, J., *et al.* (2020). Seagrass mapping and monitoring. In: *Out of the blue: The value of Seagrasses to the Environment and to People*, by Potouroglou, M., Grimsditch, G., Weatherdon, L., & Lutz, S. (pp. 21-34). United Nations Environment. Nairobi, Kenya.
9. Pottier, A., Catry, T., Trégarot, E., Maréchal, J. P., *et al.* (2021). Mapping coastal marine ecosystems of the National Park of Banc d'Arguin (PNBA) in Mauritania using Sentinel-2 imagery. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 102, 102419.

ANNEXES

ANNEXE 1. GUIDE D'IDENTIFICATION DES HERBIERS MARINS

ANNEXE 2. FICHES TECHNIQUES DE CARTOGRAPHIE
ET DE SUIVI DES HERBIERS

ANNEXE 3. CARTES DE DISTRIBUTION DES HERBIERS MARINS
DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAD



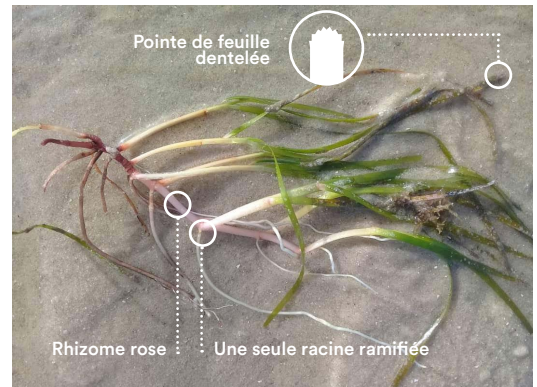
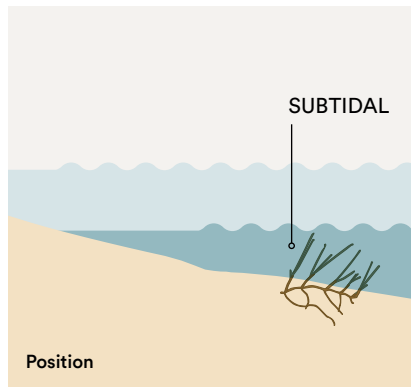
ANNEXE 1. GUIDE D'IDENTIFICATION DES HERBIERS MARINS

ANNEX 1.1. Sommaire des caractéristiques morphologiques, du pays de présence et de l'environnement pour les 4 espèces d'herbiers marins présentes dans les pays membres du RAMPAO.

	<i>Cymodocea nodosa</i>	<i>Zostera noltei</i>	<i>Halodule wrightii</i>	<i>Ruppia maritima</i>
Pays	Mauritanie, Sénégal, La Gambie	Mauritanie, Sénégal	Tous les pays	Cabo Verde, Mauritanie*, Sénégal*
Environnement	Subtidal	Intertidal	Subtidal	Subtidal
Feuilles	3 à 4 feuilles par pousse Jusqu'à 60 cm de longueur 1,5 à 6,0 mm de largeur 7-9 nervures Extrémité de la feuille arrondie et dentelée	2 à 5 feuilles par pousse Jusqu'à 25 cm de longueur 0,5 à 1,0 mm de largeur 3 nervures Extrémité de la feuille émoussée et dentelée	2 à 4 feuilles par pousse Jusqu'à 30 cm de longueur 2,0 à 5,0 mm de largeur 3 veines parallèles Extrémité de la feuille concave	Jusqu'à 11,5 cm de longueur 0,2 à 0,5 mm de largeur 1 veine centrale Pointe aiguë de la feuille
Rhizomes	> 2 mm d'épaisseur Rose-brunâtre	0,5 à 2 mm d'épaisseur Vert-jaune	Rhizome fin Blanc	Rhizome fin Verdâtre
Racines	1 seul par nœud Racines profondes (jusqu'à 35 cm) Fortement ramifiées Blanc	1 à 4 racines par nœud Racines peu profondes Non ramifiées Blanc	3 à 5 racines par nœud Racines peu profondes (< 5 cm) Non ramifié Blanc avec point foncé	1 à 2 racines simples par nœud Racines peu profondes (< 5 cm) Non ramifié Blanc
Fleurs	Fleurs solitaires Fleur mâle : rose avec un pédoncule blanc	Plusieurs fleurs sur une pousse reproductrice en forme de lance.	Fleurs ne dépassant pas 5 mm de long, positionnées sur une tige à partir de la gaine foliaire, au-dessus du sédiment	Fleurs et fruits sur une tige érigée et ramifiée. Inflorescence contenant 2 fleurs
Fruits et graines	2 fruits en forme de lentille attachés à la pousse Graines enfouies dans le sédiment	Graines de 1,5 à 2 mm de long, blanches et lisses	Fruit de 2,0 à 2,5 mm, arrondi, couleur olive à beige	Graines de 1,5 à 2 mm de long, blanches et lisses Graines de 2 à 2,8 mm de long, brun foncé, en forme de poire.

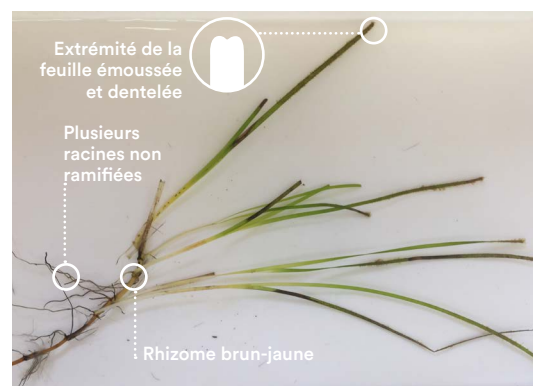
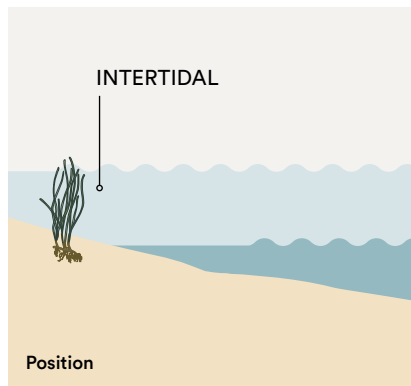
* Il existe quelques incertitudes quant à la présence de *R. maritima* au Sénégal et en Mauritanie.

Cymodocea nodosa



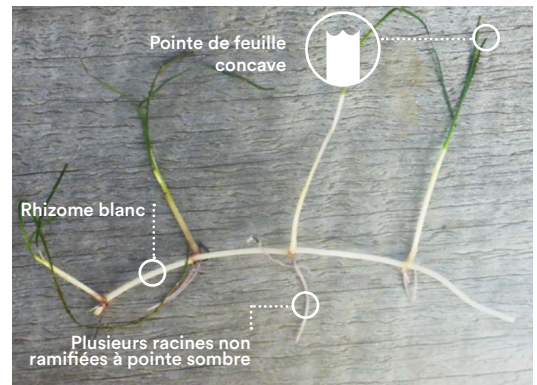
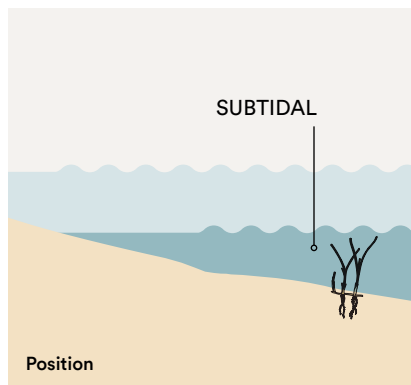
© M.A. Sidi Cheikh

Zostera noltei



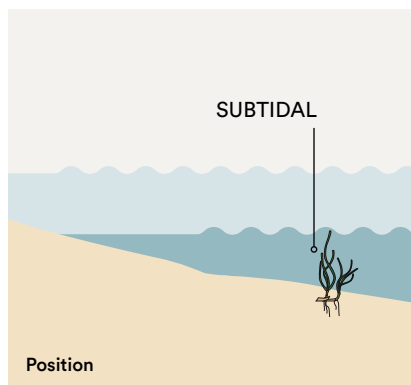
© C.B. de los Santos

Halodule wrightii



© M.A. Sidi Cheikh

Ruppia maritima



© D. Frade

* Il existe quelques incertitudes quant à la présence de *R. maritima* au Sénégal et la Mauritanie.

ANNEXE 2. FICHES TECHNIQUES

ANNEXE 2.1. Fiches techniques de terrain pour la cartographie des herbiers marins *Exemple*

Date	15 May 2022	Heure	12:30
Site	Iwik	Observateur(s)	Carolina, Sidi, Ester.
Méthode	Prairie subtidale - plongée en apnée depuis le rivage le long d'un transect de 40 m		

- Codes des espèces d'herbiers marins CN : *Cymodocea nodosa*, HW : *Halodule wrightii*, ZN : *Zostera noltei*, RM : *Ruppia maritima*.

- Types de sédiments : boue, sable, gravier, gravillons de coquillages.

- Informations essentielles : ID du point, ID de l'enregistrement GPS, et présence d'herbiers.

ID du point	ID du point GPS	Profondeur de l'eau (m)	Heure	Type de sédiment	Présence d'herbiers (oui/non)	Espèces d'herbiers	% Couverture d'herbiers	Notes
IW-T1-0m	123	0.5	12:30	Sable	Non	-	0 %	-
IW-T1-5m	124	0.8	12:35	Sable	Non	-	0 %	-
IW-T1-10m	125	1.0	12:40	Sable-Boue	Oui	CN	25 %	Limite supérieure de la prairie. Marques de foussement.
IW-T1-15m	126	1.2	12:45	Sable-Boue	Oui	CN	25 %	Eau turbide.
IW-T1-20m	127	1.5	12:50	Sable-Boue	Oui	CN	10 %	Eau turbide.
IW-T1-25m	128	2.0	12:55	Sable-Boue	Oui	CN	10 %	Limite inférieure de la prairie. Eau turbide.
IW-T1-30m	129	2.2	13:00	Sable	Non	-	0 %	-
IW-T1-35m	130	2.5	13:05	Sable	Non	-	0 %	-
IW-T1-40m	131	3.0	13:19	Sable	Non	-	0 %	-

ANNEXE 2.2. Fiche technique de terrain pour la suivi des herbiers marins (méthode du transect fixe) *Exemple*

Date	15 Mai 2022			Observateur(s)	Sidi, Carolina, Ester				
Site	Iwik			Transect	Transect 2				
Heure du début	12:30			Heure de fin	13:10				
TRANSECT INITIAL	Latitude	19.88040°	Longitude	-16.29444°	TRANSECT FINAL	Latitude	19.88010°	Longitude	-16.29408°

- Codes des espèces d'herbiers marins CN : *Cymodocea nodosa*, HW : *Halodule wrightii*, ZN : *Zostera noltei*, RM : *Ruppia maritima*.

Quadrat	Sédiment	Photo prise?	% Couverture d'herbiers	% couverture et herbiere spp.			% Couverture algues	Hauteur de la canopée (cm)	ID biomasse	Notes
				ZN	HW					
1 (0 m)	sable	Oui	70	100	0		5	10, 9, 8	S1	De nombreux bernard-l'ermite
2 (5 m)	boue, sable	Oui	70	100	0		5	12, 10, 11	-	Gastéropodes
3 (10 m)	boue	Oui	70	100	0		5	13, 13, 10	-	
4 (15 m)	boue	Oui	90	100	0		10	14, 15, 12	-	
5 (20 m)	boue	Oui	90	100	0		0	16, 17, 14	-	
6 (25 m)	boue	Oui	90	100	0		0	17, 16, 16	S2	
7 (30 m)	boue	Oui	100	100	0		0	15, 17, 18	-	
8 (35 m)	boue	Oui	100	100	0		10	19, 19, 18	-	
9 (40 m)	boue	Oui	100	90	10		5	22, 20, 19	-	
10 (45 m)	boue	Oui	100	90	10		5	20, 24, 22	-	Étoile de mer
11 (50 m)	boue	Oui	90	80	20		0	25, 23, 14	S3	Concombre de mer

Distance entre le DÉBUT et la limite SUPÉRIEURE (m)	2 m	Distance entre le DÉBUT et la limite INFÉRIEURE (m)	7 m
---	-----	---	-----

ANNEXE 2.3. Fiche technique pour le suivi des herbiers marins (mise en place de points dans une zone définie) *Exemple*

Date	15 Mai 2022			Observateur(s)	Sidi, Carolina, Ester				
Site	Iwik			Méthode	Snorkelling, quadrat, biomasse 1 point sur 3				
Heure du début	12:40			Heure de fin	14:30				
MARÉE BASSE	Heure	11:30	Hauteur (m)	0.5	MARÉE HAUTE	Heure	17:40	Hauteur (m)	1.5

- Codes des espèces d'herbiers marins CN : *Cymodocea nodosa*, HW : *Halodule wrightii*, ZN : *Zostera noltei*, RM : *Ruppia maritima*.

ID du point	Profondeur de l'eau (m)	Heure	Latitude (°)	Longitude (°)	% Couverture d'herbiers	Espèces d'herbiers			ID biomasse	Notes
						CN	HW			
IW-1	1.0	12:40	19.898426°	-16.278200°	40	90	10		S4	Beaucoup d'algues vertes
IW-2	1.0	12:50	19.897420°	-16.278997°	40	90	10		-	
IW-3	1.2	13:00	19.896247°	-16.280049°	50	100	0		-	
IW-4	2.4	13:10	19.897486°	-16.277102°	30	100	0		S5	
IW-5	2.5	13:20	19.896677°	-16.278033°	20	100	0		-	
IW-6	2.3	13:30	19.895463°	-16.279066°	30	100	0		-	
IW-7	3.0	13:40	19.896547°	-16.276031°	10	100	0		S6	
IW-8	3.1	13:50	19.895800°	-16.276840°	0	100	0		-	Eau turbide, herbiers marins pas vus
IW-9	3.4	14:00	19.894860°	-16.277868°	5	100	0		-	Juste quelques pousses

Position limite SUPERIEURE (°)	19.898426°-16.278200°	Position limite INFERIEURE (°)	19.894860°-16.277868°
--------------------------------	-----------------------	--------------------------------	-----------------------

ANNEXE 2.4. Fiche de données de laboratoire pour la biomasse des herbiers marins (deux sections A et B) *Exemple*

ID échantillon	15 Mai 2022	Personne	Sidi
Date de prélèvement	20 cm diamètre > 0.0314 m²	Date traitement	15 Mai 2022
Zone échantillonnée (m²)	15 Mai 2022	Temperature four (°C)	60 °C
Date poids frais	15 May 2022	Date poids sec	17 Mai 2022
Notes	Les échantillons ont été stockés après avoir pesé le poids sec dans la boîte numéro 4		

SECTION A - COMPTAGE DES POUSES D'HERBIER MARIN

Marquez une cellule pour chaque pousse que vous comptez pour chaque espèce, puis calculez le nombre total (chaque ligne comporte 50 cellules).

COMPTAGE

Espèce 1	<i>Cymodocea nodosa</i>																																																		
Espèce 2	<i>Halodule wrightii</i>																																																		

CALCULS

	Nombre total de pousses	Zone échantillonnée (m²)	Densité des pousses (pousses m ⁻²)	Notes
Espèce 1	12	0.0314	12 / 0.0314 = 350	Nombreuses feuilles détachées des pousses
Espèce 2	16	0.0314	16 / 0.0314 = 509	-
Toutes les espèces	12 + 16 = 28	0.0314	28 / 0.0314 = 891	-

SECTION B - BIOMASSE DES HERBIERS MARINS ET STRUCTURES REPRODUCTIVES

Indiquez le poids de chaque élément, puis calculez la biomasse totale, aérienne (feuilles) et souterraine (rhizomes et racines).

Si plus d'une espèce est trouvée dans l'échantillon, remplissez une feuille de données pour chacune d'entre elles.

Espèce	<i>Cymodocea nodosa</i>
--------	-------------------------

POIDS

	ID du sac papier	Sac papier vide (g)	Sac papier + poids frais (g)	Sac papier + poids sec (g)	Notes
Biomasse aérienne	IW-T1-10m-AG	5.2	11.7	9.0	-
Biomasse souterraine	IW-T1-10m-BG	5.5	13.3	10.1	-
Biomasse morte totale	IW-T1-10m-DM	5.3	9.8	6.5	-

CALCULATIONS

	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Zone échantillonnée (m²)	Biomasse poids frais (g FW m ⁻²)	Biomasse poids sec (g DW m ⁻²)
Biomasse aérienne	11.7 - 5.2 = 6.5	9.0 - 5.2 = 3.8	0.0314	6.5 / 0.0314 = 205.7	3.8 / 0.0314 = 121.0
Biomasse souterraine	13.3 - 5.5 = 7.8	10.1 - 5.5 = 4.6	0.0314	7.8 / 0.0314 = 249.0	4.6 / 0.0314 = 146.5
Biomasse totale	6.5 + 7.8 = 14.3	3.8 + 4.6 = 8.4	0.0314	14.3 / 0.0314 = 454.8	8.4 / 0.0314 = 267.5
Biomasse morte totale	9.8 - 5.3 = 4.5	6.5 - 5.3 = 1.2	0.0314	4.5 / 0.0314 = 143.3	1.2 / 0.0314 = 38.2

STRUCTURES REPRODUCTIVES

	Number	Notes
Graines ou fruits	0	-
Fleurs	1	Fleur mâle de <i>Cymodocea nodosa</i> !

ANNEXE 2.1. Fiches techniques de terrain pour la cartographie des herbiers marins

Date	Heure
Site	Observateur(s)
Méthode	

- Codes des espèces d'herbiers marins: CN: *Cymodocea nodosa*, HW: *Halodule wrightii*, ZN: *Zostera noltei*, RM: *Ruppia maritima*.
- Types de sédiments: boue, sable, gravier, gravillons de coquillages .
- Information essentielle: ID du point, ID de l'enregistrement GPS, et présence d'herbiers marins.

ID du point	ID du point GPS	Profondeur de l'eau (m)	Heure	Type de sédiment	Présence d'herbiers (oui/non)	Espèces d'herbiers	% Couverture d'herbiers	Notes

ANNEXE 2.2. Fiche technique de terrain pour la suivi des herbiers marins (méthode du transect fixe)

Date	Observateur(s)		
Site	Transect		
heure du début	Heure de fin		
TRANSECT INITIAL	Latitude	Longitude	TRANSECT FINAL
	Latitude	Longitude	Latitude

- Codes des espèces d'herbiers marins: *Cymodocea nodosa*, HW: *Halodule wrightii*, ZN: *Zostera noltei*, RM: *Ruppia maritima*.

Quadrat	Sédiment	Photo prise?	% Couverture d'herbiers	% couverture et herbier spp.			% Couverture algues	Hauteur de la canopée (cm)	ID biomasse	Notes
1 (0 m)										
2 (5 m)										
3 (10 m)										
4 (15 m)										
5 (20 m)										
6 (25 m)										
7 (30 m)										
8 (35 m)										
9 (40 m)										
10 (45 m)										
11 (50 m)										

Distance entre le DÉBUT et la limite SUPÉRIEURE (m)	Distance entre le DÉBUT et la limite INFÉRIEURE (m)
---	---

ANNEXE 2.3. Fiche technique pour le suivi des herbiers marins (mise en place de points dans une zone définie)

Date	Observateur(s)			
Site	Méthode			
Heure du début	Heure du fin			
MARÉE BASSE	Heure	Hauteur (m)	MARÉE HAUTE	Heure
				Hauteur (m)

- Codes des espèces d'herbiers marins: CN: *Cymodocea nodosa*, HW: *Halodule wrightii*, ZN: *Zostera noltei*, RM: *Ruppia maritima*.

ID du point	Profondeur de l'eau (m)	Heure	Latitude (°)	Longitude (°)	% Couverture d'herbiers	Seagrass spp. and % cover			Espèces d'herbiers	ID biomasse	Notes

Position limite SUPERIEURE (°)	Position limite INFÉRIEURE (°)
--------------------------------	--------------------------------

ANNEXE 2.4. Fiche de données de laboratoire pour la biomasse des herbiers marins (deux sections A et B)

SECTION B - BIOMASSE DES HERBIERS MARINS ET STRUCTURES REPRODUCTIVES

Indiquez le poids de chaque élément, puis calculez la biomasse totale, aérienne (feuilles) et souterraine (rhizomes et racines).
Si plus d'une espèce est trouvée dans l'échantillon, remplissez une feuille de données pour chacune d'entre elles.

Espèce

POIDS

	ID du sac papier	Sac papier vide (g)	Sac papier + poids frais (g)	Sac papier + poids sec (g)	Notes
Biomasse aérienne					
Biomasse souterraine					
Biomasse morte totale					

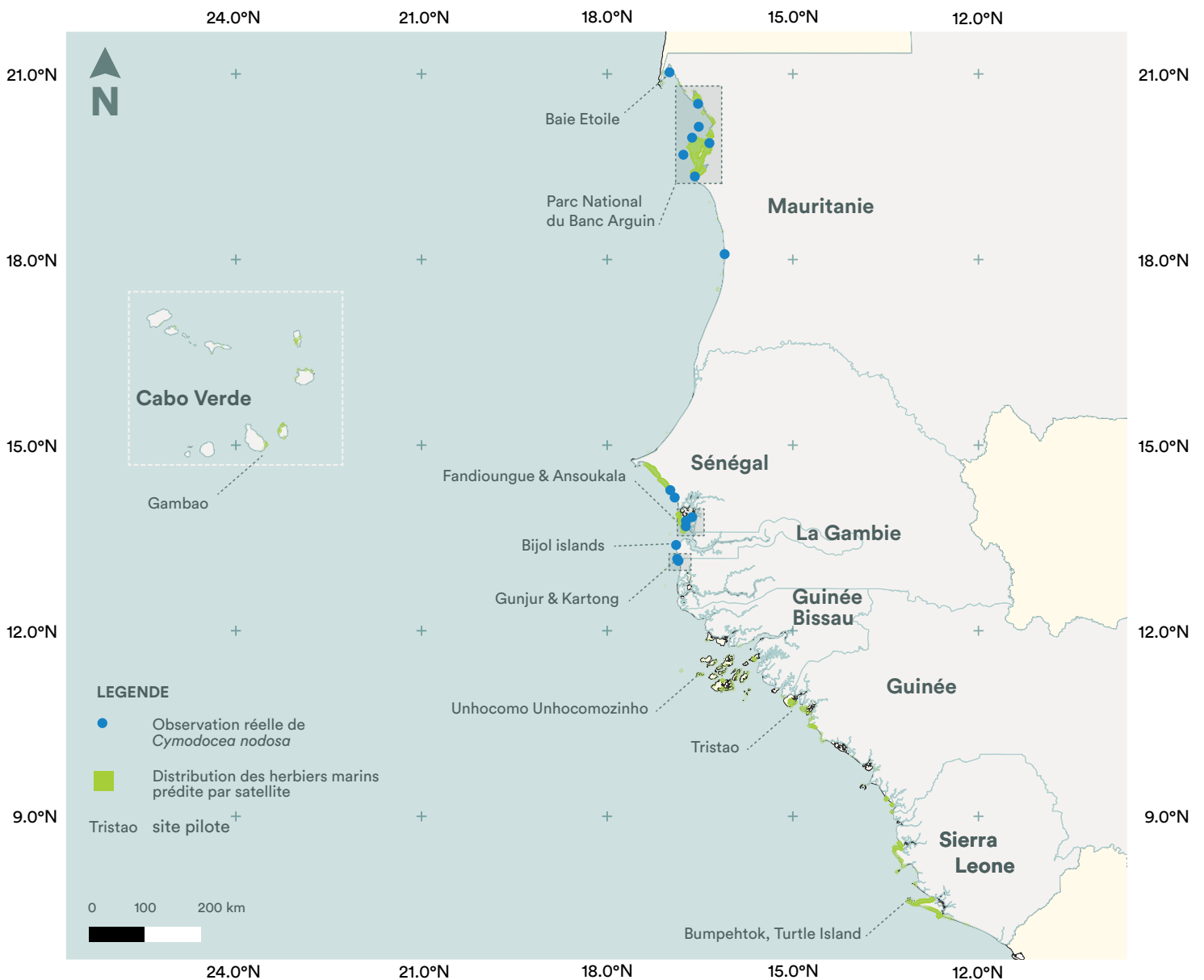
CALCULS

	Poids frais (g)	Poids sec (g)	Zone échantillonnée (m ²)	Biomasse poids frais (g FW m ⁻²)	Biomasse poids sec (g DW m ⁻²)
Biomasse aérienne					
Biomasse souterraine					
Biomasse totale					
Biomasse morte totale					

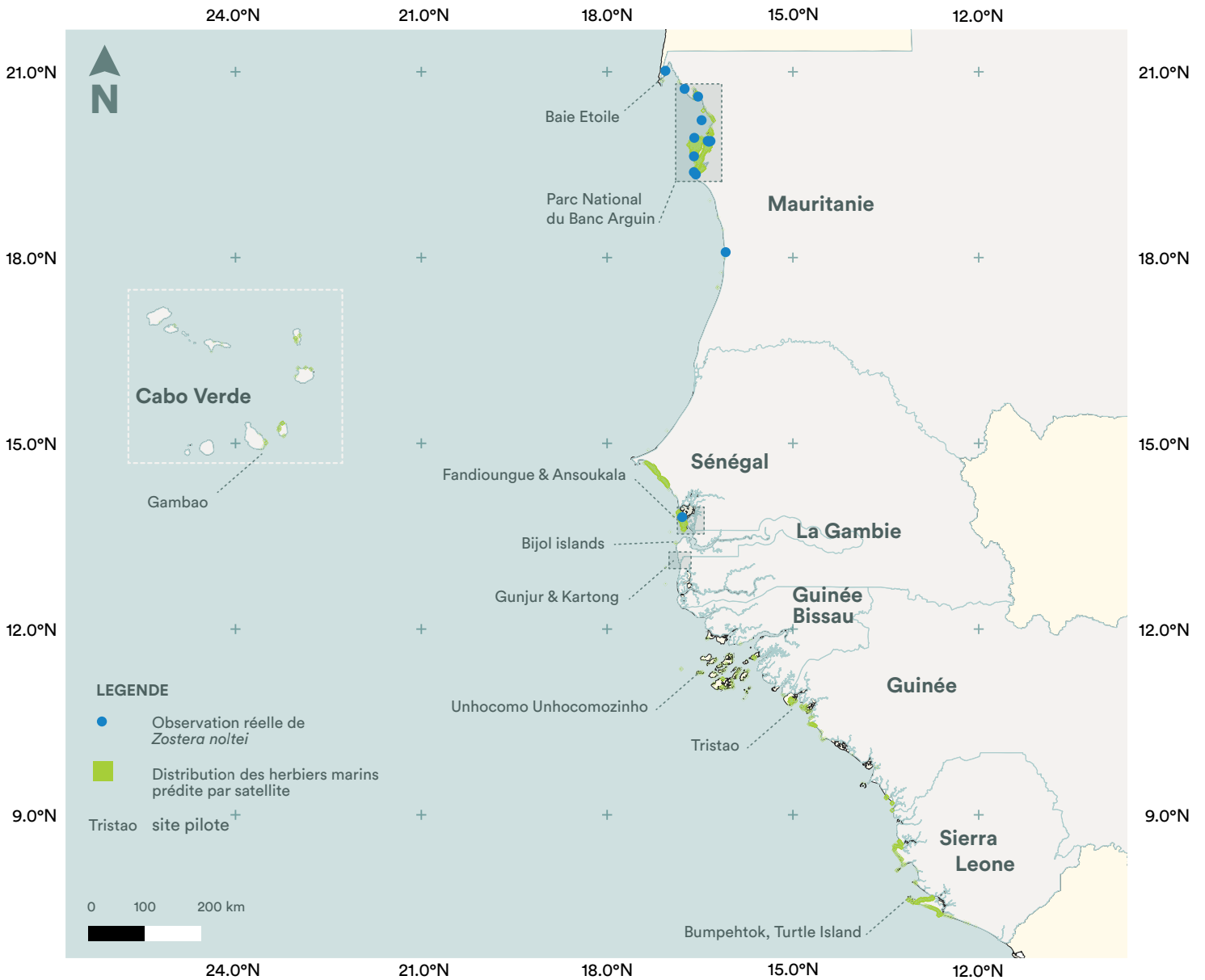
STRUCTURES REPRODUCTIVES

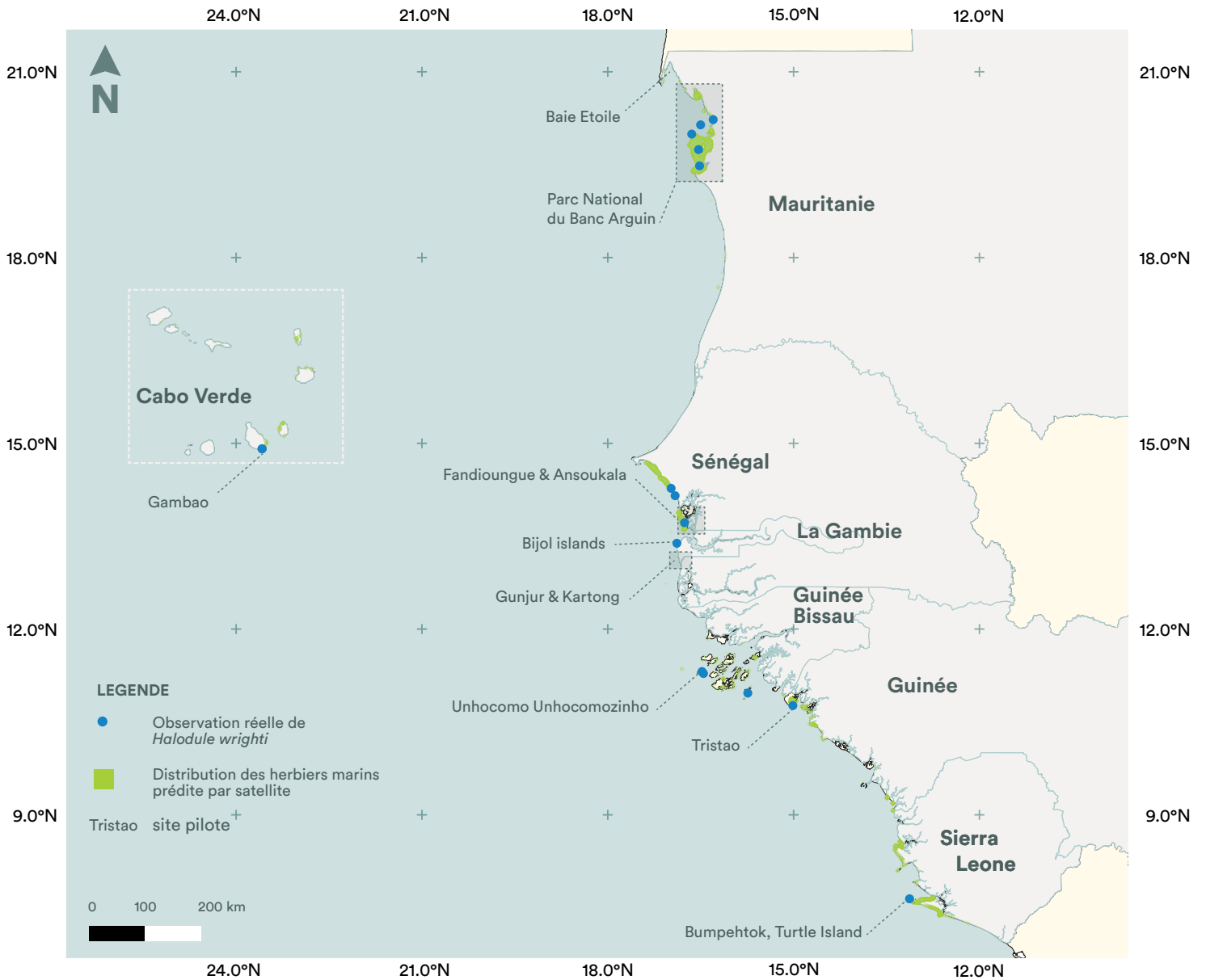
	Nombre	Notes
Graines ou fruits		
Fleurs		

ANNEXE 3. CARTES DE DISTRIBUTION DES HERBIERS MARINS DANS LES PAYS MEMBRES DU RAMPAO

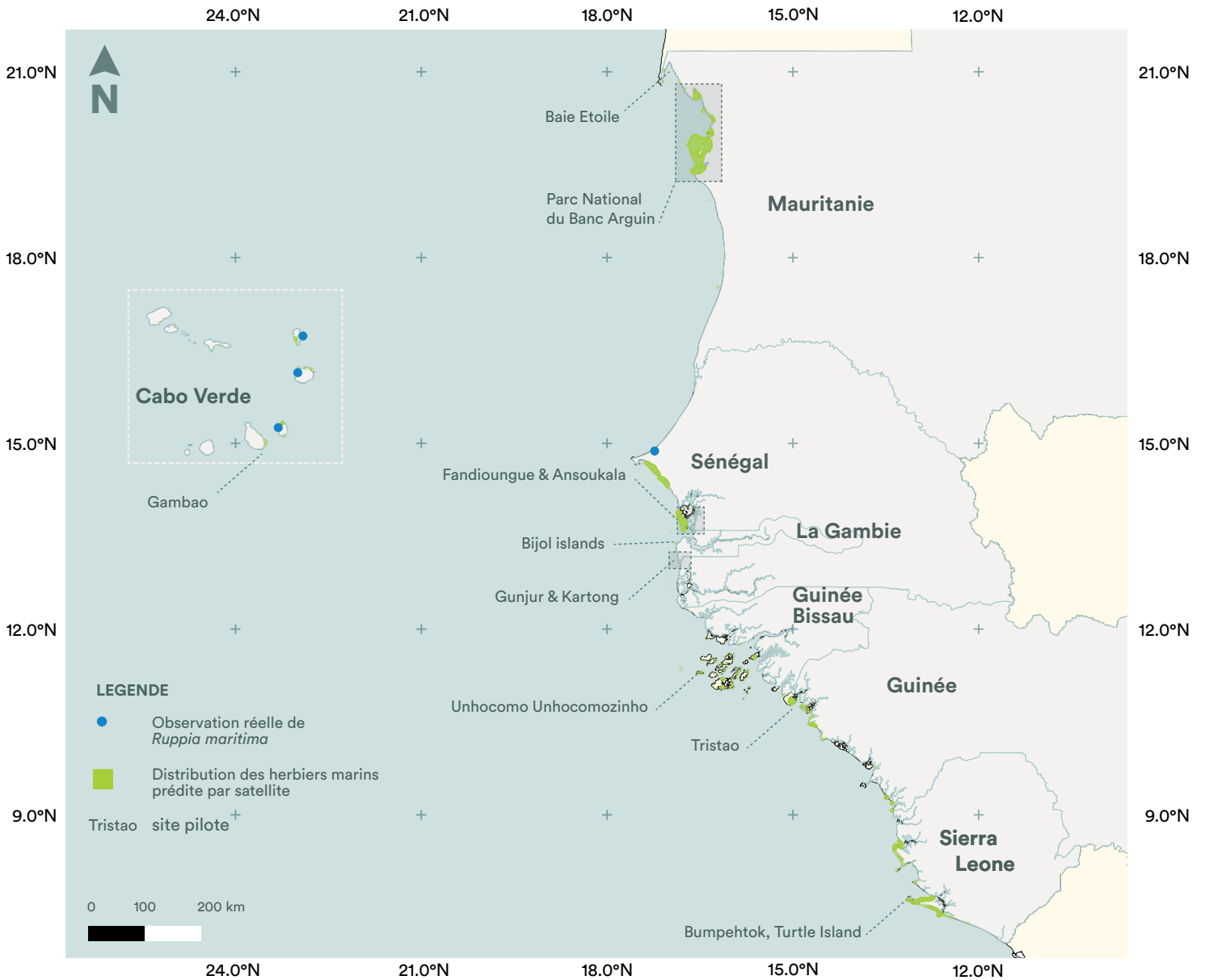


ANNEXE 3.1. Distribution de *Cymodocea nodosa* dans les pays membres du RAMPAO.

ANNEXE 3.2. Distribution de *Zostera noltei* dans les pays membres du RAMPAO.



ANNEX 3.3. Distribution de *Halodule wrightii* dans les pays membres du RAMPAAO.



ANNEX 3.4. Distribution de *Ruppia maritima* dans les pays membres du RAMPAO.

MANUEL DE FORMATION POUR
LE SUIVI ET LA GESTION DES

HERBIERS MARINS

DANS LES PAYS MEMBRES
DU RAMP AO

Ce manuel de formation vise à améliorer les connaissances, à sensibiliser et à fournir des outils de travail appropriés aux gestionnaires et autres utilisateurs des AMP du réseau RAMP AO pour la protection et la conservation des habitats d'herbiers marins. Sa préparation a utilisé une approche participative, à travers la consultation des gestionnaires d'AMP et autres acteurs de la conservation de sept pays membres du réseau RAMP AO (Cabo Verde, La Gambie, Guinée, Guinée Bissau, Mauritanie, Sénégal et Sierra Leone), dans le but d'identifier leurs besoins en termes de renforcement des capacités et de mieux comprendre les menaces qui pèsent sur les herbiers marins en Afrique de l'Ouest.

