

# Atelier régional « Herbiers » océan Indien

(La Réunion, Mayotte et îles Eparses)

8 avril 2025, Préfecture des Terres australes et antarctiques françaises, Saint-Pierre, La Réunion

Compte-rendu



**Auteur :** Groupe de travail régional Herbiers océan Indien

**Animation générale de l'atelier et rédaction du compte-rendu :** Fanny Kerninon (Ifrecor, UBO)

**Organisation générale de l'atelier et du groupe de travail océan Indien :** Fanny Kerninon (Ifrecor, UBO), Claire Bissery (Ifrecor), Julien Wickel (Marex), Rebecca Guezel (Marex), Clément Lelabousse (TAAF)

**Citation :** Groupe de travail régional (GTR) Herbiers océan Indien (Kerninon, F. coord.), 2025. Compte – rendu de l'atelier régional « Herbiers » océan Indien (La Réunion, Mayotte et îles Éparses), 8 avril 2025, Préfecture des Terres australes et antarctiques françaises, Saint-Pierre, La Réunion, 39 p + annexes.

## Résumé

Dans le cadre de la mise en œuvre de son 5<sup>ème</sup> programme national d'action, l'Initiative française pour les récifs coralliens (Ifrecor), avec le soutien de la Préfecture des Terres australes et antarctiques françaises (TAAF), a organisé de manière mutualisée des ateliers de travail régionaux sur le suivi et la gestion durable des herbiers marins et des récifs coralliens de l'océan Indien (La Réunion, Mayotte et îles Eparses). Cet événement, qui a permis de regrouper des gestionnaires, des représentants d'association de protection de l'environnement et de bureaux d'études ainsi que des scientifiques issus des organismes de recherche, s'est déroulé en présentiel et distanciel du 8 au 10 avril 2025 à Saint-Pierre (La Réunion) dans les locaux de la Préfecture des TAAF.

Une trentaine de participants étaient présents à l'atelier du 8 avril 2025, entièrement dédié à la gestion et préservation durable des herbiers des territoires ultramarins de l'océan Indien.

La journée a débuté par un état des lieux général sur la situation écologique des herbiers à l'échelle de ces territoires, aux réseaux de suivis existants, ainsi qu'à l'expression des problématiques et besoins de gestion. Il en est ressorti une volonté de renforcer et de pérenniser la surveillance des herbiers des îles Eparses, de La Réunion et de Mayotte, notamment au vu de la situation très dégradée et du déclin de cet écosystème exposé à de multiples pressions dans les territoires anthropisés. Bien que la poursuite de la compréhension des liens pressions-état soit essentielle, la priorité majeure reste la mise en place d'actions concrètes de préservation des écosystèmes concernés, la limitation des impacts anthropiques sur la base d'une plus forte mobilisation des politiques publiques ainsi que la poursuite des actions de formation et de sensibilisation.

## Besoins prioritaires et recommandations

La Réunion	Suivis et évaluation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Définir les modalités et mettre en place un suivi pérenne des herbiers de La Réunion adapté à leur dynamique et état actuel</li><li>• Evaluer les effets du cyclone Garance et de la pratique de certaines activités littorales engendrant du piétinement</li></ul>
	Sensibilisation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Poursuivre les actions d'éducation et de sensibilisation à cet écosystème, notamment en formant les élus, les agents de l'État et les scolaires</li></ul>
	Réglementaire et politique	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mettre en œuvre des mesures opérationnelles concrètes selon un continuum terre-mer afin de protéger l'ensemble du système récifal</li></ul>
Mayotte	Connaissance	<ul style="list-style-type: none"><li>• Renforcer les connaissances sur la distribution des herbiers ainsi que leur état de santé, en particulier suite aux cyclones Chido-Dikéléki</li></ul>
	Suivi et évaluation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Développer le réseau de stations de suivi des herbiers notamment dans le cadre de la construction d'une stratégie de surveillance post-cyclones</li><li>• Renforcer le suivi de la qualité de l'eau</li><li>• Bancariser l'ensemble des données de suivi des herbiers</li></ul>
	Réglementaire et politique	<ul style="list-style-type: none"><li>• Mettre en œuvre de mesures opérationnelles concrètes selon un continuum terre-mer visant à protéger l'ensemble du système récifal, en contrôlant et en limitant les rejets</li><li>• Développer des approches opérationnelles pour l'application de la séquence ERC en mer</li></ul>
Îles Eparses	Suivi et évaluation	<ul style="list-style-type: none"><li>• Assurer la surveillance régulière de ces herbiers isolés</li><li>• Développer des indicateurs de l'état de santé adaptés aux besoins de gestion (à minima pour l'herbier à <i>Thalassodendron ciliatum</i> des Glorieuses)</li></ul>

## ***Remerciements***

Les organisateurs de l'atelier tiennent à remercier l'ensemble des participants pour leur contribution ainsi que la Préfecture des TAAF pour la mise à disposition de leurs locaux.

## ***Liste des participants***

- En présentiel

Katia Ballorain (CEDTM)  
Claire Bissery (Ifrecor)  
Isabelle Bracco (TAAF)  
Magali Duval (Ifremer)  
Mathilde Facon (Créocéan océan Indien)  
Fanny Kerninon (Ifrecor, UBO)  
Clément Lelabousse (TAAF)  
Oriane Lepeigneul (PNMM)  
Julie Lietar (DEALM Mayotte)  
Isabeau Jurquet (RNMR)  
Grégoire Moutardier (TAAF)  
Céline Maurer (OFB)  
Jean-Benoît Nicet (Marex)  
François-Elie Paute (Oulanga na Nyamba, SPS)  
Mathieu Pinault (Marex)  
Gaëlle Simian (OFB)  
Florian Rognard (DEAL La Réunion)  
Héloïse Rouzé (IRD)  
Karoline Ruffie (OLE)  
Clarisse Thellier (TAAF)  
Julien Wickel (Marex)

- En distanciel

Touria Bajjouk (Ifremer)  
Lionel Bigot (Université de La Réunion)  
Patrick Frouin (Université de La Réunion)  
Laurence Maurel (Kart'eau)  
Sylvain Pioch (Université de Montpellier 3)  
Tévamie Rungassamy (RNMR)  
Auriane Serval (Naturalistes de Mayotte)

## ***Liste des acronymes***

**ADNe** : ADN environnemental

**APPB** : Arrêtés préfectoraux de protection de biotope

**AMP** : Aire marine protégée

**BE** : Bureau d'études

**BD** : Base de données

**CD976** : Conseil départemental de Mayotte

**CEDTM** : Centre d'études et de découverte des tortues marines

**CMR** : Capture-marquage-recapture

**CNRS** : Centre national de la recherche scientifique

**COI** : Commission de l'océan Indien

**COP** : Conférence des Parties

**COT** : Carbone organique total

**CORRAM** : Coral rapid assessment monitoring

**CPCe** : Coral point count with excel extensions

**DCE** : Directive cadre sur l'eau

**DEAL** : Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement

**DEALM** : Direction de l'environnement, de l'aménagement, du logement et de la mer

**DROM** : Départements et régions d'outre-mer

**EBVs** : Essential biodiversity variables

**ERC** : Eviter, réduire, compenser (séquence)

**Entropie** : Ecologie marine tropicale des océans pacifique et indien (UMR : Université de La Réunion, IRD, CNRS, Ifremer et Université de la Nouvelle-Calédonie)

**FMAE** : Fédération Mahoraise des associations environnementales

**GCRMN** : Global coral reef monitoring network

**GéoMCE** : Géoréférencement des mesures compensatoires environnementales aux atteintes à la biodiversité

**GT** : Groupe de travail

**GTR** : Groupe de travail régional

**IA** : Intelligence artificielle

**Ifreco** : Initiative française pour les récifs coralliens

**Ifremer** : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer

**IRD** : Institut de recherche pour le développement

**IUEM** : Institut universitaire européen de la mer

**LEMAR** : Laboratoire des sciences de l'environnement marin (UMR : Université de Bretagne Occidentale, IDR, CNRS, Ifremer)

**LIRMM** : Laboratoire d'Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (UMR : Université Montpellier et CNRS)

**LIT** : Line intercept transect

**MEC** : Masses d'eau côtières pour la DCE

**MERCI-Cor** : Méthode pour éviter réduire et compenser les impacts en zones coralliennes

**MNS** : Modèle numérique de surface

**MTEBFMP** : Ministère de la transition écologique, de la biodiversité, de la forêt, de la mer et de la pêche

**NPN** : Non perte nette

**ODD** : Objectifs de développement durable

**OFB** : Office français de la biodiversité

**OI** : Océan Indien

**OLE** : Office de l'eau

**ONF** : Office national des forêts

**ONG** : Organisation non gouvernementale

**PAT** : Plan d'action territorial

**PGE** : Plan de gestion

**PNA** : Plan national d'actions

**PNMM** : Parc naturel marin de Mayotte

**PSFMU** : Paramètre / support / fraction / méthode / unité

**UBO** : Université de Bretagne occidentale

**RAM** : Rapid assessment methods (méthode d'évaluation rapide)

**RAMSAR** (convention, sites, zones) : Convention relative aux zones humides d'importance internationale particulièrement comme habitats des oiseaux d'eau

**RBNP** : (loi) reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages

**RCEA** : Récifs coralliens et écosystèmes associés

**RCO** : Réseau de contrôle opérationnel de la DCE

**RCS** : Réseau de contrôle de surveillance de la DCE

**RETEX** : Retour d'expérience

**R&D** : Recherche et développement

**RN** : Réserve naturelle

**RNF** : Réserves naturelles de France

**RNN** : Réserve naturelle nationale

**RNNMR** : Réserve naturelle nationale marine de La Réunion

**Sandre** : Service d'administration nationale des données et référentiels sur l'eau

**SAR** : Schéma d'aménagement régional

**SDAGE** : Schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux

**SE** : Services écosystémiques  
**SEE** : Système d'évaluation de l'état des eaux (de l'OFB)  
**SEARAM** : Seagrass bed rapid assessment  
**SfN** : Solutions fondées sur la Nature  
**SI** : Système d'information  
**SINP** : Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel  
**SNB2030** : Stratégie nationale de la biodiversité 2030  
**SNC** : Sites naturels de compensation  
**SNCRR** : Sites naturels de compensation, de restauration et de renaturation  
**SPS** : Service de plongée scientifique (de Mayotte)  
**SRCE** : Schéma régional de cohérence écologique  
**TAAF** : Terres australes et antarctiques françaises  
**TVB** : Trame verte et bleue  
**UBO** : Université de Bretagne occidentale  
**UICN** : Union internationale pour la conservation de la nature  
**UMR** : Unité mixte de recherche  
**VT** : Vérité terrain  
**WIO** : Western Indian ocean  
**WIOSN** : Western Indian ocean seagrass network  
**ZNIEFF** : Zone naturelle d'intérêt écologique, faunistique et floristique

## ***Liste des tableaux***

**Tableau 1.** Etat des lieux, enjeux et besoins de gestion pour les herbiers de La Réunion.

**Tableau 2.** Etat des lieux, enjeux et besoins de gestion des herbiers de Mayotte.

**Tableau 3.** Etat des lieux, enjeux et besoins de gestion pour les îles Eparses.

**Tableau 4.** Synthèse des protocoles de suivi stationnels des herbiers en cours dans les territoires français de l’océan Indien.

## ***Liste des documents présentés en annexes***

**Annexe 1.** Ordre du jour de l’atelier.

**Annexe 2.** Diaporamas et liste des documents complémentaires aux présentations.

**Annexe 3.** Illustration des présentations et échanges.

## **Table des matières**

<b>1. Contexte et objectifs de l'atelier</b> .....	10
<b>2. Situation générale et régionale des herbiers</b> .....	11
<b>3. Etat des lieux, expression des besoins et attentes par territoire</b> .....	11
3.1. Etat des lieux général et expression des besoins pour La Réunion.....	11
3.2. Etat des lieux général et expression des besoins pour Mayotte.....	13
3.3. Etat des lieux général et expression des besoins pour les îles Eparses .....	14
<b>4. Présentations et discussion des actions récentes, en cours et en perspectives dans l'océan Indien</b> .....	14
4.1. Présentation des actions « herbiers » à La Réunion .....	14
4.2. Discussion générale (La Réunion).....	15
4.3. Présentation des actions « herbiers » à Mayotte .....	17
4.4. Discussion générale (Mayotte).....	18
4.5. Présentation des actions « Herbiers » dans les îles Eparses.....	19
4.6. Discussion générale (îles Eparses).....	20
4.7. Présentation des actions « Herbiers » à l'échelle régionale de l'océan Indien.....	20
4.8. Discussion générale (échelle régionale du Sud-Ouest de l'océan Indien).....	21
<b>5. Protocoles de suivi stationnels</b> .....	22
5.1. Actualités et retours d'expériences sur les suivis existants et protocoles dans les autres territoires.....	22
5.2. Discussion générale (actualités et retours d'expériences sur les autres territoires).....	23
5.3. Importance de suivis efficaces et synthèse des suivis stationnels dans l'océan Indien.....	23
<b>6. Nouvelles méthodes d'évaluation spatialisées <i>in situ</i></b> .....	25
6.1. Présentation des méthodes spatialisées .....	25
6.2. Discussion sur les méthodes d'évaluation spatialisées.....	26
<b>7. Bancarisation des données</b> .....	27
7.1. Présentation de la base de données BD Récif.....	27
7.2. Discussion sur la bancarisation des données .....	27
<b>8. Cadres et réflexions pour un renforcement de la gestion et préservation durable des herbiers tropicaux français de l'océan Indien</b> .....	28
8.1. Contexte et organisation de cette session d'échange .....	28
8.2. Présentations.....	28
8.3. Discussion à travers des problématiques concrètes .....	29
<b>9. Conclusions</b> .....	33
<b>10. Références bibliographiques</b> .....	34

## 1. Contexte et objectifs de l'atelier

Créée en 1999, l'Initiative française pour les récifs coralliens (Ifrecor) œuvre à promouvoir (sur le plan local, national et international) la protection et la gestion durable des récifs coralliens et des écosystèmes associés (mangroves et herbiers tropicaux, RCEA) dans les collectivités d'outre-mer. Pour répondre à cet objectif, le comité national de l'Ifrecor met en œuvre un programme d'actions sur cinq ans. Il s'articule autour de plans d'actions locaux établis par chaque collectivité, et d'actions transversales portant sur des thèmes communs à l'ensemble des collectivités d'outre-mer, ces derniers constituant le programme national d'action de l'Ifrecor. Dans ce cadre un thème, dédié à la protection et à la gestion durable des herbiers d'outre-mer, a été mis en place à travers le réseau de surveillance des herbiers de phanérogames marines de l'Ifrecor. Coordinné par l'université de Bretagne occidentale (UBO) en tant que maître d'ouvrage, il ambitionne notamment de développer et d'optimiser des outils pour le suivi et l'évaluation de l'état des herbiers tropicaux français et de consolider le réseau de stations d'observation. Le suivi et l'évaluation des herbiers sont également pris en compte dans le cadre des actions menées autour de l'approche MERCI-Cor, Méthode pour éviter réduire et compenser les impacts en zones coralliennes, englobant l'ensemble des RCEA. Dans le cadre de la loi biodiversité (2016), l'Ifrecor coordonne également la réalisation d'un bilan quinquennal de l'état de santé des récifs coralliens et des écosystèmes associés des outre-mer français.

Ce premier atelier régional océan Indien de l'Ifrecor sur la gestion (notamment à travers les sujets des suivis et de l'évaluation de l'état de santé) et la préservation durable des herbiers a été organisé dans le cadre du programme national d'actions en cours du réseau de surveillance des herbiers de phanérogames marines de l'Ifrecor. Mis en œuvre par le bureau d'étude Marex, avec l'appui de l'UBO, en coordination avec les actions du réseau récifs de l'Ifrecor (GT Ifrecor Récifs coralliens, 2025), cet événement avait pour objectif de dresser un état des lieux de la situation des herbiers dans les trois territoires de l'océan Indien concernés — La Réunion, Mayotte et les îles Eparses — et de relancer une dynamique régionale en faveur de leur intégration dans les cadres de gestion, tant communs que spécifiques à chaque territoire. Cette journée avait également pour objectif de faire le point sur les protocoles *in situ* de suivi stationnels et les nouvelles méthodologies spatialisées appliquées et en perspectives dans ces territoires ainsi que la bancarisation des données. Enfin, des cadres et réflexions pour un renforcement de la gestion et préservation durable des herbiers tropicaux français de l'océan Indien à travers des éléments de définition sur les Solutions fondées sur la Nature (SfN) et leurs applications aux herbiers, ainsi que les challenges et les enjeux liés au recensement des sites à fort potentiel de gain écologique ont été exposés avant de permettre des discussions sur des problématiques concrètes des territoires concernés.

Le compte-rendu de cet atelier sur les herbiers retrace de manière synthétique les présentations et les échanges tenus durant la journée du 8 avril (voir ordre du jour en annexe 1). Il a pour objectif de souligner les besoins, les actions en cours et les perspectives pour la surveillance, l'évaluation et la préservation des herbiers à l'échelle des trois territoires ultramarins de l'océan Indien. La synthèse des échanges généraux issus de l'atelier du 10 avril 2025 (après-midi), portant sur la préparation de l'ouvrage bilan de l'état de santé RCEA des outre-mer, dont la publication est prévue pour fin 2026, est présentée dans le compte-rendu de l'atelier consacré aux récifs coralliens (GT Ifrecor Récifs coralliens, 2025).

L'ensemble des diaporamas ainsi qu'une sélection de documents sont mis à disposition en annexe 2.

## 2. Situation générale et régionale des herbiers

F. Kerninon

Éléments de contexte global sur les herbiers et leur évolution temporelle

L'atelier s'est ouvert par la présentation d'éléments généraux sur l'importance des herbiers marins, écosystème insuffisamment mis en lumière, malgré la grande variété des services que les herbiers apportent pour la Nature et les populations humaines. En milieu tropical, et particulièrement dans la région Indo-Pacifique, les herbiers marins tropicaux constituent des écosystèmes très diversifiés (Short et al., 2007). À l'échelle du Sud-Ouest de l'océan Indien (La Réunion, Mayotte et les îles Éparses), le niveau des connaissances actuelles des herbiers et de leurs tendances évolutives (Ifreco, 2021) confirment les constats établis aux échelles mondiale et régionale de l'Indo-Pacifique (Waycott et al., 2009 ; Dunic et al., 2021), à savoir une tendance générale au déclin de cet écosystème (excepté certains herbiers tels que les herbiers à *Thalassodendron ciliatum* des Glorieuses) et une insuffisance des données de surveillance, rendant ainsi peu précis les diagnostics actuels concernant leur état de santé et leur évolution.

## 3. Etat des lieux, expression des besoins et attentes par territoire

### 3.1. Etat des lieux général et expression des besoins pour La Réunion

I. Jurquet & T. Rungassamy	Les herbiers à La Réunion
F. Rognard	
K. Ruffie	Mise en place de la DCE à la Réunion

La Réserve naturelle nationale marine de La Réunion (RNMR), la Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL) de La Réunion et l'Office de l'eau (OLE) Réunion ont été sollicités pour exposer succinctement les caractéristiques et la situation des herbiers du territoire réunionnais, présenter leurs besoins et attentes de gestion ainsi que leur vision concernant les actions futures à mener (Tableau 1).

**Tableau 1.** Etat des lieux, enjeux et besoins de gestion pour les herbiers de La Réunion.

Principaux gestionnaires	Réserve naturelle marine de La Réunion (RNMR) (Isabeau Jurquet & Tévamie Rungassamy)	Direction de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DEAL) Réunion (Florian Rognard)	Office de l'eau (OLE) Réunion (Karoline Ruffie)
<b>Éléments généraux</b>	<p>- Les herbiers de La Réunion sont principalement situés à l'Ouest de l'île dans la zone de la RNMR (complexe récifal de La Saline - l'Hermitage)</p> <p>- Quelques herbiers à <i>Syringodium isoetifolium</i> ont été observés à l'Est (Anse des Cascades cf. observation il y a 1 an et demi vers -15-17 mètres ; Ballorain K (CEDTM), obs. pers). Quelques brins d'<i>Halophila</i> ont été observés vers Saint-Pierre ainsi qu'entre l'embouchure de la Rivière des Galets et la Pointe des Galets sur -30 mètres.</p>		
<b>Etat des lieux, enjeux et besoins formulés</b>	<p><u>Etat des lieux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les herbiers monospécifiques sont présents en réserve au niveau de la DAR au sein du complexe récifal de la Saline-l'Hermitage.</li> <li>- Ils sont pris en compte dans le 2<sup>ème</sup> plan de gestion de la réserve 2021-2030 (« garantir la préservation des herbiers de phanérogames marines en tant qu'écosystème associé »).</li> <li>- L'écosystème est en déclin d'après les dernières évaluations cartographiques, les causes sont multiples, notamment liées aux bassins versants et à la dégradation du récif frangeant.</li> <li>- Il n'y a pas eu d'évaluation post-Garance sur les herbiers (focalisation sur les récifs coralliens).</li> </ul> <p><u>Enjeux, besoins et attentes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Difficulté actuelle de suivre les herbiers sachant qu'il n'y a quasiment plus rien à suivre.</li> <li>- Peut-on décemment pérenniser les herbiers de La Réunion ?</li> <li>- Même s'il y n'a eu que peu de suivis des herbiers, il paraît important d'aller vers l'action : des réflexions seraient ainsi à mener sur la base de retours d'expériences concernant la conservation et la restauration des herbiers.</li> </ul>	<p><u>Etat des lieux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les herbiers sont très peu suivis depuis 2016 alors qu'ils se dégradent rapidement.</li> <li>- La DEAL avait subventionné la RNMR en 2023-2024 pour faire un suivi des herbiers et définir une méthode tenant compte des moyens réduits (SEARAM) ; il n'y a pas eu d'action depuis.</li> </ul> <p><u>Enjeux, besoins et attentes :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Même si l'herbier de La Réunion est de petite superficie, des réflexions sont à mener pour la mise en place des suivis sur les herbiers (de quels types et à quelle fréquence ?) et identifier les mesures de gestion ad hoc.</li> <li>- Le temps est à l'action, un suivi post-Garance serait notamment pertinent.</li> </ul>	<p><u>Etat des lieux</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La directive cadre sur l'eau (DCE) permet d'apporter un cadre de surveillance des eaux côtières (et des bassins versants) dont les apports terrigènes constituent une menace importante pour les herbiers.</li> <li>- Les herbiers ne sont pas pris en compte dans les réseaux de suivis de la DCE.</li> </ul> <p><u>Perspectives pour la gestion :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les suivis et travaux menés par l'OLE peuvent amener des réponses et contribuer à la compréhension de la dynamique au déclin des herbiers de La Réunion au travers les états des lieux (cf. celui en cours). Des bilans de type pressions-impacts (agriculture, assainissements, eaux pluviales) sont réalisés.</li> </ul>
<b>Synthèse générale des besoins</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>➤ Mise en œuvre de suivis adaptés à la configuration et à la dynamique des herbiers du territoire, en prenant en compte les moyens disponibles</li> <li>➤ Œuvrer vers des actions globales et concrètes permettant la sauvegarde de cet écosystème</li> </ul>		

### 3.2. Etat des lieux général et expression des besoins pour Mayotte

J. Lietar	Organisation des actions environnementales post Chido Dikélédi & Enjeux des herbiers marins pour la DEALM Mayotte
O. Lepeigneul	Besoins et attentes du PNM Mayotte & Plan d'action GT Herbier Mayotte post-cyclones

La Direction de l'environnement, de l'aménagement, du logement et de la mer de Mayotte (DEALM) et le Parc naturel marin de Mayotte (PNMM) ont exposé le contexte général pour le territoire et les enjeux et besoin de gestion, avec une attention particulière sur les orientations à mener suite au contexte récent post-cyclones (Tableau 2).

**Tableau 2.** Etat des lieux, enjeux et besoins de gestion pour les herbiers de Mayotte.

Principaux gestionnaires/ décideurs de Mayotte	Direction de l'environnement, de l'aménagement, du logement et de la mer de Mayotte (DEALM) (J. Lietar)	Parc naturel marin de Mayotte (PNMM) (O. Lepeigneul)
<b>Etat des lieux, enjeux et besoins formulés</b>	<p><u>Etat des lieux :</u> Contexte post-cyclones : - Réunion de lancement de coordination initiée par la FMAE 9 Janvier 2025 de cinq GT, incluant un GT Herbiers et Récifs piloté par le PNMM. - La DEALM est rapporteur auprès des Ministères.</p> <p><u>Enjeux de gouvernance et mise en œuvre des politiques publiques</u> - Intégration dans les documents de planification du territoire : SNB2030, COP, TVB, SRCE, SAR. - Mise en œuvre et renouvellement des plans d'actions locaux : PNA (tortues, dugong), PAT.</p> <p><u>Enjeux réglementaires</u> - Fort enjeux ERC avec de développement de projets d'aménagement du littoral. - Contrôle qualité de l'eau et suivis des rejets.</p> <p><u>Enjeux de connaissance et de mise à jour des outils de gestion</u> - Enjeux de connaissance (spatiotemporelle et évaluation de leur état) - Intégration de toutes les données marines via SINP - ZNIEFF</p> <p><u>Enjeux de protection et de reconnaissance</u> - Création ou renforcement d'APPB ou d'arrêtés préfectoraux spécifiques. - Création de zones RAMSAR spécifiques tortues marines qui vont intégrer les herbiers.</p>	<p><u>Etat des lieux :</u> - Herbiers intertidaux : données acquises sur les herbiers en 2005 (CEDTM-Kélonia), 2008 (CD976) et 2014 (PNMM, Dedeken &amp; Ballorain) : photo-interprétation ortho-photo + transects (2005, 2008), inventaires ZNIEFF + transects + VT (2014) pas de photo-interprétation possible en 2014 (herbier trop épars/ras) → nécessité de mise à jour, quelle(s) méthode(s)? Mise en place suivi stationnel depuis 2020 sur 4 sites d'intérêt pour les tortues vertes <i>Chelonia mydas</i> → volonté d'étendre à d'autres stations pour comparaison avec sites plus anthropisés, moins fréquentés par <i>C. mydas</i>. - Herbiers subtidaux : recensement initié de 2014 à 2017 (Ballorain &amp; Dedeken, 2017), poursuivi en 2020 et 2021 (Créocéan OI, 2022) et renforcé par la mise en place de stations de suivi en 2022 et 2024 (Créocéan OI, 2022)</p> <p><u>Enjeux et besoins :</u> - Post-Chido → quel état de santé? Bancaisation des données herbiers du PNMM. - Construction d'un plan d'actions post-cyclone selon trois scénarii : Petit budget - court terme Moyen budget - moyen terme Important budget - long terme</p>

### 3.3. Etat des lieux général et expression des besoins pour les îles Eparses

Clément Lelabousse	- Les herbiers des Iles Eparses (Glorieuses, Europa et Bassas da India)
--------------------	---

Les Terres australes et antarctiques françaises (TAAF), gestionnaire des îles Eparses (Europa, Bassas da India, Juan de nova, banc du Geyser, Les Glorieuses et Tromelin) ont exposé le contexte général de ces territoires insulaires isolés ainsi les enjeux et besoin de gestion spécifiques (Tableau 3).

**Tableau 3.** Etat des lieux, enjeux et besoins de gestion des herbiers des îles Eparses.

Gestionnaire des îles Eparses	Terres australes et antarctiques françaises (TAAF) (C. Lelabousse)
Etat des lieux, enjeux et besoins formulés	<p><u>Etat des lieux :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Les herbiers sont inégalement présents dans les îles Eparses (absent de Tromelin, très peu présents à Europa, Bassas da India et Juan de nova), présents sur des petites superficies au banc du Geyser et formant de vastes herbiers dans l’archipel des Glorieuses.</li> <li>- Un suivi cartographique par télédétection de la distribution des herbiers à <i>Thalassodendron C.</i> est initié depuis 2017 sur la période 2009-2019 (Ballorain et al., 2019 - COPRA)</li> <li>- Un suivi stationnel des herbiers intertidaux et subtidaux des Glorieuses est initié en 2018 (Ballorain et al., 2019 - COPRA) et poursuivi en 2024 (Moutardier, 2025 - Récifs Isolés 2).</li> </ul> <p><u>Enjeux et besoins :</u></p> <p>Deux besoins sont principalement remontés :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1) Mettre en place des stations de suivi pérennes, avec une fréquence d’échantillonnage régulière afin de documenter l’évolution au cours du temps ;</li> <li>- 2) Passage en RNN : plan de gestion et indicateurs. En l’absence de la DCE il sera possible de développer des indicateurs adaptés aux enjeux de gestion propres aux territoires sans les contraintes réglementaires.</li> </ul>

## 4. Présentations et discussion des actions récentes, en cours et en perspectives dans l’océan Indien

### 4.1. Présentation des actions « herbiers » à La Réunion

T. Bajjouk	Projet BioEOS – Suivi spatio-temporel des herbiers par imagerie satellite
------------	---

Le projet BioEOS (coastal biodiversity earth observation and monitoring at regional scale) porté par l’Ifremer propose de développer des outils d’observation permettant d’acquérir des données rendant compte de la variabilité spatio-temporelle de la biodiversité à large échelle en utilisant principalement des images de télédétection. Il vise à caractériser, via des proxys, la dynamique spatiotemporelle de la biodiversité côtière à large échelle et à analyser les trajectoires en lien avec les pressions. A La Réunion, les méthodes semi-automatiques et automatique basées sur un modèle d’intelligence artificielle (IA) de type « Deep Learning », permet de cartographier la présence et analyser la dynamique spatio-temporelle des herbiers en exploitant une série temporelle d’images du satellite Pléiades. Les résultats indiquent qu’en 2023, seulement 4 % de la surface détectée en 2013 est encore présente, reflétant un déclin inégal à l’échelle du récif frangeant, le Sud de l’Hermitage ayant été impacté en premier. Les

perspectives visent à améliorer les chaînes de traitements pour extraire d'autres métriques de type « structure Habitat », de proposer des indicateurs intégratifs des variables essentielles de la biodiversité (EBVs) et de produire un démonstrateur destiné aux gestionnaires, permettant de faciliter l'accès aux données et la visualisation synthétique de la dynamique spatio-temporelle.

P. Frouin

Herbiers de La Réunion : dynamique et fonctionnement, « histoire d'un paysage en déclin »

Les herbiers marins de La Réunion, principalement composés de *Syringodium isoetifolium*, jouent un rôle écologique essentiel, notamment en tant que tampon de pollution, zones de nurserie et protection contre l'érosion côtière. Bien que l'écosystème soit caractérisé par une importante dynamique spatio-temporelle depuis les années 1950, il subit un déclin marqué depuis 2018, avec une perte estimée à 23 166 m<sup>2</sup> entre 2017 et 2023, mesurée par détournement d'images (Cuvillier, 2016 ; Auzéby, 2024). La dégradation, qui a commencé vers le sud avant de s'étendre jusqu'au nord du lagon, s'est traduite par un appauvrissement de la biodiversité associée, avec la quasi-disparition de certaines espèces dont le perroquet des herbiers (*Leptoscarus vaigiensis*). Ce déclin est causé par une synergie de facteurs naturels et anthropiques. L'hydrodynamisme intense, les houles australes et les cyclones fragilisent les herbiers, tandis que l'eutrophisation, l'urbanisation côtière, le piétinement et la pollution peuvent aggraver leur dégradation. Les principales recommandations émises sont de : développer un suivi pérenne adapté aux herbiers de La Réunion et à leur état actuel ; protéger l'ensemble du système récifal, la seule protection des herbiers étant difficile à mettre en œuvre de manière isolée ; et enfin, poursuivre les actions d'éducation et de sensibilisation au milieu récifal, notamment en formant les élus, les agents de l'État et les scolaires.

#### 4.2. Discussion générale (La Réunion)

##### *Evaluation des tendances évolutives des herbiers de La Réunion*

Les résultats présentés convergent vers des tendances communes au déclin graduel Sud-Nord de l'herbier de La Saline-l'Hermitage, quel que soit le protocole utilisé, malgré des résultats chiffrés différents : environ 4 000 m<sup>2</sup> de superficies restantes estimées par détournement (étude de Créocéan OI 2023, Auzéby, 2024) contre environ 2 000 m<sup>2</sup> selon la méthode de Deep Learning (étude Ifremer) en 2023.

Par ailleurs, ce type d'analyse par imagerie satellitaire nécessite des séries d'images à haute fréquence permettant de sélectionner les scènes les plus pertinentes et de traiter l'impact de la saturation des images liée à l'ensoleillement.

##### *Etat des lieux et lacune sur les données de pressions*

Il est nécessaire d'utiliser le maximum de données sur les pressions lorsqu'on souhaite modéliser, scénariser et prédire.

Un nombre important de données sur la qualité de l'eau est disponible à l'OLE, acquis notamment dans le cadre de la DCE. Les principales données manquantes concernant l'herbier sont liées à l'impact du piétinement et notamment de la pratique du longe-côte, marquée par une évolution de l'équipement (bottillons permettant d'aller dans les herbiers).

La principale difficulté à ce jour reste la dimension multifactorielle des pressions et leur répercussion de manière synergique sur les écosystèmes côtiers. Ainsi, une approche superposée de ces usages serait utile afin de décorrélérer, dans la mesure du possible, l'ensemble des pressions s'appliquant sur le milieu et prioriser les mesures d'action.

A noter qu'une thèse en modélisation, pilotée par l'Ifremer, basée sur les données physico-chimiques, devrait démarrer prochainement afin d'apporter des éléments de compréhension sur les facteurs qui ont conduit à la dégradation des herbiers de La Réunion.

#### *Impact du déclin et disparition des herbiers sur les services écosystémiques (biodiversité associée)*

L'ensemble de l'écosystème formé par les herbiers à *S. isoetifolium* de La Réunion se dégrade de manière accélérée. Bien qu'il n'y ait pas eu de travaux importants sur le sujet depuis 2016 (Cuvillier, 2016), quelques études récentes mettent en lumière l'impact du déclin généralisé et de la disparition localisée de ces herbiers sur les services écosystémiques.

Dans le cadre d'un travail de stage, le suivi des espèces de poissons a permis de démontrer un appauvrissement de la biodiversité associée aux herbiers, marqué par la quasi-disparition de certaines espèces inféodées telles que *Leptoscarus vaigiensis* (Auzéby, 2024 – Créocéan OI).

Parallèlement, l'évaluation récente de l'état des populations de tortues marines sur la côte ouest de La Réunion au cours des 16 dernières années révèle une tendance générale à la hausse, malgré des baisses d'abondance localisée observées dans les zones où les herbiers sont en déclin (Laforge et al., 2025). Cette corrélation met en évidence une synchronie marquée entre l'abondance des tortues vertes et celle de leur habitat. Auparavant abondantes, les tortues vertes ne sont quasiment plus observées dans le lagon. Néanmoins, il existe un espoir que les individus se rabattent sur la consommation d'algues rouges présentes sur les pentes externes récifales.

L'intérêt d'un travail sur les Listes rouges sur ces espèces menacées associées aux herbiers est évoqué.

#### *Actions possibles de gestion et de préservation*

Du fait de leur rôle de sentinelle environnementale, l'état et l'évolution des herbiers de La Réunion est pris en considération dans le plan de gestion de la RNMR mais n'a pas été retenu par le réseau de contrôle de surveillance (RCS) de la DCE car ne répondant pas aux critères attendus tout comme les macroalgues. Néanmoins, ils pourraient être de potentiels indicateurs d'évaluation dans le cadre du SDAGE.

L'étude et la gestion de l'impact du piétinement des herbiers du lagon ressort comme une problématique de gestion importante qui reste à investiguer. Les RETEX disponibles dans le cadre de travaux menés par ailleurs sont évoquées, tel que ceux du projet Life + pêche à pied de loisir (2013-2017) intégrant une évaluation de l'impact du piétinement sur les herbiers de zostères de la région Manche-Atlantique (Kerninon et al., 2014) ainsi que par la création de zones d'exclusions des herbiers par les gestionnaires (ONF et l'Asso Tité) de la réserve de Petite-Terre en Guadeloupe (Arrêté n°BATDD/2017\_02) dont les retours sont positifs.

Au vu du constat alarmant sur l'état des herbiers de La Réunion présenté lors des derniers forums scientifiques de la RNMR (Cuvillier et al., 2024), la réserve se questionne sur l'intérêt de mettre en place des projets de restauration de cet écosystème au sein de son périmètre. La principale menace découlant des bassins versants, la mise en œuvre de solutions d'actions directes reste difficile et complexe. Pour autant, la situation nécessite des actions concrètes. C'est dans cette optique que la conservation *ex situ* de spécimens de phanérogames marines à Kélonia et/ou à l'aquarium avait été envisagée, de même que la mise sous cloche de certaines zones d'herbiers. Ces réflexions nécessitent d'être discutées avec l'ensemble des acteurs concernés. Un appel à manifestation d'intérêt FEDER devrait prochainement être lancé, avec pour objectif de financer des actions de restauration.

### 4.3. Présentation des actions « herbiers » à Mayotte

O. Lepeigneul	Suivi des herbiers intertidaux de Mayotte & Plan d'actions herbiers intertidaux de Mayotte
---------------	--

Le suivi des herbiers intertidaux du parc naturel marin de Mayotte (PNMM) est réalisé tous les ans depuis 2020 sur quatre stations reconnues comme ayant un rôle d'alimentation pour les tortues vertes : Mtsamboro, Pamandzi, Passe en S et N'Gouja. Une analyse groupée des données de ces cinq premières années de suivis est prévue. Dans le cadre de la stratégie de gestion post-cyclones (Chido et Dikélédi), trois scénarios sont actuellement à l'étude, en tenant compte de la perte des moyens nautiques et humains consécutive à ces événements : (1) à court terme (petit budget) : extension du réseau de stations de suivi stationnel, qui pourrait être portée par le PNMM et les Naturalistes de Mayotte, et/ou mise à jour de la cartographie de la distribution surfacique ; (2) à moyen terme (budget moyen) : reproduction de l'étude par transects menée en 2014 par Dedeken et Ballorain (2014), et/ou réplication du protocole SEARAM (Pinault et al., 2024a) sur les quatre stations ; (3) à long terme (budget important) : relance du projet CARMUHAM et/ou développement de la méthode PLANCHA.

M. Facon	Suivi des herbiers profonds
----------	-----------------------------

A Mayotte, des prospections des herbiers profonds d'intérêt pour les dugongs ont été réalisées en 2020 et 2021 sur l'ensemble du lagon afin de cartographier leur présence / absence. Cette phase a mis en évidence plusieurs zones d'herbiers subtidaux relativement denses. Afin d'initier un suivi, un réseau de cinq sites de référence a été mis en place en 2022, renforcé à 10 sites en 2024 dans le cadre du plan national d'action (PNA) Dugong 2021-2025. Le suivi des herbiers est réalisé par photogrammétrie sous-marine, ce qui permet de réaliser rapidement une cartographie des fonds, et d'effectuer les traitements et analyses ultérieurement sur ordinateur. Cette optimisation est rendue nécessaire par la profondeur importante des stations d'étude (pour la plupart autour de -30 m). Le protocole a été adapté spécifiquement pour les herbiers subtidaux après l'étude pilote de 2021. Les résultats révèlent un faible recouvrement des herbiers (maximum 10 %), associé à un fort recouvrement algal et une fine couche de cyanobactéries pouvant résulter d'un effet de saisonnalité (cf. comparaison formation d'herbiers similaires à *Halophila ovalis-minor* en Australie ; York et al., 2015). Un nouveau site, rajouté en 2024, présente un recouvrement exceptionnel de 40 % de phanérogames. Une évaluation rapide post-cyclones réalisée en février 2025 a mis en évidence une diminution importante de la densité et de la taille des feuilles des phanérogames, mais un début de résilience encourageant.

F. Kerninon	Travaux de R&D dans le cadre de l'action nationale « herbiers Ifreco-DCE »
-------------	--

Dans le cadre de l'action nationale « herbiers » Ifreco-DCE sur le développement d'outils de suivi et d'évaluation de l'état des herbiers, trois campagnes de terrain ont été réalisées en 2017, 2018 et 2020 à Mayotte en coopération avec le PNMM afin de : (1) caractériser les herbiers intertidaux et leur rôle fonctionnel à l'échelle de plusieurs compartiments biologiques dans des situations environnementales contrastées, (2) d'étudier la réponse des herbiers le long d'un gradient de perturbations anthropiques locales présumées (dégradation de la qualité de l'eau) et (3) évaluer la capacité de bioindication de ces herbiers dans un contexte de perturbations multiples. Les données recueillies sur les 20 stations échantillonnées entre 2017 et 2020 ont permis d'amorcer le processus de sélection des paramètres à retenir pour le suivi et l'évaluation de l'état des herbiers de Mayotte selon les contextes de mise en œuvre (Kerninon, 2020 ; Kerninon et al., 2022a). Les perspectives sont de finaliser l'évaluation des

capacités de bioindication des herbiers de Mayotte pour l'ensemble des espèces ciblées et poursuivre le travail d'évaluation de la corrélation aux pressions. Les conclusions de ce travail permettront de conclure sur la pertinence d'utilisation des herbiers intertidaux de Mayotte dans leur configuration actuelle dans le cadre de la surveillance DCE.

F.-E Paute

Programme JUVMAY - Enjeux et évaluation des abondances des populations de tortues marines en alimentation

Le programme JUVMAY (enjeux et évaluation des abondances des populations juvéniles de tortues marines en alimentation) a été mis en œuvre suite à une volonté de gestion et de conservation des espèces de tortues marines et particulièrement des populations juvéniles pour lesquelles de nombreux questionnements persistent à l'échelle du territoire mahorais.

Plusieurs actions sont prévues, tel qu'un suivi de ces populations par capture-marquage-recapture (CMR) en lien avec une étude sur les déplacements au niveau des habitats. Enfin, des actions plus ambitieuses sont également envisagées pour étudier le niveau de contamination et la génétique des populations. Les perspectives du programme sont de suivre à long terme les populations de tortues marines sur les sites d'alimentation, les abondances des stades juvéniles ainsi que les habitats d'alimentation afin d'identifier les facteurs qui influencent l'abondance des tortues vertes, leur fidélité aux sites ainsi que la pression d'herbivorie qu'elles exercent sur leurs zones de nourrissage.

#### 4.4. Discussion générale (Mayotte)

##### *Taux de survie des rhizomes des phanérogames marines*

Le taux de survie d'un rhizome après une défoliation complète des feuilles suite à un évènement exceptionnel (exemple du cyclone Chido), varie selon les espèces qui ont des traits de vie différents ainsi que de la granulométrie du sédiment. Pour les espèces à croissance lente, telles que *Thalassia hemprichii*, il est possible de supposer qu'un rhizome peut rester latent dans le sédiment plusieurs semaines environ.

##### *Grille de lecture des indicateurs écologiques et de pressions*

Dans le cadre du développement d'un indicateur macroalgues spatialisé en Hexagone, une pondération des pressions a permis d'améliorer les résultats (Diruit et al., 2022, 2024). Cette approche pourrait être testée dans le cadre des travaux de R&D visant à évaluer la pertinence d'un indicateur multimétriques « herbier » DCE devant être corrélé aux pressions, dont la première version de prototype est jusqu'à présent basée sur des classes d'état standards. Ce type de classes est typiquement utilisée dans le cadre du développement du concept théorique des indicateurs, alors que la mise en œuvre opérationnelle nécessite bien souvent une adaptation des seuils de changement d'état au contexte local en amont dans le cadre une validation collective avec l'ensemble des gestionnaires de bassins.

##### *Précaution sur l'interprétation des données métaux pour la bioindication*

Bien que la liste des métaux analysés dans le cadre des travaux de R&D (Ifrecor-DCE) à Mayotte, dans les phanérogames et les sédiments, ait été établie à partir de la bibliographie disponible, principalement basée sur les herbiers tempérés d'Europe, et appliquée de manière homogène à l'ensemble des territoires ultramarins étudiés (Antilles et Pacifique), il est essentiel de tenir compte des spécificités géologiques de certaines îles dans l'interprétation des résultats. C'est notamment le

cas du fer et du manganèse, dont les concentrations reflètent davantage une origine naturelle qu'un impact anthropique à Mayotte, d'autant plus que l'activité industrielle y est très limitée. L'intérêt de l'utilisation des métaux (notamment de ceux qui sont influencés par la géologie) ne devraient donc arriver qu'en second rang de choix pour ce territoire.

#### *Précisions méthodologiques sur les longueurs de feuilles vs hauteur de canopée*

La hauteur de canopée, prenant en compte la longueur de la partie émergée des feuilles du sédiment permet de renseigner la biomasse disponible, en tant que ressource alimentaire pour les tortues vertes. Cette métrique est à différencier de la longueur de feuilles, prenant en compte toute la longueur de la feuille et nécessitant de dégager une partie du sédiment pour réaliser la mesure.

L'importance de bien différencier ces deux métriques à l'avenir, notamment dans le cadre des suivis du PNMM et des Glorieuses, est soulignée.

#### *Suivi des herbiers profonds et courantologie*

Il serait intéressant d'investiguer les hypothèses sur les liens entre la courantologie et la distribution des herbiers, sachant de plus que des phénomènes de réactions sont possibles. Dans le cadre de l'étude de Créocéan sur les herbiers profonds de Mayotte, de grandes zones de sable nu ont été observées dans des secteurs de l'Ouest, avec des caractéristiques physiques semblant favorables aux herbiers profonds (substrat, granulométrie, profondeur). L'hypothèse qu'un minimum d'apports terrigènes est nécessaire pour la présence des herbiers subtidaux est discutée.

A noter que dans le cadre du projet BioEOS des données bathymétriques sont disponibles pour le territoire.

#### *Herbiers profonds et présence de dugongs*

Quand bien même le nombre de dugongs dans le lagon de Mayotte reste particulièrement faible, aucune trace d'herbivorie (de type sillons de broutage) n'a été observée, notamment dans les zones d'herbiers subtidaux les plus denses et étendus. Cette absence d'indice d'herbivorie questionne sur le temps de régénération de ces phanérogames marines pionnières formant les herbiers subtidaux, plus rapide que celui des espèces pérennes.

Dans le cadre des actions du PNA Dugongs menées par le PNMM (2012-2017) et par les Naturalistes de Mayotte (2021-2025), des observations d'individus à proximité des herbiers subtidaux et intertidaux ont pu être réalisées. Sur la base de ses corrélations, une pré-identification d'aires de conservation en faveur du dugong a été établie en 2017 (Ballorain & Duffaud, 2018). Un travail d'analyse des données acquises ultérieurement devrait être prochainement réalisé afin d'identifier de potentielles corrélations.

### **4.5. Présentation des actions « Herbiers » dans les îles Eparses**

<b>C. Lelabousse &amp; G. Moutardier</b>	<b>Programme Récifs Isolés 2 - suivis des récifs coralliens et écosystèmes associés dans les îles Eparses</b>
--	---

Les travaux menés sur les herbiers de l'archipel des Glorieuses ont été initiés en 2015 au cours de la campagne PANAMAG #1 pilotée et financée par le PNMG/AAMP (Ballorain & Dedeken, 2015) et se sont renforcés au cours du projet COPRA en 2018 (Ballorain et al., 2019) piloté par le CEDTM et l'OFB et financé par l'UE (BEST 2.0) et l'OFB. Le programme Récifs Isolés débuté en 2021 et financé principalement par l'OFB et l'Ifreco a permis d'investiguer les herbiers dans toutes les îles Eparses.

L'inventaire a donc été augmenté et a permis de réaliser un herbier, avec six espèces présentes, des mesures biométriques et des prélèvements biologiques. Les suivis ont été différents sur le grand herbier (36 km<sup>2</sup>) monospécifique à Grande Glorieuse que ceux mis en place sur les petits herbiers plurispécifiques des autres îles. Des analyses sont en cours à l'UBO (teneur en éléments traces, nutriments et isotopes dans les tissus des phanérogames) afin d'étudier la bio-sensibilité des territoires du canal du Mozambique avec les autres.

#### 4.6. Discussion générale (îles Eparses)

##### *Cartographie et suivi des enveloppes d'herbiers des Glorieuses*

Afin de poursuivre l'enrichissement des données temporelles, une optimisation de la stratégie d'échantillonnage pourrait être envisagée à l'occasion d'une prochaine campagne de terrain dans les îles Eparses. Si une scène est disponible juste avant une campagne, un premier traitement, ne nécessitant qu'une base de signatures spectrales *in situ* déjà acquise sur ce territoire, pourrait être réalisé juste en amont. Les informations *in situ* collectées pourront par la suite être utilisées afin de valider les informations quantitatives par le modèle et réaliser des post-traitements pour améliorer la précision.

Une fois validé avec un bon niveau de précision, un modèle de traitement automatique présente un avantage notable sur la photo-interprétation et le détourage manuel, par une délimitation plus précise des pixels. Aux Glorieuses, la clarté de l'eau a permis de traiter des données jusqu'à -25 mètres (Bajjouk et al., 2024).

Enfin, le projet INTERREG VI Océan Indien « HOME », piloté par le CEDTM et financé par l'UE et la Région Réunion, permettra de i) poursuivre le suivi par télédétection des herbiers à *Thalassodendron* sur les Glorieuses (2020-2026 ; les dernières données datant de 2009-2019 ; Nicet & Mouquet, 2019) et ii) de contribuer au développement d'outils d'observation automatisés par le renforcement d'algorithmes de traitement développés dans le cadre du projet BioEOS.

#### 4.7. Présentation des actions « Herbiers » à l'échelle régionale de l'océan Indien

K. Ballorain

Western Indian Ocean Seagrass Network (WIOSN)

Le Western Indian Ocean Seagrass Network (WIOSN) est un réseau informel d'experts créé en 2017, dans le cadre du projet COPRA (Ballorain et al., 2019) financé par l'UE (BEST 2.0) et l'OFB, avec l'appui de l'Ifreco. Sa vocation est d'appuyer la coopération entre les acteurs impliqués dans la conservation des herbiers marins dans l'ouest de l'océan Indien, en facilitant l'échange d'informations et en renforçant les capacités et le partage d'expériences. Cette plateforme d'échange contribue ainsi à la création de synergies de programmes d'étude, de suivi et de conservation des herbiers marins.

Parmi les objectifs partagés : i) la mise en place des suivis harmonisés à l'échelle régionale, intégrant notamment Mayotte et les Glorieuses qui n'avaient pas encore initié leurs suivis ; ii) l'étude taxonomique des différents morphotypes du complexe *Halodule uninervis* dans le cadre du projet ACT piloté par le CEDTM et financé par l'UE-INTERREG et la DEAL Réunion (Ballorain et al., 2023). Les résultats permettent également de mettre en avant des similarités génétiques entre Europa, Mohéli et le nord-ouest de Madagascar ; entre Mayotte et Aldabra ; alors que Mahé se distingue.

Ces actions sont menées en synergie avec des projets en cours à l'échelle du sud-ouest de l'océan Indien : VARUNA-AMP (piloté par RNF) et RECOS (piloté la COI). La collaboration avec le projet WIOCOR (mené par l'UICN et WIOMSA) reste plus complexe en raison notamment du contexte géopolitique (car

n'inclut pas Mayotte et les îles Eparses). Les perspectives sont de poursuivre la structuration du réseau, de rechercher des financements ou de développer des partenariats afin de soutenir l'animation du WIOSN et l'organisation de workshops, de réaliser l'inventaire des protocoles, de renforcer les capacités et enfin de contribuer à l'harmonisation des suivis pour aboutir à une vision régionale.

#### 4.8. Discussion générale (échelle régionale du Sud-Ouest de l'océan Indien)

##### *Base de données*

A ce stade il n'existe pas de base de données commune pour les données acquises dans le cadre du WIOSN. Bien que le sujet représente un vrai besoin pour les acteurs du réseau, la priorité a été donnée à l'harmonisation des protocoles et à l'initiation des suivis. La base de données du réseau international de suivi des herbiers Seagrass Watch ne semble pas permettre un accès adapté aux données et n'est donc pas privilégiée. Concernant les territoires ultramarins français, les données herbiers de l'océan Indien ont vocation à être bancarisées dans la base de données Récif.

##### *RETEX de mise en œuvre et évolution des protocoles*

Un travail de compilation des retours d'expériences sur l'application du protocole reste à établir, notamment dans le cadre d'un workshop. Un travail d'inventaire des protocoles à l'échelle régionale est initié dans le cadre des projets HOME (pilote par le CEDTM et financé par l'UE-INTERREG et la Région Réunion) et RECOS (pilote par la COI et financé par l'AFD et le FFEM), mais n'a pas abouti à ce jour en raison d'une nouvelle priorisation d'actions. Il apparaît pourtant nécessaire de réaliser une prise de recul et de tester les variantes des protocoles sur différents sites pilotes afin d'optimiser leur mise en œuvre et efficacité.

##### *Tendances évolutives régionales*

A ce stade, il n'existe pas d'analyse régionale, tant au niveau des enveloppes que de la structure des herbiers. Néanmoins, les quelques études réalisées dans la région révèlent, tout comme les tendances à l'échelle mondiale, davantage de situation de déclin que d'expansion, tels que ceux des herbiers à *Thalassodendron* à Mayotte (Frouin & Bigot, 2008 ; Dedeken & Ballorain, 2015) et à *Syringodium* à La Réunion (Cuvillier, 2016 ; Auzeby, 2024) ; la taille des formations ayant probablement un rôle important dans leur capacité de résilience (cf. les grands herbiers de la côte ouest malgache ou de la côte est africaine).

L'espèce *Thalassodendron ciliatum* se raréfie considérablement à l'échelle de l'Archipel des Comores. Un constat similaire de disparition des herbiers monospécifiques est observé à Mayotte et à Mohéli (Ballorain 2014).

Des initiatives régionales sont actuellement en cours, mais excluent toute ou partie des territoires français du l'océan Indien : i) LaSMMI (Large-Scale Seagrass Mapping and Management Initiative, pilotée par l'université d'Oxford et la WIOMSA et soutenue par The Pew Charitable Trusts), qui vise à cartographier les herbiers marins de l'océan Indien occidental à partir d'images aériennes ou satellites associées à des vérités-terrain ; ii) Regional seagrass status report (incluant uniquement La Réunion), porté par la WIOMSA et soutenu par les projets WIOCOR (Résilience des côtes et des océans de l'océan Indien occidental, piloté par l'UICN et financé par le FFEM) et RECOS (Résilience des Ecosystèmes Côtiers du Sud-Ouest de l'Océan Indien, piloté par la COI et financé par l'AFD et le FFEM).

##### *Mutualisation*

Afin soutenir la dynamique initiée à l'échelle du sud-ouest de l'océan Indien dans le cadre du WIOSN, il pourrait être pertinent de mutualiser certaines actions avec celles du réseau Herbiers de l'Ifrecor, notamment au travers de l'organisation d'ateliers thématiques auxquels une dimension internationale pourrait être ajoutée.

## 5. Protocoles de suivi stationnels

### 5.1. Actualités et retours d'expériences sur les suivis existants et protocoles dans les autres territoires

#### A. Vaslet | Actualités suivis herbiers réseau AMP Antilles françaises

Le passage du cyclone Irma en 2017 à Saint-Martin et Saint-Barthélemy a généré localement de l'érosion et un arrachage des herbiers qui ont fait l'objet de tentatives de restauration par le repositionnement des mattes (Saint-Barthélemy). Le compagnonnage inter-réserves (RNN des îles de Petite Terre en Guadeloupe, RNN de Saint-Martin et RNN de Saint-Barthélemy) permet l'échange d'agents plongeurs professionnels afin de renforcer les capacités locales et le partage d'expériences. Un travail de réflexion pour la mise en place de ce même suivi par le parc naturel régional de Martinique est en cours, ce qui permettrait son application à l'échelle de l'ensemble des Antilles françaises. Les premières séries temporelles de ces données ont été analysées conjointement dans le cadre du dernier bilan Ifrecor (Ifrecor, 2021) et présentées lors de congrès (Kerninon et al., 2022b).

#### F. Kerninon | Actualités indicateurs Herbiers DCE Antilles

Suite au développement en 2020 d'un premier prototype d'indicateur herbiers DCE Antilles intégré (v.0) (Kerninon, 2020 ; Kerninon et al., 2021), cet outil se décline depuis 2022 en trois versions d'indicateurs candidats (v.1) de niveaux de complexité variable (Kerninon et Bergonzoli, 2022), développés sur la base des données acquises lors de campagnes de terrain organisées aux Antilles en 2017, 2018 et 2021. L'automatisation du script de calcul de ces prototypes d'indicateurs multimétriques a été réalisé en 2024, permettant de les étudier plus finement, de les faire évoluer (v.2) (Kerninon et Bissery, 2024) et de faciliter leur intégration future dans le système d'évaluation de l'état des eaux (SEEE) de l'OFB. La validation scientifique du socle conceptuel des trois modèles multimétriques et la réalisation du guide méthodologique opérationnel sont en cours de réalisation avant une étape de validation technico-politique de l'outil, suivie de sa traduction réglementaire.

#### F. Kerninon | Actualités à l'échelle du Pacifique Sud

Le premier atelier régional sur le suivi et l'évaluation de l'état des herbiers en Nouvelle-Calédonie et à Wallis-et-Futuna, organisé par l'Ifrecor s'est tenu en avril 2022 à Nouméa (GTR Herbiers Pacifique, 2022). Des travaux, pour évaluer la capacité de bioindication des herbiers de ces deux territoires et développer/optimiser les protocoles de suivis ont été menés. Une étude de préfiguration d'un réseau de suivi de l'état de santé des herbiers est actuellement en cours avec l'appui d'un groupe technique local « Herbiers ».

## 5.2. Discussion générale (actualités et retours d'expériences sur les autres territoires)

### *Variabilité des indicateurs multimétriques herbiers*

La variabilité des trois modèles multimétriques candidats pour les suivis DCE herbiers aux Antilles présentés est surprenante et pose question. Il est précisé que ces modèles, basés sur des métriques faisant consensus, font l'objet d'une analyse critique et doivent encore être adaptés (notamment au niveau des seuils de changement d'état) avant d'être validés collégalement avec l'ensemble des gestionnaires concernés puis leur mise en application.

## 5.3. Importance de suivis efficaces et synthèse des suivis stationnels dans l'océan Indien

F. Kerninon

Importance de suivis efficaces et synthèse des protocoles utilisés dans l'océan Indien

Il est important de définir en amont la stratégie de surveillance des herbiers selon les problématiques de gestion. La sélection des paramètres doit se baser sur des objectifs de surveillance définis (Roca et al., 2016) et sur la faisabilité locale de mise en œuvre.

Une synthèse des protocoles de suivis stationnels des herbiers à l'échelle des trois territoires est présentée dans le tableau 4.

**Tableau 4.** Synthèse des protocoles de suivi des herbiers en cours dans les territoires ultramarins français de l’océan Indien. Cr = *Cymodocea rotundata*, Cs = *Cymodocea serrulata*, Ho = *Halophila ovalis* complex, Hd = *Halophila decipiens*, Hs = *Halophila stipulacea*, Hu = *Halodule uninervis* complex, Si = *Syringodium isoetifolium*, Tc = *Thalassodendron ciliatum*, Th = *Thalassia hemprichii*, Zc = *Zostera capensis*

		Mayotte		îles Eparses	
Nom du suivi		Suivi des herbiers intertidaux de Mayotte	Suivi des herbiers subtidaux de Mayotte	Suivi des herbiers des Glorieuses	Suivi des herbiers des îles Eparses
Objectif		Suivi des herbiers intertidaux à fonctionnalité écologique pour les tortues marines	Suivi des herbiers subtidaux à fonctionnalité écologique pour les dugongs	Définir et suivre des indicateurs de l’état de santé des herbiers	Définir et suivre des indicateurs de l’état de santé des herbiers
Périodicité		Tous les ans depuis 2020	Etude pilote en 2021 et 2022. Tous les deux ans depuis 2024	2018 et 2024	2024 (prévu tous les 5 ans)
Nombre de stations		4	5 puis 10	8	Prospection : absence sur Tromelin et Juan de Nova. Présence et prélèvement sur Europa (Ho, Th, Cr, Hu et Tc, absence de Si pourtant déjà observée) et Bassas da India (Tc)
Coordination et opérateur		PNMM	Naturalistes de Mayotte / Créocéan OI	CEDTM/OFB (2018), TAAF (2024)	TAAF
Protocole	Quadrat	<u>10 quadrats de 50 x 50 cm tous les 5 mètres par transect de 50 mètres (x3)</u> : Recou. substrat dur, recou. macroalgues, recou. total phanérogames, diversité spécifique et abondance relative, hauteur de l’herbier, Sous-quadrats 10x10 cm : densité	<u>20 quadrats aléatoires de 1 m<sup>2</sup> par transect</u> : Recou. substrat dur, recou. macroalgues, recou. total phanérogames, recou. cyanobactéries	<b>Herbiers intertidaux</b> <u>10 quadrats de 50 x 50 cm tous les 5 mètres par transect de 50 mètres (x3)</u> : substrat, recou. total et esp. phanérogames, diversité spécifique, hauteur de l’herbier, recou. macroalgues ; sous quadrat 10x10 cm : densité, floraison <b>Herbiers subtidaux</b> <u>5 quadrats de 50 x 50 cm tous les 5 mètres par transect de 50 mètres (x3)</u> : substrat, recou. total et esp. phanérogames, hauteur de l’herbier ; sous quadrat 25x25 cm : densité, floraison	<b>Herbiers intertidaux</b> Les herbiers intertidaux plurispécifiques de la mangrove d’Europa ont été prospectés et quelques prélèvements effectués. Mais aucun protocole de suivi n’a pu être effectué.  <b>Herbiers subtidaux</b> Les petits patchs d’herbier monospécifiques à <i>Thalassodendron ciliatum</i> d’Europa et Bassas da India ont été prospectés et des prélèvements ont été effectués.
	LIT	Taux de fragmentation	Taux de fragmentation	Taux de fragmentation	
	Belt	<u>Belt de 50 x 2 mètres</u> : faune associée (échinodermes, poissons), quelques coraux et macroalgues	Taux de recouvrement en herbiers par détection automatique	<u>Belt de 50 x 2 mètres</u> : recensement des taxons de macrofaune benthique épigée	
	Prélèvements/ carottage	<u>Prélèvement pour herbier naturaliste</u> (antérieur au suivi initié en 2020) : Cr, Cs, Ho, Hs, Hu, Si, Tc, Th, Zc	Prélèvement de sédiment (granulométrie et COT)  <u>Prélèvement pour herbier naturaliste</u> (antérieur au suivi initié en 2021) : Ho, Hd	<b>Herbiers intertidaux</b> <u>Carottage</u> : biomasse épigée/endogée 12x50 cm <b>Herbiers subtidaux</b> <u>Carottage</u> : biomasse épigée 12x50 cm <u>Prélèvement pour herbier naturaliste</u> : Tc, Ho, Hu, Th <u>et pour analyses isotopiques</u> : Tc <u>Observation sans prélèvement</u> : Si	Prélèvements exploratoires de plants <i>Thalassodendron ciliatum</i> pour analyses isotopiques, nutriments et métaux + prélèvements de chaque espèce sur chaque île afin de réaliser un herbier naturaliste
Références		Scholten et al., 2020	Créocéan OI, 2022	Ballorain et al., 2019 ; Moutardier, 2025	Moutardier, 2025

## 6. Nouvelles méthodes d'évaluation spatialisées *in situ*

### 6.1. Présentation des méthodes spatialisées

**M. Facon**

**La photogrammétrie sous-marine, une méthode utilisée pour le suivi temporel des herbiers**

Créocéan a développé des méthodes de photogrammétrie permettant l'acquisition de données précises, quantifiées (métriques), géoréférencées, de manière non invasive et reproductible, dans le but de réaliser une analyse spatio-temporelle des herbiers marins. Le principe de la méthode et son application, notamment aux herbiers profonds de Mayotte et peu profonds du lagon de La Réunion ont été présentés. Deux protocoles ont été testés pour le traitement des données : le premier se base sur l'estimation visuelle du recouvrement en herbiers, macroalgues et cyanobactéries au sein de photoquadrats de 1 m<sup>2</sup> appliqués sur les orthomosaïques de chaque transect et le second utilise une classification automatisée après une phase d'apprentissage. La photogrammétrie permet également le stockage d'informations très précises par la conservation des images et l'analyse ultérieure d'autres métriques qui se révéleraient d'intérêt.

**M. Pinault**

**SEARAM - Seagrass bed Rapid Assessment Method : une méthode d'évaluation spatialisée de l'état écologique des herbiers aux multiples applications**

En cours de développement et d'expérimentation dans le cadre de MERCI-Cor, la méthode d'évaluation rapide (RAM) Seagrass bed Rapid Assessment (SEARAM), permet une approche par site en fournissant des estimations des équivalences écologiques entre les pertes engendrées par la réalisation d'un projet, plan ou programme (sites impactés) et les gains attendus suite à la mise en œuvre de mesure de réparation (sites compensés) sur les herbiers marins (Pinault et al., 2024ab). La méthode intègre des métriques "améliorantes", "déclassantes" et "d'alerte" renseignant sur la structure, la vitalité, la faune associée et les espèces envahissantes associées au peuplement d'herbier. Leur combinaison sous la forme d'indicateurs multimétriques permet l'attribution d'un score global défini en cinq classes. La méthode a été expérimentée en Baie du Robert en Martinique, dans le cadre de l'étude d'impact du projet de piste longue de l'aéroport de Mayotte et à Saint-Gilles à La Réunion.

**M. Duval**

**Nouvelles méthodes spatialisées *in situ* projets IoT, Seatizen, Plancha, p-PUMPIT**

Depuis une dizaine d'années, la délégation Ifremer océan Indien en partenariat avec le CNRS/LIRMM développe des outils de nouvelle génération pour l'acquisition de données sur les écosystèmes marins. Plusieurs de ces outils concernent directement les écosystèmes récifaux au travers le développement puis le déploiement de plateformes innovantes low-cost. Il s'agit notamment de plateformes autonomes de type planche & catamaran avec différents équipements permettant de réaliser des cartographies d'habitat, de la reconnaissance automatique de différents groupes de taxons (corail, herbier, oursin et holothurie) mais également de réaliser des prélèvements d'ADN environnemental (ADNe) (Coward et al., 2024). Elles ont été déployées au travers de plusieurs projets sur différents territoires de l'océan Indien (La Réunion, Mayotte, îles Eparses, Seychelles, Tanzanie, Madagascar) et un nouveau projet Interreg a été soumis en janvier 2024 (arbitrage non connu à date). Des exemples de résultats pour les différents items sont présentés en séance. A noter qu'avec la disparition des herbiers de La Saline l'Hermitage il serait intéressant de réaliser à nouveau des collectes d'ADNe afin d'évaluer si les espèces associées aux herbiers sont toujours présentes.

## 6.2. Discussion sur les méthodes d'évaluation spatialisées

### *Aspects techniques et complémentarité des méthodes de photogrammétrie et de Plancha*

Dans le cadre de la méthode de photogrammétrie développée par Créocéan pour générer des orthophotographies ou des modèles numériques de surface (MNS) à partir du traitement d'images, l'algorithme de l'IA est entraîné à partir d'annotations manuelles. Celles-ci sont réalisées par sélection de tuiles et un apprentissage dans diverses conditions environnementales, notamment de luminosité pour améliorer la précision de la méthode. Le niveau de précision est choisi en fonction des besoins mais est aussi conditionné par le relief (exemple : les coraux branchus ou tabulaires génèrent des zones d'ombre diminuant la précision de la méthode).

Dans le cadre de la méthode Plancha utilisée en surface, les holothuries sont détournées alors que les coraux et les herbiers sont annotés afin de répertorier l'information à l'échelle de la photo. La méthode nécessite des conditions particulières notamment au niveau de la colonne d'eau pour sa mise en œuvre, avec une période optimale entre le levé du jour et 10 h le matin sur des profondeurs allant jusqu'à 7 mètres à La Réunion et testée jusqu'à 15 à 20 mètres à Europa.

### *Gestion de l'incertitude et de l'hétérogénéité de l'habitat dans le cadre de l'application de la méthode SEARAM*

L'incertitude de la méthode a été testée sur les récifs coralliens dans le cadre de l'application de la méthode CORRAM (projet UTOPIAN ; Broudic et al., 2024) grâce à la technique du krigeage qui a permis de mettre en évidence des intervalles de confiance élevés (90 %) (Broudic et al., 2025), indiquant une conservation de la fiabilité de l'information à l'échelle du site dans une logique de comparaison spatiale. Le niveau de résolution dépend du nombre de stations déployées qui peut être influencé par l'homogénéité du milieu (nécessité d'un plus grand nombre de station si le milieu est hétérogène).

La méthode SEARAM a été développée en réponse aux besoins de gestion à l'échelle du site (0-5 et 200 ha), notamment dans le cadre de la localisation de zone d'évitement lors de l'application de la séquence ERC nécessitant une vision d'ensemble suffisamment éclairée. La méthode, qui nécessite un grand nombre de réplification, n'a cependant pas vocation à apporter une grande précision à l'échelle des stations échantillonnées, ce qui fait partie de ses limites d'utilisation. Son utilisation apparaît en revanche comme très complémentaire aux méthodes spatialisées de photogrammétrie développée par Créocéan et Plancha par l'Ifremer qui apportent quant à elles des éléments *in situ* plus précis.

Si la méthode SEARAM présente un intérêt pour la localisation de zones propices à l'installation de stations de surveillance, son utilisation dans le cadre de suivis temporels n'a pas encore été testée. Il n'est donc pas possible, à ce stade, de se prononcer sur la fiabilité de la méthode pour cet objectif.

Toutefois, si cela devait être appliqué, l'analyse des données serait réalisée par comparaison spatiale de catégories ramenées à une surface, c'est-à-dire par comparaison de ratios surfaciques (par exemple à l'année n 70 % de l'herbier étudié avait entre 30 % et 60 % de recouvrement alors qu'à l'année n+5 seul 10 % de l'herbier avait entre 30 et 60 % de recouvrement) et non pas par comparaison de stations de référence. A noter que hormis pour la fragmentation dorénavant la métrique est suivie selon son unité et non plus selon les indicateurs sous forme de scores de 0 à 3.

Par ailleurs, en milieu récifal, lorsque la méthode CORRAM a été mise en œuvre dans le cadre de l'approche ERC, elle a systématiquement été associée à des stations de type GCRMN pour le volet suivi temporel.

A terme, les perspectives de la méthode seraient d'aller vers l'extrapolation utilisant de la modélisation, à l'image de ce qui a été réalisé par le projet BioEOS en intégrant les données CORRAM sur les coraux (Bajjouk et al., 2025).

## 7. Bancairisation des données

### 7.1. Présentation de la base de données BD Récif

M. Duval & L.  
Maurel

Bancairisation des données herbiers dans BD Récif

Le système d'information Quadrige (SI Quadrige) dispose de plusieurs applications pour saisir des données : Quadrige<sup>2</sup> incluant les données issues des suivis des herbiers de métropole, DALI pour les suivis des déchets et BD Récif pour certains suivis des écosystèmes coralliens dont les herbiers ultramarins. Dans les territoires français de l'océan Indien, l'appui à la bancairisation s'appuie sur deux conventions, incluant notamment la délégation de responsabilités concernant les programmes/stratégies : (1) Ifremer/Ministère en charge de l'écologie pour les données des suivis DCE, et réserves naturelles marines et (2) Ifremer / DEAL La Réunion pour les données des suivis / études environnementales "loi sur l'eau" de La Réunion non couverts par la convention dite "nationale".

La bancairisation pour les parcs naturels marins et les projets de recherche sont à conventionner si un appui s'avère nécessaire. Le périmètre des protocoles n'est pas figé et a fortement évolué depuis la mise en production de la première version de BD Récif en 2015. L'année 2024 a été marquée par la structuration des données CPCe, SEARAM et CORRAM ainsi que la reprise de données historiques pour ces protocoles. Afin de faciliter la structuration et la reprise des données, il est essentiel que les producteurs de données et les référents thématiques soient formés, ou à minima familiarisés, à l'utilisation de BD Récif et qu'un certain nombre de documents soient transmis en amont des travaux (protocole, fiche terrain, etc.). Il est également nécessaire que les projets de bancairisation soient anticipés pour être inscrits dans la programmation annuelle. Enfin, les grilles de saisie des protocoles LIT, Belt et quadrats, déjà utilisés dans le cadre des suivis des herbiers aux Antilles, sont présentées.

### 7.2. Discussion sur la bancairisation des données

La structuration et l'import de données dans BD Récif nécessite d'avoir des informations extrêmement précises sur les protocoles de terrain.

La bancairisation des données « herbiers » de Mayotte (études d'impacts et suivi stationnel des herbiers intertidaux), non intégrées dans BD récifs, restent à budgétiser et à financer. La structuration des données prend du temps qu'il est nécessaire de considérer en amont (par exemple : entre 12 et 15 jours pour SEARAM et CORRAM du fait de la création de nouveaux référentiels). Ce temps de structuration dépend également de la qualité du jeu de données fourni. La reprise des données peut s'effectuer soit via des fichiers Excel standardisés (au format Quadrilabo<sup>1</sup>), soit manuellement, selon la méthode la plus efficace. La saisie directe semble notamment plus appropriée pour la reprise des données de suivi des herbiers intertidaux du PNMM (quatre stations suivies par le parc depuis 2020). Le travail à venir sur la structuration et la saisie des données des campagnes de terrain de R&D de l'action nationale herbiers Ifremer-DCE (2017, 2018 et 2020 à Mayotte) permettra de faciliter la bancairisation de nouvelles données pour le secteur. Dans ce cadre, la bancairisation des données de type « chimie » et de niveau échantillon (données isotopiques, nutriments, métaux dans les tissus des phanérogames marines) sera définie. En effet, l'arborescence actuelle de BD récif ne permet pas à ce stade de bancairiser ce type de données contrairement à Quadrige, qui contient par ailleurs ces catégories de données pour les herbiers de métropole.

<sup>1</sup> <https://quadrige.ifremer.fr/support/Mes-donnees/J-integre-mes-donnees-a-l-aide-de-Quadrilabo/J-integre-mon-fichier-Quadrilabo>

## 8. Cadres et réflexions pour un renforcement de la gestion et préservation durable des herbiers tropicaux français de l’océan Indien

### 8.1. Contexte et organisation de cette session d’échange

Dans le cadre des programmes nationaux d’actions de la 5<sup>ème</sup> phase de l’Ifrecor, les deux thèmes transversaux « MERCI-Cor » et « Réseau Herbiers » œuvrent conjointement au renforcement des synergies autour de la thématique des herbiers tropicaux. En effet, les actions du thème Réseau Herbiers<sup>2</sup> ne se limitent pas aux seuls enjeux associés à la surveillance et l’évaluation de l’état de santé des herbiers ultramarins : elles visent également à accompagner plus largement leur gestion et leur préservation durable. Le thème MERCI-Cor<sup>3</sup>, quant à lui, porte notamment sur un travail d’ingénierie écologique, de veille autour des Solutions fondées sur la Nature (SfN) et sur les développements méthodologiques de diagnostic dans le cadre de la séquence Éviter–Réduire–Compenser (ERC) dont le potentiel d’application pour la gestion à l’échelle spatialisée des zones concernées dépasse le cadre initial de son développement.

C’est dans ce contexte qu’est proposée cette session & table ronde, organisée par les porteurs de ces deux thèmes nationaux de l’Ifrecor sur les cadres et réflexions pour un renforcement de la gestion et préservation durable des herbiers tropicaux français de l’océan Indien. Après un rappel du cadre conceptuel des SfN et de leur application aux herbiers, un point sur les enjeux liés au recensement des sites à fort potentiel de gain écologique, que ce soit pour la compensation ou pour des plans de gestion (PGE), ont été exposé avant de laisser la place aux échanges sur des problématiques concrètes des territoires concernés.

### 8.2. Présentations

**S. Pioch**

**Présentation et rappel du concept général des Solutions fondées sur la Nature (SfN)**

Les solutions fondées sur la Nature (SfN) visent à intégrer la biodiversité au cœur des projets de territoires afin de soutenir un développement durable, en misant sur la préservation et la restauration des écosystèmes<sup>4</sup>, notamment dans un objectif de lutte contre le changement climatique (objectifs de développement durable (ODD) 13). Elles englobent des actions liées à la nature qui renforcent les synergies entre plusieurs ODD, notamment les ODD 13, 14, 15 et 17<sup>5</sup> (Seddon et al., 2019). En plus de leurs bénéfices environnementaux, les SfN visent à l’atténuation et à l’adaptation au changement climatique, à un coût relativement modéré, tout en générant des co-bénéfices pour les populations humaines et la Nature (Narayan et al., 2016 ; Seddon et al., 2019). Au sein des politiques publiques, les SfN englobent des « actions visant à protéger, gérer de manière durable et restaurer des écosystèmes naturels ou modifiés pour relever directement les défis de société ... bien être humain et bénéfiques pour la biodiversité ». Elles se déclinent en trois types d’actions qui peuvent être combinées entre elles dans les territoires : la préservation d’écosystèmes fonctionnels et en bon état écologique, l’amélioration de la gestion durable d’écosystèmes utilisés par les populations humaines et la

<sup>2</sup> <https://ifrecor.fr/surveiller-et-alerter-reseau-surveillance-herbiers/>

<sup>3</sup> <https://ifrecor.fr/eviter-reduire-compenser-restaurer-mercicor/>

<sup>4</sup> <https://uicn.fr/solutions-fondees-sur-la-nature/>

<sup>5</sup> <https://www.agenda-2030.fr/17-objectifs-de-developpement-durable/>

restauration d'écosystèmes dégradés, voir la création de milieux naturels<sup>3</sup> (UICN Comité français, 2021). Le concept des SfN reste encore débattu ("Nature-based solutions is the latest green jargon that means more than you might think," 2017) et leur mise en œuvre comporte un certain nombre de risques, par exemple la mal-adaptation, une mauvaise perception, le « green washing » et des problèmes de conception d'infrastructures (Bauduceau et al., 2015).

**F. Kerninon**

**Application des SfN aux herbiers**

L'application des solutions fondées sur la Nature aux herbiers marins peut se décliner de différentes manières. Elle passe en premier lieu par l'amélioration de la gestion et de la préservation des herbiers fonctionnels et en bon état écologique. La mise en œuvre opérationnelle des politiques publiques et des plans de gestion intégrant les herbiers, ainsi que la réduction des pressions identifiées (notamment liées aux impacts physiques, plus aisées à limiter que les pollutions diffuses), constituent des étapes prioritaires. Ces actions peuvent être renforcées par des mesures préventives visant à favoriser le maintien et/ou la régénération naturelle des herbiers. Lorsque leur dégradation est trop avancée, des actions de restauration peuvent être envisagées, à condition que les conditions soient réunies, et en s'appuyant sur les recommandations de bonnes pratiques et RETEX disponibles pour le secteur (ex : UNEP-Nairobi Convention/WIOMSA, 2020).

**M. Pinault**

**Thème croisé avec MERCI-Cor : enjeux d'inventaire des sites à fort potentiel de gain écologique (par des actions de génie écologique ou la mise en place de certaines pratiques de gestion) soit pour la compensation, soit pour des plans de gestion (PGE)**

La loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (RBNP) introduit depuis 2016 l'objectif de « non perte nette » (NPN) dans le droit français. Bien qu'il y ait des différences d'objectif entre la séquence ERC / méthode de dimensionnement de la compensation et les outils de gestion et de préservation d'herbiers (état de santé, suivi long terme, restauration écologique et SfN), les SfN constituent une opportunité dans le cadre de la séquence ERC. Le calcul de la NPN nécessite de quantifier de manière fiable les gains et pertes (équivalence écologique) par des méthodes standardisées (exemple de la proposition de SEARAM ; Pinault et al., 2024ab). Les pistes envisagées pour surmonter les principales limites et défis de l'application des SfN aux mesures compensatoires incluent l'élaboration de standards d'évaluation des gains et pertes (à travers des outils de dimensionnement mesurables et traçables), la sensibilisation et l'implication des parties prenantes grâce à une meilleure communication sur les services écosystémiques, ainsi que la réalisation d'un diagnostic territorial permettant de spatialiser les enjeux et d'identifier à terme les zones les plus propices à la compensation.

### 8.3. Discussion à travers des problématiques concrètes

#### *Distinctions entre SfN et compensation*

Les différences entre les deux concepts sont rappelées. Dans le cadre des SfN, il n'est pas nécessaire de démontrer une équivalence écologique, car la création d'écosystèmes est possible. En revanche, les mesures compensatoires ne permettent que la restauration, ce qui reste compatible avec les SfN, puisque certaines d'entre elles concernent précisément la restauration des milieux (voir plus haut). Les mesures compensatoires n'ont pas pour objectif de prouver un bénéfice direct pour l'homme, mais exigent une équivalence écologique dans la même zone biogéographique que celle où la perte a eu

lieu. Enfin, elles ne s'inscrivent pas directement dans une logique de lutte contre le changement climatique, même si la restauration y contribue, car ce n'est pas leur finalité première.

#### *Outils de spatialisation et de répertoriage des espaces et des mesures de compensation*

La spatialisation des mesures de compensation est gérée par l'Etat. Des bases de données permettant la localisation des espaces de compensation et le suivi des mesures compensatoires existent, notamment au travers du GéoMCE<sup>6</sup>, outil instructeur permettant le géoréférencement des mesures compensatoires environnementales liées aux atteintes à la biodiversité. Il est utilisé à Mayotte par la DEALM, même si son utilisation rencontre localement des problématiques d'accessibilité et donc d'actualisation. La création de catalogues/atlas d'espaces proposés pour la compensation sous l'initiative des DEAL (cf. un site recensé en hexagone) apparaît comme très utile mais la démarche impliquerait un travail conséquent.

La DEALM de Mayotte a d'ores et déjà produit un cahier sur les mesures ERC à destination des aménageurs afin de mieux les accompagner dans la mise en œuvre des mesures compensatoires. En cours de mise en œuvre, il ne concerne pour l'instant que le milieu terrestre bien qu'un intérêt pour une extension au milieu marin soit déjà évoqué.

Il est rappelé que le concept de sites naturels de compensation, de restauration et de renaturation (SNCR<sup>7</sup>) a été créé très récemment par le code de l'environnement le 23 octobre 2023 (sur la base des SNC de 2016), aucun SNCR n'a été toutefois créé en mer et seuls trois sont autorisés à terre (Letexier et al., 2024). Le processus est donc itératif, et les applications qui devraient en découler devraient permettre de lever au fur et à mesure les contraintes et de tendre vers l'objectif de non-perte de biodiversité. Des réflexions appuyées sur la littérature existante pourraient, par exemple, être menées à une échelle de planification (schéma d'aménagement régional (SAR) de Mayotte) et donc plus macro sur des sites pilotes à forts enjeux (ex : secteur de Longoni), afin de construire progressivement une vision plus englobante et ambitieuse, par un emboîtement des échelles. Ce type de perspectives intéresse la DEALM de Mayotte afin de cadrer davantage les mesures de compensation pour le territoire (jusqu'à présent le porteur de projet est peu engagé) et de répondre au principe d'additionnalité, en mutualisant des moyens sur des secteurs clés (convergences des fonds sur actions prioritaires à fort effet de levier).

Le renouvellement en cours du SAR et du schéma régional de cohérence écologique (SRCE) de Mayotte devraient permettre de localiser les zones importantes d'aménagement.

#### *Limitations des SNCR en mer et questions d'éthiques dans la renaturation (problématique d'additionnalité)*

Les lacunes dans la gestion en France des sites naturels de compensation, de restauration et de renaturation (SNCR) en mer (Jacob et al., 2016 ; Pioch et al., 2022) sont soulignées. Le milieu marin faisant partie du domaine public maritime, l'importance de garder de la prudence sur les risques de marchandisation de la Nature est évoquée. En effet la renaturation devrait être une démarche volontaire, financée par les pouvoirs publics et non pas par les destructions issues de projets d'aménagement. Il convient donc d'être vigilant à la problématique d'additionnalité (Levrel et al., 2015) et au respect des étapes d'évitement et de réduction, afin de ne compenser que les effets de

---

<sup>6</sup> <https://erc-hdf.fr/ressources-thematiques/toutes-thematiques/geomce-localisation-des-mesures-compensatoires-environnementales/>

<sup>7</sup> <https://www.ecologie.gouv.fr/politiques-publiques/sites-naturels-compensation-restauration-renaturation>

projets dont on peut atteindre une équivalence écologique par la restauration (abandonner ceux « non compensables »). Les financements publics et les plans de gestion nationaux et internationaux ne peuvent pas être utilisés pour de la compensation, sous la responsabilité de l'aménageur débiteur. A l'inverse, les projets de compensation ne peuvent pas se substituer aux missions de service publique de gestion et de restauration, mais elles peuvent mutualiser leurs bénéfices judicieusement placées (ex. améliorer la connectivité spatiale marine).

Or, il est constaté que les politiques publiques environnementales, bien qu'elles devraient être mises en œuvre, ne le sont pas ou trop peu, ce qui nuit au respect du principe d'additionnalité (ce dernier devrait être remis en question en mer, fort de ce constat). En effet, les aménageurs continuent de dégrader les milieux naturels, tandis que les politiques en place, des divers plans de gestion, ne permettent pas le respect des objectifs de gestion de ces milieux. Le constat objectif est que la mise en œuvre effective d'une part de la non-perte nette de biodiversité et d'autre part de financement pour gestion et la restauration écologique des milieux naturels demeurent actuellement insatisfaisants. Néanmoins, malgré les problématiques déontologiques posées sur le non-respect du principe d'additionnalité, il apparaît pertinent de ne pas exclure la séquence ERC, bien encadrée réglementairement, comme un des leviers d'action de la gestion durable des sites concernés pour la restauration écologique, en tenant compte des points de vigilance et de l'ensemble des précautions évoquées.

Les SfN, dont les objectifs diffèrent de celles de la compensation, pourraient être mieux valorisés dans les documents de planification afin d'améliorer le volet « évitement » dans la séquence ERC (comme les SAR ou les SRCE), ce qui pourrait aider à un déploiement à grande échelle : éviter une digue de protection côtière en béton par la restauration d'herbiers et d'une mangrove barrière selon les zones.

#### *Retours d'expérience et coût de la restauration des herbiers*

Un ouvrage sur la restauration des herbiers dans la région de l'ouest de l'océan Indien (UNEP-Nairobi Convention/WIOMSA, 2020) permet d'apporter des éléments de bonnes conduites à tenir ainsi que des retours d'expériences sur les différentes techniques. De nombreux facteurs se doivent d'être réunis pour maximiser les chances de la restauration, tels que le choix du site, notamment lorsque la restauration est de type active. La connectivité des habitats et espèces (hydrodynamisme, génétique) est aussi un point important à prendre en considération.

A l'échelle des territoires d'outre-mer, la principale problématique rencontrée reste le manque de RETEX accessibles sur les espèces et types d'herbiers présents (exemple en Guadeloupe : Leocadie et al., 2020 ; Frotté et Narayanan, 2025 ; Gaborit et al., 2025). Nouer des connexions avec les pays limitrophes disposant de formations d'herbiers similaires, comme l'île Maurice, avec La Réunion (voir plus bas), afin de bénéficier de RETEX opérationnels est souligné. En effet, les tests restent complexes et très onéreux, mais quand bien même les tentatives n'aboutissent pas, ces études restent essentielles afin de faire avancer l'ingénierie écologique sur ces sujets.

D'après une méta-analyse récente, comparativement aux autres écosystèmes marins et côtiers, ce sont les herbiers qui comportent le plus bas taux de survie (environ 56 %) et le plus grand risque d'échec (17,6 %) (Danovaro et al., 2025). Ces chiffres sont à mettre en lien avec les coûts très élevés de la restauration en mer, estimés selon les données disponibles, entre 500 000 et 25 000 000 de dollars l'hectare, soit bien supérieurs à la restauration en milieu terrestre (Bayraktarov et al., 2016). Ils replacent également les enjeux de difficulté de mise en œuvre de la restauration en mer et le faible nombre de mesures compensatoires recensées dans GéoMCE avec une seule mesure compensatoire identifiée (sur plus de 3000 sur le terrestre *in* LeTexier et al., 2024).

### *Enjeux de restauration et préservation des herbiers en déclin de La Réunion*

Les perspectives de préservation et de restauration des petits herbiers dynamiques de La Réunion, aujourd'hui en déclin sous l'effet de pressions multiples, font l'objet de discussions. Un projet de préservation des herbiers dans la zone de Kélonia et de l'aquarium avait été évoqué, mais n'a pas abouti à ce jour. Par ailleurs, un projet de restauration des herbiers à *Syringodium isoetifolium* est en cours à l'île Maurice sur des formations similaires à celles de La Réunion. Il serait pertinent d'envisager des synergies régionales afin de capitaliser sur les RETEX opérationnels de cette initiative.

Les RETEX liés à la mise en œuvre, au suivi et à l'évaluation de l'efficacité des mesures de restauration sont d'une importance majeure, même lorsque que les tentatives ne produisent pas les résultats escomptés à long terme. Ces enseignements, souvent limités dans le temps (généralement sur cinq ans, parfois deux, voire une seule année), restent essentiels à l'amélioration des pratiques futures.

L'identification en amont des principales causes de dégradation des herbiers, telles que l'hydrodynamisme, la pollution des eaux ou le surpâturage, ainsi que la mise en œuvre de mesures de gestion ou de suppression de ces pressions, sont essentielles à toute action de restauration durable.

Cette hiérarchisation est importante afin d'orienter les mesures de gestion et tenter d'assurer une évolution trajectorielle satisfaisante. Les données issues de la DCE et du projet UTOPIAN (Broudic et al., 2024 ; Broudic et al., 2025) sur les écosystèmes coralliens de La Réunion permettent de renseigner sur les pressions à différentes échelles, quand bien même les résultats de ces perturbations se traduisent de manière synergiques.

Face à la dégradation actuelle des écosystèmes côtiers de La Réunion, notamment dans le contexte post-Garance, il apparaît essentiel de mettre en place une véritable politique environnementale basée sur des mesures opérationnelles concrètes. Cette approche doit s'inscrire dans une vision intégrée de la continuité terre-mer, globale et cohérente, sans se limiter à la seule identification des sources de dégradation.

## 9. Conclusions

La Réunion, Mayotte et les îles Eparses constituent un ensemble de territoires insulaires illustrant la grande hétérogénéité des écosystèmes de l'océan Indien formés par les herbiers marins, tant par la diversité spécifique des phanérogames qui les composent, que par la variété des types d'herbiers, leurs superficies contrastées, et les enjeux de gestion qui leur sont associés (diversité des pressions, moyens nécessaires aux actions de gestion, etc.).

Ce premier atelier régional sur les herbiers de l'océan Indien organisé dans le cadre de l'Ifrecor a permis de réunir une communauté d'acteurs d'une trentaine de participants, composée de scientifiques, opérateurs privés, gestionnaires concernés et investis sur la gestion et préservation durable des herbiers de La Réunion, Mayotte et des îles Eparses. La présence d'une personne des Antilles a permis d'apporter des retours d'expériences et favoriser des échanges « inter-océan ».

L'état des lieux des connaissances et des actions menées à l'échelle de ces territoires, des besoins et des attentes des gestionnaires en vue de renforcer la gestion et préservation de ces milieux ont pu être exposés discutés de manière collective. Des éléments plus techniques sur les protocoles *in situ* de suivis stationnels et les nouvelles méthodologies spatialisées ont ensuite été présentés et leur application dans des contextes variés discutée. L'atelier a également permis d'aborder la question des conséquences écologiques et de la gestion suite aux événements exceptionnels dans le cadre des cyclones Chido (décembre 2024), Dekélédi (janvier 2025) et Garance (février 2025). Le sujet de la bancarisation des données a également été abordé, avec l'importance que l'ensemble des données de suivi des herbiers des territoires ultramarins français puissent être bancarisé dans BD Récif, en organisant la bancarisation des données herbiers du parc naturel marin de Mayotte. Les retours d'expérience sur les SfN ainsi que les challenges et lacunes dans le déploiement de la séquence ERC en mer ont été soulevés et discutés.

Cet atelier a permis de souligner l'importance et l'urgence de mieux considérer les herbiers de ces territoires, notamment au vu de la situation très dégradée et du déclin de cet écosystème exposé à de multiples pressions dans les territoires anthropisés. La mise en place de suivis pérennes, notamment dans les secteurs qui en sont dépourvus (La Réunion) et leur consolidation dans les territoires où ils ont été récemment initiés (Mayotte et les îles Eparses) constitue l'un des principaux enjeux pour documenter leur évolution à long terme. Néanmoins, si l'importance d'approfondir la compréhension des processus de dégradation et la discrimination des sources afin d'être plus efficace dans la gestion dans les territoires anthropisés, il est maintenant urgent et nécessaire d'aller vers des actions concrètes et globales de protection de l'écosystème côtier par le biais d'une plus forte mobilisation des pouvoirs publics (budget alloué dans la gestion et préservation des herbiers, gestion des bassins versants, etc.). Les actions d'éducation et de sensibilisation à cet écosystème mal connu, notamment auprès des élus, des agents de l'État et des scolaires, doivent être maintenues et renforcées. Enfin, la mutualisation future de ce type d'atelier, en parallèle de l'organisation de workshops à une échelle plus large, notamment à l'échelle internationale de l'ouest de l'océan Indien en appui au WIOSN, pourrait être envisagée.

## 10. Références bibliographiques

- Auzeby, T. 2024. Étude de la dynamique spatiale et du fonctionnement des herbiers marins de La Réunion (2016-2024). Rapport de stage de Master 1, CREOCEAN-OI / Université de La Réunion, 40 p.
- Arrêté n°BATDD/2017\_02 portant réglementation des activités commerciales et non commerciales, dans la réserve naturelle des îles de la Petite-Terre (dite réservoir naturelle des îlets de la Petite-Terre).
- Ballorain K. 2014. Mise en place d'un suivi des herbiers marins du Parc Marin de Mohéli : rapport des missions 2013-2014. CARA/CEDTM-Kelonia/PMM/ADSEI. Ref : POCTOIMOH-CARA-1
- Ballorain, K., Dedeken, M. 2016. Rapport de mission PANAMAG #1 – Volet Herbiers marins. PNMG/AAMP/TAAF.
- Ballorain, K., & Dedeken, M. 2017. Recensement des herbiers subtidaux Mayotte (2014-2017). Sous-groupe thématique IFRECOR Réseau Herbiers Mayotte, 11 septembre 2017, Mayotte.
- Ballorain, K., & Duffaud, M-H. 2018. Mise en œuvre du Plan National d'Actions en faveur du dugong *Dugong dugon* – Volet Mayotte : bilans d'activités 2012 à 2017. PNMM / AFB, DEAL Mayotte, CEDTM.
- Ballorain, K., Jean, C., Nivière, M., Barat, A. 2023. ACT - Actions conjointes en faveur des tortues marines dans la zone océan Indien. Rapport technique de projet INTERREG V Océan Indien - Décembre 2023. CEDTM, Kelonia.
- Ballorain, K., Montchamp, L., Nicet J.-B., Dalleau, M., Chambault, P., Frouin, P., Mouquet, P., Carpentier, A. 2019. Conservation et gestion intégrée des herbiers de phanérogames marines du Parc naturel marin des Glorieuses et évaluation de leurs rôles fonctionnels pour les tortues marines – Rapport technique du projet BEST2.0 COPRA 2017-2019. CEDTM / AFB, 70 p.
- Bajjouk, T. (coord.), Minghelli, A., Mouquet, P., Duval, M., Chami, M., Bonhommeau, S., Tancray, A., Ravitchandirane, M., Illien, V., Lazennec, A., Broudic, L., Germain, T. 2024. BIOEOS. Enjeux, objectifs, approche et bilan de la campagne d'acquisition in situ sur le site de La Réunion. Rapport de phase1 version 1.1. Conventions Ifremer-CNES (22/1002917) et Ifremer-Préfecture de La Réunion/SGAR (22/1002992), 39 p.
- Bajjouk, T., Mouquet, P., Lavrard-Meyer, A., Minghelli, A., Drumetz, L., Dalla Mura, M., Chami, M., Loyer, S., Feret J.-B., Broudic, L., Germain, T., Duval, M., Devillers, R., Bigot, L. 2025. Projet SCO-BioEOS, Suivi des Variables Essentielles de la Biodiversité côtière : Mise en Oeuvre sur le Site Pilote de La Réunion. Ref. Conventions Ifremer-CNES (22/1002917) et Ifremer-Préfecture de La Réunion/SGAR (22/1002992). DYNECO/LEBCO/202502TB, Ifremer.  
<https://doi.org/10.13155/106102>
- Bauduceau, N., Berry, P., Cecchi, C., Elmqvist, T., Fernandez, M., Hartig, T., et al. 2015. Towards an EU Research and Innovation Policy Agenda for Nature-based Solutions and Re-Naturing Cities: Final

- Report of the Horizon 2020 Expert Group on Nature-Based Solutions and Re-Naturing Cities. Brussels: Publications Office of the European Union.
- Bayraktarov, E., Saunders, M.I., Abdullah, S., Mills, M., Beher, J., Possingham, H.P., Mumby, P.J., Lovelock, C.E., 2016. The cost and feasibility of marine coastal restoration. *Ecological Applications* 26, 1055–1074. <https://doi.org/10.1890/15-1077>
- Broudic, L., Pinault, M., Claud, R. 2024. UTOPIAN - Etat écologique des récifs coralliens de La Réunion 2021-2023 - Bilan d'activité 2023-2024. BESTRUN. 2024. (hal-04500941v2).
- Broudic, L., Pinault, M., Claud, R., Bajjouk, T., Rungassamy, T., Nikolic, N., Crochelet, E., Mazé, C., Bergerot, B., 2025. Mapping benthic biodiversity indicators of coral reefs using spatial interpolation. *Coral Reefs*. <https://doi.org/10.1007/s00338-025-02689-8>
- Cowart, D.A., Chevrier, T., Nieblas, A.-E., Chanut, J., Bernard, S., Bonhommeau, S., 2024. Detecting local variations across metazoan communities in back-reef depressions of Reunion Island (Mascarene Archipelago) through environmental DNA survey. *Front. Mar. Sci.* 11. <https://doi.org/10.3389/fmars.2024.1423676>
- CREOCEAN OI, 2022. Suivi par photogrammétrie sous-marine de cinq sites de références d'herbiers subtidiaux. Année 2022. Rapport pour le compte de la DEALM 976.
- Cuvillier, A. 2016. Dynamique et fonctionnement des herbiers marins dans un complexe récifal anthropisé (île de la Réunion, océan Indien). Thèse de doctorat, Université de La Réunion, 213 p. <https://theses.hal.science/tel-01485579v1>
- Cuvillier, A., Auzéby, T., Frouin, P. 2024. Présentation de l'étude de la dynamique et du fonctionnement des herbiers (2016-2024), « Histoire d'un paysage en déclin ». Forum scientifique de la RNMR 2024.
- Dedeken, M., Ballorain, K., 2015. Les herbiers marins de Mayotte : état des lieux des herbiers intertidaux en 2014. Parc naturel marin de Mayotte / Agence des aires marines protégées, 22 p.
- Dedeken, M., Ballorain, K., 2016. Les herbiers marins de Mayotte : Recensement des herbiers subtidiaux de la Passe en S. Rapport de mission. Parc naturel marin de Mayotte - Agence des aires marines protégées.
- Danovaro, R., Aronson, J., Bianchelli, S., Boström, C., Chen, W., Cimino, R., Corinaldesi, C., Cortina-Segarra, J., D'Ambrosio, P., Gambi, C., Garrabou, J., Giorgetti, A., Grehan, A., Hannachi, A., Mangialajo, L., Morato, T., Orfanidis, S., Papadopoulou, N., Ramirez-Llodra, E., Smith, C.J., Snelgrove, P., van de Koppel, J., van Tatenhove, J., Fraschetti, S., 2025. Assessing the success of marine ecosystem restoration using meta-analysis. *Nat Commun* 16, 3062. <https://doi.org/10.1038/s41467-025-57254-2>
- Diruit, W., Burel, T., Bajjouk, T., Le Bris, A., Richier, S., Terrin, S., Helias, M., Stiger-Pouvreau, V., Ar Gall, E., 2024. Comparison of supervised classifications to discriminate seaweed-dominated habitats through hyperspectral imaging data. *Journal of Applied Phycology* 36, 1047–1071. <https://doi.org/10.1007/s10811-024-03184-3>

- Diruit, W., Le Bris, A., Bajjouk, T., Richier, S., Helias, M., Burel, T., Lennon, M., Guyot, A., Ar Gall, E., 2022. Seaweed Habitats on the Shore: Characterization through Hyperspectral UAV Imagery and Field Sampling. *Remote Sensing* 14, 3124. <https://doi.org/10.3390/rs14133124>
- 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, 4096–4109. <https://doi.org/10.1111/gcb.15684>
- Frotté, L., Narayanan, S. 2025. LIFE Adapt'Island : stratégies de mitigation des impacts du changement climatique sur les herbiers marins de Guadeloupe, La Feuille marine 2025, Newsletter d'actualités 2021-2024 des herbiers d'outre-mer. Bulletin Ifreco n°5, mars 2025. p : 24-25.
- Frouin, P., Bigot, L, 2008. Herbiers des îles de l'ouest de l'océan Indien (HILOI) : Espaces-ressource de Biodiversité - Rapport de mission préparatoire, Ile de Mayotte, Novembre 2008
- Gaborit, P., Kerninon, F., Guppy, R., Duke, N., Campbell, D., 2025. Opportunities and Challenges in Restoration and Preservation of Marine and Coastal Ecosystems Highlighting Participation, Trust and Dialogue: The Case of Guadeloupe Island LIFE Project, in: Leal Filho, W., Salvia, A.L., Eustachio, J.P.P., Dinis, M.A.P. (Eds.), *Handbook of Sustainable Blue Economy*. Springer Nature Switzerland, Cham, pp. 1–38. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32671-4\\_56-1](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32671-4_56-1)
- Groupe de travail national (GTN) Herbiers Ifreco-DCE, 2017. Compte – rendu de l'atelier national « Herbiers » Ifreco-DCE. Séminaire Science-gestion, 6, 7 & 10 avril 2017, Schœlcher, Martinique. Rapport UBO, 26 p + annexes. <http://ifreco-doc.fr/items/show/1852>
- GT Ifreco Récifs coralliens Océan Indien, 2025. Compte-rendu du groupe de travail Récifs coralliens Océan Indien, 29 p + annexes.
- Groupe de travail régional (GTR) Herbiers Pacifique (Kerninon, F. & Payri, C. coord.), 2022. Compte – rendu de l'atelier régional « Herbiers » (Nouvelle-Calédonie et Wallis et Futuna), 25 avril 2022, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 24 p + annexes. <https://ifreco.fr/compte-rendu-de-latelier-regional-herbiers-pacifique-sud-2022/>
- Ifreco, 2021. Etat de santé des récifs coralliens, herbiers marins et mangroves des Outre-mer français. Bilan 2020, 335 p.
- Jacob, C., Pioch, S., Thorin, S., 2016. The effectiveness of the mitigation hierarchy in environmental impact studies on marine ecosystems: A case study in France. *Environmental Impact Assessment Review* 60, 83–98. <https://doi.org/10.1016/j.eiar.2016.04.001>
- Kerninon, F., Bernard, M., Grall, J., 2014. Rapport méthodologique des actions herbiers de zostères (actions B5 et C3) du programme LIFE+ : « Expérimentation pour une gestion durable et concertée de la pêche à pied récréative en France ». Protocole de suivi stationnel des herbiers de zostères naines et marines. Année d'échantillonnage des herbiers 2014, 17 p + annexes.
- Kerninon, F., 2020. Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de l'état de santé des herbiers d'outre-mer français et de leur environnement, dans un contexte de perturbations multiples. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale, 387 p + annexes. <https://tel.archivesouvertes.fr/tel-03336530/document>

- Kerninon, F., Payri, C., Le Loc'h, F., Alcoverro, T., Maréchal, J.-P., Julien, C., Gréaux, S., Mège, S., Anthanase, J., Cordonnier, S., Rouget, M.-L., Lorre, E., Uboldi, T., Monnier, O., Hellio, C. 2021. Selection of parameters for seagrass management: Towards the development of integrated indicators for French Antilles. *Marine Pollution Bulletin*. 170, 112646. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2021.112646>
- Kerninon, F., Payri, C., Ballorain, K., Monnier, O., Alcoverro, T., Hellio C., 2022a. Seagrass meadows under multiples natural and anthropogenic disturbances: the challenges of implementing integrated conservation and management public policies. Présentation poster. World seagrass conference 2022, Aug 2022, Annapolis, Maryland, USA, France. (hal-05143967)
- Kerninon, F., Vaslet, A., Batailler, C., Bissery, C., Chalifour, J., Gréaux, S., Mège, S., Tité, A., Hellio, C., 2022b. Threatened seagrass beds in the French Antilles (Caribbean Sea): feedback from 15 years of regional monitoring in the framework of adaptive management. World seagrass conference 2022, Aug 2022, Annapolis, Maryland, USA, France. (hal-05144701)
- Kerninon F., Bergonzoli E., 2022. Note de présentation des indicateurs candidats pour la surveillance DCE des herbiers aux Antilles. UBO-OFB, 11 p. (hal-04307867)
- Kerninon, F., Bissery, C. 2024. Note technique sur l'analyse des données et les réflexions menées en vue du calcul des prototypes des indicateurs herbiers candidats pour la surveillance DCE aux Antilles, 17 p + annexes.
- Laforge, A., Ballorain, K., Landes, A.-E., Bourjea, J., Ciccione, S., Jean, C., 2025. Tracking trends in foraging sea turtle aggregations at Reunion Island using aerial and photo-ID surveys (2008-2023). *Endangered Species Research* 56, 323–337. <https://doi.org/10.3354/esr01397>
- Léocadie, A., Pioch, S., Pinault, M. 2020. Guide d'Ingénierie Écologique : La réparation des récifs coralliens et des écosystèmes associés. Édition IFRECOR, 114 p.
- Levrel, H., Frascaria-Lacoste, N., Hay, J., Martin, G.J., Pioch, S., 2015. Restaurer la nature pour atténuer les impacts du développement : analyse des mesures compensatoires pour la biodiversité. Editions Quae, 227 p.
- LOI n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages.
- Maurel, L., Bocande, S., Duval, M., Gauthier, E., Huguet, A. 2016. Fiches Techniques BD Récif Mode d'emploi sous forme de fiches synthétiques permettant de faciliter l'utilisation de BD Récif de la saisie à l'administration des données, 22 p.
- Moutardier, G. 2025, Rapport mission Récifs Isolés 2 Antsiva – 2024, 17 p.
- Narayan, S., Beck, M.W., Reguero, B.G., Losada, I.J., Wesenbeeck, B. van, Pontee, N., Sanchirico, J.N., Ingram, J.C., Lange, G.-M., Burks-Copes, K.A., 2016. The Effectiveness, Costs and Coastal Protection Benefits of Natural and Nature-Based Defences. *PLOS ONE* 11, e0154735. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0154735>
- 'Nature-based solutions' is the latest green jargon that means more than you might think, 2017. *Nature* 541, 133–134. <https://doi.org/10.1038/541133b>

- Nicet, J.-B., Mouquet, P. 2019. Cartographie et évolution des herbiers à *Thalassodendron ciliatum* du Parc naturel marin des Glorieuses par traitement d'images aériennes et satellites - Phases 1, 2, 3. Projet BEST 2.0 COPRA. Rapport technique pour le compte de l'Agence française pour la biodiversité et du Centre d'Etude et de Découverte des Tortues Marines.
- Pinault, M., Wickel, J., Nicet, J.-B., Broudic, L. 2024a. Cartographie et l'évaluation de la dynamique spatiotemporelle des herbiers intertidaux de Mayotte selon la méthode SEARAM - Sites de N'Gouja, Mtsamboro et Passe en S - Juin 2024. Rapport MAREX pour le compte du PNMM, 76 p.
- Pinault, M., Nicet J.-B., Kerninon, F. 2024b. La méthode d'évaluation rapide SEARAM - SEAggrass bed Rapid Assessment Method - Approche opérationnelle. MAREX, MTECT, OFB, ENTROPIE, UBO-LEMAR, 67 p.
- Pioch, S., Jacob, C., & Ruysen, M. 2021. Sites naturels de compensation en mer: état de l'art et perspectives d'application contextualisées. Sciences Eaux & Territoires, 38(4), 48-55. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2022.1.07>
- Pioch, S. Jacob, C. & Bas, A. 2019. Aménagements maritimes et non-perte nette de biodiversité : comment sortir de l'absence de compensation des impacts négatifs ? Les dossiers d'Agropolis International n° 24 : Sciences marines et littorales en Occitanie, 24, Agropolis International, pp.69-69, 2019. (hal-04964483). <https://inria.hal.science/hal-04964483/>
- Pioch, S., Jacob, C., Ruysen, M., 2022. Sites naturels de compensation en mer : état de l'art et perspectives d'application contextualisées. Sciences Eaux & Territoires 48–55. <https://doi.org/10.14758/SET-REVUE.2022.1.07>
- Scholten, N., Duffaud, M.-H., Giannasi, P., 2020. Ebauche de relevés standardisés des herbiers intertidaux de Mayotte : premier bilan et perspectives pour un suivi diachronique et pour le développement d'un indicateur pérenne, PNMM/OFB, 33 p.
- Seddon, N., Turner, B., Berry, P., Chausson, A., Girardin, C.A.J., 2019. Grounding nature-based climate solutions in sound biodiversity science. Nature Clim Change 9, 84–87. <https://doi.org/10.1038/s41558-019-0405-0>
- 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, 3–20. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2007.06.012>
- UICN Comité français. 2021. 8 questions à se poser pour mettre en œuvre les Solutions fondées sur la Nature – un guide d'appropriation du Standard mondial de l'UICN. Paris, France.
- UNEP-Nairobi Convention/WIOMSA. 2020. Guidelines for Seagrass Ecosystem Restoration in the Western Indian Ocean Region. UNEP, Nairobi, 63 pp. A digital copy of this report is available at: <https://www.nairobiconvention.org/>; <https://www.wiomsa.org/>
- Roca, G., Alcoverro, T., Krause-Jensen, D., Balsby, T.J.S., van Katwijk, M.M., Marbà, N., Santos, R., Arthur, R., Mascaró, O., Fernández-Torquemada, Y., Pérez, M., Duarte, C.M., Romero, J., 2016. Response of seagrass indicators to shifts in environmental stressors: A global review and management synthesis. Ecological Indicators 63, 310–323. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2015.12.007>

- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T., Williams, S.L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106, 12377–12381. <https://doi.org/10.1073/pnas.0905620106>
- York, P.H., Carter, A.B., Chartrand, K., Sankey, T., Wells, L., Rasheed, M.A., 2015. Dynamics of a deep-water seagrass population on the Great Barrier Reef: annual occurrence and response to a major dredging program. *Sci Rep* 5, 13167. <https://doi.org/10.1038/srep13167>

## Atelier régional herbiers océan Indien 2025 – 8 avril 2025

- **Arrivée des participants - café de bienvenu (8h30 – 9h)**
- **Ouverture du Groupe de Travail océan Indien (9h)**
- **Ouverture de l'atelier Herbiers océan Indien (9h05 – 9h20)**
  - Objectifs et déroulé de l'atelier - Éléments de contexte globaux sur les herbiers et leur évolution temporelle – Fanny Kerninon (Ifreco, UBO) – 10 min
  - Tour de table – 5 min
- **Etat des lieux général, expression des besoins de gestion et attentes de l'atelier par territoire (9h20 – 10h)**
  - La Réunion : Florian Rognard (DEAL), Karoline Ruffie (OLE), Tévamie Rungassamy (RNMR) - 15 min
  - Mayotte : Julie Lietar (DEAL), Oriane Lepeigneul (PNMM) – 10 min
  - Iles Eparses : Clément Lelabousse (TAAF) – 5 min
- **Présentation des actions herbiers récentes, en cours et en perspectives dans l'océan Indien (10h – 12h30)**
  - **La Réunion (10h-10h35)**
    - Projet BioEOS – Suivi spatio-temporel des herbiers par imagerie satellite - Touria Bajjouk (Ifremer) en visioconférence – 10 min
    - Herbiers de La Réunion : dynamique et fonctionnement, « histoire d'un paysage en déclin » (Université de La Réunion) – 10 min

Discussion

*Pause (10h35 - 10h55)*

- **Mayotte (10h55 – 11h55)**
  - Plan d'actions herbiers intertidaux de Mayotte – Oriane Lepeigneul (PNMM) – 10 min
  - Suivi des herbiers profonds – Mathilde Facon (Créocéan OI) – 10 min
  - Travaux de R&D dans le cadre de l'action nationale « herbiers Ifreco-DCE » – Fanny Kerninon (Ifreco, UBO) – 10 min
  - Programme JUV MAY - Enjeux et évaluation des abondances des populations de tortues marines en alimentation - François-Elie Paute (Oulanga Na Nyamba) – 10 min

Discussion
- **Iles Eparses (11h55-12h15)**
  - Programme Récifs Isolés 2 / suivi des herbiers des îles Eparses – Clément Lelabousse & Grégoire Moutardier (TAAF) – 10 min

Discussion
- **Echelle régionale de l'océan Indien (12h15-12h30)**
  - Western Indian Ocean Seagrass Network (WIOSN) – Katia Ballorain (CEDTM) – 10 min

Discussion

\*\*\*\*\*

*Pause déjeuner (12h30-14h)*

*Photo de groupe (13h55)*

\*\*\*\*\*

➤ **Actualités (protocoles et suivis) à l'échelle des autres territoires ultramarins (14h-14h15)**

- Actualités régionales à l'échelle des Antilles françaises - Amandine Vaslet (Stegastes consulting) & Fanny Kerninon (Ifreco, UBO) – 10 min
- Actualités à l'échelle du Pacifique sud - Fanny Kerninon (Ifreco) – 5 min

➤ **Protocoles de suivi des herbiers (14h15-14h45)**

- Importance de suivis efficaces et synthèse des protocoles utilisés dans l'océan Indien - Fanny Kerninon (Ifreco, UBO) – 5 min

Discussion

➤ **Nouvelles méthodes d'évaluation spatialisées *in situ* (14h45-15h30)**

- La photogrammétrie sous-marine, une méthode utilisée pour le suivi temporel des herbiers - Mathilde Facon (Créocéan OI) - 10 min
- SEARAM - Seagrass bed Rapid Assessment Method : une méthode d'évaluation spatialisée de l'état écologique des herbiers aux multiples applications - Mathieu Pinault (Marex) - 10 min
- Nouvelles méthodes spatialisées *in situ* : projets IoT, Seatizen, Plancha, p-PUMPIT – Magali Duval (Ifremer) – 5 min

Discussion

*Pause (15h30 - 15h45)*

➤ **Bancarisation des données (15h45-16h15)**

- Bancarisation des données herbiers dans BD Récif - Magali Duval (Ifremer) & Laurence Maurel (KART'EAU) (en visioconférence) - 10 min

Discussion

➤ **Session/table ronde dans le cadre des thèmes nationaux de l'Ifreco MERCI-Cor & Réseau Herbiers : cadres et réflexions pour un renforcement de la gestion et préservation durable des herbiers tropicaux français de l'océan Indien (16h15-17h15)**

- Présentation et rappel du concept général des Solutions fondées sur la Nature (SfN) - Sylvain Pioch (Université Montpellier 3) - en visioconférence - 5 min
- Application des SfN aux herbiers - Fanny Kerninon (Ifreco, UBO) - 5 min
- Thème croisé avec MERCI-Cor : enjeux d'inventaire des sites à fort potentiel de gain écologique (par des actions de génie écologique ou la mise en place de certaines pratiques de gestion) soit pour la compensation, soit pour des plans de gestion (PGE) - Mathieu Pinault (Marex) - 10 min

Discussion

- Exemples sur les herbiers de l'océan Indien (La Réunion, Mayotte, îles Eparses)
- Intérêt, perspectives, challenges et leviers potentiels par territoire dans un cadre de gestion et de préservation d'herbiers en déclin

Discussion

➤ **Synthèse des avancées et perspectives (17h15-17h30)**

➤ **Clôture de la journée (17h30)**

**Annexe 2.** Diaporamas et liste des documents complémentaires aux présentations.

> Télécharger [ici](#) les diaporamas des présentations de l'atelier Herbiers océan Indien 2025

> Télécharger [ici](#) une liste de documents associés

### Annexe 3. Illustration des présentations et échanges.



