

Définition des modalités de suivi des herbiers marins de Nouvelle-Calédonie

🐡 Etude de préfiguration 🐡



Rédaction :
Sandrine Job
Ingénieur - Biologiste marin
(CORTEX SARL)
Avec la participation de :
Nicolas Guillemot
Docteur - Biostatisticien
(DEXEN SARL)

Relecture :
Camille Nguyen-Thi
(ANCB)

Projet piloté par l'ANCB,
avec le soutien financier
de l'IFRECOR, l'Etat,
l'Office français de la biodiversité
et l'initiative Récifs Résiliants.
Le projet s'inscrit dans le cadre
de la stratégie nationale
Biodiversité 2030 de
France Nation Verte

Novembre 2025



SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
LISTE DES FIGURES	3
LISTE DES TABLEAUX	3
1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE	4
2. METHODOLOGIE	5
2.1 APPROCHE GENERALE	5
2.2 CONSULTATION DU GROUPE TECHNIQUE « HERBIERS »	5
2.3 REVUE BIBLIOGRAPHIQUE	6
2.4 CONSULTATION D'EXPERTS	6
3. SYNTHÈSE DES ATTENTES ET BESOINS DES PARTIES PRENANTES	7
3.1 ENJEUX ET FINALITES DU SUIVI	7
3.2 FINANCEMENT DU SUIVI	9
3.3 TYPE DE SUIVI SOUHAITE	10
3.4 ANALYSES DES DONNEES DU SUIVI	10
3.5 CRITERES DE SELECTION DES STATIONS DE SUIVI	12
3.6 FREQUENCE ET FORMAT DU RAPPORTAGE	15
3.7 BANCARISATION ET DIFFUSION DES DONNEES	15
4. PROPOSITION D'UN SCENARIO DE SUIVI DE LA SANTE GENERALE DES HERBIERS DE NOUVELLE-CALEDONIE	17
4.1 HARMONISATION DES PROTOCOLES DE SUIVI	17
4.2 UN SUIVI PARTICIPATIF ENCADRE	17
4.3 CARTOGRAPHIE DES HERBIERS	18
4.4 SUIVI STATIONNEL	21
4.4.1 PROTOCOLE DE SUIVI	21
4.4.2 PARAMETRES A SUIVRE	22
4.4.2.1 Généralités	22
4.4.2.2 Proposition d'une liste de paramètres à suivre	25
4.5 FREQUENCE DES SUIVIS	28
4.6 BANCARISATION DES DONNEES	28
4.7 MATRICE FFOM	30
4.8 SELECTION DES SITES	32
4.9 ANALYSES STATISTIQUES DES DONNEES DE SUIVI	44
4.9.1 PRINCIPES GENERAUX	44
4.9.2 STRUCTURATION DE L'ECHANTILLONNAGE ET POTENTIALITES ANALYTIQUES	44
4.9.3 TYPES D'ANALYSES SELON LE CONTEXTE	44
5. ESTIMATION FINANCIERE DES COUTS DE MISE EN ŒUVRE DU SUIVI DES HERBIERS DE NOUVELLE-CALEDONIE	45
5.1 EVALUATION SOMMAIRE DES COUTS DE MISE EN ŒUVRE EN FONCTION DE DIFFERENTS SCENARII DE SUIVI	45
5.2 EVALUATION DES COUTS DE MISE EN ŒUVRE DES SUIVIS SUR LES ZONES SELECTIONNEES ET SELON UN SCENARIO DE TYPE « PARTICIPATIF ENCADRE »	49
ANNEXE 1	50
ANNEXE 2	52
ANNEXE 3	53
ANNEXE 4	59

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Les principaux enjeux du suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie pour les membres du GT Herbiers.	7
Figure 2 : La source de financement du suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie pour les membres du GT Herbiers.	9
Figure 3 : Types de suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie souhaités par les membres du GT Herbiers.	10
Figure 4 : À qui confier les analyses des résultats des suivis ? Avis des membres du GT Herbiers.	10
Figure 5 : Les critères de sélection des zones d'herbiers à suivre selon les membres du GT Herbiers.	12
Figure 6 : Le niveau de rapportage idéal selon les membres du GT Herbiers.	15
Figure 7 : Où bancariser les données des suivis ? Avis des membres du GT Herbiers.	15
Figure 8 : Les cinq modèles spatiaux proposés par Seagrass-Watch [1 ; 2].	21
Figure 9 : Modèle de suivi adaptatif (tiré de Roca et al., 2016, dans [45]).	22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Liste du GT Herbiers de l'ANCB. En italique, les non-répondants à l'enquête.	5
Tableau 2 : Liste des experts contactés lors de la phase exploratoire de l'étude.	6
Tableau 3 : Tableau comparatif des trois principales méthodes de cartographie des herbiers marins.	18
Tableau 4 : Classification et exemples de paramètres mesurés sur les herbiers [45].	23
Tableau 5 : Liste des paramètres morphologiques et structuraux les plus communément relevés dans les programmes de suivi des herbiers.	24
Tableau 6 : Liste des paramètres morphologiques et structuraux proposés pour le suivi stationnel des herbiers de Nouvelle-Calédonie.	25
Tableau 7 : Exemples d'indices de recouvrement en phanérogames marines.	26
Tableau 8 : Indices de fragmentation de l'herbier [63].	26
Tableau 9 : Exemples d'indices de recouvrement en macroalgues.	27
Tableau 10 : Catégories de substrats prédéfinies adaptées au suivi des herbiers [63].	27
Tableau 11 : Indices du niveau de bioturbation [53].	27
Tableau 12 : Indices de vitalité des feuilles [27].	27
Tableau 13 : Indices de déchaussement des rhizomes [63].	28
Tableau 14 : Synthèse des méthodes et des paramètres à relever sur le terrain pour la caractérisation initiale et le suivi à long terme de la santé générale des herbiers de Nouvelle-Calédonie.	29
Tableau 15 : Matrice FFOM sur le protocole proposé de suivi à long terme de la santé générale des herbiers de Nouvelle-Calédonie.	30
Tableau 16 : Zones proposées pour la mise en place d'un suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie. Les sites en rouge marqués d'un astérisque sont jugés prioritaires.	34
Tableau 17 : Estimation sommaire des coûts de cartographie pour un site, selon le mode de réalisation des opérations de terrain.	45
Tableau 18 : Estimation des coûts du suivi stationnel pour un site, pour l'année 1, selon le mode de réalisation des opérations de terrain.	46
Tableau 19 : Estimation des coûts du suivi stationnel pour un site, pour les années ultérieures, avec encadrement scientifique, selon le mode de réalisation des opérations de terrain.	47
Tableau 20 : Estimation des coûts du suivi stationnel pour un site, pour les années ultérieures, sans encadrement scientifique, selon le mode de réalisation des opérations de terrain.	47
Tableau 21 : Synthèse des coûts de la cartographie et du suivi stationnel, selon les années et le mode de réalisation des opérations de terrain, avec les moyens humains professionnels mobilisés.	48
Tableau 22 : Synthèse des coûts de mise en œuvre du suivi des herbiers marins sur les sites sélectionnés selon un mode « participatif encadré » et selon les années.	49

1. INTRODUCTION ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

L'Agence néo-calédonienne de la biodiversité (ANCB) a initié une étude visant à définir les modalités d'un suivi de l'état de santé des herbiers marins en Nouvelle-Calédonie. Ce projet répond à la nécessité de combler le manque de données sur ces écosystèmes essentiels, notamment pour la préservation des espèces emblématiques comme les dugongs et les tortues marines.

L'étude s'inscrit dans la continuité des discussions menées lors du premier atelier régional sur les herbiers marins du Pacifique (Nouvelle-Calédonie et Wallis-et-Futuna), qui s'est tenu à Nouméa en avril 2022 [44], et du programme national d'actions de protection et de gestion durable des herbiers ultramarins porté par l'Initiative française pour les récifs coralliens ([IFRECOR](#)). Lancé en 2011, ce programme vise à harmoniser les protocoles de suivi et à structurer un réseau d'observation à l'échelle des territoires d'outre-mer.

L'objectif de cette étude est de proposer :

- Un plan d'échantillonnage permettant un suivi pertinent et représentatif des herbiers marins à l'échelle du territoire.
- Un protocole simple et efficace de suivi de leur état de santé.
- Une estimation des coûts de mise en œuvre, en comparant les options d'un suivi réalisé par des prestataires spécialisés et d'un suivi participatif impliquant la société civile.

Pour ce faire, elle a été menée en trois phases :

- Une phase exploratoire, destinée à recenser les données existantes sur le suivi des herbiers, à consulter des experts et à recueillir les attentes des gestionnaires et des parties prenantes.
- Une phase de proposition, visant à élaborer un ou plusieurs scénarios de suivi adaptés au contexte néo-calédonien en s'appuyant sur les protocoles existants, les retours d'expérience et les besoins identifiés.
- Une phase d'analyse des coûts sur la base des zones prioritaires de suivi choisies par les gestionnaires.

Ce projet est piloté par l'ANCB avec le soutien financier de l'IFRECOR, de l'État, de l'Office français de la biodiversité et l'initiative Récifs Résilients. Il s'inscrit pleinement dans la Stratégie nationale biodiversité 2030 et les ambitions de gestion durable des écosystèmes marins en Nouvelle-Calédonie.

2. METHODOLOGIE

2.1 Approche générale

La définition des modalités d'un suivi des herbiers marins en Nouvelle-Calédonie repose sur une démarche en plusieurs étapes visant à garantir un protocole pertinent, réaliste et adapté aux enjeux locaux. La méthodologie adoptée combine une analyse documentaire approfondie, une consultation des acteurs impliqués et des échanges avec des experts nationaux et internationaux.

L'objectif de cette phase exploratoire était d'identifier les besoins, les contraintes et les meilleures pratiques pour structurer un suivi efficace, en s'appuyant sur trois axes principaux :

- **La consultation du groupe technique « Herbiers »** (ci-après dénommé GT Herbiers) réunissant les gestionnaires et acteurs locaux, pour définir les attentes et priorités du suivi.
- **Une revue bibliographique**, afin d'analyser les méthodologies existantes et d'évaluer leur applicabilité en Nouvelle-Calédonie.
- **La consultation d'experts**, pour recueillir des retours d'expérience et affiner les recommandations.

2.2 Consultation du groupe technique « Herbiers »

L'ANCB a mobilisé un groupe technique dédié, composé de représentants des institutions publiques, des organismes scientifiques, des associations et des acteurs du secteur privé (**Tableau 1**). Ce GT a été sollicité à plusieurs étapes :

- Lors du lancement du projet, le 09 septembre 2024, pour définir les orientations générales.
- Via un questionnaire visant à recueillir les attentes et contraintes liées au suivi des herbiers (Annexe 1).
- À travers des entretiens bilatéraux approfondis, menés du 30 septembre au 15 novembre 2024, pour compléter les réponses et identifier les zones d'intérêt prioritaires.
- Par une relecture critique des documents préparatoires et du scénario de suivi proposé.

Les réponses obtenues ont permis de préciser les attentes des gestionnaires, notamment sur les enjeux prioritaires, la faisabilité d'un suivi participatif, le choix des stations d'observation et l'organisation des données.

Tableau 1 : Liste du GT Herbiers de l'ANCB. En italique, les non-répondants à l'enquête.

Prénom et Nom	Organisme d'appartenance
Glwadys Bako	Direction de l'Environnement - Province des îles Loyauté
Claire Gueunier, Jérôme Villemain, Laurence Bachet, Emilie Bierque, Tyffen Read, Sophie Raillard, Emmanuel Coutures	Direction du Développement Durable des Territoires – Province Sud
Sophie Katrawi, Josina Tiavouane, Ambre Diazabakana	Service des Milieux et Ressources Aquatiques – Province Nord
Christine Fort	Direction de l'Agriculture, de la Forêt et de l'Environnement - Etat
François Le Borgne	Service du Parc Naturel de la Mer de Corail et de la Pêche - Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie
Agnès Carlier, Julie Pezin, Hortense Lecercle	Office Français de la Biodiversité
Claude Payri, Mohsen Kayal, Solène Derville	Institut de Recherche pour le Développement
Adrien Bertaud	Observatoire de l'Environnement en Nouvelle-Calédonie
Sébastien Sarramégna	Société Le Nickel
Auguste Omniwack	Association de Sauvegarde de la Biodiversité d'Ouvéa
Sabrina Virly	Conservation International
Carole Bernard	Centre d'Initiation à l'Environnement

Prénom et Nom	Organisme d'appartenance
Marc Oremus, Hugo Bourgogne	WWF
Olivier Chateau	Aquarium des Lagons
Médéric Suon	CNRT Nickel & Environnement
Laurent Wantiez	Université de la Nouvelle-Calédonie
Pascal Coupey	Délégué Territorial à la Recherche et à la Technologie - Etat

2.3 Revue bibliographique

Une documentation abondante existe sur les herbiers marins et leur surveillance. Pour répondre aux objectifs du projet, l'analyse bibliographique s'est focalisée sur des documents pertinents, traitant notamment de la science participative appliquée aux suivis marins, des suivis opérationnels des herbiers tropicaux et des initiatives menées en Nouvelle-Calédonie. Les publications postérieures à 2014 ont été privilégiées, à l'exception de quelques références incontournables plus anciennes et de projets d'envergure en Méditerranée.

Au total, près de 70 documents ont été consultés, incluant des manuels de suivi, des publications scientifiques, des rapports techniques, des présentations PowerPoint et des comptes rendus d'ateliers ou de réunions.

2.4 Consultation d'experts

Une quinzaine d'experts ont été sollicités pour partager leur expérience sur la mise en œuvre de suivis des herbiers (Tableau 2). Un questionnaire a été envoyé (Annexe 2) puis discuté par mail, visio-conférence ou téléphone. Les recommandations issues de cette consultation ont été intégrées à la proposition de protocole.

Tableau 2 : Liste des experts contactés lors de la phase exploratoire de l'étude.

Prénom et Nom	Poste	Organisme d'appartenance
Michael Rasheed	Co-directeur et chargé de recherche	Centre for Tropical Water and Aquatic Ecosystem Research (TropWATER), James Cook University
Samantha Tol	Chargée de recherche	
Oriane Lepeigneul	Chargée de mission	Office Français de la Biodiversité, Parc naturel marin de Mayotte
Fanny Kerninon	Chargée de la coordination du réseau herbiers national IFRECOR	Université de Bretagne Occidentale, laboratoire LEMAR
Lilita Vong	Chargée de projet	Association Planète Mer
Patrick Astruch	Ingénieur de recherche	GIS Posidonie
Laurent Bloc'h	Chef de projet, gérant	Bureau d'études SEACOAST
Sébastien Lagarde	Responsable exploitation	Bureau d'études INSIGHT
Tom Heintz	Chargé de projet	Bureau d'études SOPRONER
Carla Di Santo	Responsable plongée scientifique	Bureau d'études Septentrion Environnement
Gwenaëlle Delaruelle	Cheffe de projet	Bureau d'études Andromède Océanologie
Nina Grillon	Chargée de projet	Bureau d'études CREOCEAN
Catherine Desrosiers	Cheffe de projet	Bureau d'études Impact Mer
Mathieu Pinault	Chef de projet	GIE MAREX
Johanna Johanson	Responsable scientifique	C2O Pacific

3. SYNTHÈSE DES ATTENTES ET BESOINS DES PARTIES PRENANTES

La consultation du GT Herbiers a permis d'identifier les attentes majeures concernant la mise en place d'un suivi des herbiers en Nouvelle-Calédonie. Cette synthèse regroupe les principales préoccupations exprimées, ainsi que les recommandations issues des échanges.

3.1 Enjeux et finalités du suivi

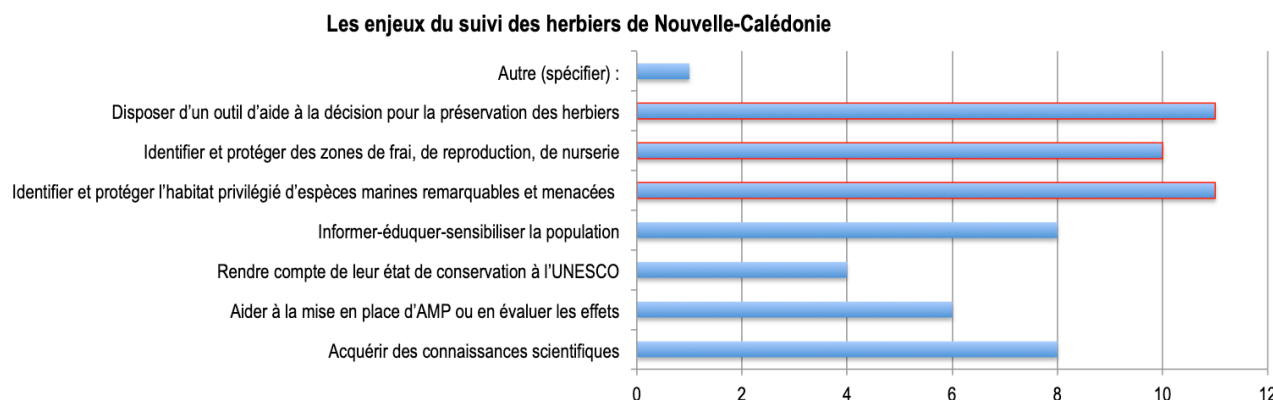


Figure 1 : Les principaux enjeux du suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie pour les membres du GT Herbiers.

Les parties prenantes ont unanimement souligné l'importance d'initier un suivi des herbiers pour la conservation de cet écosystème essentiel, en lien avec plusieurs enjeux, classés en trois niveaux de priorité :

Priorité n°1 :

Connaître et préserver les habitats des espèces emblématiques : les herbiers constituent une ressource alimentaire clé pour les dugongs et les tortues vertes. Ce suivi doit permettre d'acquérir des connaissances sur la santé des herbiers particulièrement fréquentés par ces espèces et d'évaluer leur évolution à long terme. Plusieurs membres du GT Herbiers ont souligné l'importance de créer du lien entre le suivi des herbiers marins et les plans d'actions Dugong (PAD) et Tortues Marines (PAT).

Concernant les dugongs, bien que la dégradation des herbiers ne soit pas considérée comme la menace prioritaire pour cette espèce en Nouvelle-Calédonie, elle contribue néanmoins à l'érosion de cette population déjà extrêmement fragile. Il est donc important de collecter des données sur l'état des herbiers situés dans les zones d'abondance des dugongs. Ces informations pourront alimenter les objectifs du PAD 2016-2021, notamment le Thème 1, qui vise à améliorer la connaissance des menaces pesant sur l'espèce, et le Thème 4, qui encourage l'information, la sensibilisation et la mobilisation du public à travers des initiatives participatives [21].

Concernant les tortues marines, le PAT 2018-2023 a identifié la connaissance de la santé des herbiers marins comme un enjeu majeur pour la conservation de l'espèce en Nouvelle-Calédonie [23]. Ce suivi doit ainsi contribuer à l'acquisition de données sur les herbiers particulièrement fréquentés par les tortues vertes, notamment dans leurs zones d'alimentation. Il s'inscrit également dans une logique de sensibilisation et d'implication du public, *via* le développement d'un suivi participatif.

Disposer d'un outil d'aide à la décision : comme déjà exprimé lors de l'atelier régional « Herbiers » de 2022 [44], les gestionnaires ont indiqué un besoin de disposer d'un outil de surveillance opérationnel leur permettant d'améliorer la gestion de cet écosystème. Ce suivi devra donc intégrer des paramètres de vitalité des herbiers et des indicateurs d'impact permettant d'identifier les pressions qui s'y exercent.

Il est également souligné que les données acquises devront être exploitées à l'échelle du territoire pour assurer une gestion efficace. L'intégration des résultats aux stratégies de gestion environnementale et leur prise en compte dans les décisions de conservation seront essentielles pour garantir la pertinence du suivi.

Priorité n°2 :

Connaître et préserver les zones fonctionnelles et vulnérables : le suivi des zones d'herbiers servant de nurseries ou de frayères est jugé prioritaire. De même, le suivi des herbiers soumis à des pressions anthropiques (urbanisation, sédimentation, ancrage) est essentiel pour mieux comprendre l'impact des activités humaines.

Priorité n°3 :

Renforcer les connaissances scientifiques : l'état de santé et la dynamique des herbiers en Nouvelle-Calédonie sont encore peu documentés. Un suivi à long terme permettra de combler ce manque et de mieux comprendre leur évolution.

Sensibiliser et impliquer le public : la majorité des acteurs ont insisté sur l'intérêt d'un suivi participatif favorisant l'éducation et l'implication des populations locales, adultes comme enfants.

Avis complémentaires des parties prenantes

Le consortium des agents de la DDDT de la province Sud

« L'acquisition de données pour renseigner la séquence ERC des études d'impact est recherchée. »

Glwadys Bako, chargée de projet à la Direction de l'Environnement de la province des îles Loyauté

« En province des îles Loyauté, le premier enjeu de ce suivi est l'acquisition de connaissances scientifiques. En effet, nous savons qu'il existe quelques zones d'herbiers sur les trois îles mais n'avons que très peu de connaissances sur leur composition et état de santé actuels. »

Sophie Katrawi, chargée de projet au Service des Milieux et Ressources Aquatiques de la province Nord

« La priorité de ce suivi doit être de rendre compte de l'état de conservation des herbiers aux collectivités. Les résultats des quelques suivis menés jusqu'à présent ne sont pas suffisamment accessibles aux gestionnaires. De plus, il est important que ce suivi soit mené et capitalisé à l'échelle Pays (outil commun de gestion). »

Christine Fort, chargée de mission Environnement à la DAFE

« Les herbiers marins forment un écosystème d'intérêt majeur, sur lesquels, pour autant on manque d'informations, particulièrement en Nouvelle-Calédonie. »

Agnès Carlier, déléguée territoriale de l'OFB en Nouvelle-Calédonie et à Wallis-et-Futuna

« Il sera essentiel que le suivi des herbiers soit en lien avec les plans d'actions dugongs et tortues. Il serait souhaitable que ce suivi puisse aussi contribuer à la mise en place d'AMP et serve d'outil de gestion. L'atteinte de ces objectifs dépendra du niveau de qualité des données collectées sur le terrain. »

Marc Oremus, directeur du WWF Nouvelle-Calédonie

« Une priorité du bureau WWF NC est la sauvegarde des tortues et des dugongs. À ce titre, le WWF NC soutient toute action visant à acquérir des connaissances, à suivre la santé des habitats essentiels à ces espèces et à collecter des informations qui alimentent le plaidoyer en faveur de leur préservation. Les connaissances qui seront acquises au travers de ce suivi seront bénéfiques à la sauvegarde des tortues et dugongs et devront alimenter les plans d'actions dugongs et tortues. Pour l'instant, on sait qu'il y a un lien entre la qualité des herbiers et l'abondance des dugongs mais on ne le comprend pas de manière fine. »

Adrien Bertaud, chargé de projets à l'Observatoire de l'Environnement (OEIL)

« Le suivi doit inclure des activités consacrées à l'amélioration des connaissances sur le fonctionnement des herbiers et contribuer à l'amélioration des méthodes de surveillance (stratégie, outils, protocoles, métriques...). »

Claude Payri, directrice de recherche à l'IRD de Nouméa, spécialisée sur l'étude des macrophytes

« Les enjeux doivent être priorisés par les gestionnaires. Pour ma part, la priorité est de disposer d'un outil utile à la gestion. D'un point de vue scientifique, afin de mieux comprendre la variabilité des herbiers, il serait nécessaire de réaliser des analyses génétiques pour étudier le flux génique entre les herbiers. Une question d'importance est de savoir quel est l'impact de la fragmentation sur le maintien des populations. Pour ce faire, il faudra prélever des plants, ce qui pourrait être fait par les équipes en charge des suivis, mais uniquement si on a la garantie qu'ils seront analysés dans le cadre d'un programme scientifique financé. »

Solène Derville, chargée de recherche à l'IRD de Nouméa, spécialisée sur l'étude des dugongs

« Du point de vue de la sauvegarde des dugongs, la priorité est d'acquérir des connaissances sur la localisation et la santé des herbiers qu'ils fréquentent. Idéalement, le suivi des herbiers pourrait détecter l'évolution des herbiers, à mettre en lien avec l'évolution de la population de dugongs. Une question d'importance majeure se pose et à laquelle il nous faut répondre : les dugongs sont-ils sous-alimentés car certains herbiers disparaissent ou régressent ?

Les données issues de la cartographie des herbiers réalisée en 2010 sont précises mais mériteraient peut-être d'être actualisées. De plus les herbiers profonds n'ont pas été cartographiés, or ils sont importants pour les dugongs. Les données de survol et de télémétrie satellitaire (tracking) montrent que les dugongs fréquentent des zones de lagon profond où les herbiers ne sont pas cartographiés, comme par exemple entre Maître et Sèche Croissant et au large de Poum. Il sera essentiel que les données issues du suivi des herbiers alimentent les plans d'actions dugongs et tortues. »

3.2 Financement du suivi

Qui devrait financer le suivi des herbiers?

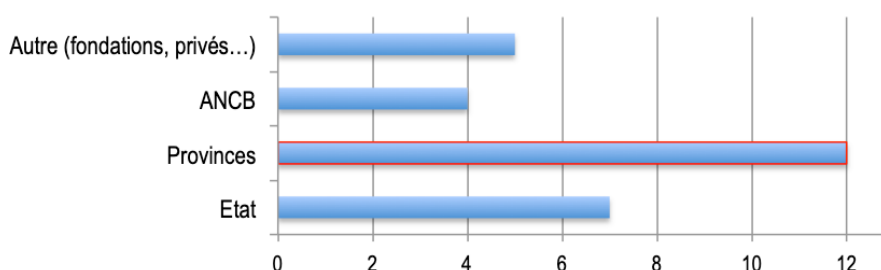


Figure 2 : La source de financement du suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie pour les membres du GT Herbiers.

Les parties prenantes s'accordent sur le fait que le financement du suivi des herbiers devrait être principalement assuré par les **provinces**, compétentes en matière de surveillance et de préservation du milieu marin.

L'**État** a également été identifié comme un potentiel contributeur, notamment à travers l'**IFRECOR**, dont l'un des axes prioritaires depuis 2011 est la mise en place de réseaux d'observation des herbiers dans les territoires d'outre-mer.

L'**Agence néo-calédonienne de la biodiversité (ANCB)** a été citée comme un autre acteur clé du financement. Bien qu'elle ne dispose pas de fonds propres, elle peut mobiliser des financements *via* les provinces et des appels à projets.

D'autres bailleurs potentiels ont été évoqués :

- L'**Office Français de la Biodiversité (OFB)**, en soutien technique et financier, notamment pour la phase pilote du projet.
- Des **financements privés**, notamment des entreprises engagées dans des démarches environnementales comme la SLN, si tant est que le suivi est mené dans l'emprise géographique des exploitations de la SLN et si ce financement ne se rajoute pas à l'existant mais est intégré en totalité dans l'ensemble des actions au titre des mesures compensatoires de l'exploitant minier (Sébastien SarraMégnA, comm. pers.).
- Les **fondations** et **ONG**, qui pourraient apporter un co-financement ciblé sur certains volets du suivi.

Sabrina Virly suggère la mise en place d'une taxe environnementale, inspirée du modèle australien de l'Environmental Management Charge (**EMC**), qui finance la gestion environnementale de la Grande Barrière de Corail.

3.3 Type de suivi souhaité

Quel type de suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie?

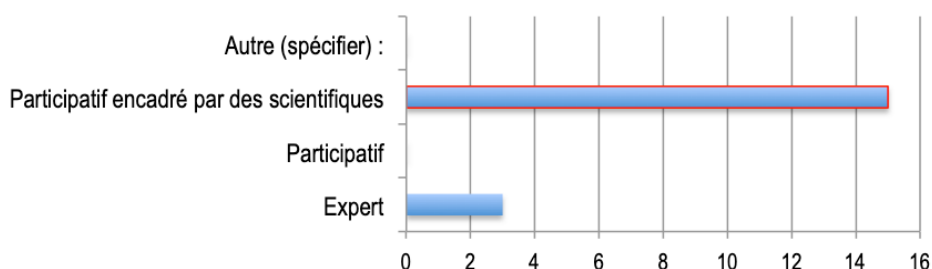


Figure 3 : Types de suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie souhaités par les membres du GT Herbiers.

Les parties prenantes s'accordent sur la mise en place d'un **suivi participatif encadré**. Ce type de suivi permet de mobiliser un large réseau d'observateurs tout en garantissant la qualité des données collectées grâce à une formation et un encadrement scientifique [7 ; 8 ; 10 ; 13 ; 25 ; 27 ; 34 ; 35 ; 44 ; 52 ; 54 ; 58 ; 62].

Ce suivi devra néanmoins répondre à plusieurs exigences :

- Assurer une collecte de **données fiables et scientifiquement exploitables** pour servir les intérêts des gestionnaires (consortium des agents de la DDDT de la province Sud, comm. pers.).
- Former et encadrer les observateurs, tout en favorisant leur **autonomie** à long terme (Glwadys Bako et Auguste Omniwack, comm. pers.).

Certaines parties prenantes soulignent l'intérêt de **combiner un suivi participatif et un suivi mené par des experts**.

Solène Derville recommande d'associer le suivi participatif à des techniques d'acquisition de données autonomes, telles que les ROV (Remotely Operated Vehicles), afin de couvrir de grandes distances et d'expertiser les herbiers profonds, inaccessibles aux observateurs de terrain.

Marc Oremus évoque l'usage complémentaire de drones sous-marins couplés à l'intelligence artificielle pour automatiser l'analyse des images, ainsi que de la photogrammétrie pour obtenir des données précises sur la structure et la dynamique des herbiers. Selon ce dernier, ces technologies, actuellement en phase de test dans le cadre d'une collaboration SOPRONER-Islands Robotics-WWF [56 ; 60], pourraient s'intégrer au suivi participatif, notamment *via* l'acquisition d'images par les observateurs, renforçant ainsi l'interaction entre innovation et implication humaine locale.

3.4 Analyses des données du suivi

À qui confier les analyses des résultats des suivis?

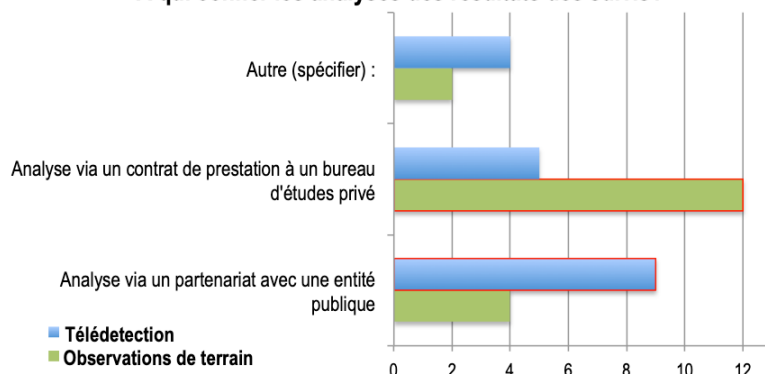


Figure 4 : À qui confier les analyses des résultats des suivis ? Avis des membres du GT Herbiers.

Les membres du GT Herbiers s'accordent quasi-unaniment sur la **nécessité de confier l'analyse des données à un bureau d'études privé**, afin de garantir une restitution rapide des résultats et une exploitation efficace des données collectées sur le terrain.

Une majorité estime toutefois que **l'analyse spectrale des surfaces d'herbiers pourrait être réalisée en collaboration avec un institut de recherche**. Bien que le développement des outils d'analyse par ces institutions soit généralement accepté, plusieurs préoccupations ont été soulevées :

- Délais de restitution des résultats, qui doivent rester compatibles avec les besoins des gestionnaires.
- Propriété des données, qui ne doit pas être restreinte à un usage scientifique.
- Orientation des analyses, qui doivent conserver un objectif de gestion et non s'éloigner vers des problématiques de recherche fondamentale.

Avis complémentaires des parties prenantes

Sophie Katrawi, chargée de projet au Service des Milieux et Ressources Aquatiques de la province Nord

« Le développement des outils d'analyse cartographique pourrait être réalisé par un institut de recherche (conventions-cadre en cours), puis transféré à la DSI (Direction des Systèmes d'Information) de la province Nord. De même, pour les analyses des observations de terrain, un outil d'évaluation de la santé des herbiers pourrait être développé pendant la phase pilote du projet puis transféré au SMRA de la province Nord pour assurer la continuité des analyses en interne. »

Agnès Carlier, déléguée territoriale de l'OFB en Nouvelle-Calédonie et à Wallis-et-Futuna

« Si un partenariat avec un institut de recherche est acté, attention à ne pas dévier de la problématique de gestion associé à ce projet, qui n'est nullement une problématique de recherche fondamentale. »

François Le Borgne, responsable scientifique du Service du Parc Marin de la Mer de Corail

« Si un outil d'analyse des données spectrales est opérationnel dans le milieu privé, il est préférable de faire appel à une entité privée via un contrat de prestation. Si l'outil reste à développer, une collaboration avec un institut de recherche est préférable. »

Marc Oremus, directeur du WWF Nouvelle-Calédonie

« Que ce soit pour l'analyse de données spectrales ou d'observations de terrain, il est préférable de faire appel à un bureau d'études car les résultats sont plus rapidement restitués, le travail est plus efficace et la question de la propriété des données ne se pose pas. »

Sabrina Virly, ex-directrice des programmes marins à Conservation International

« Il faut que les données soient facilement accessibles à tous, de ce fait il est préférable que les analyses des données soient réalisées par des bureaux d'études ».

Adrien Bertaud, chargé de projets à l'Observatoire de l'Environnement (OEIL)

« Il faut l'appui des instituts de recherche pour développer les chaînes de traitement d'images permettant de produire des indicateurs de suivi pertinents, et l'exploitation en routine de cet outil devrait être effectuée par un observatoire de l'environnement à l'échelle du Pays. De manière trop répétée, des projets de recherche sont financés pour développer des outils dont le transfert n'est pas assuré ni leur exploitation opérationnelle (par exemple : le modèle de circulation hydrodynamique dans les lagons de Nouvelle-Calédonie, le suivi des concentrations en Chlorophylle a via MODIS dans les lagons de Nouvelle-Calédonie, le document d'aide à la sélection des méthodes de cartographie, de caractérisation et de suivi des herbiers marins). Pour les données de terrain, peu importe qui en fait l'analyse, si tant est que les compétences adéquates sont mises en œuvre, en revanche cela ne doit concéder aucune exclusivité en matière d'exploitation des données (brutes ou traitées). Celles-ci doivent rester publiques et accessibles à tous. »

Mohsen Kayal, chargé de recherche à l'IRD de Nouméa, spécialisé en écologie des récifs coralliens

« Concernant l'analyse spectrale, un partenariat avec l'IRD serait à envisager pour développer un outil standardisé de cartographie des herbiers grâce aux images satellites. Il serait utile de se rapprocher de l'UMR ESPACE-Dev (Marc Despinoy) si cette solution est envisagée. »

Sébastien Sarramégna, chef du Département Environnement de la SLN

« Que ce soit pour les analyses des données spectrales ou de terrain, il est préférable qu'elles soient réalisées par des bureaux d'études privés car l'accès aux résultats est plus rapide et plus efficace. »

Carole Bernard, directrice du Centre d'Initiation à l'Environnement

« Si on veut que ces données soient utiles à la gestion et à tous (associations environnementales, grand public, établissements scolaires...), il faut qu'elles soient accessibles, facilement et gratuitement. Passer contrat avec des bureaux d'études privés permet une restitution des résultats plus rapide et évite la problématique de la propriété des résultats. »

3.5 Critères de sélection des stations de suivi

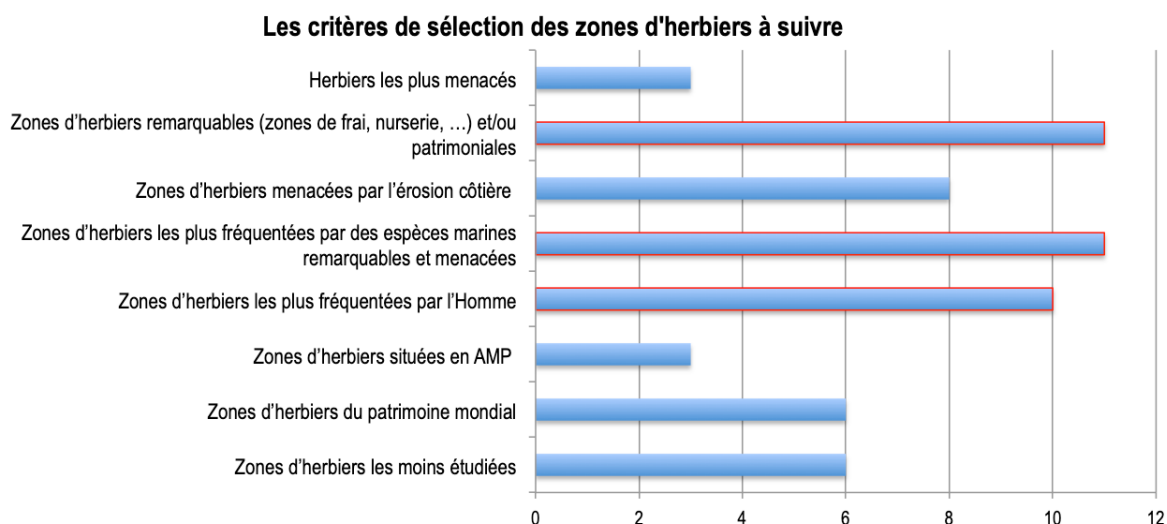


Figure 5 : Les critères de sélection des zones d'herbiers à suivre selon les membres du GT Herbiers.

Les membres du GT Herbiers ont mis l'accent sur trois principaux critères pour guider la localisation des sites d'herbier à suivre :

Priorité n°1 :

Présence d'espèces emblématiques : les herbiers les plus fréquentés par les dugongs et les tortues seront privilégiés.

Zones fonctionnelles écologiquement importantes : les herbiers servant de nurseries ou de frayères devront être prioritairement intégrés au réseau de suivi.

Priorité n°2 :

Zones soumises à des pressions anthropiques : le suivi des herbiers soumis aux pressions humaines permet d'identifier les impacts directs ou indirects des activités anthropiques sur leur état de santé. Il contribue également à évaluer l'efficacité des mesures de gestion mises en place pour limiter ces dégradations. Les herbiers les plus exposés sont souvent les plus vulnérables. Leur suivi est essentiel pour détecter d'éventuels seuils de basculement, tels que leur disparition ou transformation sous l'effet des perturbations. En tant que bio-indicateurs de la qualité de l'eau, les herbiers situés en zones anthropisées fournissent des signaux précoces de dégradation environnementale, notamment en cas

de modification des paramètres physicochimiques de l'eau. Leur surveillance permet ainsi de mieux comprendre l'évolution des écosystèmes côtiers face aux pressions humaines [16 ; 17 ; 26 ; 30 ; 32 ; 33 ; 39 ; 40 ; 41 ; 46 ; 47 ; 48 ; 50].

La majorité des répondants ont souligné l'importance d'intégrer des **stations témoins** non impactées par les activités humaines dans le plan d'échantillonnage. Cette approche permet de distinguer l'évolution naturelle des herbiers de celle induite par les pressions anthropiques, offrant ainsi une évaluation plus précise des impacts liés aux activités humaines [16 ; 17 ; 25 ; 30 ; 39 ; 47 ; 53].

Un autre point fréquemment mentionné, bien qu'absent des choix proposés dans le questionnaire, concerne la localisation des stations d'observation dans des zones où des **données historiques** existent. Cette recommandation est particulièrement pertinente, car hormis le suivi des herbiers de Koutio-Kouéta à Nouméa [17], à l'heure actuelle aucun programme de suivi ne se poursuit sur le territoire. Choisir ces zones permettrait de prolonger la série temporelle de données et d'assurer une continuité dans l'évaluation de la dynamique des herbiers de Nouvelle-Calédonie.

Avis complémentaires des parties prenantes

Le consortium des agents de la DDDT de la province Sud

« Dans la mise en place du plan d'échantillonnage, il sera nécessaire de suivre des zones impactées par les activités humaines et d'autres témoins, non impactées. En priorité il faudrait inclure au plan d'échantillonnage certains herbiers profonds très fréquentés par les dugongs, les herbiers où il existe déjà de l'information (Poé, Deva...), des herbiers où se concentrent à la fois des activités humaines et des animaux emblématiques (tortues, dugongs) comme l'îlot Maitre (Hot-spot de fréquentation des tortues vertes). »

Glwadys Bako, chargée de projet à la Direction de l'Environnement de la province des îles Loyauté

« Les herbiers des îles Loyauté n'ont jamais été cartographiés. Certaines zones ont été identifiées lors d'enquêtes réalisées en début d'année 2024 en préparation des opérations de terrain qui seront menées en 2025 dans le cadre du projet d'Atlas de Biodiversité Communale (ABC) dans les trois îles Loyauté. Ces zones ont été proposées dans le plan d'échantillonnage du futur programme de suivi des herbiers. »

Sophie Katrawi, chargée de projet au Service des Milieux et Ressources Aquatiques de la province Nord

« Pour la province Nord, les herbiers à suivre en priorité sont ceux inclus dans les aires marines protégées, dans les zones inscrites au patrimoine mondial, et les zones d'intérêt pour les espèces emblématiques (tortues et dugongs) afin de garder une cohérence avec les actions menées dans le cadre du PAD et du PAT. »

Christine Fort, chargée de mission Environnement à la DAFE

« Les herbiers prioritaires à suivre sont ceux inclus dans les zones inscrites au patrimoine mondial ainsi que les zones particulièrement fréquentées par les espèces migratrices et emblématiques. »

Agnès Carlier, déléguée territoriale de l'OFB en Nouvelle-Calédonie et à Wallis-et-Futuna

« Priorité aux herbiers très fréquentés par les dugongs ou les tortues, aux herbiers particulièrement vulnérables ou menacés par des pressions diverses. Certains herbiers de Nouméa (Baie des citrons, Méridien et îlots) pourraient être de bons candidats car ils sont très fréquentés par l'Homme, ils subissent de fortes pressions, ils sont facilement accessibles et étant connus du grand public, ils seraient un bon vecteur de communication sur le suivi des herbiers par la science participative. Si des herbiers au sein d'AMP sont sélectionnés, il faudra penser à mettre en place des stations au sein et en dehors de l'AMP (témoin). »

François Le Borgne, responsable scientifique du Service du Parc Marin de la Mer de Corail

« Une exploration est nécessaire afin d'identifier les zones d'herbiers du Parc. Il faudra se servir des informations existantes sur les tortues pour prospecter. Autour d'Entrecasteaux, on observe des foyers de ponte de tortues vertes. »

Sabrina Virly, ex-directrice des programmes marins à Conservation International

« En priorité, il faudrait suivre les zones d'herbier où les pressions anthropiques sont importantes, les zones où il existe déjà des données de référence, les zones où de l'érosion côtière est constatée et les zones très fréquentées par des tortues et dugongs. Les herbiers de la plage de Poé et de Deva sont proposés. »

Adrien Bertaud, chargé de projets à l'Observatoire de l'Environnement (OEIL)

« Les zones à suivre en priorité sont les herbiers les plus menacés par l'hypersédimentation liée à l'activité minière et les zones de pêche vivrières dans les secteurs miniers. Les herbiers de la baie Kwé, de Port Boisé et de Goro sont de bons candidats. Pour chaque station de suivi située en zone d'impact, il serait nécessaire de suivre un herbier témoin non soumis aux impacts de l'exploitation minière. »

Claude Payri, directrice de recherche à l'IRD de Nouméa, spécialisée sur l'étude des macrophytes

« Dans la localisation des zones à suivre, la priorité sera de choisir des zones où la pression humaine est forte, mesurable, et peut être réduite : l'herbier devient un indicateur de la réduction des pressions en plus d'être un indicateur de l'état de l'écosystème. Il serait intéressant d'intégrer au réseau de suivi des herbiers, les zones où des données historiques existent. Les zones de Bourail (Deva, passe Goulvain), îlot Maître, Vavouto, Pam, Balabio, herbiers où on a des données historiques, herbiers sous pression humaine et où on peut réduire cette pression, zones d'impact et zones témoins. »

Solène Derville, chargée de recherche à l'IRD de Nouméa, spécialisée sur l'étude des dugongs

« Certains herbiers sont particulièrement importants comme zone d'alimentation des dugongs. Les données des comptages aériens et balises satellitaires ont montré que certains sites sont plus fréquentés que d'autres, notamment les herbiers profonds entre Maître et Sèche Croissant (Nouméa) et en baie de Banaré (Poum), les herbiers peu profonds entre les chenaux du Cap Goulvain (Bourail) et le plateau de Koniène (Pouembout). Ces sites couvrent un gradient d'impacts anthropiques et de températures. »

Auguste Omniwack, coordinateur de l'Association de Sauvegarde de la Biodiversité d'Ouvéa

« Sur Ouvéa, des herbiers sont présents sur Hnyimàk (nursérie), Hwadrilla et Saint Joseph. Il faudrait investiguer pour voir s'il existe toujours des herbiers en baie de Lekine. »

Carole Bernard, directrice du Centre d'Initiation à l'Environnement

« Le CIE est impliqué dans deux projets labélisés A2E (Aire Educative Environnementale) en province Sud intégrant des zones d'herbier : l'A2E platier Ricaudy sur Nouméa avec le collège Jean Mariotti et l'A2E Bourail avec le collège Sacré Cœur. L'acquisition de connaissances sur ces herbiers bénéficiera ces projets éducatifs. Il pourrait être envisagé de réaliser un suivi par les élèves selon les techniques qui seront déployées. »

NDLR : l'objectif du dispositif A2E est de mettre les jeunes au cœur d'un dispositif de prise de décision et d'actions en faveur de la protection des milieux marins et terrestres dans le cadre de l'éducation au développement durable. Il s'agit d'une démarche citoyenne où les élèves deviennent acteurs de la gestion participative d'un bien commun. Par ailleurs, ce dispositif a vocation à renforcer le lien intergénérationnel, à transmettre des connaissances sur les écosystèmes et à faire connaître les usages et la culture liés au milieu, grâce à un travail de partenariat étroit.

3.6 Fréquence et format du rapportage

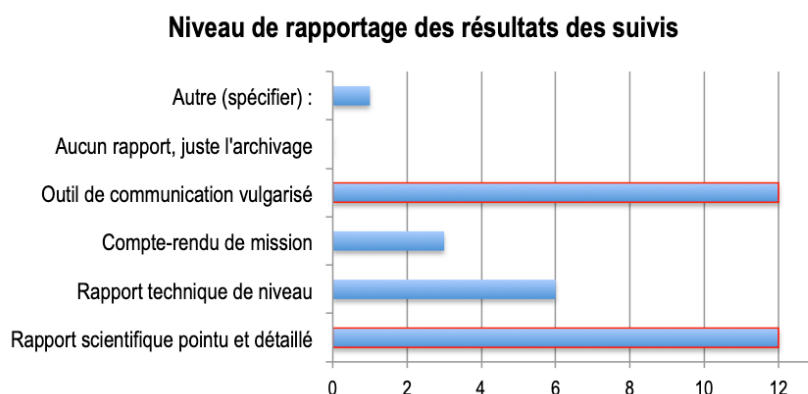


Figure 6 : Le niveau de rapportage idéal selon les membres du GT Herbiers.

Les parties prenantes soulignent l'importance d'un rapportage **scientifiquement robuste** mais **accessible** au plus grand nombre :

- **Un rapport technique annuel**, détaillant les indicateurs suivis et les tendances observées.
- **Un outil de communication annuel vulgarisé**, permettant d'informer le grand public et les décideurs (un exemple développé par nos confrères australiens est fourni à la documentation [51]).
- **Un rapport scientifique approfondi tous les 3 à 5 ans**, intégrant une analyse globale des évolutions des herbiers, notamment *via* l'approche par télédétection si cette option est retenue. Depuis 2015, l'IFRECOR coordonne un [bilan quinquennal sur la santé des récifs coralliens, herbiers marins et mangroves des outremer français](#). La fréquence de rapportage du rapport scientifique approfondi pourrait être calée sur cette programmation (F. Kerninon, comm. pers.).

3.7 Bancarisation et diffusion des données

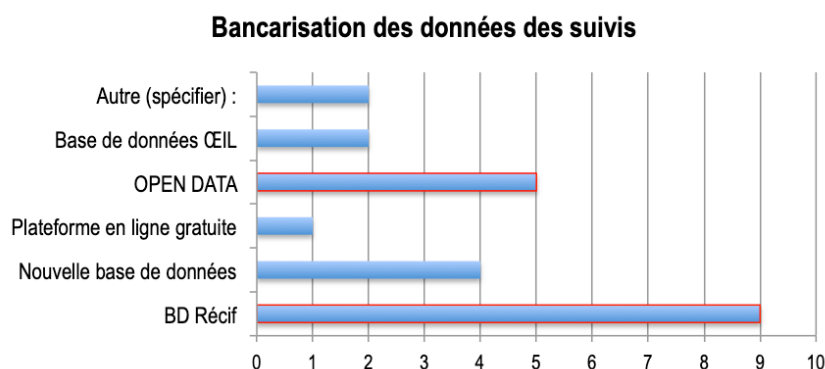


Figure 7 : Où bancariser les données des suivis ? Avis des membres du GT Herbiers.

La gestion et l'accessibilité des données constituent une préoccupation majeure. Plusieurs pistes ont été évoquées pour la bancarisation des données du suivi des herbiers :

- Intégration à **BD Récif** : cette base de données nationale, dédiée aux récifs coralliens et aux écosystèmes associés, est perçue comme l'option la plus cohérente pour centraliser les données des suivis d'herbiers. À ce jour, BD Récif n'a pas été déployée en Nouvelle-Calédonie, malgré une réflexion engagée depuis 2016 entre

l'ANCB et l'IFREMER pour y intégrer les données du RORC (Réseau d'Observation des Récifs Coralliens). Concernant les herbiers marins, seules les données stationnelles des suivis DCE (directive-cadre sur l'eau) aux Antilles sont actuellement intégrées. La saisie et l'archivage des données selon deux protocoles sont opérationnels : le protocole BELT et le protocole LIT [38].

- Archivage via [Open Data NC](#) : cette plateforme est souvent évoquée pour l'archivage des données du suivi des herbiers marins. Lancée en 2020 par le Gouvernement, elle regroupe à ce jour 343 jeux de données issus de 24 partenaires et vise à rendre accessibles, gratuitement, les données publiques aux administrations, chercheurs, entreprises, associations et citoyens. Toutefois, cette plateforme est un catalogue de données facilitant leur partage, non une base de données. Elle ne permet ni la saisie ni l'archivage des informations collectées et ne doit pas être considérée comme un outil de stockage (Houy-Sy Thao, DINUM, comm. pers.).
- Archivage sur la **plateforme de l'Observatoire de l'Environnement en Nouvelle-Calédonie (OEIL)** : cette solution a été proposée afin de s'appuyer sur les outils localement existants. Le portail [Stellatus](#) centralise, analyse et diffuse des données sur la qualité du milieu marin et les pressions qu'il subit. Alimenté par une vingtaine d'organismes (IRD, IAC, PRNC, AEL, bureaux d'études), il met ces informations à disposition des gestionnaires, chercheurs et décideurs pour appuyer la gestion durable des ressources naturelles. Son interface cartographique interactive permet de visualiser la répartition spatiale de divers paramètres environnementaux marins.

Plusieurs membres du GT Herbiers jugent pertinent de centraliser les données des suivis marins dans une **base commune**. A minima, elle regrouperait les données du RORC et du futur suivi des herbiers, avec la possibilité d'y intégrer d'autres suivis, comme ceux des tortues, dugongs et baleines, actuellement dépourvus de base dédiée.

Un point de vigilance a été mentionné concernant la **protection et la propriété des données**, particulièrement si un partage avec la base de données de Seagrass Watch est envisagé. Il sera nécessaire d'établir des règles claires quant à l'usage et le partage des données, en garantissant une accessibilité aux gestionnaires et aux scientifiques tout en protégeant certains jeux de données sensibles.

4. PROPOSITION D'UN SCENARIO DE SUIVI DE LA SANTE GENERALE DES HERBIERS DE NOUVELLE-CALÉDONIE

L'objectif est de mettre en place un suivi fiable et adapté aux ressources disponibles afin d'évaluer l'évolution des herbiers de phanérogames marines en Nouvelle-Calédonie et d'orienter les décisions de gestion.

Cette proposition repose sur l'analyse d'études existantes, les échanges avec des experts et la prise en compte des attentes du GT Herbiers. La méthodologie s'appuie sur des recommandations scientifiques et des expériences menées dans des contextes similaires.

Avant de définir le protocole, il est essentiel de prendre en compte la nécessité d'utiliser des **méthodes de suivi standardisées** afin de garantir la cohérence et la comparabilité des données collectées à différentes échelles. Cette standardisation est d'autant plus importante dans le cadre d'un **suiti participatif encadré**, où des observateurs aux profils variés sont impliqués. Elle minimise les biais liés aux différences d'interprétation et assure une formation homogène des participants.

Le suivi des herbiers proposé repose sur une **combinaison de cartographies et de mesures *in situ***. Cette approche permettrait d'avoir une vision globale des changements spatiaux et temporels affectant cet écosystème très dynamique tout en fournissant des données précises sur leur vitalité au sein de zones restreintes mais représentatives.

4.1 Harmonisation des protocoles de suivi

L'harmonisation des protocoles de suivi des herbiers marins est essentielle pour garantir une standardisation des données et permettre leur analyse à différentes échelles, qu'elles soient locales, régionales, nationales ou internationales. Elle facilite la collaboration entre scientifiques, associations et institutions en s'appuyant sur des bases communes. L'adoption de protocoles standardisés optimise l'utilisation des ressources humaines et financières tout en évitant la duplication des efforts [8 ; 10 ; 13 ; 14 ; 15 ; 20 ; 22 ; 28 ; 29 ; 33 ; 35 ; 42 ; 45 ; 59].

Harmoniser les protocoles ne signifie pas imposer une uniformité totale des méthodes et paramètres relevés. Il s'agit plutôt de garantir que certains paramètres fondamentaux soient collectés de manière systématique, selon des protocoles assurant la **comparabilité des données**.

Actuellement, le protocole de référence dans de nombreux suivis en milieu tropical est celui développé par Seagrass-Watch [1 ; 2] (cf. 4.4.1). En Nouvelle-Calédonie, la plupart des suivis, notamment ceux des herbiers de la baie des Citrons [16], Koutio-Kouéta [17], Deva [30], Poé [39] et Nouré [46], sont alignés sur les protocoles du Seagrass-Watch, complétés de métriques additionnelles préconisées par le groupe de travail « Herbiers » de l'IFRECOR [5 ; 14 ; 20 ; 33].

4.2 Un suivi participatif encadré

Le suivi participatif des herbiers a été testé et validé dans de nombreux projets à travers le monde. Des programmes intègrent les citoyens dans la collecte des données en France métropolitaine (entre autres : Observatoire Participatif des Herbiers de Zostères et Syngnathidés [52], Marha Sciences Participatives [52], Positive [58]), dans le Pacifique (entre autres : C2O Toolkit [27 ; 62]) et à l'échelle globale (entre autres : Seagrass-Watch [1 ; 2], SeagrassNet [15]). Pour garantir la fiabilité des données, des protocoles adaptés aux non-biologistes ont été développés, accompagnés de manuels et de programmes de formation.

Former les participants en théorie et en pratique, puis les encadrer sur le terrain par un expert en suivi des herbiers est indispensable, surtout les premières années, voire plus longtemps si le renouvellement des observateurs est important.

L'accès à des bénévoles réguliers est souvent un défi, particulièrement pour un suivi sur le long terme où la fidélité des participants conditionne la qualité des données. S'appuyer sur des réseaux déjà constitués (associations environnementales, clubs de plongée ou d'apnée, universités) facilite le recrutement de participants engagés dans la cause environnementale.

Pour des suivis nécessitant une certaine technicité et des connaissances biologiques (comme le RORC, le STOT ou ce futur suivi des herbiers), il est préférable de maintenir une continuité parmi les observateurs, en conservant au moins

50% d'entre eux d'une année sur l'autre. Ceux ayant acquis de l'expérience peuvent progressivement transmettre leurs connaissances, garantissant ainsi la pérennité du suivi. L'objectif est de constituer des équipes capables d'opérer en autonomie.

Pour fidéliser les observateurs, quelques principes clés peuvent être appliqués :

- Expliquer clairement l'importance des herbiers marins, les enjeux de leur surveillance et de leur préservation, ainsi que les méthodes employées, afin que les participants comprennent leur rôle et leur impact.
- Proposer des méthodes de suivi simples et accessibles pour favoriser leur appropriation par les observateurs et renforcer leur confiance dans la qualité des données.
- Offrir des tâches variées pour s'adapter aux intérêts des participants (comptages de poissons, relevés d'herbiers, inventaires de la macrofaune, etc.).
- Restituer rapidement les résultats, mêmes préliminaires, pour maintenir l'engagement et favoriser une discussion collective.

Pour la Nouvelle-Calédonie, on peut citer deux actions complémentaires qui concourent à la fidélisation des observateurs en apnée :

- La certification des observateurs, leur permettant de faire-valoir cette expérience dans leur parcours professionnel.
- La rétribution en nature de leur participation, par le don d'équipement d'apnée par exemple, comme c'est pratiqué avec succès dans le cadre du RORC depuis 2016 aux îles Loyauté.

4.3 Cartographie des herbiers

En raison de la variabilité spatiale des herbiers, de nombreux scientifiques recommandent de **combiner cartographie et mesures *in situ*** pour assurer un suivi efficace [1 ; 2 ; 4 ; 9 ; 29 ; 35 ; 36 ; 43 ; 44 ; 49 ; 55 ; 61 ; 63 ; 65].

Réalisée en amont des opérations de terrain, la cartographie peut guider l'élaboration d'un plan d'échantillonnage pertinent et garantir que les stations de suivi soient installées dans des zones homogènes et représentatives. Elle permet également d'évaluer l'extension géographique d'un herbier à un moment donné et d'en suivre l'évolution dans le temps, en identifiant les zones en expansion ou en régression.

Les méthodes de cartographie des herbiers peuvent être classées en trois grandes catégories : les méthodes manuelles, optiques et acoustiques.

Tableau 3 : Tableau comparatif des trois principales méthodes de cartographie des herbiers marins.

Méthode	Description	Avantages	Inconvénients	Vérification
Manuelle (observateurs sous-marins)	Délimitation manuelle de l'enveloppe d'herbier en plongée ou depuis un bateau.	Méthode la plus simple et la moins coûteuse, particulièrement utile pour les zones restreintes, peu profondes et peu turbides.	Moins adaptée aux grandes surfaces, aux herbiers profonds et en eaux très turbides.	Permet d'affiner et d'améliorer la précision des autres méthodes.
Optique (satellites, véhicules sous-marins télécommandés / ROV, caméras sous-marines autonomes posées sur le fond / RUV)	Capture d'images à partir d'équipements aériens ou sous-marins.	Permet de cartographier de larges surfaces.	Équipements aériens : résolution faible, limitée par la turbidité de l'eau et la profondeur. Équipements sous-marins : observations sur des zones choisies puis extrapolations aux zones adjacentes	Nécessite parfois une validation terrain pour interprétation fiable.

Méthode	Description	Avantages	Inconvénients	Vérification
Acoustique (échosondeurs, sonars à balayage latéral)	Utilise des ondes sonores pour collecter des données sur les fonds marins à partir d'un bateau.	Permet de caractériser des herbiers profonds et d'en déduire certains paramètres (densité, hauteur).	Équipements sophistiqués et coûteux.	Nécessite une validation terrain pour interprétation fiable.

Le choix de la méthode dépendra des objectifs de gestion visés par les gestionnaires, de la taille de la zone à cartographier, de la précision souhaitée, des ressources techniques, financières et humaines disponibles, et des compétences techniques des personnes impliquées dans les opérations de terrain.

Parmi les **méthodes manuelles**, la plus simple et la plus économique, tout en étant précise et informative, consiste à **suivre la limite de l'herbier en nageant avec un GPS**. Lorsque l'herbier couvre une petite surface, il peut être entièrement délimité, tandis que pour des zones plus étendues, seules les limites côtières et lagonaires sont relevées. Ces marges sont particulièrement sensibles aux changements environnementaux, car elles marquent l'interface entre l'herbier et d'autres habitats tels que les fonds sableux, les récifs coralliens ou les mangroves. Cette technique a été appliquée avec succès dans plusieurs suivis en Nouvelle-Calédonie, notamment en baie d'Apogoti [25] et à la baie des Citrons [16]. Elle peut être reconduite annuellement, ne représentant pas un coût financier ni humain important, et peut être facilement réalisée dans le cadre d'un suivi participatif. Elle permet d'évaluer précisément l'extension spatiale des herbiers et d'en suivre l'évolution au fil du temps, mais elle ne fournit pas d'informations détaillées sur l'état de santé des herbiers.

Lorsque les moyens le permettent, une **cartographie descriptive de l'enveloppe d'herbier** peut être réalisée par **imagerie optique, en complément d'observations de terrain**. Deux approches sont alors envisageables, selon que les herbiers sont visibles ou non sur les photographies aériennes :

Approche 1 – Herbiers visibles sur photographie aérienne : l'analyse d'images aériennes ou satellitaires récentes, si possible gratuites (Sentinel-2, Google Earth, Georep.nc), permet une pré-cartographie des herbiers en unités visuellement homogènes. Des points d'observation, géoréférencés, sont ensuite positionnés dans chaque unité. À chaque point sont associés plusieurs paramètres descriptifs, convertis en scores et intégrés dans un SIG pour faciliter la production cartographique. Cette méthode a été utilisée par le groupement SEACOAST–CORTEX sur les herbiers de Bourail (du Cap Goulvain à la mutuelle des fonctionnaires) et de la baie de Kanuméra [9], ainsi que par INSIGHT sur l'AMP de Nekoroo [19].

Approche 2 – Herbiers non détectables sur photographie aérienne : lorsque les herbiers ne sont pas visibles à distance, un maillage systématique est appliqué, divisant la zone en carrés de surface homogène. Des points d'observation, localisés par GPS, sont positionnés dans chaque maille. Les paramètres descriptifs sont relevés soit par des plongeurs, soit à l'aide d'images acquises par ROV ou RUV. Cette méthode a été employée par le GIE Marex à Mayotte [64] et par l'Université James Cook (TropWater) sur les herbiers profonds du parc marin australien de la mer de Corail [66].

La cartographie par méthode optique couplée avec des observations de terrain, reposant sur un échantillonnage stratifié intégrant la diversité écologique des habitats, l'utilisation de capteurs de nouvelle génération (WorldView, Sentinel-2) et l'utilisation de systèmes d'informations géoréférencés (SIG), a été recommandée par Andréfouët et collaborateurs en 2021 pour cartographier les herbiers marins de Nouvelle-Calédonie [36].

La liste des paramètres descriptifs relevés sur le terrain doit être adaptée aux besoins du projet et à la compétence des observateurs. Trois métriques essentielles sont préconisées dans le guide de suivi du milieu marin de Nouvelle-Calédonie : **la richesse spécifique des phanérogames, le taux de recouvrement en herbier et la fragmentation**, [49]. Ces paramètres permettent d'évaluer l'état écologique des herbiers et leur évolution dans le temps, tout en restant accessibles à des observateurs non spécialistes.

Pour la collecte des paramètres descriptifs cités ci-dessus, qui se doit d'être rapide afin réaliser un grand nombre d'observations, les techniques suivantes sont proposées :

- Richesse spécifique des phanérogames et taux de recouvrement en herbier relevés à partir de trois quadrats de 50 cm de côté sur chaque point d'observation. La richesse spécifique est le nombre d'espèces présentes au sein de chaque quadrat. Le taux de recouvrement en herbier peut être exprimé sous forme d'un pourcentage réel ou selon un indice (**Tableau 7**).

- Niveau de fragmentation estimé sur une surface de 100 m², soit un rayon d'observation de 5 à 6 m autour du point d'observation et décrit selon un indice (**Tableau 8**).
- En complément, la nature du fond pourra être appréciée visuellement et au toucher, sur la base d'une liste prédéfinie de substrats (**Tableau 10**).

Paroles d'experts

Michael Rasheed, co-directeur et principal chercheur au Centre for Tropical Water and Aquatic Ecosystem Research (TropWATER), James Cook University

« Le suivi des herbiers tropicaux doit être adapté à leur variabilité spatiale et temporelle. Il est souvent plus pertinent de surveiller l'herbier dans son ensemble plutôt que de se limiter à de petits transects fixes, qui risquent de ne pas être représentatifs. L'approche idéale combine cartographie et suivi stationnel. »

*En eaux claires et peu profondes, la télédétection est adaptée. En revanche, si les eaux sont troubles, les herbiers diffus ou peu érigés (genre *Halophila*), une cartographie manuelle est préférable, réalisée par drone, à pied, en nageant ou par hélicoptère à marée basse. Une fois l'enveloppe définie, nous privilégions un relevé de terrain allégé en paramètres afin de multiplier les points d'observation. »*

Sandrine Job, cheffe de projet chez CORTEX

« Pour cartographier les herbiers du lagon de Poé et de la baie de Kanuméra, nous avons suivi quatre étapes : (1) photo-interprétation d'une image récente de Google Earth pour établir un plan d'échantillonnage et une pré-cartographie des zones d'étude ; (2) collecte des données sur le terrain ; (3) intégration des données sous SIG ; (4) cartographie finale basée sur les observations de terrain et l'analyse des images. »

L'objectif du travail de terrain était de maximiser les points d'observation pour limiter les extrapolations, tout en recueillant des données détaillées sur les herbiers. À chaque point, nous avons relevé la nature du fond, la composition en espèces de phanérogames, le niveau de fragmentation, le taux de recouvrement, la présence de coraux durs, la charge en épiphytes, ainsi que la richesse et l'abondance en invertébrés et poissons. Ces informations ont été obtenues par estimation visuelle et indices semi-quantitatifs. Cette approche rapide et efficace a permis de couvrir 190 points en quatre jours, avec deux biologistes marins. La cartographie produite reflète fidèlement la réalité du terrain. »

Laurent Bloc'h, chef de projet chez SEACOAST

« L'analyse surfacique par traitement d'images satellites nécessite des conditions environnementales optimales : absence de couverture nuageuse, vent faible et soleil au zénith. Si ces critères ne sont pas réunis, la qualité des images se dégrade, entraînant des incertitudes de digitalisation. Compte tenu des dimensions réduites des patchs d'herbier à cartographier, ces incertitudes compliquent l'interprétation des évolutions surfaciques. »

Pour garantir une information précise et fiable, notamment dans les eaux très turbides comme celles de la baie d'Apogoti, il a été proposé d'adapter le protocole en intégrant un levé au GPS topographique (précision centimétrique) afin de délimiter avec précision l'extension des herbiers. »

Sébastien Lagarde, responsable exploitation chez INSIGHT

« La classification des images satellites requiert un volume conséquent de données de vérité terrain, essentiel pour garantir la qualité du rendu final. Si une cartographie est reconduite après plusieurs années, il est préférable de répéter l'ensemble des étapes du projet (pré-cartographie, vérité terrain, cartographie). En effet, la qualité de l'image THR peut avoir évolué, influençant les interprétations et la précision des classifications. »

4.4 Suivi stationnel

4.4.1 Protocole de suivi

Une fois la zone candidate définie, un suivi stationnel peut être déployé dans des secteurs représentatifs, en évitant les bordures, généralement trop dynamiques. Idéalement, **deux stations** seront implantées par zone afin de comparer l'évolution d'herbiers proches mais soumis à des pressions différentes. Par exemple, dans une aire marine protégée, une station sera placée en réserve et l'autre hors réserve ; sur un site impacté par des pressions anthropiques, une station sera située sous influence directe et l'autre à distance suffisante pour ne pas être affectée.

Une fois la localisation des stations déterminée, un protocole standardisé est appliqué. Le référentiel international **Seagrass-Watch** est proposé comme socle du protocole calédonien car il est largement utilisé dans les suivis tropicaux, notamment en Nouvelle-Calédonie, il permet une comparabilité des données au niveau global et il est déjà mis en œuvre dans le cadre de suivis participatifs depuis 1998 et dans 26 pays.

Seagrass-Watch propose cinq modèles spatiaux pour le suivi des herbiers marins [1 ; 2]:

- Trois transects fixes espacés à égale distance les uns des autres, disposés perpendiculairement (A) ou parallèlement à la côte (E).
- Un point fixe au centre de la zone d'herbier et un ensemble de points non-fixes répartis dans un certain rayon à partir du point central (B).
- Un unique transect fixe de grande longueur (C).
- Un ensemble de points au sein d'une zone (D). Aucun des points n'est fixe.

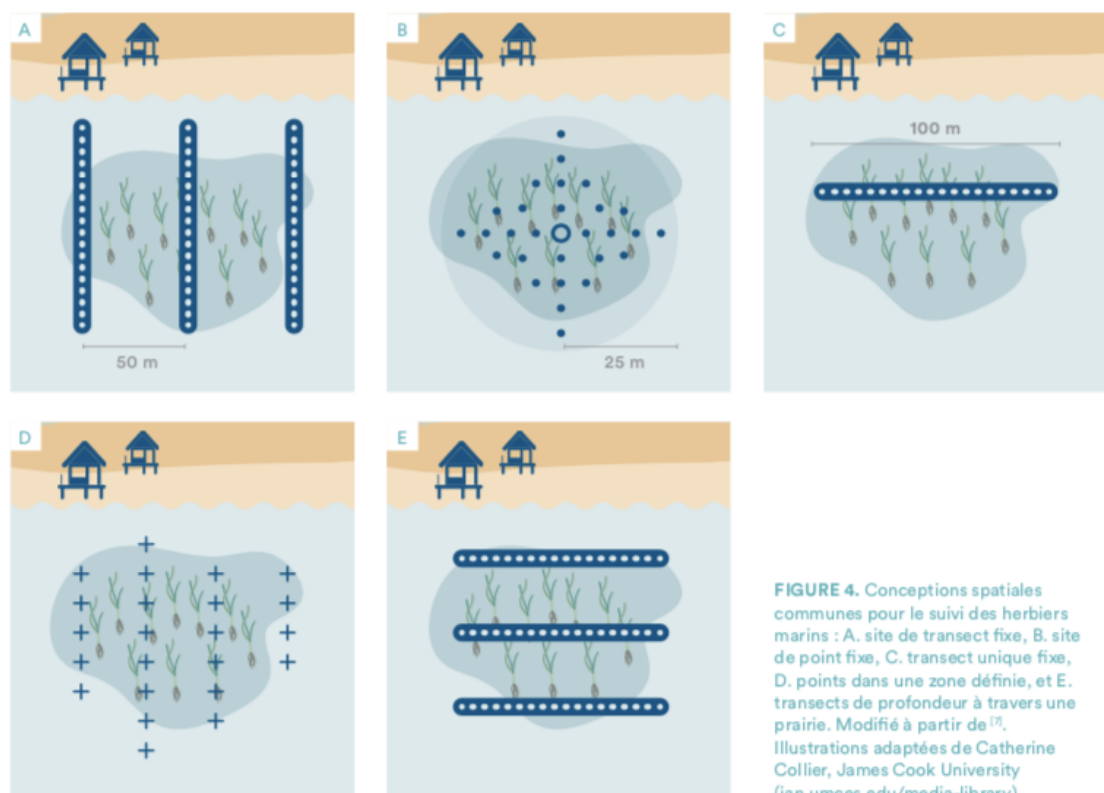


FIGURE 4. Conceptions spatiales communes pour le suivi des herbiers marins : A. site de transect fixe, B. site de point fixe, C. transect unique fixe, D. points dans une zone définie, et E. transects de profondeur à travers une prairie. Modifié à partir de [7]. Illustrations adaptées de Catherine Collier, James Cook University (ian.umces.edu/media-library)

Figure 8 : Les cinq modèles spatiaux proposés par Seagrass-Watch [1 ; 2].

Le modèle le plus couramment utilisé est le modèle A, composé de trois radiales de 50 m de long espacées de 25 à 50 m (selon la configuration de l'herbier), disposées perpendiculairement à la côte. Ces radiales sont permanentes afin de

garantir que les mêmes portions d'herbier soient suivies dans le temps. Elles peuvent être balisées par des plots en béton, et leurs coordonnées GPS sont enregistrées.

Le long de chaque radiale, des quadrats de 50 cm de côté sont positionnés tous les 5 m, disposés en quinconce ou toujours du même côté de la radiale (option favorisée pour assurer la réplicabilité du suivi). Chaque radiale comprend donc 10 quadrats, soit 30 quadrats par station.

4.4.2 Paramètres à suivre

4.4.2.1 Généralités

L'évaluation de la santé des herbiers repose sur divers paramètres, sélectionnés en fonction des objectifs du suivi, de leur pertinence écologique et des contraintes locales, qu'elles soient humaines, logistiques, techniques ou financières.

Il existe quatre principaux types de suivi des herbiers : la surveillance générale de l'écosystème, le diagnostic de l'état de l'environnement, l'évaluation des impacts et l'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion. L'objectif du suivi proposé ici est la **surveillance générale des herbiers marins**. Toutefois, il est essentiel que la stratégie de suivi reste adaptable aux évolutions de l'écosystème [45]. Ainsi, bien que ce protocole soit centré sur la surveillance générale, il pourrait, à terme, être complété par un suivi de la qualité de l'environnement ou de l'efficacité des mesures de gestion, en anticipation d'éventuelles dégradations détectées au fil des observations.

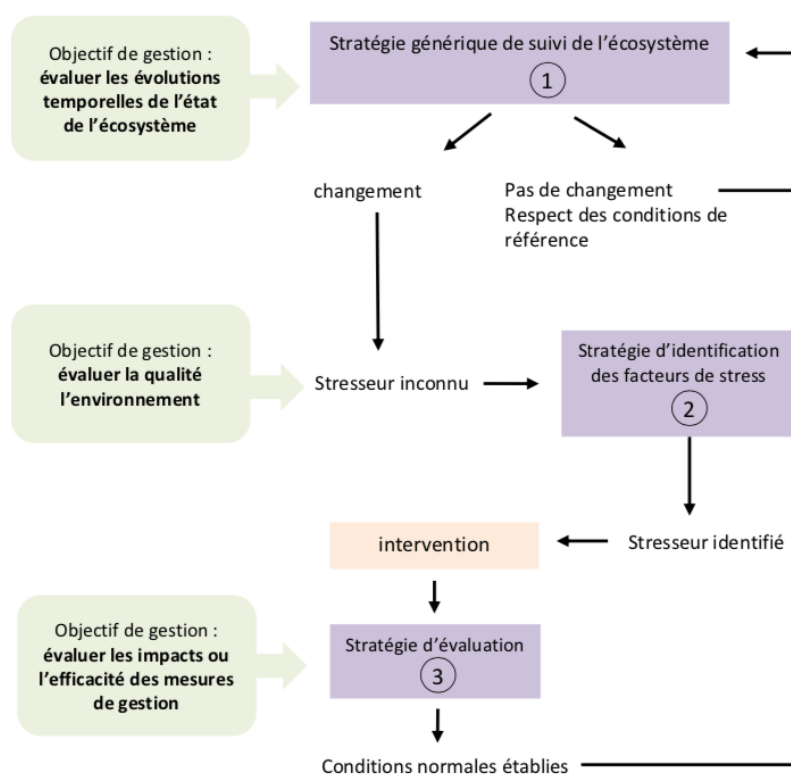


Figure 9 : Modèle de suivi adaptatif (tiré de Roca et al., 2016, dans [45]).

Bien que la directive-cadre sur l'eau (DCE) ne s'applique pas en Nouvelle-Calédonie, la question de la qualité de l'eau et des impacts anthropiques sur les herbiers reste une préoccupation majeure pour les gestionnaires locaux, qui ont exprimé le besoin de développer des indicateurs permettant de détecter précocement les dégradations et de mieux évaluer l'impact des activités humaines [45]. Dans cette optique, la construction d'un indicateur d'impact, ou l'intégration de métriques minimales permettant de signaler un impact, est actuellement en réflexion pour la Nouvelle-Calédonie. Cette démarche s'appuie sur les expériences menées à Mayotte et aux Antilles en matière de Recherche &

Développement. Des avancées concrètes ont été réalisées à travers deux campagnes de terrain UBO-IRD, menées respectivement en 2017 et 2022 sur la Grande Terre. Au total, douze stations, situées en province Sud (4 stations en 2017, puis 4 autres en 2022) et en province Nord (4 stations en 2022), ont été sélectionnées en fonction des enjeux de gestion et des contrastes environnementaux. Ces stations ont fait l'objet d'inventaires détaillés et de prélèvements, dont les analyses sont en cours afin de mieux comprendre les pressions exercées sur les herbiers et d'orienter les futurs indicateurs de suivi [45].

Les paramètres peuvent être classés en différentes catégories : physiologiques et biochimiques, morphologiques et de croissance, et structuraux et démographiques [45].

Tableau 4 : Classification et exemples de paramètres mesurés sur les herbiers [45].

Paramètres physiologiques et biochimiques	Paramètres morphologiques et de croissance	Paramètres structuraux et démographiques
Teneur en nutriments : carbone (C), azote (N) et phosphore (P)	Surface foliaire	Biomasse (foliaire et endogée)
Teneur en acides aminés carbohydrides	Nombre de feuilles par plant	Présence /absence des espèces
Isotopes ($\delta^{15}\text{N}$, $\delta^{13}\text{C}$)	Longueur des feuilles	Densité des pieds
Sucrose	Hauteur moyenne de la canopée	Recouvrement (phanérogames, par espèces, matée morte)
Phénols	Largeur des feuilles	Limites inférieure, supérieure et type de limite
Amidon	Indice de surface foliaire	Fragmentation, mitage
Métaux (ex. Zn, Pb, Mn, Fe, Cu, Cr, Cd, Hg, As)	Senescences, maladies	Dynamique de l'herbier
Activité photosynthétique	Etat de la feuille	Mortalité
	Type de rhizomes et élongation	
	Longueur des racines	
	Ratio biomasse exogée/endogée	
	Croissance des rhizomes	
	Longueur des internœuds	

Les **paramètres physiologiques** sont des indicateurs précoces des perturbations environnementales, notamment celles liées à la qualité de l'eau, qui constitue l'une des principales menaces pour les herbiers. Ces paramètres permettent de détecter des changements avant même que des signes visibles de dégradation n'apparaissent sur les herbiers. À l'inverse, les **paramètres structuraux** traduisent l'état général des herbiers à un instant donné, mais ne permettent pas, à eux seuls, de diagnostiquer les causes des changements observés ni d'anticiper leur évolution. C'est pourquoi la combinaison de paramètres physiologiques et structuraux est souvent considérée comme une approche pertinente pour suivre l'état écologique et la dynamique des herbiers et orienter la mise en place de mesures de gestion adaptées [33]. Des indicateurs multimétriques ont ainsi été développés aux Antilles et à Mayotte dans le cadre de la DCE, intégrant plusieurs paramètres pour classer les herbiers selon leur état écologique et leur niveau d'anthropisation [33 ; 40 ; 41 ; 48].

En Nouvelle-Calédonie, en l'absence de cadre réglementaire tel que la DCE, il est recommandé de centrer le suivi sur certains **paramètres morphologiques et structuraux fondamentaux** (Kerninon, comm. pers.). Le tableau ci-dessous liste les paramètres les plus communément recensés dans les principaux programmes de suivi généraux des herbiers marins.

Tableau 5 : Liste des paramètres morphologiques et structuraux les plus communément relevés dans les programmes de suivi des herbiers.

Paramètre	Signification écologique	Utilisation dans d'autres réseaux de suivi
Taux de recouvrement total en phanérogames marines	Indicateur global d'état et de changement d'état	Présent dans tous les suivis internationaux et locaux. Paramètre préconisé dans le guide du milieu marin de Nouvelle-Calédonie [49] et considéré comme une « Variable Océanique Essentielle » de premier ordre dans la surveillance de l'état de santé des océans par le GOOS (Global Ocean Observing System) [59].
Composition spécifique en phanérogames	Indicateur de stabilité écologique et de résilience	Présent dans la majorité des suivis internationaux (sauf C ₂ O) et locaux. Paramètre préconisé dans le guide du milieu marin de Nouvelle-Calédonie [49] et considéré comme une « Variable Océanique Essentielle » de premier ordre dans la surveillance de l'état de santé des océans par le GOOS (Global Ocean Observing System) [59].
Fragmentation des herbiers	Indicateur de connectivité, de résilience et de perturbation	Présent dans la majorité des suivis en Nouvelle-Calédonie mais absent des programmes de suivi globaux (Seagrass-Watch, SeagrassNet, Project Seagrass). Paramètre préconisé dans le guide du milieu marin de Nouvelle-Calédonie [49].
Hauteur de la canopée	Indicateur de croissance, de fonctionnalité et de perturbation	Présent dans la majorité des suivis internationaux (sauf C ₂ O) et locaux. Paramètre considéré comme une « Variable Océanique Essentielle » de second ordre dans la surveillance de l'état de santé des océans par le GOOS (Global Ocean Observing System) [59].
Taux de recouvrement en macroalgues	Indicateur de compétition avec les herbiers et de perturbation	Présent dans la majorité des suivis internationaux (sauf SeagrassNet) et locaux.
Charge en épiphytes	Indicateur d'enrichissement en nutriments	Présent dans la majorité des suivis locaux et certains suivis internationaux.
Nature du fond	Indicateur de la qualité du substrat	Présent dans la majorité des suivis internationaux (sauf C ₂ O) et locaux.
Perturbations (bioturbation, nécroses, stress mécaniques...)	Indicateur de pressions environnementales	Présent dans certains suivis internationaux et locaux.
Macrofaune benthique	Indicateur d'interactions trophiques, d'intérêt halieutique et de fonctionnalité	Présent dans certains suivis internationaux et locaux.
Densité des pieds	Indicateur de vitalité et de productivité	Présent dans certains suivis mais peu utilisé car chronophage et complexe sur des herbiers denses et plurispécifiques. Utilisé comme alternative au taux de recouvrement. Paramètre considéré comme une « Variable Océanique Essentielle » de second ordre dans la surveillance de l'état de santé des océans par le GOOS (Global Ocean Observing System) [59].
Biomasse	Indicateur de productivité et de résilience	Rarement présent dans les programmes de suivi internationaux et locaux.

Paramètre	Signification écologique	Utilisation dans d'autres réseaux de suivi
Faune vertébrée	Indicateur d'interactions trophiques, d'intérêt halieutique et de fonctionnalité	Rarement présent dans les programmes de suivi internationaux et locaux.
Potentiel reproductif	Indicateur de la capacité de régénération et d'expansion des herbiers	Rarement présent dans les programmes de suivi internationaux et locaux.
Biométrie foliaire	Indicateur de la vitalité des phanérogames	Rarement présent dans les programmes de suivi internationaux et locaux.

Paroles d'experts

Fanny Kerninon, chargée de la coordination du réseau herbiers national IFRECOR, Université de Bretagne Occidentale

« Parmi les paramètres d'alerte et de diagnostic, la concentration en azote dans les tissus des phanérogames (p. ex. dans les feuilles) est très souvent recommandée comme variable minimale à prendre en compte pour le suivi de l'état de santé des herbiers. Considérant les enjeux liés aux impacts anthropiques affectant localement les herbiers de Nouvelle-Calédonie et leur rôle pour l'alimentation des mégaherbivores emblématiques (dugongs et tortues), le relevé à terme de ce paramètre pourrait renseigner sur le niveau d'anthropisation et la qualité nutritionnelle de l'habitat. Il n'apparaît pas pertinent à ce stade de l'inclure dans le lot de paramètres qui seront initialement relevés, mais il pourrait être considéré ultérieurement selon les besoins des gestionnaires (p. ex. sur certains secteurs à enjeux) et en fonction des synergies possibles avec d'autres projets, comme le projet Poséidon porté par Solène Derville à l'IRD de Nouméa. »

4.4.2.2 Proposition d'une liste de paramètres à suivre

En tenant compte des recommandations scientifiques et des souhaits du GT Herbiers, une liste de paramètres est proposée pour la surveillance générale des herbiers de Nouvelle-Calédonie.

Tableau 6 : Liste des paramètres morphologiques et structuraux proposés pour le suivi stationnel des herbiers de Nouvelle-Calédonie.

Paramètre	Description du paramètre	Unité de mesure	Méthode de collecte
Taux de recouvrement total en phanérogames	Surface totale recouverte par les phanérogames marines, et si possible par espèce	Pourcentage réel ou selon un indice (Tableau 7)	Quadrat (50 cm de côté)
Composition spécifique en phanérogames	Identification et dénombrement des espèces de phanérogames présentes	Nombre réel	Quadrat (50 cm de côté)
Fragmentation des herbiers	Surface non végétalisée par rapport à la surface totale de la zone d'étude	Pourcentage réel ou selon un indice (Tableau 8)	Transect linéaire ou transect à largeur fixe (2 m de large)

Paramètre	Description du paramètre	Unité de mesure	Méthode de collecte
Hauteur de la canopée	Longueur de trois feuilles sélectionnées aléatoirement de l'espèce dominante, en ignorant les 20% des feuilles les plus grandes. Mesure du sédiment à l'extrémité de la feuille.	Nombre réel	Quadrat (50 cm de côté)
Taux de recouvrement en macroalgues	Surface totale recouverte par les macroalgues fixées, et si possible identification au genre.	Pourcentage réel ou selon un indice (Tableau 9)	Quadrat (50 cm de côté)
Charge en épiphytes	Surface totale recouverte par les épiphytes, égale au produit du pourcentage de feuilles colonisées (%He) par la densité des épiphytes sur ces feuilles (%Fe)	Pourcentage réel	Quadrat (50 cm de côté)
Nature du fond	Estimation visuelle et tactile de la qualité du sédiment	Classification selon des catégories prédéfinies (Tableau 10)	Quadrat (50 cm de côté)
Macrofaune benthique	Nombre d'individus par espèces cibles (liste d'espèces à définir : espèces inféodées aux herbiers, commerciales, d'intérêt pour les communautés locales...)	Nombre réel	Transect à largeur fixe (2 m de large)
Perturbation : bioturbation	Estimation ou nombre de terriers visibles dans le sédiment (trous ou monticules)	Nombre réel ou selon un indice (Tableau 11)	Quadrat (50 cm de côté) ou transect à largeur fixe (2 m de large)
Perturbation : vitalité des feuilles	Estimation ou surface des feuilles cassées, dégradées, brûlées ou atteintes de nécroses foliaires	Pourcentage réel ou selon un indice (Tableau 12)	Quadrat (50 cm de côté)
Perturbation : déchaussement des rhizomes	Estimation du niveau de déchaussement de l'herbier	Indice (Tableau 13)	Transect à largeur fixe (2 m de large)

Tableau 7 : Exemples d'indices de recouvrement en phanérogames marines.

Indice	Taux de recouvrement [0]	Taux de recouvrement [53]	Taux de recouvrement [27]
0	0% (absence d'herbier)	0% (absence d'herbier)	0% (absence d'herbier)
1	1 – 5%	1 – 25%	1 – 25%
2	6 – 30%	26 – 50%	26 – 60%
3	31 – 50%	51 – 75%	61 – 100%
4	51 – 75%	76 – 99%	
5	76 – 100%	100%	

Tableau 8 : Indices de fragmentation de l'herbier [63].

Indice	Description	Taux de recouvrement
0	L'herbier est très fragmenté. Les patchs sont peu nombreux, de petites tailles, distants de plusieurs dizaines de mètres.	< 10% de la surface de l'habitat
1	L'herbier est fragmenté. Les patchs sont nombreux, de petites tailles, distants de plusieurs mètres.	11 à 40% de la surface de l'habitat
2	L'herbier est peu fragmenté. Les patchs sont coalescents.	41 à 70% de la surface de l'habitat
3	L'herbier est continu.	> 70% de la surface de l'habitat

Tableau 9 : Exemples d'indices de recouvrement en macroalgues.

Indice	Taux de recouvrement [0]	Taux de recouvrement [53]	Taux de recouvrement [27]
0	0% (absence d'algues)	0% (absence d'algues)	0% (absence d'algues)
1	1 – 5%	1 – 25%	1 – 25%
2	6 – 30%	26 – 50%	26 – 60%
3	31 – 50%	51 – 75%	61 – 100%
4	51 – 75%	76 – 99%	
5	76 – 100%	100%	

Tableau 10 : Catégories de substrats prédéfinies adaptées au suivi des herbiers [63].

Type de sédiment	Granulométrie	Texture	Commentaire
Vase	< 63 µm	Lisse et collante.	Souvent observé dans des zones à très faible hydrodynamisme (eaux stagnantes). Indique des conditions anoxiques potentielles.
Sable fin	63 – 250 µm	Assez lisse avec une rugosité à peine détectable. Non collante.	Fréquent dans les herbiers peu profonds soumis à des courants faibles.
Sable	250 – 500 µm	Granuleuse rugueuse, les particules sont clairement distinguables.	
Sable grossier	500 µm – 1 mm	Grossière, les particules sont libres.	Souvent présent dans des zones exposées aux courants.
Gravier	> 2 mm	Très grossière, avec quelques petites pierres.	
Substrat dur	NApp	Roches, blocs, ou dalle corallienne.	Substrat non favorable au développement des herbiers.

Tableau 11 : Indices du niveau de bioturbation [53].

Indice	Catégorie	Description
0	Absence	Aucun terrier ni monticule n'est présent.
1	Occasionnel	L'herbier présente quelques terriers ou monticules espacés les uns des autres mais ils n'affectent pas le recouvrement de l'herbier.
2	Fort	L'herbier est fortement impacté par les terriers ou monticules. Le recouvrement par le sédiment nu généré par bioturbation est égal voire supérieur au recouvrement par les herbiers.

Tableau 12 : Indices de vitalité des feuilles [27].

Indice	Description	Taux de recouvrement
0	Aucun dommage	0%
1	Faibles dommages / herbiers brûlés	1 – 25%
2	Superficie modérée d'herbiers endommagés / brûlés	26 – 60%
3	Superficie élevée d'herbiers endommagés / brûlés	61 – 100%

Tableau 13 : Indices de déchaussement des rhizomes [63].

Indice	Description
0	Les rhizomes sont apparents, lorsque l'herbier est en mat, celles-ci sont déchaussées et se détachent par plaques. Le sédiment est érodé (vasques), laissant apparaître le substrat dur ou les débris/galets >10cm sous-jacents.
1	Les rhizomes et les mattes sont apparents, mais un équilibre semble encore présent entre érosion et piégeage des substrats sableux.
2	Quelques rhizomes sont apparents, mais les substrats sableux sont abondants et ne présentent pas de profil en « marches d'escalier ».
3	Aucune érosion n'est visible, les substrats sableux sont en pente douce et les rhizomes sont enfouis. Une accrétion sableuse est possible localement.

4.5 Fréquence des suivis

Il est recommandé de cartographier les herbiers tous les 5 à 6 ans afin de suivre leur dynamique spatiale [4].

Le suivi stationnel devrait être réalisé chaque année, idéalement en saison chaude (février-mars) et à période fixe, afin de limiter l'influence des variations naturelles de densité et de fragmentation de l'herbier [4].

4.6 Bancarisation des données

Les données collectées doivent être centralisées et archivées pour garantir leur exploitation à long terme.

[BD Récif](#), développé dans le cadre de l'IFRECOR, semble constituer à ce jour la meilleure option pour bancariser les données du suivi des herbiers marins. Cet outil, mis en production en 2016, offre une interface adaptée à la saisie, l'archivage et la gestion des données. Depuis 2021, il intègre les référentiels nécessaires pour saisir les suivis herbiers DCE des Antilles selon trois protocoles : quadrats, transect linéaire (LIT) et transect à largeur fixe (Belt transect) [38].

L'IFREMER, en tant que développeur, a permis l'intégration de la méthode d'évaluation rapide SEARAM et des principales méthodes d'acquisition *in situ* (quadrats, placettes). À ce jour, seules les données collectées à La Réunion ont été bancarisées. Celles de Mayotte ne le sont pas encore, ce qui constitue l'un des besoins prioritaires identifiés par le groupe technique « Herbiers » de l'océan Indien [67].

Le partage des données avec [Seagrass-Watch](#) et le [Global Ocean Observing System](#) (GOOS) offrirait la possibilité d'inscrire ces suivis dans un réseau international de surveillance des herbiers. Cette ouverture nécessiterait toutefois une vigilance particulière concernant la gestion et la propriété des données collectées.

Tableau 14 : Synthèse des méthodes et des paramètres à relever sur le terrain pour la caractérisation initiale et le suivi à long terme de la santé générale des herbiers de Nouvelle-Calédonie.

Etape	Objectif	Méthode générale	Paramètres	Méthodes spécifiques de collecte des données	Type de données collectées	Fréquence recommandée
Cartographie	- Identifier la répartition spatiale des herbiers pour optimiser le positionnement des stations de suivi fixes. - Etablir un état initial de référence et, en cas de reconduction, suivre l'évolution temporelle des herbiers à l'échelle d'un site.	Délimitation manuelle	Limite de l'enveloppe d'herbier ou limites côtières et lagonaires	Relevé manuel à l'aide d'un GPS	Points GPS et traces	Annuelle
		Consécutivement à la délimitation manuelle ou par méthode optique de l'enveloppe d'herbiers : observations de terrain selon un plan d'échantillonnage stratifié	Fragmentation	Estimation visuelle sur 100 m ²	Indice	Tous les 5-6 ans
			Richesse spécifique des phanérogames	Quadrats (50 cm de côté)	Nombre réel	
			Taux de recouvrement de l'herbier	Quadrats (50 cm de côté)	% réel ou indice	
			Nature du fond	Quadrats (50 cm de côté)	Catégorie	
Suivi stationnel	Acquérir des données précises et régulières sur une zone restreinte représentative d'un ensemble plus vaste.	Inspirée de Seagrass-Watch, d'autres suivis ultramarins et des préconisations du réseau « herbiers » de l'IFRECOR. Trois radiales de 50 m de long, espacées de 25 à 50 m. 30 quadrats par station.	Taux de recouvrement total en phanérogames marines	Quadrats (50 cm de côté)	% réel ou indice	Annuelle
			Composition spécifique en phanérogames marines	Quadrats (50 cm de côté)	Nombre réel	
			Fragmentation	LIT (50m)	% réel	
				Belt transect (50m x 2m)	Indice	
			Hauteur de la canopée	Quadrats (50 cm de côté)	Nombre réel	
			Taux de recouvrement en macroalgues	Quadrats (50 cm de côté)	% réel ou indice	
			Charge en épiphytes	Quadrats (50 cm de côté)	% réel	
			Nature du fond	Quadrats (50 cm de côté)	Catégorie	
			Macrofaune benthique	Belt transect (50m x 2m)	Nombre réel	
			Bioturbation	Quadrats (50 cm de côté)	Nombre réel	
				Belt transect (50m x 2m)	Indice	
			Vitalité des feuilles	Quadrats (50 cm de côté)	% réel ou indice	
			Déchaussement des rhizomes	Belt transect (50m x 2m)	Indice	

4.7 Matrice FFOM

Une matrice FFOM (Forces, Faiblesses, Opportunités, Menaces) est un outil stratégique d'analyse qui permet d'évaluer un projet ou une situation de manière critique et organisée. Elle repose sur deux axes principaux : les facteurs internes (forces et faiblesses) et les facteurs externes (opportunités et menaces). Le tableau suivant renseigne ces quatre volets sur la base du protocole de suivi proposé.

Tableau 15 : Matrice FFOM sur le protocole proposé de suivi à long terme de la santé générale des herbiers de Nouvelle-Calédonie.

Forces	Faiblesses
• Protocole de type "participatif encadré" en adéquation avec les besoins et attentes des gestionnaires locaux. • Protocole ne nécessitant pas de matériel coûteux et sophistiqué (le plus coûteux : GPS et décimètres). • Expertise locale disponible, tant pour l'encadrement que pour l'observation, notamment via le RORC. • Réseau d'acteurs mobilisable, avec des observateurs déjà connectés au RORC. • Formation des citoyens aux techniques de suivi, favorisant leur montée en compétence et une sensibilisation accrue à la préservation de cet écosystème par leur participation active aux suivis. • Cohérence des protocoles et paramètres avec les suivis réalisés en Nouvelle-Calédonie, en outremer et à l'international, facilitant le partage et l'exploitation des données historiques. • Stratégie d'échantillonnage éprouvée, avec un protocole scientifique rigoureux déployé depuis 20 ans à l'échelle mondiale (Seagrass-Watch). • Prise en compte des paramètres fondamentaux pour une interprétation rigoureuse et consensuelle de l'état des herbiers. • Simplicité et diversité des paramètres, renforçant l'implication citoyenne. • Appui technique et financier possible via la cellule nationale de l'IFRECOR. • Possibilité de financement pour le lancement du projet via l'OFB, dans le cadre de l'aide aux projets innovants. • Accès facilité aux sites de suivi, grâce à l'implication des communautés locales. • Plan d'échantillonnage co-construit avec le GT Herbiers, ciblant des zones à enjeux (préservation des dugongs et tortues, suivi des AMP, inscription au patrimoine mondial, gestion des impacts anthropiques).	• Qualité des données variable, les données issues de la science participative étant souvent moins précises que celles collectées par des scientifiques. • Sensibilisation limitée, la préservation des herbiers étant peu connue du grand public. • Complexité des notions, certains indices semi-quantitatifs et le taux de recouvrement en pourcentage réel pouvant être difficiles à comprendre ou à estimer. • Contraintes techniques liées au GPS, nécessitant un ordinateur et un logiciel dédié pour extraire et traiter les données géoréférencées, rendant ces étapes difficilement transférables sans supervision. • Identification des espèces délicate, en raison de la diversité des phanérogames en Nouvelle-Calédonie et de leur ressemblance pour certaines. • Risque de perte des données et faible valorisation pour la gestion, faute d'un outil de saisie et de bancarisation spécifique au suivi des herbiers. • Au démarrage, le suivi participatif encadré est plus coûteux qu'un suivi réalisé par un bureau d'études, en raison de la formation et de l'encadrement nécessaires des observateurs jusqu'à leur autonomie dans la collecte des données.

Opportunités	Menaces
• Contribution à l'acquisition de données sur un écosystème bioindicateur des impacts anthropiques et climatiques, à l'échelle locale, régionale et globale. • Soutien aux sciences citoyennes, favorisant la participation du public à la recherche et à la conservation. • Données utiles pour la gestion des herbiers de Nouvelle-Calédonie, écosystèmes d'intérêt patrimonial. • Suivi de l'état des herbiers inscrits au patrimoine mondial. • Apport aux innovations technologiques, en continuité avec les travaux menés par SOPRONER, Islands Robotics et le WWF sur la détection et le suivi des herbiers. • Contribution au rapportage national sur l'état des herbiers de Nouvelle-Calédonie. • Mise en place d'un suivi à l'échelle Pays, renforçant la collaboration entre gestionnaires et acteurs de la préservation. • Relance du déploiement de BD Récif en Nouvelle-Calédonie, pour structurer la bancarisation des données. • Valorisation du besoin d'un outil de gestion des données, idéalement en synergie avec d'autres bases (tortues, récifs, dugongs...). • Test et adaptation de la méthode spatialisée d'évaluation rapide SEARAM en Nouvelle-Calédonie, avec le soutien éventuel de l'IFRECOR. • Renforcement de l'éducation environnementale, favorisant la sensibilisation du public à cet écosystème. • Mutualisation des données et des moyens, facilitant l'alimentation d'autres plans d'actions (PAD, PAT) et projets de recherche (ex. Poséidon) et renforçant les liens entre les acteurs œuvrant pour la préservation des herbiers de Nouvelle-Calédonie.	• Le financement des suivis environnementaux reste incertain, tant à court qu'à long terme, en raison du contexte économique actuel en Nouvelle-Calédonie, qui ne permet pas de garantir leur pérennité. • Risque de démobilisation des observateurs, nécessitant une réflexion sur l'opportunité d'un système de rétribution financière ou matérielle pour les volontaires. • Étendue du territoire à couvrir, avec trois provinces impliquant des coûts élevés et une mobilisation humaine importante. • Dépendance aux conditions météorologiques, l'écosystème étant majoritairement en bordure de côte, exposé à la houle et au vent, et situé en milieu peu profond, ce qui peut entraver la collecte des données. • Sur certains sites prioritaires, comme l'AMP de Nekoroo (province Nord), la faible visibilité sous-marine peut compromettre l'application du protocole de suivi proposé.

4.8 Sélection des sites

La consultation des membres du GT Herbiers et l'analyse des études menées sur les herbiers du territoire ont permis d'établir un premier plan d'échantillonnage, regroupant des zones d'intérêt particulier et celles disposant de données historiques (Tableau 16 et ANNEXE 3).

Une cinquantaine de zones ont été pré-identifiées pour l'implantation de stations de suivi : 8 en province des Îles Loyauté, 16 en province Nord et 32 en province Sud.

- En province des îles Loyauté : en l'absence de cartes de répartition des herbiers, les zones ont été proposées suite aux investigations de terrain menées dans le cadre du projet ABC (Atlas de Biodiversité Communale) entre mars et mai 2025.
- En province Nord : plusieurs localisations fournies par le SMRA se situent dans le périmètre du patrimoine mondial, mais l'emplacement précis des herbiers à suivre n'est pas connu. Cette sélection sera affinée lors de la phase pilote, au travers de concertations avec les acteurs locaux, et en se basant sur les données d'observation des dugongs et tortues (survolés aériens et tracking).
- En province Sud : le plan d'échantillonnage présente un déséquilibre, avec :
 - Aucune zone proposée sur la côte est et seulement deux dans le Grand Sud, correspondant à d'anciens suivis ou inventaires.
 - Une concentration élevée de stations sur Nouméa (11 zones) et Bourail (6 zones).

Lors de la réunion de présentation de la Phase 1 du projet (ANNEXE 4) et dans les jours qui ont suivi, les gestionnaires ont été invités à se prononcer sur les sites à suivre prioritairement et les observateurs qui participeraient à la collecte des données.

En province Nord, quatre sites ont été proposés :

- **L'AMP de Kan Gunu** (commune de Kaala Gomen), aire de gestion durable des ressources, notamment concernant les holothuries présentes au sein des herbiers du plateau des massacres.
- **L'îlot Balabio** (commune de Ouégoa), inclus au sein de la Zone Côtière Nord Est inscrite au patrimoine mondial, connu pour son vaste herbier dense et sa concentration de dugongs.
- **L'AMP de Nekoroo** (commune de Poya), réserve naturelle intégrale, dont les herbiers ont été décrits et cartographiés.
- **L'AMP de Hyabé / Lé Jao** (commune de Pouébo), comprenant des zones catégorisées en aires de gestion durable des ressources et des zones de réserves de nature sauvage, incluse au sein de la Zone Côtière Nord Est inscrite au patrimoine mondial, où la présence d'herbier est à confirmer.

Les observateurs de terrain seraient prioritairement recrutés au sein des associations de gestion ou groupes de personnes impliquées dans la gestion de chaque zone (groupe technique de l'AGDR de Kan Gunu, membres du groupe de gestion de l'AMP de Nekoroo, association de gestion de l'AMP de Hyabé / Lé Jao), complétés des résidents des communes concernées, et avec l'appui des agents de la province Nord.

En province Sud, quatre sites ont été proposés :

- **La zone de Poé-Deva** (commune de Bourail), incluse au sein du Parc marin de la Zone Côtière Ouest inscrit au patrimoine mondial et de la réserve naturelle de Poé, caractérisée par un large herbier dense en extension, fréquentée par des espèces emblématiques (tortues, dugongs), à proximité d'une aire éducative, et haut lieu du tourisme local (baignade, activités nautiques). Certaines zones ont été étudiées : données historiques existantes.
- **L'îlot Maître** (commune de Nouméa), aire de gestion durable des ressources, dont l'herbier est connu sans toutefois avoir été étudié, soumis à de fortes pressions liées aux activités nautiques, et caractérisé par l'abondance des tortues juvéniles.

- **L'îlot Signal** (commune de Nouméa), aire de gestion durable des ressources, dont l'herbier est connu sans toutefois avoir été étudié. Cette zone présenterait un intérêt en tant que zone témoin de l'îlot Maître : la fréquentation humaine y est moindre mais les tortues y sont très abondantes.
- **La zone de Moindou** (commune de Moindou), incluse au sein du Parc marin de la Zone Côtière Ouest inscrit au patrimoine mondial, où la présence d'herbier est validée sans toutefois avoir été étudié, et qui fréquentée par des dugongs et des tortues marines.

L'association Pala Dalik a été proposée pour réaliser les suivis de la province Sud, étant donné le profil de ses bénévoles (plongeurs sous-marins), le cadre réglementaire dans lequel elle s'inscrit, et son expérience en matière de suivi des récifs coralliens.

En province des îles Loyauté, trois sites ont été proposés :

- **La zone de Saint Joseph** (commune d'Ouvéa), où la présence d'un vaste herbier dense a été confirmée lors de l'Atlas de Biodiversité Communale marin des Loyauté en mars 2025.
- **La baie d'Easo** (commune de Lifou), où la présence d'herbier a été confirmée lors de l'Atlas de Biodiversité Communale marin des Loyauté en avril 2025.
- **La baie de Mebuet** (commune de Maré) où la présence d'herbier a été confirmée lors de l'Atlas de Biodiversité Communale marin des Loyauté en mai 2025.

Pour la collecte des données de terrain, les observateurs du RORC seraient à privilégier : Pala Dalik ou les observateurs RORC en apnée pour la baie d'Easo, l'ASBO pour la zone de Saint Joseph, et les observateurs RORC en apnée pour la baie de Mebuet.

Tableau 16 : Zones proposées pour la mise en place d'un suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie. Les sites en rouge marqués d'un astérisque sont jugés prioritaires.

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Easo *	Lifou	Îles Loyauté	Non	Données historiques existantes. Herbier délimité et caractérisé au cours du projet ABC îles Loyauté. Large herbier dense, présent depuis au moins les années 80. Il était autrefois plus dense mais couvrait la même surface. Il a disparu à partir de l'arrivée des croisiéristes (1994) et suite au passage du cyclone Béti (1996), puis est réapparu pendant le Covid (2021). Aujourd'hui il semble s'être étendu et densifié. Zone de nourrissage des tortues.	Non	Méthode du point fixe (100m ²) : poissons, invertébrés, nature du fond, niveau de fragmentation. Méthode des quadrats (50 cm de côté) : taux de recouvrement en phanérogames et macroalgues, hauteur de la canopée, richesse spécifique.	2025	PIL-CORTEX-Habitants de Lifou	Glwadys Bako (DENV PIL)
Luengöni	Lifou	Îles Loyauté	Non	Données historiques existantes. Herbier délimité et caractérisé au cours du projet ABC îles Loyauté. Zone restreinte d'herbier épars. D'après un résident de la zone, l'herbier apparaît et disparaît selon les mouvements de sable. Il y a 20 ans, un dugong fréquentait la zone.	Non	Idem ci-dessus	2025	PIL-CORTEX-Habitants de Lifou	Glwadys Bako (DENV PIL)
Eni	Maré	Îles Loyauté	Non	Données historiques existantes. Herbier délimité et caractérisé au cours du projet ABC îles Loyauté. Zone très restreinte d'herbier épars.	Non	Idem ci-dessus	2025	PIL-CORTEX-Habitants de Maré	Glwadys Bako (DENV PIL)
Mebuet * (baie des tortues)	Maré	Îles Loyauté	Non	Données historiques existantes. Herbier délimité et caractérisé au cours du projet ABC îles Loyauté. L'herbier couvre la totalité de la baie de Mebuet. Il est en régression suite au passage des cyclones en 2021 (arrachage), depuis il se régénère. Pressions : exondation à marée basse + résurgences d'eau douce + broutage des tortues + piétinement par les baigneurs (zone touristique locaux et internationaux). Zone d'abondance des tortues vertes, de toutes tailles. A priori pas de sites de ponte sur la plage.	Non	Idem ci-dessus	2025	PIL-CORTEX-Habitants de Maré	Glwadys Bako (DENV PIL)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Hnyimàk	Ouvéa	Îles Loyauté	Non	Données historiques existantes. Suivi du patrimoine mondial (station OU24). Herbier délimité et caractérisé au cours du projet ABC Îles Loyauté (2025). Herbier dense, crabes de palétuviers, beaucoup de poissons.	En stand-by	Suivi PM : taux de recouvrement total per la méthode du LIT (1 transect de 50m). ABC PIL : Méthode du point fixe (100m ²) : poissons, invertébrés, nature du fond, niveau de fragmentation. Méthode des quadrats (50 cm de côté) : taux de recouvrement en phanérogames et macroalgues, hauteur de la canopée, richesse spécifique.	Suivi PM : 2008, 2013 ABC PIL : 2025	Suivi PM : Ibulu (2008), CORTEX (2013) ABC PIL : PIL-CORTEX-ASBO	Sandrine Job (CORTEX)
Hwadrilla	Ouvéa	Îles Loyauté	Non	Données historiques existantes. Etat initial dans le cadre de la reconstruction du quai de Hwadrilla. Pas de suivi temporel.	Non	Description de la nature des fonds par LIT 20m. Plusieurs disposés tout autour du quai.	2009	Sandrine Job	Auguste Omniwack (ASBO)
Lekine	Ouvéa	Îles Loyauté	Non	Données historiques existantes. Herbier délimité et caractérisé au cours du projet ABC Îles Loyauté. Herbier autrefois plus dense et plus étendu. Actuellement très épars et restreint à la bande littorale.	Non	Méthode du point fixe (100m ²) : poissons, invertébrés, nature du fond, niveau de fragmentation. Méthode des quadrats (50 cm de côté) : taux de recouvrement en phanérogames et macroalgues, hauteur de la canopée, richesse spécifique.	2025	PIL-CORTEX-ASBO	Auguste Omniwack (ASBO)
St Joseph *	Ouvéa	Îles Loyauté	Non	Données historiques existantes. Herbier délimité et caractérisé au cours du projet ABC Îles Loyauté. Large zone d'herbier dense. Zone de mouillage des bateaux des pêcheurs.	Non	Idem ci-dessus	2025	PIL-CORTEX-ASBO	Auguste Omniwack (ASBO)
Bélep	Bélep	Nord	Oui	Site inscrit au patrimoine mondial.	Non				Josina Tiavouane et Sophie Katrawi (SMRA PN)
Yeega	Hienghène	Nord	Oui	Site inscrit au patrimoine mondial et AMP de Yeega.	Non				Josina Tiavouane et Sophie Katrawi (SMRA PN)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Balabio *	Ouégoa	Nord	Non	Site inscrit au patrimoine mondial. Zone d'abondance moyenne en dugongs. Large herbier dense. Suivi historique par l'IRD.	Non	Non communiqués	Non communiquées	IRD	Josina Tiavouane, Sophie Katrawi (SMRA PN) et Solène Derville (IRD)
Poindimié	Poindimié	Nord	Oui	Site inscrit au patrimoine mondial.	Non				Josina Tiavouane et Sophie Katrawi (SMRA PN)
AMP de Hyabé / Lé Jao *	Pouébo	Nord	Oui	Site inscrit au patrimoine mondial et AMP de Hyabé / Lé Jao.	Non				Josina Tiavouane et Sophie Katrawi (SMRA PN)
Baie de Banaré	Poum	Nord	Oui	Site inscrit au patrimoine mondial. Zone d'abondance élevée des dugongs. Herbier profond, zone de nourrissage probable.	Non				Josina Tiavouane, Sophie Katrawi (SMRA PN) et Solène Derville (IRD)
Poum	Poum	Nord	Oui	Site inscrit au patrimoine mondial.	Non				Josina Tiavouane et Sophie Katrawi (SMRA PN)
AMP de Nekoroo *	Poya	Nord	Non	Données historiques existantes. Inventaires (2016) et cartographie des fonds marins à partir d'imagerie satellitaire haute résolution Pléiade couplé avec vérité terrain (2017).	Non	Echantillonnage stratifié par habitat. Dix-huit points d'observation au sein de l'AMP. Inventaire des espèces présentes et du niveau de densité (à dire d'expert).	2016	Inventaires : Biocénose ; Cartographie : INSIGHT	Josina Tiavouane et Sophie Katrawi (SMRA PN)
Ilot Grimault	Poya	Nord	Non	Données historiques existantes. Campagne terrain UBO-IRD dans le cadre de l'action nationale herbiers mutualisée IFRECOR-OFB.	Non	Quadrats (50 cm) : richesse spécifique, recouvrement total et par espèce, macrofaune benthique. LIT 50 m : taux de fragmentation. Transect à largeur fixe (2m) : turbidité, relief, macrofaune benthique. Collecte de plants pour analyses en laboratoire (isotopes, éléments traces métalliques et nutriments) et mesures biométriques.	2022	UBO-IRD	Fanny Kerninon (IFRECOR national)
Ilot Didot	Poya	Nord	Non	Données historiques existantes. Campagne terrain UBO-IRD dans le cadre de l'action nationale herbiers mutualisée IFRECOR-OFB.	Non	Idem ci-dessus	2022	UBO-IRD	Fanny Kerninon (IFRECOR national)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Touho (Koé)	Touho	Nord	Non	Site inscrit au patrimoine mondial. Herbier intéressant à suivre selon Hô-üt.	Non				Josina Tiavouane, Sophie Katrawi (SMRA PN) et Amaury Durbano (Hô-üt)
Plateau des massacres *	Voh	Nord	Non	AMP Kan-Gunu. Zone de densité importante des dugongs. Herbier peu profond pouvant être suivi en apnée.	Non				Josina Tiavouane, Sophie Katrawi (SMRA PN), Claude Payri et Solène Derville (IRD)
KNS (1 à 5)	Voh, Koné, Pouembout	Nord	Non	Données historiques existantes. Suivi des herbiers dans le cadre du suivi des impacts de l'exploitation minière de KNS.	Oui	25 stations, catégorisées en 5 grands types d'habitats, 10 quadrats par station, taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames.	Fréquence annuelle de 2011 à 2025	SOPRONER	Tom Heintz (SOPRONER)
Oundjo	Voh	Nord	Non	Données historiques existantes. Campagne terrain UBO-IRD dans le cadre de l'action nationale herbiers mutualisée IFRECOR-OFB.	Non	Quadrats (50 cm) : richesse spécifique, recouvrement total et par espèce, macrofaune benthique. LIT 50 m : taux de fragmentation. Transect à largeur fixe (2m) : turbidité, relief, macrofaune benthique. Collecte de plants pour analyses en laboratoire (isotopes, éléments traces métalliques et nutriments) et mesures biométriques.	2022	UBO-IRD	Fanny Kerninon (IFRECOR national)
Vavouto-mine	Voh	Nord	Non	Données historiques existantes. Campagne terrain UBO-IRD dans le cadre de l'action nationale herbiers mutualisée IFRECOR-OFB.	Non	Idem ci-dessus	2022	UBO-IRD	Fanny Kerninon (IFRECOR national)
AME Creek Salé	Bourail	Sud	Non	Projet scolaire AEE (Aire Educative Environnementale) depuis 7 ans avec le collège Sacré Cœur de Bourail. Reconnaissance par caméra avec le MNHN. Sources de dégradation caractérisées.	Non				Carole Bernard (CIE)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Cap Goulvain	Bourail	Sud	Non	Certainement le plus gros Hotspot de dugongs de Nouvelle-Calédonie. En hiver, regroupements à l'extérieur de la barrière et dans les chenaux. Les données de tracking montrent que les dugongs viennent s'alimenter sur cette zone la nuit. Projet Poséidon (IRD) en cours, subventionné par la Province Sud et à priori sur le long terme.	Non				Solène Derville (IRD)
Du cap Goulvain à la MDF	Bourail	Sud	Non	Herbier cartographié en 2014 depuis le cap Goulvain jusqu'à la mutuelle des fonctionnaires. Analyse diachronique de l'évolution de l'étendue spatiale 1943-2014 de l'herbier de la partie Sud du lagon de Poe.	Non			CORTEX (terrain) et SEACOAST (cartographie)	Sandrine Job (CORTEX)
Creek Salé	Bourail	Sud	Non	Données historiques existantes. Etat initial réalisé dans le cadre du suivi des impacts de l'implantation de stations d'épuration sur le secteur de Poé.	En stand-by	5 stations (4 impact et 1 témoin, commune avec le suivi des impacts du Sheraton Deva). Chaque station = 10 quadrats + 4 LIT de 20m. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames, hauteur de la canopée, charge en épiphytes, couverture algale, invertébrés, perturbations, fragmentation, mitage.	2021	CORTEX	Sandrine Job (CORTEX)
Deva *	Bourail	Sud	Non	Données historiques existantes. Suivi des herbiers dans le cadre du suivi des impacts de l'exploitation du Domaine de Deva.	Terminé	4 stations (3 impact et 1 témoin, commune avec le suivi des impacts de Poe). Chaque station = 10 quadrats + 4 LIT de 20m. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames, hauteur de la canopée, charge en épiphytes, couverture algale, invertébrés, perturbations, fragmentation, mitage.	Fréquence annuelle de 2015 à 2017 puis 2019	CORTEX	Sandrine Job (CORTEX)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Poe *	Bourail	Sud	Non	Données historiques existantes. Etat initial réalisé dans le cadre du suivi des impacts de l'implantation de stations d'épuration sur le secteur de Poé.	En stand-by	5 stations (4 impact et 1 témoin, commune avec le suivi des impacts du Sheraton Deva). Chaque station = 10 quadrats + 4 LIT de 20m. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames, hauteur de la canopée, charge en épiphytes, couverture algale, invertébrés, perturbations, fragmentation, mitage.	2021	CORTEX	Sandrine Job (CORTEX)
Apogoti	Dumbéa	Sud	Non	Données historiques existantes. Suivi de l'extension et de la vitalité des herbiers de la baie d'Apogoti dans le cadre du suivi des impacts de la ZAC Panda.	En stand-by	20 patches d'herbiers (= 20 stations). Chaque station = 5 quadrats. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames, hauteur de la canopée. Extension spatiale par télédétection et relevés manuels GPS.	Fréquence bisannuelle de 2016 à 2023	SOPRONER puis CORTEX (terrain) et SEACOAST (cartographie)	Sandrine Job (CORTEX)
Nouré	Dumbéa	Sud	Non	Données historiques existantes. Etat initial réalisé dans le cadre du suivi des impacts de la construction d'un port de plaisance.	En stand-by	2 stations. Chaque station = 20 quadrats + 4 LIT de 20m. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames, hauteur de la canopée, charge en épiphytes, couverture algale, invertébrés, perturbations, fragmentation, mitage.	2022	CORTEX	Sandrine Job (CORTEX)
Kanuméra	Ile des Pins	Sud	Non	Herbier cartographié en 2014. Analyse diachronique de l'évolution de l'étendue spatiale 1954-2014.	Non			Terrain : CORTEX Cartographie : SEACOAST	Sandrine Job (CORTEX)
Ouano (baie de Chambeyron)	La Foa	Sud	Non	Données historiques existantes. Suivi temporel dans le cadre de l'étude d'impact pour la construction d'une ferme aquacole. Zone de densité importante de dugongs.	Non	13 stations. Un transect de 50 m par station. Technique des quadrats (10 cm de côté, 10 quadrats par transect) : comptage des faisceaux + prélèvement pour mesures biométriques et évaluation biomasse.	1995-1999, fréquence semestrielle	IRD	Solène Derville (IRD)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
AME Ricaudy	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes. Projet scolaire AEE (Aire Educative Environnementale) depuis 2015 avec le collège Mariotti). Grandes variations dans la composition spécifique et dans la densité des plants, très rapides (d'un mois sur l'autre). Zone de diversité floristique : 8 espèces de phanérogames. Les sources de dégradation ont été caractérisées, la plus importante est le piétinement aux grandes marées basses (pêche à pied et zone de découverte de l'herbier par les scolaires : AEE, UNC), présence d'exutoires d'eaux pluviales.	En cours	Herbier et faune associée : inventaires et échantillonnages aléatoires au sein du platier, prises de photos et enregistrement I-Naturalist.	Fréquence semestrielle depuis 2015	CIE	Carole Bernard (CIE)
Anse Vata	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes. Etat initial réalisé dans le cadre du suivi des travaux d'aménagement de l'anse Vata et du stockage des matériaux de chantier sur le terre-plein du Ouen Toro. Pas de suivi temporel.	Terminé	10 stations sur le linéaire de l'anse Vata. Chaque station = 5 quadrats. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames.	2022	CORTEX	Sandrine Job (CORTEX)
Aquarev	Nouméa	Sud	Non	Herbier magnifique, particulièrement dense et feuilles bien développées (haute canopée). Pas d'inventaires réalisés.	Non				Carole Bernard (CIE)
Baie des Citrons	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes. Suivi des herbiers dans le cadre du suivi des impacts du réaménagement de la plage de la Baie des Citrons (rechargement en sable).	Terminé	4 stations (3 impact, 1 témoin). Chaque station = 5 quadrats. 6 LIT de 50m sur l'ensemble de la baie. Suivi de la limite côtière par relevé manuel GPS. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames, hauteur de la canopée, charge en épiphytes, couverture algale, invertébrés, perturbations, fragmentation, mitage.	Fréquence semestrielle de 2012 à 2016	CORTEX	Sandrine Job (CORTEX)
Croissant	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes, acquises dans le cadre d'une étude de faisabilité pour le suivi des herbiers en utilisant les nouvelles technologies (photogrammétrie assistée de l'IA). Trois méthodes testées et comparées pour l'acquisition de données/photos : quadrats par plongeurs, photos par plongeurs et vidéo/sonar par drone sous-marin.	Non	Observations par plongeurs : 3 transects de 20m par station, un quadrat tous les 2m, taux de recouvrement total et par espèce. Photogrammétrie : présence/absence des herbiers.	2024	SOPRONER et Islands Robotics	Tom Heintz (SOPRONER)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Sèche Croissant	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes. Campagne terrain UBO-IRD dans le cadre de l'action nationale herbiers mutualisée IFRECOR-OFB.	Non	Quadrats (50 cm) : richesse spécifique, recouvrement total et par espèce, macrofaune benthique. LIT 50 m : taux de fragmentation. Transect à largeur fixe (2m) : turbidité, relief, macrofaune benthique. Collecte de plants pour analyses en laboratoire (isotopes, éléments traces métalliques et nutriments) et mesures biométriques.	2022	UBO-IRD	Fanny Kerninon (IFRECOR national)
IRD	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes, acquises dans le cadre d'une étude de faisabilité pour le suivi des herbiers en utilisant les nouvelles technologies (photogrammétrie assistée de l'IA). Trois méthodes testées et comparées pour l'acquisition de données/photos : quadrats par plongeurs, photos par plongeurs et vidéo/sonar par drone sous-marin. Zone de concentration des dugongs, possiblement une zone d'alimentation. Plongées d'observation réalisées dans le cadre du projet « Sciences en herbe ». Herbier profond (13-14m).	Non	Observations par plongeurs : 3 transects de 20m par station, un quadrat tous les 2m, taux de recouvrement total et par espèce. Photogrammétrie : présence/absence des herbiers.	2024	SOPRONER et Islands Robotics	Tom Heintz (SOPRONER) et Solène Derville (IRD)
Magenta	Nouméa	Sud	Non	Herbier riche, dense et dynamique. Nombreuses pressions humaines (piétinement, eaux usées, eaux pluviales, pêche...)	Non				Carole Bernard (CIE)
Kouéta	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes. Suivi des herbiers dans le cadre du suivi des impacts du stockage des déchets inertes en baie de Koutio-Kouéta.	En cours	4 stations (3 impact, 1 témoin). Chaque station = 5 quadrats + 1 LIT de 50m. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames, hauteur de la canopée, charge en épiphytes, couverture algale, invertébrés, perturbations, fragmentation, mitage.	Fréquence annuelle depuis 2014	CORTEX puis SOPRONER	Sandrine Job (CORTEX)
Maitre *	Nouméa	Sud	Non	Hot-spot de fréquentation des tortues vertes (lieu précis non communiqué). Haut niveau de pression par la fréquentation humaine. Cet herbier serait intéressant à suivre sur le long terme en parallèle d'une gestion des impacts.	Non				Tyffen Read (DDDT PS) et Claude Payri (IRD)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Ilot Maître *	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes. Campagne terrain UBO-IRD dans le cadre de l'action nationale herbiers mutualisée IFRECOR-OFB.	Non	Quadrats (50 cm) : richesse spécifique, recouvrement total et par espèce, macrofaune benthique. LIT 50 m : taux de fragmentation. Transect à largeur fixe (2m) : turbidité, relief, macrofaune benthique. Collecte de plants pour analyses en laboratoire (isotopes, éléments traces métalliques et nutriments) et mesures biométriques.	2022	UBO-IRD	Fanny Kerninon (IFRECOR national)
Larégnère	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes. Campagne terrain UBO-IRD dans le cadre de l'action nationale herbiers mutualisée IFRECOR-OFB.	Non	Idem ci-dessus	2022	UBO-IRD	Fanny Kerninon (IFRECOR national)
Méridien	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes, acquises dans le cadre d'une étude de faisabilité pour le suivi des herbiers en utilisant les nouvelles technologies (photogrammétrie assistée de l'IA). Trois méthodes testées et comparées pour l'acquisition de données/photos : quadrats par plongeurs, photos par plongeurs et vidéo/sonar par drone sous-marin.	Non	Observations par plongeurs : 3 transects de 20m par station, un quadrat tous les 2m, taux de recouvrement total et par espèce. Photogrammétrie : présence/absence des herbiers.	2024	SOPRONER et Islands Robotics	Tom Heintz (SOPRONER)
Ouen Toro	Nouméa	Sud	Non	Données historiques existantes. Etat initial mené dans le cadre du suivi des travaux d'aménagement de l'anse Vata et du stockage des matériaux de chantier sur le terre-plein du Ouen Toro. Pas de suivi temporel.	Terminé	10 stations sur le linéaire de l'anse Vata. Chaque station = 5 quadrats. Taux de recouvrement total et par espèce, composition en espèces de phanérogames.	2022	CORTEX	Sandrine Job (CORTEX)
Signal *	Nouméa	Sud	Non	Zone de fréquentation importante des tortues vertes (lieu précis non communiqué).	Non				Tyffen Read (DDDT PS)
Lange	Paita	Sud	Non	Données historiques existantes. Cartographie de l'herbier de l'îlot Lange dans le cadre du projet d'implantation de bouées de mouillage pour les plaisanciers.	Non	Estimation visuelle du recouvrement total en herbiers et composition en espèces de phanérogames marines pour les besoins de la cartographie.	2023	Terrain : SOPRONER Cartographie : INSIGHT	Tom Heintz (SOPRONER)

Nom du site	Commune	Province	Présence d'herbiers à vérifier	Justification de la sélection du site de suivi	Site actuellement suivi	Paramètres mesurés et méthode	Période ou années de suivi et fréquence	Collecteur des données	Localisation proposée par
Baie Kwé	Yaté	Sud	Non	Données historiques existantes. Campagne terrain UBO-IRD dans le cadre de l'action nationale herbiers mutualisée IFRECOR-OFB.	Non	Quadrats (50 cm) : richesse spécifique, recouvrement total et par espèce, macrofaune benthique. LIT 50 m : taux de fragmentation. Transect à largeur fixe (2m) : turbidité, relief, macrofaune benthique. Collecte de plants pour analyses en laboratoire (isotopes, éléments traces métalliques et nutriments) et mesures biométriques.	2022	UBO-IRD	Fanny Kerninon (IFRECOR national)
Baie Kwé	Yaté	Sud	Non	Données historiques existantes. Suivi des herbiers dans le cadre du suivi des impacts de l'exploitation minière de PRNC.	Oui	4 stations. Chaque station = 4 quadrats. Densité des faisceaux et composition en espèces de phanérogames.	Fréquence triennale depuis 2014	AQUATERRA	Sandrine Job (CORTEX)

4.9 Analyses statistiques des données de suivi

4.9.1 Principes généraux

Les analyses statistiques sont un outil essentiel pour diagnostiquer de manière rigoureuse l'état des herbiers. Elles permettent de détecter des évolutions significatives, mais ne se substituent pas à l'expertise scientifique, seule habileté à interpréter les résultats. Ces analyses peuvent porter sur trois types de comparaisons :

- Spatiales (entre stations ou sites),
- Temporelles (entre campagnes sur une même station),
- Ou spatio-temporelles (comparaison de l'évolution entre une zone sous pression et une zone de référence).

Elles ne permettent pas de comparer les résultats à des normes réglementaires, ce qui relève d'une autre démarche.

Les analyses ne peuvent être menées que si les paramètres sont exprimés sous forme quantitative (valeurs numériques ou pourcentages), avec un nombre suffisant de réplicats pour prendre en compte la variabilité naturelle. Les indices ou catégories ne permettent pas d'analyse statistique rigoureuse.

De manière générale, lorsqu'un plan de suivi repose sur une délimitation fixe des zones d'observation *in situ* (i.e. stations de suivi permanentes), il est recommandé de respecter un niveau minimal de réplication pour garantir la robustesse des analyses statistiques. Selon les préconisations du Guide du Milieu Marin de Nouvelle-Calédonie, ce minimum est fixé à trois unités d'observation pour les dispositifs extensifs comme les transects, et à 10 unités pour les dispositifs plus restreints tels que les quadrats ou les points d'observation.

4.9.2 Structuration de l'échantillonnage et potentialités analytiques

Le protocole prévoit, pour chaque site, deux stations fixes situées dans des contextes contrastés (par exemple : réserve vs hors réserve). Chaque station est composée de trois radiales permanentes, comportant chacune 10 quadrats, soit 30 mesures par station. Ce niveau de réplication permet des analyses statistiques à différentes échelles :

- Par radiale (si pertinent et utile en termes de gestion),
- Par station (échelle principale du diagnostic),
- Par site (si pertinent et utile en termes de gestion),
- Entre groupes de stations ou de sites (si pertinent et utile en termes de gestion).

Le plan de suivi couvre 11 sites d'intérêt prioritaire, sélectionnés par les gestionnaires en fonction de leur importance écologique ou des enjeux de gestion identifiés. Cette sélection répond à des priorités opérationnelles et ne vise pas à représenter statistiquement l'ensemble des herbiers de Nouvelle-Calédonie. Le dispositif permettra ainsi de caractériser l'état des herbiers et d'en suivre l'évolution à l'échelle de chaque station, voire de chaque radiale ou site. Il sera également possible de comparer ces dynamiques entre stations ou groupes de stations. En revanche, ce plan ne permettra pas d'extrapoler ces résultats à l'ensemble des herbiers du territoire.

4.9.3 Types d'analyses selon le contexte

Si les deux stations présentent un contraste marqué de pression, une approche dite « Control-Impact » pourra être utilisée. Elle repose sur des modèles statistiques (ANOVA multifactorielle, modèles linéaires généralisés, etc.) qui permettent d'isoler les effets liés à l'impact. Le facteur d'interaction entre la station et la campagne est alors examiné pour détecter une éventuelle perturbation dans la zone sous pression.

Si ce contraste est absent, une approche plus simple est appliquée, reposant sur des comparaisons :

- Temporelles (entre campagnes sur une même station),
- Ou spatiales (entre stations à un instant donné).

Ces analyses utilisent des tests statistiques univariés (paramétriques ou non selon la nature des données). En cas de résultat significatif, des tests complémentaires (post hoc) sont menés et des graphiques sont produits pour visualiser les tendances.

Ces deux types d'approche sont complémentaires et peuvent être mobilisés ensemble, en fonction des objectifs de suivi et du niveau d'interprétation souhaité.

5. ESTIMATION FINANCIERE DES COUTS DE MISE EN ŒUVRE DU SUIVI DES HERBIERS DE NOUVELLE-CALEDONIE

5.1 Estimation des coûts de mise en œuvre en fonction de différents scénarii de suivi

Pour répondre aux attentes du GT Herbiers concernant le choix du mode de réalisation du suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie - qu'il soit mené par des biologistes marins professionnels ou par des citoyens encadrés - une estimation indicative des coûts est présentée ci-après. Ces montants peuvent varier selon les opérateurs pour les prestations de service et selon les tarifs du marché pour les achats et frais de mission.

Le **Tableau 17** estime le coût d'une cartographie pour un site, réalisée par une société spécialisée, avec des opérations de terrain menées soit par des biologistes marins, soit par des citoyens encadrés conformément à la réglementation, sous la supervision d'un professionnel agréé par la Direction de la Jeunesse et des Sports. En raison de sa technicité, cette prestation ne peut être réalisée par une association ou des citoyens sans encadrement scientifique.

Le coût des images satellites varie selon leur résolution : 10 m pour un satellite non commercial (Sentinel-2, Landsat) et moins de 50 cm pour un satellite commercial (Pléiades, WorldView, SPOT...).

Les frais de transport (aérien ou routier) ne sont pas pris en compte, leurs montants étant dépendants de la localisation de la zone à prospecter. De même, la nécessité d'un bateau dépendra de l'accessibilité des stations de suivi.

Tableau 17 : Estimation sommaire des coûts de cartographie pour un site, selon le mode de réalisation des opérations de terrain.

Poste de dépense	Opérations de terrain réalisées par un bureau d'études privé	Opérations de terrain réalisées par des citoyens encadrés
Acquisition d'une image satellite commerciale existante (surface minimale : 25 km ²)	54 000 FCFP	54 000 FCFP
Acquisition d'une image satellite commerciale non existante (surface minimale : 100 km ²)	312 000 FCFP	312 000 FCFP
Acquisition d'une image satellite Sentinel -2 ou Landsat (résolution : 10 m)	0 FCFP	0 FCFP
Prétraitements et cartographie par une société spécialisée	100 000 FCFP	100 000 FCFP
Vérité terrain (1 jour)	150 000 FCFP	100 000 FCFP
Frais de mission		
Prise en charge des frais des participants (matériel de plongée, frais de bouche, assurances)	-	30 000 FCFP
Location d'un bateau (1 jour)	50 000 FCFP	50 000 FCFP
Frais de bouche et d'hébergement des professionnels (2 personnes)	20 000 FCFP	20 000 FCFP
Montant total cartographie (hors achat de l'image satellite)	320 000 FCFP	300 000 FCFP

Les tableaux suivants estiment le coût du suivi stationnel pour un site (deux à trois stations) selon trois configurations :

Tableau 18 : estimation des coûts pour la première année de suivi.

- **Tableau 19** : estimation des coûts pour les années suivantes avec encadrement scientifique.
- **Tableau 20** : estimation des coûts pour les années suivantes sans encadrement scientifique.

Les coûts sont évalués en fonction du mode de réalisation du suivi :

- Par des biologistes marins au sein d'un bureau d'études privé.
- Par des citoyens encadrés par un biologiste marin, assisté, en conformité avec la réglementation calédonienne, par un éducateur sportif déclaré à la Direction de la Jeunesse et des Sports (un encadrant pour 12 personnes maximum).
- Par une association agréée et assurée pour mener des activités subaquatiques, préalablement formée aux techniques de suivi par un biologiste marin professionnel.

En raison de la technicité de la démarche, le suivi stationnel ne peut être réalisé de manière autonome par une association ou des citoyens sans encadrement scientifique durant les premières années (généralement 5 ans).

Les frais de transport (aérien ou routier) ne sont pas pris en compte, leurs montants étant dépendants de la localisation des stations de suivi. De même, la nécessité d'un bateau dépendra de l'accessibilité des sites.

Tableau 18 : Estimation des coûts du suivi stationnel pour un site, pour l'année 1, selon le mode de réalisation des opérations de terrain.

Postes de dépense	Opérations de terrain réalisées par un bureau d'études privé	Opérations de terrain réalisées par des citoyens encadrés	Opérations de terrain réalisées par une association agréée et assurée
<i>Moyens humains professionnels déployés</i>	<i>Deux biologistes marins</i>	<i>Un biologiste marin Un encadrant déclaré à la DJS</i>	<i>Un biologiste marin</i>
Formation aux techniques de suivi	-	100 000 FCFP	65 000 FCFP
Prospection et implantation des stations de suivi	150 000 FCFP	100 000 FCFP	65 000 FCFP
Suivi des stations	300 000 FCFP	200 000 FCFP	130 000 FCFP
Frais de mission			
Matériel d'implantation des stations de suivi	50 000 FCFP	50 000 FCFP	50 000 FCFP
Matériel de suivi	50 000 FCFP	50 000 FCFP	50 000 FCFP
Prise en charge des frais des participants	-	50 000 FCFP	50 000 FCFP
Location d'un bateau	150 000 FCFP	200 000 FCFP	200 000 FCFP
Frais de bouche et d'hébergement des professionnels	100 000 FCFP	100 000 FCFP	50 000 FCFP
Montant total suivi stationnel année 1	800 000 FCFP	850 000 FCFP	660 000 FCFP

Tableau 19 : Estimation des coûts du suivi stationnel pour un site, pour les années ultérieures, avec encadrement scientifique, selon le mode de réalisation des opérations de terrain.

Postes de dépense	Opérations de terrain réalisées par un bureau d'études privé	Opérations de terrain réalisées par des citoyens encadrés	Opérations de terrain réalisées par une association agréée et assurée
<i>Moyens humains professionnels déployés</i>	<i>Deux biologistes marins</i>	<i>Un biologiste marin Un encadrant déclaré à la DJS</i>	<i>Un biologiste marin</i>
Formation aux techniques de suivi	-	100 000 FCFP	65 000 FCFP
Suivi des stations	300 000 FCFP	200 000 FCFP	130 000 FCFP
Frais de mission			
Matériel d'entretien des stations de suivi	25 000 FCFP	25 000 FCFP	25 000 FCFP
Matériel de suivi	15 000 FCFP	15 000 FCFP	15 000 FCFP
Prise en charge des frais des participants		50 000 FCFP	50 000 FCFP
Location d'un bateau	100 000 FCFP	150 000 FCFP	150 000 FCFP
Frais de bouche et d'hébergement des professionnels	70 000 FCFP	70 000 FCFP	35 000 FCFP
Montant total suivi stationnel années ultérieures sous supervision scientifique	510 000 FCFP	610 000 FCFP	470 000 FCFP

Tableau 20 : Estimation des coûts du suivi stationnel pour un site, pour les années ultérieures, sans encadrement scientifique, selon le mode de réalisation des opérations de terrain.

Postes de dépense	Opérations de terrain réalisées par un bureau d'études privé	Opérations de terrain réalisées par des citoyens encadrés	Opérations de terrain réalisées par une association agréée et assurée
<i>Moyens humains professionnels déployés</i>	<i>Deux biologistes marins</i>	<i>Un encadrant déclaré à la DJS</i>	
Formation aux techniques de suivi	-	-	-
Suivi des stations	300 000 FCFP	70 000 FCFP	-
Frais de mission			
Matériel d'entretien des stations de suivi	25 000 FCFP	25 000 FCFP	25 000 FCFP
Matériel de suivi	15 000 FCFP	15 000 FCFP	15 000 FCFP
Prise en charge des frais des participants		50 000 FCFP	50 000 FCFP
Location d'un bateau	100 000 FCFP	100 000 FCFP	100 000 FCFP
Frais de bouche et d'hébergement des professionnels	70 000 FCFP	35 000 FCFP	
Montant total suivi stationnel années ultérieures sans supervision scientifique	510 000 FCFP	295 000 FCFP	190 000 FCFP

Le **Tableau 21** synthétise les coûts de la cartographie et du suivi stationnel selon les années, le mode de réalisation des opérations de terrain et les ressources humaines mobilisées. Le tableau précise les moyens humains professionnels nécessaires pour assurer ces missions. Ces montants sont susceptibles d'évoluer en fonction des lieux de suivi, les coûts de transport n'étant pas inclus.

Tableau 21 : Synthèse des coûts de la cartographie et du suivi stationnel, selon les années et le mode de réalisation des opérations de terrain, avec les moyens humains professionnels mobilisés.

Postes de dépense et moyens humains professionnels à mobiliser	Opérations de terrain réalisées par un bureau d'études privé	Opérations de terrain réalisées par des citoyens encadrés	Opérations de terrain réalisées par une association agréée et assurée
Cartographie (hors achat image)	320 000 FCFP	300 000 FCFP	-
Moyens humains professionnels	2 biologistes marins	1 biologiste marin, 1 encadrant déclaré à la DJS	-
Suivi stationnel, année 1	800 000 FCFP	850 000 FCFP	660 000 FCFP
Moyens humains professionnels	2 biologistes marins	1 biologiste marin, 1 encadrant déclaré à la DJS	1 biologiste marin
Suivi stationnel, années ultérieures avec supervision scientifique	510 000 FCFP	610 000 FCFP	470 000 FCFP
Moyens humains professionnels	2 biologistes marins	1 biologiste marin, 1 encadrant déclaré à la DJS	1 biologiste marin
Suivi stationnel, années ultérieures sans supervision scientifique	510 000 FCFP	295 000 FCFP	190 000 FCFP
Moyens humains professionnels	2 biologistes marins	1 encadrant déclaré à la DJS	-

En conclusion :

- La cartographie descriptive des herbiers engendre un coût comparable, qu'elle soit réalisée par un bureau d'études ou par des citoyens bénévoles encadrés par un biologiste. Dans le premier cas, la rigueur scientifique est garantie sans dépendance à la disponibilité de bénévoles. Dans le second cas, elle présente l'avantage de servir également de support de formation, constituant une étape d'apprentissage utile pour initier les participants au suivi des herbiers.
- Quelle que soit l'option retenue, la première année de suivi est la plus coûteuse, car elle inclut l'implantation des stations, avec une journée de prestation dédiée et les frais afférents (matériel, déplacements). Le scénario le plus onéreux est celui d'un suivi participatif encadré sous supervision scientifique, mobilisant deux personnels qualifiés : un biologiste marin et un encadrant déclaré à la DJS. Si cette phase est confiée à un bureau d'études, le coût est similaire, mais sans les bénéfices liés à l'implication citoyenne. L'option la plus économique repose sur une association agréée et assurée pour les activités subaquatiques, qui assure bénévolement l'encadrement sécuritaire. Dans ce cas, seul un biologiste marin est mobilisé pour garantir la rigueur scientifique du suivi.
- Une fois les stations implantées, les coûts des suivis ultérieurs varient selon le scénario choisi :
 - Lorsqu'un bureau d'études est mandaté, les coûts restent stables d'une année à l'autre, du fait de la constance des équipes mobilisées et de l'autonomie dans l'exécution du protocole.
 - Dans le cadre d'un suivi participatif, les coûts évoluent en fonction du niveau d'encadrement requis. Les premières années nécessitent un accompagnement renforcé, avec une supervision scientifique indispensable pour assurer la qualité des données, le temps de former les observateurs et de stabiliser une équipe impliquée. Une fois ce noyau constitué, la supervision scientifique peut progressivement être allégée, voire supprimée, réduisant d'autant les coûts du suivi.

5.2 Evaluation des coûts de mise en œuvre des suivis sur les zones sélectionnées et selon un scénario de type « participatif encadré »

Compte tenu de la sélection de sites et des observateurs, une estimation des coûts est fournie ci dessous.

Tableau 22 : Synthèse des coûts de mise en œuvre du suivi des herbiers marins sur les sites sélectionnés selon un mode « participatif encadré » et selon les années.

	Année 1	Années ultérieures avec encadrement et supervision scientifique	Années ultérieures avec encadrement mais sans supervision scientifique	Site	Observateurs	
Prestations de service	260 000 FCFP	200 000 FCFP	0 FCFP	Poé / Deva	Pala Dalik	
Frais de mission	440 000 FCFP	320 000 FCFP	230 000 FCFP			
Montant total HT	700 000 FCFP	520 000 FCFP	230 000 FCFP			
Prestations de service	260 000 FCFP	200 000 FCFP	0 FCFP	Moindou		
Frais de mission	430 000 FCFP	300 000 FCFP	220 000 FCFP			
Montant total HT	690 000 FCFP	500 000 FCFP	220 000 FCFP			
Prestations de service	260 000 FCFP	200 000 FCFP	0 FCFP	Maitre		
Frais de mission	350 000 FCFP	240 000 FCFP	190 000 FCFP			
Montant total HT	610 000 FCFP	440 000 FCFP	190 000 FCFP			
Prestations de service	260 000 FCFP	200 000 FCFP	0 FCFP	Signal		
Frais de mission	350 000 FCFP	240 000 FCFP	190 000 FCFP			
Montant total HT	610 000 FCFP	440 000 FCFP	190 000 FCFP			
Total pour la province Sud	2 610 000 FCFP	1 900 000 FCFP	830 000 FCFP			
Prestations de service	400 000 FCFP	300 000 FCFP	70 000 FCFP	AMP Kan-Gunu	Membres des associations et comités de gestion, résidents locaux et agents provinciaux	
Frais de mission	470 000 FCFP	330 000 FCFP	300 000 FCFP			
Montant total HT	870 000 FCFP	630 000 FCFP	370 000 FCFP			
Prestations de service	400 000 FCFP	300 000 FCFP	70 000 FCFP	AMP Hyabé / Lé Jao		
Frais de mission	500 000 FCFP	350 000 FCFP	250 000 FCFP			
Montant total HT	900 000 FCFP	650 000 FCFP	320 000 FCFP			
Prestations de service	400 000 FCFP	300 000 FCFP	70 000 FCFP	AMP Nekoro		
Frais de mission	470 000 FCFP	330 000 FCFP	230 000 FCFP			
Montant total HT	870 000 FCFP	630 000 FCFP	300 000 FCFP			
Prestations de service	400 000 FCFP	300 000 FCFP	70 000 FCFP	Balabio		
Frais de mission	480 000 FCFP	270 000 FCFP	250 000 FCFP			
Montant total HT	880 000 FCFP	570 000 FCFP	320 000 FCFP			
Total pour la province Nord	3 520 000 FCFP	2 480 000 FCFP	1 310 000 FCFP			
Prestations de service	400 000 FCFP	300 000 FCFP	70 000 FCFP	Saint Joseph	Membres des associations et comités de gestion, résidents locaux et agents provinciaux	
Frais de mission	400 000 FCFP	260 000 FCFP	170 000 FCFP			
Montant total HT	800 000 FCFP	560 000 FCFP	240 000 FCFP			
Prestations de service	400 000 FCFP	300 000 FCFP	70 000 FCFP	Easo		
Frais de mission	400 000 FCFP	260 000 FCFP	170 000 FCFP			
Montant total HT	800 000 FCFP	560 000 FCFP	240 000 FCFP			
Prestations de service	400 000 FCFP	300 000 FCFP	70 000 FCFP	Mebuet		
Frais de mission	400 000 FCFP	260 000 FCFP	170 000 FCFP			
Montant total HT	800 000 FCFP	560 000 FCFP	240 000 FCFP			
Total pour la province des îles Loyauté	2 400 000 FCFP	1 680 000 FCFP	820 000 FCFP			

ANNEXE 1

Questionnaire destiné aux personnes en charge ou impliquées dans le suivi des herbiers marins

Ce questionnaire vise en premier lieu à effectuer un bilan synthétique et une analyse de la situation actuelle concernant le suivi de l'état de santé des herbiers sur le territoire de la Nouvelle-Calédonie. En complément, quelques suivis majeurs en métropole, en outremer et dans le Pacifique, seront investigués afin de bénéficier de retours d'expérience utiles à la définition d'un programme de suivi calédonien.

Ce bilan répond à la demande du comité IFRECOR de Nouvelle-Calédonie associé au programme national d'actions de protection et de gestion durable des herbiers ultramarins.

Les travaux engagés ont pour objectif final la définition des modalités de mise en œuvre d'un suivi des herbiers marins de Nouvelle-Calédonie, incluant un plan d'échantillonnage, la description d'un protocole simple et adapté à l'objectif et l'évaluation des coûts financiers et moyens humains à déployer.

Vous

Nom :

Prénom :

Contact (tel et/ou mail) :

Votre programme de suivi

Nom du programme de suivi :

Période du suivi (date de début - date de fin ou date de début - en cours) :

Lieu(x) de réalisation du suivi :

Enjeu du suivi : ☐ Recherche scientifique ☐ Développement d'un réseau d'observateurs citoyens ☐ Acquisition de données pour la mise en place de mesures de préservation ☐ Autre (spécifier)

Fréquence des suivis : ☐ Semestrielle ☐ Annuelle ☐ Bisannuelle ☐ Trisannuelle ☐ Autre (spécifier)

Espèces de phanérogames considérées : ☐ Herbiers tempérés de Zostères ☐ Herbiers tempérés de Posidonies ☐ Herbiers tropicaux ☐ Autre (spécifier)

Il s'agit d'un suivi : ☐ Axé sur l'habitat herbier uniquement ☐ Basé sur une approche écosystémique

Description détaillée de(s) méthode(s) de suivi :

Descripteurs (données collectées) : ☐ La densité des plants de phanérogames ☐ Le recouvrement en herbiers ☐ La hauteur de la canopée ☐ Le recouvrement en épibiontes ☐ Les invertébrés ☐ Les poissons ☐ Autre (spécifier)

Quel est le niveau de compétence des observateurs ? ☐ Néophyte ☐ Non biologiste marin mais averti ☐ Biologiste marin

S'il s'agit d'un suivi participatif : ☐ Une formation est obligatoire ☐ Une formation n'est pas nécessaire ☐ Les observateurs sont encadrés par un scientifique

Si une formation est requise, quelle est sa durée et comment se déroule t-elle ?

Moyen utilisé pour collecter les données : ☐ Apnée ☐ Plongée autonome ☐ Autre (spécifier)

Profondeur moyenne des herbiers expertisés (en mètres) :

Durée de mise en œuvre d'un suivi (en minutes), par unité de mesure (station, surface...) :

Nombre idéal d'observateurs requis :

La valorisation des données du suivi

Où sont saisies les données collectées ? ☐ Dans une base de données conjointe avec d'autres suivis des herbiers ☐ Dans une base de données propre au collecteur de données ☐ Autre (spécifier)

Les données sont : ☐ Libres d'accès / publiques ☐ Protégées / privées ☐ Accessibles sur autorisation

Quels sont les indicateurs utilisés pour interpréter les résultats : ☐ La densité des plants ☐ La hauteur de la canopée ☐ Autre (spécifier)

Des analyses statistiques sont-elles réalisées ? ☐ Oui ☐ Non - Si oui, lesquelles :

Quels sont les outils de communication utilisés pour rendre compte des résultats ? ☐ Rapport technique / scientifique ☐ Rapport vulgarisé / synthèse grand public ☐ Graphes, cartes, illustrations ☐ Vidéo ☐ Conférence ☐ Autre (spécifier)

A qui sont destinés les résultats du suivi ? ☐ Gestionnaires ☐ Grand public ☐ Communauté scientifique ☐ Autre (spécifier)

Un rapport de suivi est-il rédigé ? ☐ Oui ☐ Non

Votre retour d'expérience

Votre retour d'expérience sur la mise en œuvre du suivi sur le terrain (facilités/difficultés de mise en œuvre, conseils, améliorations possibles...) :

Votre retour d'expérience sur la manière d'analyser et rapporter les résultats (sur les types d'analyses, indicateurs, visuels produits, méthodes d'interprétation, l'appropriation des résultats et l'utilité pour les décideurs, conseils, améliorations possibles ...) :

Estimation financière

Coût journalier de la mise en œuvre du suivi sur le terrain et description sommaire des postes de dépenses :

Coût global de l'analyse et du rapportage des résultats pour un site :

ANNEXE 2

Questionnaire destiné aux membres du groupe technique « Herbiers »

Ce questionnaire permet dans un premier temps de cerner les attentes et besoins des gestionnaires de l'environnement en matière de surveillance des herbiers marins afin de guider leur réflexion sur les méthodes adaptées au contexte local et répondant à leurs exigences, puis de fournir des premières informations sur le choix des herbiers à suivre.

Pour vous, quels sont les enjeux principaux de la surveillance des herbiers ? ☐ Acquérir des connaissances scientifiques ☐ Aider à la mise en place d'AMP ou en évaluer les effets ☐ Rendre compte de leur état de conservation à l'UNESCO ☐ Informer-éduquer-sensibiliser la population ☐ Identifier et protéger l'habitat privilégié d'espèces marines remarquables et menacées ☐ Identifier et protéger des zones de frai, de reproduction, de nurserie ☐ Disposer d'un outil d'aide à la décision pour la préservation des herbiers ☐ Autre (spécifier)

Selon vous, qui devrait/pourrait financer le suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie ?

Quel type de suivi vous semble approprié pour la Nouvelle-Calédonie ? ☐ Expert ☐ Participatif ☐ Participatif encadré par des scientifiques ☐ Autre (spécifier)

Compte tenu du fait que la majorité des herbiers de Nouvelle-Calédonie se situe en eau peu profonde et des progrès réalisés en télédétection, une approche basée à la fois sur l'analyse d'images satellitaires/aériennes et des observations de terrain pourrait être envisagée. Selon vous, votre collectivité pourrait-elle soutenir financièrement l'acquisition images satellitaires/aériennes de manière récurrente? (environ 400 000 XPF / 100 km²) ☐ Oui ☐ Non ☐ Je ne sais pas

Si une approche spectrale s'avère pertinente, selon vous, que serait-il envisageable/souhaitable pour analyser l'évolution surfacique des herbiers (ou de certaines zones d'herbiers) sur le moyen ou long terme ? ☐ Un partenariat avec une entité publique (incluant les instituts de recherche) ☐ Un contrat de prestation avec une structure privée ☐ Autre (spécifier)

Si une approche de terrain s'avère pertinente, selon vous, que serait-il envisageable/souhaitable pour analyser l'évolution surfacique des herbiers (ou de certaines zones d'herbiers) sur le moyen ou long terme ? ☐ Un partenariat avec une entité publique (incluant les instituts de recherche) ☐ Un contrat de prestation avec une structure privée ☐ Autre (spécifier)

Dans le cadre de la mise en œuvre d'un suivi des herbiers de Nouvelle-Calédonie, des zones d'herbiers particulières devront être choisies selon différents critères. Quels sont vos critères de choix prioritaires ? (si plusieurs choix, les classer par ordre d'importance) ☐ Zones d'herbiers les moins étudiées ☐ Zones d'herbiers du patrimoine mondial ☐ Zones d'herbiers situées en AMP ☐ Zones d'herbiers les plus fréquentées par l'Homme ☐ Zones d'herbiers les plus fréquentées par des espèces marines remarquables et menacées ☐ Zones d'herbiers menacées par l'érosion côtière ☐ Zones d'herbiers remarquables (zones de frai, nurserie, ...) et/ou patrimoniales ☐ Autre (spécifier)

Selon vos critères de choix, quelles sont les zones d'herbiers à suivre en priorité ? (merci de donner les noms des communes ou des tribus, nous identifierons précisément les zones lors des entretiens bilatéraux)
:

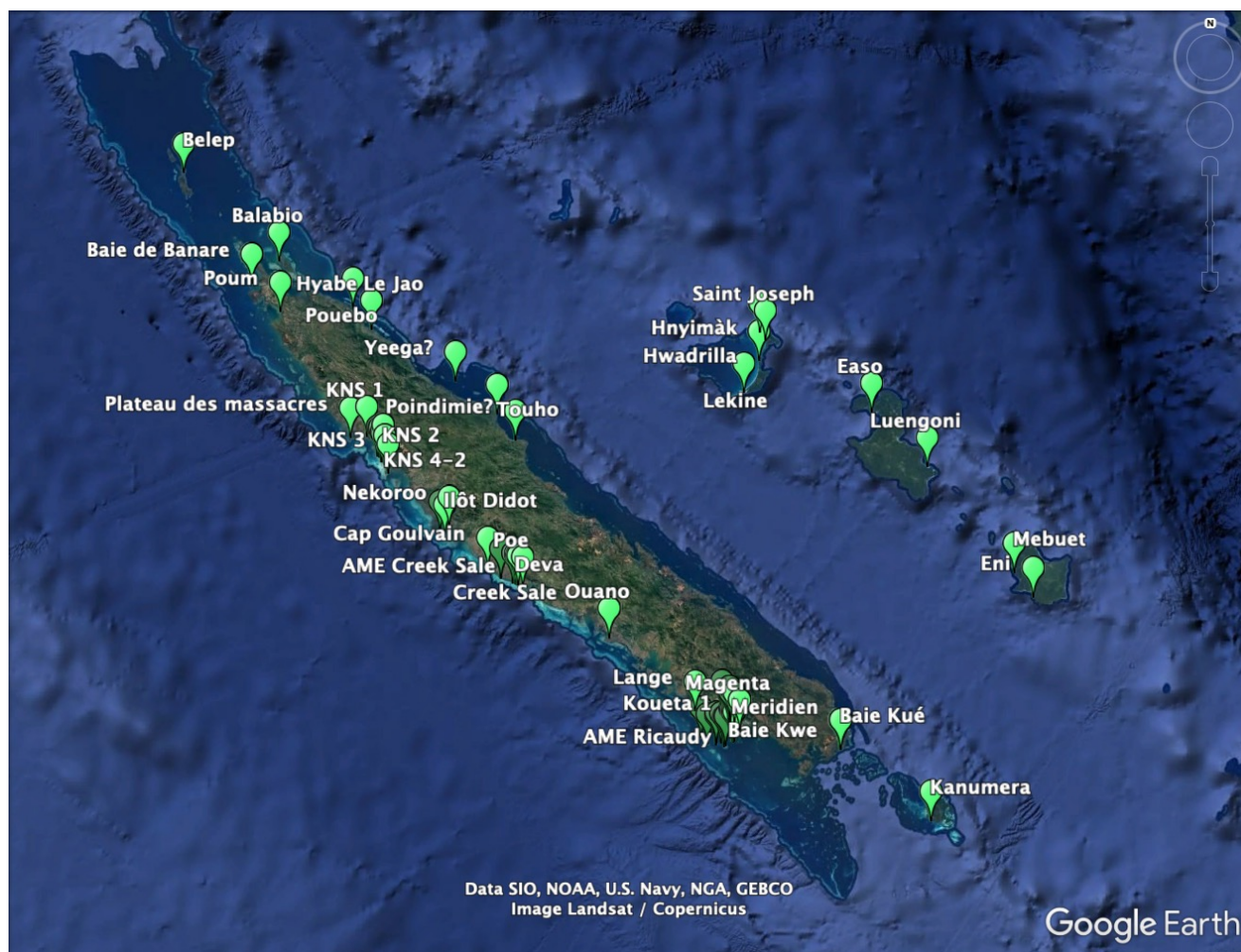
Une fois les données de terrain archivées, quel niveau de rapportage attendez-vous ? ☐ Rapport scientifique pointu et détaillé ☐ Rapport technique de niveau intermédiaire ☐ Compte-rendu de mission ☐ Outil de communication vulgarisé ☐ Aucun rapport, l'archivage des données suffit ☐ Autre (spécifier)

La création ou l'adaptation d'une base de données permettant d'accueillir les données du RORC est à l'étude. Il pourrait être pertinent d'anticiper sur l'hébergement des données des suivis des herbiers marins.

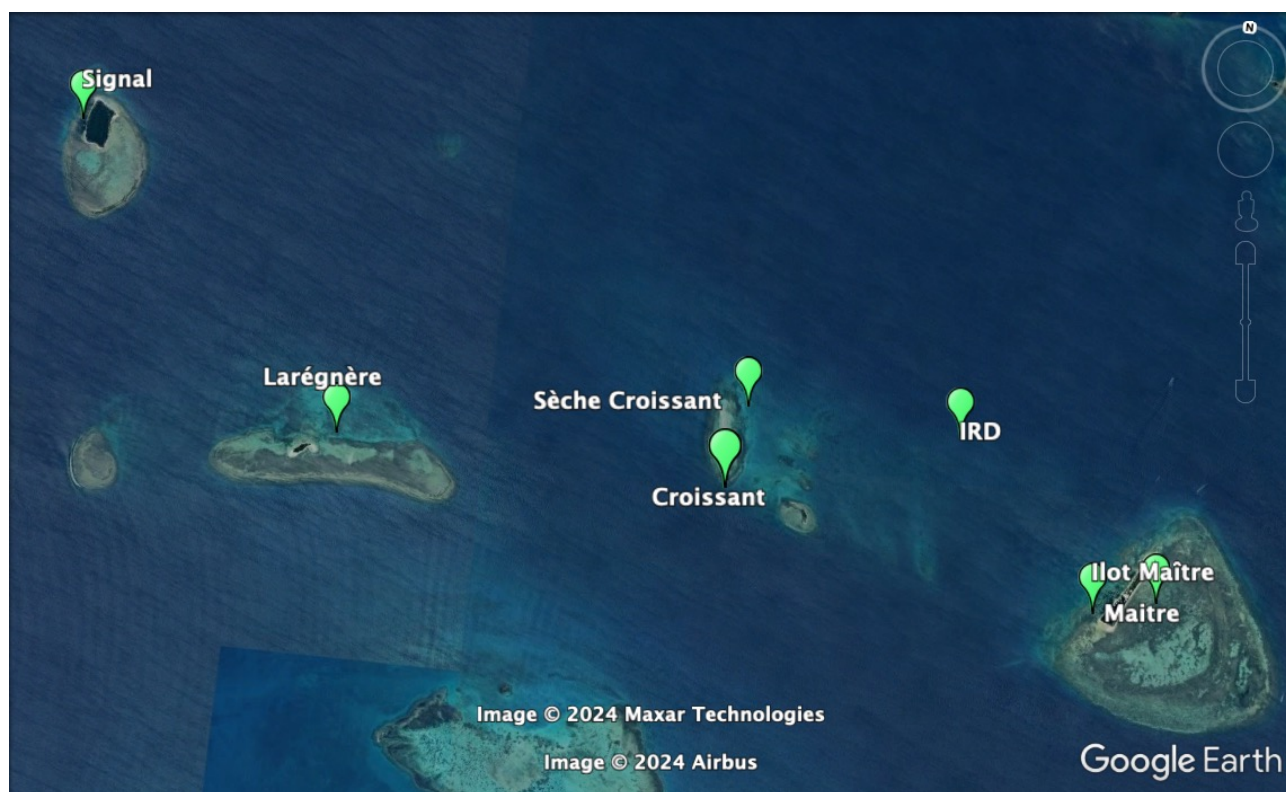
Selon vous, les données du suivi des herbiers devraient-elles être archivées dans : ☐ La BD Récifs de l'IFREMER ☐ Une nouvelle base de données locale à créer ☐ Une plateforme en ligne gratuite ☐ Autre (spécifier)

ANNEXE 3

Zones candidates pour le suivi de l'état de santé général des herbiers de Nouvelle-Calédonie

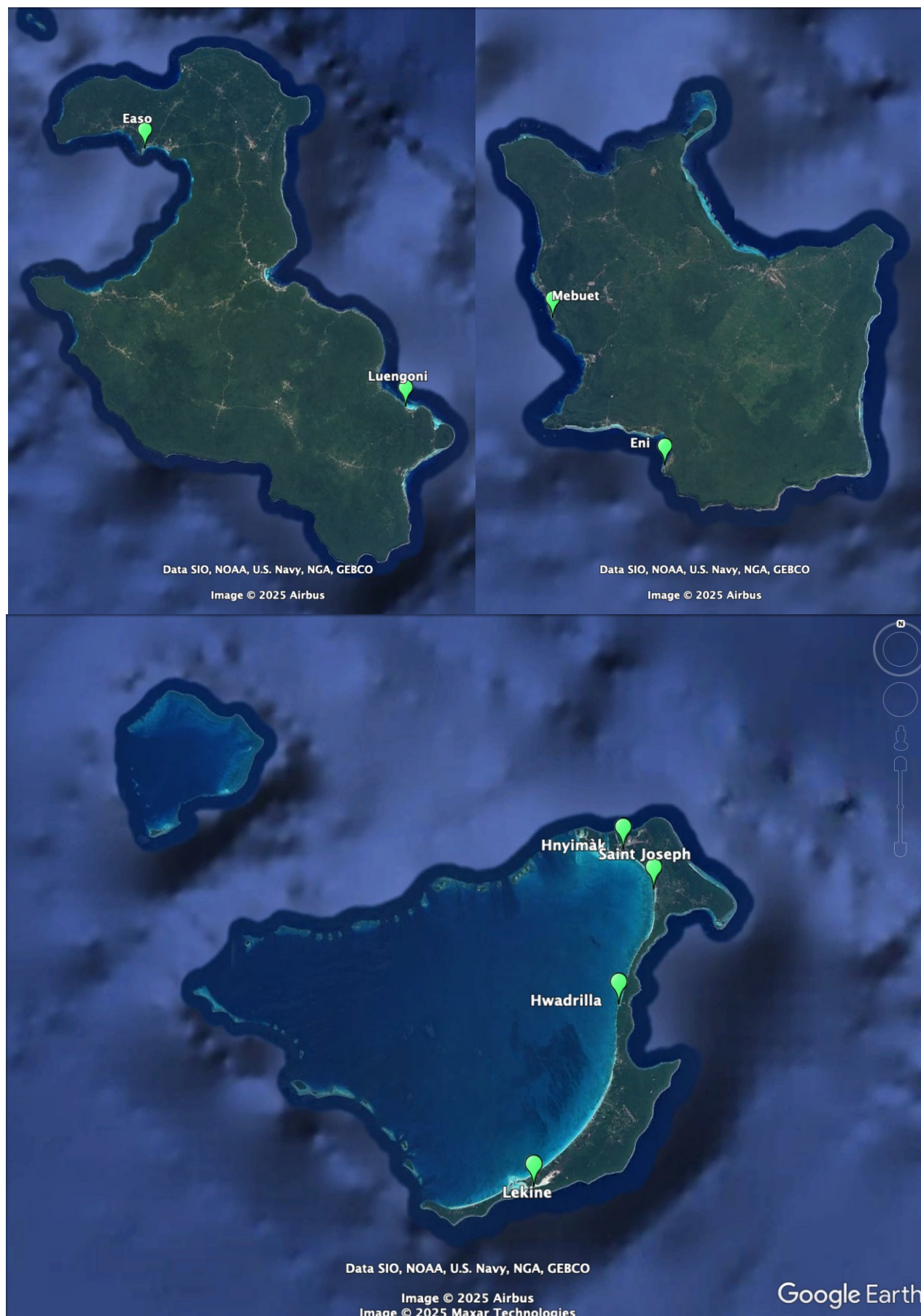












ANNEXE 4

Ref	Année de publication	Auteurs	Titre
0	1981	Dahl, A.L.	Coral Reef Monitoring Handbook
1	2003	McKenzie, L.J.	Guidelines for the rapid assessment of seagrass habitats in the western Pacific
2	2003	McKenzie, L.J., Campbell, S.J. & Roder, C.A.	Seagrass Watch: Manual for mapping and monitoring seagrass resources
3	2005	Garrigue, C.	Analyse écorégionale : informations relatives aux algues et herbiers
4	2011	Fontan, E., Dumas, P., Ponton, D.	Méthodes de cartographie, de caractérisation et de suivi des herbiers marins
5	2013	Hily, C., Kerninon, F.	Proposition de protocole de suivi stationnel des herbiers de phanérogames marines : paramètres mesurés et détails techniques
6	2013	Van Wynsberge, S., Gilbert, A., Guillemot, N., Payri, C., Andréfouët, S.	Alert thresholds for monitoring environmental variables: A new approach applied to seagrass beds diversity in New Caledonia
7	2014	Association MedPAN	Des suivis pour la gestion des AMP de Méditerranée. Atelier régional d'échange d'expérience du réseau MedPAN 25-27/11/2014, Tirana, Albanie
8	2014	Imbert M., Bonhomme P.	Suivi du milieu marin en Palmes Masque Tuba
9	2014	Job, S., Bloc'h, L., Hily, C.	Analyse de l'extension et de la dynamique des herbiers de Deva et de Kanuméra - Phase 2 : Cartographie et analyse
10	2014	Kundasany L.	Sciences participatives sur la biodiversité marine : état des lieux et perspectives de développement en Méditerranée
11	2014	Personnic S., Boudouresque C. F., Astruch P., Ballesteros E., Blouet S., et al.	An Ecosystem-Based Approach to Assess the Status of a Mediterranean Ecosystem, the Posidonia oceanica Seagrass Meadow
12	2015	Cigliano J. A., Meyer R., Ballard H. L., Freitag A., Phillips T. B., Wasser A.	Making marine and coastal citizen science matter
13	2015	Kerninon F., Hily C.	Compte-rendu technique de la mission RESOBS herbiers de l'IFRECOR en Nouvelle-Calédonie en 2012
14	2015	Le Moal M., Kerninon F., Aish A., Monnier O., Dore A., Witte I., Payri C.	Développement d'indicateurs benthiques DCE (benthos récifal et herbiers de phanérogames) dans les DOM - Typologie des herbiers de Martinique
15	2015	Short, F.T., Coles, R.G., Short, C.A.	SeagrassNet Manual for Scientific Monitoring of Seagrass Habitat
16	2016	Job S.	Suivi environnemental des communautés récifales et herbiers de phanérogames marines suite aux travaux de réhabilitation de la plage de la baie des Citrons - Suivi n°6
17	2016	Job S.	Suivi environnemental de l'impact de l'extension de la plateforme de stockage des déchets inertes en baie de Kouéta (Nouméa) sur les herbiers de phanérogames marines - Suivi T+2 ans
18	2016	Lasne G.	Etat de référence des communautés récifales de l'AMP intégrale de Nekoro

Ref	Année de publication	Auteurs	Titre
19	2017	Lagarde S., Huerta L.	Rapport de production "Cartographie des herbiers de l'AMP de Nekoro"
20	2017	Kerninon F.	Compte-rendu de l'atelier national "Herbiers" IFRECOR-DCE, Martinique, avril 2017
21	2017	Robert H.	Phase 2 du plan d'actions dugong : renforcement des actions de lutte contre les menaces, suivi du statut de conservation, amélioration des mesures de gestion et mobilisation des néo-calédoniens - Période 2016 - 2021
22	2018	Auby I., Oger-Jeanneret H., Gouillieux B., Grall J., Janson A.-L., Maguer M., Rigouin L., Rollet C., Sauriau P.-G., Trut G.	Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) <i>Zostera marina</i> - <i>Zostera noltei</i>
23	2018	Grima D., Ruet-Garioud E.	Plan d'action pour la conservation des tortues marines en Nouvelle-Calédonie
24	2018	Hays G. C., Alcoverro T., Christianen M. J. A., Duarte C. M., Hamann M., Macreadie P. I., Marsh H. D., Rasheed M. A., Thums M., Unsworth R. K. F., York P. H., Esteban N.	New Tools to Identify the Location of Seagrass Meadows: Marine Grazers as Habitat Indicators
25	2018	IPSN	Indo-Pacific Seagrass Network: seagrass and invertebrates surveys
26	2018	Job S.	Suivi des herbiers marins de l'anse Apogoti dans le cadre du suivi environnemental des ZAC DSM et PANDA
27	2018	Johnson, J.E., Welch, D.J., Hooper, E., Moore, B., Edney, G., Waterhouse, J.	Vanuatu Community Marine Monitoring Toolkit
28	2018	Jones B. L., Unsworth R. K. F., McKenzie L. J., Yoshida R. L., Cullen-Unsworth L. C.	Crowdsourcing conservation: The role of citizen science in securing a future for seagrass
29	2019	Duffy J. E., Benedetti-Cecchi L., Orth R. J.	Toward a Coordinated Global Observing System for Seagrasses and Marine Macroalgae
30	2019	Job S.	Suivi environnemental de l'impact de l'exploitation du complexe hôtelier Sheraton Deva (commune de Bourail) sur les communautés récifales et herbiers de phanérogames marines
31	2019	Smale D. A., Epstein G., Parry M., Attrill P. J.	Spatiotemporal variability in the structure of seagrass meadows and associated macrofaunal assemblages in southwest England (UK): Using citizen science to benchmark ecological pattern
32	2020	Aquaterra	Suivi de l'herbier de la Baie Kwé » - Mission juin 2020
33	2020	Kerninon F.	Développement d'outils méthodologiques pour le suivi et l'évaluation de la santé des herbiers d'outre-mer français et de leur environnement, dans un contexte de perturbations multiples
34	2020	Scholten N., Duffaud M. H., Giannasi P.	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
35	2020	United Nations Environment Programme	Out of the Blue: the value of seagrasses to the environment and to people
36	2021	Andréfouet S., Derville S., Buttin J., Dirberg G., Wabnitz C., Garrigue C., Payri C.	Nation-wide hierarchical and spatially-explicit framework to characterize seagrass meadows in New-Caledonia, and its potential application to the Indo-Pacific

Ref	Année de publication	Auteurs	Titre
37	2021	Dalby O., Sinha I., Unsworth R. K. F., McKenzie L. J., Jones B. L., Cullen-Unsworth L. C.	Citizen Science Driven Big Data Collection Requires Improved and Inclusive Societal Engagement
38	2021	IFREMER	Structuration données BD Récif herbiers Antilles
39	2021	Job S.	Suivi des impacts des travaux d'assainissement des eaux usées du secteur de Poé (Bourail) sur les herbiers marins - Etat initial
40	2021	Kerninon F.	Compte-rendu de la réunion technique « protocoles et indicateurs herbiers Antilles », Martinique, mai 2021
41	2021	Kerninon F., Payri C. E., Le Loch F., Alcoverro T., Maréchal J-P., Chalifour J., Greaux S., Mège S., Athanase J., Cordonnier S., Rouget M-L, Lorre E., Uboldi T., Monnier O., Hellio C.	Selection of parameters for seagrass management: Towards the development of integrated indicators for French Antilles
42	2021	MarineGEO	Seagrass Habitat Monitoring Protocol
43	2021	McKenzie, L.J., Collier, C.J, Langlois, L.A., Yoshida, R.L., Uusitalo, J. and Waycott, M.	Marine Monitoring Program: Annual Report for Inshore Seagrass Monitoring 2019–2020
44	2022	De los Santos C.B., De la Hoz Schilling C., Queiroga H., Sidi Cheikh M.A., Barri I., Araujo, A., Frade D., Antunes L., Serrão E.	Manuel de formation pour le suivi et la gestion des herbiers marins dans la région RAMPAO
45	2022	Groupe de travail régional « Herbiers » Pacifique	Compte-rendu de l'atelier régional « Herbiers » Pacifique (Nouvelle-Calédonie et Wallis-et-Futuna), avril 2022, Nouméa
46	2022	Job S.	Suivi des impacts de la construction d'un port de plaisance à Nouré (Dumbéa) sur les herbiers marins - Etat initial
47	2022	Job S.	Suivi des impacts des travaux d'aménagement de l'anse Vata et du stockage des matériaux sur le terre-plein du Ouen Toro sur les récifs coralliens et herbiers marins - Etat initial
48	2022	Kerninon F.	Compte-rendu de la réunion technique « protocoles et indicateurs herbiers Antilles », septembre 2022
49	2022	Kerninon F., Payri C. E.	Guide de suivi du milieu marin de Nouvelle-Calédonie - Fiche méthodologique n°23 : Peuplements de phanérogames marines
50	2023	Andromède	Surveillance biologique dans la région Est de la Provence – Alpes -Côte d'Azur – Analyse des données 2022 – Réseau TEMPO de suivi des herbiers de posidonie
51	2023	Carter A. B., Coles R., Jarvis J. C., Bryant C. V., Smith T. M., Rasheed M.	A report card approach to describe temporal and spatial trends in parameters for coastal seagrass habitats
52	2023	Consortium UMR 7204 CESCO, Septentrion Environnement, Syndicat Mixte de la Ria d'Etel, Planète Mer	Rapport bilan du projet Life MARHA
53	2023	Job S.	FEO : Réseau de surveillance des récifs coralliens et herbiers marins- Iles de Wallis, Futuna et Alofi - Campagne de suivi 2019
54	2023	Zhang J., Shiquan C., Cheng C., Liu Y., Jennerjahn T. C.	Citizen science to support coastal research and management: Insights from a seagrass monitoring case study in Hainan, China
55	2024	Andromède	TEMPO : suivi des herbiers à Posidonie en Méditerranée française - Plaquette de présentation

Ref	Année de publication	Auteurs	Titre
56	2024	Baletaud F., Gilbert A.	Caractérisation des herbiers du lagon : étude de faisabilité et perspective des nouvelles technologies de photogrammétrie et intelligence artificielle
57	2024	Chkioua K.	Synthèse d'évaluation de la phase 1 du Plan d'Action Tortue en Nouvelle-Calédonie
58	2024	Consortium GIS Posidonie, Septentrion Environnement et Planète Mer	Compte-rendu de l'atelier technique du projet "Positive", septembre 2024, Marseille
59	2024	Duffy, E., Mtwana Nordlund, L.	Seagrass synergy: collaborate for global observing and understanding
60	2024	Field M.	Développement d'une méthode de cartographie et d'analyse des herbiers marins par drone sous-marin (AUV)
61	2024	Floyd M., East H. K., Traganos D., Musthag A., Guest J., Hashim A. S., Evans V., Helber S., Unsworth R. K. F., Suggitt A. J.	Rapid seagrass meadow expansion in an Indian Ocean bright spot
62	2024	Johnson J.E., Welch D.J., Kalsaria T., Ake A.	Review of the Pacific Community Marine Monitoring Toolkit to support community-based resource management
63	2024	Pinault M.	La méthode d'évaluation rapide SEARAM (SEAgass bed Rapid Assessment Method) - Approche opérationnelle
64	2024	Pinault M., Wickel J., Nicet J.B., Broudic L.	Cartographie et évaluation de la dynamique spatio-temporelle des herbiers intertidaux de Mayotte selon la méthode SEARAM
65	2024	Reason C., Hoffmann L., McKenna S., Rasheed M.	Seagrass Habitat of Cairns Harbour and Trinity Inlet Annual Monitoring Report 2023
66	2025	Tol S.J., Philpott D., Coles R.G., Grech A., Ekins M., York P.	Benthic Habitat Mapping in the Central Coral Sea Marine Park: December 2022 survey
67	2025	Groupe de travail régional « Herbiers » Océan Indien	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.