



HAL
open science

Indicateurs et recommandations pour évaluer l'effet de mesures de gestion sur l'état de santé des habitats marins (Pré-étude)

Claire Bissery, Thibaut de Bettignies, Anne-Laure Janson, Sophie Beauvais

► To cite this version:

Claire Bissery, Thibaut de Bettignies, Anne-Laure Janson, Sophie Beauvais. Indicateurs et recommandations pour évaluer l'effet de mesures de gestion sur l'état de santé des habitats marins (Pré-étude). PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD). 2023, pp.32. mnhn-04279529v1


HAL Id: mnhn-04279529

<https://mnhn.hal.science/mnhn-04279529v1>

Submitted on 10 Nov 2023 (v1), last revised 22 Nov 2023 (v2)

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Indicateurs et recommandations
pour évaluer l'effet de mesures de gestion
sur l'état de santé des habitats marins
(Pré-étude)**

Claire Bissery, Thibaut de Bettignies,
Anne-Laure Janson, Sophie Beauvais

Novembre 2023

PATRINAT

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel

Un service commun
de l'Office français de la biodiversité,
du Muséum national d'Histoire naturelle,
du Centre national de la recherche scientifique
et de l'Institut pour la recherche et le développement



Nom du Projet : Indicateurs et recommandations pour évaluer l'effet de mesures de gestion sur l'état de santé des habitats marins

Responsable de l'étude : Claire Bissery (Indépendante)

Coordination du projet : Thibaut de Bettignies^{1,2} – contact : thibaut.de-bettignies@mnhn.fr

¹ PatriNat (OFB, MNHN), 75005 Paris, France

² Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement, 31320 Castanet-Tolosan, France

Contributeurs et experts mobilisés : Sophie Beauvais (OFB), Anne-Laure Janson (PatriNat), Elodie Gamp (OFB), Marie La Rivière (PatriNat), Colas Boudet (OFB), Emmanuel Caillot (RNF), Aurélien Boyé (Ifremer), Aurélie Lutrand (OFB), Salomé Andres (PatriNat).

Référence du rapport conseillé : Bissery C., de Bettignies T., Janson A.-L. & Beauvais S. (2023) Indicateurs et recommandations pour évaluer l'effet de mesures de gestion sur l'état de santé des habitats marins (Pré-étude). PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD), Paris, 32 pp.

Photographie de couverture : Suivis sous-marins – MNHN *La Planète Revisitée* © Thibaut de Bettignies

PatriNat

Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel



Dans une unité scientifique associant des ingénieurs, des experts et des spécialistes de la donnée, PatriNat rapproche les compétences et les moyens de ses quatre tutelles que sont l'OFB, le MNHN, le CNRS et l'IRD.

PatriNat coordonne des programmes nationaux d'acquisition de connaissance pour cartographier les écosystèmes, les espèces et les aires protégées, surveiller les tendances de la biodiversité terrestre et marine, répertorier les zones clefs pour la conservation de la nature (Znieff), et produire des référentiels scientifiques et techniques (TaxRef, HabRef, etc.). Ces programmes associent de nombreux partenaires et fédèrent les citoyens à travers des observatoires de sciences participatives (tels que Vigie-Nature, INPN espèces ou Vigie-terre).

PatriNat développe des systèmes d'information permettant de standardiser, partager, découvrir, synthétiser et archiver les données aussi bien pour les politiques publiques (SIB, SINP) que pour la recherche (PNDB) en assurant le lien avec les systèmes internationaux (GBIF, CDDA, etc.).

PatriNat apporte son expertise dans l'interprétation des données pour accompagner les acteurs et aider les décideurs à orienter leurs politiques : production d'indicateurs, notamment pour l'[Observatoire national de la biodiversité](#) (ONB) et des livrets de chiffres clés, élaboration des Listes rouges des espèces et écosystèmes menacés, revues systématiques, préparation des rapportages pour les directives européennes, élaboration d'outils de diagnostic de la biodiversité pour les acteurs des territoires, ou encore évaluation de l'efficacité des mesures de restauration. PatriNat organise également l'autorité scientifique CITES pour la France.

L'ensemble des informations (de la donnée brute à la donnée de synthèse) est rendu publique dans les portails Naturefrance, INPN et Compteur BIOM.

En savoir plus : www.patrinat.fr

Direction : Laurent PONCET et Julien TOUROULT

Naturefrance

Le service public d'information sur la biodiversité



Naturefrance représente le service public d'information sur les politiques publiques de biodiversité en France. Il se décline dans plusieurs portails d'information, dont le portail général naturefrance.fr. Destiné à un public aussi large que possible, il propose des clés de lecture des grands enjeux liés à la biodiversité et à son évolution, aux pressions qu'elle subit, et aux réponses de la société. Naturefrance présente des chiffres clés, des indicateurs développés dans le cadre de l'ONB (Observatoire national de la biodiversité), des articles et des publications, issus de l'analyse scientifique des données provenant des politiques publiques de conservation ou d'activités socio-économiques favorables ou défavorables à la biodiversité.

Dans le cadre de cette mission confiée par l'OFB, PatriNat gère ce portail et participe au traitement, à l'analyse et à l'interprétation d'une partie des données versées sur Naturefrance : par exemple, celles provenant du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) ou encore du Système d'information de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvages menacées d'extinction (SI CITES).

En savoir plus : naturefrance.fr

Inventaire national du patrimoine naturel

Le portail de la biodiversité et de la géodiversité françaises, de métropole et d'outre-mer



Dans le cadre de Naturefrance, l'Inventaire national du patrimoine naturel (INPN) est le portail de la biodiversité et de la géodiversité françaises, de métropole et d'outre-mer (www.inpn.fr). Il regroupe et diffuse les informations sur l'état et les tendances du patrimoine naturel français terrestre et marin (espèces animales, végétales, fongiques et microbiennes actuelles et anciennes, habitats naturels, espaces protégés et géologie) en France métropolitaine et ultramarine.

Les données proviennent du Système d'information de l'inventaire du patrimoine naturel (SINP) et de l'ensemble des réseaux associés. PatriNat organise au niveau national la gestion, la validation, la centralisation et la diffusion de ces informations. L'inventaire consolidé qui en résulte est l'aboutissement d'un travail associant scientifiques, collectivités territoriales, naturalistes et associations de protection de la nature, en vue d'établir une synthèse régulièrement mise à jour du patrimoine naturel en France.

L'INPN est un dispositif de référence français pour la connaissance naturaliste, l'expertise, la recherche en macroécologie et l'élaboration de stratégies de conservation efficaces du patrimoine naturel. L'ensemble de ces informations sont mises à la disposition de tous, professionnels, amateurs et citoyens.

En savoir plus : www.inpn.fr

Compteur Biodiversité Outre-mer

Le portail des indicateurs, des enjeux et des initiatives sur la biodiversité en outre-mer



Dans le cadre de Naturefrance, le Compteur de la biodiversité Outre-mer (BiOM) développe une entrée dédiée aux territoires ultramarins français qui abritent une part importante de la biodiversité mondiale. Portail accessible, actualisé et pérenne, il favorise la rencontre des citoyens et des acteurs de la biodiversité, autour de trois objectifs : partager la connaissance scientifique, valoriser les actions des territoires ultramarins, et encourager chacun à agir. Cette démarche vise à relater les contextes culturels et mettre en avant des enjeux spécifiques de chaque territoire, pour répondre à un engagement du Livre bleu des Outre-mer.

Des études auprès des citoyens viennent compléter l'initiative : par exemple le premier panorama des programmes de sciences participatives dans les territoires, et une enquête sur la perception de la nature et l'utilisation des outils numériques.

PatriNat assure la mise en œuvre du projet et avec la participation des acteurs des outre-mer, suivant trois axes : production d'indicateurs de biodiversité (connaissances, espèces menacées, espaces protégés, etc.), relai des actions de mobilisation et de sciences participatives (écogestes, inventaires participatifs, etc.) et gestion technique du portail

En savoir plus : biodiversite-outre-mer.fr

SOMMAIRE

Liste des acronymes	6
1. Contexte	7
2. Bilan de l'existant (indicateurs d'évaluation écologique)	8
2.1 Hexagone et Corse.....	8
2.2 Outre-mer.....	9
3. Synthèse des indicateurs (Hexagone et Corse)	11
3.1 Éléments de cadrage sur la synthèse des indicateurs.....	11
3.2 Description du tableau « indicateurs »	13
4. Recommandations pour évaluer l'effet d'une mesure sur l'état écologique des habitats	15
4.1 Définition de la question	15
4.2 Sémantique associée	15
4.3 Stratégie d'échantillonnage.....	17
4.3.1. Réplication spatiale et temporelle.....	18
4.3.2. Choix des stations.....	19
4.4 Séries temporelles	19
4.5 Evaluation de l'effet d'une mesure (sur l'état écologique).....	20
4.6 Synthèse des recommandations pour évaluer l'effet d'une mesure	21
5. Recommandations pour la suite de l'étude (Hexagone et Corse).....	22
6. Bibliographie.....	25
Annexe 1	27
Annexe 2	30

Liste des acronymes

AMP : Aire Marine Protégée

CAMPanule : CAtalogue de Méthodes et Protocoles

CESAB : CEntre de Synthèse et d'Analyse sur la Biodiversité

DCE : Directive Cadre sur l'Eau

DCSMM : Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin

DHFF : Directive Habitats-Faune-Flore

IFRECOR : Initiative Française pour les REcifs CORalliens

MTECT : Ministère de la Transition Ecologique et de la Cohésion des Territoires

MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, devenu le MTECT

OFB : Office Français de la Biodiversité

PNM : Parc Naturel Marin

REEEL : Règles d'Evaluation de l'Etat des Eaux Littorales

RNF : Réserves Naturelles de France

ZPF : Zone de Protection Forte

1. Contexte

En milieu marin, trois directives européennes requièrent le suivi et l'évaluation périodique de l'état écologique des habitats marins, à savoir la Directive Habitats-Faune-Flore (DHFF, 92/43/CEE), la Directive Cadre sur l'Eau (DCE, 2000/60/CE) pour les masses d'eau dites « de transition » et « côtières », la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM, 2008/56/CE), ainsi que le projet de Règlement du parlement européen et du conseil relatif à la restauration de la nature (proposition le 22/06/2022). Ces trois directives ont motivé la recherche sur le développement de protocoles de suivis et d'indicateurs, et la mise en place de réseaux de surveillance pour qualifier l'état écologique des habitats marins à l'échelle pertinente de rapportage (Beauvais *et al.* 2020, Frejefond *et al.* 2020, Janson *et al.* 2020). Alors que la DCSMM et la DHFF s'appliquent uniquement en Hexagone et Corse, le champ d'application de la DCE couvre à la fois l'Hexagone, la Corse et les Outre-mer. Concernant la proposition de Règlement, les habitats marins ciblés (Annexe II de la proposition)¹ sont à considérer uniquement dans un contexte européen (à l'exception d'habitats d'espèces présents en Outre-mer). Ces directives et règlement incluent également dans leurs textes respectifs la notion d'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion dès lors qu'elles sont mises en place pour atteindre le bon état écologique ou l'état de conservation favorable des enjeux écologiques (ici habitats marins). Depuis 2021, la nouvelle Stratégie nationale pour les aires protégées 2030 (Article L. 110-4)² et le décret paru en avril 2022 (D. n° 2022-527)³ définissent les objectifs et les modalités de mise en œuvre de Zones de Protection Forte (ZPF) qui viendront renforcer le niveau de protection sur le territoire français, principalement dans les Aires Marines Protégées (AMP). La mise en place de mesures spatiales de protection dite « forte » est avancée comme un outil efficace pour diminuer voire éliminer les pressions significatives sur les habitats marins et maintenir, ou le cas échéant restaurer, les habitats marins dans un bon état écologique. Même si les ZPF doivent bénéficier d'un dispositif opérationnel de contrôle de la réduction des pressions, il n'est pas fait mention de la nécessité d'évaluer l'état écologique des enjeux ciblés. Pour autant, il est primordial pour les gestionnaires d'AMP d'attester de l'efficacité des mesures de gestion et de pouvoir communiquer ces résultats.

La pré-étude, proposée ici, s'inscrit ainsi dans ce contexte d'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion à mettre en œuvre sur les habitats marins. Le périmètre de cette étude concerne principalement l'Hexagone et la Corse et dans une moindre mesure les Outre-mer, les recommandations générales s'appliquant tout de même à l'ensemble des territoires. Le déploiement d'indicateurs est pensé ici à l'échelle locale, du site ou de la station de mesure. Ce travail est principalement à destination des gestionnaires d'AMP et vient compléter l'approche site - Natura 2000 (Delavenne & de Bettignies 2023). Dans cette pré-étude, l'inventaire des indicateurs sur les habitats marins couramment déployés dans les différentes directives 'marines' et la mention des travaux en cours susceptibles d'aboutir à des indicateurs devraient donner une vision synthétique de l'existant. A cela, s'ajoute des recommandations générales sur la stratégie de suivi pour démontrer l'efficacité des mesures. Ces éléments développés dans cette pré-étude devraient faciliter la réalisation d'une étude plus complète pour assister les gestionnaires dans l'évaluation de l'efficacité des mesures de réduction de pressions sur l'état de santé des habitats marins et pouvoir rendre compte aux niveaux souhaités (local, régional, façade maritime, national ou européen).

¹ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A52022PC0304>

² https://legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000043966053/#:~:text=%2DL'Etat%20encourage%20le%20d%C3%A9ploiement,acteurs%20concourant%20%C3%A0%20leur%20gestion

³ Décret n° 2022-527 du 12 avril 2022 pris en application de l'article L. 110-4 du Code de l'environnement et définissant la notion de protection forte et les modalités de la mise en œuvre de cette protection forte. <https://www.legifrance.gouv.fr/jorf/id/JORFTEXT000045551000>

2. Bilan de l'existant (indicateurs d'évaluation écologique)

2.1 Hexagone et Corse

L'étude bibliographique et les échanges avec les partenaires (OFB) ont permis de lister les documents de synthèse sur les indicateurs mobilisés par les trois directives (DCE, DCSMM et DHFF). L'état d'avancement, en octobre 2023, de la démarche d'évaluation de l'état de santé des habitats benthiques dans le cadre des directives est assez hétérogène et peu d'indicateurs ont été officiellement adoptés par l'Etat, en dehors de ceux définis pour la DCE.

La DCE dispose d'indicateurs réglementaires validés officiellement par arrêtés et de documents de synthèse décrivant chaque indicateur, son historique, les paramètres nécessaires à son calcul, les jeux de données et la grille de qualité associée (MTES 2018). Ces indicateurs répondent à la demande spécifique de cette directive, à savoir, ici dans un contexte marin, l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau côtières et des masses d'eau de transition (estuaires et lagunes côtières).

Pour la DCSMM, quelques indicateurs (cinq) sont en passe d'être validés officiellement (ils figurent dans le projet d'arrêté relatif au Bon Etat Ecologique (BEE) à paraître en 2024 au Journal Officiel). La moitié d'entre eux (trois) sont basés sur des indicateurs DCE. Ils ne couvrent donc pas tous les habitats benthiques marins, de la zone côtière à la zone abyssale. Ainsi, pour la DCSMM, la plupart des indicateurs et des méthodes d'évaluation font l'objet de travaux scientifiques en cours et ne sont donc pas encore stabilisés (on parle plutôt d'indicateurs « candidats »).

Pour la DHFF, le cadrage méthodologique pour l'élaboration des méthodes d'évaluation de l'état de conservation à l'échelle des sites Natura 2000 est disponible (Lepareur 2011, Delavenne & de Bettignies 2023) mais une seule méthode d'évaluation consolidée existe à ce jour à l'échelle d'un habitat marin d'intérêt communautaire, à savoir les « Lagunes côtières » (Lepareur *et al.* 2018). Des méthodes d'évaluation répondant aux critères DHFF à l'échelle des sites Natura 2000 devraient être prochainement publiées sous l'impulsion du projet européen Life intégré Marha (MARine HABitats) en cours (2017- 2025)⁴, tout en capitalisant sur les indicateurs déjà existants (DCE, DCSMM).

Concernant les Aires Marines Protégées (AMP), les études et suivis des habitats benthiques marins sont nombreux (principalement au sein des Réserves Naturelles et des Parcs Naturels Marins/Régionaux). La diversité aussi bien d'AMP, de leurs statuts de protection et des objectifs de gestion rendent difficile d'établir un bilan exhaustif des indicateurs et protocoles de suivis des habitats benthiques marins au sein des AMP dans cette pré-étude. Les têtes de réseau sont bien informés des initiatives en cours mais il y a peu ou pas de documents de synthèse disponibles, ce qui rend l'analyse détaillée difficile à ce stade de la pré-étude. Pour la plupart des travaux existants, il s'agit de définir le protocole le plus adapté aux objectifs de gestion de l'habitat benthique marin ciblé. Pour les habitats disposant d'un protocole de suivi faisant consensus, soit des travaux sont en cours pour adapter ou définir un nouvel indicateur répondant mieux aux besoins de l'AMP, soit les indicateurs existants sont déployés sur des stations complémentaires au réseau de surveillance national pour mieux couvrir la zone protégée.

⁴ <https://www.life-marha.fr/>

2.2 Outre-mer

Pour les Outre-mer, cette pré-étude a permis d’amorcer les échanges et de faire une première synthèse bibliographique pour les « territoires coralliens » (Martinique, Guadeloupe, Saint-Martin, Saint-Barthélemy, Mayotte, La Réunion, Iles Eparses, Nouvelle-Calédonie, Polynésie et Wallis et Futuna). Pour les « territoires non coralliens », aucun échange n’a été entamé lors de cette étude, à l’exception de la Guyane où seule la thématique « mangrove » a été considérée. Comme explicité précédemment, seule la DCE s’applique dans les Outre-mer et seulement pour les départements, mais les besoins de suivis et d’évaluation de l’état de santé des habitats benthiques marins sont importants notamment pour les nombreuses AMP présentes dans les différents territoires.

Des discussions ont eu lieu avec l’IFRECOR⁵ (Initiative Française pour les REcifs CORalliens) fin 2022 lors de la préparation du 5^e programme d’action de l’IFRECOR (2022-2026). Le projet de catalogue d’indicateurs et protocoles a été présenté au secrétariat, à la cellule d’appui et aux représentants des comités locaux afin de recueillir les intérêts des territoires et des experts des récifs coralliens et des herbiers marins. L’intérêt pour un catalogue d’indicateurs et protocoles pour les habitats benthiques marins est partagé par les acteurs du réseau IFRECOR et doit s’intégrer dans les démarches et initiatives existantes et en cours.

L’IFRECOR réalise tous les cinq ans, suite à la loi Biodiversité, un état de santé des récifs coralliens, herbiers de phanérogames marines et mangroves (IFRECOR 2021)⁶. Une synthèse est disponible pour chaque territoire corallien des Outre-mer et pour les mangroves de Guyane. Celle-ci apporte un état des lieux avec la description du territoire et des écosystèmes côtiers (Fig. 1), les pressions, les réseaux de suivi (Fig. 2), l’état des récifs (Fig. 3), des herbiers et des mangroves pour les territoires concernés, les enjeux du territoire et les recommandations. Ces bilans par territoire, construits par les acteurs locaux, nourrissent la synthèse nationale de l’état de santé quinquennal.

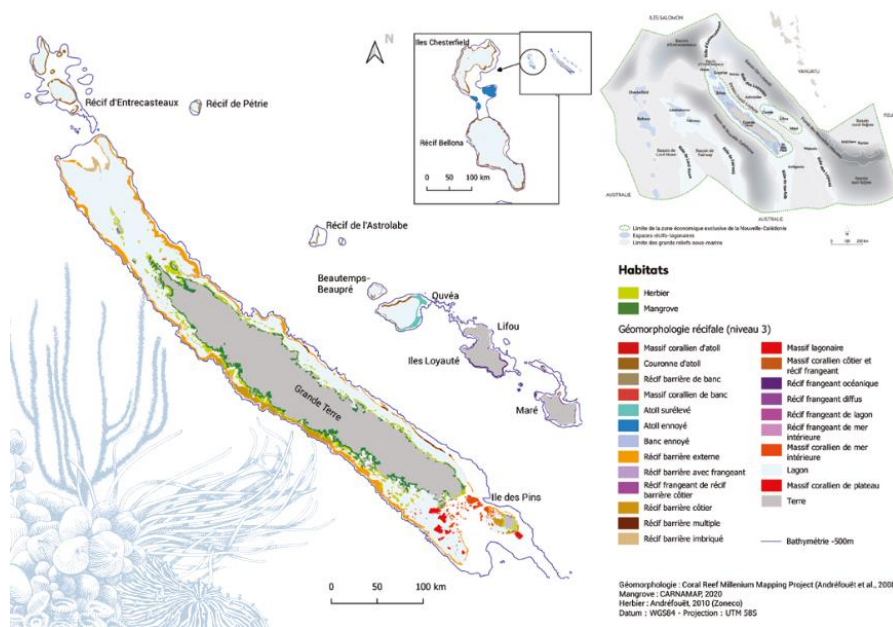


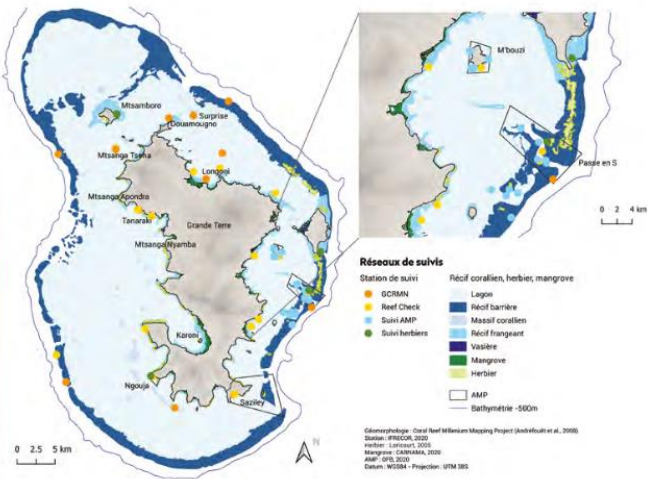
Figure 1 – Carte des habitats de Nouvelle-Calédonie issue de l’état de santé des récifs coralliens et écosystèmes associés des Outre-mer français de 2020 (IFRECOR 2021). <https://ifrecor.fr/wp-content/uploads/2022/04/eds-2020-nouvelle-caledonie.pdf>

⁵ <https://ifrecor.fr/>

⁶ <https://ifrecor.fr/bilan-etat-de-sante-2020/>

Les réseaux de suivi

La surveillance de l'état de santé des récifs coralliens à Mayotte est assurée via un réseau de stations de suivi régulièrement expertisées dans le cadre de différents programmes.



Certains sites (récifs frangeants et récifs internes) possèdent 2 stations situées à des profondeurs différentes. Seule la station située sur le haut du front récifal, la plus sujette aux variations temporelles, est présentée sur la carte afin d'en améliorer la lisibilité.

Figure 2 – Carte des réseaux de suivi de Mayotte issue de l'état de santé des récifs coralliens et écosystèmes associés des Outre-mer français de 2020 (IFRECOR 2021). <https://ifrecor.fr/wp-content/uploads/2022/04/eds-2020-mayotte.pdf>

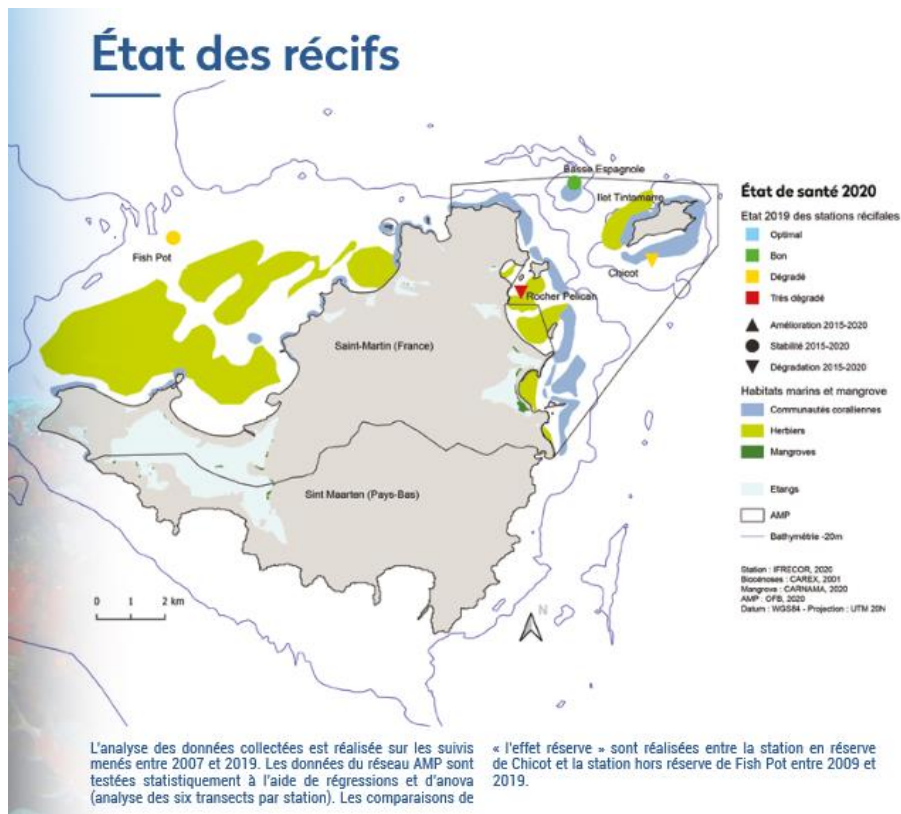


Figure 3 – Carte de l'état des récifs de Saint-Martin issue de l'état de santé des récifs coralliens et écosystèmes associés des Outre-mer français de 2020 (IFRECOR 2021). <https://ifrecor.fr/wp-content/uploads/2022/04/eds-2020-st-martin.pdf>

Pour la DCE, un indicateur « Benthos de substrat dur » a été validé pour la Réunion. Des travaux sont en cours pour le benthos de substrat dur à Mayotte, la Martinique et la Guadeloupe et sur les herbiers de phanérogames marines aux Antilles (MTES 2018). Un projet de recherche du Centre de synthèse et d'analyse sur la biodiversité (CESAB) en cours, nommé Score Reef⁷, porte sur la « variabilité spatiale et temporelle des récifs coralliens du monde : causalités, idiosyncrasie et implications pour le développement des indicateurs écologiques ». Le rendu du projet est prévu pour début 2024 et devrait comporter une synthèse des protocoles et indicateurs récifs coralliens des Outre-mer. Il a été décidé, en accord avec l'IFRECOR d'attendre les retours du projet Score Reef pour avancer sur les réflexions et le développement d'un catalogue d'indicateurs pour les habitats benthiques marins des Outre-mer.

Les premières réflexions sur les échelles géographiques pour le catalogue indicateurs/protocoles mettent en avant un besoin de séparer au moins l'Indo-Pacifique des Antilles, les territoires coralliens des territoires non coralliens. Ensuite, pour certains territoires et en fonction de la précision souhaitée, une séparation par territoire pourrait être nécessaire. Les recommandations pour le catalogue des Outre-mer sont de proposer des entrées simples par 'grand habitat' ou 'groupe d'habitats' : récifs coralliens, herbiers marins, mangroves, fonds meubles, fonds durs avec coraux (notamment pour les Antilles), de détailler ces entrées avec des typologies plus précises lorsque cela est possible et nécessaire, notamment quand les protocoles de suivis prennent en compte une typologie d'habitat plus précise (p. ex. récifs coralliens selon la géomorphologie).

3. Synthèse des indicateurs (Hexagone et Corse)

Une première synthèse des indicateurs utilisés en Hexagone et Corse pour répondre aux besoins des politiques publiques de protection des habitats marins est proposée en Annexe 1 et résumée dans les Tableaux 1-2.

3.1 Éléments de cadrage sur la synthèse des indicateurs

Le Tableau 2 traite des indicateurs pour les habitats benthiques marins en Hexagone et Corse, plus exactement ceux mobilisés pour les eaux côtières et de transition de la DCE, pour la DCSMM et pour les habitats marins de la DHFF (incluant les habitats d'intérêt communautaire « Estuaires » et « Lagunes côtières »). Les Figures 4 et 5 rappellent l'emprise des politiques publiques mentionnées (DCE, DHFF et DCSMM) et leurs échelles de rapportage.

Il s'agit des indicateurs de qualité des habitats benthiques marins uniquement, il n'y a pas d'indicateur sur d'autres composantes biologiques spécifiques comme les habitats pélagiques, les poissons ou les blooms algaux. Seuls les indicateurs validés ou pressentis pour répondre aux besoins d'une politique publique sont présentés ici dans cette pré-étude. Il ne s'agit pas d'une revue exhaustive de la littérature scientifique concernant les indicateurs pour les habitats benthiques marins, mais de leurs usages ou intérêt pour rendre compte de l'état d'un habitat (au regard des pressions anthropiques) pour les politiques publiques en date du rapport.

Les indicateurs surfaciques ne sont pas traités dans cette pré-étude. En effet, en dehors des travaux de cartographie, il y a très peu de suivis surfaciques mis en œuvre dans le cadre des politiques publiques et l'étude des projets en cours nécessite une analyse spécifique non réalisée ici. Par exemple, l'indice surfacique des herbiers de posidonies basé sur le réseau SURFSTAT (Andromède, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse) mobilisé pour

⁷ <https://www.fondationbiodiversite.fr/la-frb-en-action/programmes-et-projets/le-cesab/score-reef/>

la DCSMM n'est donc pas traité dans cette étude. Les informations recueillies proviennent des documents de références de la DCE, DCSMM et DHFF (MTES 2018, Beauvais *et al.* 2020, Frejefond *et al.* 2020, Janson *et al.* 2020, Souquière *et al.* 2021, Delavenne & de Bettignies, 2023) et d'entretiens avec les collaborateurs de cette pré-étude.

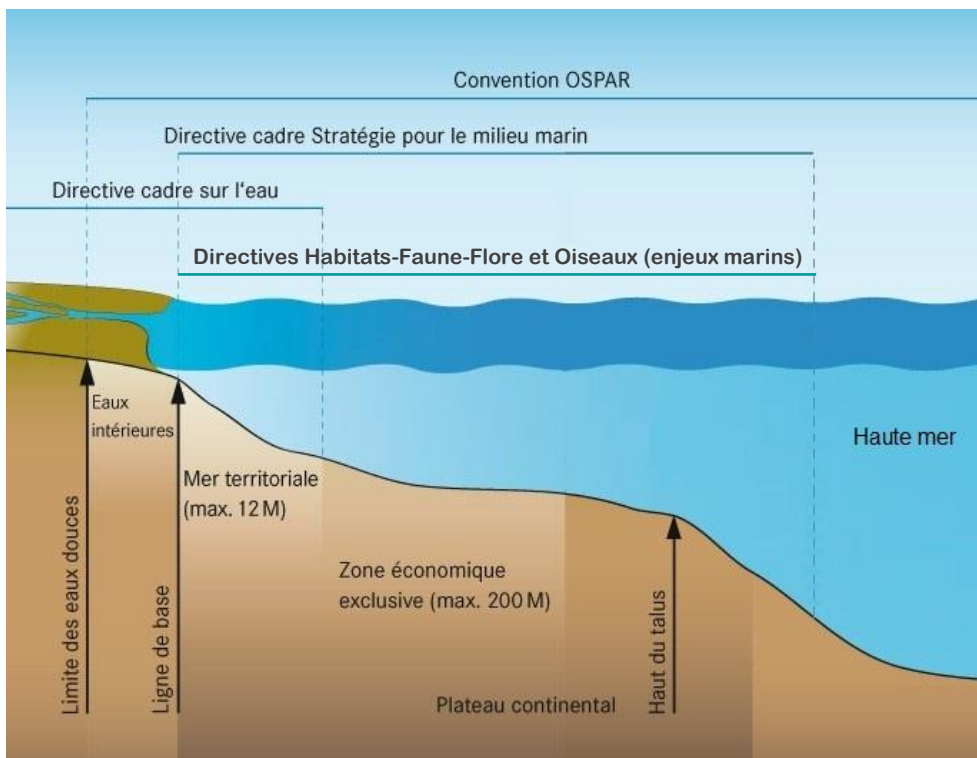


Figure 4 – Limites d'application des directives. Zones juridictionnelles de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer, de la Convention OSPAR, de la Directive-Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, de la Directive-Cadre sur l'Eau, et des Directives Habitats-Faune-Flore et Oiseaux (Gailhard-Rocher *et al.* 2020, Souquière *et al.* 2021).

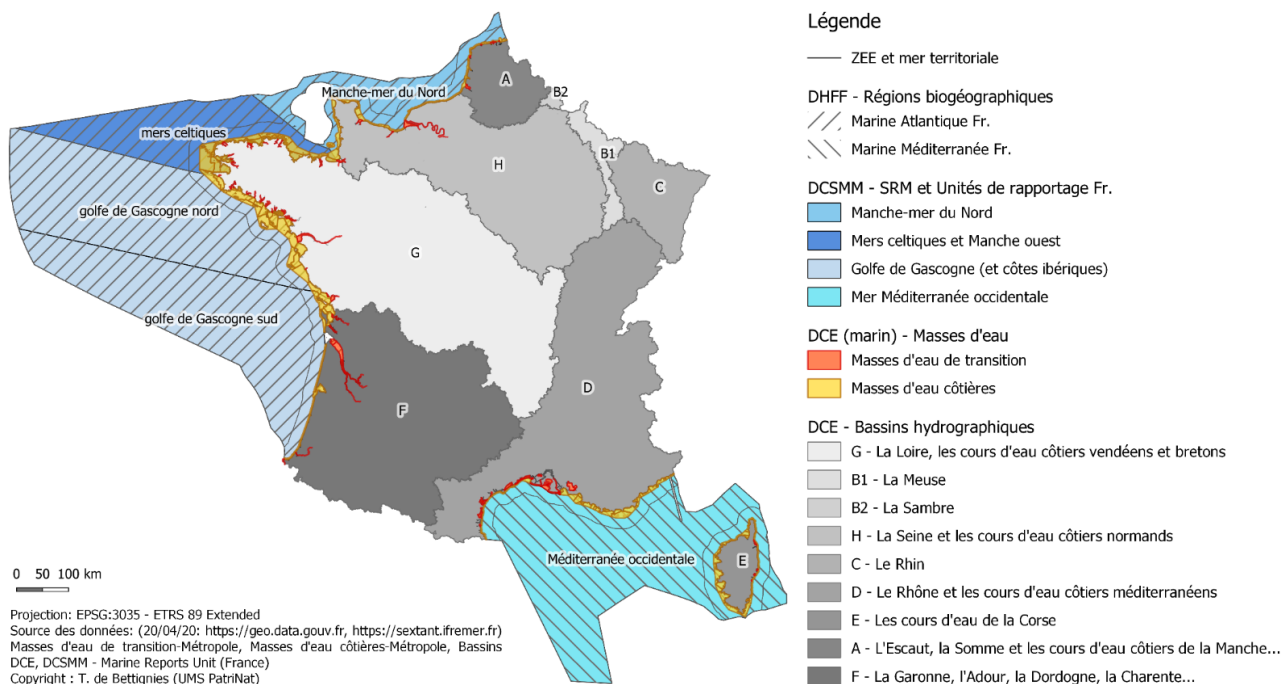


Figure 5 – Echelles de rapportage DHFF, DCSMM et DCE – Source T. de Bettignies (Souquière *et al.* 2021).

3.2 Description du tableau « indicateurs »

Vingt-huit indicateurs validés et en projet pour les habitats benthiques marins (DCE, DCSMM et DHFF) sont détaillés en Annexe 1 et résumés dans les Tableaux 1 et 2. Parmi eux, 12 concernent la Méditerranée, 14 l'Atlantique et deux sont communs aux deux façades (Tableaux 1, 2). Par politique publique, et en considérant les indicateurs utilisés par plusieurs politiques publiques, on retrouve 12 indicateurs pour la DCE, 18 pour la DCSMM et 26 susceptibles d'être mobilisables pour la DHFF (Tableaux 1, 2). Au regard du statut réglementaire des indicateurs pour la DCE et la DCSMM (en date de publication de ce rapport), 11 indicateurs sont validés et 1 est en cours de proposition pour la DCE. Pour la DCSMM, cinq indicateurs sont validés c'est-à-dire qu'ils figurent dans le projet d'arrêté BEE 2024 et 13 sont dits « candidats » c'est-à-dire faisant l'objet d'études en cours. Les indicateurs développés ou en cours de développement couvrent principalement les étages médiolittoral, infralittoral et circalittoral côtier (Annexe 2). Ainsi des zones d'étagement couvrant pourtant une superficie importante ne sont pas considérées, notamment les étages du circalittoral du large et du bathyal (Annexe 2). Hormis quelques indicateurs relatifs aux habitats de substrat meuble (habitats sédimentaires côtiers et du large) et de grotte/champ de blocs, la majorité des indicateurs concerne principalement des habitats caractérisés par des espèces ingénieurs (c-à-d. capable de modifier profondément et durablement son habitat) comme les forêts de macroalgues, les herbiers de phanérogames marines, les bancs de maërl et les bioconstructions d'hermelles (*Sabellaria alveolata*) et de coralligène (Tableau 2, Annexe 1). Un travail de correspondance entre les indicateurs et leur champ d'application sur les unités d'habitats des typologies nationales (NatHab) (Michez *et al.* 2014, 2019) reste à établir lors de l'étude complète pour faciliter le choix de l'indicateur pour le gestionnaire selon les unités d'habitats.

Tableau 1 – Synthèse du nombre d'indicateurs validés et candidats, en octobre 2023, par politique publique, selon le type de masse d'eau pour la DCE, les sous-régions marines pour la DCSMM et les régions biogéographiques pour la DHFF. Issu du tableau détaillé en Annexe 1.

DCE		DCSMM		DHFF	
Type de masse d'eau	# indicateurs	Sous-région marine	# indicateurs	Région biogéographique	# indicateurs
Côtière	6	Méditerranée Occidentale	12	Marin – Méditerranée	13
Côtière + Transition (Estuaire)	1	Mer Celtique	14	Marin – Atlantique	15
Transition (Estuaire)	2	Golfe de Gascogne	13		
Transition (Lagune)	3	Manche, Mer du Nord	12		

Tableau 2 – Résumé du tableau « indicateur » présenté en Annexe 1, à savoir les indicateurs validés et candidats en octobre 2023 (MTES 2018, Beauvais *et al.* 2020, Frejefond *et al.* 2020, Janson *et al.* 2020, Souquière *et al.* 2021, Delavenne & de Bettignies, 2023).

Intitulé « habitat » simplifié associé à l'indicateur	Indicateur et/ou acronyme	Statuts et utilisation (octobre 2023)				« Habitat » selon la DCSMM
		DCE		DCSMM	DHFF	
		statut	Type ME	statut	mobilisable	
Macroalgues de substrat dur intertidal	ABER	✓	Transition (Est.)		●	NA
Macroalgues de substrat dur intertidal	CCO	✓	Côtière	✓	●	Habitats rocheux du médio-
Macroalgues de substrat dur intertidal	Ics			✓	●	Habitats rocheux du médio-
Macroalgues de substrat dur intertidal	SDIR			✓	●	Habitats rocheux du médio-
Champs de blocs	IVR			✓	●	Champs de blocs
Champs de blocs	QECB (revisité)			✓	●	Champs de blocs
Récifs à <i>Sabellaria alveolata</i>				✓	●	Bio-constructions à <i>Sabellaria alveolata</i>
Macroalgues de substrat dur subtidal	CARLIT	✓	Côtière	✓	●	Habitats rocheux de l'infra- (supérieur)
Macroalgues de substrat dur subtidal	QISubMac	✓	Côtière	✓	●	Habitats rocheux de l'infra-
Macroalgues de substrat dur subtidal	QISubMac + faune associée			✓	●	Habitats rocheux de l'infra-
Coralligène	Indicateur de dynamique du Coralligène			✓	●	Coralligène
Coralligène	EBQI – Coralligène				●	Coralligène
Grottes					●	Grottes (sous-)marines
Grottes	EBQI – Grottes				●	Grottes sous-marines
Herbiers (Angiospermes)		✓	Côtière Transition (Est.)	✓	●	Herbiers de phanérogames
Herbiers (Posidonies)	PREI	✓	Côtière		●	NA
Herbiers (Posidonies)	EBQI – Posidonies				●	Herbiers de posidonie
Herbiers (Posidonies)	BIPO			✓	●	Herbiers de posidonie
Macrophytes	EXCLAME	✓	Transition (Lag.)		●	NA
Macrophytes		✓	Transition (Lag.)		●	NA
Maërl				✓	●	Bancs de maërl
Invertébrés benthiques de substrat meuble	AMBI	✓	Côtière	✓	●	Habitats sédimentaires de l'infra- et du circa- côtier
Invertébrés benthiques de substrat meuble	M-AMBI	✓	Côtière	✓	●	Habitats sédimentaires du médio-, de l'infra- et du circa- côtier
Invertébrés benthiques de substrat meuble	M-AMBI	✓	Transition (Lag.)		●	NA
Invertébrés benthiques	BEQI-FR	✓	Transition (Est.)		●	Habitats sédimentaires du médio-, de l'infra- et du circa- côtier
Invertébrés benthiques	GPBI			✓	●	Habitats sédimentaires du médio-, de l'infra- et du circa- côtier
Habitats sédimentaires du large	Plusieurs indicateurs (GPBI, TDI...)			✓		Habitats sédimentaires du circa- du large
Habitats sédimentaires du large	Plusieurs indicateurs (GPBI, TDI...)			✓		Habitats sédimentaires du circa- du large

Abréviations et symboles : médio- = médiolittoral, infra- = infralittoral, circa- = circalittoral ; Est. = estuaire, Lag. = lagune ; Lignes vertes = façade Atlantique-Manche, bleues = façade Méditerranée, jaunes = façades Méditerranée et Atlantique-Manche ; Statuts ✓ = validé (DCE) ou figure dans le projet d'arrêté BEE 2024 (DCSMM), ✓ = Candidat (études en cours) ● = mobilisable par la DHFF - d'après l'interprétation française des Habitats d'Intérêt Communautaire marins (de Bettignies *et al.* 2021).

4. Recommandations pour évaluer l'effet d'une mesure sur l'état écologique des habitats

Les indicateurs présentés ci-dessus sont mobilisés pour informer et répondre aux obligations de rapportage de l'état écologique des habitats benthiques marins. Cependant, ils ne peuvent être dissociés de la démarche globale nécessaire pour le suivi des habitats benthiques marins et n'en sont qu'un maillon du triptyque surveillance de l'état écologique pour les politiques publiques, évaluation de cet état et son rapportage, et besoins en termes de gestion locale (notamment AMP). Dans le présent chapitre, les différentes étapes et questionnements nécessaires pour évaluer l'efficacité d'une mesure de gestion sont présentées et des recommandations générales en sont déduites pour mieux orienter la poursuite de l'étude.

4.1 Définition de la question

Avant d'aller sur le terrain, et même avant de réfléchir aux protocoles à mettre en œuvre, il faut définir de façon précise la problématique et notamment l'échelle de la gestion (un site, un ensemble de sites, une région, une façade, etc.). La définition de la question est une partie essentielle et nécessaire à toute analyse ultérieure. Cette partie qui paraît triviale est en réalité assez complexe, et constitue un prérequis aux échanges avec le statisticien en charge des analyses ultérieures, échanges qui devraient avoir lieu avant la mise en place de la collecte de données. Les questions complexes, ou d'ordre général comme « comment va mon milieu ? », ne peuvent généralement pas se traduire directement sur le terrain et encore moins permettre une réponse statistique simple. Souvent un protocole de suivi et la stratégie d'échantillonnage associée sont définis pour répondre à une question précise et ne vont pas pouvoir s'adapter à une future évolution des questions ou à la complexification du besoin dans le temps.

4.2 Sémantique associée

Avant de parler d'analyse de données, il est important de s'entendre sur les termes employés. Les protocoles et méthodes pour le suivi vont définir ce que l'on récolte comme informations sur le terrain. Les définitions que nous avons choisies et qui sont présentées ci-dessous sont issues des projets de PatriNat : CAMPanule (CAtalogue de Méthodes et Protocoles) (Gazay *et al.* 2022) et COHNECS-IT (COnnectivité longitudinale et potentiel d'Habitat des dépendances vertes en fonction de leur Nature, des Espèces et du Contexte : une revue Systématique sur les Infrastructures de Transport) (Sordello *et al.* 2019).

Un suivi : « Au sens large, un suivi désigne la répétition de mesures dans le temps afin de permettre la comparaison des paramètres observés. Lorsque les mesures sont effectuées sans hypothèse de base à vérifier, on parle de surveillance, ou de veille écologique, qui permet de détecter des changements ou des tendances d'évolution sans information sur les processus sous-jacents ou les causes. » (Sordello *et al.* 2019, Fig. 6).

Un protocole : « Un protocole peut être défini comme le plan d'étude détaillé expliquant comment les données doivent être collectées, organisées et éventuellement analysées, afin de répondre à une question scientifique définie préalablement. » (Sordello *et al.* 2019, Fig. 6). Le « protocole » comporte généralement : i. un plan

d'échantillonnage qui définit les règles de sélection des unités étudiées, ii. une ou plusieurs techniques et/ou méthodes de collecte à appliquer, et iii. des règles complémentaires d'application (Gazay *et al.* 2022).

Une technique : « Une technique désigne l'ensemble des savoir-faire, procédés et/ou outils spécifiques mobilisés pour collecter des données associées à un paramètre à observer. Cette notion revêt un caractère concret ; une technique est mise en œuvre en vue d'obtenir un résultat précis. » (Gazay *et al.* 2022, Fig. 7).

Une méthode : « Une méthode correspond à un principe logique visant à répondre à une question générale simple (p. ex. estimation de la taille de population), par la collecte organisée de données. Cette notion porte un caractère théorique, général, qui peut être mis en application de différentes manières selon la cible et l'objectif de l'étude. » (Gazay *et al.* 2022, Fig. 7).

Les définitions présentées ici sont acceptées et partagées mais présentent souvent des spécificités liées à un domaine d'étude ou à des précisions supplémentaires qui ne se retrouvent pas dans toutes les définitions. Il en va de même pour les termes métriques et indicateurs, que l'on pourrait définir comme suit, mais dont les définitions peuvent varier suivant la directive ou le projet de recherche.

Une **métrique** est un paramètre ou un ensemble de paramètres décrivant une structure et/ou une fonctionnalité de l'écosystème. Par exemple, le taux de corail vivant, le taux d'espèces herbivores, la richesse taxonomique, la diversité. Une métrique devient un **indicateur** lorsqu'elle est accompagnée d'une grille de qualité qui permet d'en interpréter les valeurs selon le ou les objectif(s) à évaluer (IFRECOR 2021 d'après Pelletier *et al.* 2011).

Il est donc important de s'accorder sur les définitions des termes employés et de préciser quelles définitions sont valables pour chaque étude.

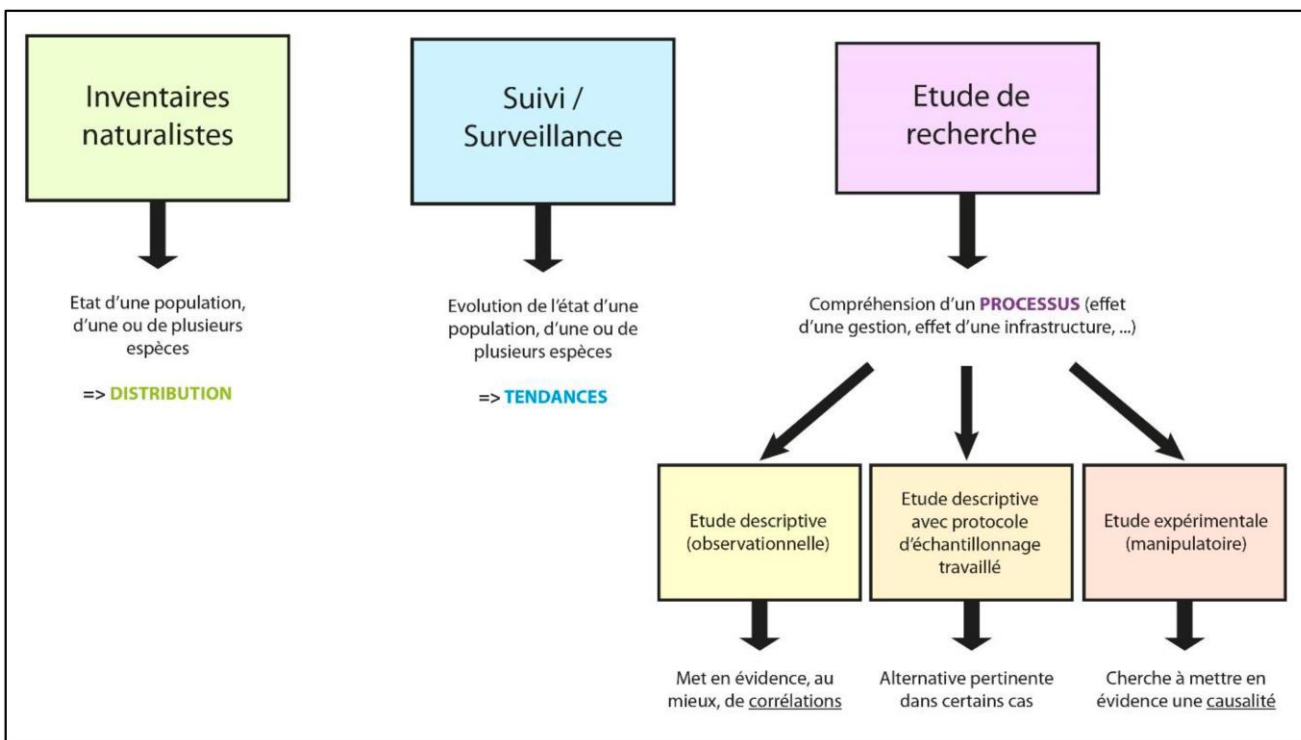


Figure 6 – Récapitulatif des différents types d'études de terrain © Sordello *et al.* (2019).

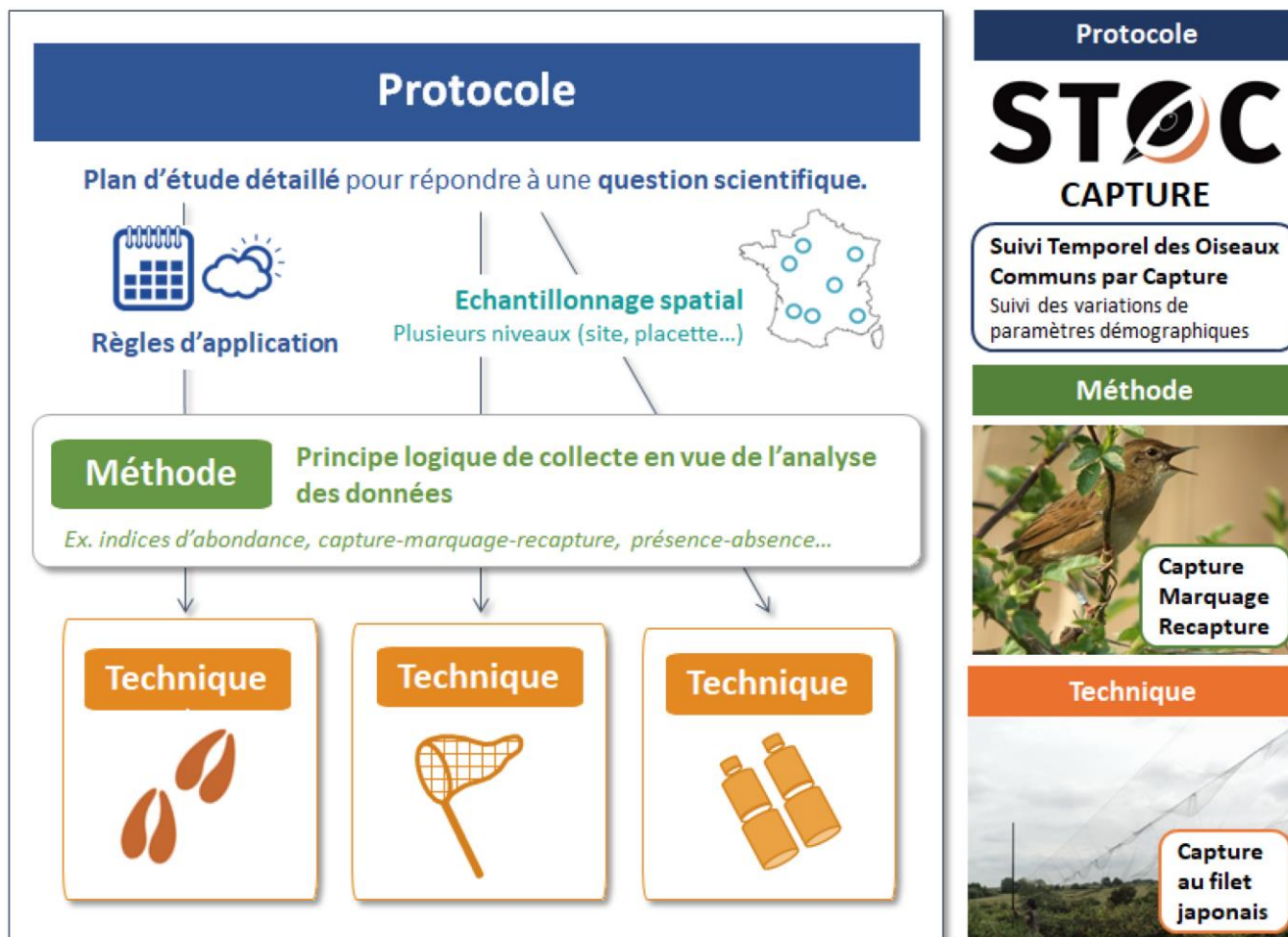


Figure 7 – Récapitulatif de l'articulation entre protocole, méthode et techniques © Gazay et al. (2022).

4.3 Stratégie d'échantillonnage

La définition de la stratégie d'échantillonnage est une étape clé de la réflexion à mi-chemin entre l'écologie et la statistique. C'est lors de cette étape que l'on peut traduire la question posée en un protocole de suivi, adapté aux contraintes locales et à l'ambition du projet. Toute stratégie d'échantillonnage dépend de la question posée et des moyens alloués à l'étude. Une stratégie d'échantillonnage est généralement valable pour une question. Certaines stratégies d'échantillonnage peuvent répondre à plusieurs questions simultanément ou servir différents objectifs mais ce n'est pas toujours le cas. Dans cette pré-étude, il s'agit de regarder quels sont les points clés à considérer pour permettre de mesurer les effets d'une réduction des pressions sur l'état de santé d'un habitat benthique suite à la mise en place d'une mesure de gestion induisant la réduction voir l'arrêt des pressions anthropiques impactant l'état écologique des habitats benthiques marins. Il n'est pas question ici de faire une analyse approfondie des pressions à travers leurs caractérisations, quantifications, et suivis, puisque l'on se place dans un cadre (théorique) où les pressions anthropiques et activités associées ont été au préalable identifiées et réduites voir arrêtées pour ne pas compromettre l'état écologique des habitats benthiques marins (en cohérence avec la définition d'une Zone de Protection Forte). Plusieurs grands types de question sont à adresser lors de la réflexion sur la stratégie d'échantillonnage afin de définir le protocole le plus adapté. Nous allons en présenter quelques-unes dans les paragraphes suivants.

4.3.1. Réplication spatiale et temporelle

Lorsque l'on réalise un suivi, on ne peut mesurer qu'une partie de la variabilité spatiale et temporelle de l'habitat étudié. La partie mesurée n'étant pas forcément représentative de l'ensemble du milieu étudié, de nombreuses règles et limites existent afin de vérifier dans quelles mesures le suivi peut être considéré comme représentatif du milieu étudié. Au-delà des règles statistiques existantes, il faut d'abord regarder le sujet d'un point de vue écologique. Est-ce que l'habitat étudié est assez homogène ou très hétérogène, est-ce qu'il est constitué d'un ensemble continu ou fragmenté ? Cela va permettre de définir la surface minimum (ou unité minimum) que l'on peut considérer comme « homogène » et orienter l'effort d'échantillonnage nécessaire. La même question doit aussi être posée pour la variabilité temporelle. Est-ce que l'habitat considéré subit des pressions à même de le détruire ponctuellement ? Quelle est la vitesse de récupération de cet habitat suite à un évènement impactant (c-à-d. sa résilience) ? Est-ce que les communautés caractéristiques d'un habitat présentent des phénologies particulières pouvant influencer le moment de l'année où le suivi doit être réalisé (p. ex. développement saisonniers des macroalgues) ? Ces informations aident à définir le pas de temps entre deux échantillonnages et les durées minimales de suivi nécessaires pour pouvoir entrevoir les dynamiques temporelles. Une fois la variabilité spatiale et temporelle du sujet d'étude définie a priori, les questionnements d'ordre statistique peuvent être abordés.

Différentes stratégies existent pour répondre aux questions sur la réplication spatiale et temporelle. Pour l'objectif étudié ici, d'évaluation de l'effet d'une diminution de pression, les protocoles de type BACI (Before-After Control Impact, Green 1979) et leurs différentes déclinaisons semblent être les plus appropriés (détaillés dans Sordello *et al.* 2019, Tableau 3). Ils permettent de comparer l'état entre un site perturbé et un site soumis à des mesures de gestion, avant et après la mise en place de ces mesures.

Tableau 3 – Récapitulatif des différents types de protocoles © Sordello *et al.* (2019), d'après Green (1979). B = Before (Avant) ; A = After (Après) ; D = During (Pendant) ; C=Control (Témoin) ; I = Intervention ; E = Exposition.

Nom usuel en anglais	Abréviation	Description
Control-Intervention	CI	La mesure est faite une fois sur le site d'intervention et sur un site témoin (site sans intervention)
Control-Exposition	CE	La mesure est faite une fois sur le site d'exposition et sur un site témoin (non exposé)
Before-After-Intervention	BAI	Une mesure est faite sur le site d'étude avant et après l'intervention. Il n'y a pas de site témoin (pas de comparateur spatial), la comparaison est donc uniquement temporelle.
Before-During-After-Intervention	BDAI	Une mesure est faite avant, pendant et après l'intervention, sur le site d'étude. Il n'y a pas de site témoin (pas de comparateur spatial).
Before-After-Control-Intervention	BACI	Une mesure est faite avant et après l'intervention, sur le site d'étude ainsi que sur un site témoin (contrôle).
Before-During-After-Control-Intervention	BDACI	Une mesure est faite avant, pendant et après l'intervention, sur le site d'étude ainsi que sur un site témoin (contrôle).

4.3.2. Choix des stations

Le choix des stations pour la collecte des données est un point crucial qui doit être réfléchi avec les experts thématiques et locaux. Le nombre de stations et de points de mesures dépend du type de protocole et de la variabilité de l'habitat benthique étudié. Plus un secteur est hétérogène, plus le nombre de stations et points de mesures devra être important. Une logique de stations prioritaires suivies plus souvent (effort d'échantillonnage accru) et de stations complémentaires suivies à une fréquence moindre, comme l'applique la DCE, peut aussi être choisie pour faciliter la réalisation du suivi dans le temps. Dans le cadre d'un protocole de type BACI (Tableau 3), des stations comparables dans et en dehors de la zone de protection ou le long d'un gradient de pression, devront être identifiées. Le choix des stations doit se faire à l'aide des connaissances des experts et à partir de cartographie des habitats benthiques marins et des pressions à disposition.

Une autre question peut se poser avant de sélectionner les stations, il s'agit du type de design voulu à savoir un design répliqué avec une réplification des points de mesures selon deux conditions (soumis à la pression ou non) ou un design de type gradient où les stations de mesures sont réparties selon un gradient connu de pression. Cette question est très importante et a des conséquences sur le type d'analyse de données possible. Pour la comparaison de stations ou de schéma de protection avec des gradients de pression non connus (ou non quantifiés) un design de type répliqué est plus approprié (Kreyling *et al.* 2018). Par contre ce type de design répliqué n'est pas forcément le plus approprié pour étudier la forme des réponses (trajectoires dans le temps) ou pour faire des interpolations (se servir de ce qui est connu en un point donné pour l'extrapoler à une zone considérée comme homogène). Pour ces questions, un design de type gradient peut être plus approprié (Kreyling *et al.* 2018). Le type de design doit être discuté avec un statisticien et le gestionnaire pour envisager les avantages et inconvénients de chaque design par rapport à la question, aux contraintes techniques et économiques.

4.4 Séries temporelles

Pour démontrer l'efficacité d'une mesure sur l'état de santé d'un habitat marin (comme pour l'évaluation de son état écologique au sens large), les séries temporelles sont essentielles pour la compréhension des trajectoires globales de chaque habitat ou pour différencier les effets naturels des effets des pressions anthropiques locales et/ou du changement climatique. Le maintien des séries temporelles est un sujet très important mais parfois remis en question lors de discussion sur de nouveaux protocoles pour mieux répondre à une question qu'elle soit nouvelle ou non. Les changements de protocoles dans les séries temporelles sont souvent faits sans comparaison des méthodes au préalable et sans une évaluation fine des conséquences. Le gain technologique ou l'envie de modernisation des séries historiques (p. ex. nouveaux paramètres, nouvelles questions) sont souvent privilégiés par rapport à la continuité de la série et la possibilité de comparer les données historiques aux données récentes. Les séries historiques sont essentielles pour définir les conditions antérieures et de référence et comprendre les trajectoires des communautés, éléments essentiels pour évaluer l'état des habitats. De nombreuses études montrent l'importance des séries temporelles pour la compréhension de l'évolution d'un milieu en réponse au dérèglement climatique ou à des pressions (Hewitt & Thrush 2007, Stuble *et al.* 2020). Sans information sur la variabilité interannuelle, il est possible de se tromper sur les tendances à long terme, surtout lorsque la variabilité naturelle interannuelle est importante et les effets mesurables à long terme faibles.

4.5 Evaluation de l'effet d'une mesure (sur l'état écologique)

Les méthodes pour attester de l'effet d'une mesure à l'échelle locale sont importantes à prendre en considération lorsque l'on construit un protocole ou lorsque l'on réfléchit à la définition des indicateurs. En effet les métriques relevées sur le terrain doivent ensuite être analysées et évaluées (lorsque possible) par rapport à une méthode pour qualifier l'état de conservation du milieu (EC) (Delavenne & de Bettignies 2023) ou le bon état écologique (BEE) (Robert *et al.* 2021). Dans la DCE par exemple, chaque indicateur d'état écologique possède une grille de qualité composée de cinq classes dont les valeurs seuils sont identifiées suivant des conditions de référence (MTES 2018). Des recommandations sont également disponibles pour l'évaluation de l'état écologique des habitats benthiques marins au titre de la DCSMM (Robert *et al.* 2021), dont notamment l'analyse des méthodes selon trois types de valeurs seuils fixées : référence, tendance et issue de modèle (Palialexis *et al.* 2021) (Fig. 8). Pour les habitats benthiques marins, il y a peu de longues séries temporelles ou de zones peu impactées permettant de définir facilement des seuils de BEE (ou équivalent DCE). L'évaluation des tendances plutôt que l'analyse via des seuils de référence, est une méthode complémentaire pour analyser et alerter sur l'état des milieux, notamment en l'absence de seuils de référence (Sturbois *et al.* 2021). Cela permet de regarder les changements dès les premiers retours du terrain et de voir des évolutions même lorsque les indicateurs n'indiquent pas de changement de classe d'état. Les méthodes basées sur les tendances peuvent aussi être appropriées pour mesurer les effets d'une diminution des pressions sur un habitat benthique, à condition tout de même d'avoir de longues séries temporelles.

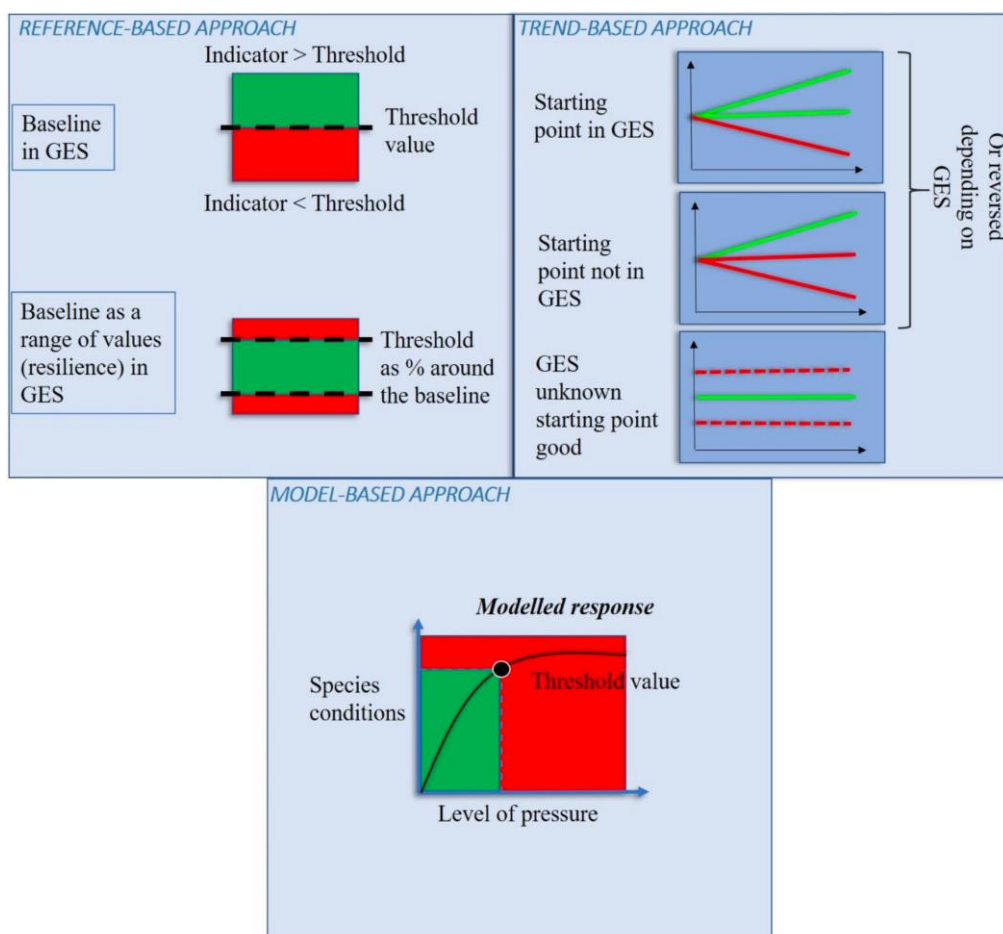


Figure 8 – Évaluation schématique des indicateurs selon les trois types de valeurs seuils fixées : référence, tendance et modèle. GES = Good Environmental Status (Bon état écologique) © Palialexis *et al.* 2021.

Certaines métriques nécessaires à la construction d'un indicateur peuvent être difficiles à acquérir (moyen technique et expertise scientifique limités) pour être mesurées localement dans le cadre de la mise en place d'une mesure de gestion. Par souci de cohérence entre les évaluations réglementaires (DHFF, DCSMM, DCE) et les échelles d'évaluation (zone de protection > AMP > échelle de rapportage réglementaire), il est recommandé d'identifier des métriques dites « socles », qualifiées d'incontournables pour qualifier l'état écologique d'un habitat benthique marin - voir la méthode « Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 » (Delavenne & de Bettignies 2023).

4.6 Synthèse des recommandations pour évaluer l'effet d'une mesure

L'objectif ici est de synthétiser les différents points développés précédemment et de formuler des premières recommandations pour le suivi des effets d'une diminution des pressions sur l'état de santé d'un habitat benthique suite à la mise en place d'une mesure de gestion. Tout travail sur les indicateurs doit être mené avec des spécialistes en analyse de données et les experts thématiques et locaux. Aucune bonne stratégie d'échantillonnage ni analyse de données ne peut être faite sans lien avec les acteurs de terrain qui collectent les données.

Définir une stratégie d'échantillonnage reste toujours un compromis entre le souhait d'observations et analyses scientifiques exhaustives et les moyens financiers et/ou logistiques à disposition. Pour les habitats benthiques marins et l'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion, les séries temporelles sont essentielles. Un protocole facilement répliquable dans le temps et tenable sur plusieurs années sera toujours bénéfique par rapport à un protocole très précis mais impossible à financer et déployer sur le long terme. En effet, le déploiement de certains indicateurs peut s'avérer difficile pour un gestionnaire sur le plan technique. Dans ce cas il est préconisé d'identifier des « métriques socles » adaptés aux besoins et capacités de mise en œuvre locale et cohérentes avec les indicateurs pour les évaluations réglementaires à large échelle.

Les suivis annuels à long-terme sont pertinents pour informer sur la variabilité naturelle interannuelle et l'effet des événements exceptionnels sur les communautés benthiques. Ils peuvent être couplés à des inventaires plus complets des communautés mais réalisés à moindre fréquence (à définir en fonction de l'habitat). Si le suivi annuel à long-terme n'est pas possible, une alternative est de mener des suivis réguliers les premières années, pour avoir une idée de la variabilité interannuelle, puis réaliser les suivis à plus large intervalle temporelle. Pendant les années sans suivi, quelques stations sentinelles peuvent être suivies pour avoir des informations sur la dynamique temporelle. Tout ceci est bien évidemment à adapter pour chaque habitat en fonction de la phénologie des espèces, la dynamique de l'habitat et ses capacités de résilience. La mise en place de séries temporelles longues et fréquentes se justifie à la fois pour aider à la définition des seuils (pour caractériser les états écologiques) mais aussi pour faire remonter rapidement des informations sur l'évolution des habitats.

Les protocoles de type BACI sont adaptés pour le suivi des effets de la mise en place de mesures de gestion sur l'état de santé des habitats benthiques marins. Ceux-ci doivent être mis en place avec des stations de suivi en dehors des zones de protection pour permettre de qualifier l'évolution des zones en protection et comparer les dynamiques entre les zones, et ainsi qualifier l'effet du retrait ou de la diminution de la pression. Ceci n'est possible que si les habitats dans et en dehors de la zone de protection sont comparables d'un point de vue écologique, géomorphologique et par rapport aux pressions s'y exerçant au cours du temps (avant la mise en place de mesure).

5. Recommandations pour la suite de l'étude (Hexagone et Corse)

Il est généralement recommandé de déployer les protocoles associés aux indicateurs utilisés par les directives de protection du milieu marin (DCE, DHFF et DCSMM) pour l'évaluation de l'état écologique des habitats benthiques marins. En effet, l'intérêt est double puisque leur déploiement permet de démontrer l'efficacité de mesures et de qualifier l'état écologique, tout en permettant une imbrication des échelles spatiales (depuis le local vers les programmes de surveillance à large échelle pour les évaluations réglementaires périodiques). Cependant, il y a encore peu d'indicateurs validés réglementairement pour le suivi de l'état des habitats benthiques marins hormis dans le cadre de la DCE. Beaucoup de travaux sont en cours pour la validation ou le développement d'indicateurs pour la DCSMM ou dans le cadre du projet Life Marha pour la DHFF.

A ce jour, il n'existe pas de publication de référence générale sur les indicateurs disponibles, en dehors des documents de la DCE et de la DCSMM. Plusieurs initiatives interactives comme le catalogue des indicateurs des AMP⁸ ou CAMPanule⁹ pour les protocoles existent. Cependant ces catalogues ne sont pas renseignés pour les protocoles et indicateurs visant à qualifier l'état écologique des habitats benthiques marins, s'en suivra également le besoin d'actualiser de tels catalogues en fonction des connaissances et des validations réglementaires.

Il y a donc un fort besoin d'un document de synthèse de référence sur les indicateurs et protocoles par habitat benthique et inter-directive, mais il se heurte à l'avancée constante des travaux sur le sujet. Le besoin d'interactivité pour ce genre de document est donc très important et peut être solutionné par les catalogues en ligne, si la mise à jour et le remplissage des informations sont assurés.

Pour poursuivre, les recommandations sont présentées selon les thématiques complémentaires suivantes :

➤ Par politique publique

Un travail de recensement similaire à celui qui a été proposé pour la DCE et la DCSMM est en cours pour les AMP. Pour mener à bien ce recensement des indicateurs, il est nécessaire de continuer les échanges avec RNF et l'OFB et initier des échanges avec les autres gestionnaires d'AMP (principalement les têtes de réseaux) afin de collecter les informations sur les initiatives en cours pour les habitats benthiques marins. Pour certaines AMP et certains habitats, il est nécessaire également d'organiser des échanges directement avec les experts (notamment locaux), en lien avec les référents des politiques publiques. Cela permettra aussi de mieux cerner les besoins spécifiques des AMP et aidera à définir les habitats prioritaires parmi ceux qui sont peu suivis. Concernant les Parcs Naturels Marins, un plan de gestion des données est prévu en 2023 pour trois Parcs (Estuaires picards mer d'Opale, Estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis, Golfe du Lion). Ce travail devrait permettre un état des lieux des suivis et projets en cours concernant les habitats benthiques marins.

Nombre d'actions (validation réglementaire, publications de méthode et projets R&D) sont en cours pour les trois directives (DCE, DHFF, DCSMM). L'OFB sera sollicité sur la suite de l'étude sachant son rôle de pilotage R&D pour la DCSMM, la DHFF et la DCE en lien avec les Agences de l'Eau. Des échanges approfondis avec les gestionnaires

⁸ <https://catalogueindicateursamp.ofb.fr/>

⁹ <https://inpn.mnhn.fr/programme/campanule>

permettront également de lister l'ensemble des projets dans les AMP - pertinents pour alimenter un rapport de synthèse et les catalogues en ligne. Une fois cet état des lieux dressé, il sera nécessaire d'avoir une analyse critique des catalogues existants selon les objectifs fixés, notamment sur les modalités d'actualisation.

➤ **Indicateurs surfaciques**

Les indicateurs surfaciques sont encore peu étudiés par manque de moyens et de données disponibles (par ex : pour l'évaluation DCE Angiospermes, les cartes ne sont pas encore bancarisées, seul le résultat chiffré issu des analyses des cartes de surface des herbiers tous les 6 ans est disponible pour la façade Atlantique-Manche). Pour la suite, une revue bibliographique plus poussée, des études sur l'analyse des pertes et des gains de surface par habitat est nécessaire pour savoir quels sont les outils à dispositions (p. ex. analyses diachroniques) et les perspectives pour le développement d'indicateurs. Des liens forts sont à faire avec le Règlement sur la Restauration de la Nature¹⁰ qui obligera aussi bien à quantifier les évolutions de surface des habitats mais aussi à attester l'augmentation surfacique des habitats en bon état écologique (précédemment évaluées en mauvais état). Les projets du Life Marha portant sur les cartographies et les indicateurs surfaciques devront être également considérés.

➤ **Métrie, protocoles et indicateurs**

Pour cette étude, seuls les indicateurs (ceux validés et les candidats) ont été présentés. La question de la pertinence d'un catalogue des indicateurs et protocoles de suivi par habitat benthique reste néanmoins entière lorsque l'on souhaite évaluer l'efficacité de mesures de gestion. Idéalement, les métriques - protocoles - indicateurs devraient avoir une certaine flexibilité dans leur déploiement selon les besoins et capacités de mise en œuvre par le gestionnaire, à travers notamment cette notion de 'métriques socles' tel que mentionnée pour l'évaluation à l'échelle d'un site Natura 2000 (Delavenne & de Bettignies, 2023). Ces 'métriques socles' sont présentées comme le minima à mesurer pour qualifier l'état de conservation d'un habitat. Pour les habitats benthiques marins qui ne bénéficient pas encore d'indicateurs, il est nécessaire de faire aussi des préconisations de métriques et protocoles de suivis à mettre en place d'après la bibliographie scientifique.

➤ **Méthodes d'évaluation**

Concernant les méthodes d'évaluations de l'état des habitats benthiques marins, elles sont définies pour les habitats couverts par la DCE, en cours de réflexion/validation pour la DCSMM et la DHFF.

➤ **Typologie des habitats**

Il est déconseillé de redéfinir de nouvelles typologies pour un besoin propre, mais au contraire recommandé d'utiliser des typologies de référence, assurant ainsi la réutilisation possibles des données acquises. Le référentiel national des typologies d'habitat (HabRef) met à disposition l'ensemble des typologies de référence au niveau national ainsi que des outils complémentaires de lien habitat-espèces ou de correspondances permettent de faire les liens entre les typologies nationales et les typologies internationales (p. ex. EUNIS) et listes réglementaires d'habitat (p. ex. Habitats d'Intérêt Communautaire marins de la DHFF). Ces outils sont diffusés en ligne sur l'INPN.

¹⁰ https://environment.ec.europa.eu/publications/nature-restoration-law_en

En Hexagone et Corse, deux typologies nationales d'habitats benthiques marins (NatHab) sont disponibles pour la Méditerranée (Michez *et al.* 2014)¹¹ et l'Atlantique – Manche – Mer du Nord (Michez *et al.* 2019)¹², avec encore la possibilité d'être actualisées pour mieux rendre compte de la diversité et de la spécificité des habitats à l'échelle nationale. Les unités d'habitats aux niveaux typologiques pertinents pour la gestion ont fait l'objet d'un travail conséquent de description pour faciliter la reconnaissance de ces habitats sur le terrain (La Rivière *et al.* 2021, 2022). Dans le cadre de cette étude sur les indicateurs, des correspondances seraient désormais à faire non pas entre typologies mais entre les indicateurs existants et les typologies nationales.

➤ **CAMPanule**

Le travail d'analyse technique du format de la Base de Données CAMPanule et ses trois tables techniques, protocoles et méthodes est à poursuivre. Cela permettra de confirmer la compatibilité des protocoles et techniques utilisées en milieu marin avec les concepts utilisés pour décrire les modalités de collecte des données dans CAMPanule.

➤ **Bancarisation des données**

Comme préconisé dans Delavenne & de Bettignies (2023), il est important d'anticiper et d'organiser la bancarisation et la mise à disposition des données produites et/ou utilisées, notamment dans le cadre des Systèmes d'Informations sur le Milieu Marin (SIMM) et sur l'eau (SIE). Un guide générique pour la gestion des données « milieu marin », de l'acquisition à la diffusion, a été produit par l'OFB (Birolleau *et al.* 2022). Il recense les principales informations à connaître et présente la liste des bases de données préconisées pour la bancarisation des données (Fiche ressource 3)¹³.

¹¹ https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/46

¹² https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_typo/32

¹³ il est aussi possible de consulter les pages d'informations sur le sujet sur le site de l'INPN : <https://inpn.mnhn.fr/programme/donnees-observations-habitats/contribuer>

6. Bibliographie

- Beauvais S., Dedieu K. & Janson A.-L. (2020) Surveillance des habitats benthiques marins au titre de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) : orientations pour le programme de surveillance 2^{ème} cycle. Office Français de la Biodiversité, 143 pp. Diffusion limitée.
- de Bettignies T., La Rivière M., Delavenne J., Dupré S., Gaudillat V., Janson A.-L., Lepareur F., Michez N., Paquignon G., Schmitt A., de Roton G. & Toison V. (2021) Interprétation française des Habitats d'Intérêt Communautaire marins. PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Paris, 58 pp.
- Birolleau A., Boudet C., Gamp É., Gailhard-Rocher I., Mahie M. & Schmitt A. (2022) Guide pour la gestion des données « milieu marin » version 2, 2022. De l'acquisition à la diffusion. Office Français de la Biodiversité. Collection Guides et protocoles, 48 pp.
- Delavenne J. & de Bettignies T. (2023) Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000. Guide méthodologique. PatriNat – OFB/ MNHN/CNRS/IRD, 41 pp.
- Fréjefond C., Janson A.-L., Labrune C., Dedieu K., Beauvais S., Delavenne J., de Bettignies T. & Pibot A. (2020) Recommandations pour le programme de surveillance interdirective DCSMM/DHFF/DCE "Habitats benthiques" de la région biogéographique et sous-région marine Méditerranée Occidentale. Recueil des comptes rendus des échanges menés au séminaire Surveillance interdirective pour la Méditerranée française (Marseille, du 27 au 29 mai 2019). Rapport CNRS/LECOB - UMS PatriNat - AFB, 59 pp. + annexes.
- Gazay C., de Lacoste N. & King-Gillies N. (2022) CAMPanule : partager les protocoles, méthodes et techniques de collecte de données naturalistes. Rapport d'accompagnement de la version 1. PatriNat, 43 pp.
- Gailhard-Rocher I., Chevrier M., Akopian M. & Vincent D. (2020) Convergence des programmes de surveillance et des évaluations au titre des Directives européennes en lien avec le « milieu marin ». Rapport OFB, 35 pp.
- Green R. H. (1979) Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley, New York .
- Hewitt J. E. & Thrush S. F. (2007) Effective Long-term ecological monitoring using spatially and temporally nested sampling. *Environmental Monitoring and Assessment*, 133: 295-307. <https://doi.org/10.1007/s10661-006-9584-z>
- IFRECOR (2021) Etat de santé des récifs coralliens, herbiers marins et mangroves des outre-mer français. Bilan 2020, 335 pp.
- Janson A.-L., Beauvais S., Dedieu K., Delavenne J., de Bettignies T. & Pibot A. (2020). Recommandations pour le programme de surveillance interdirective DCSMM/DHFF/DCE « Habitats benthiques » de la région biogéographique Atlantique et des sous-régions marines Manche-Mer du Nord, Mers Celtiques et Golfe de Gascogne. Recueil des comptes-rendus des échanges menés aux séminaires Surveillance interdirective pour la façade Manche-Atlantique (Brest, 4 au 6 juin 2019). Rapport UMS PatriNat-OFB, 71 pp. + annexes.
- Kreyling J., Schweiger A.H., Bahn M., Ineson P., Migliavacca M., Morel-Journel T., Christiansen J.R., Schtickzelle N. & Larsen K.S. (2018) To replicate, or not to replicate – that is the question : how to tackle nonlinear responses in ecological experiments. *Ecology Letters*, 21 : 1629-1638. <https://doi.org/10.1111/ele.13134>
- La Rivière M., Michez N., Delavenne J., Andres S., Fréjefond C., Janson A.-L., Abadie A., Amouroux J-M., Bellan G., Bellan-Santini D., Chevaldonné P., Cimiterra N., Derolez V., Fernez T., Fourt M., Frisoni GF., Grillas P., Harmelin J-G., Jordana E., Kleszczewski M., Labrune C., Mouronval J-B., Ouisse V., Palomba L., Pasqualini V., Pelaprat C., Pérez T., Pergent G., Pergent-Martini C., Sartoretto S., Thibaut T., Vacelet J. & Verlaque M. (2021) Fiches descriptives des biocénoses benthiques de Méditerranée. UMS PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Paris, 660 pp.
- La Rivière M., Delavenne J., Janson A.-L., Andres S., de Bettignies T., Blanchet H., Decaris F.-X., Derrien R., Derrien-Courtel S., Grall J., Houbin C., Latry L., Le Gal A., Lutrand A., Menot L., Percevault L., Tauran A. & Thiébaud E.

- (2022) Fiches descriptives des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique. PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Paris, 578 pp.
- Lepareur F. (2011) Evaluation de l'état de conservation des habitats naturels marins à l'échelle d'un site Natura 2000 – Guide méthodologique - Version 1. Rapport SPN 2011 / 3, MNHN, Paris, 55 pp.
- Lepareur F., Bertrand S., Morin E., Le Floch M., Barre N., Garrido M., Riera L. & Mauclet V. (2018) État de conservation des « Lagunes côtières » d'intérêt communautaire (UE 1150*) : méthode d'évaluation à l'échelle du site Natura 2000 - Guide d'application (Version 2). Rapport UMS PatriNat, Muséum national d'Histoire naturelle, Pôle-relais lagunes méditerranéennes, 73 pp.
- Michez N., Fourt M., Aish A., Bellan G., Bellan-Santini D., Chevaldonné P., Fabri M.-C., Goujard A., Harmelin J.-G., Labruno C., Pergent G., Sartoretto S., Vacelet J. & Verlaque M. (2014) Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée Version 2. Rapport SPN 2014 - 33, MNHN, Paris, 26 pp.
- Michez N., Thiébaud E., Dubois S., Le Gall L., Dauvin J.C., Andersen A. C., Baffreau A., Bajjouk T., Blanchet H., de Bettignies T., de Casamajor M.-N., Derrien-Courtel S., Houbin C., Janson A.-L., La Rivière M., Lévêque L., Menot L., Sauriau P.G., Simon N. & Viard F. (2019) Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique. Version 3. UMS PatriNat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 52 pp.
- Ministère de la Transition écologique et solidaire MTE (2018) Guide relatif aux règles d'évaluation de l'état des eaux littorales (eaux côtières et eaux de transition) dans le cadre de la DCE. 277 pp.
- Palialexis A., Korpinen S., Rees A. F., Mitchell I., Micu D., Gonzalvo J., Damalas D., Aissi M., Avellan L., M., Brind'Amour A., Brunner A., Camilleri S., Carlén I., Connor D., Dagys M., Cardoso A. C., Dierschke V., Druon J.-N., Engbo S., Frederiksen M., Gruszka P., Haas F., Haldin J., Häubner N., Heslenfeld P., Koehler L., Koschinski S., Kousteni V., S., Krawack M.-L., Kreutle A., Lefkaditou E., Lozys L., Luigujoe L., Lynam C., Magliozzi C., Makarenko I., Meun G., Moura T., Pavičić M., Probst N., Salomidi M., Somma F., Svensson F., Torn K., Tsiamis K. & Tuaty-Guerra M. (2021). Species thresholds: review of methods to support the EU Marine Strategy Framework Directive, Publications Office, 2021. <https://doi.org/10.2760/52931>
- Pelletier D., Gamp, E., Reecht Y., Bissery C. (2011) Indicateurs de la Performance d'Aires Marines Protégées pour la gestion des écosystèmes côtiers, des ressources et de leurs usages (PAMPA). Rapport scientifique final du projet PAMPA. PAMPA/WP1/Coord/5. 58 p.
- Robert A., Boyé A., Janson A.-L., Beauvais S. & Dedieu K. (2021) Note de l'équipe RT/RS D1 Habitats Benthiques. DCSMM - Descripteur n°1 - BIODIVERSITE Habitats benthiques. 81 pp.
- Sordello R., Bertheau Y., Coulon A., Jeusset A., Ouédraogo D.Y., Vanpeene S., Vargac M., Villemey A., Witté I., Reyjol Y. & Touroult J. (2019) Les protocoles expérimentaux en écologie. Principaux points clefs. UMS PatriNat, CESCO, Irstea. 32 pp.
- Souquière A., Acou A., Akopian M., Beauvais S., Bensettiti F., Blanck A., Cayocca F., Chabrolle A., Charmasson J., Claro F., Comolet-Tirman J., de Bettignies T., Dedieu K., Delavenne J., Delesalle M., Gailhard-Rocher I., Girard F., Guerin L., Guichard B., Janson A.-L., La Rivière M., Régnier C., Spitz J. & Thiriet P. (2021) Propositions pour l'harmonisation de la surveillance et des évaluations réalisées dans le cadre des Directives Oiseaux, Habitats-Faune-Flore, et des Directives-Cadres sur l'Eau et Stratégie pour le milieu Marin. UMS PatriNat – OFB/CNRS/MNHN, 65 pp. + annexes.
- Stuble K. L., Bewick S., Fisher M., Forister M. L., Harrison S. P., Shapiro A. M., Latimer A. M. & Fox L. R. (2020) The promise and the perils of resurveying to understand global change impacts. *Ecological Monographs*, 91(2): e0143. <https://doi.org/10.1002/ecm.1435>
- Sturbois A., De Cáceres M., Sánchez-Pinillos M., Schaal G., Gauthier O., Le Mao P., Ponsero B. H. & Desroy N. (2021) Extending community trajectory analysis: new metrics and representation. *Ecological Modelling*, 440: 109400. <https://doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2020.109400>

Annexe 1

Indicateurs d'état de santé utilisés en Hexagone et Corse pour répondre aux besoins des politiques publiques sur les habitats benthiques (octobre 2023).

Tableau des Indicateurs existants et en projet en octobre 2023 (MTES 2018, Beauvais *et al.* 2020, Frejefond *et al.* 2020, Janson *et al.* 2020, Souquière *et al.* 2021, Delavenne & de Bettignies, 2023).

Atl. = Atlantique, Med.= Méditerranée ; médio. = médiolittoral, infra. = infralittoral, circa. = circolittoral ; T_Estuaire = Transition Estuaire, T_Lagunes = Transition Lagune ;

Statut validation DCSMM (octobre 2023) : Validé = figure dans le projet d'arrêté BEE 2024, Candidat = études en cours.

Intitulé « habitat » simplifié, associé à l'indicateur	Acronyme	Nom Habitat DCSMM	Façade	Sous-région marine (DCSMM)	Utilisation (DCE, DCSMM, DHFF)	Statut validation DCE/DCSMM (octobre 2023)	Type de masse d'eau (DCE) évalué	Détails
Macroalgues de substrat dur intertidal	ABER	NA	Atl.	-	DCE DHFF	DCE Validé	T_Estuaire	Algal Belts Estuarine Ratios (Université de Bretagne Occidentale)
Macroalgues de substrat dur intertidal	CCO	Habitats rocheux du médio. à dominante algale	Atl.	MMN, MC, GDG	DCE DCSMM DHFF	DCE Validé DCSMM Candidat	Côtière	Cover, Characteristic species, Opportunistic species (Université de Bretagne Occidentale)
Macroalgues de substrat dur intertidal	ICS	Habitats rocheux du médio. à dominante algale	Atl.	MC, GDG	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	Index of Community Structure (Université de Bretagne Occidentale)
Macroalgues de substrat dur intertidal	SDIR	Habitats rocheux du médio. à dominante algale	Atl.	MMN, MC, GDG	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	Seaweed Dominated Intertidal Rocky shores (Université de Bretagne Occidentale). Prise en compte fonctionnalité habitat et structure (CCO + ICS + faune associée : macrofaune brouteurs). R&D OFB/UBO initié à l'origine pour la DCSMM.
Champs de blocs	IVR	Champs de blocs	Atl.	MMN, MC, GDG	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	Indicateur Visuel de Retournement des blocs (Université de Bretagne Occidentale). Projet Eval-Habloc, reprise du travail du Life+ Pêche à pied de loisir. R&D OFB/MNHN Concarneau. Projet à l'origine DHFF.
Champs de blocs	QECB (revisité)	Champs de blocs	Atl.	MMN, MC, GDG	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	Indice de Qualité Écologique Champs de Blocs (Université de Bretagne Occidentale). Projet Eval-Habloc, reprise du travail du Life+ Pêche à pied de loisir. R&D OFB/MNHN Concarneau. Projet à l'origine DHFF.
Hermelles		Bio-constructions à <i>Sabellaria alveolata</i>	Atl.	MMN, MC, GDG	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	Projet REEHAB (REEf HABitat/Ifremer). R&D OFB/Ifremer. Projet à l'origine DHFF.
Macroalgues de substrat dur subtidal	CARLIT	Habitats rocheux de l'infra. supérieur à dominante algale	Med.	MO	DCE DCSMM DHFF	DCE Validé DCSMM Validé	Côtière	CARTography LITtoral (Université Aix Marseille) CARLIT évalué par ME pour la DCE. Evaluation pour DCSMM, agrégation en cours de réflexion.

Tableau des Indicateurs existants et en projet en octobre 2023 (MTES 2018, Beauvais *et al.* 2020, Frejefond *et al.* 2020, Janson *et al.* 2020, Souquière *et al.* 2021, Delavenne & de Bettignies, 2023).
 Atl. = Atlantique, Med.= Méditerranée ; médio. = médiolittoral, infra. = infralittoral, circa. = circalittoral ; T_Estuaire = Transition Estuaire, T_Lagunes = Transition Lagune ;
 Statut validation DCSMM (octobre 2023) : Validé = figure dans le projet d'arrêté BEE 2024, Candidat = Etudes en cours.

Intitulé « habitat » simplifié, associé à l'indicateur	Acronyme	Nom Habitat DCSMM	Façade	Sous-région marine (DCSMM)	Utilisation (DCE, DCSMM, DHFF)	Statut validation DCE/DCSMM (octobre 2023)	Type de masse d'eau (DCE) évalué	Détails
Macroalgues de substrat dur subtidal	QISubMac	Habitats rocheux de l'infra. à dominante algale	Atl.	MMN, MC, GDG	DCE DCSMM DHFF	DCE Validé DCSMM Candidat	Côtière	Quality Index of Subtidal Macroalgae (MNHN Concarneau).
Macroalgues de substrat dur subtidal	QISubMac + faune associée	Habitats rocheux de l'infra. à dominante algale et du circa. côtier	Atl.	MMN, MC, GDG	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	Quality Index of Subtidal Macroalgae + macrofaune associée (MNHN Concarneau) et intégration du GPBI pour certaines catégories de masses d'eau. R&D OFB/MNHN Concarneau initié à l'origine pour la DCSMM.
Indicateur de dynamique du coralligène		Coralligène	Med.	MO	DCSMM DHFF	DCSMM Validé	-	RECOR = Réseau suivi assemblages coralligènes (Andromède, Agence Eau RMC).
Coralligène	EBQI-Coralligène	Coralligène	Med.	MO	DHFF	-	-	Ecosystem-based Quality Index - Coralligène (GIS Posidonie, Réseau AMP, Life Marha).
Grottes		Grottes (sous-)marines	Atl.	MC	DHFF	-	-	(Life Marha, PNMI)
Grottes	EBQI Grottes	Grottes sous-marines	Med.	MO	DHFF	-	-	Ecosystem-based Quality Index - Grottes (GIS Posidonie).
Herbiers (Angiospermes)		Herbiers de phanérogames <i>Z. noltei</i> et <i>Z. marina</i>	Atl.	-	DCE DHFF	DCE Validé DCSMM Candidat	Côtière / T_Estuaire	(Ifremer)
Herbiers (Posidonies)	PREI	Herbiers de posidonie	Med.	MO	DCE DHFF	DCE Validé	Côtière	<i>Posidonia oceanica</i> Rapid Easy Index (Université de Liège).
Herbiers (Posidonies)	EBQI-Posidonies	Herbiers de posidonie	Med.	MO	DHFF	-	-	Ecosystem-based Quality Index - Herbier de posidonie (GIS Posidonie).
Herbiers (Posidonies)	BIPO	Herbiers de posidonie	Med.	MO	DCSMM DHFF	DCSMM Validé	-	Biotic index based on <i>P. oceanica</i> (Université de Corse).
Macrophytes	EXCLAME	NA	Med.	-	DCE DHFF	DCE Validé	T_Lagune	EXamination Tool for Coastal Lagoon Macrophyte Ecological Statuts (Ifremer) - Lagunes poly/eu-halines, substrat meubles.
Macrophytes		NA	Med.	-	DCE / DHFF	DCE Proposition	T_Lagune	Lagunes oligohalines et mésahalines (salinité <18 et >5).
Maërl (pas d'indicateur)		Maërl	Atl.	MMN, MC, GDG	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	R&D basée sur plusieurs indicateurs (GPBI, AMBI, vitalité...) (Université de Bretagne Occidentale).

Tableau des Indicateurs existants et en projet en octobre 2023 (MTES 2018, Beauvais *et al.* 2020, Frejefond *et al.* 2020, Janson *et al.* 2020, Souquière *et al.* 2021, Delavenne & de Bettignies, 2023).
 Atl. = Atlantique, Med.= Méditerranée ; médio. = médiolittoral, infra. = infralittoral, circa. = circalittoral ; T_Estuaire = Transition Estuaire, T_Lagunes = Transition Lagune ;
 Statut validation DCSMM (octobre 2023) : Validé = figure dans le projet d'arrêté BEE 2024, Candidat = Etudes en cours.

Intitulé « habitat » simplifié, associé à l'indicateur	Acronyme	Nom Habitat DCSMM	Façade	Sous-région marine (DCSMM)	Utilisation (DCE, DCSMM, DHFF)	Statut validation DCE/DCSMM (octobre 2023)	Type de masse d'eau (DCE) évaluée	Détails
Invertébrés benthiques de substrat meuble	AMBI	Habitats sédimentaires de l'infra., circa. côtier (sédiments grossiers, hétérogènes, sables, vases)	Med.	MO	DCE (pour l'infra.) DCSMM DHFF	DCE Validé DCSMM Validé	Côtière	AZTI's Marine Biotic Index (AZTI).
Invertébrés benthiques de substrat meuble	M-AMBI	Habitats sédimentaires du médio., infra., circa. côtier (sédiments grossiers, hétérogènes, sables, vases)	Atl.	MMN, MC, GDG	DCE (pour l'infra.) DCSMM DHFF	DCE Validé DCSMM Validé	Côtière	Multivariate AZTI's Marine Biotic Index (AZTI).
Invertébrés benthiques de substrat meuble	M-AMBI	NA	Med.	MO	DCE DHFF	DCE Validé	T_Lagune	Multivariate AZTI's Marine Biotic Index (AZTI).
Invertébrés benthiques	BEQI-FR	Habitats sédimentaires du médio., infra., circa. côtier (sédiments grossiers, hétérogènes, sables, vases)	Atl. Med.	MMN, MC, GDG, MO	DCE DHFF	DCE Validé	T_Estuaire	Benthic Ecosystem Quality Index - France (Université de Bordeaux). Validé ME de transition DCE, à l'étude pour ME côtière DCE (envisager applicabilité pour la DCSMM)
Invertébrés benthiques	GPBI	Habitats sédimentaires du médio., infra., circa. côtier (sédiments grossiers, hétérogènes, sables, vases)	Atl. Med.	MMN, MC, GDG, MO	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	General Purpose Biotic Index (anciennement BenthVal). Etude commune du GPBI, BEQI-FR et M-AMBI.
Habitats sédimentaires du large	Plusieurs indicateurs (GPBI, TDI...)	Habitats sédimentaires du circa. du large	Atl.	MMN, MC, GDG	DCSMM DHFF	DCSMM Candidat	-	Suivi des habitats sédimentaires circa du large depuis les campagnes halieutiques DCF. (Ifremer) méthode d'évaluation en cours de développement.
Habitats sédimentaires du large	Plusieurs indicateurs (GPBI, TDI...)	Habitats sédimentaires du circa. du large	Med.	MO	DCSMM	DCSMM Candidat	-	Suivi des habitats sédimentaires circa du large depuis les campagnes halieutiques DCF. IMPEC projet impact pêche sur les habitats sédimentaires (OFB Université Angers, Banyuls, Ifremer Sète). Méthode d'évaluation en cours de développement.

Annexe 2

Schémas des étages en mer à marées (Manche, Mer du Nord et Atlantique) et en mer Méditerranée.

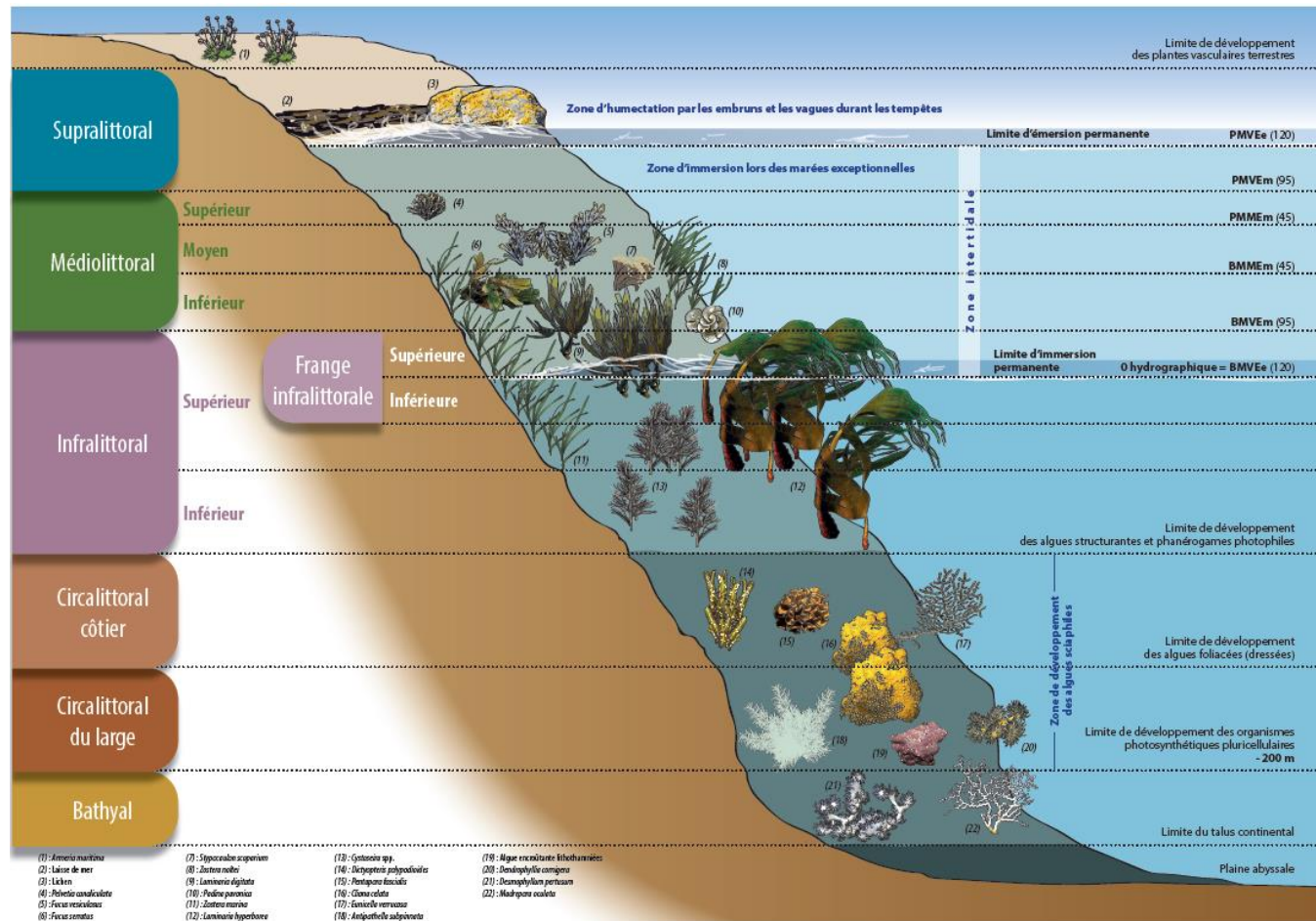


Schéma des étages en mer à marées (Manche, Mer du Nord et Atlantique) (La Rivière *et al.* 2022). Les limites bathymétriques, les coefficients de marées ainsi que les exemples d'espèces typiques sont donnés à titre indicatif mais peuvent varier à l'échelle locale. Les proportions relatives entre les étages et entre les tailles des espèces typiques ne sont pas respectées. PMVEe : Pleine Mer Vive-Eau exceptionnelle ; PMVEem : Pleine Mer Vive-Eau moyenne ; PMMEm : Pleine Mer Morte-Eau moyenne ; BMMEm : Basse Mer Morte-Eau moyenne ; BMVEem : Basse Mer Vive-Eau moyenne ; BMVEe : Basse Mer Vive-Eau exceptionnelle.

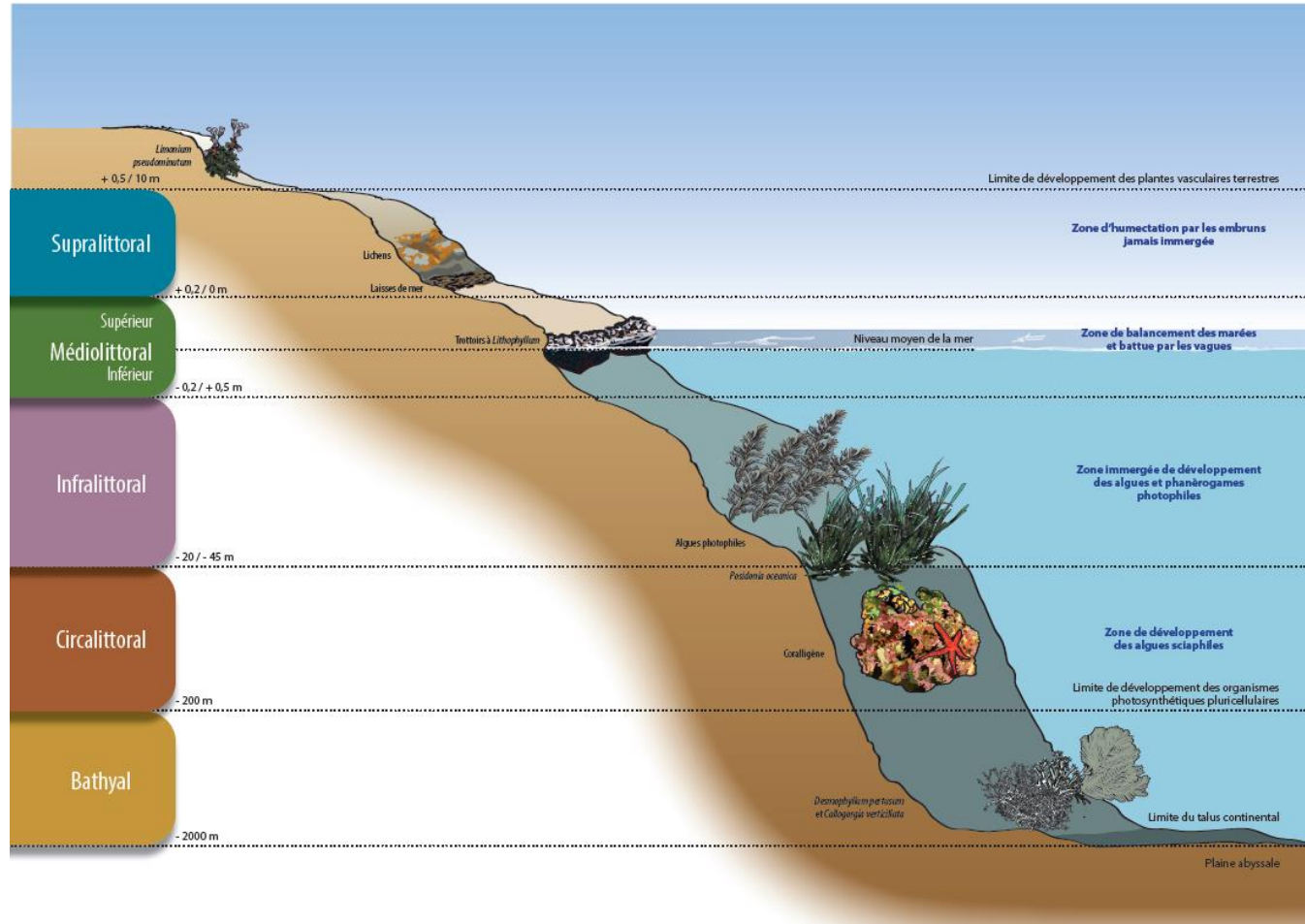


Schéma des étages en mer Méditerranée (La Rivière *et al.* 2021). L'étage circalittoral est divisé en circalittoral côtier et circalittoral du large. Les limites bathymétriques ainsi que les exemples d'espèces typiques sont donnés à titre indicatif mais peuvent varier à l'échelle locale. Les proportions relatives entre les étages et entre les tailles des espèces typiques ne sont pas respectées.

RÉSUMÉ

Cette pré-étude s'inscrit dans le contexte d'évaluation de l'efficacité des mesures de gestion à mettre en œuvre sur les habitats marins, comme les zones de protection forte. Il s'agit ici d'un premier inventaire des indicateurs existants et couramment déployés pour les habitats benthiques marins dans un contexte d'évaluation réglementaire. Des recommandations générales pour attester sans équivoque de l'effet des mesures de gestion ont également été formulées pour compléter cette synthèse.

Globalement, il y a peu d'indicateurs validés pour qualifier l'état de santé des habitats marins dans les politiques publiques de protection du milieu marin, hormis dans le cadre de la DCE. Beaucoup de travaux sont en cours pour la validation ou le développement d'indicateurs pour la DCSMM et la DHFF. A ce jour, il n'existe pas de publication de référence sur les indicateurs, en dehors des documents de la DCE. Plusieurs initiatives interactives existent, comme le catalogue OFB des indicateurs, mais nécessitent d'être mises à jour. Le besoin d'un document de synthèse de référence sur les indicateurs et protocoles de suivi est fort, couplé à la nécessité d'interactivité pour éviter l'obsolescence d'une telle synthèse.

Les éléments développés dans cette pré-étude, à savoir l'état des lieux sur les indicateurs pour l'Hexagone et la Corse et les recommandations générales, devraient faciliter la réalisation d'une étude plus exhaustive et la mise à disposition d'outils pour assister les gestionnaires dans cet exercice d'évaluation des mesures de gestion.

PatriNat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)
Centre d'expertise et de données sur le patrimoine naturel
Jardin des Plantes
CP41 – 36 rue Geoffroy Saint-Hilaire
75005 Paris
www.patrinat.fr

