



HAL
open science

Actes du séminaire : Les habitats rocheux intertidaux et subtidaux des façades Manche - Mer du Nord - Atlantique

Anna Capietto, Sandrine Derrien-Courtel, Sophie Beauvais, Thibaut de Bettignies, Juliette delavenne, Anahita Marzin, Alain Pibot

► To cite this version:

Anna Capietto, Sandrine Derrien-Courtel, Sophie Beauvais, Thibaut de Bettignies, Juliette delavenne, et al.. Actes du séminaire : Les habitats rocheux intertidaux et subtidaux des façades Manche - Mer du Nord - Atlantique. 2023. mnhn-04089685

HAL Id: mnhn-04089685

<https://mnhn.hal.science/mnhn-04089685v1>

Submitted on 5 May 2023

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.



Distributed under a Creative Commons Attribution - NonCommercial - ShareAlike 4.0 International License

Actes du séminaire

LES HABITATS ROCHEUX INTERTIDEAUX ET SUBTIDEAUX des façades Manche - Mer du Nord - Atlantique

16 au 18 novembre 2022 - Océanopolis, Brest

Actes du séminaire réalisés sous la direction de :

- **Anna Capietto** (Office français de la biodiversité, Life Marha / Parc naturel marin d'Iroise)
- **Sandrine Derrien** (Muséum National d'Histoire Naturelle – Station Marine de Concarneau)

Et des autres membres du comité d'organisation :

- **Thibaut de Bettignies** (PatriNat - OFB-MNHN-CNRS)
- **Sophie Beauvais** (Office français de la biodiversité, Life Marha)
- **Anahita Marzin** (Office français de la biodiversité, Life Marha)
- **Alain Pibot** (Office français de la biodiversité, Life Marha)
- **Juliette Delavenne** (Office français de la biodiversité, Life Marha)

Pour citer ce document :

Capietto A., Derrien S., Beauvais S., de Bettignies T., Delavenne J., Marzin A., Pibot A. (2023) Actes du séminaire : Les habitats rocheux intertidaux et subtidaux des façades Manche - Mer du Nord - Atlantique. Novembre 2022, Océanopolis, Brest, 144 p.

Pour citer un acte dans ce document :

Auteur(s). Titre de l'acte. Dans Capietto A., Derrien S., Beauvais S., de Bettignies T., Delavenne J., Marzin A., Pibot A. (2023) Actes du séminaire : Les habitats rocheux intertidaux et subtidaux des façades Manche - Mer du Nord - Atlantique. Novembre 2022, Océanopolis, Brest, 144 p.

Les personnes soulignées dans les différents actes correspondent aux intervenant(e)s

Ce rapport a été réalisé avec le soutien financier du programme Life de l'Union européenne, dans le cadre du projet Life Marha.

Le contenu de ce rapport n'engage que ses auteurs et la Commission européenne ne peut être tenue responsable de l'utilisation qui pourrait être faite des informations qu'il contient.

Crédits photos première de couverture :

B. Guichard, A. Chery / Office français de la biodiversité ; W. Bradberry, M. Dudarev / Shutterstock – montage de Yann Souche / Office français de la biodiversité

SOMMAIRE

Préambule	5
Session 1 – Les habitats rocheux dans les Directives européennes	6
REBENT & DCE	8
Les différents niveaux d'intégration du « rocheux » dans la DHFF : un défi partagé pour son évaluation réglementaire, le réseau Natura 2000 et le Life Marha	13
Comment les habitats rocheux sont-ils pris en compte dans la DCSMM ?	16
Etat des lieux et actualités sur les façades Manche et Atlantique	16
Nouvelle ambition européenne sur les habitats rocheux avec la proposition de règlement UE sur la restauration de la nature (« Nature Restoration Law »)	20
Toolkit rocheux pour les gestionnaires d'AMP : Typologie, interprétation des Habitats d'Intérêt Communautaire et correspondances	23
Session 2 - Méthodes d'évaluation et de suivis des habitats rocheux	27
Communautés de macroalgues intertidales : habitats et bioindicateurs, du Rebent à la DCE et à la DCSMM. Quels développements ?	29
Complémentarité de l'indice GPBI et de QSubMac dans les communautés rocheuses subtidales et contribution aux évaluations écologiques DCE/DCSMM.	32
Suivre l'état écologique des champs de blocs médiolittoraux face à la pression de pêche à pied	35
Prédire l'état et les risques de changements abrupts des récifs à <i>Sabellaria alveolata</i>	41
Stratégies d'évaluation et de suivi du bon état de conservation des habitats récifs du large en Atlantique	47
Comment évaluer et suivre les fonctionnalités ichtyologiques des habitats rocheux subtidaux : créer un réseau d'Observatoires, combiner des protocoles complémentaires	50
Suivi des habitats et poissons côtiers par vidéo sous-marine panoramique (STAVIRO/KOSMOS)	53
Contribution de l'OBCE (Observatoire Breton du Changement sur les Estrans) à la connaissance de la biodiversité de la macrofaune des estrans rocheux bretons : premiers résultats et perspectives.	58
Session 3 – Méthodes d'évaluation surfacique des habitats rocheux	63
Cartographie des habitats benthiques côtiers du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (projet CartoHECo)	65
Approche hyperspectrale pour de la cartographie des habitats intertidaux - Cas d'étude sur l'archipel de Molène	69
Complémentarité de l'imagerie hyperspectrale et du Lidar pour l'identification et l'évaluation de l'état des récifs d'hermelles intertidaux	73
Réalisation d'une cartographie d'habitats marins sur le site Natura 2000 de la Chaussée de Sein	78
L'évolution des populations de macroalgues en baie de la Baule de 1995 à 2014	81
Session 4 - Aller plus loin dans l'analyse des pressions	83
SPECIES - Interactions des câbles sous-marins avec l'environnement benthique et suivis associés	85
Stratégies de suivi pour identifier et évaluer les effets des parcs éoliens offshore et leur raccordement sur les peuplements de poissons	89
Structure multi-échelles des communautés associées aux macroalgues colonisant les ports de plaisance	93

Spatialisation des pressions anthropiques des habitats rocheux de la baie de Saint-Jean-de-Luz _____	95
Analyse risque pêche : interactions entre les activités de pêche et les habitats rocheux _____	98
Projet EVALG : Mise au point de protocoles et d'indicateurs pour l'Évaluation de l'état écologique et des stocks de macroALGues au sein du Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde et de la Mer des Pertuis _____	99
Suivis des stocks d'algues de rive par le CRPMEM Bretagne pour une gestion durable de la ressource _____	103
Entre préservation de l'environnement et développement socio-économique du métier de goémonier : un cadre de gestion évolutif pour un double enjeu. _____	107
Le Suivi des LAMinaires en IROISE (SLAMIR) _____	112
Session 5 – Les habitats rocheux en Europe et dans le monde _____	117
L'évaluation de l'état de conservation des habitats rocheux en Europe _____	118
Kelp forests in the spotlight : listing OSPAR, évaluation des services écosystémiques et restauration active dans l'Atlantique N-E _____	119
Distribution et connectivité des habitats récifaux à Sabellaria alveolata (hermelles) sur les côtes européennes _____	122
Une perspective globale sur les récifs tempérés côtiers dans tous leurs états (écologiques) _____	126
Nouvelles connaissances sur le circalittoral tempéré de l'Atlantique nordeste : La zonation singulière des plateaux insulaires macaronésiens et le renforcement du réseau d'aires marines protégées des Açores _____	129
Session 6 - Table ronde _____	130
Les Posters _____	131
Présentation des habitats marins en France métropolitaine _____	131
Biorégionalisation de l'environnement côtier en Atlantique-Manche-Mer du Nord, pour étayer l'élaboration de la stratégie de surveillance DCSMM des poissons et céphalopodes côtiers _____	132
Habitat « Récifs » - Coup d'œil sur des tombants du sud du golfe de Gascogne _____	133
« Récif circalittoral de gorgones Paramuricea grayi (Johnson, 1861) » golfe de Gascogne sud _____	134
Cartographie des communautés benthiques intertidales des substrats rocheux de Manche orientale : apport de l'imagerie hyperspectrale _____	135
Projet SISTER : Le suivi des récifs à Sabellaria alveolata par imagerie drone et I.A. _____	136
LAMINET : L'ADNe pour décrypter la structure et fonctionnement trophique des communautés associées aux forêts de laminaires _____	137
Paysages sous-marins : appropriations sociales et politiques publiques _____	138
Suivi des enrochements dans le cadre du projet de raccordement du parc éolien en mer de Saint Nazaire _____	139
Apport écologique d'un projet d'éco-ingénierie sur la digue du nouveau polder du port de Brest _____	140
Vers un réseau participatif de suivi des poissons et des habitats rocheux côtiers en plongée _____	141
Contribuer aux politiques publiques en mer et sur le littoral grâce aux sciences participatives _____	142
Les grottes de la mer d'Iroise – Inventaires et suivis _____	143

Préambule

De nombreux secteurs de la façade Manche - Mer du Nord - Atlantique sont caractérisés par la présence d'habitats marins rocheux, situés de la zone de balancement des marées jusqu'à de grandes profondeurs. Ces habitats rocheux sont très variés ; ils sont conditionnés par la topographie, l'action des vagues et des courants, la lumière, l'humectation, les nutriments ou encore le type de substrat.

Lorsqu'il est en bonne santé, un habitat constitue le lieu d'accueil d'un cortège d'espèces et notamment d'algues et d'animaux. Elles y trouvent les conditions idéales pour réaliser les étapes cruciales de leur cycle de vie : reproduction, repos et alimentation. La disparition des habitats est l'une des principales menaces qui pèse sur la biodiversité. Afin de les protéger, de nombreux suivis et des actions de gestion sont mises en place sur différents secteurs.



Champs de blocs à marée basse
Yann Souche / Office français de la biodiversité



Forêt de laminaires *S. polyschides*
René Derrien / MNHN de Concarneau



Flore et faune du circalittoral côtier
René Derrien / MNHN de Concarneau

Dans le cadre du Life Marha, la Commission européenne a souhaité que la France anime une plateforme internationale sur les habitats marins. Ce travail consiste à favoriser les échanges entre spécialistes européens sur la connaissance, le suivi et la gestion des habitats marins autour de quatre grands types d'habitats (récifs profonds méditerranéens ; herbiers de Posidonies ; habitats de substrat meuble ; **habitats rocheux**).

Le Museum National d'Histoire Naturelle via sa station Marine de Concarneau avait initié en 2019 l'organisation d'un séminaire scientifique national sur les habitats rocheux, dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau et de la Directive Cadre Stratégie sur le Milieu Marin (DCSMM). C'est pourquoi, le Life Marha s'est naturellement associé au Muséum pour organiser ce nouveau séminaire en 2022 et traiter de façon plus large la thématique. **Le séminaire sur les habitats rocheux intertidaux et subtidiaux de la façade Manche - Mer du Nord - Atlantique a eu lieu du 16 au 18 novembre 2022 à Océanopolis, 29200 Brest.** Organisé autour du triptyque « Surveillance / Evaluation / Gestion », il a réuni près de 140 personnes (scientifiques, gestionnaires d'aires marines protégées, opérateurs de terrain, coordinateurs thématiques, instituts, représentants des activités maritimes et associations). Il fut l'occasion de présenter et de valoriser :

- la prise en compte de ces habitats dans les Directives européennes (Directive Cadre sur l'Eau, Directive Habitat Faune Flore, Directive Cadre Stratégie sur le Milieu Marin)
- leurs méthodes d'évaluation et de suivis
- l'analyse des pressions et des interactions
- et les mesures de gestion favorables à leur conservation.

Les approches européennes et internationales ont été abordées afin de replacer les suivis nationaux dans une plus large échelle.

Nous remercions chaleureusement les différents auteurs et les intervenants à l'oral qui ont contribué à présenter clairement les thématiques abordées lors de ce séminaire. Nous rendons hommage à Erwan Ar Gall qui a tant apporté à la connaissance des habitats rocheux intertidaux.

Session 1 – Les habitats rocheux dans les Directives européennes

Animation de la session : Alain Pibot (Office français de la biodiversité, Life Marha)

Ce séminaire sur les habitats rocheux atlantiques revêt une importance majeure pour la mise en œuvre pertinente des politiques publiques appliquées à l'espace maritime. Il importe en effet de savoir, avec efficacité opérationnelle et robustesse scientifique, observer, évaluer et suivre ces habitats pour qualifier leur état de santé, mais aussi pour détecter les impacts et évaluer les pressions qui s'y exercent et ainsi guider l'action technique et politique de conservation.

Des suivis stabilisés et mutualisés Interdirectives

Historiquement issus des suivis de milieux déployés suite au naufrage de l'Erika au large des côtes atlantiques, les protocoles de suivi stationnels et sectoriels se sont progressivement harmonisés puis étendus sur l'ensemble de la façade à partir du noyau constitué par le REBENT Bretagne, en impliquant tous les acteurs en mesure d'engager un effort de suivi sur leur zone.

Aujourd'hui, la DCSMM intègre les approches liées aux différents paramètres qui interviennent dans l'état de santé de l'écosystème marin.

Au titre de la DCE, deux indicateurs stabilisés restent conduits sur une partie de la façade : le suivi stationnel Intertidal rocheux à dominance macro algues piloté par l'IUEM-LEMAR, et le suivi stationnel subtidal rocheux piloté par le MNHN de Concarneau.

Coté DHFF, d'importants travaux ont été menés, notamment sous l'impulsion du LIFE Intégré Marha et sous la coordination de l'Unité PATRINAT, pour finaliser les descriptions d'habitats selon la nouvelle typologie nationale d'une part, compléter et stabiliser le catalogue des méthodes, protocoles et interprétations disponibles pour disposer d'une évaluation pertinente de ces habitats, sur l'ensemble de la façade, et à l'échelle des sites de gestion. Ce travail sera finalisé fin 2025.

Vers une nouvelle ambition européenne : la restauration des habitats

L'objectif de tous ces travaux reste la conservation des habitats naturels et des services écosystémiques qu'ils nous rendent. Face au manque de résultats des politiques de protection des écosystèmes marins engagées jusqu'à présent, la Commission européenne a mis en chantier une réglementation contraignante sur la réduction des impacts et la restauration des écosystèmes. Ce nouveau règlement attendu pour mi 2023 se structure autour de groupes de types d'habitats (GTH).

L'objectif très (trop ?) ambitieux vise notamment à restaurer 30 % de la surface de chaque GTH d'ici 2030, 60 % en 2040 et 90 % en 2050 et le rétablissement des surfaces de référence en bon état (30 % en 2030, 60 % en 2040 et 100 % en 2050). Les habitats rocheux atlantiques se retrouvent dans 4 des 7 GTH.

Ce chantier va exiger d'importants travaux de connaissance complémentaires, mais aussi bien sûr de restauration passive par la suppression des principales pressions qui s'exercent sur ces milieux. Vaste et sensible programme.

De nouveaux outils de travail

C'est dans ce contexte chargé en ambition que sont livrés par le MNHN et l'OFB un ensemble d'outils dédiés aux gestionnaires et scientifiques œuvrant pour la conservation et l'étude des habitats marins.

La nouvelle typologie nationale (Nathab) permet dès à présent de combler les lacunes identifiées, d'harmoniser les travaux et d'offrir enfin un référentiel commun sur l'ensemble du territoire national métropolitain. Des équivalences entre les unités de cette typologie avec les unités des autres typologies (EUNIS notamment) est disponible sur le site de l'INPN (HabRef).

Cette typologie a fait l'objet d'une publication des fiches de description des biocénoses benthiques. Le Volume méditerranéen est paru, l'atlantique paraîtra en 2023.

Enfin, un important travail de cartographie et de mise à disposition de l'information géoréférencée est en cours entre le LIFE MARHA et le SINP afin de rendre toutes les données publiques accessibles à l'ensemble des usagers afin d'optimiser la connaissance, et l'usage durable des habitats marins.

REBENT & DCE

Sandrine Derrien-Courtel¹

¹Muséum National d'Histoire Naturelle, Station Marine, Concarneau, France.

REBENT-Bretagne - Rappels

Afin de bien comprendre la manière dont s'imbriquent les différents dispositifs de surveillance, reprenons rapidement leur genèse.

Le réseau REBENT (REseau BENThique) a été mis en place suite au naufrage du pétrolier ERIKA en décembre 1999. Une première phase, entre 2002 et 2014 a porté sur des suivis stationnels et sectoriels (cartographie), coordonnée par l'Ifremer. Depuis la fin 2014, le réseau est coordonné par la station marine de Concarneau du MNHN (Derrien-Courtel, Coord.¹) et ne porte désormais que sur les suivis stationnels. Ces derniers concernent les principaux habitats benthiques présents sur les côtes bretonnes (Fig. 1). Les référents scientifiques sont les suivants: l'UBO pour les sables intertidaux, l'intertidal rocheux à dominance macroalgale, les herbiers de zostères et les bancs de maerl; SU – Station Biologique de Roscoff pour les sables subtidaux et le MNHN – Station Marine de Concarneau pour le subtidal rocheux (flore et faune).

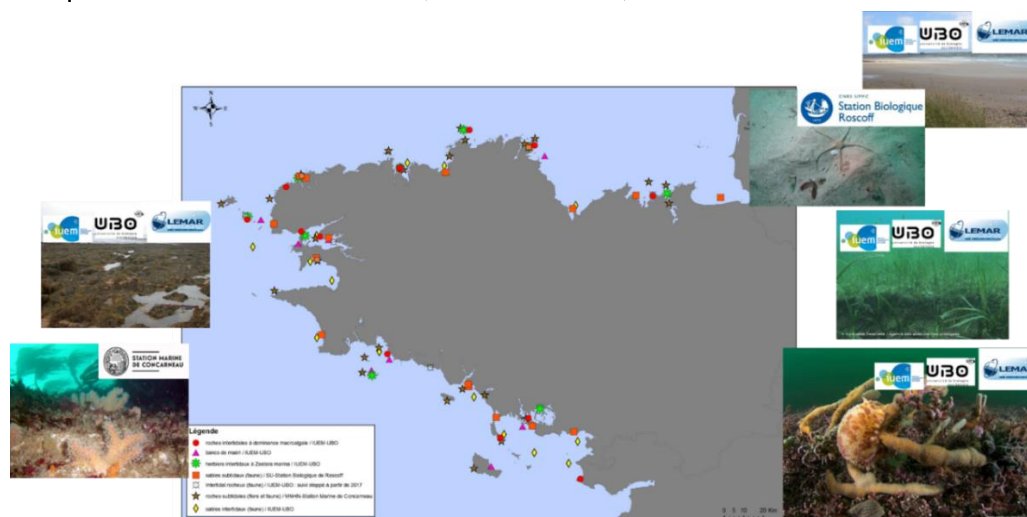


Figure 1 : Les stations et habitats suivis dans le cadre du REBENT.

Concernant les habitats rocheux en particulier, les relevés subtidaux sont effectués en plongée, sur quadrats et concernaient initialement une 30^e de sites; les relevés intertidaux sont également réalisés sur quadrats et concernent une 10^e de sites.

Le REBENT n'est pas et n'a jamais été national. Le REBENT est donc breton uniquement; seuls certains protocoles (benthos meuble) ont été appliqués à l'identique dans le dispositif DCE, ce qui a pu contribuer à cette confusion.

Depuis 2017, et après une période de transition et de financements multiples, le REBENT est désormais financé via 2 dispositifs: 1- par l'AELB au titre de la DCSMM, pour les suivis « DCSMM compatibles »; 2- par la Dreal Bretagne et la Région Bretagne pour les « compléments REBENT » non intégrés au dispositif DCSMM; dans ce dernier cas, cela ne concerne que du rocheux.

DCE-Benthos (flore, faune, intertidal, subtidal) - Rappels

La surveillance DCE a également été coordonnée par l'Ifremer de 2007 à 2016. Depuis 2017, la station marine de Concarneau du MNHN coordonne le DCE-Benthos pour les habitats rocheux; l'Ifremer continue de coordonner tous les autres éléments et sous-éléments de qualité (biologiques, chimiques).

Les référents experts sont toujours l'UBO (désormais Thomas Burel reprend cette responsabilité, suite au décès d'Erwan Ar Gall) et le MNHN-Concarneau (Sandrine Derrien).

De nombreux opérateurs réalisent cette surveillance (Univ. de Lille, CSLN, GEMEL-N, IDRA Bio & Littoral, SU-Roscoff, l'UBO, le MNHN-Concarneau, Bio-Littoral, CNRS-LIENSs, OBIOS, Ifremer-Anglet) et ce dispositif est soutenu et financé par les 4 agences de l'eau de la façade Manche-Atlantique (Artois-Picardie, Seine-Normandie, Loire-Bretagne et Adour-Garonne), avec le soutien de l'OFB pour les aspects de R&D ainsi que le Ministère de la Transition Ecologique, de la cohésion des territoires et de la transition énergétique (et la DEB en particulier).

Comment interpréter une évaluation DCE ? Exemple du QISubMac & du facteur « pluviométrie »

Si on prend l'exemple de l'année 2017, on constate que pour 17 des 34 sites évalués, une amélioration notable est enregistrée via l'indicateur Macroalgues subtidales « QISubMac ». Parmi ces 17 sites, 7 montrent une amélioration encore plus franche (Fig. 2).

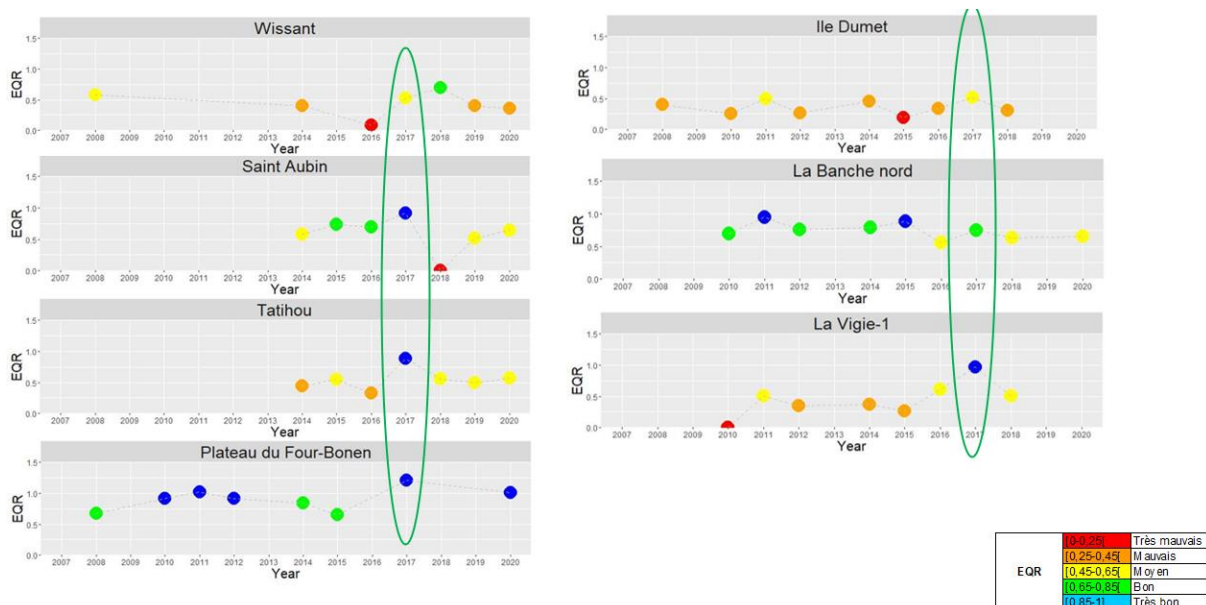


Figure 2 : Evaluation de 7 stations via le QISubMac.

L'hypothèse d'une possible influence du NAO (Indice d'oscillation Nord Atlantique) sur le développement des algues brunes est une première piste : les hivers froids et à faible pluviométrie (NAO négatif) seraient plus favorables pour la reproduction et le développement des fucales et des laminariales (Ar Gall et al., 2010²). S'il demeure difficile de faire le lien en raison d'un NAO proche du zéro en 2017, ce dernier est par contre négatif en 2010, et s'accompagne là aussi d'une amélioration de l'EQR entre 2010 et 2011 (Fig. 3).

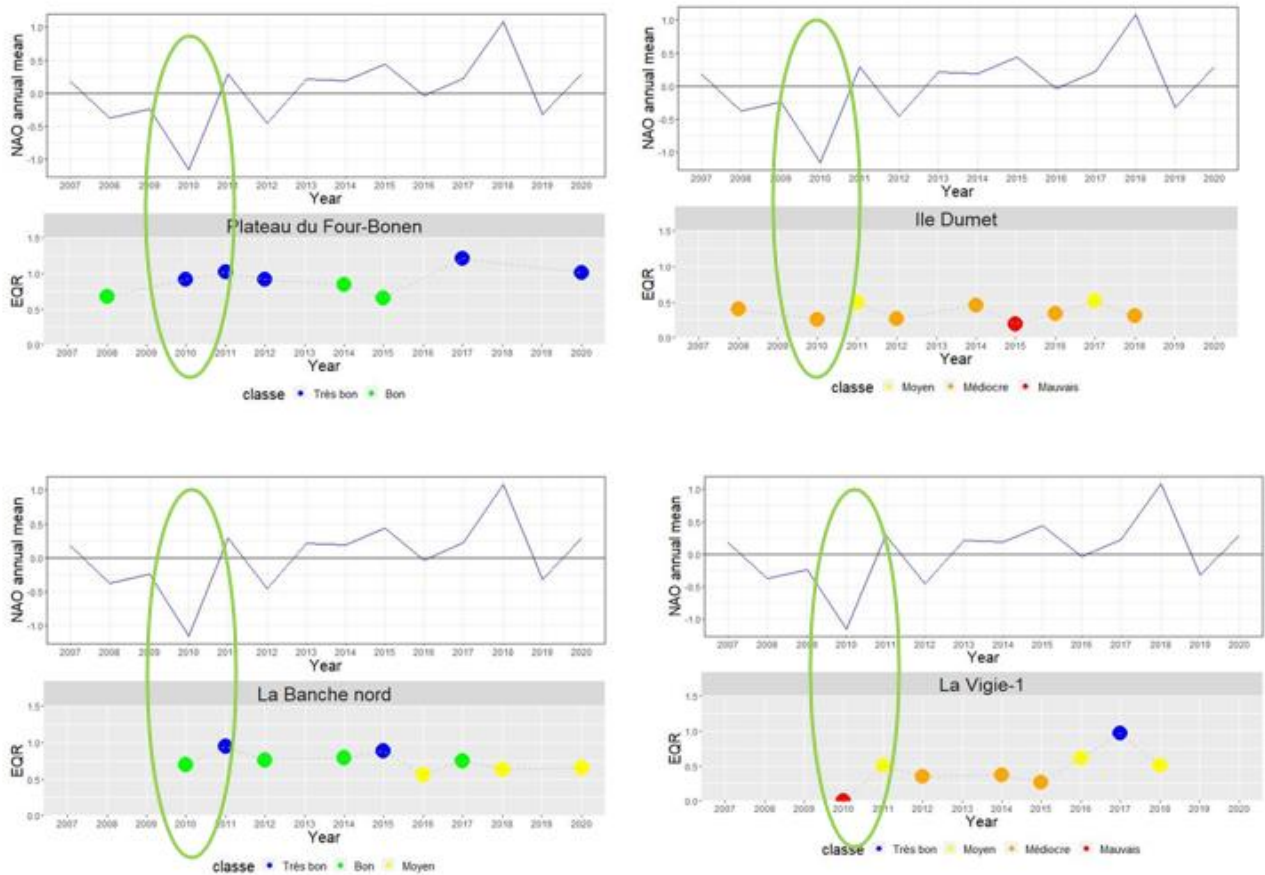


Figure 3 : Evolution du NAO et de l'EQR QISubMac sur 4 stations du Mor Braz.

Enfin, si on se penche sur les données de pluviométrie, on constate que l'année 2017 a été marquée par d'importants déficits pluviométriques (Fig. 4), aussi bien en Seine-Normandie (de 31% ; DRIAT Ile de France, 2017³) qu'en Loire-Bretagne (de plus de 25%) avec des déficits d'hydraulicité de 56% pour le Bassin de la Vilaine et de 56% pour celui de la Loire (Dreal Bretagne, 2017⁴).

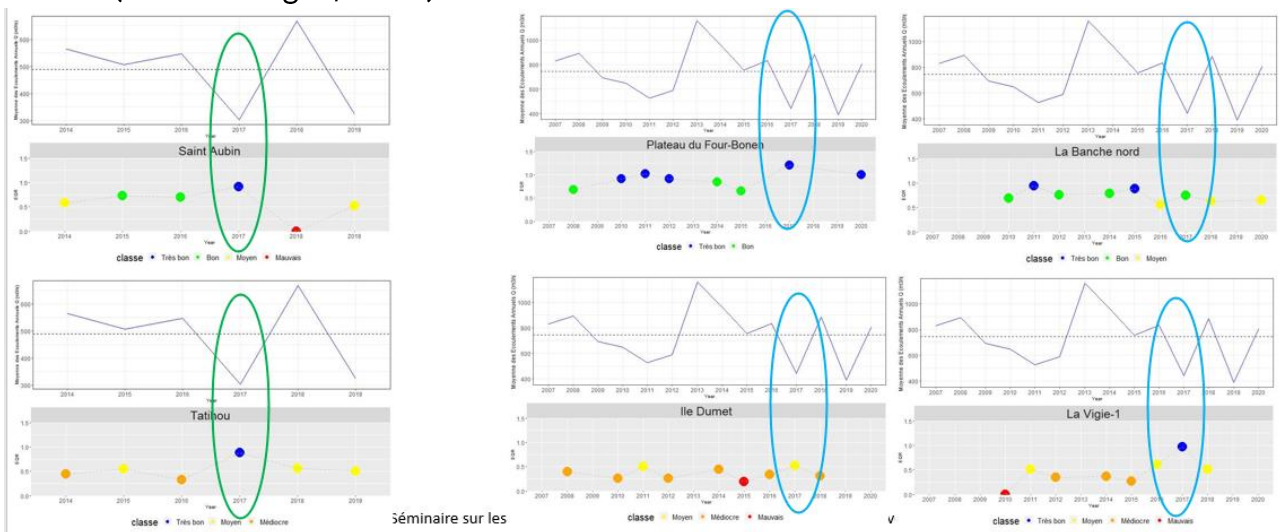


Figure 4 : Evolution de la moyenne des écoulements et de l'EQR QISubMac sur 6 stations proches estuaires.

La question d'une réponse du CCO (Cover, Characteristic species, Opportunistic species) s'est également posée concernant cette fois les macroalgues intertidales. Mais l'EQR n'étant presque jamais déclassant, aucun lien évident n'a pu être mis en évidence.

La situation météorologique exceptionnelle de 2017 peut avoir joué un rôle dans l'amélioration des notes de 2017 : les sites pour lesquels les évolutions d'EQR sont les plus marquées sont sous influence d'importants cours d'eau (Seine, Vilaine, Loire ; Fig. 5).

Sur ces sites, l'année 2017 a été marquée par une extension en profondeur des ceintures et/ou une augmentation de la densité des algues brunes structurantes.

En raison de la faible turbidité associée, les périodes de faibles pluviométries sont donc probablement favorables au développement des algues et en particulier des algues structurantes. Ce facteur peut agir sur l'indicateur DCE, d'où l'importance de disposer, de manière générale, de données environnementales et de pression pour nous aider à analyser les résultats des évaluations DCE.

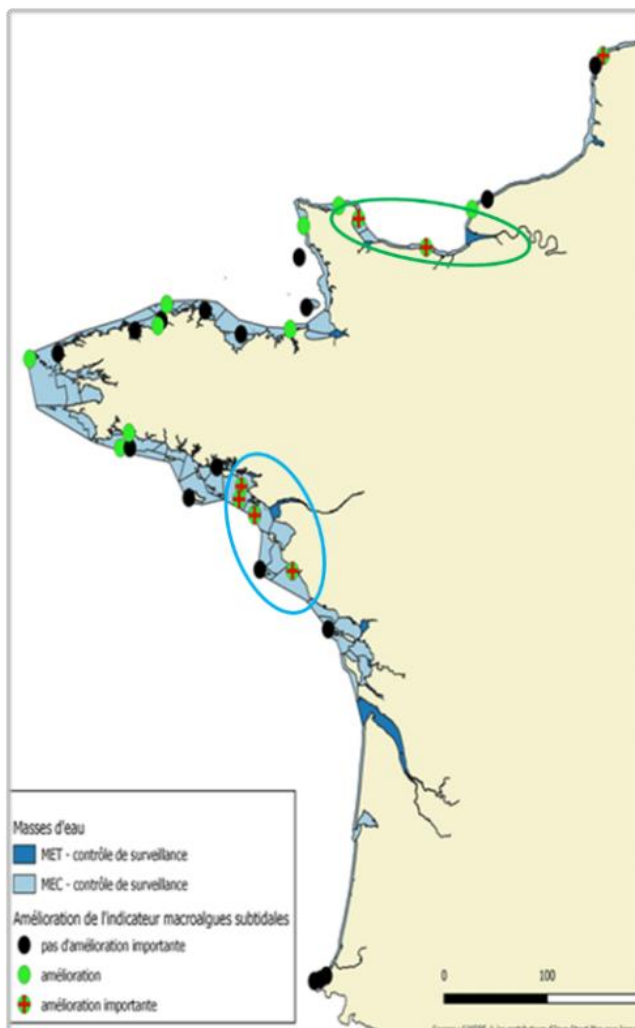


Figure 5 : Evaluation via l'EQR QISubMac de 34 stations subtidales en 2017.

Conclusion & Perspectives

Les suivis REBENT intégraient initialement la faune et le circalittoral côtier qui ont été retirés pour la déclinaison DCE côtière de la surveillance des habitats rocheux. Peu à peu, ils réintègrent la surveillance nationale, car la démonstration a pu être faite de l'imbrication particulièrement forte qui existe entre les compartiments flore et la faune et entre les étages infralittoral et circalittoral, en termes de structure et de fonctionnalité écologique. La DCSMM est une directive plus récente, qui là encore, doit permettre de poursuivre le développement des indicateurs (R&D) et d'acquérir des données complémentaires indispensables à la compréhension des modifications engendrées par les contraintes environnementales et de pression (couples habitats - pressions) (Fig. 6).

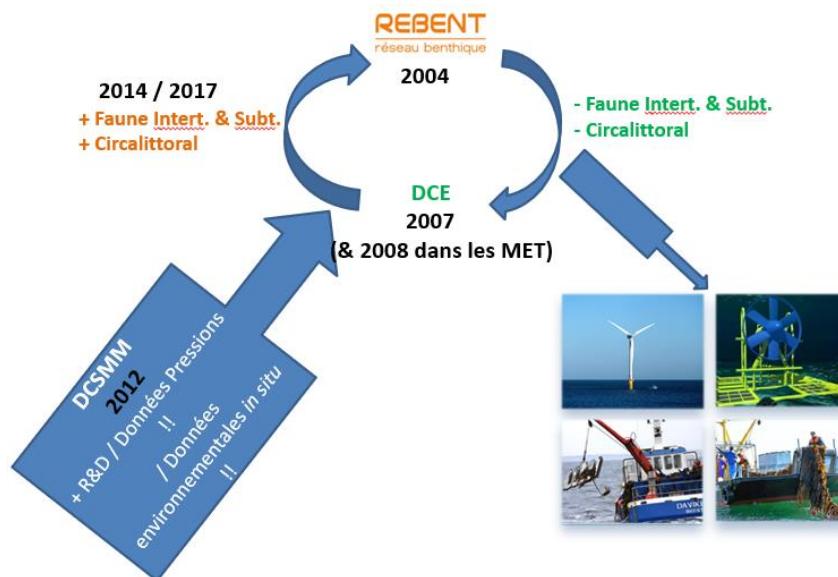


Figure 6 : Dispositifs de Surveillance & activités maritimes.

Tous ces dispositifs de surveillance et travaux de Recherche apportent des outils, données et connaissances sur lesquels s'appuient depuis quelques années de nombreuses activités maritimes : EMR, algoculture, exploitation,... (Fig. 6).

Remerciements

Les suivis benthiques sont financés par les agences de l'eau Artois-Picardie, Seine-Normandie, Loire-Bretagne, Adour-Garonne, par la Dreal Bretagne et la Région Bretagne, par l'OFB pour les projets de R&D, et par les scientifiques académiques qui apportent une part d'autofinancement (Université de Lille, UBO, CNRS-Lienss, SU, MNHN). Les relevés sont réalisés par divers opérateurs DCE: Univ. de Lille, CSLN, GEMEL-N, IDRA Bio & Littoral, SU-Roscoff, l'UBO, le MNHN-Concarneau, Bio-Littoral, CNRS-Lienss, OBIOS, Ifremer-Anglet.

Références

- Derrien-Courtel, Coord: L'ensemble des rapports de synthèse REBENT, DCE et DCSMM, la plaquette des 15 ans du REBENT ainsi que les présentations du Séminaire Rocheux de 2019 sont téléchargeables via le lien : <https://www.stationmarinedeconcarneau.fr/fr/sandrine-derrien-courtel-2414>
- Ar Gall E., Le Duff M., Rossi N., Daniel C., Perrot T., Derrien Courtel S. et Le Gal A., 2010. Exemple de bilan inter thématique : milieu rocheux. Journées REBENT 2010. BREST- 13 et 14 octobre. http://www.rebent.org//medias/documents/www/contenu/documents/4-3_Derrien_et_al_bilan_inter_thematique_rocheux_13Oct2010_JRbt.pdf
- Direction régionale et interdépartementale de l'environnement, de l'aménagement et des transports de l'Île de France, 2017. Bassin Seine Normandie : Situation hydrologique au 15 juin 2017. 6p. http://www.driee.ile-de-france.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/bsh_bassin_06-2017.pdf
- Direction régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement de Bretagne, 2017. Hydrologie : Bulletin de situation mensuelle juin 2017. 43p. http://www.pays-de-la-loire.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/juin_2017.pdf

Les différents niveaux d'intégration du « rocheux » dans la DHFF : un défi partagé pour son évaluation réglementaire, le réseau Natura 2000 et le Life Marha

Thibaut de Bettignies^{1,2}, Juliette Delavenne¹

¹PatriNat (OFB-MNHN-CNRS), Paris, France.

²Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement (CNRS, UT3, INPT), Castanet-Tolosan, France.

Les « habitats » rocheux pour la DHFF (art. 2 et Annexe)

La Directive Habitats-Faune-Flore (DHFF) vise le maintien ou, le cas échéant, le rétablissement dans un état de conservation favorable les habitats naturels d'intérêt communautaire (HIC) listés en Annexe de la directive (art.2). Ainsi, la définition des habitats rocheux selon la DHFF en France métropolitaine est conditionnée par la liste des HIC, leur présence dans les eaux françaises et leur interprétation nationale. Un manuel d'interprétation européen (European Commission, 2013) cadre leur définition à l'échelle européenne, mais n'est pas suffisamment explicite pour permettre leur identification et délimitation sur le terrain. Afin de palier à ces lacunes, un récent rapport explicite désormais leur interprétation nationale avec des définitions nationales plus étayées et des critères d'identification opérationnels (de Bettignies et al. 2021).

En France métropolitaine, on considère comme « habitats rocheux » principalement deux habitats d'intérêt communautaire, à savoir :

- *Récifs* (code UE : 1170)
- *Structures sous-marines causées par des émissions de gaz* (code UE : 1180)

L'habitat *Récifs* comprend tous les récifs d'origine géogénique ou biogénique se trouvant sur substrats durs ou meubles, sous influence marines c'est-à-dire submergés, exondés à marée basse ou humectés par les embruns – à l'exception des *Structures sous-marines causées par des émissions de gaz*. Les étages depuis le supralittoral jusqu'à l'abyssal sont donc couverts par cette définition. Pour les récifs d'origine géogénique, ceci concerne tous substrats durs immobiles hors événements extrêmes, mais peut inclure des fractions plus grossières entre 10 et 64 mm si des communautés caractéristiques de substrat dur s'y développent. Pour les récifs d'origine biogénique, toutes les concrétions y sont incluses à l'exception des bancs coquilliers et des bancs de maërl (couverts par d'autres HICs) (de Bettignies et al., 2021).

L'habitat *Structures sous-marines causées par des émissions de gaz* est particulier et a été observé que récemment en France dans un secteur restreint au sud du golfe de Gascogne entre 140 - 220 m de profondeur. Il a été découvert lors de campagnes d'exploration en 2013 dans le sud du golfe de Gascogne (Pierre et al., 2017). Ces structures carbonatées sont issues du relargage de méthane (biogénique ou thermogénique) et d'activités microbienne anaérobie qui permettent l'oxydation du méthane et favorise la précipitations de ces carbonates authigènes (de Bettignies et al. 2021).

D'après leur définition les HIC marins peuvent se superposer, c'est-à-dire qu'une zone sur le terrain peut correspondre à plusieurs HIC. L'habitat *Récifs* peut ainsi se superposer avec les habitats *Grottes sous-marines submergées ou semi-submergées, Estuaires,*

Lagunes côtières et Grandes baies et criques peu profondes mais aucune superposition n'est possible avec l'habitat *Structures sous-marines causées par des émissions de gaz* (de Bettignies et al. 2021).

Evaluation réglementaire (art. 17)

Les États Membres doivent évaluer et déclarer tous les 6 ans l'état de conservation de certaines espèces et habitats d'intérêt communautaire, tout en précisant leurs tendances (art. 17) – le prochain rapportage étant en 2025. L'évaluation de l'état de conservation des espèces et des habitats d'intérêt communautaire repose sur l'application des critères d'évaluation fixés par la Commission Européenne (Bensettiti & Puissauve, 2015; Hébert & de Bettignies, in. prep.). Dans la région biogéographique Atlantique marine les HIC 1170 et 1180 ont été respectivement évalués « défavorable-inadéquat » et « inconnu ». L'évaluation pour le *Récifs* a été rendu possible grâce aux dispositifs réglementaires DCE-Benthos – macroalgues intertidales et DCE-Benthos – macroalgues subtidales (complétés par le dire d'expert), mais de fait n'inclut pas le *Récifs* du circalittoral et du bathyal. Des travaux sont en cours pour évaluer le circalittoral côtier rocheux dans le DCE-Benthos (Derrien-Courtel pers. com.) et établir un bilan des connaissances sur les habitats rocheux du bathyal (Van den Beld et al. in. prep.). Un travail plus conséquent doit être initié prochainement par Ifremer sur le 1180 pour mieux cartographier et caractériser cet habitat.

Réseau de site Natura 2000 (art. 3)

Pour assurer le maintien/rétablissement des HIC dans un état de conservation dit « favorable », un réseau écologique européen cohérent de zones spéciales de conservation, dénommé « Natura 2000 », doit être établi. Chaque État membre contribue à la constitution de Natura 2000 en fonction de la représentation, sur son territoire, des types d'habitats naturels (art. 3). Sachant la découverte récente du 1180, aucun site n'a été pour l'instant désigné pour couvrir cet enjeu écologique mais les travaux en cours permettront de proposer un périmètre d'intérêt qui sera soumis au ministère en charge de l'écologie. L'habitat *Récifs* est lui mieux couvert par le réseau Natura 2000 puisque 73 sites ont été désignés pour cet habitat sur la Façade Manche - mer du Nord – Atlantique, qui permet ainsi de couvrir entre 20 à 40 % de la superficie de *Récifs*. Cependant des lacunes résiduelles persistent dans le réseau pour suffisamment prendre en compte la diversité et la variabilité du *Récifs* profonds (de Bettignies et al. 2022). Des extensions sont en cours pour lever une partie de ces insuffisances au niveau du Plateau de Rochebonne et du Canyon d'Athos au sud du talus du golfe de Gascogne (de Bettignies et al. 2022).

Code de l'Environnement et Transposition de la DHFF (art. 6.1)

L'article R.414-11 du Code de l'environnement - qui est la transposition dans le droit français de l'article 6.1 de la DHFF - impose d'évaluer dans les sites du réseau Natura 2000, l'état de conservation des enjeux écologiques (habitats et espèces) pour lesquels les sites ont été désignés (Delavenne & de Bettignies, 2023). Cet état doit être renseigné dans les documents d'objectif (DOCOB) pour chaque site Natura 2000 afin de pouvoir orienter les prises de décisions en vue de la gestion des sites. Pour répondre aux obligations nationales, la production de méthodes d'évaluation à l'échelle des sites Natura 2000 est

par conséquent primordiale. Un guide méthodologique explicite désormais le contexte réglementaire et les paramètres à prendre en compte lors de l'établissement de méthodes d'évaluation (Delavenne & de Bettignies, 2023). A travers le projet Life Marha, des méthodes d'évaluations sont en cours de construction sur différents habitats rocheux comme les « forêts de gorgones », les « champs de blocs du médiolittoral » et les « récifs coralliens du bathyal » pour permettre d'améliorer l'évaluation de l'état de conservation du *Récifs* depuis l'échelle d'un site Natura 2000 (art.6.1) jusqu'à l'échelle dite biogéographique pour le rapportage réglementaire (art.17).

Conclusion

Les « habitats » rocheux pour la DHFF

- *Récifs* : tous les étages bathymétriques avec forte diversité d'habitats rocheux
- *Structures sous-marines causées par des émissions de gaz* : habitat « particulier »
- Inclusion des habitats rocheux dans plusieurs HIC marins

Evaluation réglementaire

- Pas de programme de surveillance DHFF, mais évaluation possible via DCE-Benthos
- Biais de l'évaluation : médiolittoral et infralittoral à dominance algale
- Améliorations prévues à la prochaine évaluation en 2025

Réseau de site Natura 2000

- Pas de site pour l'habitat *Structures sous-marines causées par des émissions de gaz*
- Globalement bonne couverture du *Récifs*, notamment grâce à l'extension au large
- Lacunes résiduelles du *Récifs* profonds mais extensions en cours

Code de l'Environnement et Transposition de la DHFF

- Mise à disposition d'un Guide méthodologique pour l'évaluation à l'échelle site
- Développement de méthodes d'évaluation dans le cadre du projet MARHA

Bibliographie

- Bensettiti F. & Puissauve R. (2015) Résultats de l'évaluation de l'état de conservation des habitats et des espèces dans le cadre de la directive Habitats-Faune-Flore en France. Rapportage « article 17 ». Période 2007–2012. MNHN–SPN, MEDDE, Paris, 204 pp.
- 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.
- de Bettignies T., Poupert T., Guichard B., Claro F., Chabrolle A., Mauger G., Eloi D., Labach H. & Souquière A. (2022) Expertise scientifique sur la cohérence du réseau Natura 2000 en mer, en réponse aux demandes de la Commission Européenne. PatriNat (OFB/CNRS/MNHN), Paris, 29 pp. + annexes.
- 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.
- European Commission (2013) Interpretation manual of European Union habitats. EUR 28. European Commission, DG Environment, 146 pp.
- Hébert C. & de Bettignies T. (in. prep.) Évaluation de l'état de conservation des espèces et habitats marins : méthodologie et résultats (2013-2018). PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Paris, 53 pp.
- Pierre C., Demange J., Blanc-Valleron M.M. & Dupré S. (2017) Authigenic carbonate mounds from active methane seeps on the southern Aquitaine Shelf (Bay of Biscay, France) : evidence for anaerobic oxidation of biogenic methane and submarine groundwater discharge during formation. *Continental Shelf Research*, 133: 13-25.
- Van den Beld I., de Bettignies T., Janson A.-L., Fabri M.C., Menot L., Lartaud F., Le Bris N., Paquignon G., Robert A. & Boyé A. (in. prep.) Bilan des connaissances sur les habitats rocheux des écosystèmes profonds et évaluation de l'état de conservation de l'habitat d'intérêt communautaire *Récifs*.

Comment les habitats rocheux sont-ils pris en compte dans la DCSMM ?

Etat des lieux et actualités sur les façades Manche et Atlantique

Sophie Beauvais¹, Anne-Laure Janson², Karine Dedieu³, Aurélien Boyé⁴, Alexandre Robert⁵

¹Office français de la Biodiversité, Brest, France.

²PatriNat, Dinard, France.

³Office français de la Biodiversité, Granville, France.

⁴IFREMER, Brest, France.

⁵IFREMER, Dinard, France.

La DCSMM en quelques mots

La directive 2008/56/CE du Parlement européen et du Conseil du 17 juin 2008 appelée Directive-Cadre « Stratégie pour le Milieu Marin » (DCSMM) vise à maintenir ou restaurer un bon fonctionnement des écosystèmes marins (diversité biologique conservée et interactions correctes entre les espèces et leurs habitats, océans dynamiques et productifs) tout en permettant l'exercice des usages en mer pour les générations futures. En France, la DCSMM s'applique aux eaux marines métropolitaines sous juridiction française, divisées en 4 sous-régions marines (SRM) : la Manche-mer du Nord (MMN), les mers celtiques (MC), le golfe de Gascogne (GdG), la Méditerranée occidentale (MO). Pour chaque sous-région marine, un plan d'action pour le milieu marin (PAMM) est mis en œuvre. Il comporte cinq éléments, révisés tous les 6 ans :

- une **évaluation de l'état écologique des eaux marines et de l'impact environnemental des activités humaines** sur ces eaux ;
- la définition du **bon état écologique (BEE)** pour ces mêmes eaux reposant sur des descripteurs qualitatifs ;
- la définition d'**objectifs environnementaux (OE)** et d'indicateurs associés en vue de parvenir à un bon état écologique du milieu marin ;
- un **programme de surveillance (PdS)** en vue de l'évaluation permanente de l'état des eaux marines et de la mise à jour périodique des objectifs environnementaux ;
- un **programme de mesures (PdM ou PdA)** qui doit permettre d'atteindre le bon état écologique des eaux marines ou de conserver celui-ci.

L'évaluation des habitats rocheux dans la DCSMM sur les façades Manche et Atlantique

Ce que nous impose l'Europe

Les habitats benthiques rocheux constituent une composante du Descripteur 1 - Biodiversité de la DCSMM. Pour ce descripteur, le bon état écologique est considéré atteint lorsque : « *la diversité biologique est conservée. La qualité des habitats et leur nombre, ainsi que la distribution et l'abondance des espèces sont adaptées aux conditions physiographiques, géographiques et climatiques existantes* » (Directive 2008/56/UE).

L'évaluation doit être réalisée par **Grand Type d'Habitats** (Broad Habitat Type, BHT, Tableau I). Ces derniers correspondent aux habitats de niveau 2 de la typologie EUNIS (version 2022). Il est également possible d'évaluer d'« **Autres Types d'Habitats** » (Other Habitat Type, OHT) qui sont des unités d'habitats biologiquement mieux définis (EUNIS niveau 4, 5 ou 6 par exemple). La Directive permet ainsi d'évaluer l'état écologique de certains habitats benthiques écologiquement mieux définis en raison de leur intérêt fonctionnel remarquable, de leur vulnérabilité/sensibilité à une ou des pressions anthropiques, ou de leur statut de protection tels que, par exemple, des habitats inscrits dans l'annexe I de la Directive Habitats Faune Flore (DHFF, 92/43/CE), dans la liste OSPAR des habitats menacés ou en déclin, dans la liste rouge des biotopes, des habitats et des biotopes complexes d'HELCOM ou encore dans des listes rouges nationales, régionales et/ou départementales.

Tableau I : Grands types d'habitats benthiques **rocheux**, y compris leurs communautés biologiques associées, équivalent à un ou plusieurs types d'habitat figurant dans la classification EUNIS (décision 2017/848/UE).

Composante de l'écosystème	Grands types d'habitat Rocheux - BHT (décision 2017/848/UE)	Codes d'habitat EUNIS correspondants (version 2016/2022)
HABITATS BENTHIQUES (Descripteur 1 – HB)	Roches et récifs biogènes intertidaux	MA1, MA2
	Roches et récifs biogènes infralittoraux	MB1, MB2
	Roches et récifs biogènes circalittoraux côtiers	MC1, MC2
	Roches et récifs biogènes circalittoraux du large	MD1, MD2
	Roches et récifs biogènes du bathyal supérieur	ME1, ME2
	Roches et récifs biogènes du bathyal inférieur	MF1, MF2
	Zone abyssale	MG1, MG2, MG3, MG4, MG5, MG6

Les choix Français

Roches et récifs biogènes intertidaux (ou médiolittoraux)

Au titre de l'évaluation du BEE cycle 3, pour les façades Manche/Atlantique, il est envisagé d'évaluer les sous-habitats suivants :

- Biocénoses rocheuses médiolittorales à dominante macroalgale¹
- Récifs à *Sabellaria alveolata*²

La surveillance s'appuie en Manche/Atlantique sur deux dispositifs :

- le **réseau DCE Benthos – Macroalgues intertidales** (incluant les stations historiques du REBENT Bretagne stationnel).
- le **dispositif REEHAB** (réseau national de suivi des bioconstructions intertidales à Sabellaridés), réseau en cours de déploiement opéré principalement par des gestionnaires d'aires marines protégées (PNM EGMP, sites N2000, etc.) et par l'Ifremer.

Le suivi des habitats rocheux médiolittoraux à dominante faunistique, des moulières sur sédiment ainsi que des champs de blocs, n'est pas assuré au titre de la DCSMM. Pour ces habitats, qui ne bénéficient pas aujourd'hui de dispositifs de surveillance opérationnels, il

¹ Les indicateurs et méthodes d'évaluation sont décrits au sein de la présentation de Burel et al.

² Les indicateurs et méthodes d'évaluation sont décrits au sein de la présentation de Boyé et al.

est nécessaire de poursuivre au préalable les avancées scientifiques sur les protocoles de suivi et les indicateurs d'évaluation menés par exemple pour les champs de blocs dans le cadre du LIFE MARHA³.

Roches et récifs biogènes infralittoraux et circalittoraux côtiers

Pour les façades Manche/Atlantique, il est envisagé d'évaluer les sous-habitats suivants :

- Biocénoses rocheuses infralittorales à dominante macroalgale

La surveillance s'appuie pleinement sur le réseau **DCE Benthos – Roches subtidales et macrofaune associée** (incluant les stations historiques du REBENT Bretagne stationnel).

Les développements en cours menés par S. Derrien-Courtel & O. Gauthier⁴, portant sur une combinaison d'indicateurs (indicateur DCE QISubMac et indicateur GPBI), contribueront à définir la méthode d'évaluation de l'état écologique de ces habitats.

Roches et récifs biogènes circalittoraux du large

A ce jour, il n'y a ni dispositif de surveillance, ni méthode d'évaluation pour ces habitats rocheux du large. Néanmoins, les travaux de recherche menés par l'Ifremer dans le cadre de la DHFF et relatifs aux structures sous-marines causées par des émissions de gaz (HIC 1180), contribueront à l'évaluation de ces habitats au cours des prochains cycles réglementaires d'évaluation.

Roches et récifs biogènes du domaine bathyal

A ce jour, il n'y a ni dispositif de surveillance, ni méthode d'évaluation pour ces habitats de l'environnement profond. Dans le cadre de l'évaluation DCSMM Cycle 3, ceux-ci feront l'objet d'une mise à jour des connaissances sur la base de données acquises *via* des campagnes scientifiques (ex. BobEco, BobGéo, HapoGé, etc.). L'Ifremer développe actuellement une stratégie d'évaluation et de suivi des récifs profonds, en particulier les habitats biogènes construits par des coraux d'eau froide (projet CheReef localisé dans le canyon de Lampaul/LIFE MARHA)⁵.

Conclusion

Pour conclure, on retiendra pour ces habitats rocheux les messages suivants :

- un lien fort entre DCE, DHFF et DCSMM (en termes d'acteurs, de réseaux de suivis et de projets R&D) ;
- une contribution importante des gestionnaires d'aires marines protégées en tant qu'opérateurs mais aussi en tant que pilote de certaines études R&D ;
- des méthodes d'évaluation de l'état de santé encore en développement ;
- des lacunes de connaissance comme de dispositifs de suivi (ex. circalittoral du large, domaine bathyal)
- un manque de données sur les pressions (répartition spatiale, nature, intensité, fréquence) pour discriminer l'impact des forçages globaux et des forçages liés à des pressions anthropiques plus localisées ;
- un manque d'information, de centralisation des données sur l'emprise spatiale des habitats rocheux à échelle nationale (ex. EUSeaMap ne couvre pas le médiolittoral).

³ Les indicateurs et méthodes d'évaluation sont décrits au sein de la présentation de Le Viol et al. (projet EVALHABLOC).

⁴ Les indicateurs et méthodes d'évaluation sont décrits au sein de la présentation de Voisin et al.

⁵ Cf la présentation de Tourolle et al.

Après une présentation générale sur la prise en compte des habitats rocheux dans la DCSMM, dans la DCE et dans la DHFF, des présentations scientifiques et techniques durant le séminaire feront écho à cette présentation générale. Elles porteront sur les indicateurs d'évaluation d'état écologique testés au titre de la DCSMM, sur les méthodes d'évaluations surfaciques requises au titre des trois Directives ou encore sur le déploiement des réseaux de surveillance.

Nouvelle ambition européenne sur les habitats rocheux avec la proposition de règlement UE sur la restauration de la nature (« Nature Restoration Law »)

Diane Laforge¹, Thibaut De Bettignies^{1,2}, Marie La Rivière¹

¹Patrinat (OFB-MNHN-CNRS), Paris, France.

²Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement (CNRS, UT3, INPT), Castanet-Tolosan, France.

Présentation de la proposition de Règlement pour la restauration de la nature

Le cadre de la proposition de règlement

La Commission Européenne (CE) a émis la proposition d'un Règlement européen sur la restauration de la nature le 22 juin 2022. Cette proposition décline les ambitions de l'UE en termes de restauration écologiques des habitats marins et terrestres. La proposition d'un règlement (donc d'un texte légalement engageant avec risque de contentieux si non-atteinte des objectifs dans les échéances imparties et directement applicable dans tous les Etats membres sans transposition) part d'un constat d'échec de l'application des directives dans les Etats Membres (EM) qui n'a pas permis d'enrayer la perte de biodiversité à hauteur des ambitions initiales.

Ce texte est en cours de négociations, il devrait être adopté vers fin 2023. S'en suivra pour les EM une période de 2 ans de rédaction de leurs Plans Nationaux de Restauration respectifs qui devront être soumis à la CE.

Unités marines concernées par le Règlement et définitions clé

La proposition de Règlement porte à la fois sur les habitats/habitats d'espèces terrestres et marins. Les unités considérées en terrestre sont les Habitats d'Intérêts Communautaires (HIC) et les habitats des Espèces d'Intérêts Communautaires (EIC) désignés au titre des Directive Habitats-Faune-Flore et Directive Oiseau (DHFF et DO). En marins, les unités d'habitats considérées sont nouvelles : ce sont 7 « Groupes de Types d'Habitats » (GTH) listés en Annexe II de la proposition de Règlement. Ces 7 GTH sont composés de Types d'Habitats (en typologie nouvel EUNIS) répartis en 4 régions biogéographiques (Atlantique, Méditerranée, mer Baltique, mer Noire). Les GTH ne sont pas égaux aux HIC marins. Les espèces marines dont les habitats doivent être considérés sont non seulement les EIC marines mais également 25 espèces (majoritairement raies et requins) listées en Annexe III de la proposition de Règlement. Tous les territoires des EM sont concernés ce qui implique que les habitats d'espèces pour les espèces présentes dans les Régions Ultra Périphériques sont à prendre en compte (d'après la version actuelle de la proposition de Règlement).

La proposition de Règlement vise l'atteinte du « bon état » et de la « surface de référence favorable » des habitats. Ces concepts sont définis comme suit :

- Bon état ("good condition") : les caractéristiques clé (physiques, chimiques, de composition, structurelles et fonctionnelles, de paysage) d'un écosystème reflètent

le haut niveau d'intégrité, stabilité et résilience écologique nécessaire au maintien à long terme de cet écosystème.

- Surface de Référence Favorable (SRF) = la surface totale d'un type d'habitat (dans une région marine donnée à échelle nationale) qui est considérée comme le minimum nécessaire pour assurer la viabilité à long terme de l'habitat, de ses espèces, de toutes ses variables écologiques significatives dans son aire de répartition naturelle. Si la surface actuelle est insuffisante, alors : $SRF = \text{surface actuelle} + \text{surface nécessaire au rétablissement de ce type d'habitat}$.

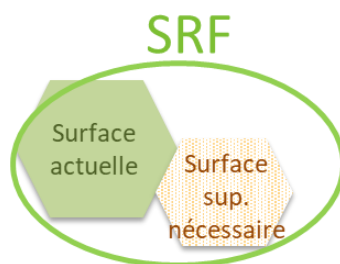


Figure 1 : La Surface de Référence Favorable

Objectifs marins du Règlement

La proposition de règlement vise, au niveau marin, des objectifs de mise en place de mesures de restauration et des objectifs d'atteinte et de maintien du bon état des habitats :

- Objectifs de **mise en place de mesures de restauration** :
 - En 2030 pour chaque GTH, 30% de la surface en mauvais état doit être couverte par des mesures de restauration pour l'amélioration de l'état (60% en 2040 ; 90% en 2050)
 - En 2030 pour chaque GTH, 30% de la surface supplémentaire nécessaire à l'atteinte de sa SRF doit être couverte par des mesures de rétablissement de l'habitat (60% en 2040 ; 100% en 2050)
 - Pour les habitats d'espèces, des mesures de restauration pour l'amélioration de leur qualité/quantité doivent être mises en place jusqu'à atteinte de qualité/quantité suffisante.
- Objectif d'**atteinte du bon état** :
 - Une amélioration continue des surfaces soumises aux mesures de restauration doit être constatée, et ce jusqu'à l'atteinte du bon état des GTH
 - Aucune détérioration ne doit être constatée sur les surfaces déjà en bon état

Un point important à noter est qu'à ce stade de la proposition de Règlement, les surfaces en état inconnu doivent être considérées comme en mauvais état.

Habitats rocheux dans les Groupes de Types d'Habitats

Les 7 GTH listés en Annexe II de la proposition du Règlement sont les suivants :

- GTH 1- Herbiers marins
- **GTH 2- Forêts de macroalgues**
- **GTH 3- Biocénose de bivalves**
- GTH 4- Bancs de Maërl
- **GTH 5- Biocénose d'éponge, corail et coralligène**

- **GTH 6- Sources hydrothermales et sources de fluides froides**
- GTH 7- Sédiments meubles à moins de 1000m de profondeur (étages littoraux à bathyaux concernés)

Les GTH en gras sont ceux dont au moins en partie des Types d'Habitats sont considérés (en se basant sur l'interprétation française des habitats marins) comme rocheux ou rocheux dans certaines conditions.

Comme évoqué plus tôt, ces GTH ne sont pas équivalents aux HIC de la DFHH. En effet, la totalité de ce qui est couvert par les HIC n'est pas couvert par les GTH (Exemple : absence des récifs d'hermelles dans les GTH) et inversement (Exemple : le GTH 7 couvre de grandes surfaces non couvertes par les HIC).

Besoins identifiés pour la mise en place du Règlement et perspectives

L'étude de la proposition de Règlement, de ses objectifs et des éléments à fournir à terme à la CE (notamment via le Plan National de Restauration) a permis d'identifier des besoins importants de connaissance et méthodologie pour pouvoir mettre en place ce Règlement à venir :

- Cartographie des GTH, des surfaces couvertes et de l'état des habitats sur ces surfaces
- Estimation des Surfaces de Référence Favorable des GTH
- Définir la méthode d'évaluation du bon état
- Mise en place de mesures de restauration dont on devra démontrer l'efficacité (donc surveillance)
- Surveillance de la non-dégradation des habitats

Pour répondre aux ambitions de cette proposition de Règlement, il faut identifier les articulations et convergences possibles avec les Politiques Publiques en place, faire le point sur les données disponibles et lacunaires, mais également parvenir à faire du lien avec les autres Etats Membres.

Référence

La proposition de Règlement et ses annexes ("Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council on nature restoration" et "Annexes to the proposal for a Regulation on nature restoration") sont disponibles sur le site de la commission européenne : https://environment.ec.europa.eu/publications/nature-restoration-law_en

Toolkit rocheux pour les gestionnaires d'AMP : Typologie, interprétation des Habitats d'Intérêt Communautaire et correspondances

Marie La Rivière¹, Thibaut de Bettignies^{1,2}, Juliette Delavenne¹, Anne-Laure Janson¹

¹*PatriNat (OFB-MNHN-CNRS), Paris, France.*

²*Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement (CNRS, UT3, INPT), Castanet-Tolosan, France.*

Introduction

L'identification des habitats benthiques est essentielle pour la conservation du milieu marin. L'utilisation de typologies d'habitats comme langage commun entre les chercheurs, les gestionnaires et les décideurs est nécessaire pour :

- définir des unités de travail homogènes à l'échelle locale, nationale ou régionale ;
- collecter et partager des données d'occurrence et de tendances de distribution des habitats ;
- identifier les habitats qui doivent être surveillés, évalués et gérés dans le cadre des politiques publiques nationales ou européennes.

Description des unités de la typologie NatHab-Atl

Les directives européennes et les conventions internationales ont développé leur propre liste d'habitats (e.g. Commission européenne, 2013 ; OSPAR, 2008), mais elles n'englobent pas la variabilité de tous les habitats existants au niveau national. Une classification nationale des habitats marins (NatHab) a donc été créée afin de fournir une liste exhaustive et hiérarchisée des habitats benthiques potentiellement présents dans les eaux françaises pour les deux régions maritimes : Méditerranée (NatHab-Med ; Michez *et al.*, 2014) et Mer du Nord-Manche-Atlantique (NatHab-Atl ; Michez *et al.*, 2019). Pour assurer la bonne identification de ces habitats, nous avons entrepris la description de chaque unité (niveaux 3 et 4 NatHab-Med ; niveau 2 NatHab-Atl) des deux typologies. Après la création d'une fiche descriptive modèle, la description de chaque unité d'habitat de la typologie NatHab-Atl a été basée sur les informations existantes, mises à jour ou complétées par les experts benthologues français (Universités, CNRS, Ifremer, MNHN, etc.).

La typologie nationale française des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique, NatHab-Atl, utilise une structure hiérarchique à 4 niveaux. Le niveau 2 de la typologie nationale est considéré comme le niveau d'unité adapté aux questions de conservation et de gestion, notamment pour les exercices de cartographie. Les niveaux plus précis sont plus difficiles à cartographier à grande échelle mais peuvent fournir des détails importants et des connaissances sur le fonctionnement des écosystèmes et l'état du milieu, à une échelle plus locale.

Toutes les unités d'habitats de niveau 2 ont été décrites, soit un total de 106 fiches descriptives ; des informations descriptives peuvent être fournies pour certaines unités de niveau 3 voire 4. Chaque fiche fournit des informations pour les catégories descriptives suivantes lorsqu'elles étaient disponibles : facteurs abiotiques, caractéristiques

stationnelles, variabilité et hétérogénéité spatiale, espèces caractéristiques, espèces associées, dynamique temporelle, habitats associés ou en contact, risques de confusion d'habitats, répartition géographique, fonctions écologiques, statut de conservation, tendance évolutive. Lorsqu'aucune information n'était disponible dans l'une des catégories descriptives, que ce soit en raison d'un manque de connaissances ou d'un manque d'informations pertinentes à fournir, la section n'a pas été remplie. Il est à noter que le contenu descriptif n'est pas homogène entre toutes les unités d'habitat en raison de l'hétérogénéité des connaissances.

Ce travail a permis de mettre à jour la typologie avec les évolutions taxonomiques depuis sa publication initiale en 2019, et d'harmoniser la terminologie employée dans les libellés d'habitats.

Toutes les descriptions des unités d'habitats de la typologie NatHab-Atl seront publiées dans un catalogue PDF unique (La Rivière *et al.*, in prep.), selon le même modèle que les descriptions des unités d'habitats de la typologie de Méditerranée (La Rivière *et al.*, 2021), ainsi que sur chaque page web d'habitat sur le site de l'INPN (Inventaire national du patrimoine naturel) via le référentiel HabRef début 2023 (v7, in prep.).

Interprétation nationale des HIC marins

La Directive Habitats Faune Flore (DHFF, 92/43/CEE) définit des types d'Habitats naturels d'Intérêt Communautaire (HIC) dont la conservation nécessite la désignation de zones spéciales de conservation. Neuf types d'HIC marins sont présents dans les eaux françaises (codes UE 1110, 1120*, 1130, 1140, 1150*, 1160, 1170, 1180, 8330), dont deux sont considérés comme des types d'habitats prioritaires (*). Tous les HIC sont définis par la Commission européenne dans un document unique appelé "EUR28" (Commission européenne, 2013), mais les définitions fournies pour les HIC marins sont larges et ne représentent pas des unités de gestion et de conservation appropriées pour les gestionnaires de sites Natura 2000 et les décideurs politiques. Afin d'établir clairement quelles unités d'habitat marin doivent être considérées comme des HIC sur le territoire français, nous avons spécifié les définitions pour les neuf HIC marins présents dans les eaux nationales (de Bettignies *et al.*, 2021).

Ce travail d'interprétation nationale des HIC a impliqué les gestionnaires des sites Natura 2000 et les experts nationaux des habitats benthiques et a consisté en la description de chaque type d'HIC sur la base de la définition EUR28 selon un modèle défini, et l'identification des superpositions possibles entre les différents types.

L'interprétation nationale pour chaque type d'HIC présent dans les eaux françaises a été publiée dans un catalogue PDF unique (de Bettignies *et al.*, 2021), et sera disponible sur la page web de chaque type d'HIC sur le site de l'INPN via le référentiel HabRef début 2023 (v7, in prep.). Chaque type d'HIC marin est doté d'une fiche fournissant les informations suivantes : code et nom officiel EUR28, nom alternatif français (lorsque la traduction officielle française n'est pas explicite), rappel de la définition EUR28, définition du type d'habitat selon l'interprétation française et précisions (critères d'identification et critères distinctifs, superpositions éventuelles, spécificités nationales, références aux définitions des autres États membres), références utilisées et photographies illustrant la

variabilité du type d'habitat pouvant être rencontrée dans les eaux françaises. Sauf mention contraire, tous les critères d'identification doivent être réunis pour qualifier un habitat comme le type d'HIC considéré.

Ce travail a permis d'établir les correspondances avec les typologies nationales NatHab (345 correspondances pour la typologie NatHab-Atl, 550 pour la typologie NatHab-Med) afin d'identifier clairement les unités d'habitats à gérer dans le cadre de la DHFF et d'améliorer la cohérence dans la gestion des sites Natura 2000 français et pour le rapportage à l'échelle biogéographique. Cela permettra dans le futur de s'affranchir de l'utilisation de la liste des habitats déclinés des Cahiers d'habitats côtiers (Bensettiti *et al.*, 2004) couramment utilisée pour la gestion des sites Natura 2000 mais qui n'établissait pas une déclinaison exhaustive des HIC.

Référentiel HabRef et INPN

Toutes les informations publiées sur les habitats français sont disponibles en ligne via le référentiel HabRef (<https://inpn.mnhn.fr/programme/referentiel-habitats> ; Gaudillat *et al.*, 2021), régulièrement mis à jour (version 7 prévue début 2023). Ce catalogue regroupe toutes les typologies et listes d'habitats de France (métropole, outre-mer, milieux terrestre et marin) au format base de données. Pour chaque unité d'habitat, grâce à l'attribution d'un identifiant unique, le CD_HAB, le référentiel permet de fournir les correspondances avec les unités des autres typologies, les liens habitats-taxons (en lien avec le référentiel taxonomique TaxRef) et les informations descriptives.

Le site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (inpn.mnhn.fr) met à disposition les informations disponibles, soit en téléchargement au format tableur (référentiel HabRef complet, typologies individuelles, correspondances entre 2 typologies), soit en visualisation via les arbres typologiques interactifs et les pages habitats.

Des formations aux outils typologiques pour les habitats marins seront proposées en webinaires en 2023.

Conclusion

Ces projets de définition des habitats benthiques ont permis de fournir une description de des unités d'habitat de la typologie nationale de la Mer du Nord, de la Manche et de l'Atlantique et une clarification de la définition de chaque type d'HIC de la DHFF basée sur une interprétation nationale. Ces outils basés sur les meilleures connaissances scientifiques disponibles ont permis de mettre en évidence les lacunes de connaissances et faciliteront les travaux d'évaluation, de gestion et de rapportage aux échelles locale et nationale, et, nous l'espérons, à l'échelle internationale.

Remerciements

Une partie de ces projets a été financée par le projet Life intégré Marha - LIFE16 IPE/FR001. Les auteurs remercient tous les experts scientifiques qui ont contribué à la description des unités d'habitats benthiques et tous les experts et gestionnaires qui ont contribué à l'interprétation nationale des HIC.

Références

- Bensettiti F., Bioret F., Roland J., Lacoste J.-P. (Coord.) (2004) - « Cahiers d'habitats » Natura 2000. Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers. MEDD/MAAPAR/MNHN. Éd. La Documentation française, Paris: 399 pp. + cédérom.
- 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.
- Commission Européenne (2013) - Interpretation manual of European Union habitats. EUR 28. European Commission, DG Environment: 146 pp.
- Gaudillat V., Sadouni R., Andres S., La Rivière M., Vallez E. (2021) - HABREF v6.0, référentiel des typologies d'habitats et de végétation pour la France. Guide méthodologique. PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Paris: 34 pp.
- La Rivière M., Michez N., Delavenne J., Andres S., Fr Ejefond 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 G.-F., Grillas P., Harmelin J.-G., Jordana E., Kleszczewski M., Labrune C., Mouronval J.-B., Ouisse V., Palomba L., Pasqualini V., Pelaprat C., Perez 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., Latryl., Le Gal A., Lutrand A., Menot L., Percevault L., Tauran A., Thiébaud E., in prep. Fiches descriptives des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique. PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Paris.
- Michez N., Fourt M., Aish A., Bellan G., Bellan-Santini D., Chevaldonné P., Fabri M.-C., Goujard A., Harmelin J.-G., Labrune 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., Levêque 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, MNHN, Paris: 52 pp.
- OSPAR (2008) - OSPAR List of Threatened and/or Declining Species and Habitats. OSPAR Agreement 2008-06 amended in 2021: 5 pp.

Session 2 - Méthodes d'évaluation et de suivis des habitats rocheux

Animation de la session : Sandrine Derrien-Courtel (Muséum National d'Histoire Naturelle) et Sophie Beauvais (Office français de la biodiversité)

La mise en place du REBENT (Réseau Benthique) en Bretagne, suite à la marée noire de l'Erika a permis le déploiement de suivis benthiques rocheux à partir de 2004 en Bretagne, puis à partir de 2007 pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE), sur l'ensemble de la façade Manche-Atlantique. Ces dispositifs ont permis le développement d'indicateurs nationaux pour les masses d'eau de transition (MET) et pour les masses d'eau côtières (MEC). Ces indicateurs ont fait l'objet de développements méthodologiques ces dernières années, afin de répondre également aux exigences de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin, notamment en prenant davantage en compte la fonctionnalité des habitats via l'ajout de la macrofaune associée.

En milieu intertidal, les suivis REBENT (Bretagne) ont permis d'élaborer l'indice de qualité « Ics » ; les suivis des Masses d'Eau DCE ont permis d'élaborer l'indice « CCO » pour les MEC et l'indice « ABER » pour les MET sur la Façade Manche-Atlantique. En milieu subtidal, les suivis REBENT (Bretagne) puis DCE ont permis d'élaborer l'indice national « QSubMac », qui a récemment fait l'objet de travaux de R & D, notamment en lien avec l'indicateur GPBI, et dont l'utilisation est envisagée dans le futur, dans le cadre de la DCE et de la DCSMM à l'échelle de la Façade Manche Atlantique.

En parallèle et au-delà de ces dispositifs réglementaires, d'autres réseaux se sont organisés. Pour l'intertidal rocheux en particulier, on peut citer le réseau LITTOREA (créé en 2013), dont l'objectif est de mieux connaître les effets de la pêche à pied de loisir sur les milieux littoraux et de sensibiliser les pêcheurs aux bonnes pratiques et aux réglementations en vigueur. On peut également citer le développement d'un indicateur d'état écologique des champs de blocs, basé sur la dissimilarité des communautés des faces de blocs, testé à la pression de pêche à pied (projet EVALHABLOC). Enfin, on citera l'OBCE (Observatoire Breton du Changement sur les Estrans) qui contribue activement à la connaissance et au suivi de l'évolution de la biodiversité de la macrofaune des estrans rocheux bretons, dans le contexte du changement global en particulier.

Concernant les habitats biogéniques, on peut également citer ceux à *Sabellaria alveolata* ; si l'évaluation pleinement quantitative de leur état écologique (au sens Directive Cadre) n'est pas encore possible en l'état actuel des connaissances et des développements méthodologiques, la modélisation statistique des transitions entre états écologiques reste une approche parmi les plus adaptées pour suivre l'état écologique de ces récifs.

En domaine profond, on peut également citer le développement de deux stratégies d'évaluation (une approche stationnelle à haute fréquence et une approche surfacique à

basse fréquence) et de suivi du bon état de conservation des habitats récifs du large en Atlantique et en particulier les habitats biogènes construits par des coraux récifaux (projet CHEREEF).

Enfin, on notera que d'autres outils et réseaux sont en cours de développement sur la façade Manche-Atlantique: ils ont pour objectif de dénombrer l'ichtyofaune et de caractériser les habitats benthiques par la vidéo sous-marine panoramique (STAVIRO/KOSMOS), ou de suivre les poissons rocheux par la plongée sous-marine, via la création d'un réseau support aux évaluations DCSMM et DHFF, mais également aux besoins de suivis plus locaux dans le cadre des Observatoires de la Biodiversité et des évaluations de l'efficacité des mesures de gestion au sein des AMP, voire même des études d'impacts et d'incidence d'activités anthropiques en mer.

La session 2 a ainsi réuni neuf interventions dédiées aux méthodes d'évaluation des habitats rocheux et au déploiement de réseaux et observatoires de suivi, en appui aux politiques publiques marines (DCE, DCSMM, DHFF, gestion des aires marines protégées, etc.). Les présentations ont montré la richesse et la complémentarité des approches, qu'elles soient de portée locale, régionale ou nationale, et qu'elles soient guidées par la recherche scientifique académique ou par la sphère associative.

Communautés de macroalgues intertidales : habitats et bioindicateurs, du Rebent à la DCE et à la DCSMM. Quels développements ?

Thomas Burel¹, Michel Le Duff²

¹Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR, F-29280 Plouzané, Brittany, France

²Univ Brest, CNRS, IRD, Observatoire OSU-IUEM, rue Dumont d'Urville, F-29280 Plouzané, Brittany, France

En hommage à Erwan Ar Gall

Contexte

Les estrans rocheux dominés par les macroalgues sont des habitats productifs situés à la transition entre terre et mer. Les espèces de macroalgues se succèdent verticalement selon leur capacité à résister aux facteurs liés à l'alternance émergence / immersion. Chaque espèce forme une communauté abritant de nombreuses espèces de faune et de flore.

Le réseau benthique (REBENT) est un programme de suivi des habitats côtiers et de leur biodiversité associée. Ce projet a été développé à la suite de l'échouage du pétrolier « l'Erika » en 1999 et de la pollution qu'il a engendré le long des côtes bretonnes. Parmi les habitats suivis, les estrans rocheux à dominance macroalgale sont étudiés depuis 2004 sur 12 sites bretons (Figure 1).

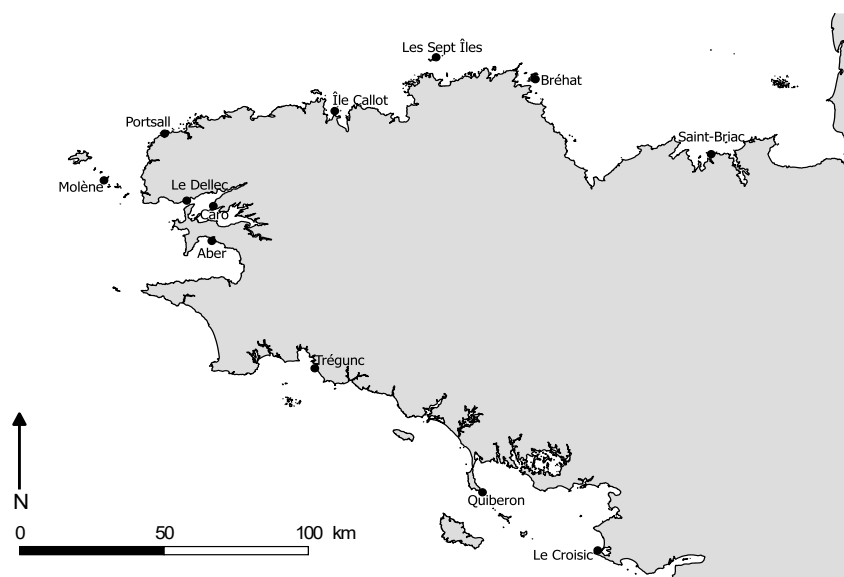


Figure 1: Sites de suivi REBENT.

Ces estrans ont été sélectionnés pour (1) la présence de 5 ou 6 communautés macroalgales étagées verticalement et structurées par des Phaeophyceae (Fucales et Laminariales), (2) le recouvrement important de ces Phaeophyceae structurantes (espèces ingénieuses) (3) leur répartition tout le long de la côte bretonne. Le suivi est réalisé sur ces communautés par site suivant une programmation triennale. Suivant le développement des directives européennes, directive-cadre sur l'eau (DCE) et directive-cadre stratégie du milieu marin (DCSMM), le nombre de site échantillonné est passé de 12 à 21.

Résultats

Ces 19 ans de suivi ont permis de nombreux progrès dans la compréhension du fonctionnement de ces écosystèmes et dans la connaissance de la biodiversité associée. L'expérience acquise lors de ces suivis a permis le développement de quatre indices actuellement utilisés dans les directives européennes (DCE et DCSMM). Deux d'entre eux ont été publiés : l'Ics, Index of community structure (Ar Gall and Le Duff, 2014) et le CCO, Cover, Characteristic species, Opportunistic species Ar Gall et al. 2016 (Ar Gall et al., 2016). Ils visent respectivement à qualifier la structure d'une communauté macroalgale côtière et à évaluer le bon état écologique de ces mêmes communautés. Ces indices ont montré de larges variations, liées à des perturbations d'origine naturelle ou anthropique. L'indice ABER est quant à lui appliqué aux communautés estuariennes et prend en compte les macrolagues intertidales et les banquettes à vaucheria. Un dernier indice prenant en compte les interactions entre la faune sessile et les macroalgues (compétition pour le substrat) et entre les brouteurs et les macroalgues (prédation) est actuellement testé dans le cadre de la DCSMM.

Ces années de suivi ont également permis de mettre en évidence des changements dans le cortège d'espèces de ces communautés : certaines espèces non-indigènes se sont révélées invasives tel *Caulacanthus okamurae* (Figure 2), une algue rouge originaire du Nord-Ouest Pacifique, qui a vu son aire de répartition s'élargir de façon exponentielle grâce à une diffusion marginale, de proche en proche (Le Duff et al., 2008). D'autres comme l'algue rouge *Centroceras clavulatum* (Figure 2) ou le Gastéropode *Gibbula albida* semblent profiter de l'aquaculture et plus particulièrement de l'ostréculture pour s'étendre plus largement (Le Duff and Ar Gall, 2018; Le Duff et al., 2018).

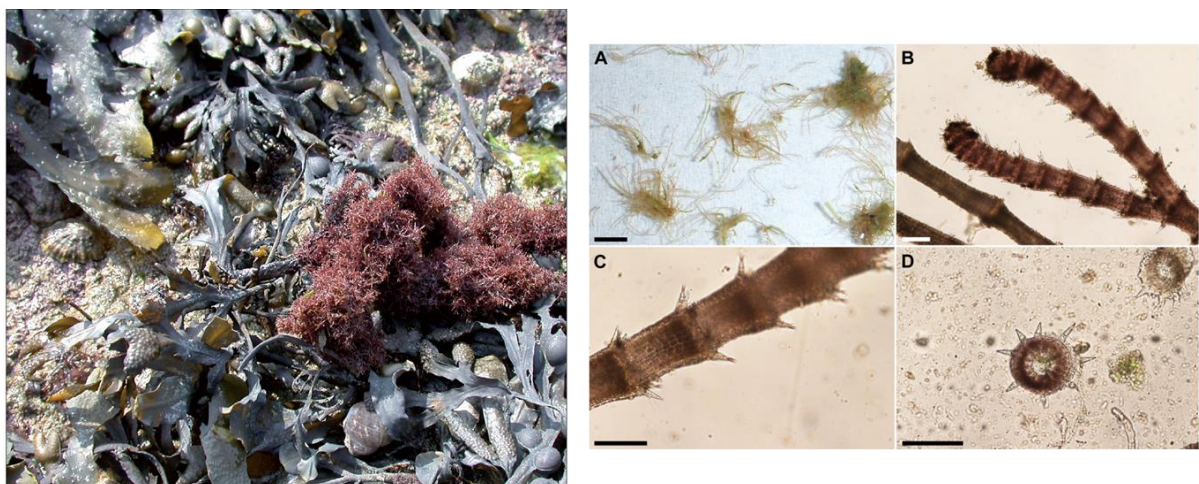


Figure 2 : exemple d'espèces non-indigènes détectées dans le cadre des suivis REBENT – DCE – DCSMM : à gauche : *Caulacanthus okamurae*, à droite *Centroceras clavulatum*.

Perspectives

Certains points de suivi ont été fortement modifiés depuis la dernière décennie, avec une régression des Fucales particulièrement visible (Figure 3). Afin d'étudier plus en détail les variations temporelles, les données de 19 ans de suivi des macroalgues intertidales obtenues dans le cadre du REBENT sont actuellement compilées et seront traitées par des méthodes de statistiques adaptées à l'étude des variations temporelles, en particulier les

analyses de trajectoires des communautés (De Cáceres et al., 2019; Sturbois et al., 2021). Enfin des outils de télédétection (images hyper-spectrales acquises par drone) sont actuellement développés pour qualifier les habitats et quantifier les changements de structure des communautés intertidales (Diruit et al., 2022).



Figure 3 : évolution de la couverture de *Fucales* à Quiberon entre 2015 (à gauche) et 2018 (à droite). Illustré ici, le point n°3 dominé par *Fucus spiralis* est un exemple de régression des *Fucales*.

Références

- Ar Gall, E., Le Duff, M., 2014. Development of a quality index to evaluate the structure of macroalgal communities. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 139, 99-109.
- Ar Gall, E., Le Duff, M., Sauriau, P.G., de Casamajor, M.N., Gevaert, F., Poisson, E., Hacquebart, P., Joncourt, Y., Barillé, A.L., Buchet, R., Bréret, M., Miossec, L., 2016. Implementation of a new index to assess intertidal seaweed communities as bioindicators for the European Water Framework Directory. *Ecological Indicators* 60, 162-173.
- De Cáceres, M., Coll, L., Legendre, P., Allen, R.B., Wisner, S.K., Fortin, M.J., Condit, R., Hubbell, S., 2019. Trajectory analysis in community ecology. *Ecological Monographs* 89, e01350.
- Diruit, W., Le Bris, A., Bajjouk, T., Richier, S., Helias, M., Burel, T., Lennon, M., Guyot, A., Ar Gall, E., 2022. Seaweed Habitats on the Shore: Characterization through Hyperspectral UAV Imagery and Field Sampling. *Remote Sensing* 14, 3124.
- Le Duff, M., Ar Gall, E., 2018. Nouveau signalement de l'algue rouge *Centroceras clavulatum* (Agardh) Montagne dans les eaux bretonnes. *An Aod-Les cahiers naturalistes de l'Observatoire marin VI*, 1-5.
- Le Duff, M., Breton, G., Ar Gall, E., 2008. *Caulacanthus ustulatus*, la petite algue rouge qui monte, qui monte. *Penn ar bed* 202, 14-20.
- Le Duff, M., Le Garrec, V., Ar Gall, E., 2018. Premier signalement du gastéropode *Gibbula albida* (Gmelin, 1791) sur les côtes finistériennes (ouest Bretagne). *An Aod-Les cahiers naturalistes de l'Observatoire marin VI*, 27-31.
- Sturbois, A., De Cáceres, M., Sánchez-Pinillos, M., Schaal, G., Gauthier, O., Mao, P.L., Ponsero, A., Desroy, N., 2021. Extending community trajectory analysis: New metrics and representation. *Ecological Modelling* 440, 109400.

Complémentarité de l'indice GPBI et de QISubMac dans les communautés rocheuses subtidales et contribution aux évaluations écologiques DCE/DCSMM.

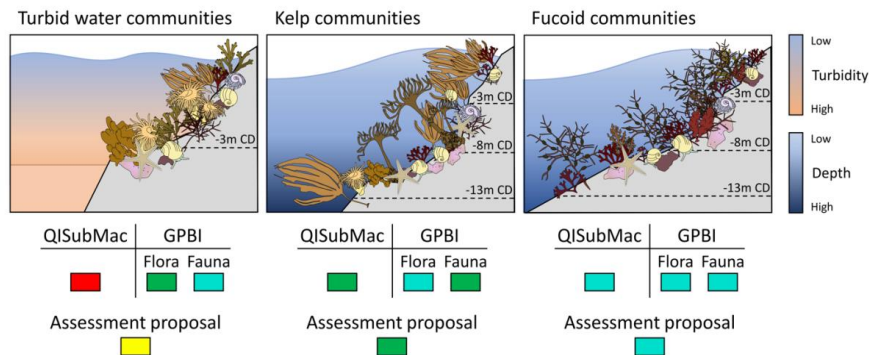
Anthony Voisin¹, Aodren Le Gal², Olivier Gauthier^{1;3}, Jacques Grall^{1;3} et Sandrine Derrien-Courtel².

¹Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR, F-29280 Plouzané, France

²Muséum National d'Histoire Naturelle, Station Marine, BP 225, 29182 Concarneau cedex, France

³OSU IUEM, Univ Brest, CNRS, IRD, 29280 Plouzané, France

Résumé graphique



Introduction

Le développement d'indicateurs écologiques, issus de la recherche appliquée contribuent à la connaissance, à la compréhension, puis à la gestion et à la conservation des milieux naturels. Les directives européennes (DCE et DCSMM) contribuent à l'évaluation des masses d'eau et sous-régions marines des côtes françaises de Manche et de l'Atlantique. Dans le cadre de la poursuite du développement de l'indicateur DCE « macroalgues subtidales », les données de la surveillance, tous dispositifs confondus ont été analysées par différentes approches et en particulier via le "General Purpose Biological Index" (GPBI, Labrune et al., 2021), afin d'en déterminer la pertinence.

Résultats

Des analyses multidimensionnelles ont permis de confirmer la nécessité de catégoriser les masses d'eau en différents types (Fig. 1) et de séparer les analyses en fonction des profondeurs et règnes des organismes.

Définition d'une typologie basée sur 3 facteurs structurants principaux :

- Types : O : Ouvert, zone côtière ou du large
Ch : Chenal, zone fermée
- Ecorégions :
 - 1.1 : Manche Orientale (MO)
 - 2.1 : Bretagne Nord – Manche Occidentale (BMO)
 - 2.2 : Bretagne Mer d'Iroise (BMI)
 - 2.3 : Bretagne Sud – Charente maritime (BSC)
 - 3.1 : Pays Basque (PB)
- Turbidité : caractérisée par la limite d'extension en profondeur des ceintures d'algues structurantes, liée également à la profondeur de pénétration verticale de la lumière dans l'eau :
 - 1 : profondeur maximale de la ceinture de l'infra-littoral supérieur, supérieure à 15m CM
 - 2 : profondeur maximale de la ceinture de l'infra-littoral supérieur, comprise entre 3 et 15m CM
 - 3 : profondeur maximale de la ceinture de l'infra-littoral inférieur, inférieure à 3m CM

Figure 1: Typologie des sites classés selon 2 facteurs principaux

Le GPBI a permis d'obtenir des évaluations plus cohérentes pour certaines masses d'eau dont l'indicateur DCE-2 dévaluait la qualité écologique (Fig. 2), en raison de leurs caractéristiques (turbidité naturelle, indicateur uniquement basé sur l'infralittoral). Cependant, des limites persistent et concernent pour l'essentiel l'absence de données de pression exploitables à l'échelle des stations et de la façade. Aussi, des recommandations et suggestions d'acquisition sont énoncées en ce sens.

Catégories	ID_Site	Prof	Année	EQR	GPBI		Option 1	Option 2	Option 3			
									Méthode 1		Méthode 2	
					Flore	Faune						
Manche Orientale												
O.1.1.3	Aud	0	2020	0,144	0,716	0,727	0,144	0,727	0,722	0,529		
	Wis	0	2020	0,357	0,949	0,928	0,357	0,949	0,939	0,745		
O.1.1.2	Tat	-3	2020	0,564	0,694	0,672	0,564	0,694	0,683	0,643		
	StA	-3	2020	0,639	0,864	0,958	0,639	0,958	0,911	0,820		
Bretagne et Pays de la Loire												
O.2.2.2	Dum	-3	2018	0,31	0,881	0,970	0,31	0,97	0,926	0,720		
Pays basque												
O.3.1.1	AIS	-3	2020	0,55	0,796	0,714	0,55	0,796	0,755	0,687		

Figure 2 : Notation des sites déclassés selon les différentes options testées

Conclusion

En conclusion, trois options ont été envisagées selon plusieurs méthodes de déclassement et d'agrégation des indicateurs (Fig. 3 ; Voisin et al., 2022²).

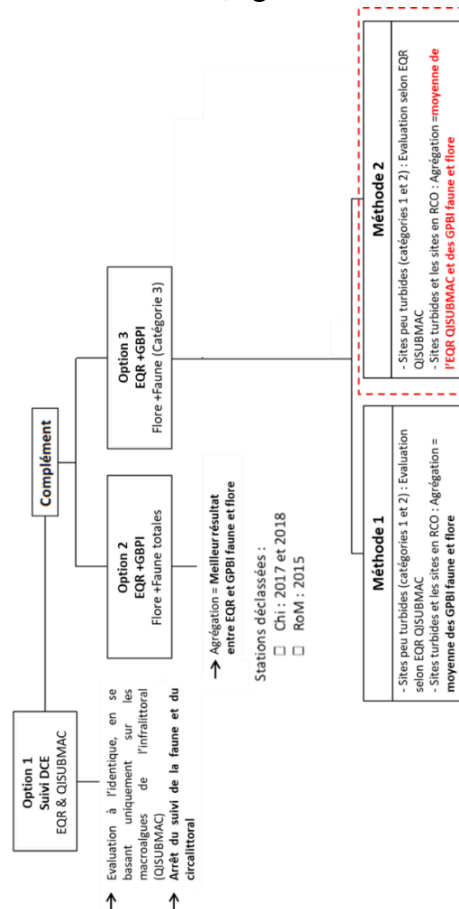


Figure 3 : Les différentes options testées pour l'évaluation des macroalgues subtidales et faune associée

La dernière option, selon la méthode 3.2 demeure l'approche que nous privilégions, pour l'évaluation des biocénoses des fonds subtidiaux rocheux :

- Option 1 : L'évaluation et la notation DCE sont maintenues à l'identique, en se basant uniquement sur les macroalgues de d'infra littoral (QISubMac) avec un déclassement des stations en fonction de la valeur d'EQR obtenue.
- Option 2 : L'évaluation et la notation DCE sont maintenues à l'identique, à laquelle s'ajoute l'application du GPBI sur tous les sites pour la flore et la faune. La méthode d'agrégation consiste à retenir le meilleur résultat entre les indicateurs QISubMac, GBPI flore et GPBI faune.
- Option 3 : L'évaluation et la notation DCE sont maintenues à l'identique, en intégrant l'application du GPBI flore et le GPBI faune uniquement pour les « milieux turbides » (catégorie 3) ainsi qu'en cas de déclassement d'un site de « milieu peu turbide » (catégorie 1 et 2) (activation du Réseau de Contrôle Opérationnel) :
 - 3.1 : L'évaluation reste basée sur l'EQR (QISubMac) pour les sites appartenant à la catégorie « milieu peu turbide ». Pour les sites appartenant à la catégorie « milieu turbide » ou en RCO, l'agrégation consiste à calculer la moyenne des GBPI flore et GPBI faune.
 - 3.2 : L'évaluation est identique à l'option 3.1 mais la méthode d'agrégation des résultats des sites appartenant à la catégorie « milieu turbide » ou en RCO consiste à calculer la moyenne EQR (QISubMac), GBPI flore et GPBI faune.

Références

- Labrune, C., Gauthier, O., Conde, A., Grall, J., Blomqvist, M., Bernard, G., Gallon, R., Dannhein, J., Van Hoey, G., & Grémare, A., 2021. A General-Purpose Biotic Index to Measure Changes in Benthic Habitat Quality across Several Pressure Gradients. *Journal of Marine Science and Engineering*, 9, 654.
- Voisin A., Derrien-Courtel S., Le Gal A. et Gauthier O. 2022. Proposition de développement de l'indicateur DCE / DCSMM "macroalgues subtidales". Financement R&D OFB et MNHN-Concarneau. 36pp.

Suivre l'état écologique des champs de blocs méditerranéens face à la pression de pêche à pied

Jonathan Richir^{1,*}, Christian Kerbiriou¹, Pauline Poisson¹, Maud Bernard, groupe de travail Eval-Habloc, Isabelle Le viol¹

¹Centre d'Ecologie et des Sciences de la Conservation (CESCO), Muséum national d'Histoire naturelle, Centre National de la Recherche Scientifique, Sorbonne Université, Station Marine, Concarneau, France.

*jonathan.richir@gmail.com

Introduction

Les champs de blocs méditerranéens abritent une faune et une flore abondante et diversifiée ^{1,2} et sont, pour nombre d'entre eux, exposés à une importante pression de pêche à pied susceptible de dégrader leur état de conservation, via notamment la non remise en place des blocs retournés ³. L'enjeu est donc fort de disposer de suivis et d'indicateurs permettant d'évaluer l'état écologique de cet habitat à fort enjeu de conservation (DHFF - habitat récif 1170 / objectif environnemental dédié DCSMM). Ainsi un suivi des champs de blocs et de la pression de pêche associée a-t-il été déployé à l'échelle de la façade Manche Atlantique française, suite au lancement du projet LIFE+ Pêche à pied de loisir (2013-2017), à l'origine du réseau LITTOREA au service des gestionnaires agissant pour une pêche à pied durable.

Restait cependant à évaluer la pertinence de ces suivis, à caractériser la variabilité spatiale de l'état écologique des champs de blocs et à adapter, proposer, à partir des données récoltées, des indicateurs de cet état à la fois robustes, sensibles et facilement transposables géographiquement. Ainsi avons-nous proposé de développer un indicateur d'état écologique basé sur la dissimilarité des communautés des faces de blocs : alors que les communautés des blocs non retournés diffèrent largement entre faces supérieures et inférieures en réponse à des conditions environnementales particulières (lumière, courant, dessiccation ...), elles devraient se ressembler de plus en plus sous l'effet des retournements, les espèces spécialistes sensibles aux changements de conditions environnementales étant remplacées par des généralistes et à forte capacité de colonisation (pionnières). Aussi pouvait-on faire l'hypothèse d'une diminution de la ressemblance des communautés des faces inférieures et supérieures de ces blocs sous l'effet de l'augmentation des perturbations d'origine anthropique (pêche à pied) et naturelle (tempêtes). Nous avons alors testé la sensibilité de cet indicateur à la pression de pêche à pied, indépendamment de l'effet de l'hydrodynamisme.

Matériel et méthodes

Acquisition des données

Les 22 champs de blocs étudiés sont distribués du nord-ouest de la Bretagne (Îlot Saint-Michel) au Pays basque (Saint-Jean-de-Luz) et ont fait l'objet de suivis plus ou moins réguliers et fréquents de 2014 à nos jours.

Dans chaque champ de blocs, 5 quadrats de 25 m² sont déployés lors de chaque sortie de relevés terrain. A l'intérieur de chaque quadrat, un indice visuel de retournement (IVR), correspondant à la proportion de blocs récemment retournés, est estimé à partir de

la nature des communautés benthiques des faces supérieures des blocs retournables (mobiles)⁴.

Dans chaque quadrat de 25 m² sont également relevées des variables biotiques (floristiques, faunistiques) et abiotiques sur deux blocs mobiles. L'identité, la résolution taxonomique et le nombre d'organismes suivis (23 taxons, Fig. 1) ainsi que les métriques utilisées (dénombrement ou pourcentage de recouvrement) ont été préalablement définis en fonction (i) de la diversité des organismes colonisant cet habitat, (ii) de la problématique de retournement des blocs et (iii) du public mobilisé pour la réalisation des relevés (gestionnaires d'espaces naturels)³.



Figure 1: illustrations d'organismes relevés sur les faces des blocs (de gauche à droite : algue rouge, éponge et ascidies coloniales).

Ont également été relevées des variables reflétant a priori l'exposition des champs de blocs à une pression de retournement des blocs mobiles. Certaines sont descriptives des champs de blocs : la difficulté d'accès du champ, son caractère côtier ou insulaire, la taille des blocs mobiles. D'autres font référence à la pression de pêche à pied : la fréquentation quantitative du site par le public, qualitative du champ de bloc par les pêcheurs et la qualité de leur comportement de pêche (degré de remise en place des blocs). La dynamique naturelle de retournement des blocs via l'hydrodynamisme est quant à elle mesuré via l'estimation spectrale de la hauteur significative des vagues (HOMERE⁵)⁶.

Indices de qualité environnementale et modélisation

Dans l'hypothèse d'une plus faible différence de la composition des communautés entre face supérieure et inférieure des blocs mobiles retournés récemment, reflétant l'état écologique du champ de bloc, cette homogénéisation a été qualifiée via l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis appliqué à chaque bloc mobile.

Nous avons alors testé l'effet des variables relevées à même d'expliquer (i) **le retournement des blocs (IVR)** ou (ii) leurs effets sur **la dissimilarité de composition des communautés benthiques** en ayant recours à des modélisations linéaires mixtes généralisés (GLMM), couplées à une approche par inférence multimodèle. Dans une première série de modélisation, la variable de réponse était l'IVR et les variables explicatives à effet fixes les métriques liées aux caractéristiques des champs, à la pression de fréquentation et de pêche à pied ou à l'hydrodynamisme, tout en incluant les interactions entre effets fixes, et un effet aléatoire pour tenir compte de la structure hiérarchique de l'échantillonnage (le numéro du quadrat imbriqué dans le site). La seconde série de modélisation a été construite sur la même base mais avec en variable réponse la dissimilarité entre face supérieure et inférieure des blocs mobiles, et en effets fixes l'IVR et les mêmes autres covariables. La modélisation a été effectuée sur trois jeux

de données différents, en considérant ou non le comportement de pêche et/ou la fréquentation du site non disponibles pour tous les sites (voir Fig. 2).

Résultats

Description des environnements champs de blocs

Sur les 22 habitats champs de blocs suivis, 16 sont côtiers et 6 insulaires. Les blocs mobiles, en granit (Bretagne) ou en calcaire (Pertuis-Charentais et Pays basque), ont des surfaces variables, du dm² à une taille non mobilisable par les pêcheurs. Les valeurs médianes des plus hautes vagues autour des 22 champs de blocs varient entre 0,11 m dans le secteur abrité de Keraliou à 1,79 m pour le champ de blocs de Goulenez sur l'Île de Sein. Sur cette même Île, au champ de blocs opposé de Kilaourou est rapporté le maximum de 7,35 m.

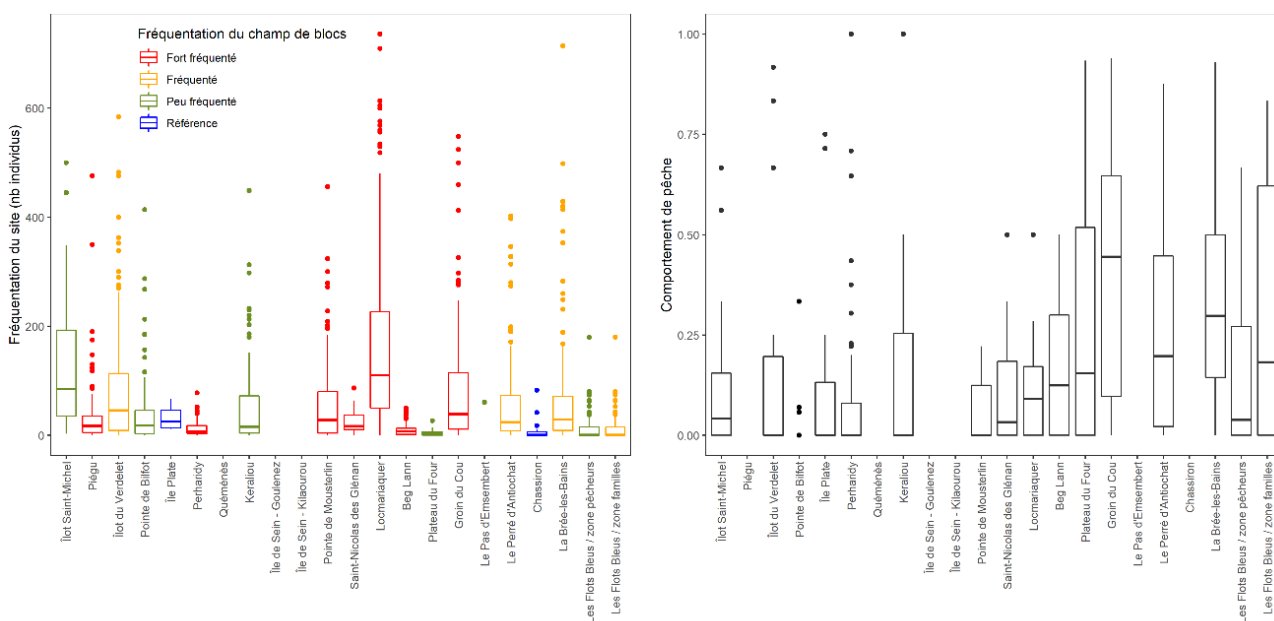


Figure 2 : fréquentation des sites (boîtes à moustaches) et, pour ceux suivis, des champs de blocs qu'ils abritent (code couleur ; gauche), et comportement des pêcheurs à pied de loisir qui les fréquentent (droite).

Les 4 niveaux de fréquentation des champs de blocs les qualifient de référence à fort fréquenté (Fig. 2). Quant à la fréquentation comptabilisée à l'échelle du site, elle varie fortement en un même site et entre sites. D'une valeur minimum de 0, elle peut dépasser les 700 individus (Fig. 2). La corrélation entre les variables de fréquentation qualitative et quantitative n'est pas très élevée. Les pêcheurs de Bretagne montrent un comportement médian assez respectueux de l'environnement. Les champs de blocs du sud de la Bretagne, des Pertuis Charentais et du Pays basque sont l'objet d'une pêche moins respectueuse (Fig. 2).

Colonisation des surfaces des blocs et qualité environnementale des champs

Les algues rouges, vertes, *Lithophyllum incrustans* sont présentes sur plus de 50 % des faces supérieures des blocs mobile, et jusqu'à 90 % pour les algues rouges. Les algues brunes sont présentes sur 60 % des faces supérieures des blocs, mais en Bretagne exclusivement. Les moules et les hermelles, relevées uniquement en régions Pertuis

Charentais et Pays basque, sont observées sur 30-40 % des faces supérieures des blocs. Parmi les autres organismes animaux communs aux différentes régions, les balanes et les mollusques brouteurs sont fréquemment rencontrés et, dans une moindre mesure, les spirorbes et les éponges. Ces deux derniers organismes sont dominants sur les faces inférieures des blocs mobiles, avec les ascidies, les balanes et *L. incrustans*, et dans une moindre mesure les bryozoaires et *Spirobranchus lamarkii*. Dans les Pertuis Charentais et au Pays basque, hydrides, hermelles, moules et huîtres s’y installent également abondamment.

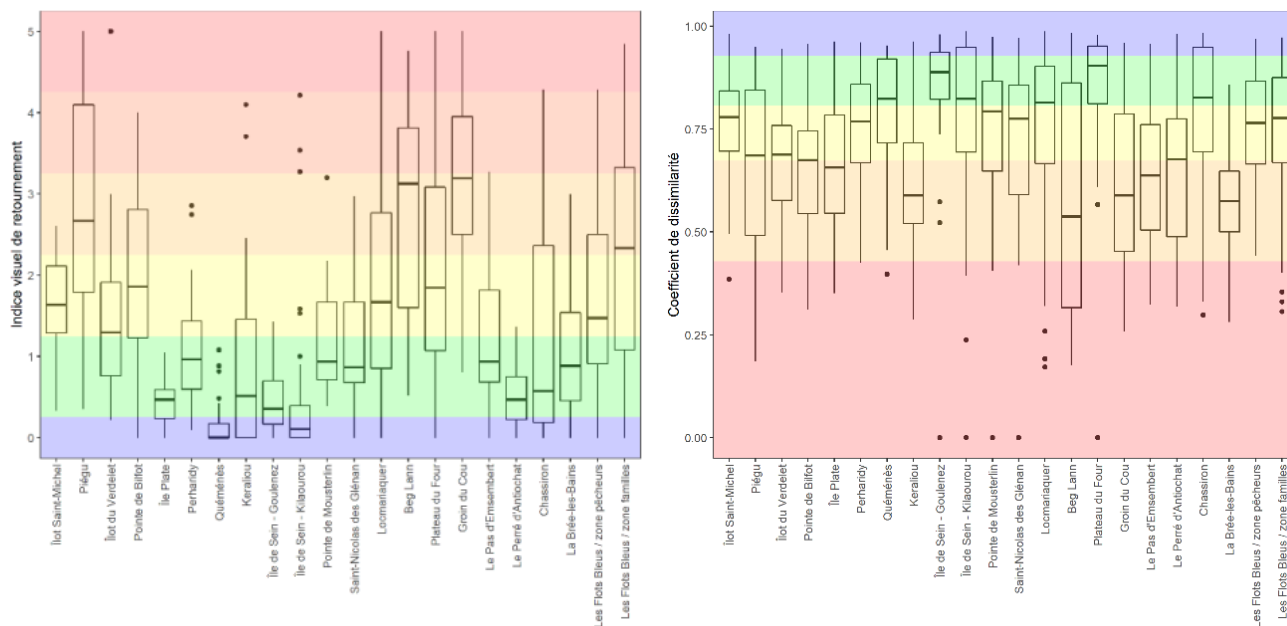


Figure 3: Indice visuel de retournement (IVR) des blocs mobiles (gauche), et indice de dissimilarité entre faces des blocs mobiles (droite). Une échelle de qualité écologique à cinq niveaux est calculée pour les valeurs de 0 à 1 des coefficients de dissimilarité, en utilisant la méthode des quantiles⁷. Les cinq mêmes seuils de classes - en % - que définis dans Hily et Bernard³, ramenés sur une échelle de 0 à 5, sont utilisés pour catégoriser l'IVR.

L'IVR présente des différences régionales. De l'île Plate à l'archipel des Glénans, les valeurs médianes d'IVR sont inférieures à 1, contrastant avec les champs de blocs du nord-est (de l'Îlot Saint-Michel à la Pointe de Biffot) et du sud (de Locmariaquer au Plateau du Four) de la Bretagne. L'IVR des champs de blocs des Pertuis-Charentais est également inférieur à 1, à l'exception de Groin du Coup qui présente la valeur médiane la plus élevée proche de 3. L'IVR médian des Flots Bleus est proche de la médiane générale de 0.95.

Les coefficients de dissimilarité médians entre faces supérieures et inférieures des blocs mobiles diffèrent aussi entre régions. Les côtes ouest de la Bretagne (à l'exception de Keraliou), et en particulier les îles de Sein et Quéméné, présentent des coefficients de dissimilarité médians plus élevés qu'au nord-est de la Bretagne; les valeurs élevées sont indicatrices d'un meilleur état écologique des champs. Beg Lann présente le coefficient de dissimilarité médian le plus bas, 0.54 ; Le Plateau du Four le plus haut, 0.90. Dans les Pertuis Charentais, seul le champ de blocs de Chassiron a un coefficient de dissimilarité médian plus élevé. Au Pays basque, les deux champs suivis ont des valeurs proches de la médiane globale de 0.77.

Résultat des modèles

Comme attendu, l'IVR est d'autant plus élevé que les vagues sont hautes, et les blocs de petites tailles. Cet indice de retournement des blocs se révèle aussi d'autant plus élevé que le comportement des pêcheurs observés sur les champs de blocs est inadéquat (retournement des blocs inspectés). L'IVR est aussi plus fort dans les sites plus facilement accessibles et plus fréquentés par le public (ces deux effets se renforçant mutuellement).

L'hypothèse d'une sensibilité de l'indice de dissimilarité à l'IVR est vérifiée. Ainsi plus le taux de blocs retournés d'un champ de bloc est élevé, plus les communautés des faces supérieures et inférieures des blocs mobiles de ces sites tendent à se ressembler. A cet effet négatif de l'IVR s'ajoute celui de l'accessibilité aux champs de blocs (plus le champ de bloc est accessible plus la dissimilarité diminue), et de l'hydrodynamisme. Enfin, l'effet négatif du comportement inadéquat des pêcheurs sur l'état des communautés (diminution de la dissimilarité) est d'autant plus fort que les champs présentent des blocs de grande taille.

Conclusion

Les suivis des champs de blocs, réalisés par les gestionnaires d'espaces naturels le long de la façade Manche Atlantique française, et les indicateurs produits tels l'indice visuel de retournement et l'indice d'état écologique des champs de blocs proposé ici (dissimilarité des communautés des faces supérieures et inférieures des blocs mobiles) permettent de mettre en évidence une variation de cet état et de la pression de pêche à pied selon les sites. Surtout nos résultats montrent qu'ils permettent de qualifier l'effet de la pression et des pratiques de pêche sur l'état écologique de cet habitat médiolittoral à enjeux de conservation : les indicateurs se révèlent sensibles et robustes. L'analyse individuelle et les effets modélisés de la fréquentation et du comportement des pêcheurs rappellent la pertinence de les relever à l'échelle des champs de blocs. L'hydrodynamisme joue également un rôle certain dans le retournement des blocs mobiles. Facteurs humains, environnementaux agissent donc de concert sur les champs de blocs, champs dont les caractéristiques géomorphologiques : taille des blocs, géolocalisation, exposition à la houle, facilité d'accès en modulent les effets. Ces suivis et indicateurs ouvrent ainsi la possibilité de suivre les réponses de ces communautés à l'évolution des pratiques de pêche et aux changements environnementaux (probable augmentation des fréquences de retournement en lien avec les changements climatiques). Ces résultats offrent enfin des perspectives prometteuses pour évaluer l'effet des mesures de sensibilisation des pêcheurs à de meilleures pratiques sur l'état écologique de ces habitats médiolittoraux dans la mesure où le recueil des données serait pensé pour ce type d'analyse.

Remerciements

Ces travaux de recherche sont financés par l'Office français de la biodiversité et le Life Marha (Life+, N2000, MTE-OFB). Les auteurs remercient toutes les personnes qui ont pensé les suivis terrain et participé à la collecte des données.

Références

1. Le Hir, M. & Hily, C., 2005. Macrofaunal diversity and habitat structure in intertidal boulder fields. *Biodiversity and Conservation* 14: 233–250.
2. Kuklinski, P., Barnes, D.K.A. & Taylor, P.D., 2006. Latitudinal patterns of diversity and abundance in North Atlantic intertidal boulder-fields. *Marine Biology* 149, 1577–1583.
3. Bernard, M., 2012. Les habitats rocheux intertidaux sous l'influence d'activités anthropiques : structure, dynamique et enjeux de conservation. PhD thesis. Sciences agricoles. Université de Bretagne occidentale - Brest. Français. NNT : 2012BRES0010. tel-00720611v2.
4. Hily, C. & Bernard, M., 2014. Can We use a Landscape Approach to Assess Natural and Anthropogenic Perturbations of the Rocky Shore Ecosystems? In: *Underwater Seascapes, from geographical to ecological perspectives*. Musard, O., Le Dû-Blayo, L., Francour, P., Beurier, J.-P., Feunteun, E. & Talassinou, L. (Eds.). Springer, 201-217 pp.
5. Boudiere, E., Maisondieu, C., Arduin, F., Accensi, M., Pineau-Guillou, L. & Lepesqueur, J., 2013. A suitable metocean hindcast database for the design of Marine energy converters. *International Journal of Marine Energy*, 3-4, e40-e52.
6. Autret, R., Dodet, G., Suanez, S., Roudaut, G. & Fichaut, B., 2018. Long-term variability of supratidal coastal boulder activation in Brittany (France). *Geomorphology* 304: 184-200.
7. Richir, J., Salivas-Decaux, M., Lafabrie, C., Lopez y Royo, C., Gobert, S., Pergent, G. & Pergent-Martini, C., 2015. Bioassessment of trace element contamination of Mediterranean coastal waters using the seagrass *Posidonia oceanica*. *Journal of Environmental Management* 151: 486-499.

Prédire l'état et les risques de changements abrupts des récifs à *Sabellaria alveolata*

Aurélien Boyé¹, Martin Marzloff¹, Laura Bush², Céline Cordier¹, Amelia Curd¹, Andrew J. Davies³, Louise B. Firth⁴, Fernando Lima⁵, Claudia Meneghesso^{5,6}, Rui Seabra⁵, Mickaël Vazquez¹, Stanislas F. Dubois¹

¹IFREMER, Centre de Bretagne, DYNECO LEBCO, 29280 Plouzané, France.

²FUGRO GB Marine Limited, Gait 8, Research Park South, Heriot-Watt University, Edinburgh EH14 4AP, United Kingdom.

³Department of Biological Sciences, University of Rhode Island, Kingston, RI 02881, USA.

⁴School of Biological and Marine Sciences, University of Plymouth, Drake Circus, PL4 8AA, Plymouth, United Kingdom.

⁵CIBIO/InBIO, Centro de Investigação em Biodiversidade e Recursos Genéticos, Universidade do Porto, Campus Agrario de Vairão, 4485-661, Vairão, Portugal.

⁶Departamento de Biologia, Faculdade de Ciências da Universidade do Porto, R. Campo Alegre, s/n, 4169-007 Porto, Portugal.

Contexte et objectifs de la présentation

Les récifs à *Sabellaria* sont listés sous l'Annexe 1 de la Directive Européenne Habitat Faune-Flore (Council Directive EEC/92/43) en tant qu'habitats marins remarquables à protéger. Aussi désignés comme Zones Spéciales de Conservation, ces récifs abritent une forte biodiversité et joue un rôle important dans le fonctionnement des écosystèmes côtiers et dans la provision de services écosystémiques associés, comme la protection contre l'érosion côtière par exemple (Dubois et al., 2006; Jones et al., 2018). Ces bio-constructions sont donc particulièrement ciblées par la Directive Cadre sur la Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) visant à atteindre le « bon état écologique » des habitats marins.

En Europe, *Sabellaria alveolata* est une espèce commune en milieu intertidal du nord des côtes marocaines à l'Ecosse. Elle colonise essentiellement les habitats rocheux du milieu et du bas de l'estran et élabore des bio-constructions extrêmement dynamiques qui présentent des envergures variables le long de nos côtes, variant de placages peu épais collés à la roche jusqu'à la formation d'importantes structures arrondies qui recouvrent l'intégralité de leur support rocheux (Curd et al., 2019). Ces bioconstructions sont souvent appelées « récifs » dès lors qu'ils dépassent une certaine taille mais il n'existe aucun protocole ni aucune échelle de mesure qui permette de traduire cette notion de « récif ». La dynamique de ces bio-constructions et leur importante variabilité spatiale et temporelle restent également difficiles à appréhender. En effet, les récifs à *Sabellaria* peuvent persister pendant plusieurs années mais restent des structures extrêmement dynamiques avec des cycles naturelles de construction/dégradation (Firth et al., 2021, 2015; Gruet, 1986). Au sein d'habitats aussi dynamiques, il est difficile d'interpréter les tendances temporelles observées et de discriminer la part de la variabilité naturelle et celle associée à des changements majeurs dans le fonctionnement de l'écosystème. Face à cette forte variabilité naturelle, identifier et anticiper les changements de régimes (i.e. changement important et pérenne dans la structure et le fonctionnement du système,

marqué par une transition – souvent abrupte – d'un état stable vers un autre état stable) est donc un défi.

C'est dans ce contexte et pour répondre aux enjeux de la DCSMM qu'a été proposé dans le cadre du projet REEHAB (www.hermelles.fr) un protocole standardisé de suivi des formations récifales à *Sabellaria alveolata* dans la zone de balancement des marées (Dubois et al., 2020). Ce protocole est applicable à l'ensemble des côtes européennes où cette espèce est présente et peut être déployé fréquemment et à moindre coût (humain et matériel), sans nécessiter d'expertise élevée sur l'espèce. L'objet de cette présentation orale sera de présenter les méthodes et outils développés à partir de ces données pour fournir (1) une classification objective des habitats à *Sabellaria alveolata*, afin de constituer un référentiel unique, permettant de décrire l'état écologique des récifs de façon standardisée à l'échelle nationale et européenne, (2) des pistes d'indicateurs pour évaluer l'intégrité des habitats à *Sabellaria alveolata* (*sensu* Nicholson et al., 2021) et (3) des indicateurs permettant de quantifier les risques d'altération à court-termes des habitats à *Sabellaria alveolata*.

États possibles des habitats à *Sabellaria alveolata*: définition, prédictibilité et lien avec l'environnement

Les principaux états dans lesquels peuvent se trouver les récifs d'hermelles en Europe ont été identifiés par une méthode de groupement par K-centroïdes (MacQueen, 1967) appliquée aux données collectées par le protocole REEHAB sur des quadrats fixes : couverture et hauteur de récif à *Sabellaria*, couverture algale, abondances d'huitres et de moules. Six états ont ainsi été identifiés (Figure 1) et leur prévalence dans chacun des sites a été suivie dans le temps afin d'appréhender leur distribution spatiale et leur stabilité. Une approche de *machine learning* (*Boosted Regression Trees*) a aussi été développée afin de relier ces variations de l'état des habitats à *Sabellaria alveolata* aux conditions environnementales, identifier des seuils environnementaux favorisant des transitions entre états, et pouvoir prédire l'état attendu de ces habitats le long des côtes européennes (y compris dans les zones pauvres en données).

Les six états identifiés distinguent un état de roche nue (**bare rocky reef**) où les sous-quadrats sont majoritairement de la roche nue, sans dominance réelle d'épibiontes, macroalgues ou hermelles, qui peuvent être néanmoins faiblement présents. Il peut s'agir d'un état durable dans certains environnements (vitesse de courant élevée avec de faibles concentrations de matière particulaire en suspension et basse température de l'eau de mer avec une forte variabilité de température selon le modèle). Deux états dominés par les récifs d'hermelles ressortent aussi des analyses, soit en formations plaquées (**veneer reef**) – les sous-quadrats sont dominés par les hermelles mais les bioconstructions sont peu développées – soit sous forme de récifs développés en monticules (**hummock reef**). Ces états n'excluent pas la présence éventuelle d'une colonisation très marginale par les moules, les huîtres ou les macroalgues notamment. Parmi ces deux états, seule la forme **veneer** apparaît comme un état stable et pérenne. Les environnements avec de fortes concentrations de matière particulaire en suspension, des vitesses de courant supérieures à $0,2 \text{ m.s}^{-1}$, et des températures élevées de l'eau de mer favorisent l'un ou l'autre des états récifaux dominés par *S. alveolata*, mais à ce jour, les modèles ne permettent pas de

prédire adéquatement lequel de ces deux états domine selon les conditions environnementales.



Figure 1. Illustration d'un sous-quadrat de 1m² caractéristique de chacun des 6 états définis.

L'analyse de groupement a aussi mis en évidence un état dominé par les macroalgues (**algae-dominated reef**) – ces macroalgues (rouges, vertes ou brunes) peuvent avoir colonisé la roche mère (colonisation primaire) ou des récifs d'hermelles (colonisation secondaire) – et des états où les communautés de substrat dur sont dominées par de fortes abondances de moules (**mussel-dominated reef**). Ces deux états sont favorisés par de plus faibles vitesses de courants et concentrations de matière particulaire en suspension, mais les modèles ne permettent de prédire avec précision lequel de ces deux états dominant dans ces conditions. Des transitions entre un régime dominé par les moules et un régime dominé par les algues peuvent avoir lieu dans un même environnement (Hawkins et al., 2020; Menge et al., 2017; Petraitis, 2013), ce qui peut expliquer les limites des modèles à discriminer les niches et prédire l'occurrence de ces états. Enfin, ces six états distinguent aussi les communautés de substrat dur dominées par les huîtres (**oyster-dominated reef**), mais la faible occurrence de cet état dans le jeu de données n'a pas permis de caractériser adéquatement ses liens avec l'environnement.

Les six états définis dans ce travail correspondent qualitativement aux connaissances empiriques disponibles sur les récifs à *Sabellaria alveolata* et sur les habitats propices à leur développement (Curd et al., 2019; Desroy et al., 2011; Dubois et al., 2006; Firth et al., 2021). Cette classification s'est aussi montrée robuste à l'ajout de nouveaux sites et années dans le suivi, ce qui suggère qu'ils sont représentatifs, au moins à l'échelle des façades françaises voire européennes, des états possibles des habitats à *Sabellaria alveolata*. Enfin, ces états apparaissent comme des configurations relativement stables des zones intertidales étudiées. En cela, la classification proposée ici paraît à même de constituer un référentiel national et européen unique permettant de décrire l'état des habitats à *Sabellaria* de façon standardisée et objective.

S'il n'est pas possible à ce jour de prédire finement la probabilité de chaque état possible des habitats à *Sabellaria alveolata* le long du littoral européen, les seuils identifiés dans les modèles offrent tout de même des informations importantes pour la gestion de ces habitats grâce à leur capacité à distinguer les zones favorables aux états récifaux (**veneer et hummock reef**, regroupés sous le terme « REEF ») et celles plus propices aux états **bare, algae-, mussel-, et oyster-dominated** (« BAMO »). Les cartes ainsi produites apparaissent cohérentes avec la distribution connue des principaux récifs à *Sabellaria alveolata* ainsi que des zones les plus propices à l'établissement de bancs de moules et d'états algaux (Curd et al., 2020, Hawkins et al., 2019). De plus, les prédictions des modèles suggèrent que certaines conditions environnementales, non rencontrées dans les suivis initiaux, peuvent simultanément favoriser des fortes probabilités des deux groupes d'états (REEF et BAMO). Par définition, elles correspondent à des zones où des changements entre

les quatre états alternatifs (c.-à-d. entre les deux états dominés par *S. alveolata* et ceux dominés par les algues / moules) peuvent se produire. Les zones associées à ce potentiel élevé d'états alternatifs sont plus étendues dans les prévisions de l'été 2019 par rapport à l'hiver 2019, ce qui souligne que les fenêtres environnementales (*sensu* van Belzen et al., 2022) permettant l'émergence et la transition entre ces états alternatifs varient dans le temps.

Prédire les risques de transitions à court-terme

Dans ces zones les plus à « risque » de basculer d'un état à l'autre, il est primordial de pouvoir diagnostiquer le plus précocement possible les risques d'altération de l'habitat (Nicholson et al., 2021; Rowland et al., 2018), afin de pouvoir anticiper les changements de régimes et déclencher les mesures appropriées à temps (Biggs et al., 2009). Pour cela, nous proposons une approche basée sur la détection de signaux spatiaux avant-coureurs de dégradation, ou *spatial early warning signals* (Génin et al., 2018; Kéfi et al., 2014) couplés à un modèle de *machine learning* (Miller et al., 2015) afin de prédire les probabilités de transitions entre états à partir de données observées. Le modèle développé prédit, à partir de la proportion et de la configuration spatiale des états dans les sous-quadrats observés à un temps t , la proportion de ces sous-quadrats susceptibles d'ici 6 mois de passer d'un état « récif » à « autre » (REEF \rightarrow BAMO), d'un état « autre » à « récif » (BAMO \rightarrow REEF), ou de rester dans un état « récif » (REEF \rightarrow REEF) ou dans un état « autre » (BAMO \rightarrow BAMO). Ce choix d'une modélisation des risques à court-terme s'inscrit dans une stratégie de modélisation itérative (Dietze et al., 2018) qui informe sur des échelles de temps pertinentes pour la gestion de ces habitats.

On observe une très bonne adéquation entre les prédictions du modèle et les transitions effectivement observées sur le terrain. Au-delà des bonnes prédictions du nombre de sous-quadrats restant dans le même état d'un pas de temps à l'autre, le modèle reproduit fidèlement les dynamiques de dégradation des bio-constructions à *Sabellaria alveolata* observées dans les différents sites de suivi. Sur ces bases, un indicateur de risque, ainsi que différentes métriques qui peuvent être extraites du modèle telle que la capacité de résilience attendue des bio-constructions (transition BAMO \rightarrow REEF), sont proposées comme indicateurs des changements à venir à court-terme de l'état des habitats à *Sabellaria alveolata*.

Conclusion

Si une évaluation pleinement quantitative de l'état écologique (au sens Directive Cadre) des habitats à *Sabellaria alveolata* n'est encore pas possible en l'état actuel des connaissances et des développements méthodologiques, la combinaison des informations fournies par la modélisation des risques de changements et par les tendances observées des états des récifs offre des premiers éléments qui informent sur le statut de ces habitats de manière spécifique pour chaque site. A l'avenir, s'il serait idéal de développer une mesure de l'intégrité des récifs quantifiable sans séries temporelles « longues », il reste compliqué en pratique, étant donné le fort dynamisme des bio-constructions à *Sabellaria*, de définir un état de référence (Nicholson et al., 2021). Ainsi, la modélisation statistique des transitions entre états écologiques reste une approche parmi les plus adaptée pour suivre l'état écologique des récifs d'hermelles.

Références

- Biggs, R., Carpenter, S. R., & Brock, W. A. (2009). Turning back from the brink: Detecting an impending regime shift in time to avert it. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 106(3), 826–831. doi: 10.1073/pnas.0811729106
- Curd, A., Pernet, F., Corporeau, C., Delisle, L., Firth, L. B., Nunes, F. L. D., & Dubois, S. F. (2019). Connecting organic to mineral: How the physiological state of an ecosystem-engineer is linked to its habitat structure. *Ecological Indicators*, 98, 49–60. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2018.10.044>
- Curd Amelia, Vasquez Mickael, Boye Aurelien, Bricheno Lucy, Bush Laura, Burrows Michael T., Cordier Celine, Davies Andrew J., Firth Louise B., Green Mattias, Lima Fernando, Marzloff Martin, Meneghesso Claudia, Seabra Rui, Dubois Stanislas (2020). Modélisation statistique de la distribution spatiale des récifs intertidaux d'hermelles en Atlantique. Actes du Z-colloque mer/Géo 2020 "De l'océan à la côte : l'information géographique en mouvement". 24 au 26 novembre 2020, Nantes. Session 4 - Analyse et cartographie des habitats. pp.111-114 .
- Desroy, N., Dubois, S. F., Fournier, J., Ricquiers, L., Le Mao, P., Guerin, L., Gerla, D., Rougerie, M., & Legendre, A. (2011). The conservation status of *Sabellaria alveolata* (L.) (Polychaeta: Sabellariidae) reefs in the bay of mont-saint-michel. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21(5), 462–471. doi: 10.1002/aqc.1206
- Dietze, M. C., Fox, A., Beck-Johnson, L. M., Betancourt, J. L., Hooten, M. B., Jarnevich, C. S., Keitt, T. H., Kenney, M. A., Laney, C. M., Larsen, L. G., Loescher, H. W., Lunch, C. K., Pijanowski, B. C., Randerson, J. T., Read, E. K., Tredennick, A. T., Vargas, R., ... White, E. P. (2018). Iterative near-term ecological forecasting: Needs, opportunities, and challenges. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(7), 1424–1432. doi: 10.1073/pnas.1710231115
- Dubois, S. F., Boyé, A., Curd, A., & Cordier, C. (2020). Suivi des habitats à *Sabellaria alveolata* (hermelles) pour la DCSMM. Guide méthodologique terrain.
- Dubois, S. F., Commito, J. A., Olivier, F., & Reti??re, C. (2006). Effects of epibionts on *Sabellaria alveolata* (L.) biogenic reefs and their associated fauna in the Bay of Mont Saint-Michel. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68(3–4), 635–646. doi: 10.1016/j.ecss.2006.03.010
- Firth, L. B., Harris, D., Blaze, J. A., Marzloff, M. P., Boyé, A., Miller, P. I., Curd, A., Vasquez, M., Nunn, J. D., O'Connor, N. E., Power, A. M., Mieszkowska, N., O'Riordan, R. M., Burrows, M. T., Bricheno, L. M., Knights, A. M., Nunes, F. L. D., ... Hawkins, S. J. (2021). Specific niche requirements underpin multidecadal range edge stability, but may introduce barriers for climate change adaptation. *Diversity and Distributions*, 27(4), 668–683. doi: 10.1111/ddi.13224
- Firth, L. B., Mieszkowska, N., Grant, L. M., Bush, L. E., Davies, A. J., Frost, M. T., Moschella, P. S., Burrows, M. T., Cunningham, P. N., Dye, S. R., & Hawkins, S. J. (2015). Historical comparisons reveal multiple drivers of decadal change of an ecosystem engineer at the range edge. *Ecology and Evolution*, 5(15), 3210–3222. doi: 10.1002/ece3.1556
- Génin, A., Majumder, S., Sankaran, S., Danet, A., Guttal, V., Schneider, F. D., & Kéfi, S. (2018). Monitoring ecosystem degradation using spatial data and the R package *spatialwarnings*. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(10), 2067–2075. doi: 10.1111/2041-210X.13058
- Gruet, Y. (1986). Spatio-temporal Changes of Sabellarian Reefs Built by the Sedentary Polychaete *Sabellaria alveolata* (Linné). *Marine Ecology*, 7(4), 303–319. doi: 10.1111/J.1439-0485.1986.TB00166.X
- Hawkins, S. J., Pack, K. E., Firth, L. B., Mieszkowska, N., Evans, A. J., Martins, G. M., Åberg, P., Adams, L. C., Arenas, F., Boaventura, D. M., Bohn, K., Borges, C. D. G., Castro, J. J., Coleman, R. A., Crowe, T. P., Cruz, T., Davies, M. S., ... Jenkins, S. R. (2019). The Intertidal Zone of the North-East Atlantic Region. In *Interactions in the Marine Benthos* (pp. 7–46). doi: 10.1017/9781108235792.003
- Hawkins, S. J., Pack, K. E., Hyder, K., Benedetti-Cecchi, L., & Jenkins, S. R. (2020). Rocky shores as tractable test systems for experimental ecology. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 100(7), 1017–1041. doi: DOI: 10.1017/S0025315420001046
- Jones, A. G., Dubois, S. F., Desroy, N., & Fournier, J. (2018). Interplay between abiotic factors and species assemblages mediated by the ecosystem engineer *Sabellaria alveolata* (Annelida: Polychaeta). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 200, 1–18. doi: 10.1016/j.ecss.2017.10.001

- Kéfi, S., Guttal, V., Brock, W. A., Carpenter, S. R., Ellison, A. M., Livina, V. N., Seekell, D. A., Scheffer, M., van Nes, E. H., & Dakos, V. (2014). Early Warning Signals of Ecological Transitions: Methods for Spatial Patterns. *PLoS ONE*, 9(3), e92097. doi: 10.1371/journal.pone.0092097
- MacQueen, J. (1967). Some methods for classification and analysis of multivariate observations. *Proceedings of the Fifth Berkeley Symposium on Mathematical Statistics and Probability*, 1, 281–296.
- Menge, B. A., Bracken, M. E. S., Lubchenco, J., & Leslie, H. M. (2017). Alternative state? Experimentally induced *Fucus* canopy persists 38 yr in an *Ascophyllum*-dominated community. *Ecosphere*, 8(3), e01725. doi: <https://doi.org/10.1002/ecs2.1725>
- Miller, P. J., Lubke, G. H., McArtor, D. B., & Bergeman, C. S. (2015). Finding structure in data using multivariate tree boosting. doi: 10.1037/met0000087
- Nicholson, E., Watermeyer, K. E., Rowland, J. A., Sato, C. F., Stevenson, S. L., Andrade, A., Brooks, T. M., Burgess, N. D., Cheng, S.-T., Grantham, H. S., Hill, S. L., Keith, D. A., Maron, M., Metzke, D., Murray, N. J., Nelson, C. R., Obura, D., ... Watson, J. E. M. (2021). Scientific foundations for an ecosystem goal, milestones and indicators for the post-2020 global biodiversity framework. *Nature Ecology & Evolution*. doi: 10.1038/s41559-021-01538-5
- Petraitis, P. (2013). Multiple Stable States in Natural Ecosystems. In *Multiple Stable States in Natural Ecosystems*. doi: 10.1093/acprof:osobl/9780199569342.001.0001
- Rowland, J. A., Nicholson, E., Murray, N. J., Keith, D. A., Lester, R. E., & Bland, L. M. (2018). Selecting and applying indicators of ecosystem collapse for risk assessments. *Conservation Biology*, 32(6), 1233–1245. doi: 10.1111/cobi.13107
- van Belzen, J., Fivash, G. S., Hu, Z., Bouma, T. J., & Herman, P. M. J. (2022). A probabilistic framework for windows of opportunity: the role of temporal variability in critical transitions. *Journal of The Royal Society Interface*, 19(190), 20220041. doi: 10.1098/rsif.2022.0041

Stratégies d'évaluation et de suivi du bon état de conservation des habitats récifs du large en Atlantique

Julie Tourolle¹, Karine Olu¹, Catherine Borremans¹, Imen Karoui^{1,2}, Rhida Fezzani², Touria Bajjouk³, Marie-Claire Fabri⁴, Lénaïck Menot¹

¹Ifremer, BEEP-EEP-LEP, Plouzané, France.

²Ifremer, DFO-NSE-ASTI, Plouzané, France.

³Ifremer, ODE-DYNECO-LEBCO, Plouzané, France.

⁴Ifremer, ODE-LITTORAL-LERPAC, Toulon, France.

Dans le cadre du projet Life Intégré Marha, l'Ifremer développe une stratégie d'évaluation et de suivi du bon état de conservation, et du bon état écologique, des récifs du large, en particulier les habitats biogènes construits par des coraux récifaux.

La préservation de ces habitats est un objectif de plusieurs règlements ou accords internationaux. Compte tenu de leur rôle fonctionnel, de leur sensibilité et de leur faible résilience, les coraux d'eau froide répondent aux critères d'Ecosystèmes Marins Vulnérables (EMV) tels que définis par la FAO (FAO, 2009). Ce concept d'EMV est repris par le Conseil International pour l'Exploration des Mers (CIEM) pour la gestion des pêches en Atlantique Nord (ICES, 2020). Au niveau européen, le concept est mis en œuvre dans l'application du règlement 2016/2336 relatif à la pêche en eau profonde dans l'Atlantique Nord-Est (van Denderen et al., 2021). Les récifs et jardins de coraux sont également inscrits sur la liste OSPAR des espèces et habitats en danger ou en déclin (OSPAR, 2008). Enfin, les récifs de coraux et les jardins de coraux sur substrats durs répondent à la définition de récifs, habitat 1170 décrit par le cahier d'interprétation des habitats européens (EUR27, 2007) pour la mise en œuvre de la directive Habitats Faune Flore (DHFF).

Au large des côtes françaises, les habitats de coraux d'eau froide sont associés à des structures géomorphologiques particulières que sont les canyons sous-marins (van den Beld et al., 2017). Ces canyons sont des échancrures dans la marge continentale caractérisés par des flancs abrupts et une vallée axiale, ou thalweg, par laquelle transitent les sédiments de la côte vers le large. La topographie particulière des canyons canalise les courants, favorise la remontée d'eau froide et par conséquent la production primaire de surface. Des courants forts interagissant avec une topographie escarpée dans une zone alimentée par des apports trophiques importants offrent un environnement favorable au développement des coraux d'eau froide.

Ainsi, des zones Natura 2000 pour la préservation des récifs du large ont été créées en 2018 dans des systèmes de canyons en Atlantique et en Méditerranée (MNHN-SPN & GIS Posidonie, 2014). En Atlantique, le projet Marha a permis de faire du canyon de Lampaul une zone atelier afin d'y développer des stratégies d'évaluation et de suivi du bon état de conservation des récifs de coraux d'eau froide. Les méthodes qui y sont testées ont pour objectif de répondre aux besoins tant de la DHFF que de la Directive Cadre Stratégie Pour le Milieu Marin (DCSMM). Elles s'inspirent des indicateurs communs OSPAR BH2 et BH3 portant respectivement sur la condition des communautés d'habitats benthiques et sur l'ampleur des perturbations physiques causées aux habitats. Les deux principales sources

de pression sur les récifs du large en Atlantique sont la pêche et la pollution, en particulier la pollution par déchets plastiques. S'agissant de la pêche, il convient de distinguer l'impact direct lié à l'abrasion par les arts trainants de l'impact indirect lié à la remise en suspension de sédiments. La pression directe des arts trainants est évaluée par une mesure de la surface abrasée suivant une procédure récemment mise en place dans le cadre de la DCSMM (Georges et al., 2021; Menot et al., 2022). La pression indirecte des arts trainants, la pression liée aux déchets ainsi que la condition des communautés d'habitats benthiques sont évaluées *in situ* dans le canyon de Lampaul.

Les stratégies pour l'évaluation *in situ* s'appuient essentiellement sur l'imagerie, méthode non intrusive permettant de minimiser l'impact de l'évaluation sur des habitats fragiles et fragmentés. Deux échelles spatio-temporelles complémentaires sont testées à travers :

1. **Une approche stationnelle à haute fréquence.** Celle-ci se base sur le déploiement et la maintenance d'une station d'observation benthique (Figure 2). Cette station permet de filmer une colonie de coraux tout en enregistrant les paramètres environnementaux (température, oxygène, courants, turbidité) à une fréquence infra-journalière.

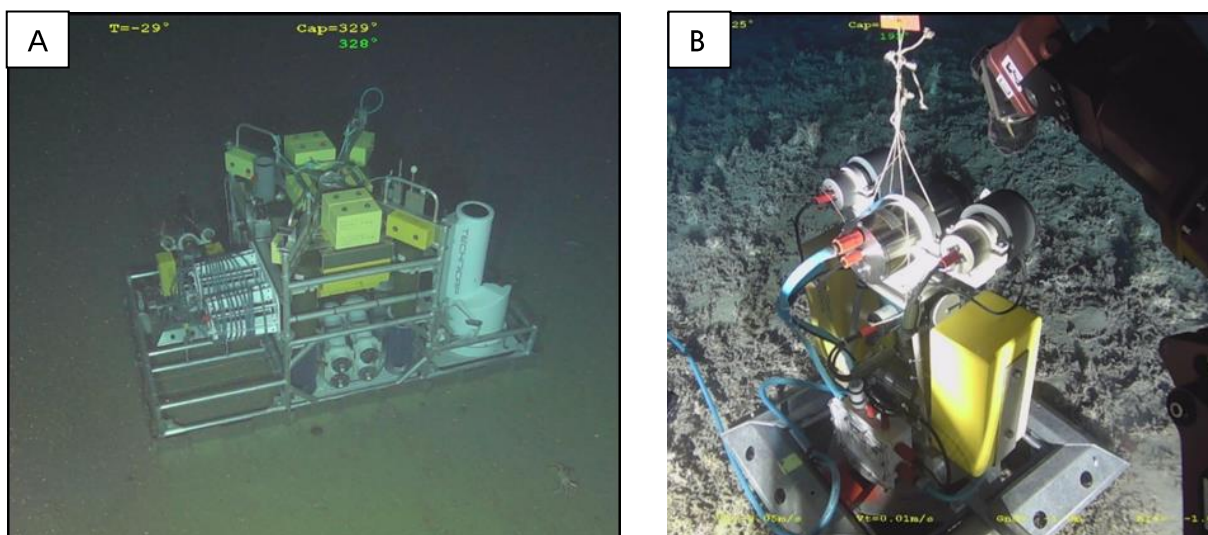


Figure 2. Déploiement de la station d'observation benthique MARLEY (Monitoring deep sea coRaL EcosYstem) dans le canyon de Lampaul. (A) la structure principale de la station est équipée d'une CTD, d'une sonde à oxygène, d'un ACDP pour la mesure des courants, d'un turbidimètre, d'un piège à particules et de ballasts permettant une mise en œuvre sans lest. (B) Un module caméra équipé d'un turbidimètre, déporté de la station principale, permet d'acquérir 15 minutes de vidéo par jour.

2. **Une approche surfacique à basse fréquence.** Celle-ci se base sur le suivi annuel d'habitats coralliens sur une surface de l'ordre 8000 m². Ce suivi inclut la construction de modèles numériques de terrain par photogrammétrie, couplée à l'annotation de la faune sur image. L'approche permet de cartographier l'habitat et sa faune associée à une résolution centimétrique. En complément, l'imagerie hyperspectrale sera testée afin d'évaluer l'état de santé des espèces de coraux structurantes pour l'habitat.

Ces deux approches ont été mises en œuvre pour la première fois au cours de la campagne ChEReef 2021 (4 août – 6 septembre 2021). Au cours de cette campagne, la station MARLEY a été déployée sur un jardin de coraux dominé par le scléactiniaire récifal *Madrepora oculata*. Cet habitat ainsi qu'un habitat de falaise à *Desmophylum pertusum* ont également été cartographiés afin d'initier l'approche surfacique. La deuxième d'une série de six campagnes ChEReef (3 – 31 août 2022) doit permettre de récupérer le premier jeu de données produit par la station d'observation ainsi que de réitérer la cartographie du jardin de coraux. Les données produites seront analysées afin d'évaluer la pertinence des approches stationnelle et surfacique dans l'évaluation et le suivi du bon état de conservation et du bon état de santé de habitats récifaux du canyon de Lampaul.

Références

- EUR27, 2007. *Interpretation manual of European Union habitats*. European Commission, DG Environment.
- FAO, 2009. *Directives internationales sur la gestion de la pêche profonde en haute mer*. Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture.
- Georges, V., Begot, E., Duchene, J., Fabri, M.-C., Laffargue, P., Leblond, E., Rodriguez, J., Vaz, S., Woillez, M., Menot, L., 2021. Développement d'un indicateur d'abrasion des fonds marins par les arts de pêche trainants pour l'évaluation du bon état écologique des habitats benthiques. *Ifremer*. <https://doi.org/10.13155/85532>
- ICES, 2020. ICES/NAFO Joint Working Group on Deep-water Ecology (WGDEC). *ICES Scientific Reports* 2, 171. <https://doi.org/10.17895/ices.pub.7503>
- Menot, L., Georges, V., Fabri, M.-C., Vaz, S., 2022. *Méthodologie pour le calcul des indicateurs de l'objectif environnemental D01-HB-OE10 visant à éviter l'abrasion et l'étouffement des zones les plus représentatives des habitats profonds et réduire l'abrasion des structures géomorphologiques particulières (2ème cycle de la DCSMM)*. (No. REM/BEEP/LEP/2022.02). *Ifremer*.
- MNHN-SPN & GIS Posidonie, 2014. *Méthodologie et recommandations pour l'extension du réseau Natura2000 au-delà de la mer territoriale pour l'habitat récifs (1170)*. Région biogéographique marine Atlantique. *Museum National d'Histoire Naturelle. Rapport SPN 2014 - 37*.
- OSPAR, 2008. *Descriptions of Habitats on the OSPAR List of Threatened and/or Declining Species and Habitats*, OSPAR Agreement 2008-7.
- van den Beld, I.M.J., Bourillet, J.-F., Arnaud-Haond, S., de Chambure, L., Davies, J.S., Guillaumont, B., Olu, K., Menot, L., 2017. Cold-Water Coral Habitats in Submarine Canyons of the Bay of Biscay. *Frontiers in Marine Science* 4. <https://doi.org/10.3389/fmars.2017.00118>
- van Denderen, P.D., Holah, H., Robson, L.M., Hiddink, J.G., Menot, L., Pedreschi, D., Kazanidis, G., Llope, M., Turner, P.J., Stirling, D., Murillo, F.J., Kenny, A., Campbell, N., Allcock, A.L., Braga-Henriques, A., González-Irusta, J.M., Johnston, G., Orejas, C., Serrano, A., Xavier, J.R., Hopkins, P., Kenchington, E., Nixon, E., Valanko, S., 2021. A policy-based framework for the determination of management options to protect vulnerable marine ecosystems under the EU deep-sea access regulations. *ICES Journal of Marine Science*. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsab237>

Comment évaluer et suivre les fonctionnalités ichtyologiques des habitats rocheux subtidaux : créer un réseau d'Observatoires, combiner des protocoles complémentaires

Pierre Thiriet¹, Anthony Acou¹, Marine Delesalle¹, Eric Feunteun², Tiphaine Lodier^{1,3}, Nina Prasil-Delaval¹, Thibaut Roost¹, Aurélien Schmitt³, Quentin Ternon², Frédéric Ysnel⁴

¹UAR PatriNat (OFB-CNRS-MNHN), Dinard, France

²MNHN - Station Marine de Dinard, Dinard, France

³OFB – équipe MarHa, Brest, France

⁴Université de Rennes 1, Rennes, France

Les fonctionnalités ichtyologiques des habitats rocheux subtidaux

Les habitats rocheux subtidaux d'Atlantique NE assurent des fonctionnalités essentielles pour un grand nombre d'espèces de poissons, en étant par exemples des habitats nourriceries, des zones de fraies ou de ponte, des zones d'alimentation et/ou de repos, et bien sûr des habitats permanents d'espèces spécialistes sédentaires.

Bien qu'il y ait d'importantes lacunes de connaissances et un manque d'évidences pour les habitats rocheux subtidaux d'Atlantique NE, il est largement admis dans la littérature internationale que les fonctions ichtyologiques des habitats récifaux dépendent en grande partie des disponibilités en nourriture et en abris, qui sont toutes deux modulés par la communauté benthique. Les macrophytes et la macrofaune sessile apportent en effet des ressources trophiques et de la structure tridimensionnelle à l'habitat des poissons. L'état écologique de la communauté sessile peut donc affecter les fonctionnalités ichtyologiques de l'habitat et in fine affecter l'état écologique du peuplement de poissons.

Suivre la dynamique de l'état écologique des peuplements de poissons peut donc contribuer à l'évaluation des fonctionnalités de l'habitat.

Un réseau de suivis des poissons rocheux, pour plusieurs objectifs

L'UAR PatriNat et la station marine de Dinard du MNHN – appuyés par le MTE et l'OFB, dans le cadre de la mise en œuvre de la surveillance DCSMM ; et par ILICO, dans le cadre du développement d'Observatoires côtiers – cherchent à développer un programme de surveillance/observation/évaluation des poissons dans les milieux côtiers rocheux. Dans une logique d'optimisation, un tel programme doit pouvoir répondre à la fois aux besoins de suivis aux échelles nationales et de façade pour les évaluations DCSMM et DHFF tous les 6 ans, mais également aux besoins de suivis plus locaux dans le cadre des Observatoires de la Biodiversité, des évaluations d'efficacité des AMP (tableaux de bord), voire même des études d'impacts et d'incidence d'activités maritimes telles que les énergies marines renouvelables, l'extraction de granulats, l'urbanisation, la pêche ou la conchyliculture.

Pour élaborer une telle stratégie de surveillance, nous animons depuis 2017 une réflexion nationale sous format atelier, mobilisant un grand nombre de chercheurs et experts. Cela nous a permis d'établir les grands principes d'une stratégie de suivis qu'il reste maintenant à co-construire avec les différentes parties prenantes, dont les gestionnaires d'AMPs et de façades, ainsi que les responsables de suivis des habitats benthiques.

Une stratégie multi-source et multi-échelle

Cette stratégie nationale de suivis des poissons rocheux subtidaux repose sur la combinaison de plusieurs méthodes (ADNe, echosondage, comptages visuels, voire biophonie et/ou vidéo) complémentaires tant aux niveaux des catégories d'espèces surveillées, des métriques échantillonnées, et des couvertures et résolutions spatiales et temporelles (Figure 1).

Le déploiement de ces méthodes est à articuler à deux échelles spatiales :

1. le « screening ADNe » - permettant d'évaluer la composition des peuplements (metabarcoding) voire des indices de biomasses pour certaines espèces cibles (ddPCR) - vise à évaluer la tendance globale de l'état écologique à l'échelle de la façade, et dépister les zones à la dynamique particulière (pouvant faire l'objet d'études plus approfondies, e.g. un observatoire état-pression)
2. les observatoires état-pression (e.g. dans et autour une AMP, ou un parc éolien, à graduelle distance d'une zone urbanisée) combinent ADNe et méthodes complémentaires (echosondage, comptages visuels, voire biophonie et/ou vidéo). Ces dernières méthodes sont plus « lourdes » à mettre en œuvre mais apportent des métriques supplémentaires nécessaires à l'évaluation de certaines relations état-pression (et certains descripteurs et critères DCSMM). Les observatoires état-pression visent ainsi à :
 - a. évaluer finement les relations état-pression (dont résistance et résilience sur le long terme) grâce aux complémentarités des différentes méthodes
 - b. calibrer les indicateurs du Screening ADNe, et éclairer leur interprétation grâce à l'inter-calibration de l'ADNe « boîte noire » avec les méthodes d'observations directes.

Une stratégie à articuler avec les autres suivis existants ou à créer

Cette stratégie de surveillance des poissons de roche devra s'insérer dans une approche écosystémique plus globale. Considérant que l'ADNe et l'échosondage peuvent s'appliquer dans tous les milieux côtiers et au large, nous devons chercher une stratégie globale garantissant la cohérence des suivis et évaluations poissons entre milieux, tant sur les aspects opérationnels qu'analytiques. De même, nous devons considérer les suivis (réalisés/envisagés) des forçages environnementaux naturels et anthropiques (e.g. habitats pélagiques et benthiques, pressions de pêche, etc), afin de mieux interpréter les évolutions de la structure des peuplements de poissons, et pouvoir évaluer les relations états-pressions. Cela inclue l'évaluation des fonctionnalités ichtyologiques des habitats.

Suivis des poissons côtiers - Méthodes complémentaires

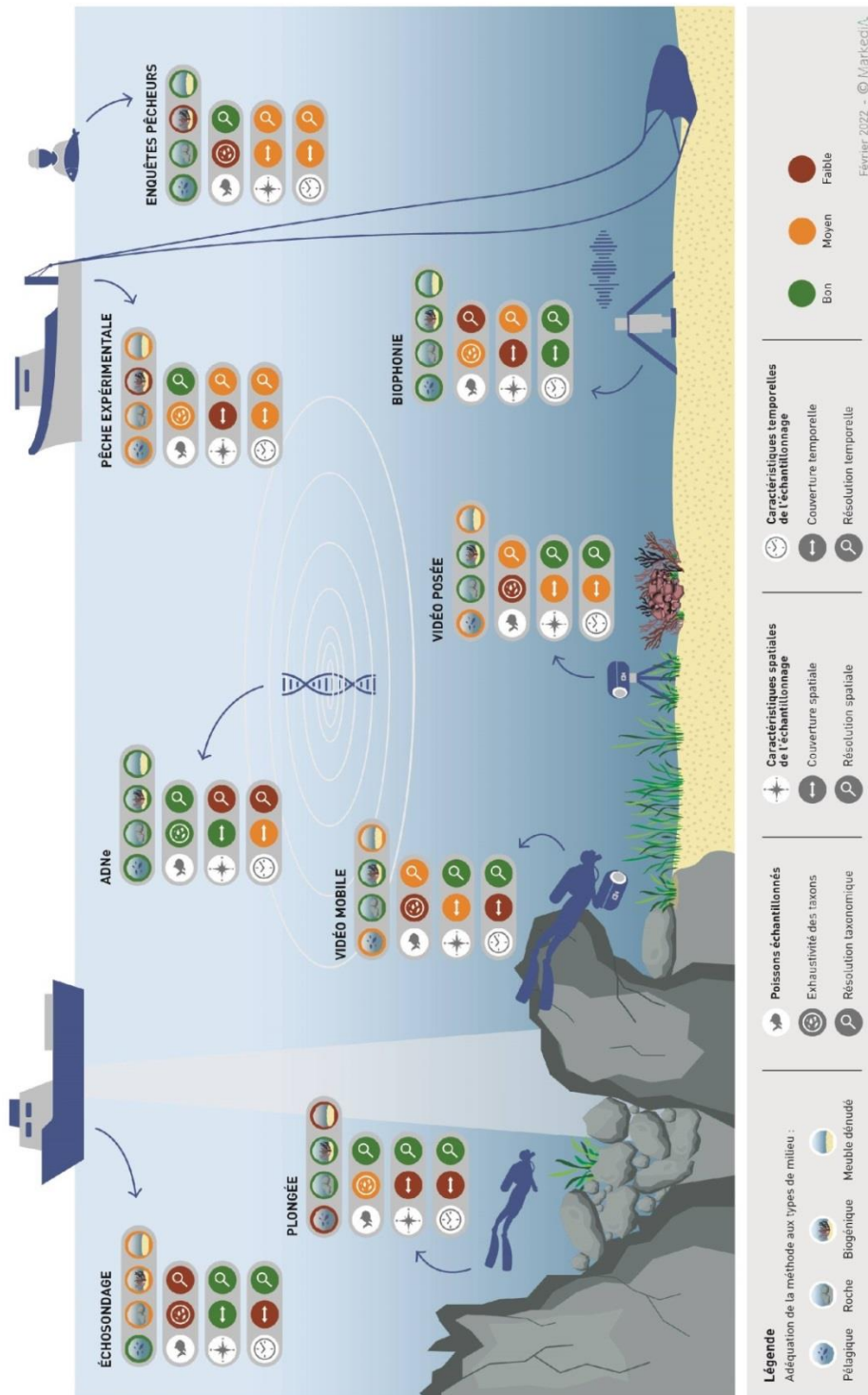


Figure 1: Représentation visuelle simplifiées des forces et faiblesses des différentes méthodes de suivis des poissons côtiers, qui s'avèrent être complémentaires.

Conclusion : un chantier à co-construire

Les ateliers ILICO que nous animons nous permettent de travailler avec nos pairs ichtyologues. Il faudra néanmoins trouver/créer des occasions de collaborer avec les benthologues. La présente communication et notre participation à ce séminaire vise cet objectif.

Suivi des habitats et poissons côtiers par vidéo sous-marine panoramique (STAVIRO/KOSMOS)

Dominique Pelletier¹, Guillaume Leguen², Justin Rouxel³, Olivier Fauvarque³, Claude Merrien¹, Yvan Le Bras⁴, Isabelle Le Viol⁴, Aouregan Terre-Terrillon⁵, Emmanuel Poisson-Quinton⁶, Nathalie Delliou⁷, Sacha Mesguich², Zoé Dahéron³, Maël Boussange², Olivier Audet², Sandrine Derrien⁴

¹Ifremer, HALGO, F-56100 Lorient, France ;

²Konk Ar Lab, F-29900 Concarneau ;

³Ifremer, Laboratoire Détection Capteurs et Mesures, 29280 Plouzané ;

⁴MNHN, Station Biologique, 29900 Concarneau,

⁵Ifremer, LERBO, 29900 Concarneau ;

⁶EXPLORE, 29900 Concarneau,

⁷Esprit Nat'ure, 29910 Trégunc

Introduction

Dans les zones côtières peu profondes, l'observation des poissons et des habitats dans lesquels ils évoluent nécessite des protocoles capables de produire des observations à l'échelle de territoires marins, capables de capturer la diversité des habitats rencontrés, et ce sans impact sur les poissons ni sur les habitats.

La vidéo sous-marine présente plusieurs de ces avantages et son usage pour observer la biodiversité côtière s'est grandement développé depuis deux décades (Mallet & Pelletier 2014). Le protocole STAVIRO a été mis au point et utilisé en Nouvelle-Calédonie depuis quinze ans (Pelletier et al. 2012). Il a aussi été utilisé dans d'autres régions et écosystèmes, en Méditerranée, à la Réunion, à Mayotte et plus récemment en Atlantique (Pelletier et al. 2021). Ce sont plus de 4500 stations validées dans ces différentes régions. Une version automatique, le MICADO, a également été mise au point et largement utilisée en Nouvelle-Calédonie et en Méditerranée. Depuis 2020, le système STAVIRO a été reproduit dans une version plus facilement reproductible et Open Source, le KOSMOS, dans le cadre d'une collaboration avec le FabLab de Concarneau (<https://kosmos.fish/>).

Les images collectées permettent de dénombrer l'ichtyofaune et de caractériser les habitats benthiques par un certain nombre de descripteurs. Cette présentation s'intéresse à la description des habitats et à l'utilisation de ces descriptions dans les évaluations de l'état écologique.

Collecte des données

Le STAVIRO/KOSMOS est un système qui se pose sur le fond depuis une petite embarcation et se relève de la même manière. Les images sont rendues panoramiques sans distorsion grâce à la rotation du caisson contenant la caméra. Afin de pouvoir correctement observer les animaux mobiles, la caméra effectue une succession de plans fixes de 30 secondes par rotation (6 plans de 60°). Au minimum, trois rotations complètes sans perturbation externe sont enregistrées.

Les observations sont distribuées sur l'ensemble de la zone d'étude et sur tous les habitats où la pose du système est possible. Le plan d'échantillonnage est stratifié par

sous-zone d'intérêt, et dans chaque strate les points sont répartis de manière assez régulière.

Deux à trois systèmes sont utilisés simultanément, et avec une durée de pose d'environ 15 minutes, un grand nombre de points sont échantillonnés en relativement peu de temps sur le terrain (entre vingt et quarante par jour selon la difficulté de pose et le temps passé en mer). Cette rapidité explique le grand nombre de stations collectées dans les différents terrains d'étude.

Analyse des images

Les images sont analysées une fois de retour au bureau. Elles sont d'abord validées suivant un certain nombre de critères (horizontalité, 3 rotations sans obstruction du champ de vue, visibilité suffisante). A l'heure actuelle, le comptage des poissons et la description des habitats sont réalisés visuellement par un opérateur⁶ qui saisit les données dans un masque de saisie standard sous Excel. La caractérisation des habitats a été dérivée de la Medium-Scale Approach, une approche paysagère utilisée par les compteurs en plongée. Elle consiste à renseigner, sur une rotation complète, soit 6 plans fixes, des scores de complexité et de topographie, les recouvrements abiotiques (substrat par classe de granulométrie) et biotiques (Figure 1), ainsi que la présence ou l'abondance de plusieurs catégories ou taxa de faune benthique fixée ou libre. Il existe une description spécifique pour les écosystèmes coralliens, méditerranéens et atlantiques.

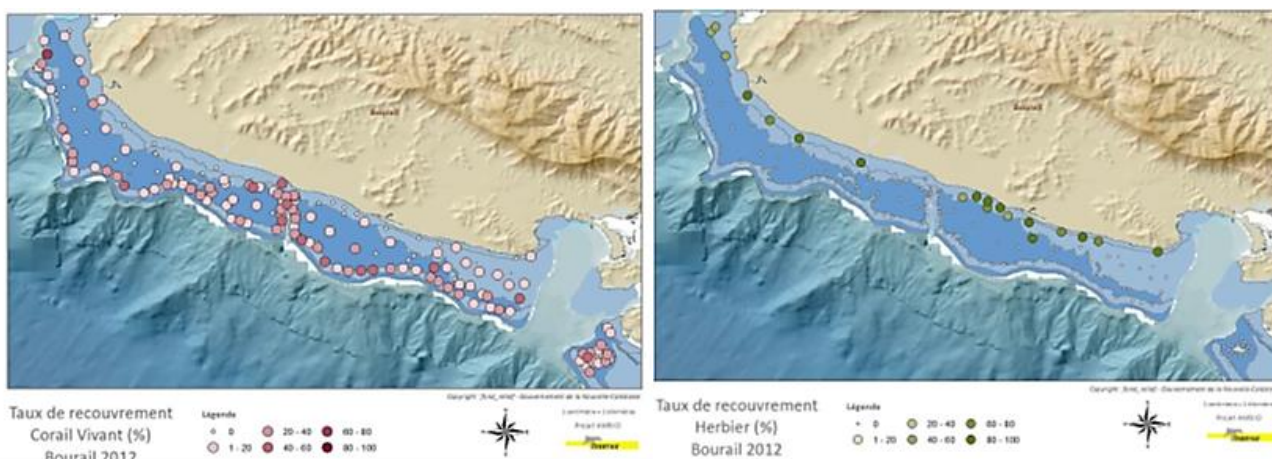


Figure 1. Cartes de recouvrements biotiques issues de l'évaluation de l'état de santé de la zone de Bourail inscrite au Patrimoine Mondial de l'Humanité (<https://doi.org/10.13155/38083>).

Typologie des habitats

Chaque station étant décrite par un certain nombre de descripteurs, une typologie des stations prenant en compte l'ensemble des descripteurs est construite, par ex. dans le cas de la Nouvelle-Calédonie. Cette typologie est indispensable pour les évaluations de l'état écologique (voir paragraphe suivant). Grâce à la taille du jeu de données et à leur représentativité au regard des différents habitats observés sur le territoire calédonien, la typologie obtenue est valide à l'échelle du territoire (Pelletier et al. 2020). Une démarche similaire a été réalisée à la Réunion dans le cadre du projet IPERDMX (Taconet et al. 2022).

⁶ D'autres projets sont en cours pour automatiser cette phase d'analyse des images

La typologie consiste en un nombre réduit d'habitats-types, par ex. en Nouvelle-Calédonie: corail vivant, détritique, herbier, algueraie et fonds lagonaires.

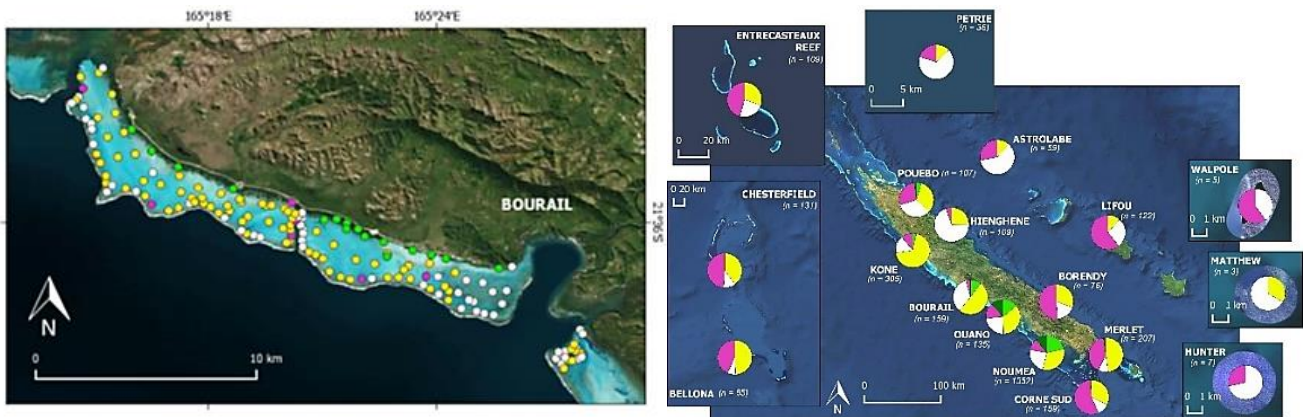


Figure 2. Typologie des habitats: gauche: zone de Bourail; droite: à l'échelle de la Nouvelle-Calédonie (Pelletier et al. 2020). Jaune: fond lagonaire; rose: corail vivant; vert clair: herbier; vert soutenu: algueraie; blanc: détritique.

Evaluation de l'état écologique

L'ensemble des données permet de documenter plusieurs Variables Essentielles (VE) Océaniques et VE de Biodiversité telles que: abondance et distribution des poissons, des invertébrés benthiques, recouvrement corallien, en herbier et algueraies. Dans les divers besoins d'évaluation pour lesquels ce type de données a été utilisé, la distribution de ces métriques/indicateurs a été analysée au regard de facteurs de pressions anthropiques et environnementaux, ainsi que de statuts de protection. Le grand nombre d'observations a permis de construire des grilles de lecture pour coder les indicateurs selon des couleurs. L'habitat issu de la typologie doit être pris en compte dans ces évaluations, car ce facteur est très structurant de la distribution des métriques de biodiversité, notamment les métriques relatives aux poissons. En conséquence, pour un même site, les évaluations diffèrent d'un habitat à l'autre (Figure 3).

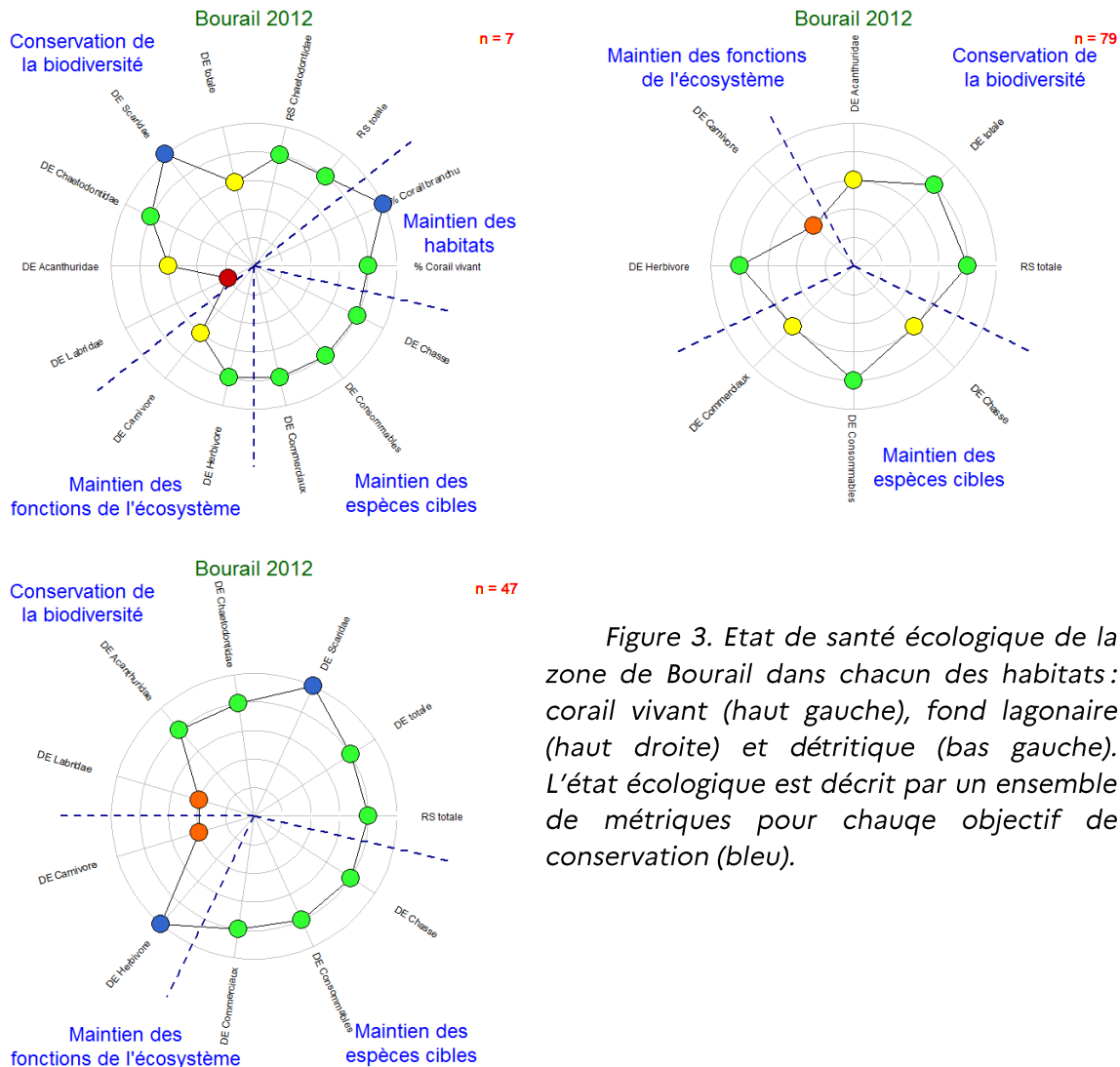


Figure 3. Etat de santé écologique de la zone de Bourail dans chacun des habitats : corail vivant (haut gauche), fond lagonaire (haut droite) et détritique (bas gauche). L'état écologique est décrit par un ensemble de métriques pour chaque objectif de conservation (bleu).

Le projet KOSMOS

Ce projet a commencé en 2020 grâce à la collaboration entre Ifremer et le FabLab de Concarneau, le Konk Ar Lab. Sur le principe de l'intelligence collective entre chercheurs et bénévoles, il a permis de fabriquer un prototype de système vidéo basé sur le système STAVIRO, et qui est reproductible, low cost et Open Source (Pelletier et al. 2021). L'objectif du projet est de permettre la reproduction et de favoriser l'utilisation du protocole. Depuis 2022, le projet travaille à l'opérationnalisation du KOSMOS et au développement d'un programme de déploiements participatifs en Baie de Concarneau. Ce programme vise à coproduire la connaissance scientifique et à la partager largement pour contribuer à mobiliser et sensibiliser les acteurs du territoire autour des enjeux environnementaux, de l'éducation à la science et à la technologie.

La procédure de caractérisation des habitats benthiques a été révisée pour s'adapter aux habitats rencontrés en Atlantique. Des campagnes ont eu lieu en 2019, 2020 et 2022 dans l'ensemble de la zone Natura2000 qui s'étend de Moustierlin à la Pointe de Trévignon, en passant par les Glénan (environ 150 observations recueillies ; Figure 4).

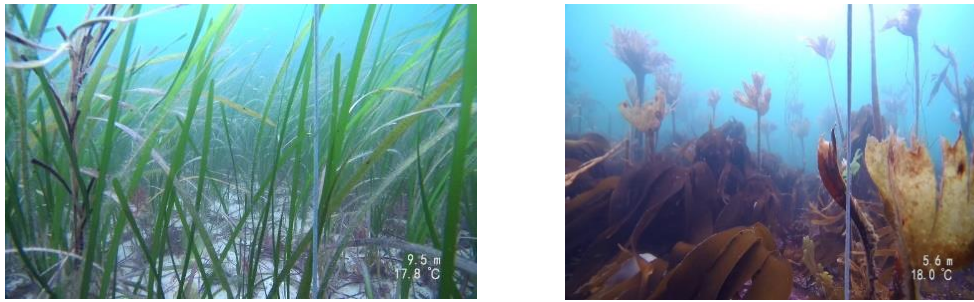


Figure 4. Herbier et algue observés avec le STAVIRO aux Glénan, Baie de Concarneau.

Conclusion

Le protocole STAVIRO désormais appliqué également avec le KOSMOS a été transposé au contexte Atlantique depuis 2019. L'expérience acquise dans plusieurs régions et par des opérateurs variés explique qu'aujourd'hui ce protocole est opérationnel de bout en bout (Pelletier et al. 2016). Le protocole fait maintenant partie des Ocean Best Practices (Ocean Best Practices 2022).

Les travaux en cours concernent l'opérationnalisation et la reproduction du prototype KOSMOS, l'automatisation de l'analyse d'images, la mise en place d'un protocole de science participative (projet KOSMOS), le partage des données issues de l'imagerie et la participation à des efforts de standardisation internationale des données d'imagerie sous-marine afin de garantir l'interopérabilité des données à grande échelle.

Références

- Ocean Best Practices, 2022. Best practices for implementing the STAVIRO underwater video protocol. [VIDEO and paper]. <https://repository.oceanbestpractices.org/handle/11329/1939>
- Pelletier, D., David Roos, Marc Bouchouca, Thomas Schohn, William Roman, Charles Gonson, Thomas Bockel, Liliane Carpentier, Bastien Preuss, Abigail Powell, Jessica Garcia, Matthias Gaboriau, Florent Cadé, Coline Royaux, Yvan Le Bras, Yves Reeht. 2021. A standardized workflow based on the STAVIRO unbaited underwater video system for monitoring fish and habitat essential biodiversity variables in coastal areas. *Frontiers in Marine Science* 8, e689280. [doi: 10.3389/fmars.2021.689280](https://doi.org/10.3389/fmars.2021.689280)
- Pelletier, Dominique, Justin Rouxel, Olivier Fauvarque, David Hanon, Jean-Paul Gestalin, Morgann Lebot, Paul Dreano, Enora Furet, Morgan Tardivel, Yvan Le Bras, Coline Royaux, Guillaume Leguen. 2021. KOSMOS: An Open Source Underwater Video Lander for Monitoring Coastal Fishes and Habitats. *Sensors* 21, no. 22: 7724. <https://doi.org/10.3390/s21227724>
- Pelletier, D., N. Selmaoui-Folcher, T. Bockel, T. Schohn. 2020. A regionally scalable habitat typology for assessing benthic habitats and fish communities: Application to New Caledonia reefs and lagoons. *Ecol Evol.* 10(14), 7021-7049. <https://doi.org/10.1002/ece3.6405>
- Pelletier Dominique, Carpentier Liliane, Roman William, Bockel Thomas (2016). La vidéo rotative autonome pour l'observation des habitats et de la macrofaune côtiers. Guide méthodologique des systèmes STAVIRO et MICADO. AMBIO/A/1. <https://doi.org/10.13155/46859>
- Pelletier, D., K. Leleu, D. Mallet, G. Hervé, G. Mou-Tham, M. Boureau, N. Guilpart. 2012. Remote high-Definition Rotating Video Enables Fast Spatial Survey of Marine Underwater Macrofauna and Habitats. *PLoS ONE* 7(2): e30536. [doi:10.1371/journal.pone.0030536](https://doi.org/10.1371/journal.pone.0030536)
- Pelletier, D. & K. Leleu. 2008. Utilisation de techniques vidéo pour l'observation et le suivi des ressources et des écosystèmes récifo-lagonaires. Rapport d'opération du programme ZONECO. 80 p. annexes 38 p. http://www.crisponline.info/Portals/1/PDF/Utilisation_techniques_vidEo.pdf. <https://www.zoneco.nc/documents/utilisation-de-techniques-video-pour-lobservation-et-le-suivi-des-ressources-et-des>
- Taconet Julien, Sancelme Tonin, Gentil Claire, Matthias Gaboriau, Pelletier Dominique, Roos David. 2022. Projet IPERDMX: Typologie des habitats à petite échelle observés par le protocole vidéo STAVIRO. R.RBE/DOI/2022-014. 20p.

Contribution de l'OBCE (Observatoire Breton du Changement sur les Estrans) à la connaissance de la biodiversité de la macrofaune des estrans rocheux bretons : premiers résultats et perspectives.

Christian Hily¹, Jacques Grall², Lucie Bourdon¹, Marie Capoulade¹, Marc Cochu³, Florence Gully³, Adeline Tauran²

¹Bretagne Vivante-SEPNB, Brest, France, ²IUEM-UBO, Brest, ³Vivarmor, France

Problématique et objectifs

Malgré la richesse exceptionnelle et les forts enjeux que présentent les estrans bretons, les connaissances sur leur biodiversité spécifique restent encore très incomplètes et peu actualisées en particulier dans le contexte des changements induits par le bouleversement climatique. A tel point que la distribution spatiale régionale de la plupart des espèces de la macrofaune des estrans rocheux reste encore très imprécise ou méconnue, basée sur des données anciennes pour la plupart. L'établissement du statut régional d'espèces, rares, d'intérêt patrimonial, sensibles au changement climatique, introduites, mais aussi des espèces indigènes plus communes mais soumises à des fortes pressions anthropiques, constitue pourtant une base nécessaire essentielle pour répondre à de nombreuses questions scientifiques, et pour aider à la définition des stratégies de gestion-conservation des zones côtières dans le contexte d'effondrement mondial de la biodiversité. De plus cette approche « espèces » serait à même de compléter l'approche « habitats » en apportant des composantes de biodiversité et d'intérêts particuliers au sein d'un habitat donné et permettrait ainsi de différencier qualitativement les sites ou secteurs de cet habitat. L'explication de ce déficit de connaissance sur la biodiversité spécifique est multiple. Côté recherche institutionnelle cela tient beaucoup aux contraintes techniques des inventaires très chronophages et peu valorisables en termes de publication scientifiques internationales. D'un autre côté, le domaine marin intertidal est resté historiquement très à l'écart des activités des associations naturalistes et/ou d'amateurs autodidactes avertis, alors que dans le milieu terrestre les activités des naturalistes alimentent régulièrement les bases de données régionales ou nationales permettant, entre autres, avec le soutien des collectivités territoriales, la réalisation des atlas de répartition régionale (oiseaux nicheurs, papillons, plante terrestres...).

C'est sur ce constat et dans ce contexte que l'association Bretagne Vivante-SEPNB (association régionale d'étude et de protection de la nature, existant depuis plus de 60 ans avec plus de 4000 adhérents) a organisé depuis 2017 un groupe naturaliste de bénévoles spécialisés (appelé le groupe des « estranologues ») qui se sont formés en interne à la taxonomie de la macrofaune des estrans. Son premier objectif est d'établir la répartition régionale (Bretagne et Loire Atlantique) des espèces de la macrofaune des estrans rocheux dont l'identification est possible sur le vivant sur le terrain (échantillonnage non destructif). Le projet global est l'OBCE (Observatoire Breton du Changement sur les Estrans), en partenariat avec l'association Vivarmor qui avait déjà une démarche d'inventaire des estrans dans les Côtes d'Armor (conf le site internet

« estran22 »). Cet observatoire régional se veut être une plate-forme associative dédiée à la connaissance et à la formation sur les estrans, avec une vocation d'expertise taxonomique poussée permettant l'observation de l'impact des pressions anthropiques, des aléas climatiques, sur la biodiversité de la macrofaune puis à termes des macroalgues bretonnes des habitats intertidaux.

La première analyse de la base OBCE a été réalisée au premier semestre 2022 après 5 années de collecte des données. Cette communication présente quelques-uns des résultats, en particulier les différents types de patrons de distribution régionale d'espèces des habitats rocheux du médiolittoral et de l'habitat des champs de blocs de la frange émergée de l'infralittoral, ainsi qu'une analyse régionale globale de la base de données.

Démarche méthodologique

Un groupe de référents taxonomistes constitué de bénévoles experts (professionnels retraités ou en activité, et amateurs autodidactes reconnus) appuyé par la structure administrative de l'association, coordonne et anime le réseau, centralise les données, valide et bancarise les données (sur la BDD SERENA, base de référence des Réserves naturelles de France, utilisant TAXREF de l'INPN, elle-même harmonisée régulièrement avec WORMS); une metabase interne à l'association permet les extractions, l'analyse des données, la cartographie est réalisée sous-QGIS. L'objectif est de collecter par espèce le maximum de données d'occurrence afin d'obtenir la carte la plus précise possible de sa distribution régionale. Une donnée brute est donc la présence de l'espèce à une date donnée dans un site donné (une coordonnée en X, Y en Lambert 93 par site et par date) associée au nom de l'observateur et validée par un valideur. Ce principe est celui adopté de longue date par les atlas régionaux type oiseaux nicheurs, papillons, etc. En ciblant uniquement la présence de l'espèce, il permet de s'affranchir de la variabilité des compétences en taxonomie des observateurs et de l'effort d'observation. Une centaine d'observateurs estranologues sont répartis dans 12 groupes locaux distribués sur l'ensemble des côtes de la Bretagne historique. Les observations couvrent les grandes marées en toutes saisons avec une moyenne de 100 sites inventoriés par an. Les sites sont sélectionnés selon la méthode dirigée (Sordello *et al.*, 2019) pour leurs caractéristiques identifiées d'avance. Un large profil haut-bas de l'estran du site est prospecté sur une durée moyenne de 3 heures par sortie (Rapid Assessment Survey). L'effort d'observation est stratifié, réparti sur l'ensemble des habitats et microhabitats du site.

Résultats

La période 2018-2022 a vu le nombre d'observateurs et de groupes se conforter, la fréquence des sorties augmenter et la compétence en taxonomie monter rapidement en puissance. Au premier semestre 2022, plus de 20 000 données étaient bancarisées dans la base OBCE (sans compter celles de la base plus ancienne de Vivarmor), 490 espèces de substrats rocheux sur un total de 645 étaient identifiées lors de 494 inventaires.

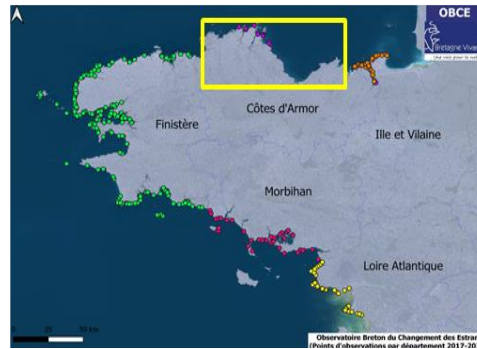


Figure 1 : localisation des sites inventoriés de 2017 à 2022 dans les 5 départements prospectés. Carré jaune : emprise géographique des Côtes d'Armor prospectée depuis 2010 par Vivarmor (plusieurs centaines de sites non localisés).

patrons de distribution régionale

Après une première analyse, les données d'occurrence de 272 espèces ont été considérées comme étant suffisamment robustes pour permettre une première interprétation de leur distribution régionale. En effet, alors que dans le cas d'un inventaire ponctuel la « non observation » d'une espèce ne peut être assimilée à une absence certaine de l'espèce dans le site, la « non observation » cumulée sur de nombreux inventaires à large échelle spatiale prend, par contre, une signification robuste et autorise l'interprétation. Ainsi, le regroupement d'espèces aux profils similaires de distribution a permis d'identifier 9 patrons différents, basés sur un ensemble de critères d'origines anthropiques et climatiques. Les données obtenues ont également permis de mettre en évidence de nouvelles limites géographiques d'espèces en expansion vers le nord sous l'influence du réchauffement, de nouvelles limites géographiques et de nouveaux sites de colonisation d'espèces non indigènes.

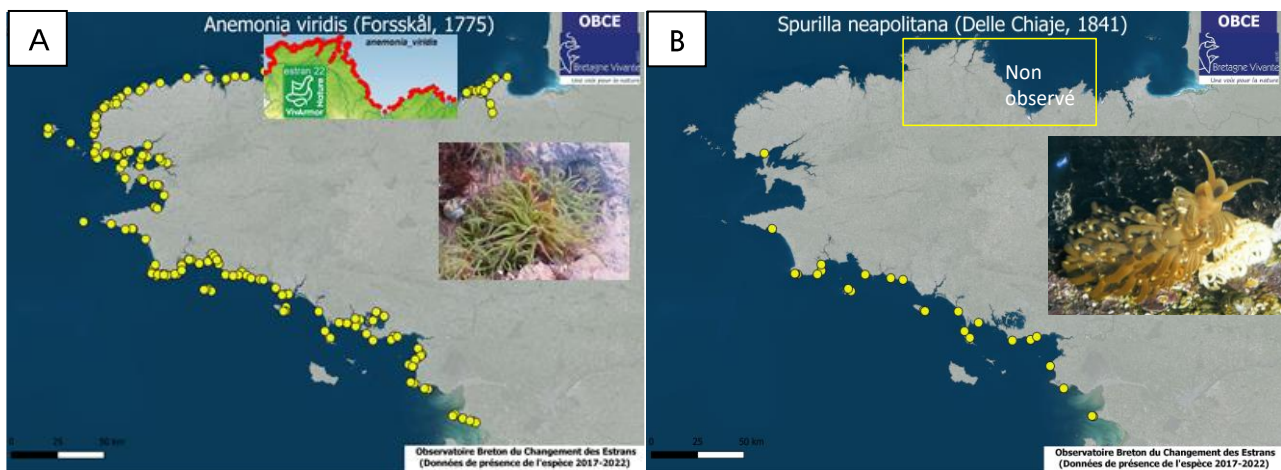


Figure 2 A. Exemple d'espèce très fréquente à répartition manche-ouest et atlantique homogène. B. Exemple d'espèce fréquente à répartition uniquement atlantique.

Espèces d'intérêt particulier

Parmi les espèces inventoriées, les observations d'espèces de certaines d'entre elles offrent un intérêt particulier. A titre d'exemples les observations du poulpe en Sud-Bretagne les étés 2021 et 2022 (14 sites), et la première signalisation d'une population atlantique de l'Espèce Non Indigène (ENI) *Dendrodoris limbata* (mollusque opisthobranch) dans le Morbihan. De même les données de présence d'espèces d'intérêt patrimonial

figurant dans les listes d'espèces « rares », « à protéger » ou « déterminantes ZNIEFF » sont particulièrement intéressantes. Les observations OBCE fournissent pour la première fois une localisation de ces espèces, arguments essentiels pour l'identification de zones de protection. Le premier résultat concret se situe dans l'archipel des Glénan, où 30 espèces « déterminantes Znieff » et 12 espèces « à protéger » ont été identifiées, ce qui a permis d'intégrer (septembre 2022) les estrans rocheux dans une ZNIEFF I et une ZNIEFF II qui constituent la base de discussion pour l'extension prochaine de la Réserve Naturelle Nationale de l'archipel.

Biogéographie Régionale

Une analyse multivariée basée sur les données de présence absence des espèces animales rencontrées (ne conservant que les espèces les plus communes et les inventaires ayant signalé plus de 45 taxons) a permis de mettre en évidence les similitudes entre inventaires et de dégager 6 grands groupes relativement homogènes. Leur projection sur la carte des inventaires fait clairement apparaître une structuration dans l'espace, des assemblages associés aux estrans rocheux de Bretagne. En premier lieu il apparaît que les estrans rocheux de Loire atlantique sont différents de tout l'ensemble des estrans rocheux du sud et nord Bretagne. Les estrans du sud Bretagne se distinguent alors clairement de ceux du nord de la Bretagne, groupes qui montrent respectivement des structures Est-Ouest relativement moins claires. Il faut noter toutefois que les communautés observées dans les baies semi-fermées (Golfe du Morbihan, Rade de Brest, ...) montrent des affinités dépassant ces structures biogéographiques en arborant une faune originale souvent dominée par les espèces non indigènes

Cette structure permet de montrer des différences de diversité associée entre zones géographiques, probablement à mettre en rapport avec les grands facteurs environnementaux régissant les communautés benthiques locales (courants, marées, fetch, température, nature des habitats environnants, etc..).

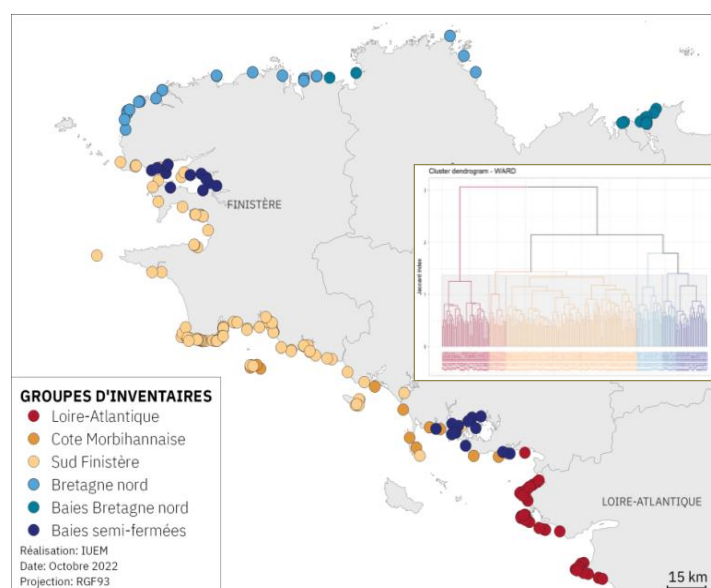


Figure 3 Carte des groupes d'inventaires réalisés à partir de l'analyse multivariée basée sur les espèces recensées en chaque transect. L'encadrement fait apparaître les résultats de l'analyse (classification ascendante hiérarchique) montrant les affinités de composition faunistique entre inventaires.

Cette approche permet de spatialiser la biodiversité des estrans rocheux, à termes éventuellement de proposer des cartes de hot spots de biodiversité et/ou d'état de conservation de cet habitat. Enfin, elle permet également de poser des bases de référence pour l'observation des évolutions attendues des écosystèmes marins bretons dans le cadre du réchauffement climatique.

Perspectives

La valorisation de ces connaissances nouvelles s'oriente à la fois vers les publications scientifiques en partenariat avec les chercheurs des établissements de recherche mais aussi vers les décideurs des collectivités publiques pour aider à la conservation et la protection du milieu marin. La consolidation de l'outil OBCE, aujourd'hui entièrement dépendant des bénévoles des associations Bretagne Vivante avec l'appui de Vivarmor, est une perspective qui devrait être envisagée à l'échelle régionale pour garantir sa pérennisation et poursuivre son développement à l'échelle bretonne. La formation continue des observateurs à la taxonomie, le maintien du groupe de coordination de haut niveau, l'élargissement des compétences et des objectifs de l'OBCE sont des enjeux importants pour donner aux estrans bretons toute la place que leur biodiversité exceptionnelle mérite dans le paysage du patrimoine naturel régional, en particulier au niveau des habitats rocheux probablement sans équivalents à l'échelle européenne.

Conclusion

Après 5 ans d'existence l'OBCE est structuré et robuste ; il occupe une place originale entre les organismes de recherche et les sciences participatives grand public. Ses premiers résultats permettent d'établir pour la première fois le statut régional de plusieurs centaines d'espèces, indigènes et non indigènes, d'intérêt patrimonial fort ou sensible au changement climatique. Leur analyse a permis de mettre en évidence plusieurs patrons de distribution régional, première étape d'une typologie hydro-édapho-climatique des espèces intertidales. L'analyse globale a mis en évidence l'existence, à l'échelle régionale, de dimensions biogéographiques et hydroclimatiques dans la composition des assemblages d'espèces des habitats rocheux intertidaux, parties prenantes dans l'explication de leur variabilité spatio-temporelle régionale. De multiples potentiels d'évolution de l'outil OBCE se présentent pour l'avenir dans la suite de cette première phase.

Session 3 – Méthodes d'évaluation surfacique des habitats rocheux

Animation de la session : Aurélien Schmitt (Office français de la biodiversité, Life Marha)

L'évolution surfacique d'un habitat est l'un des indicateurs permettant de comprendre son état de conservation et de caractériser au mieux les outils de gestion dédiés à la conservation des récifs marins. De par la complexité structurelle de ces habitats et leurs origines biologiques ou géologiques, leurs particularités impliquent le développement de plusieurs méthodologies destinées aux évolutions spatio-temporelles. L'une d'entre elles repose sur l'analyse d'image satellite, drone ou bathymétrique et reste très efficace sur les zones planes et peu profondes. A l'inverse, les vérités terrain s'accommodent mieux des pentes et des profondeurs.

L'analyse multivariée permet la reconnaissance des éléments et des informations contenus dans une image. Démontré durant la cartographie des habitats benthiques côtiers du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (projet CartoHECo), la méthode Biocoast® vise à développer un protocole méthodologique de nouvelle génération combinant relevés terrain et données satellites. L'exploitation de techniques d'intelligence artificielle (deep learning et machin learning), permet la classification des habitats visibles dans des images multispectrales à très haute résolution (Sentinel-2, Pléiades, etc.) dans le visible et le proche infrarouge. En parallèle, les images hyperspectrales qui ont un grand nombre (généralement plus d'une centaine) de bandes spectrales apportent des informations supplémentaires. La description de la signature spectrale est plus importante que sur imagerie pléiade. Elle permet en premier lieu de définir des classes spécifiques pour chaque espèce, via des marqueurs spectraux (variation d'éclairement, stade phénologique, bruits de mesure). La cartographie des habitats intertidaux de l'archipel de Molène a permis d'atteindre ses objectifs. Enfin, l'apport du Lidar permet de représenter la complexité structurelle des habitats et optimise l'identification et l'évaluation spatiale. Il est donc possible de discriminer les récifs sur roches et sur un fond meuble. L'équipe du LEBCO a su mettre à profit cela pour l'identification et l'évaluation spatiale de l'état des récifs d'hermelles. Ainsi les classifications d'images ne s'affranchissent pas de vérité terrain. Au contraire les données d'échantillons d'entraînement sont nécessaires pour la phase d'apprentissage du machin learning, non utilisée par l'approche complémentaire de l'hyperspectral.

Ces résultats sont encourageants mais ne se substituent pas aux autres méthodes d'échantillonnages réalisées sur le terrain et plus précises dans la description des communautés benthiques installées sur les récifs moins accessibles. Sur environ 25 kilomètres, la chaussée de Sein est un exemple de limite d'utilisation des méthodologies citées précédemment, avec ses formations granitiques plongeant rapidement à plus de 40m de profondeur. L'évolution des communautés benthiques influencées par les conditions environnementales (profondeur, luminosité, exposition...) et la qualité du

milieu, implique des observations de terrain comme les approches linéaires de type "L.I.T" (Linear Intercept Transect) ou "P.I.T" (Point Intercept Transect). L'équipe IDRA Bio & Littoral montre qu'une approche de type "quadrats" avec photogrammétrie devient très intéressante lorsque l'on souhaite étudier des rapports surfaciques entre différentes catégories benthiques.

Cartographie des habitats benthiques côtiers du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (projet CartoHECo)

Virginie Lafon¹, Aurélie Dehouck¹, Cécile Curti¹, Benoit Beguet¹, Julie Vollette², Jean-Marc Thirion², Amandine Eynaudi³, Mélanie Odion³, Aurélie Dessier³

¹*i-Sea, Pessac, France*

²*OBIOS, France*

³*Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis, Marennes, France.*

Contexte et objectifs

L'ensemble du périmètre du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (Figure 1) est notamment désigné au titre de la Directive européenne « Habitats-Faune-Flore » (DHFF, 92/43/EEC). Au sens de la DHFF, l'état de conservation favorable constitue l'objectif global à atteindre et à maintenir pour tous les types d'habitat et pour les espèces d'intérêt communautaire. L'évaluation est réalisée en Europe selon un protocole commun et les critères utilisés pour le calcul de cet état de conservation implique notamment un indicateur surfacique.

Les herbiers de zostères naines, les algues de rives sur estrans rocheux et les prés salés constituent des habitats à enjeu majeur de préservation pour le Parc. Les finalités de gestion de ces habitats s'expriment au travers de leur surface, à être maintenues.

Le projet de cartographie de ces trois habitats benthiques côtiers est un projet de recherche et développement coordonné par le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis, mené par le bureau d'étude i-Sea. Ont été mobilisées l'association OBIOS et les équipes techniques de cinq réserves nationales du périmètre du Parc (du Nord au Sud, la réserve Casse de la Belle Henriette, la réserve de la Baie de l'Aiguillon, la réserve de Lilleau des Niges, la réserve du Marais d'Yves et la réserve de Moëze-Oléron). Le financement du projet CartoHECo a été soutenu par l'Union européenne – Life MarHa.

Ainsi, le projet CartoHECo s'est donné pour objectifs de (1) cartographier trois habitats intertidaux à l'échelle du Parc pour l'année 2020 : les herbiers de zostères naines, les champs de macroalgues sur estrans rocheux et les prés-salés et (2) de réaliser une analyse de l'évolution surfacique des herbiers de zostères naines à l'échelle du Parc.

Cette communication se propose d'explicitier l'approche méthodologique utilisée pour la cartographie des habitats à l'échelle du Parc, et en particulier des champs de macroalgues sur estrans rocheux, d'en présenter les résultats cartographiques et d'évoquer les atouts et limites rencontrés. Elle ne traite pas spécifiquement des autres habitats marins et littoraux cartographiés (plus de détail dans le rapport [1]), ni de l'analyse spatio-temporelle des herbiers de zostères naines.

Stratégie de cartographie

Elle repose sur l'exploitation combinée d'une série d'images satellite très haute résolution (Pléiades 0,5 m et Planet 3 m) acquises à basse mer et d'observations de terrain sur les habitats ciblés. L'utilisation d'une séquence temporelle d'images a plusieurs vertus :

indispensable pour la caractérisation des différents types de végétation des prés salés, elle permet aussi de disposer de plusieurs acquisitions à basse mer pour cartographier les habitats au plus bas sur l'estran, ainsi que d'aider à la différenciation d'habitats de signature radiométrique relativement proche tels les herbiers de zostères et les macroalgues vertes opportunistes. L'utilisation d'images satellite à très haute résolution est utile pour tous les habitats cartographiés, en vue d'obtenir une cartographie fine permettant l'expression de la complexité de la distribution spatiale des habitats en termes de mosaïquage ou de fragmentation (en particulier pour l'habitat herbier de zostères), et leur évaluation surfacique au plus près.

Les observations de terrain servent à la description in situ des habitats et sont acquises selon un protocole d'échantillonnage spatial propice à la cartographie par télédétection. Elles sont utilisées à la fois comme données de calibration (apprentissage du modèle de cartographie) et de validation (évaluation de la précision). Au total, ce sont 4 couvertures par imagerie satellite (3 Pléiades et 1 Planet), 18 journées de terrain (ayant permis de couvrir 426 stations macroalgues - voir Figure 1, 182 stations herbier, 350 stations prés salés) venant compléter l'existant récent (mis à disposition par les réserves notamment) qui ont servi à réaliser l'état cartographique de référence 2020 des habitats marins et littoraux du Parc.

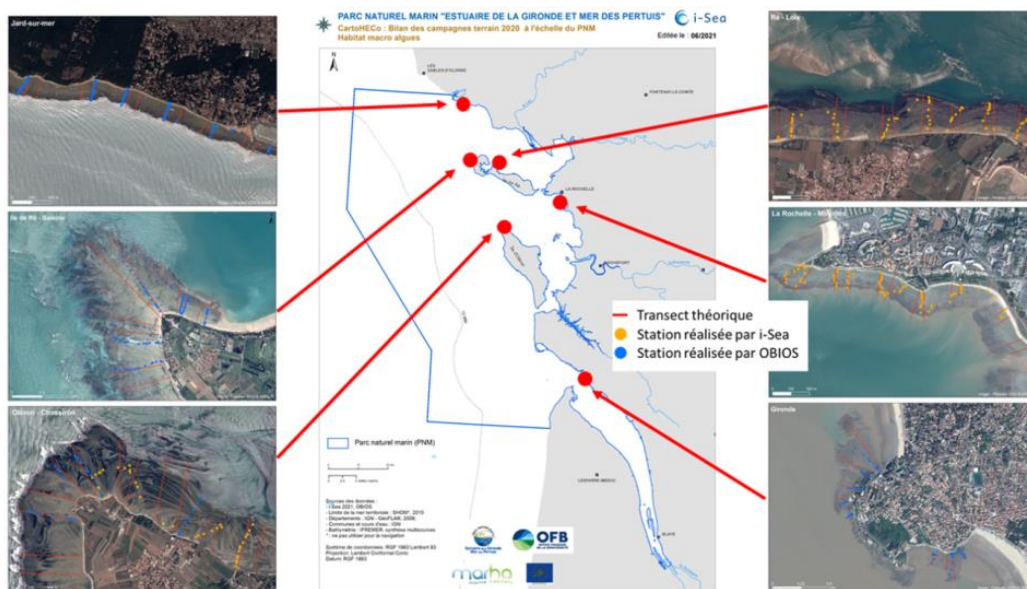


Figure 1 : Relevés terrain sur l'habitat « champ de macro-algues sur estran rocheux » réalisés en 2020 sur l'emprise du Parc pour la cartographie

Le cœur algorithmique du modèle cartographique est un algorithme de Machine Learning (les *randoms forests* [2]) qui, sur la base de la signature spectro-temporelle des habitats, classe efficacement tous les pixels de la pile d'images satellite au niveau typologique attendu. Le calcul étant automatisé, la cartographie est rapide et exempte de biais de photo-interprétation. Toutefois, elle est souvent menée en plusieurs étapes par itérations successives qui, confrontées à une analyse critique à dire d'expert, affinent pas à pas les résultats cartographiques. La robustesse et la reproductibilité de cette approche cartographique baptisée « Biocoast » a été largement documentée en particulier par les très nombreux cas d'étude menés depuis 2017 (voir notamment [3,4,5,6,7]). Ici, dans le cadre de la cartographie des habitats du Parc, ce sont plusieurs modèles cartographiques à la fois thématiques et régionaux qui ont dû être mis en œuvre pour parvenir à un

résultat optimal, pour pallier la difficulté de réunir une couverture spatiale complètement exhaustive du Parc à chaque acquisition Pléiades/Planet (série hétérogène du point de vue de la marée et des nuages) et pour s'affranchir de quelques confusions rémanentes de classification.

Résultats et conclusion

La cartographie finale des ceintures de macroalgues est constituée de 9 classes décrivant les habitats de macroalgues brunes, vertes et rouges selon leur composition algale et leur dominance respective, ainsi que la nature du substrat et l'environnement associé (roche biogénique ou non, inondée ou non). La précision globale du modèle cartographique « macroalgues » est bonne, comprise entre 82% et 93%, les scores les plus faibles correspondant aux secteurs cartographiés avec 2 images seules, les scores les plus forts pour ceux cartographiés avec 3 images. La lecture des matrices de confusion permet de quantifier la précision de cartographie associée à chaque classe d'habitat et de relever les défauts et confusions. Pour les secteurs couverts par seulement deux acquisitions satellite, elle fait apparaître des difficultés de discrimination récurrentes pour certains habitats insuffisamment décrits sur le terrain disposant de trop peu d'échantillons d'apprentissage locaux, c'est le cas en particulier des cuvettes à dominance d'algues rouges. L'habitat à dominance de macroalgues vertes est lui fréquemment surreprésenté quel que soit le secteur géographique évalué et le nombre d'images satellite utilisé. Selon les objectifs de connaissance et de gestion, il pourrait être envisagé de mener une campagne de validation terrain spécifique afin d'améliorer la cartographie de ces communautés algales. Au total, les macro-algues sur platiers rocheux couvrent près de 5 300 ha sur l'emprise du Parc marin Estuaire de la Gironde et mer des Pertuis.

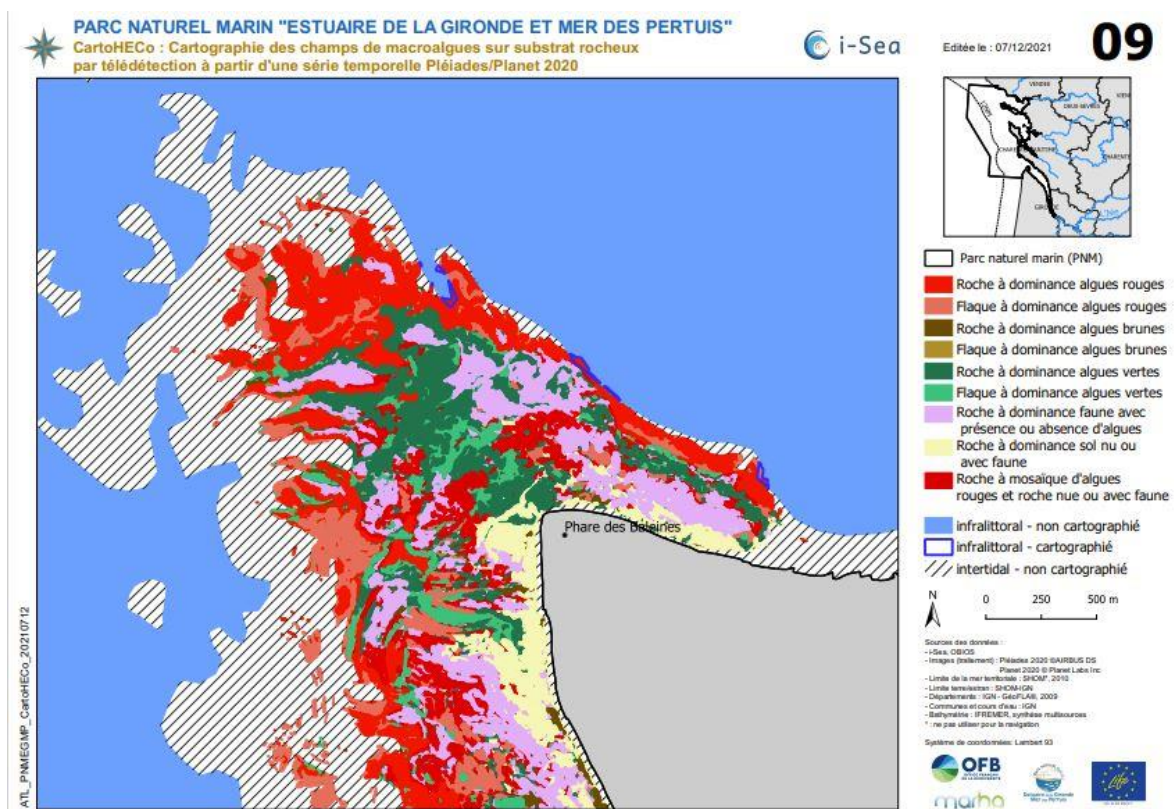


Figure 2 : Extrait de la cartographie 2020 de l'habitat de macroalgues sur platiers rocheux produite dans le cadre du projet CartoHECo, secteur de la Pointe des Baleines à l'île de Ré.

Références

- Curti C., Beguet B. (2021) Cartographie des habitats littoraux du Parc Naturel Marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (CartoHECo) - Volet 1 Cartographie 2020 : herbiers de zostères naines, champs de macroalgues intertidaux et prés salés. Contrat de Recherche & Développement, OFB / i-Sea, Rapport final, 82 p.
- Breiman L. (2001). Random forests. *Machine Learning*, 45(1), 5-32
- Lafon V., Dehouck A., Regniers O., Beguet B., Benot M.-L., Alard D., Benazera E., Bombrun L, Germain C. (2017) BIOCOAST : Application de méthodes d'apprentissage profond pour la cartographie des milieux naturels littoraux par satellite. Conférence CARHAMB'AR 2017.
- Lafon V., Beguet B., Curti, C. (2019). Caractérisation de la végétation aquatique de l'étang de Bages. Rapport d'étude, i-Sea pour la Région Occitanie, 27 p.
- Beguet B., Lafon V., Curti C., Dehouck A., Benot M.-L., Lefouler A. (2020) Service d'imagerie satellitaire et machine Learning pour la cartographie et le suivi des végétations naturelles des milieux aquatiques et terrestres, conférence MerlGeo 2020, poster.
- Gritti, C., Beguet, B., Robert, J., Sirvent, L. (2021) Cartographie d'habitats par télédétection en Méditerranée : l'exemple du site Natura 2000 "Complexe lagunaire de Salses-Leucate". Journée intelligence artificielle et biodiversité - Labex CEMEB & NUMEVAt: Montpellier.
- Yeo S., Lafon V., Alard D., Curti C., Dehouck A., Benot M.-L. (2020) Classification and mapping of saltmarsh vegetation combining multispectral images with field data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, Volume 236, article id. 106643.

Approche hyperspectrale pour de la cartographie des habitats intertidaux - Cas d'étude sur l'archipel de Molène

Alexandre Guyot^{1*}, Marc Lennon¹, Nicolas Thomas¹, Anna Capietto², Philippe Le Niliot³

¹Hytech-Imaging, Plouzané, France

²Office français de la biodiversité, Parc naturel marin d'Iroise/Life Marha, Le Conquet, France

³Office français de la biodiversité, Parc Naturel Marin d'Iroise, Le Conquet, France.

*alexandre.guyot@hytech-imaging.fr

Introduction

Le suivi de la zone d'estran, ce milieu d'une complexité et diversité écologique d'une grande richesse, nécessite le développement de méthode de cartographie permettant à la fois une identification fine des habitats et une spatialisation précise de leur répartition (Klemas, 2010). Dans le cadre de la mise à jour de la cartographie des habitats naturels intertidaux dans l'archipel de Molène (projet PNMI/OFB), une méthode de cartographie basée sur l'utilisation combinée de données spectrales aériennes et de terrain (resp. imagerie aérienne hyperspectrale et mesures de référence in-situ par spectroscopie) a été développée. Les îles de Quéménès et Trielen (Figure 1) de l'archipel de Molène ont été choisies comme sites ateliers pour ces travaux à visée méthodologiques, avec pour objectif d'évaluer le potentiel et la complémentarité de l'approche de cartographie hyperspectrale avec les approches de cartographie classique (interprétation/vectorisation sur orthoimage et effort d'échantillonnage terrain) (TBM environnement & Hytech-Imaging, 2020).

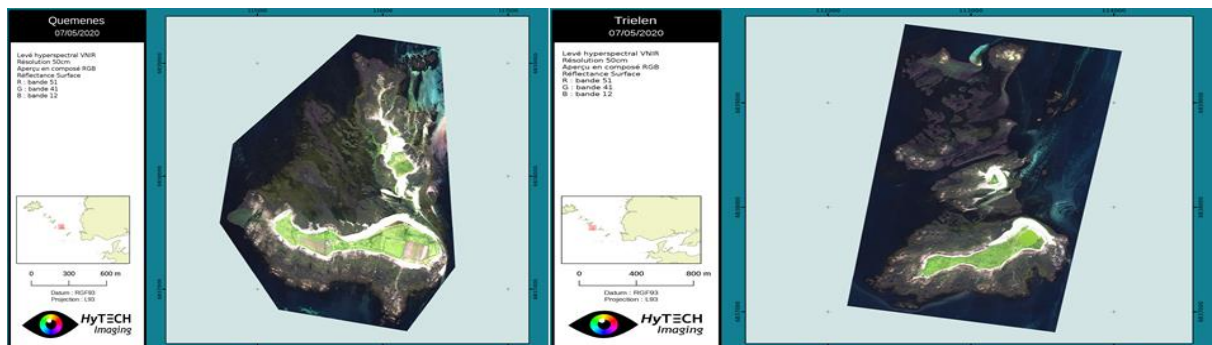


Figure 1 : Visualisation en couleurs naturelles des images aériennes hyperspectrales (réflectance de surface, 50cm de résolution) sur les îles de Quéménès et Trielen (Archipel de Molène, Finistère)

Données et méthodes

Deux types de données hyperspectrales ont été mobilisées dans le cadre du projet de cartographie. Premièrement, des images aériennes hyperspectrales ont été collectées à partir d'une caméra hyperspectrale (Hypex VNIR-1600, NEO) opérant dans la gamme 400-1000nm, échantillonnées en 160 bandes spectrales de 4.5nm de résolution spectrale (FWHM). L'acquisition réalisée à basse-mer (coefficient 106) et à 600m d'altitude en mai 2020 a permis d'obtenir des images de 50cm de résolution spatiale couvrant la zone d'estran. Les images ont été post-traitées pour obtenir des données corrigées radiométriquement et géométriquement, exprimées en réflectance de surface (Figure 1).

Deuxièmement des mesures spectrales au sol ont été réalisées en mai 2020 et septembre 2020 avec un spectroradiomètre (modèle GER-1500, SVC, gamme 350-1050nm). Ces mesures (Figure 2), associées à des relevés GPS et des photographies, constituent une librairie spectrale de référence sur 213 cibles différentes (différents rochers, galets, sables, algues brunes, algues rouges, algues vertes, herbiers). Le choix des cibles a été effectué pour représenter au mieux la variabilité des substrats et couvertures végétales de la zone d'intérêt tout en considérant leur utilisation dans un contexte de cartographie hyperspectrale par moyens aéroportés.

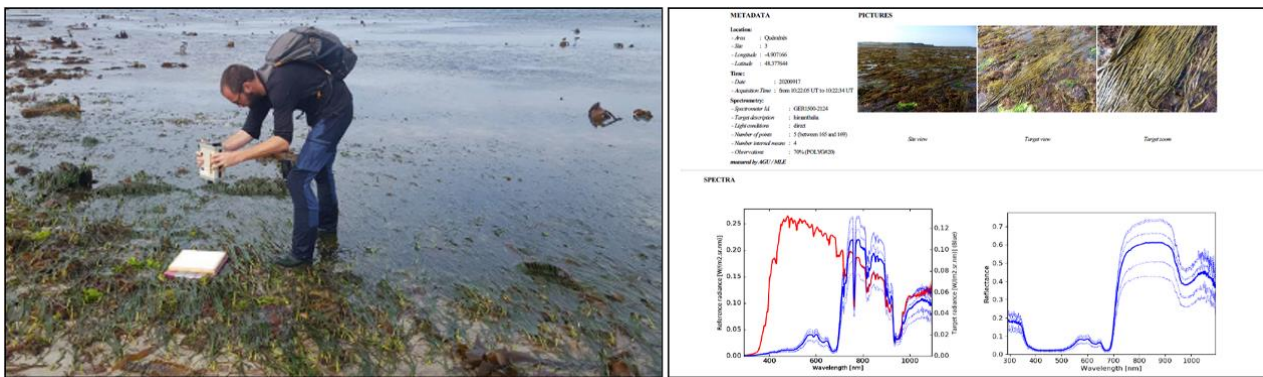


Figure 2 : Collecte de spectre de référence par spectroscopie terrain (à gauche) et extrait de la librairie spectrale (à droite)

La méthode de classification développée (Figure 3) s'articule autour une stratégie de classification hiérarchique (typologie à 4 niveaux de complexité croissante) et l'utilisation de séparateurs de classe (règle « expert », ou classification supervisée) spécifiques à chaque niveau et classes considérées.

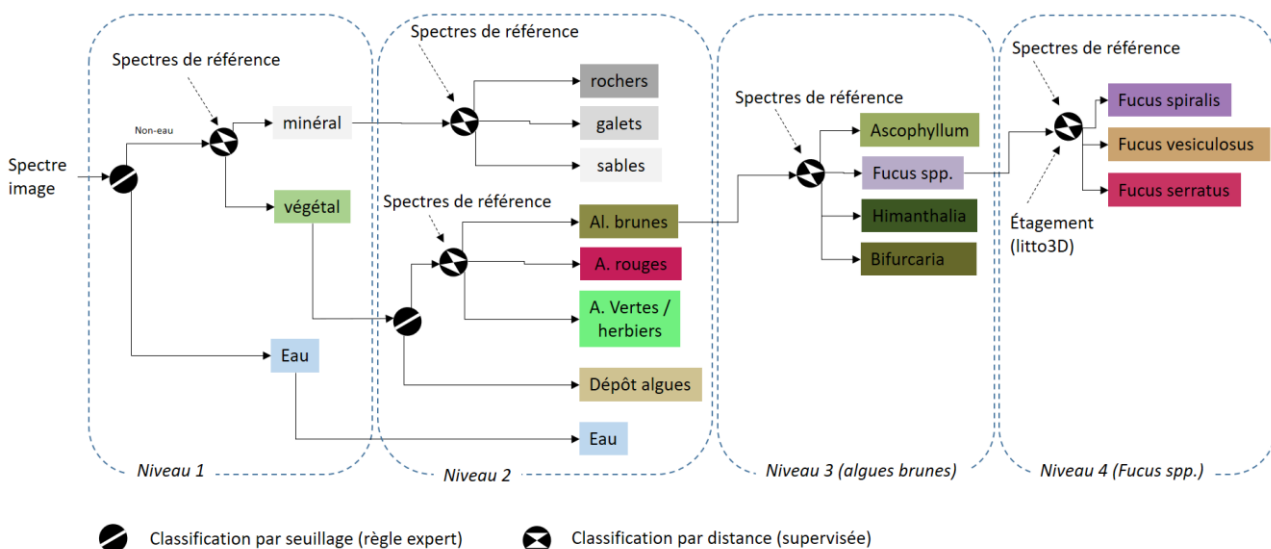


Figure 3 : Schéma de la méthodologie de classification hiérarchique. L'approche hiérarchique est détaillée ici aux niveaux 3 et 4 pour les algues brunes.

L'implémentation des séparateurs de classes s'appuie sur une analyse spectrale en lien avec des caractéristiques biophysiques spécifiques au milieu et à la nature des biocénoses à cartographier (caractéristiques pigmentaires, structure du couvert, particularité locale du spectre de réflectance). L'identification de ces marqueurs spectraux est effectuée a-priori sur la librairie spectrale de référence, puis leur recherche est effectuée a-posteriori

sur l'image en mobilisant des méthodes d'analyse spectrale adaptée (suppression de continuum, métriques de distance spectrale) (exemple Figure 4).

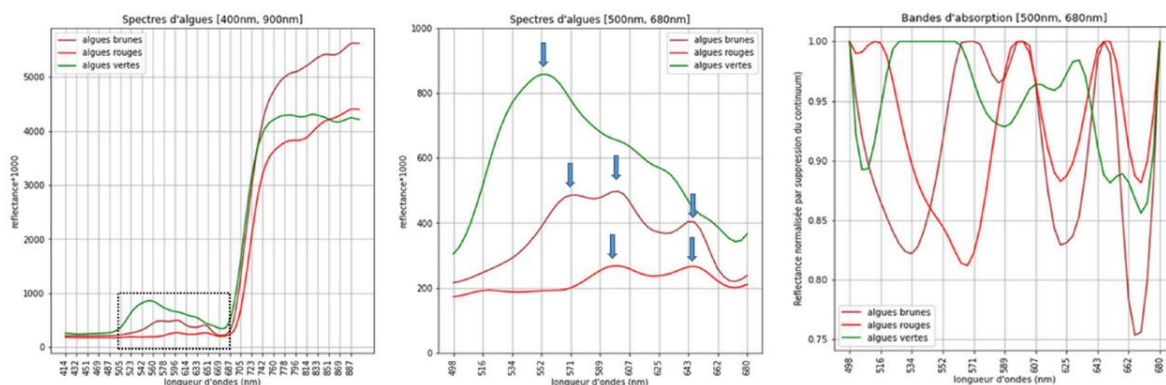


Figure 4: Analyse spectrale et exemple d'extraction de caractéristiques spectrales par méthode de suppression de continuum.

Résultats

Les résultats cartographiques (Figure 5) évalués visuellement et statistiquement par comparaison avec des surfaces de référence collectées in-situ lors des phases de mesures terrain montrent un bon niveau de fiabilité (Coeff. Kappa > 0.7) pour la classification des types d'algues (brunes, vertes, rouges), notamment grâce aux caractéristiques pigmentaires dans la zone du visible (450-680nm). La capacité de discrimination des principales ceintures d'algues brunes (*ascophyllum*, *himanthalia/bifurcaria*) est également vérifiée en considérant les caractéristiques spectrales -principalement liées à la structure du couvert- du plateau de la zone proche infra-rouge. L'approche purement spectrale met aussi en évidence de manière exhaustive et spatialement détaillée certains couverts particuliers, complexes à cartographier, tels que les dépôts d'algues ou les cuvettes de faible emprise. Les résultats montrent toutefois que l'information spectrale seule (niveau 3) apparaît insuffisante pour la discrimination des principales fucales (*fucus spiralis*, *fucus vesiculosus*, *fucus serratus*). Cependant, en combinant l'approche spectrale et l'utilisation de caractéristiques contextuelles telles que l'étagement –par l'utilisation des données Litto3D®-, les résultats obtenus sur les sites ateliers ouvrent des perspectives intéressantes de cartographie à grande échelle jusqu'à la description à l'espèce (niveau 4).

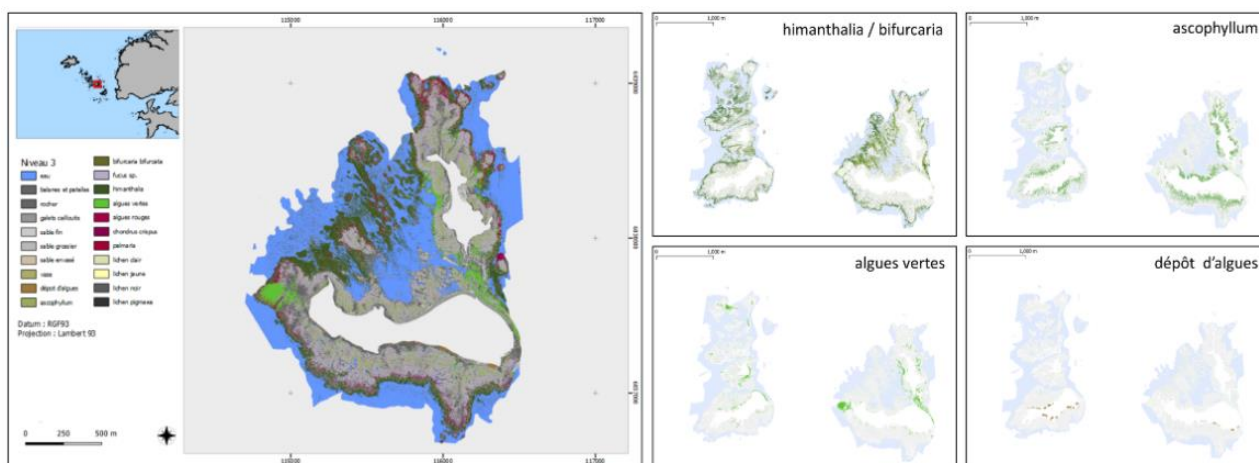


Figure 5 : Exemple de résultats cartographiques (niveau 3). Classification globale sur Quéménès (à gauche) et visualisations mono-spécifiques sur Quéménès et Trielen (à droite)

Bien que la typologie proposée, propre à l'approche par télédétection (représentation de la surface, ou occupation du sol à une échelle donnée), ne trouve pas de correspondance directe avec les typologies d'habitats qui intègrent de la connaissance expert (au sens EUNIS ou MNHN), les résultats obtenus apportent une information spatialisée complémentaire aux approches classiques de cartographie intertidale, permettant notamment de cartographier précisément les ceintures algales en présence (ici au nombre de 6, représentatives des estrans rocheux de Bretagne : ceinture à *pelvetia*, à *fucus spiralis* & *vesiculosus*, à *ascophyllum*, à *fucus serratus*, à *bifurcaria* & *himanthalia* et à laminaires).

Conclusion

Afin de répondre aux enjeux de suivi des habitats intertidaux, une méthode de cartographie par imagerie aérienne hyperspectrale est proposée et évaluée sur l'archipel de Molène (iles de Trielen et Quémènes). Contrairement aux approches classiques de classification d'image par apprentissage automatique, la méthode proposée ici s'affranchit de l'étape de sélection d'échantillons d'entraînement sur images. Cette étape, nécessaire aux algorithmes de classification supervisée, est rarement reproductible et effectuée sans considération de caractéristiques spectrales particulières. Elle est ici remplacée par une identification a-priori (sur librairie spectrale) de caractéristiques spectrales spécifiques et invariantes puis par une recherche adaptée de ces caractéristiques dans l'image. L'évaluation des résultats montre qu'une telle approche s'appuyant sur la représentation au niveau spectral des caractéristiques biophysiques du milieu offre des perspectives nouvelles dans la mise en œuvre opérationnelle de produits de cartographie de l'estran à grande échelle. Bien que l'approche par traitement d'image spectrale ne peut se substituer à une approche de cartographie de terrain (certains habitats intertidaux, selon la nomenclature EUNIS ou MNHN, se définissent en utilisant des critères qui n'ont pas de signature spectrale propre), l'imagerie spectrale constitue toutefois une source d'information pertinente et complémentaire à l'approche terrain, permettant en particulier un suivi fin de l'évolution des ceintures algales.

Références

- Klemas, V., 2010. *Remote Sensing Techniques for Studying Coastal Ecosystems: An Overview*. *Journal of Coastal Research* 27, 2–17. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-10-00103.1>
- TBM environnement, Hytech-Imaging, 2020. *Réalisation d'une cartographie des habitats intertidaux de l'archipel de Molène et de la côte Nord du Parc*. OFB / PNMI. Rapport en ligne : <https://parc-marin-iroise.fr/documentation/rapport-final-cartographie-des-habitats-intertidaux-de-larchipel-de-molene-et-de-la>.

Complémentarité de l'imagerie hyperspectrale et du Lidar pour l'identification et l'évaluation de l'état des récifs d'hermelles intertidaux

Touria Bajjouk¹, Cecile Jauzein¹, Lucas Drumetz², Mauro Dalla Mura³, Audrey Duval¹ et Stanislas F. Dubois¹

¹Ifremer, Plouzané, France.

²IMT Atlantique, Brest, France.

³Gipsa Lab, Grenoble INP, France & Tokyo Institute of Technology, Japan.

Contexte et objectifs

Les bio-constructions à *Sabellaria alveolata* sont largement distribués du sud-ouest de l'Écosse au Maroc. Cette espèce construit, dans la baie du Mont-Saint-Michel, ce qui est actuellement considéré comme le plus grand récif biogénique européen. En tant qu'espèce ingénieuse, *S. alveolata* génère une complexité topographique de petite à grande échelle, créant de nombreuses niches spatiales et trophiques que d'autres espèces peuvent coloniser (Dubois et al., 2002). Ces récifs subissent également des pressions anthropiques pouvant conduire localement à une dégradation massive. Cependant, les parties prenantes manquent d'informations explicites de l'état de ces récifs, à une résolution spatiale adaptée pour fournir des informations clés pour la gestion de cet habitat protégé. Les suivis traditionnels *in situ* se sont limités jusqu'à présent à des mesures stationnelles qui reposent sur l'expertise des opérateurs pour l'évaluation de l'état écologique des formations récifales (Desroy et al., 2011).

Plusieurs études des récifs de *S. alveolata* ont été réalisées à l'aide de techniques de télédétection. Les outils acoustiques ont été plus spécifiquement utilisés comme méthode appropriée pour les récifs de *Sabellaria* dans les zones subtidales (Griffin et al., 2020). Cependant, la plupart des travaux s'appuyaient principalement sur la photographie aérienne (Bonnot-Courtois et al., 2005) ou l'imagerie satellitaire (Jones, 2017) ainsi que sur les drones comme un outil efficace et rentable pour la caractérisation à petite échelle des récifs (Ventura et al., 2018; Colin et al., 2019). De telles études ont été couronnées de succès pour étudier les formations récifales se développant sur des sédiments meubles, pour lesquels les bioconstructions d'hermelles sont des objets discrets relativement faciles à identifier. Cependant, la plupart des formations récifales en Europe se développent sur des substrats rocheux (Firth et al., 2015). À notre connaissance, aucune étude n'a abordé jusqu'à cette présente étude le problème de la séparation automatique des bioconstructions récifales des autres caractéristiques benthiques associées dans un environnement récifal rocheux, et aucune étude n'a tenté d'évaluer automatiquement l'état des récifs à *S. alveolata*. Deux principaux objectifs ont ainsi été fixés pour la présente étude :

1. Évaluer le potentiel de l'imagerie hyperspectrale pour discriminer les bioconstructions de *S. alveolata* et les principaux habitats associés à cet écosystème, y compris les différents types de substrat et composantes biologiques,

2. Utiliser la combinaison des signaux hyperspectral et LiDAR pour estimer la structure spatiale des différents types de bioconstruction (sur sable vs. sur roche) et phases écologiques (rétrogradation et progradation).

Approche développée

La présente étude vise à utiliser en complémentarité deux techniques : d'une part le LiDAR, un outil largement utilisé pour représenter la complexité structurelle de l'habitat en 3D et d'autre part l'imagerie hyperspectrale qui permet de caractériser la variabilité spatiale de leurs propriétés bio-optiques.

Le site d'étude est celui de Champeaux situé dans la baie du Mont Saint Michel. *S. alveolata* peut y construire des structures tridimensionnelles qui présentent des morphotypes variés (Gruet, 1972) : plateformes surélevées, structures en forme de boules plus ou moins coalescentes ou adhérant à des rochers en placages. Chaque structure morphologique peut présenter différentes phases de la dynamique récifale : progradation, où les bioconstructions se développent par de nouvelles colonisations, et rétrogradation, où les bioconstructions s'érodent conduisant à une perte des surfaces récifales (Curd et al., 2019).

Un levé hyperspectral aéroporté a été réalisé en juin 2019 dans le cadre du projet BIOHERM financé par le CNES. Le capteur utilisé est le Hypspx VNIR 1600 déployé à une altitude de 1 200 m. Le capteur a mesuré la luminance entre 400 nm et 1 000 nm avec des résolutions spectrale et spatiale de respectivement 3,7 nm et 0,5 m, fournissant un total de 160 bandes spectrales. Les données LiDAR ont été acquises en mars 2019 dans le cadre du programme Litto3D et fournies par le SHOM. Ces données proviennent d'un capteur HawkEye III fournissant un nuage de points avec une densité de 8 points/m² et une précision planimétrique et verticale meilleure que 20 cm sur le site d'étude.

Plusieurs relevés de terrain ont également été réalisés en 2019 sur le site de Champeaux à marées basses : (i) Une librairie spectrale *in situ* avec des spectres de réflectance mesurés sur 505 canaux de 325 à 1075 nm à l'aide d'un spectroradiomètre de terrain (ASD) et (ii) un total de 221 points d'observation avec des photographies associées à chaque mesure. Toutes les informations descriptives (substrats et épibiontes) ont également été enregistrées pour chaque mesure. Des efforts ont été faits pour couvrir un large éventail de caractéristiques écologiquement diverses du récif offrant un accès à pied.

La procédure de traitement des données d'imagerie a consisté en plusieurs étapes pour lesquelles l'image hyperspectrale et les données LiDAR ont été géoréférencées dans le même système de projection avec une précision de 0,5 et 0,2 m respectivement. Une chaîne de traitement a été développée afin d'extraire des informations spatialisées sur la distribution des récif d'Hermelles, leur état ainsi que les habitats benthiques associés. La distance de Mahalanobis a été utilisée comme algorithme de classification. La qualité de la classification a été évaluée quantitativement à l'aide d'une matrice de confusion.

Principaux résultats

Une préalable analyse multivariée de la librairie spectrale (Bajjouk et al, 2020) a montré que malgré une grande capacité de discrimination spectrale entre les différentes entités benthiques présentes sur site, quelques confusions sont possibles entre certaines classes d'habitats (récifs rétrogradés de *S. alveolata* vs sable). L'intégration des informations du LiDAR dans l'image hyperspectrale a cependant pu fournir une caractéristique supplémentaire sur la nature de la complexité topographique qui a permis d'aider à améliorer la discrimination entre les éléments benthiques. Une dizaine d'habitats ont pu être délimités automatiquement sur le site de Champeaux. L'information la plus significative révélée par le pattern de distribution est la discrimination entre deux types de formations de *S. alveolata* ; de grands récifs se développant sur des fonds sableux d'une part et des placages plus petits incrustant des zones rocheuses d'autre part. C'est la première fois que ces deux types de récifs intertidaux de *S. alveolata* sont automatiquement détectés et cartographiés, montrant ainsi la pertinence de combiner des informations LiDAR à la richesse hyperspectrale. La précision globale (88% avec un coefficient Kappa de 0,85) est cohérente avec les résultats de travaux antérieurs qui ont également utilisé avec succès la distance de Mahalanobis pour la classification des images (Govender et al., 2008).

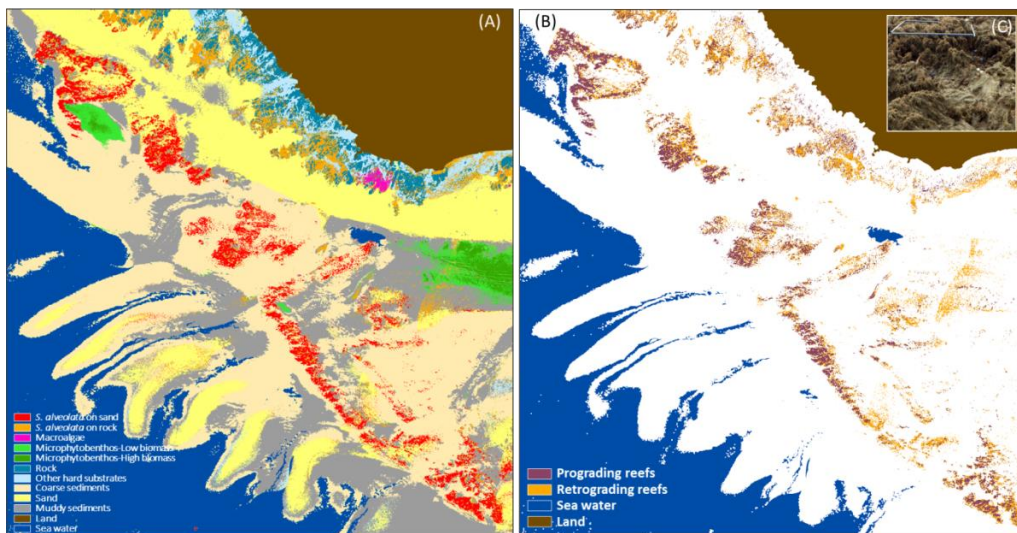


Figure 1. Carte des habitats benthiques du site de Champeaux obtenue à partir de l'imagerie aérienne hyperspectrale (A), répartition de l'état écologique du récif de *Sabellaria alveolata* (B), et photographie de terrain avec un quadrat de 0,5x0,5 cm sur le récif de *S. alveolata* montrant une forte variabilité spatiale de l'état de dégradation (C) (modifié de Bajjouk et al. 2020)

Dans cette étude, l'état écologique du récif de *S. alveolata* a également été cartographié en continu sur l'ensemble du site de Champeaux. En accord avec la vision d'experts, une carte des phases de progradation et de rétrogradation a été fournie avec une résolution spatiale de 0,5 m et une précision de classification globale et un coefficient Kappa de respectivement 0,93 et 0,86. La distribution spatiale présente un récif-barrière sur sable vigoureux vers la mer, tandis que les récifs rétrogradés et clairsemés sont principalement situés dans la partie sud-est et à proximité du littoral. L'avant-récif est en effet soumis à un fort hydrodynamisme et à une remise en suspension de sédiments

grossiers potentiellement plus élevée, pouvant entraîner une activité accrue de construction de tubes. Tandis que l'arrière-récif s'étend principalement dans des environnements plus abrités et plus vaseux, moins favorables au développement de *S. alveolata* (Bonnot-Courtois et al., 2008). Les impacts environnementaux peuvent également être exacerbés par les activités humaines qui façonnent le schéma spatial de l'état des récifs. Les récifs dégradés étant principalement présents dans des zones facilement accessibles aux piétons et à leur activité de pêche.

Conclusion

La présente étude est une première étape vers une nouvelle alternative opérationnelle ciblant le suivi spatialisé à haute résolution et non destructive des récifs de *S. alveolata*. En utilisant une classification supervisée automatique, nous avons montré pour la première fois le potentiel de la combinaison de signaux hyperspectraux et Lidar pour discriminer avec précision les deux formes de récifs de *S. alveolata*, le grand récif se développant sur sable et les placages plus petits incrustant les zones rocheuses du rivage ainsi que les principaux habitats associés à cet écosystème. Il a également été possible d'estimer la structure spatiale de sa dynamique en distinguant les zones en phase de progradation et de rétrogradation de la bioconstruction comme indicateur de l'état écologique. Ce dernier est couramment requis à la fois par les scientifiques (pour une meilleure compréhension des processus écosystémiques) et par les gestionnaires (pour une meilleure mise en œuvre des directives européennes). L'étude a également mis en évidence l'importance de la précision du positionnement sur le terrain pour effectuer une validation statistique robuste, et notamment dans une zone de forte hétérogénéité spatiale comme le montre les récifs de *S. alveolata* du site de Champeaux. Des travaux supplémentaires ont été identifiés pour améliorer les résultats obtenus et fournir des informations quantitatives sur l'état écologique des récifs de *S. alveolata*. Ces informations, si elles sont fournies à grande échelle et à une fréquence suffisante, permettront (i) une meilleure compréhension des changements structurels de ces bioconstructions complexes, (ii) une meilleure prédiction de leur évolution spatio-temporelle et (iii) l'élaboration de mesures appropriées pour leur préservation et leur gestion socio-économique.

Références bibliographiques

- Bajjouk T. et al (2020). *Hyperspectral and Lidar: Complementary Tools to Identify Benthic Features and Assess the Ecological Status of Sabellaria alveolata Reefs*. *Frontiers In Marine Science*. 7:575218
- Bonnot-Courtois C. et al. (2005). *Bio-morpho-sedimentary cartography of the tidal zones in the French Benthic Network context: complementary of coastal orthophotographs and Lidar data*. *Photo Interprét.* 41, 13–27.
- Bonnot-Courtois C. et al. (2008). *Remaniements sédimentaires superficiels sur l'estran occidental de la baie du Mont-Saint-Michel*. *Eur. J. Environ. Civil Eng.* 12, 51–65.
- Collin, A. et al. (2019). *Improving intertidal reef mapping using UAV surface, red edge, and near-infrared data*. *Drones* 3:67.
- Curd, A. et al. (2019). *Connecting organic to mineral: how the physiological state of an ecosystem engineer is linked to its habitat structure*. *Ecol. Indic.* 98, 49–60.
- Dubois, S. et al. (2002). *Biodiversity associated with Sabellaria alveolata (Polychaeta: Sabellariidae) reefs: effects of human disturbances*. *J.Mar. Biol. Assoc. U. K.* 82, 817-26.
- Desroy, N. et al. (2011). *The Conservation status of Sabellaria alveolata (L.) (Polychaeta:*

- Sabellariidae) reefs in the Bay of Mont-Saint-Michel. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 21, 462–471.
- Firth, L. B. et al. (2015). Historical comparisons reveal multiple drivers of decadal change of an ecosystem engineer at the range edge. *Ecol. Evol.* 5, 3210–22.
- Govender, M. et al. (2008). A comparison of satellite hyperspectral and multispectral remote sensing imagery for improved classification and mapping of vegetation. *Water SA* 34, 147–154.
- Griffin, R. A. et al. (2020). Effectiveness of acoustic cameras as tools for assessing biogenic structures formed by Sabellaria in highly turbid environments. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.* 30, 1121–1136.
- Gruet, Y. (1972). Aspects morphologiques et dynamiques de constructions de l'annélide polychète *Sabellaria alveolata* (Linné). *Revue Travaux l'Institut. Pêches Mar.* 36, 131–161
- Jones, A. (2017). *Effect of an Engineer Species on the Diversity and Functioning of Benthic Communities: the Sabellaria Alveolata Reef Habitat*, Doctoral thesis, Université de Bretagne occidentale, Brest.
- Ventura, D. et al. (2018). Mapping and classification of ecologically sensitive marine habitats using unmanned aerial vehicle (UAV) imagery and object-based image analysis (OBIA). *Remote Sens.* 10:1331.

Réalisation d'une cartographie d'habitats marins sur le site Natura 2000 de la Chaussée de Sein

Thibaut Nebout¹, Julien Gerber¹, Valentin Danet², Anna Capietto³

¹IDRA BIO LITTORAL, Saint-Malo, France.

²CRESCO MNHN, Dinard, France.

³Office français de la biodiversité, Parc naturel marin d'Iroise/Life Marha, Le Conquet, France

Contexte et objectif

Créé en 2007, le Parc naturel marin d'Iroise (PNMI) dépend de l'Office Français de la Biodiversité (OFB) et est opérateur de 3 sites marins Natura 2000 de la Directive « Habitats, Faune, Flore ». Le site de la chaussée de Sein (FR5302007), inclus dans le périmètre du PNMI, concerne 41 500 ha dont 99 % sont marins. Afin d'assurer la gestion du site, de déterminer l'état de conservation des habitats marins et de répondre aux objectifs de Natura 2000, la réalisation d'une cartographie des habitats marins est nécessaire.

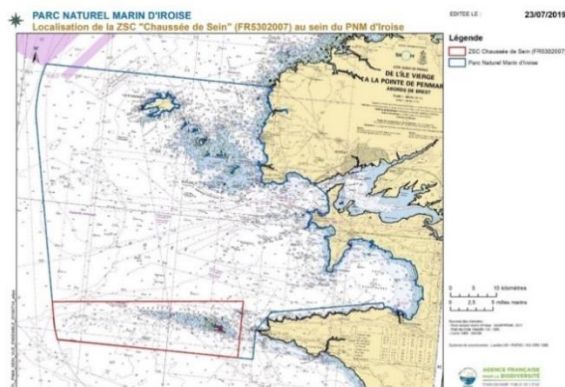


Figure 1 : Périmètre de la ZSC « Chaussée de Sein » au sein du PNMI

L'étude porte sur les habitats subtidaux du site Natura 2000 FR5302007 Chaussée de Sein sur l'emprise du produit LITTO 3D et vise notamment à disposer d'une cartographie à jour (faisant appel aux typologies Natura 2000, EUNIS et des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique)

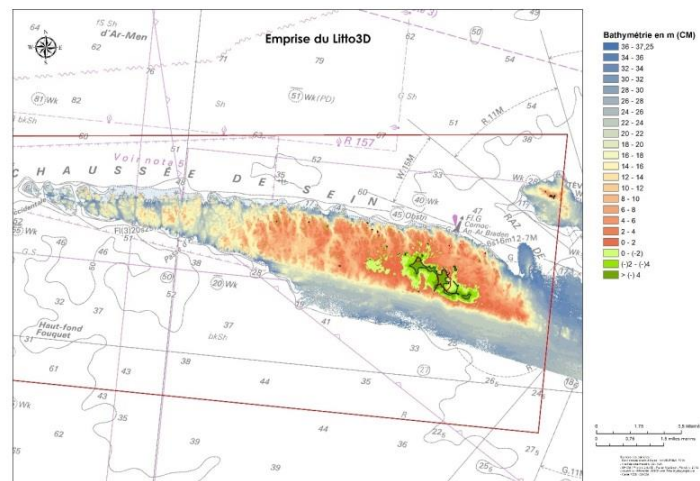


Figure 2 : Emprise du Litto3D au sein de la ZSC « Chaussée de Sein »

Deux méthodes complémentaires ont été mises en place pour mener à bien la cartographie des habitats marins subtidaux de la chaussée de Sein :

- Protocole HAB_PLONG_ROC dont l'objectif est de d'identifier et décrire les habitats rocheux principaux de la Chaussée ;
- Protocole PHOTOGRAM dont l'objectif est de porter un zoom sur des faciès rares (faciès à *Tubularia indivisa*) ou des architectures particulières (arche sur An Eurudi).

Protocole HAB_PLONG_ROC

12 stations localisées sur des sites à forte pente, en périphérie de la Chaussée, ont été investiguées selon ce protocole.

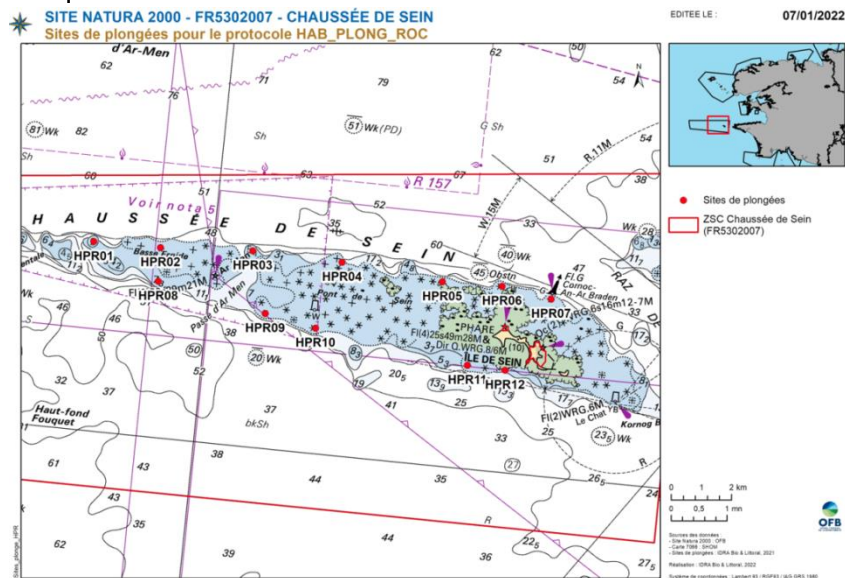


Figure 3 : Localisation des 12 stations HAB_PLONG_ROC

A chaque station :

- La descente s'est opérée en suivant la pente la plus forte ;
- A la descente et à la remontée, les limites des ceintures algales ont été notées (heure et profondeur) par les 3 plongeurs, depuis une profondeur limite de 37m CM (limite du Litto3D) ;
- A la remontée, et à partir de la profondeur maximale de -37m CM, un STOP tous les 5m a été effectué en répétant les étapes suivantes :
 - o Noter heure + profondeur + niveau (2/3/4) avant chaque STOP ;
 - o 5 photos paysagères (2 gauche : depuis transect et à + 3m / 1 milieu / 2 droite : depuis transect et à + 3m) pour la mégafaune/flore (algues brunes, oursins, grosses éponges, alcyons, rose de mer...)
 - o 5 photoquadrats de 0,1m² pour la macrofaune/flore (ex : algues rouges / *Corynactis* / *Antedon*, ...etc.) ;
 - o Détermination de l'architecture : platier / blocs / tombant / faille / surplomb (voire arche) ;
 - o A dire d'expert, détermination du cortège d'espèces caractéristiques du faciès/habitat dominant tous phylums confondus ;
 - o Détermination de la limite précise avec l'habitat précédent (si différente de +5m) ;

Protocole PHOTOGRAM

6 stations parmi les 12 du protocole HAB_PLONG_ROC ont été investiguées par l'équipe du MNHN de Dinard en utilisant la méthode de photogrammétrie. L'utilisation de la photogrammétrie en recycleur associé au système de géolocalisation sous-marin permet de décrire de manière complète des sites d'intérêts (topographie particulière, faciès rare) par une caractérisation très précise à l'échelle d'un transect de 120m² (30m de long * 4m de large).

La méthodologie est la suivante :

- Des relevés visuels sont réalisés régulièrement le long du transect de 30m de long en suivant un décamètre préalablement déroulé. L'ensemble de la zone est découpé virtuellement en carrés de 2x2m (un total de 30 carrés pour l'ensemble du transect). Ces carrés délimitent des zones dans lesquels est observée et notée la présence de différentes typologies du biotope.
- L'ensemble du transect est également photographié (Figure 4.A) par 2 opérateurs après installation préalable de repères visuels géolocalisés (permettant la calibration a posteriori du modèle photogrammétrique). Environ 1 000 clichés sont réalisés pour l'ensemble du transect. La création du modèle photogrammétrique (Figure 4.B) est réalisée avec le logiciel Agisoft Metashape (Version 1.0.0.1). Un nuage de point, un Modèle Numérique de Terrain (MNT) et une ortho-image (Figure 4.C) sont exportés et analysés afin de calculer différents indices géomorphologiques et de mettre en évidence différentes classes du biotope (Roche mère, Gros/Moyen/Petit blocs, galet, sable ; Figure 4.D). Cette dernière étape de classification est effectuée avec le logiciel ENVI (Version 5.5) à partir du MNT et de l'ortho-image. Le modèle classifié peut ensuite être analysé pour étudier la diversité et la structure des typologies présentes sur le transect.

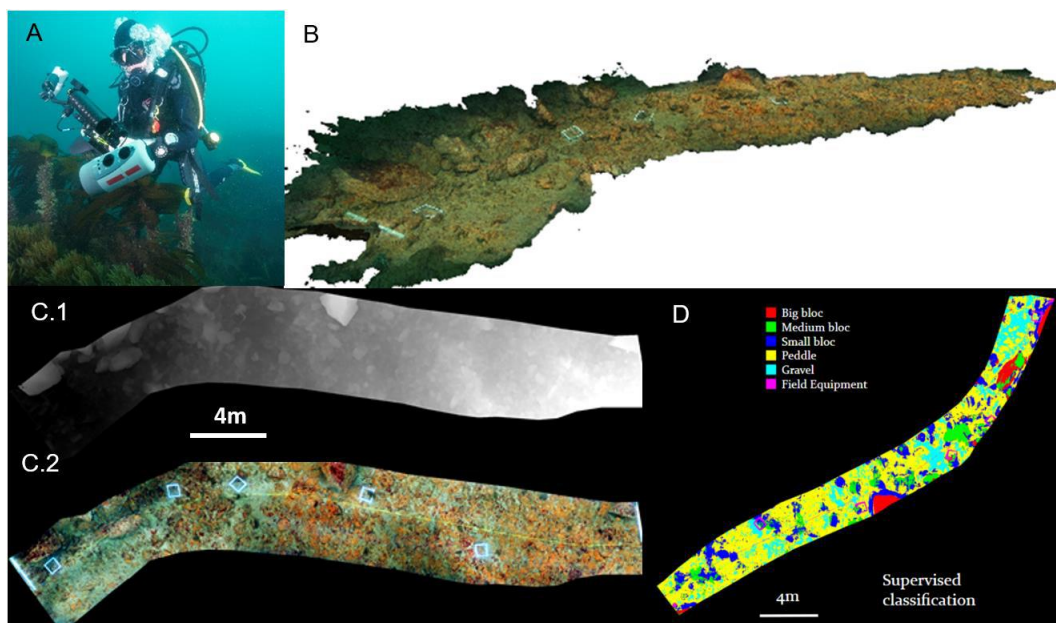


Figure 4. Illustration des relevés par photogrammétrie. A) Acquisition des photographies en plongée autonome. B) Modèle photogrammétrique. C.1) Modèle Numérique de Terrain (MNT) et C.2) Ortho-image issus du modèle photogrammétrique. D) Transect classifié (par méthode supervisée).

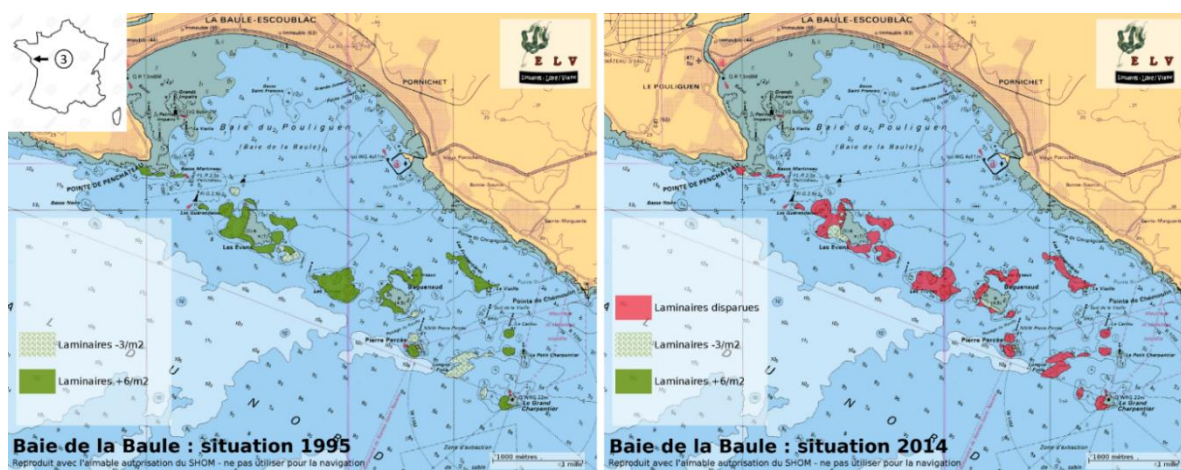
L'évolution des populations de macroalgues en baie de la Baule de 1995 à 2014

Jean-Claude Ménard¹

¹Association Estuaires Loire Vilaine, Le Pouliguen, France

Le contexte et objectifs

Les champs de macroalgues sont parmi les écosystèmes les plus riches au monde. Ce sont des habitats essentiels pour la reproduction et des nurseries pour de nombreuses espèces, Ils rendent également des services écosystémiques essentiels en captant une partie du CO₂ émis par les activités humaines et produisent de l'O₂. Depuis 2021, ils sont protégés par la convention OSPAR. On constate une disparition de ces laminaires sur différents sites en France, dont la baie du Pouliguen, un site que l'association Estuaires Loire Vilaine (ELV) suit depuis 1995 (cartographies surfaciques).



Ces disparitions sont probablement liées à une turbidité excessive de l'eau et une augmentation du dépôt de sédiments sur les fonds marins. Les causes peuvent être naturelles comme les crues des fleuves, mais la Loire subit des étiages sévères depuis une dizaine d'années et pas de crues majeures. Elles sont souvent anthropiques (dragages ports), Le port du Pouliguen/la Baule est dragué tous les deux ans avec des rejets à 500 m de la côte et Pornichet tous les 6 ans avec des rejets dans la baie au niveau des "Fromentières". Le dragage en continu de l'estuaire de la Loire de Donges à st Nazaire par des dragues stationnaires et rejet en direct de 2 à 4 millions de tonnes dans l'estuaire. La présence de blooms de phytoplancton pourrait en période estivale être un facteur d'opacité de la colonne d'eau et donc d'une diminution de la photosynthèse.

Rappelons que les inventaires laminaires permettent l'évaluation écologique des masses d'eau (DCE (2000/60/CE) évaluation de la qualité écologique des masses d'eau côtières (Le Gal & Derrien-Courtel, 2015). Les cartographies surfaciques d'ELV montrent que 90% des laminaires ont disparu depuis 20 ans dans la baie de la Baule.

Dans ce contexte, l'objectif du projet est de restaurer les zones dégradées par une plantation de laminaires tout en agissant sur les causes, on peut viser ainsi les rejets des dragages portuaires.

Technique et méthodologie :

A l'instar de la reconstitution des mangroves ou des plantations de forêts à terre, l'approche du projet est de replanter des laminaires sur les roches subtidales où elles sont encore présentes mais en régression ou en mauvais état (notation ECBRS, stade 4, *Derrien Courtel*). Les hyperboréas (*Laminaria hyperborea*), sont des macros-algues pérennes, 10 à 15 ans de durée de vie. Elles seraient élevées en bassin (Station Biologique de Roscoff) à partir de la reproduction de sujets locaux. Des supports divers sont placés dans les bacs pour que les plantules se fixent sur des galets, graviers, cordes de chanvre. Les jeunes laminaires et leur accroche seront implantées (calées) au printemps dans des failles des roches subtidales, sur des dalles de pierres ou "semées" sur le substrat. L'expérimentation serait faite sur une surface réduite de 500 m² et un suivi régulier mis en place : mesure de la croissance des stipes et des thalles, les pertes éventuelles des sujets introduits, le développement des espèces associées, et une évaluation des techniques de pose.

Effets attendus :

Ce programme de travail expérimental devrait permettre de valider une méthodologie efficace pour restaurer des surfaces plus importantes de laminaires, comme le proposait le projet "Seaforce" (Thibaut de Bettignies) qui proposait une restauration de 6 ha de forêts de varech en voie de disparition et une réduction des pressions anthropiques identifiées, tout en impliquant les parties prenantes locales et le grand public pour assurer la durabilité de cette approche. L'objectif global du programme de travail ici présenté est de fournir une forte incitation à la restauration à grande échelle afin de créer un écosystème autonome qui réponde à une amélioration importante de la biodiversité, participa à l'atténuation du réchauffement climatique tout en atténuant les pressions anthropiques, en s'inspirant des Solutions fondées sur la Nature (*Services écologiques des écosystèmes marins IUCN France fev 2014*). Tous les acteurs concernés par ce projet seront appelés pour participer ou être consultés.



Session 4 - Aller plus loin dans l'analyse des pressions

Animation de la session : Gauthier Schaal (Université de Bretagne Occidentale)

La caractérisation de l'état de santé des écosystèmes côtiers rocheux requière, au-delà d'une connaissance approfondie de leur faune et flore associée, des informations sur les pressions d'origine humaine et naturelle qui pèsent sur ces écosystèmes, un cadre d'analyse intégrateur permettant une hiérarchisation de ces pressions et de leurs impacts respectifs, et leur traduction en matière de textes réglementaires permettant une gestion efficace de ces espaces naturels. Bien que ces milieux aient très tôt fait l'objet de nombreuses études visant à comprendre l'influence de perturbations anthropiques sur leur dynamique écologique (p.ex. Southward & Southward 1978), la caractérisation des pressions pesant sur les écosystèmes rocheux de la façade Manche Atlantique reste encore très lacunaire. Cela est en lien notamment avec certaines particularités locales (pressions essentiellement liées à une exploitation artisanale des ressources, distribution spatiale des pressions potentielles peu renseignée) ou à l'émergence de nouvelles pressions (ex. le développement d'infrastructures en mer ou sur le littoral, engendrant une artificialisation de l'habitat rocheux).

La session « aller plus loin dans l'analyse des pressions » a accueilli 9 présentations données par des orateurs issus de différentes institutions de recherche, gestion de l'environnement, ou d'organisations professionnelles afin d'aborder les points établis précédemment.

Les conséquences de l'émergence de milieux rocheux artificiels, en lien avec le développement des énergies marines renouvelables ou des infrastructures portuaires ont été abordées et ont permis la mise en évidence d'une absence de consensus en matière de similarité entre les communautés des milieux naturels et artificiels. Si les mêmes espèces sont parfois observées entre milieux naturels et artificiels (avec néanmoins de fortes divergences dans les patrons de dominance), on observe en milieu portuaire une prévalence des espèces non indigènes, largement moins représentées en milieu rocheux naturel. L'exploitation de ces nouveaux habitats par la faune mobile, y compris par des espèces pouvant faire l'objet d'une exploitation commerciale, est une priorité stratégique dans une perspective d'évaluation des services écosystémiques associés à ces nouveaux habitats. Des stratégies dédiées, utilisant des approches innovantes, telles que l'acoustique passive, sont d'ores et déjà mises en place dans le cadre du programme Fish Intel en Manche pour comprendre l'exploitation des habitats rocheux par différentes espèces de poissons et crustacés.

Une autre pression ayant été abordée concerne les prélèvements par les exploitants d'algues (algues de rive sur l'estran et laminaires embarquées). L'activité, si elle est ancestrale, est actuellement en plein développement en lien avec une demande industrielle et sociétale croissante. Si la gestion actuelle de cette ressource, fruit d'une collaboration entre organisation professionnelles, structures de gestion de

l'environnement et scientifiques, semble ne pas soulever d'inquiétude majeure (stabilité relative de la biomasse), les conséquences de l'exploitation professionnelle des algues à l'échelle des écosystèmes restent encore totalement méconnues. Un effort conséquent devrait ainsi être porté vers la caractérisation de ces effets, sur la biodiversité associée aux champs d'algues intertidaux et subtidaux en particulier.

Des approches intégrées visant à combiner les différentes pressions pour estimer l'état de santé des écosystèmes ont pu être présentées. De telles approches ne peuvent s'affranchir de suivis à long terme qui permettent de déconvoluer les forçages anthropiques et variations naturelles interannuelles. L'ensemble des participants s'accorde sur la nécessité de poursuivre et de pérenniser de tels suivis. Un point clé dans les suivis concerne la nature des variables observées sur le terrain, qui doit être cohérente avec les objectifs opérationnels du suivi. Différentes stratégies ont pu être illustrées, focalisées sur la biomasse de la ressource ciblée, la présence ou l'abondance de certains taxons cibles, ou l'évolution temporelle du recouvrement de certains assemblages. Les questions d'échelles spatiales et temporelles de ces suivis restent également fondamentales pour caractériser les influences respectives des différentes pressions, qui agissent elles-mêmes à différentes échelles. Le cadre opérationnel permettant l'intégration des différentes pressions est existant, comme illustré par les matrices activité - pression (DCSMM) ou les matrices d'analyse de risque pêche en zone Natura 2000, qui pourraient être étendues en dehors de ce périmètre. Il reste néanmoins important de spatialiser ces informations, et de les asseoir sur des bases scientifiques, ce qui implique potentiellement une capacité à moduler, en fonction de considérations locales, l'importance relative de différentes pressions.

Cette session aura permis d'illustrer la nécessité criante de regrouper les différents acteurs du milieu marin côtier (gestionnaires, professionnels, scientifiques) pour dessiner les contours de ce qui sera la gestion de l'environnement et des ressources de demain. Il n'existe pas d'incompatibilité essentielle entre les impératifs de conservation de l'environnement, de ses fonctionnalités et services écosystémiques, et les enjeux humains associés à l'exploitation des ressources naturelles. Cette gestion intégrée implique néanmoins un développement des processus d'acquisition de données non seulement sur les écosystèmes côtiers rocheux, mais également sur les différentes pressions. Ces dernières restent encore largement à caractériser dans leur dimension spatiale et temporelle, mais également en lien avec les nouveaux usages du milieu marin.

SPECIES - Interactions des câbles sous-marins avec l'environnement benthique et suivis associés

Bastien Taormina¹, Nolwenn Quillien¹, Morgane Lejart¹, Antoine Carlier², Nicolas Desroy³, Martial Laurans⁴, Jean-François D'Eu⁵, Marine Reynaud⁶, Yves Perignon⁶, Héléna Erussard⁶, Sandrine Derrien-Courtel⁷, Aodren Le Gal⁷, René Derrien⁷, Aurélie Jolivet⁸, Sylvain Chauvaud⁸, Viviane Degret⁹, Damien Saffroy⁹, Jean-Philippe Pagot¹⁰, Agnès Barillier¹⁰

¹France Energies Marines, 525 Av. Alexis de Rochon, 29280 Plouzané, France.

²Ifremer, DYNECO-LEBCO, 1625 route de Saint-Anne, Plouzané, France.

³Ifremer, Laboratoire Environnement Ressources Bretagne Nord, 38 rue du Port Blanc, Dinard 35801, France.

⁴Ifremer, Laboratoire Ressources Halieutiques, 1625 route de Saint-Anne, Plouzané, France.

⁵MAPPEM Geophysics, Bâtiment Tech Iroise, Zone de Mespaol, 1 Rue des Ateliers, 29290 Saint-Renan, France.

⁶Ecole Centrale de Nantes, SEM-REV LHEEA, Rue de Kervenel, Parc de Penn Avel, 44490 Le Croisic, France.

⁷Muséum National d'Histoire Naturelle, Station Marine, Place de la Croix, 29182 Concarneau, France.

⁸TBM Environnement, 2 rue de Suède, Bloc 03, 56400 Auray, France.

⁹RTE, 7C place du Dôme, 92073 Paris La Défense, France.

¹⁰EDF Renouvelables, Paris, France.

Contexte

Dans le cadre des appels d'offres lancés par l'Etat français pour la mise en place et l'exploitation des parcs éoliens en mer posés, la question de l'incidence des câbles électriques sous-marins est régulièrement posée lors des phases de concertation. C'est également un point examiné avec attention par l'autorité environnementale qui évalue les études d'impact réglementaire de projets éoliens. Si les impacts directs des champs électromagnétiques et de la température émis par les câbles sont souvent jugés faibles au sein de la communauté d'experts scientifiques, il existe néanmoins un manque de données issues de suivis environnementaux de projets existants pour lever ces interrogations.

Objectifs

Améliorer la connaissance de l'impact des câbles électriques de raccordement des projets d'énergies marines renouvelables (en phase d'installation et d'exploitation) sur les écosystèmes benthiques côtiers.

Principaux résultats et réalisations

Les travaux du projet SPECIES ont porté principalement sur la phase d'exploitation, et en particulier l'effet récif des structures posées sur le fond, l'impact du champ électromagnétique et l'effet réserve potentiel sur les habitats benthiques environnants.

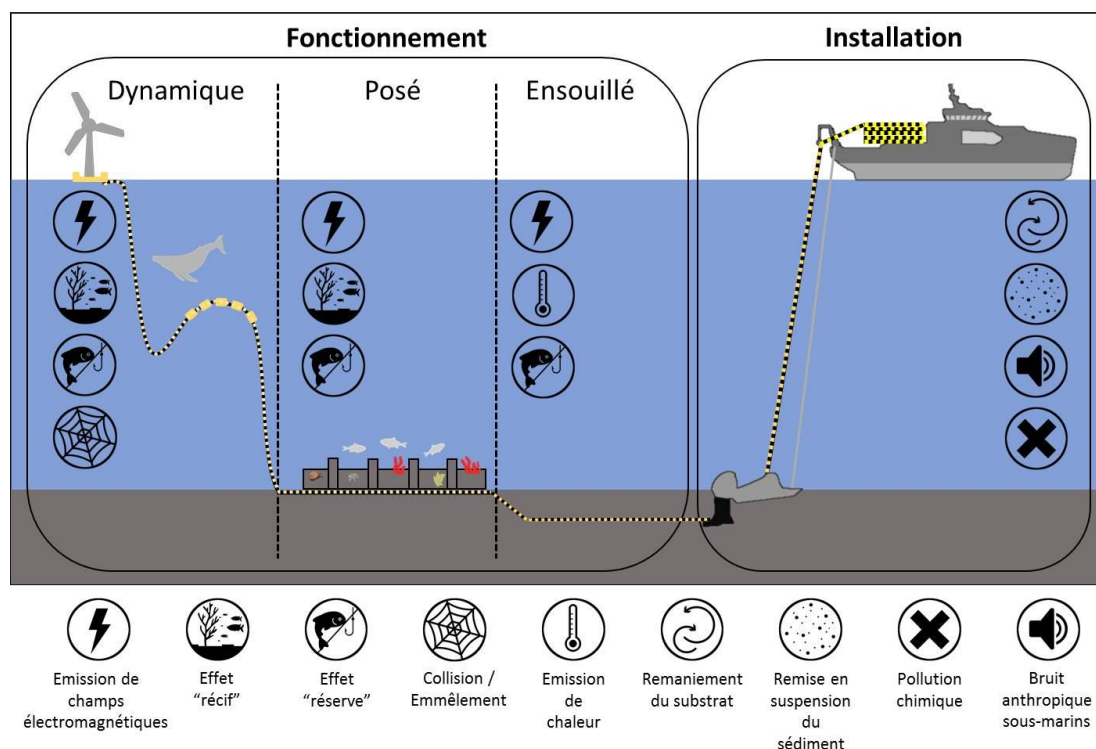


Figure 1 : Principales incidences (directes et indirectes) de l'installation et du fonctionnement des câbles électriques sous-marins sur les écosystèmes benthiques (Taormina et al., 2018).

Évaluation de l'effet récif des câbles sous-marins et des structures associées

Un suivi pluriannuel des communautés épibenthiques associées aux structures de protection et de stabilisation du câble de Paimpol-Bréhat a été mené sur la base de photos-quadrate réalisées en plongée. Il en ressort que la structure de ces communautés est plus riche que celle de l'habitat naturel environnant (davantage soumis à la dynamique sédimentaire), mais n'est toujours pas stabilisé 5 ans après l'installation du câble. On a pu noter au démarrage de cette succession écologique, une densité non négligeable d'espèces introduites, qui ont ensuite diminué au profit d'espèces plus structurantes (laminaires). L'étude a également montré que les 120 matelas de béton stabilisateurs offrent un habitat approprié et durable pour les cinq taxons de poissons et crustacés suivis. De façon similaire, les structures de raccordement du site d'essais SEM-REV (le hub et l'ombilical) sont fréquemment colonisés par les congres, les homards et les tourteaux. En revanche, les plongées sur ce site étant compliquées, le suivi de l'effet récif n'a pu être réalisé que ponctuellement, avec un ROV.

Caractérisation *in situ* des modifications de champ électromagnétique et de température

Les champs électromagnétiques produits par les câbles électriques sous-marins ont, jusqu'à présent, fait l'objet de très peu de mesures *in situ* au regard du nombre de câbles déjà déployés dans les océans à travers le monde. Les valeurs de champs générés sont plutôt estimées sur la base de modèles. Dans ce contexte, l'objectif de ce volet était de mesurer précisément l'intensité des champs électriques et magnétiques au niveau de plusieurs câbles en exploitation (IFA 2000, Jersey-Cotentin), ainsi que les fluctuations temporelles de ces champs (Site d'essais du SEM-REV).

Concernant la température des câbles, les données acquises (avec une précision de 0,06 °C) au niveau de la connexion Jersey-Cotentin et des sites d'essais de Ouessant et du SEM-REV n'ont révélé aucun échauffement à leur surface (sans coques de protection), et donc dans leur environnement immédiat. Les câbles de la connexion Jersey-Cotentin présentant une forte puissance, l'impact écologique lié à la température des câbles posés sur le fond en période de fonctionnement est vraisemblablement négligeable.

Les champs magnétiques mesurés au-dessus des câbles IFA2000 (France-Angleterre) grâce à l'outil PASSEM, étaient de quelques centaines de nanoTeslas à 10 m des câbles. Le champ électrique mesuré était uniquement dû aux fréquences parasites présentes, elles-mêmes liées au redressement du courant en amont du câble. Ces mesures ont également permis, de manière inattendue, d'identifier un signal électrique significatif au droit du tunnel sous la Manche. Les champs électromagnétiques enregistrés à proximité des câbles Jersey-Cotentin et du SEM-REV, grâce à l'outil STATEM, étaient très bien corrélés avec l'intensité du courant électrique transitant et reflétaient parfaitement la phase de production électrique maximale sur le site d'essais. Les valeurs de champ magnétique obtenues étaient de quelques nanoTeslas à 4 m du câble Jersey-Cotentin et 0,5 à 6 nT à 2 m du hub du SEM-REV.

Caractérisation expérimentale de l'impact des champs électromagnétiques sur le benthos

Il n'a pas été possible, dans le cadre du projet SPECIES, d'évaluer *in situ* l'impact potentiel des champs électromagnétiques sur les organismes benthiques. Des études en laboratoire, ciblant deux espèces modèles (le homard européen et la coquille Saint-Jacques), ont donc été menées, en collaboration avec l'institut norvégien de recherches marines et Océanopolis.

La première expérimentation a montré que les champs magnétiques artificiels, qu'ils soient statiques ou variables dans le temps, n'impactent pas le comportement des juvéniles de homard européen pour les intensités testées (autour de 200 μ T). La capacité des animaux à trouver un abri après une exposition d'une semaine demeurait inchangée et aucun phénomène d'attraction ou de répulsion aux champs magnétiques artificiels n'a été mis en évidence.

La deuxième expérimentation, menée sur la coquille Saint-Jacques, a soumis différents groupes d'individus à des expositions rapide (une minute) ou longue (une heure), ponctuelles ou intermittentes, et ce, plusieurs fois par jour et avec deux intensités de champ magnétique différentes : 80 et 600 μ T. Dès la deuxième journée d'exposition, une nette diminution de l'activité était observée, quelle que soit la valeur de champ appliquée. Cette activité minimum s'est poursuivie ensuite tout au long de l'expérimentation. L'activité nocturne était moins impactée. L'activité réalisée lors des périodes d'exposition pouvait être réactivée lors de la distribution de nourriture.

Élaboration de recommandations pour les futures évaluations d'impact

A l'issue des synthèses bibliographiques et des travaux réalisés *in situ* et en laboratoire, le projet SPECIES a permis de proposer des stratégies de suivi *in situ* pour i) mesurer précisément le niveau de perturbation (champs électromagnétiques,

température) généré par un câble en fonctionnement, et ii) évaluer l'impact potentiel de ce raccordement électrique sur les habitats et espèces benthiques (dans le champ proche des câbles et/ou sur les structures artificielles associées). Il est précisé les avantages et limites des différentes approches existantes, en fonction de la question scientifique posée (description de l'effet récif, évaluation de l'impact sur les fonds naturels, à proximité immédiate ou à distance (effet réserve)). L'imagerie sous-marine, télé-opérée ou déployée par des plongeurs, est une méthode non destructive offrant de multiples avantages pour les suivis extensifs et sur le long terme, notamment sur des zones difficiles d'accès. Un rapport de synthèse du projet SPECIES rassemble toutes ces recommandations, et propose des perspectives pour le suivi des raccordements des futurs projet EMR (éolien flottant par ex).

Conclusion

Au cours du projet SPECIES, aucun impact négatif majeur des câbles électriques sous-marins n'a été mis en évidence sur les écosystèmes benthiques. L'effort de recherche initié doit être poursuivi car certaines problématiques demeurent insuffisamment documentées, comme l'incidence des champs électromagnétiques sur les organismes marins (même si la littérature scientifique s'enrichit depuis peu sur cette question). Le projet a été une réelle opportunité pour développer et tester des outils de mesure de champs électromagnétiques en mer. Il a également permis de définir des protocoles de suivi et des recommandations pour étudier l'impact des câbles électriques sur les écosystèmes des fonds marins.

Stratégies de suivi pour identifier et évaluer les effets des parcs éoliens offshore et leur raccordement sur les peuplements de poissons

Lydie Couturier¹, Pierre Labourgade¹, Jérôme Bourjea², Eric Feunteun³, Philippe Lenfant⁴, Martial Laurans⁵, Thomas Trancart³, Mathieu Woillez⁵, Jan Reubens⁶, Emma Sheehan⁷

¹France Energies Marines, Plouzané, France

²Ifremer, MARBEC, Sète, France

³Muséum National d'Histoire Naturelle, Dinard, France

⁴Université de Perpignan, CEFREM, Perpignan, France

⁵Ifremer, LBH, Plouzané, France

⁶Flanders Marine Institute (VLIZ), Belgium

⁷University of Plymouth, Plymouth, Royaume Uni

Les effets potentiels des parcs éoliens en mer sur les peuplements de poissons

Le développement des parcs éoliens offshore est aujourd'hui en plein essor, notamment en Europe. Ces infrastructures génèrent des modifications de l'habitat au sein des écosystèmes marins ayant un impact potentiel sur les communautés biologiques (Langhamer 2012, Reubens et al. 2013a, Causon & Gill 2018). Les parcs éoliens en mer peuvent agir comme des récifs artificiels pour certaines communautés ichthyologiques avec des espèces présentant une forte résidence pour ces milieux (Reubens et al. 2013b, Stenberg et al. 2015). De plus, les câbles électriques sous-marins, qui relient les éoliennes entre elles et raccordent le parc éolien à la côte, génèrent des champs électromagnétiques qui peuvent affecter le comportement d'espèces électro- et magnéto-sensibles (Hutchison et al. 2020, Gill & Desender 2020). La forte croissance de l'éolien offshore risque d'amplifier ces effets mais les informations existantes sur leurs conséquences sur les communautés ichthyologiques restent aujourd'hui encore insuffisantes.

Ces effets doivent être identifiés et quantifiés par une surveillance complète et à long terme, compte tenu des fonctions écologiques et de l'importance socio-économique des poissons. Les données empiriques sur ces effets sont encore limitées car les plans d'échantillonnage des suivis conventionnels utilisés dans les études d'impacts des parcs éolien en mer ne sont pas entièrement adaptés pour détecter les effets associés et répondre aux questions de la société. Les réglementations d'accès aux sites et les spécificités des parcs éolien limitent également la capacité à mettre en œuvre certaines méthodes de surveillance. Il est donc nécessaire de développer des stratégies méthodologiques efficaces pour surveiller les populations de poissons. En outre, le déploiement d'infrastructures de surveillance continue à l'échelle régionale (ex. la Manche), intégrant les sites de développement de parcs éoliens en mer, est un élément clé pour l'amélioration des connaissances sur la dynamique spatio-temporelle des peuplements de poissons. Ce type d'infrastructures régionales permet aussi l'accès à des méthodes adaptées pour des évaluations efficaces de l'impact environnemental des futurs projets d'énergies marines renouvelables.

Suivre le comportement et les déplacements des poissons

Les avancées technologiques en matière de suivi des animaux aquatiques ont rendu possible des observations à distance quasi-continue des animaux marins après leur capture initiale. Des marques archive (ou de stockage de données) qui recueillent et stockent des données environnementales pendant plusieurs années ont été attachées avec succès sur des individus d'espèces et ont fourni de nouvelles informations sur le comportement animal (par exemple, de Pontual et al. 2019). Cependant, leur application à court terme est limitée par la nécessité de récupérer les données afin de les télécharger. Ces exigences sont souvent difficiles à satisfaire lors du suivi d'animaux cryptiques ou de crustacés qui perdent leur exosquelette de façon saisonnière.

La télémétrie acoustique passive permet d'obtenir des données à haute résolution temporelle et spatiale sur le comportement et les déplacements des espèces, car le suivi peut être effectué en continu et simultanément à plusieurs endroits/habitats, sur de longues périodes et sur plusieurs individus (Donaldson et al. 2014, Couturier et al. 2018, Heupel et al. 2019). La télémétrie acoustique passive permet donc de développer une image plus complète de l'utilisation et de l'occupation de l'habitat des individus sur une base continue de 24 h. Un placement pertinent des récepteurs acoustiques peut fournir un aperçu à petite échelle des schémas d'occupation des poissons dans leur habitat et de la façon dont ils peuvent être liés au comportement individuel (par exemple, Armstrong et al. 2021). À grande échelle, le déploiement de récepteurs sur plusieurs sites clés le long du littoral peut fournir des informations sur les mouvements régionaux d'espèces hautement mobiles et sur la connectivité entre les habitats (Couturier et al. 2018, Huveneers et al. 2021).

Cette technologie se base sur la détection du signal sonore d'un émetteur (marque acoustique) placé sur les animaux, par un hydrophone (récepteur acoustique). L'utilisation d'émetteurs disposant d'un signal sonore individuel et le déploiement d'un réseau de récepteurs permettant la détection et l'identification de ces émetteurs permet ainsi d'étudier les déplacements et les comportements des individus dans le temps et l'espace. Cette méthode permet de déterminer différents processus écologiques, notamment de comprendre comment une espèce connecte et utilise les différents habitats, information essentielle pour mieux comprendre son rôle dans l'écosystème, ainsi que l'effet d'une modification d'habitat comme l'implantation d'un parc éolien en mer.

Collaboration mutlipartenaires pour un suivi à large échelle

Les deux projets collaboratifs FISH INTEL et FISHOWF s'inscrivent dans ce contexte et se base sur la télémétrie acoustique pour étudier le comportement et les déplacements de plusieurs espèces de poissons. Ces projets contribuent au développement de réseaux régionaux de télémétrie acoustique, qui intègrent plusieurs zones de développement de parc éolien en mer en Manche ainsi que sur les côtes françaises de l'Atlantique et de la Méditerranée.

Nous présenterons ici ces deux projets à grande échelle et leurs objectifs spécifiques, ainsi que nos résultats sur :

1. la mise en place de collaborations avec les parties prenantes locales,
2. le déploiement d'un réseau de télémétrie acoustique compatible dans trois pays,

3. l'analyse des données de suivi des poissons sur plusieurs sites.

Interreg FISH INTEL

FISH INTEL est un projet financé par le programme INTERREG Manche, d'une durée de 2 ans (2021-2023), coordonnée par l'Université de Plymouth et qui comprend 12 organisations partenaires au Royaume-Uni, en France et en Belgique. FISH INTEL vise à accroître les connaissances sur les mouvements des poissons et l'utilisation de l'habitat pour aider les gestionnaires à mieux protéger les habitats essentiels des poissons à travers sept sites pilotes en Manche. Ses objectifs sont :

- Déployer un réseau de télémétrie acoustique et suivre les déplacements et les habitats préférentiels d'espèces marines d'importance sur sept sites pilotes en Manche, dont deux sites incluant des zones EMR.
- Partager les données obtenues avec les acteurs clés du projet, les gestionnaires et les décideurs politiques afin de faciliter la mise en œuvre de programmes de gestion écosystémique des pêches en Manche.

Depuis son lancement, les partenaires du projet FISH INTEL se sont attelés à la planification et au déploiement du réseau de télémétrie acoustique au sein des différents sites pilotes, au marquage des espèces ciblées et à la sensibilisation des différents acteurs locaux. Côté français, les partenaires (Ifremer, FEM) ont organisé le déploiement du matériel de télémétrie acoustique nécessaire aux suivis au sein des trois zones pilotes françaises : positions des récepteurs et conditions d'accès aux sites en concertation avec les développeurs des parcs éoliens en mer, les comités régionaux de pêche, les pêcheurs professionnels et les gestionnaires des parcs marins et réserves naturelles. Les campagnes en mer de déploiement du réseau ont débuté en avril 2022. Les activités de marquage des espèces cibles ont eu lieu entre mai et juillet 2022.

FISHOWF

FISHOWF est un projet collaboratif piloté par France Energies Marines réunissant 14 partenaires de France et de Belgique d'une durée de 3 ans (2021-2024). Ses objectifs sont i) de suivre la fréquentation, l'utilisation de l'habitat et les mouvements individuels de poissons par télémétrie acoustique pour identifier les effets des parcs éoliens en mer et de leur raccordement à différentes échelles spatiales ; ii) de fournir des recommandations sur des stratégies méthodologiques utilisant la télémétrie acoustique pour mettre à jour les méthodes réglementaires d'évaluation de l'impact sur l'environnement, iii) de proposer une approche combinée efficace utilisant des méthodes innovantes et complémentaires pour examiner les effets des parcs éoliens offshore et de leurs raccordements sur les peuplements de poissons.

Depuis son lancement, l'équipe projet s'attache (i) à organiser le déploiement du matériel de télémétrie acoustique nécessaire aux suivis au sein des parcs éoliens en mer en cours de construction : conditions d'accès aux sites, positions des récepteurs au sein des parcs en concertation avec les activités de construction, la pêche et les enjeux du projet ; et (ii) à déterminer, avec les partenaires et autres parties prenantes, les espèces prioritaires à suivre et la planification des activités de marquage. En tout, douze espèces prioritaires ont été retenues, dont 7 espèces sur 3 sites en Manche / Atlantique et 5 espèces dans le Golfe du Lion en Méditerranée, qui seront marquées dès l'été 2022.

Conclusion

Les réseaux de télémétrie acoustique mis en place au travers de ces deux projets soutiennent clairement la mise en œuvre de stratégies appropriées et innovantes pour étudier les dynamiques spatio-temporelles des peuplements de poissons. Ils permettront notamment de mieux comprendre les effets de différentes activités anthropiques, dont le développement des énergies marines renouvelables sur ces organismes et leurs habitats. Ces réseaux d'observation contribuent ainsi au développement d'un réseau de surveillance des habitats rocheux subtidiaux de la façade Manche.

Bibliographie

- Armstrong AO, Armstrong AJ, Bennett MB, Richardson AJ, Townsend KA, Everett JD, Hays GC, Pederson H, Dudgeon CL (2021) Mutualism promotes site selection in a large marine planktivore. *Ecol Evol* 11:5606–5623.
- Causon PD, Gill AB (2018) Linking ecosystem services with epibenthic biodiversity change following installation of offshore wind farms. *Environ Sci Policy* 89:340–347.
- Couturier LIE, Newman P, Jaine FRA, Bennett MB, Venables W, Cagua EF, Townsend KA, Weeks SJ, Richardson AJ (2018) Variation in occupancy and habitat use of *Mobula alfredi* at a major aggregation site. *Mar Ecol Prog Ser* 599:125–145.
- Donaldson MR, Hinch SG, Suski CD, Fisk AT, Heupel MR, Cooke SJ (2014) Making connections in aquatic ecosystems with acoustic telemetry monitoring. *Front Ecol Environ* 12:565–573.
- Gill AB, Desender M (2020) 2020 State of the Science Report, Chapter 5: Risk to Animals from Electromagnetic Fields Emitted by Electric Cables and Marine Renewable Energy Devices. Pacific Northwest National Lab. (PNNL), Richland, WA (United States).
- Heupel MR, Lédée EJI, Udyawer V, Harcourt R (2019) Acoustic telemetry: an essential sensor in ocean-observing systems. In: *Challenges and Innovations in Ocean In Situ Sensors: Measuring Inner Ocean Processes and Health in the Digital Age*, Elsevier. Delory E, Pearlman J (eds) Elsevier, Amsterdam, Netherlands, p 135–147
- Hutchison ZL, Gill AB, Sigray P, He H, King JW (2020) Anthropogenic electromagnetic fields (EMF) influence the behaviour of bottom-dwelling marine species. *Sci Rep* 10:4219.
- Huveneers C, Jaine FRA, Barnett A, Butcher PA, Clarke TM, Currey-Randall LM, Dwyer RG, Ferreira LC, Gleiss AC, Hoenner X, Ierodiaconou D, Lédée EJI, Meekan MG, Pederson H, Rizzari JR, van Ruth PD, Semmens JM, Taylor MD, Udyawer V, Walsh P, Heupel MR, Harcourt R (2021) The power of national acoustic tracking networks to assess the impacts of human activity on marine organisms during the COVID-19 pandemic. *Biol Conserv* 256:108995.
- Langhamer O (2012) Artificial Reef Effect in relation to Offshore Renewable Energy Conversion: State of the Art. *Sci World J* 2012:1–8.
- de Pontual H, Lalire M, Fablet R, Laspougeas C, Garren F, Martin S, Drogou M, Woillez M (2019) New insights into behavioural ecology of European seabass off the West Coast of France: implications at local and population scales. *ICES J Mar Sci* 76:501–515.
- Reubens JT, Braeckman U, Vanaverbeke J, Van Colen C, Degraer S, Vincx M (2013a) Aggregation at windmill artificial reefs: CPUE of Atlantic cod (*Gadus morhua*) and pouting (*Trisopterus luscus*) at different habitats in the Belgian part of the North Sea. *Fish Res* 139:28–34.
- Reubens JT, Pasotti F, Degraer S, Vincx M (2013b) Residency, site fidelity and habitat use of Atlantic cod (*Gadus morhua*) at an offshore wind farm using acoustic telemetry. *Mar Environ Res* 90:128–135.
- Stenberg C, Stottrup JG, van Deurs M, Berg CW, Dineesen GE, Mosegaard H, Grome TM, Leonhard SB (2015) Long-term effects of an offshore wind farm in the North Sea on fish communities. *Mar Ecol Prog Ser* 528:257–265.

Structure multi-échelles des communautés associées aux macroalgues colonisant les ports de plaisance

Jean-Charles Leclerc¹, Maéva Gonzalez¹, Jean-Philippe Pezy², Aurore Raoux², Céline Houbin³, Caroline Broudin³, Stéphane Loisel¹, Romain Crec'hriou³, Laure Sevin¹, Claire Daguin-Thiébaud¹, Aline Migné¹, Jérôme Coudret¹, Céline Houbin³, Dominique Davoult¹, Cécilé Massé⁴, Eric Thiébaud¹

¹Sorbonne Université, CNRS, UMR 7144 AD2M, Station Biologique de Roscoff, Place Georges Teissier, 29680 Roscoff, France.

²UNICAEN, Laboratoire Morphodynamique Continentale et Côtière, CNRS UMR 6143 M2C, Université de Normandie, 24 rue des Tilleuls, 14000 Caen, France.

³Sorbonne Université, CNRS, FR2424, Station Biologique de Roscoff, Place Georges Teissier, 29680 Roscoff, France.

⁴UMS AFB-MNHN-CNRS Patrimoine Naturel, Station marine d'Arcachon, 2 rue du Professeur Jolyet, 33120 Arcachon, France.

Parmi les nombreuses pressions environnementales impactant les milieux marins figure la prolifération d'infrastructures artificielles en réponse à diverses activités humaines professionnelles, récréatives et commerciales (e.g. pêche, commerce, tourisme, protection littorale, extraction et production énergétique, aquaculture). L'empreinte de ces infrastructures touche des zones côtières aux interfaces (e.g. ports et structures aquacoles dans des baies, estuaires et lagons) et s'étend vers des milieux marins toujours plus ouverts (e.g. champs d'éoliennes ou plateformes en haute mer). Les surfaces dures de ces infrastructures ont la particularité d'être colonisées par des assemblages dits « nouveaux », c'est à dire distincts de ceux qui colonisent les substrats durs naturels, et dont le fonctionnement est peu compris. En réponse à un ensemble de facteurs abiotiques et biotiques souvent difficiles à dissocier, certaines de ces infrastructures confèreraient un avantage disproportionné à des espèces opportunistes ou résistantes aux stress, souvent non-indigènes (ENI), et faciliteraient leur dispersion naturelle et/ou assistée. Les risques de propagation d'espèces introduites associés sont particulièrement prégnants entre milieux portuaires qui constituent des points chauds d'introductions et de véritables relais d'échanges de propagules et les milieux naturels. Pour autant, même au sein de ces milieux dégradés, un ensemble d'interactions biotiques peuvent se mettre en place à mesure que les espèces s'assemblent et ainsi contribuer à limiter la propagation de certaines ENI. Cette résistance biotique peut notamment émerger d'interactions directes négatives (prédation, compétition) et positives (facilitation) ou indirectes (i.e. en cascades), particulièrement importantes dans les habitats complexes. Comprendre de telles interactions revêt non seulement un intérêt fondamental, mais peut également constituer un levier vers la mise en place de solutions basées sur la nature raisonnées, intégrant les milieux urbains et naturels dégradés. Le projet Kelp me ! vise à comprendre certaines fonctions (production de nourriture, fourniture d'habitat) associées aux espèces fondatrices (ou plus généralement ingénieuses) colonisant les pontons de ports de plaisance, et plus particulièrement aux grandes macroalgues de l'ordre des Laminariales. Afin d'identifier les mécanismes qui pourront être quantifiés expérimentalement par la suite, le premier volet de ce projet a consisté à réaliser au printemps 2022 une description de la structure des communautés benthiques et démersales associées aux pontons

flottants de milieux portuaires, à de multiples échelles spatiales (intra-ports, inter-ports et inter-régions), et à établir certaines co-variations entre compartiments (macroalgues, macrofaune, poissons). Dix-huit ports répartis dans trois écorégions distinctes, entre le nord de l'estuaire de la Loire et le Pays de Caux ont été prospectés. D'importantes variabilités ont été mises en évidence à ces différentes échelles et reflètent les conséquences d'un ensemble de processus naturels (biogéographiques) et anthropiques (procédures de gestion portuaire, transport assisté de propagules). Ce protocole d'échantillonnage, ayant vocation à être transférable, permettra d'amender les stratégies de suivis de la biodiversité dans ces milieux particuliers.

Spatialisation des pressions anthropiques des habitats rocheux de la baie de Saint-Jean-de-Luz

Guillaume Paquignon¹, Solène Niqueux², Lucie Pages², Guilhem Autret¹, Cassandre Lefebvre², Athénaïs Groizard², Thomas Scourzic²

¹OFB, Bordeaux, France.

²SEANEO, Mont de Marsan, France.

Introduction

La prise en compte des pressions anthropiques dans le cadre de l'évaluation de l'état écologique des habitats rocheux est en plein essor. La Directive Cadre sur l'Eau, la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) et la Directive Habitat Faune Flore structurent cette dynamique. Les principales activités potentiellement impactantes sont bien identifiées dans les plans de gestion des aires marines protégées ou les Documents Stratégiques de Façade (DSF). Ces dernières années, la spatialisation des activités de pêche a fait d'énorme progrès dans le cadre de l'élaboration des analyses de risque d'impact des activités de pêche dans les Aires Marines Protégées (AMP). L'artificialisation du littoral est aussi mieux cartographiée grâce aux travaux conjoints du Cerema et du Bureau de recherches géologiques et minières (BRGM). Les pressions liées à la qualité de l'eau sont aussi bien illustrées dans les états des lieux des masses d'eaux côtières et de transition des Schémas Directeurs d'Aménagement et de Gestion des Eaux. Néanmoins, la définition et la spatialisation des pressions inhérentes aux activités et aux espèces non indigènes restent encore un champ considérable à développer.

Dans le cadre de l'élaboration du Document d'Objectifs (DOCOB) du site Natura 2000 « FR7200785 – LA NIVELLE (ESTUAIRE, BARTHES ET COURS D'EAU) », les activités (hors pêche professionnelle) et les pressions associées ont été spatialisées ce qui a permis d'obtenir une cartographie et la proportion des habitats rocheux soumis aux différentes pressions (physique, chimique, biologique...).

Méthodologie pour la spatialisation des activités

Typologie des activités

La dénomination des activités utilisée est issue de l'Arrêté du 11 juillet 2018 relatif aux critères et méthodes à mettre en œuvre pour l'élaboration des deux premières parties du document stratégique de façade. Les travaux de l'OFB (référentiels « activités ») et du Museum National d'Histoire Naturelle⁷ (MNHN) ont permis de préciser les différents types d'activités.

Cartographie des activités

Pour l'élaboration des cartes d'activités, les sources d'information utilisées ont été :

- les zones d'activités règlementaires ou non déjà géoréférencées par l'Etat, les opérateurs publics et les gestionnaires d'AMP ;

⁷ La Rivière M., 2016. Synthèse des liens potentiels existant entre les activités anthropiques et les pressions physiques en milieu marin. SPN-MNHN / INPN, mars 2016.

- les zones d'activités observées par analyse de photos aériennes ou lors de prospections terrain.

Ces informations ont été compilées dans un Système d'Information Géographique (SIG) avec une table attributaire « Activités ».

Méthodologie pour la spatialisation des pressions

Typologie des pressions

Le libellé des pressions est choisi au sein de :

- la matrice activités/pressions utilisée pour le 2^{ème} cycle DCSMM (suite à la consultation des Pilotes scientifiques - 20/10/2017);
- référentiels OFB (technico-économique) et si nécessaire, la matrice activités/pressions (La Rivière M., 2016)¹ pour les pressions physiques.

Cartographie des pressions

Pour l'élaboration des cartes de pressions, les sources d'information utilisées ont été :

- les zones d'activités pour lesquelles une ou plusieurs pressions ont été déterminées grâce aux deux matrices citées précédemment ;
- les pressions observées par analyse de photos aériennes ou lors de prospections terrain pour des pressions ne pouvant être reliées à une activité géoréférencée (déchets, présence d'espèce exotique envahissante, etc.).

Concernant la pression de perturbation physique engendrée par l'artificialisation autour des ouvrages, une distance « tampon » de 10 m.

Concernant la pression engendrée par les mouillages fixes ou les rejets directs en mer, et représentée par un point, un cercle de 25 m² autour de chaque point est appliqué.

Ces informations ont été compilées dans un SIG avec une table attributaire « Pressions ». Grâce au SIG, les zones de pressions ont été superposées aux habitats rocheux intertidaux et subtidaux.



Crédit : Mathieu Foulquié

Résultats

Tout d'abord, ce travail a permis d'obtenir une matrice activités/pressions spécifique au site Natura 2000. Pour les habitats rocheux, les pressions cartographiées sont :

- la modification des conditions hydrodynamiques engendrée par les aménagements littoraux ;
- le changement d'habitat engendré par l'artificialisation de certaines zones ;
- les apports de déchets par les réseaux urbains, les zones de mouillage et le tourisme balnéaire ainsi que l'apport d'eau polluée par les réseaux urbains ;
- l'abrasion peu profonde due au ragage des chaînes de mouillage ;
- le tassement induit par le piétinement lié à la fréquentation (cas des plaquages d'hermelles) ;
- les pressions biologiques (la perturbation ou le prélèvement des espèces par le tourisme balnéaire et la pêche à pied).

Ensuite, un atlas cartographique des habitats rocheux soumis à une ou plusieurs pressions a été produit. Par exemple, la figure 1 illustre le cas de l'habitat rocheux infralittoral en mode abrité.

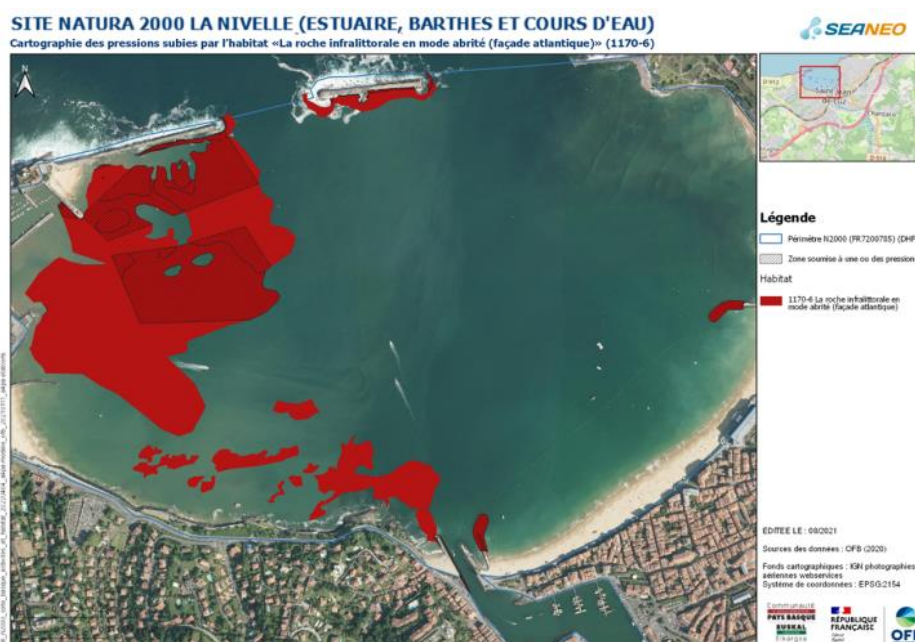


Figure 1 : Cartographie de « la roche infralittorale en mode abrité » soumis à une ou plusieurs pressions

Enfin, la superficie de chaque pression et la superficie des habitats soumise à chaque pression ont été calculées. Par exemple, 37 % de la superficie totale de l'habitat rocheux infralittoral en mode abrité est soumis à une ou plusieurs pressions. Le détail est mentionné en figure 2.

Pressions	Superficie de la pression (m ²)	Habitat soumis à la pression (%)
Modification des conditions hydrodynamiques	5870	1.7
Changement/perte d'habitat	6981	2
Abrasion peu profonde	118155	34.4
Substances, déchets et énergie	119756	34.9

Figure 2 : Superficie des pressions et proportion d'habitat soumis à chaque pression

Conclusion

Cette étude a permis de contribuer à l'évaluation de l'état de santé général des habitats rocheux de la baie de Saint-Jean-de-Luz sous le prisme de l'identification des pressions et de leur spatialisation. Elle complète les diagnostics réalisés dans le cadre de l'élaboration du DOCOB. Elle pourra être utilisée pour évaluer le niveau de risque d'impact physique, chimique ou biologique de chaque habitat, en le croisant avec le niveau d'intensité de chaque pression et la sensibilité des habitats à ces pressions. Elle contribuera aussi au renseignement des indicateurs des objectifs environnementaux du DSF Sud Atlantique et du Bon Etat Ecologique au titre du descripteur 6 « Intégrité des fonds marins » de la DCSMM.

Enfin, grâce à ce travail, un test des différentes typologies d'activités et de pressions a été entrepris, ces dernières restant encore à standardiser et à rendre interoperables.

Analyse risque pêche : interactions entre les activités de pêche et les habitats rocheux

Noëlie Debray¹

¹OFB, Nantes, France.

La délégation de façade maritime Atlantique de l'OFB mène, en partenariat avec les comités des pêches concernés et grâce à des financements FEAMP, les « Analyses de risques pêche sur les habitats d'intérêt communautaire ». Les analyses sont menées au sein des sites Natura 2000 de la façade et répondent à une obligation réglementaire (issue de la Loi Biodiversité de 2016). Elles visent à identifier les interactions entre les engins de pêche et les habitats présentant des risques d'atteinte aux objectifs de conservation du site et à proposer des mesures permettant de réduire ces risques. Sur certains secteurs, en présence d'habitats rocheux particulièrement sensibles (ex : forêt de Laminaires et macro-algues, récifs circalittoraux à Gorgones et Roses de mer, etc.), des risques sont identifiés pour certaines activités de pêche. 3 cas concrets rencontrés lors des analyses seront exposés.

- 1 - Analyse risque pêche habitats : avancement sur la façade Atlantique et principe de la méthode
- 2 - Cas 1 : Scoubidou et peigne sur Laminaires : risques et faciès de blocs sensibles – Ex en Baie de Morlaix
- 3 - Cas 2 : Chalut de fond sur récifs à Laminaires / à faune dressée – Ex Houat Hoedic / Groix
- 4 - Cas 3 : Arts dormants (filets, casiers, palangres) sur récifs à couverture algale – Ex Sites Natura 2000 du Pays Basque

Conclusion

L'objectif de cette communication orale est de présenter les cas rencontrés et les interrogations qui se posent pour le traitement de ces sujets, afin d'échanger avec les experts de ce type d'habitats et avec les gestionnaires qui rencontrent les mêmes problématiques.

Projet EVALG : Mise au point de protocoles et d'indicateurs pour l'Évaluation de l'état écologique et des stocks de macroALGues au sein du Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde et de la Mer des Pertuis

Sarah Bouchemousse¹, Anthony Le Bris¹, Tristan Le Goff¹, Jean-Marc Thirion², Julie Vollette², Pierre-Guy Sauriau³, Sophie Richier¹, Rémy Michel¹, Yohan Weiller⁴, Aurélie Dessier⁴

¹CEVA - Centre d'Etude et de Valorisation des Algues, Pleubian, France

²OBIOS - Objectifs BiodiversitéS, Pont-l'Abbé-d'Arnoult, France.

³LIENSs, Université de la Rochelle – CNRS – UMR 7266, La Rochelle, France.

⁴Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde et de la Mer des Pertuis, Marennes, France

Contexte

Les algues de rives sur estrans rocheux constituent un habitat à enjeu majeur de préservation pour le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis (PNMEGMP) ainsi qu'une ressource exploitée par des professionnels de la Charente-Maritime et de la Vendée. Depuis le 5 août 2020, un premier arrêté préfectoral en Charente-Maritime règlemente cette pratique professionnelle, comme cela a été réalisé le 10 janvier 2018 pour les Pays de La Loire. Avec ses 1100 km de côtes (Figure 1), le PNMEGMP porte, à travers le projet EVALG, un besoin de suivi et d'évaluation de l'état des peuplements macroalgaux mais aussi des stocks exploités.

Objectifs

Le projet EVALG vise plus particulièrement le prototypage de protocoles de suivi des peuplements de macroalgues des estrans intertidaux du PNMEGMP. Ce prototypage inclut notamment un design technique, spatial, temporel adapté au contexte professionnel et environnemental du PNMEGMP. Sur la base de ces améliorations scientifiques, techniques et théoriques, le projet EVALG relève de la recherche appliquée et du développement expérimental. Ces deux prototypages de protocole devront permettre, à long terme, de :

- suivre les dynamiques spatiales et temporelles des peuplements de macroalgues et de développer un indicateur de l'état écologique de ces habitats afin de renseigner le tableau de bord du PNMEGMP. Cette nouvelle méthodologie est à développer car il n'existe aujourd'hui aucun indicateur stabilisé permettant la description de l'état écologique des peuplements de macroalgues à l'échelle du PNMEGMP
- suivre les dynamiques spatiales et temporelles des biomasses des principales espèces ou genres de macroalgues exploités, par les professionnels dans le PNMEGMP, fournir une estimation de stocks exploitables pour ces espèces et identifier quels impacts les différents types d'exploitations peuvent avoir sur ces espèces et leurs habitats.



Figure 1 : Périmètre du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des pertuis. Source : OFB, 2017

Etapes du projet

Le projet a été décomposé en 5 tâches distinctes :

- Tâche 1: Synthétiser l'ensemble des données scientifiques, réglementaires et professionnelles existantes sur les macroalgues du PNMEGMP
- Tâche 2: Caractérisation de l'exploitation professionnelle des macroalgues à l'échelle du PNMEGMP
- Tâche 3 : Elaboration de deux protocoles de suivis et formation à leur mise en œuvre

Protocole 1: caractérisation spatiotemporelle des communautés de macroalgues et qualification de leur état écologique à l'échelle du PNMEGMP

Protocole 2: suivi et évaluation de l'évolution de la biomasse des principales espèces exploitées/d'intérêt sur le périmètre du PNMEGMP et mise en relation de cette évolution avec des conditions ou événements environnementaux et des pressions de récolte professionnelle

- Tâche 4 : Déploiement et mise en œuvre des protocoles
- Tâche 5 : Recommandations en vue de la rédaction d'un guide des bonnes pratiques des récoltants d'algues de rives à l'usage des professionnels en Charente-Maritime.

Protocoles établis

Protocole 1: Le protocole établi repose sur l'application de deux approches complémentaires, une approche « transect » et une approche « Inventaire Rapide ».

- L'approche « Transect » consiste à identifier et caractériser la succession d'habitats homogènes le long d'un transect, orienté de la limite supérieure de l'estran vers l'infralittoral, à l'aide de relevés GPS et de l'évaluation du recouvrement total des macroalgues et de la macrofaune fixée.
- L'approche « Inventaire Rapide » consiste à un relevé de taxons présents au sein de chaque habitat homogène identifié précédemment, d'après une liste fermée. La liste fermée comprend 25 taxons de macroalgues caractéristiques, structurantes et/ou abondantes sur l'estran, ainsi que 6 taxons de macrofaune fixée. Par ailleurs, les taxons listés sont identifiables directement sur le terrain par des observateurs non experts en taxonomie.

Vingt-huit sites ont été retenus pour la mise en place de ce protocole (Figure 2). La combinaison de ces deux approches permettra de caractériser les communautés algales et leurs évolutions, tout en prenant en compte les particularités des estrans rocheux du PNMEGMP et sa réplication dans l'espace et le temps par différents opérateurs de terrains.

En complément des 28 sites prévus sur la base du protocole 1, un protocole Directive-Cadre sur Eau (DCE), permettant d'établir la qualité écologique d'une masse d'eau, est prévu sur le site de la Pointe du Parc sur l'île d'Aix (Figure 2). Ce premier suivi, réalisé sur les ceintures de macroalgues de l'estran rocheux, permettra d'évaluer la pertinence de l'intégration de ce site dans les suivis DCE des Masses d'Eau Côtière.

Protocole 2 : Le protocole identifié se base sur les protocoles mis en place dans le cadre du projet « Biomasse Algues » déployé sur le littoral breton. Le protocole consiste dans le suivi non destructif de la biomasse, à l'aide de quadrat et de mesures biométriques, de deux espèces exploitées sur deux sites de l'île de Ré (*i.e.* *Chondrus crispus* et *Fucus serratus*) dans des champs exploités par un récoltant et dans des champs mis en jachère pour la durée du projet. Trois suivis seront effectués entre 2022 et 2023 pour évaluer l'impact de la récolte sur la biomasse de ces algues.

En complément, une évaluation des stocks de biomasse exploitable d'algues de type « fucales » sera mise en place le long des estrans rocheux de l'île d'Oléron. Pour cela, une cartographie des champs de fucales du littoral ainsi qu'une estimation de la biomasse présente, sur la base du même protocole décrit précédemment, seront réalisées en 2022. Cette première évaluation permettra de déterminer l'état des champs de fucales sur l'île, et ainsi d'apporter des éléments de discussion sur la perspective d'exploitation ou de conservation de ces champs.

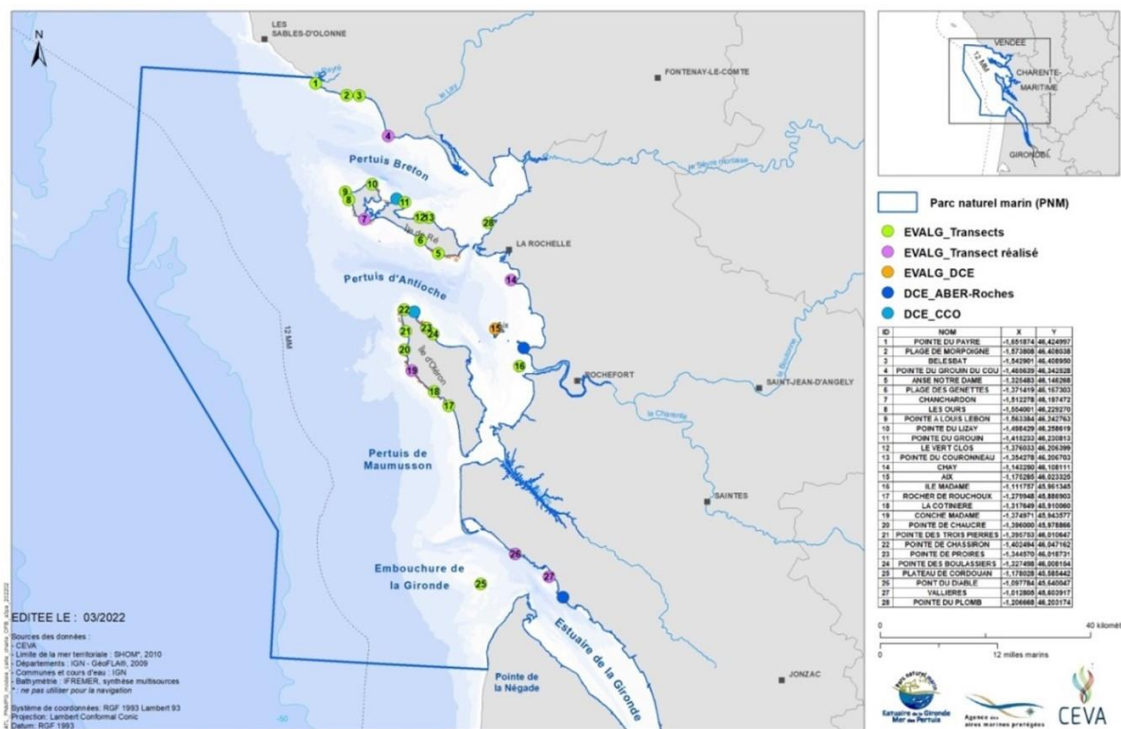


Figure 2 : Localisation des 28 sites sélectionnés pour le protocole 1 du projet EVALG (en vert et mauve), des sites DCE MEC et MET existants (en bleu clair et foncé), ainsi que le site de la Pointe du Parc sur l'île d'Aix (en orange) évalué comme site DCE MEC potentiel. Carte réalisée par le CEVA et éditée en mars 2022.

Conclusion

Le projet, débuté en décembre 2020, est actuellement en cours. La fin est programmée en mai 2023. Actuellement :

- les données pour le protocole 1 ont été obtenues pour 15 sites sur les 28 sélectionnés. Une première analyse sur ces sites permettra d'évaluer, le nombre, l'identité et la surface des ceintures algales, ainsi que l'occurrence et/ou le recouvrement des taxons et espèces de la liste fermée de l'inventaire rapide, au niveau de chaque site et à l'échelle du PNMEGMP.
- un premier suivi, des champs exploités et jachères, a été effectué pour les deux espèces. Le second suivi, prévu en automne 2022, permettra d'avoir une première évaluation de l'impact de la récolte sur la biomasse de ces deux espèces.
- Une première localisation des champs de fucales sur l'île d'Oléron a été effectuée. L'estimation de la surface totale et l'application du protocole sur ces champs, prévu en été 2022, permettra d'obtenir une première estimation de la biomasse de fucales à l'échelle de l'île.

Suivis des stocks d'algues de rive par le CRPMEM Bretagne pour une gestion durable de la ressource

Mathilde Laboulais¹

¹ Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM) de Bretagne, Rennes, France

Contexte : Problématiques de gestion

La Bretagne est la première région de France pour la récolte d'algues. Sur les 66 000 tonnes qui y ont été prélevées en 2021, plus de 10% ont été récoltés à pied sur l'estran par 230 récoltants professionnels disposant d'une autorisation. Le reste provient de la pêche embarquée des laminaires.

La récolte des algues de rive est pratiquée depuis près de sept siècles sur les rivages bretons et on observe un regain d'intérêt pour les algues dont les vertus sont ventées et dont les utilisations se multiplient. Mais cette ressource exploitée constitue aussi un haut-lieu de la biodiversité bretonne où les champs d'algues jouent le rôle d'habitat d'alimentation, de reproduction et sont à la base des réseaux trophiques. Ils sont également identifiés comme des puits de carbone dans un contexte de réchauffement climatique. Alors que la demande en algues de la part des industriels est de plus en plus forte, comment concilier développement de l'économie bleue et enjeux environnementaux de conservation ?

Face à la nécessaire amélioration des connaissances requise pour mettre en place un encadrement de l'exploitation à la hauteur des enjeux environnementaux associés, le CRPMEM a mis en œuvre avec ses partenaires des programmes de suivi des algues de rive et de l'activité de récolte.

La gestion de la récolte d'algues de rive au CRPMEM Bretagne

Présentation du CRPMEM : gouvernance et missions

Le CRPMEM Bretagne est l'organisme professionnel des marins-pêcheurs bretons. Il est dirigé par un conseil de marins élus par l'ensemble de la profession. Son statut est défini par le code rural qui le dote de missions de service public, qu'il exerce en coordination avec les quatre comités départementaux :

- La gestion durable des ressources halieutiques, par un ensemble de licences de pêche. Ce système assure également la bonne cohabitation entre les métiers de pêche et leur compatibilité avec les objectifs de préservation de l'environnement.
- La représentation et la défense des intérêts des professionnels bretons. Le CRPMEM participe à l'élaboration des politiques publiques environnementales, des réglementations sociales ainsi qu'à la planification spatiale maritime.

Les actions du comité s'appuient sur une expertise forte et une appréciation globale des enjeux discutés lors de groupe de travail dédiés et composés de représentants professionnels. Ces compétences sont entretenues et approfondies par l'élaboration ou la participation à de nombreux programmes scientifiques.

Les programmes d'amélioration des connaissances sur les algues de rive :

Biomasse Algues

Ce programme (2016-2019) est porté par le CRPMEB Bretagne avec la participation et le soutien de la région Bretagne, des CDPMEBs bretons, du PNMI, de la Station biologique de Roscoff, d'Agrocampus Ouest et de la société Hytech Imagin. Il vise à améliorer la connaissance des stocks d'algues de rive exploités par des évaluations de biomasse, dans l'objectif de mieux gérer la ressource.

- **Matériel et méthode**

Deux méthodes d'évaluation de la biomasse ont été utilisées : d'une part, une méthode novatrice consistant à utiliser la télédétection hyperspectrale par drone pour connaître la distribution et la biomasse d'algues, proposée par Hytech Imagin et, d'autre part, la méthode classique des quadrats qui consiste à évaluer la biomasse moyenne (en kg/m²) de l'espèce au sein d'un champ avant et après les périodes d'exploitation. Trois espèces sont visées : *Chondrus crispus*, *Palmaria palmata*, *Ascophyllum nodosum*.

- **Résultats et discussion**

Le programme a permis de mettre en place un protocole de suivi de la biomasse en *A. nodosum* et de définir une valeur seuil pour l'ouverture des jachères à la récolte. Un calendrier d'ouverture de celles-ci est désormais défini pour une période de trois ans. Les évaluations de biomasse de *Palmaria palmata* et *Chondrus crispus* ont permis de définir des valeurs moyennes de biomasse au sein des champs les plus exploités. Il y persiste systématiquement de la biomasse à la fin de la période d'exploitation. Ces travaux ont montré les difficultés à suivre et anticiper l'état des stocks de *Palmaria palmata* qui se renouvelle annuellement. Leurs fluctuations dépendent largement de paramètres autres que la récolte (environnementaux notamment). Pour cette raison, le CRPMEB a souhaité poursuivre le travail d'amélioration des connaissances à travers un second programme : le programme Agrid, avec un angle d'approche différent.

Agrid

Ce programme (2019-2022) vise à mieux connaître la biologie et la répartition d'espèces d'algues commerciales et les impacts de diverses intensités et contraintes. L'objectif est de mettre à disposition des informations permettant de faire évoluer le cadre réglementaire actuel qui régit l'activité de récolte. Il est mené en partenariat avec les CDPMEB's du Finistère et des Côtes d'Armor, la Station Biologique de Roscoff et Agrocampus Ouest. Deux espèces d'algues sont particulièrement ciblées : *Ascophyllum nodosum* et *Palmaria palmata*.

- **Matériel et méthode**

A. nodosum est une espèce d'algue pérenne à croissance lente, qui représente 46% du tonnage d'algues récoltées en Bretagne et sa demande est en forte augmentation depuis 2021. Sa récolte est réglementée : elle doit être coupée à plus de 30 cm du crampon et un système de jachère tournante a été mis en place dans le Finistère et les Côtes d'Armor par les récoltants pour assurer un bon renouvellement de la ressource entre les périodes d'exploitation. Afin d'optimiser la récolte de cette algue, différentes actions sont mises en œuvre : des évaluations de biomasses sont réalisées dans et hors des zones en jachères. Deux expérimentations sont également menées : une évaluation

d'impact d'une récolte avant l'été sur la croissance des thalles et le renouvellement de l'espèce, d'une part, et une évaluation d'impact de la récolte à une taille plus importante sur la capacité de régénérescence de la biomasse, d'autre part. Ces expérimentations sont mises en œuvre sur des zones tests délimitées et fermées à la récolte.

P. palmata est une espèce pérenne qui se renouvelle annuellement. Elle représente 7% des tonnages et sa demande est en constante augmentation. Elle fait aussi l'objet d'une réglementation spécifique : sa récolte est interdite en-dessous de 25 cm et les prélèvements sont interdits de janvier à mars. Les expérimentations menées visent à mieux connaître son cycle de vie par des suivis de longueurs, densité, biomasse et reproduction. Elles consistent par ailleurs à évaluer l'impact d'une récolte en-dessous de la taille minimale réglementaire actuelle, celui d'un décalage de la période de repos biologique et de différentes intensités de récolte au cours de l'année. Elles sont également mises en œuvre sur des zones tests où les prélèvements sont contrôlés et comparés à une zone témoin exempte de récolte.

Afin de faire évoluer le cadre de gestion de manière concertée avec les entreprises de récolte, ces dernières sont pleinement impliquées dans l'ensemble des actions et sont systématiquement présentes lors du déploiement des protocoles terrain.

- **Résultats et discussion**

Le programme Agrid se terminera à l'automne et les traitements de données sont en cours. Les suivis réalisés ont déjà fait l'objet d'une application concrète vis-à-vis de la gestion de la ressource : les évaluations réalisées au sein des jachères à *Ascophyllum nodosum* permettent de mettre en place une gestion adaptative et réactive de la ressource par la modification du calendrier d'ouverture des jachères (fermeture anticipée) pour éviter que l'exploitation ne dépasse un seuil critique défini en concertation avec les scientifiques.

Un protocole d'évaluation de l'état de la ressource en *Palmaria palmata* avant l'ouverture de la récolte a par ailleurs été développé afin d'en adapter la date, en concertation avec les professionnels et les scientifiques. Il est désormais utilisé en routine chaque année.

Enfin, les résultats des suivis sur les espèces permettront de produire un nouveau guide réglementaire et des recommandations pour de bonnes pratiques de récolte.

Le suivi de la récolte : une action transversale à ces deux programmes

Concomitamment aux suivis mis en œuvre pour améliorer les connaissances sur la ressource, une base de données a été créée afin de stocker les données déclaratives de récolte fournies chaque mois aux DDTM's bretonnes par les récoltants professionnels. Leur traitement permet de connaître les prélèvements des différentes espèces d'algues à une échelle spatio-temporelle fine car elles sont déclarées de façon journalière et selon un carroyage de 500 x 500m.

On peut ainsi suivre les quantités récoltées à différentes échelles, pertinentes pour la gestion : celles des zones à laquelle sont délivrées les autorisations de récolte par espèce, ce qui permet d'ajuster les contingents de ces autorisations ; celles des champs d'algues ce qui permet par exemple de connaître la production moyenne des jachères à *Ascophyllum nodosum* et d'analyser les données de biomasse obtenues lors des évaluations. Les travaux actuels visent à mettre en relation les quantités récoltées par

champ d'algues et l'effort de pêche fourni dans l'objectif d'évaluer la durabilité de l'activité de récolte professionnelle à une échelle spatiale fine.

Conclusion

La confrontation des données sur la ressource, obtenues lors des suivis de terrain et des données de récolte des professionnels permettent d'adapter le cadre de gestion spécifique à chaque algue mais aussi le cadre général de l'activité de récolte (nombre de licences délivrées). Ce cadre est évolutif et s'appuie sur le meilleur état des connaissances disponible.

Des réflexions sont en cours pour que les travaux futurs répondent aux nouveaux enjeux de la profession : quel encadrement est nécessaire pour la récolte des espèces autrefois peu récoltées et dont la demande est en augmentation ? Quel est l'impact du ramassage des algues échouées sur les plages et peut-on en garantir une exploitation durable et respectueuse de l'environnement par les récoltants d'algues de rive ?

Entre préservation de l'environnement et développement socio-économique du métier de goémonier : un cadre de gestion évolutif pour un double enjeu.

Lehane Prudhomme¹

¹Comité Régional des Pêches Maritimes et des Elevages Marins (CRPMEM) de Bretagne, Rennes, France

Contexte

La Bretagne est la première région de France pour la récolte d'algues. Sur les 70 000 tonnes qui y sont prélevées chaque année, 90% sont récoltés en mer par des navires goémoniers. Historiquement prélevée au scoubidou, la récolte mécanique se diversifie dans les années 90' avec l'arrivée d'un nouvel engin, le peigne, afin d'exploiter la *L. hyperborea*. Ressource naturelle très en vogue ces dernières années, la recherche de nouvelles applications des molécules issues des algues est extrêmement dynamique, dans des domaines très variés allant de la cosmétique aux biostimulants; et la demande en algue bretonne ne cesse d'augmenter.

Par ailleurs, l'ensemble des gisements d'algues constituent des écosystèmes complexes et particulièrement riches, support d'un grand nombre de fonctionnalités écologiques. Ces dernières ont fait l'objet de plusieurs études, notamment en Iroise, plus grand champ d'algues d'Europe, et ne sont plus à démontrer. Ainsi, les grandes forêts de laminaires jouent un rôle essentiel dans la séquestration du carbone atmosphérique et sont également à la base d'un important réseau trophique. De nombreuses espèces (invertébrés, crustacés, poissons...) sont inféodées à ces champs pour tout ou partie de leur cycle de vie : abri, alimentation, reproduction, nurserie, nidification, etc...

Face à cette demande de plus en plus forte des industriels de la filière et aux enjeux de conservation associés aux forêts de laminaires, comment concilier développement de l'économie bleue et enjeux environnementaux de conservation ?

La gestion de l'exploitation des laminaires par le CRPMEM de Bretagne

Présentation du CRPMEM: gouvernance et mission

Le CRPMEM Bretagne est l'organisme professionnel des marins-pêcheurs bretons. Il est dirigé par un conseil de marins élu par l'ensemble de la profession. Son statut est défini par le code rural qui le dote de missions de service public, qu'il exerce en coordination avec les quatre comités départementaux :

- La gestion durable des ressources halieutiques, par un ensemble de licences de pêche. Ce système assure également la bonne cohabitation entre les métiers de pêche et leur compatibilité avec les objectifs de préservation de l'environnement.
- La représentation et la défense des intérêts des professionnels bretons. Le CRPMEM participe à l'élaboration des politiques publiques environnementales, des réglementations sociales ainsi qu'à la planification spatiale maritime.

Les actions du comité s'appuient sur une expertise forte et une appréciation globale des enjeux. Ces compétences sont entretenues et approfondies par l'élaboration ou la participation à de nombreux programmes scientifiques.

Les outils de gestion mis en place par le CRPMEM

Actuellement, les deux espèces récoltées, *Laminaria digitata* et *L. hyperborea*, ont un cycle de vie très différent et sont présentes selon des gradients bathymétriques variables. Sur la base des connaissances scientifiques acquises en Bretagne, et notamment en Iroise, l'exploitation de chaque algue est régie selon un système de gestion spécifique.

La récolte de l'algue *Laminaria digitata* s'effectue à l'aide d'un crochet métallique appelé scoubidou (crochet suspendu à un bras hydraulique fixé à bord du navire) qui entraîne les frondes de laminaires par un mouvement de rotation puis les décroche de leur substrat. La récolte de la *L. hyperborea* s'effectue à l'aide d'un peigne inspiré du peigne norvégien. Le peigne progresse sur le fond et coince le stipe rigide avant de le décrocher du substrat par arrachage du crampon.

Le tableau ci-dessous récapitule les principales règles de gestion pour les deux espèces :

	<i>L. digitata</i>	<i>L. hyperborea</i>
Contingent de licence	35 + sous contingent par zone	35
Taille de navire maximum	12 m	12 m
Calendrier de récolte	A partir du 15 avril au 15 octobre de chaque année (Décision d'ouverture courant mai – nb jour de mer progressif)	Du 01 janvier au 15 mai & du 01 septembre au 31 décembre
Plafond de capture	Plafond global d'apport journalier	Plafond Selon les « bandes »
Zone de récolte	Finistère et Côtes d'Armor - Accès par zone Possibilité de changement de zone	Finistère nord – Système de bande ouverte/fermée
Dispositions techniques	<ul style="list-style-type: none"> • Récolte autorisée uniquement au scoubidou • Un débarquement /jour • VMS obligatoire 	<ul style="list-style-type: none"> • Système de jachère • Un débarquement /jour • VMS obligatoire • Secteurs « habitats sensibles » fermés au titre de la protection de l'environnement • Normes techniques peigne

Les comités déploient également des outils dans l'optique d'installer des entreprises de pêche et de récolte d'algue solides et créatrices d'emploi en Bretagne. Pour cela, plusieurs choix stratégiques ont été réalisés : un contingent de 35 navires avec une taille maximum de 12 mètres, permettant de faire travailler une trentaine d'entreprises différentes ; des critères de priorisation favorisant les premières installations à la pêche et du personnel dédié à l'accompagnement de ces personnes dans les structures. Le système permet également d'assurer la polyvalence et la résilience des entreprises de pêche face aux aléas climatiques et perturbation du milieu : la plupart des géomouilliers

pratiquent la pêche de la coquille saint Jacques en hiver lorsque la récolte de *L. digitata* est fermée, et certains se diversifient vers d'autres modes de production d'algue comme la récolte à pied ou l'algoculture. Les comités mènent également des travaux permettant d'améliorer la qualité et la valorisation de la matière première via l'accessibilité à des labels de qualité.

En complément, il implique les représentants des acheteurs dans ses travaux et réunions afin de les sensibiliser aux enjeux de préservation et aux règles de gestion mises en place par les comités des pêches.

Le cadre de gestion de la *Laminaria digitata*: une pêcherie très encadrée depuis les années 70' en Bretagne

Face à un essor rapide de la flottille goémonière dans les années 70, encouragée par un développement du marché mondial des alginates, les professionnels ont travaillé à la mise en place d'une licence de récolte du goémon poussant en mer qui a vu le jour en 1985. Cette première évolution réglementaire a permis de suivre plus précisément l'évolution du nombre de navires, ainsi que la production. Le nombre de navires progresse jusqu'au début des années 90 pour atteindre un maximum de 78 unités en 1990. À partir du milieu des années 1990 et jusqu'en 2010, la profession a dû faire face à de nombreuses difficultés menant à une forte diminution du nombre de navires et plusieurs plans de sortie de flotte. La production de *L. digitata* est cependant restée relativement stable sur les 35 dernières années et se situe autour de 50 000 tonnes. Cela s'explique par des changements profonds dans les caractéristiques techniques de la flottille. En effet, malgré une forte diminution du nombre d'unités dans les années 2000, les navires ont vu leur capacité de charge croître fortement afin de soutenir la production. Ce remplacement d'anciennes unités par de nouvelles avec des capacités de charge nettement supérieure a conduit le CRPME à instaurer une limitation globale de la capacité de charge de la flottille en 2013.

Depuis 2014, l'exploitation de la *L. digitata* s'effectue selon un zonage permettant de répartir l'effort de pêche le long du littoral breton et d'éviter une concentration de la récolte sur certaines zones, ou des mouvements de navires dans des proportions trop importantes. Depuis 2018, afin de conforter ces équilibres, un contingent de navires est également établi pour chaque zone.

La récolte de la *L. digitata* débute au mois de mai de chaque année et se poursuit jusqu'en septembre. Le calendrier de récolte est fixé chaque année par le CRPME sur la base des suivis de la ressource réalisés par l'Ifremer sur plusieurs sites avant l'ouverture (biomasse moyenne et longueurs moyennes des plants par site). En complément, l'Ifremer réalise à la mi-juillet un bilan du début de campagne avec plusieurs indicateurs : volume des débarquements par zone, rendements horaires et production cumulée au mois de juin de chaque année.

Déployés depuis de nombreuses années, ces indicateurs permettent de situer la campagne à venir ou en cours au sein de la série temporelle et de définir ainsi les modalités de chaque campagne : capacité de référence par zone, date d'ouverture, changement de zone de récolte en cours de campagne.

Ces mesures fortes ont permis de maintenir une bonne stabilité des prélèvements sur chacune des zones, conformément aux préconisations d'Ifremer et de maintenir une activité goémonière pourvoyeuse d'emplois en Bretagne sur l'ensemble de la filière (récolte et transformation) grâce aux deux principales usines du nord Finistère.

Cadre de gestion de la *L. hyperborea* : implantation d'une nouvelle activité

Afin de répondre aux besoins croissants des industriels, et face à la difficulté d'augmenter la production de *L. digitata*, des travaux de recherche ont été menés avec l'Ifremer entre 1997 et 2000, afin d'adapter l'outil norvégien aux spécificités locales, et notamment aux habitats plus côtiers que ceux travaillés en Norvège. Cette activité, qui a fait l'objet de plusieurs années d'expérimentation, a été développée comme un complément d'activité en hiver, pour un petit nombre de navires. Depuis 2007, la production de cette algue ne cesse d'augmenter, passant de moins de 10 000 tonnes par an à un peu moins de 20 000 tonnes actuellement. Depuis 2014, l'activité du peigne n'est plus expérimentale et fait l'objet d'un cadre de gestion strict, pratiqué par une vingtaine de navires chaque année dans le Finistère nord. Elle est réalisée selon un système de jachère triennale par bande, auxquelles sont affectés des plafonds de capture fixés chaque année par l'Ifremer. La récolte est interdite du 15 mai au 31 août afin de favoriser la croissance.

L'arrivée du premier Parc naturel marin en Iroise en 2007 a facilité le déploiement d'un grand nombre d'études sur l'impact du peigne à *hyperborea* sur la ressource et la biocénose à laminaires par différentes équipes scientifiques: Ifremer, MNHN de Concarneau & Dinard, Station biologique de Roscoff. La réalisation par l'Ifremer d'une cartographie prédictive de la biomasse de *L. Hyperborea* en Iroise a permis d'aboutir en 2015 au système de gestion par jachère triennale. Les études d'impacts menées entre 2010 et 2016 ont quant à elles permis d'identifier des zones considérées comme sensibles au regard des habitats champ de blocs et maërl, lesquelles ont été fermées à la récolte. D'autres études menées sur les habitats de mammifères marins ont permis d'identifier une zone de repos du grand dauphin (*Tursiops truncatus*) qui a également été fermée. Une étude complémentaire sur l'impact des bruits sous-marins liés à l'activité goémonière réalisée en 2016 a permis de démontrer que cette zone de protection répond aux objectifs de protection de l'espèce au sein du PNMI. En s'appuyant sur l'ensemble de ces connaissances, le CRPMEM a imposé en 2020 des normes techniques pour le peigne, permettant d'augmenter la sélectivité sur l'espèce cible et les plants adultes, et de limiter son impact sur le fond. Cette nouvelle réglementation s'est accompagnée de l'obligation d'emport de balise de géolocalisation VMS (*Vessel monitoring system*) et de l'embauche d'un garde juré par le CDPMEM du Finistère afin de s'assurer de la bonne mise en œuvre des règles par les producteurs.

Enfin, les résultats du programme SLAMIR - Suivi des LAMinaires (*L. Hyperborea*) en Iroise - attendus pour fin 2022 permettront d'apporter de nouveaux éléments sur les fonctionnalités de cette espèce et seront prochainement présentés aux producteurs.

Conclusion

Le CRPMEM s'appuie en permanence sur l'expertise de ses partenaires scientifiques et techniques et le meilleur état des connaissances disponibles pour faire évoluer régulièrement le cadre de gestion de l'exploitation des laminaires. Le croisement des données scientifiques avec les données de production et de rendement des navires permet également de développer des indicateurs de suivis de l'impact de l'activité à des échelles très fines. L'ensemble des mesures de gestion instaurées par le CRPMEM constituent un cadre global contraignant et évolutif qui permet de répondre aux enjeux de préservation des habitats tout en maintenant les emplois locaux. De plus, les restitutions régulières des travaux aux producteurs permettent de les sensibiliser fortement aux enjeux de préservation du milieu marin et plus spécifiquement des forêts de laminaires afin qu'ils soient pleinement acteurs de cette gestion.

Le Suivi des LAMinaires en IRoise (SLAMIR)

Claire Laspougeas¹, Sandrine Derrien², A. Le Gal², A. Voisin³, R. Derrien², F.-X. Decaris², Dominique Davoult⁴, O. Bohner⁴, C. Leroux⁴, P. Riera⁴, Martial Laurans⁵, L. Le Ru⁵, S. Martin⁵, N. Caroff⁵, D. Le Roy⁵, Pierre Thiriet⁶, A. Rey⁶, N. Prasil Delaval⁶, O. Gauthier⁶, A. Le Joncour⁶, Q. Ternon⁶, Philippe Le Nilot¹, Anna Capietto⁷

¹Office français de la Biodiversité / Parc naturel marin d'Iroise, Le Conquet, France.

²MNHN de Concarneau, Concarneau, France.

³Univ Brest, CNRS, IRD, Ifremer, LEMAR, F-29280 Plouzané, France

⁴Station Biologique de Roscoff, Roscoff, France.

⁵Ifremer, Plouzané, France

⁶PatriNat, Dinard, France.

⁷ Office français de la biodiversité, Parc naturel marin d'Iroise/Life Marha, Le Conquet, France.

Le contexte

Les champs de laminaires constituent à la fois des habitats marins et des ressources halieutiques importantes. Les peuplements de *Laminaria hyperborea* font notamment l'objet d'une exploitation par une dizaine de goémoniers au peigne dans le périmètre du Parc naturel marin d'Iroise. Ils utilisent pour cela une technique importée et adaptée de Norvège faisant appel à un peigne métallique qui progresse sur le fond et piège entre ses dents, les stipes (tige) les décrochant du substrat. Il est activé par un bras hydraulique fixé sur le navire.

En 2015, les pêcheurs professionnels ont réorganisé la gestion de cette ressource à l'échelle de la Bretagne (arrêté préfectoral n° 2015-11189), suite à de nouvelles acquisitions de connaissance. Ils ont notamment fait évoluer et affiner le système de jachère, (initialement basé sur un rythme quinquennal sur de vastes zones), vers une rotation triennale sur des bandes réduites à un mille nautique de large. Dans le périmètre du Parc Naturel Marin d'Iroise, des zones ont été fermées à l'exploitation de *L. hyperborea* toute l'année afin de protéger les habitats et la biodiversité associée sur les sites les plus sensibles.

Peu après, le programme « SLAMIR » (Suivi des LAMinaires en Iroise) a été mis en place dans le but de suivre les forêts de *L. hyperborea* et d'évaluer les effets de ce système de gestion. Il vise à apporter des éléments de réponse à deux principaux questionnements :

- Quelle est la fonctionnalité des champs de *L. hyperborea*?
- Quel est l'impact de l'exploitation goémonière ?

Le projet SLAMIR s'appuie, sur des comparaisons entre des stations exploitées et d'autres qui ne le sont pas. On évalue dans chacune d'elles l'état de l'environnement et de la ressource suivant le système de jachère et sur des secteurs fermés à la pêche.

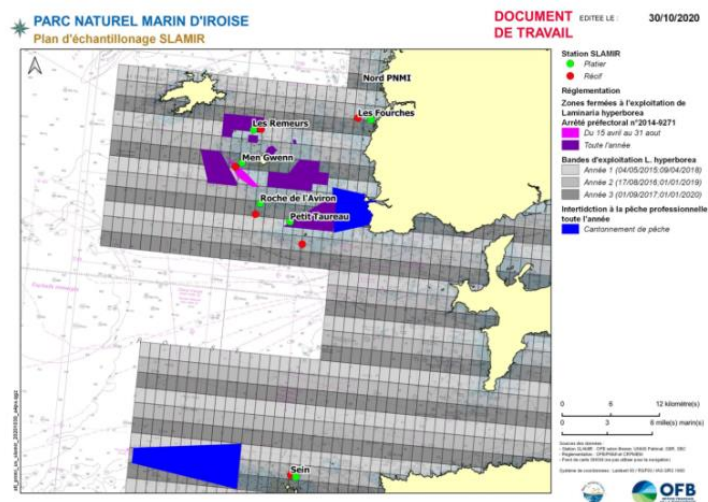


Figure 1 : Le système de gestion et les points de suivis de SLAMIR

Quatre paramètres sont suivis sur les stations choisies : biomasse disponible, biodiversité associée, réseaux trophiques et peuplements de poissons. Ces suivis sont respectivement réalisés et interprétés par l'Ifremer, le Muséum National d'Histoire Naturelle de Concarneau, la Station biologique de Roscoff et l'UMS PatriNat. Tous les relevés se font en plongée sous-marine. Les moyens nautiques et les plongeurs du Parc sont mis à contribution pour certaines opérations de terrain. Les suivis SLAMIR de terrain ont débuté en 2018 et se sont achevés en 2021.

Le premier travail a consisté à bien choisir les sites d'étude et les stations. Il a été décidé en réunion avec les parties prenantes (pêcheurs et scientifiques) d'étudier des sites soumis à des conditions réelles d'exploitation. Cela impliquait de ne pas organiser ni simuler l'exploitation comme cela a pu être le cas dans l'étude « Hyperimp ». La difficulté supplémentaire a été de choisir des sites (exploités et non exploités) comparables en termes de faciès, de bathymétrie et d'exposition. Si les sites d'étude non exploités ont été choisis dans les zones fermées à *L. hyperborea*, les sites exploités ont été choisis à dire d'experts (la VMS ayant été rendu obligatoire a posteriori). Ils devaient être à la fois représentatifs des conditions habituelles d'exploitation, tout en ayant des caractéristiques physiques comparables à celles rencontrées dans les sites non exploités.

Principaux résultats

Suivi biomasse (Ifremer, référent : Martial Laurans)

Tous les navires goémoniers sont depuis mai 2019, équipés de balises de géolocalisation Vessel Monitoring System. Cette information sur la répartition spatiale de l'effort de pêche permet d'affiner la gestion de cette pêcherie. En effet, coupler la position précise des bateaux aux données du modèle prédictif de biomasse mis à jour en 2021, (Tempera et al, 2021) permet de déterminer un indice d'exploitation par secteur.

Parallèlement, des travaux ont été réalisés pour mesurer la croissance des jeunes recrues de laminaires après exploitation. Il a été constaté que la rapidité de la croissance est accrue par effet de clairière en l'absence de compétition intra spécifique. Des plants de 60 à 70 cm réapparaissent ainsi au bout de 6 mois, mais il faut près de deux ans pour retrouver une canopée importante. Pour revenir à un indice de canopée équivalent à celui d'avant exploitation, il faut encore un peu plus de temps.

Suivi biodiversité associée (MNHN Concarneau, référente: Sandrine Derrien)

Le peigne prélève essentiellement des individus dont la longueur de stipe est comprise entre 20 et 40 cm. Certains individus non prélevés peuvent aussi être endommagés ou arrachés. Une grande partie des microhabitats sont perdus en raison de la disparition des grands plants (crampons, stipes). La canopée est aussi fortement réduite immédiatement après l'exploitation. Elle se reforme après 2-3 ans sans pour autant atteindre son niveau initial avant exploitation.

A l'exception de l'habitat de champs de blocs, la sous-strate ne semble pas impactée lors du passage du peigne et il ne semble pas y avoir de modification des groupes fonctionnels sur les fonds de type platiers rocheux.

En revanche, on note une augmentation de l'abondance des jeunes laminaires (effet clairière) dans les sites exploités. La présence de blocs retournés est aussi une caractéristique de cette exploitation.

La recolonisation par de jeunes laminaires est rapide (inférieure à un an). Dans un premier temps, la Saccorhize (*Sacchoriza polyschides*) peut représenter une part importante de ce recrutement. Une compétition spatiale a alors lieu au sein de la strate arbustive. Le développement de *Sacchoriza polyschides*, espèce plus opportuniste, est observé sur toute la façade. Il est favorisé par le réchauffement des eaux (voire aussi une augmentation de la turbidité) et dans les sites exploités par la place cédée après l'arrachage de *L. hyperborea* (qui peut aussi être lié à des phénomènes tempétueux en hiver). A ce stade, il y a un effet avéré et mesurable de l'exploitation sur les structures en taille et sur la longueur cumulée et la densité de stipes/m². En revanche, on ne mesure pas d'effets significatifs de l'exploitation sur la biodiversité associée, c'est-à-dire sur la sous-strate (floristique et faunistique).

Toutefois, à l'issue de SLAMIR, et compte tenu des limites observées pendant ces 4 années d'études, il demeure essentiel d'envisager la poursuite des suivis en routine de la strate arbustive sur des sites témoins et des sites exploités. Cela est nécessaire car ces suivis sont, à terme, susceptibles d'être intégrés au programme de surveillance du PNMI, selon les protocoles menés à plus large échelle dans le cadre du réseau national DCE/DCSMM.

Suivi réseaux trophiques (Station biologique de Roscoff, sorbonne université, référent: Dominique Davoult)

La fonctionnalité de *Laminaria hyperborea* réside d'abord dans son rôle d'habitat (modification de l'hydrodynamisme et de l'éclairement, support de fixation), en tant qu'espèce fondatrice et architecte.

Elle enracine ainsi le réseau trophique principal de la communauté, ce qui lui confère cette fonction de zone « source ». Elle est aussi à l'origine de réseaux trophiques parallèles et associés, à partir de certaines des algues épiphytes dont elle est le support. Sa disparition ou son remplacement partiel par une autre espèce changerait en profondeur la structure et le fonctionnement de la communauté.

Sur les zones étudiées, l'exploitation n'a pas d'effets mesurables probants sur la signature isotopique des espèces étudiées. Il n'y a donc pas d'effets avérés de l'exploitation les réseaux trophiques dépendants des laminaires.

Il existe toutefois une certaine tendance à la différenciation entre les réseaux trophiques de la zone du large et de la zone plus côtière (gradient côte – large), potentiellement sous l’influence d’apports terrigènes, notamment en hiver. La matière organique particulaire de la masse d’eau (POM) et des laminaires adultes (+ algues épiphytes) jouent à ces périodes, un rôle prépondérant sur les réseaux trophiques.

Ces suivis mettent en évidence la place inhabituelle dans la chaîne alimentaire de l’oursin *Echinus esculentus* confirmé dans son statut de carnivore au lieu de détritivore. Cette espèce intègre les variations locales et interannuelles de l’ensemble du réseau trophique local.

Suivi peuplements de poissons (UMS Patrinat, MNHN Dinard, référent: Pierre Thiriet)

Dans un premier temps, deux protocoles en plongée ont été développés et déployés : comptage-temps, réalisé par les agents du Parc et comptage-transect, réalisé par l’équipe UMS Patrinat.

Les échantillonnages des communautés de poissons ont la particularité d’être réalisés sur deux types de faciès en substrat rocheux. L’un s’effectue sur un faciès de type « récif » correspondant à des roches frangeantes comportant fréquemment une rupture de pente ou « tombant ». Le second se déroule sur des zones de « platier » constituées d’un substrat rocheux plus plat, sans tombant et correspondant à une forme particulièrement propice à l’exploitation par un peigne.

Les résultats montrent que la forêt de laminaires semble avoir un rôle de nurserie pour les lieux jaunes : on y observe notamment une forte abondance en début de saison qui diminue de juin à septembre. En parallèle, la taille moyenne des individus observés augmente. Cet habitat est aussi important pour la vieille (*Labrus bergylta*). Il faudrait comparer avec l’abondance de lieux et de vieilles sur d’autres zones pour caractériser cette fonction de nurserie de manière plus robuste.

Les données ne sont donc pas suffisantes pour conclure sur une différence de fonctionnalité des champs de *L. hyperborea* entre les sites exploités et ceux qui ne le sont pas. Les changements successifs dans les choix de stations n’ont pas facilité l’acquisition pluriannuelle de données, limitant ainsi la portée des conclusions.

Des analyses plus poussées sont envisageables uniquement sur les platiers (comparaison possible entre sites exploités et non exploités).

Ce type de suivi est aussi susceptible de s’intégrer dans des démarches à plus large échelle (de type DCSMM). Des perspectives se dégagent pour poursuivre l’acquisition de données dans les champs de laminaires sur le volet « poissons » :

- Étendre les échantillonnages dans les herbiers et plus profond dans le circalittoral rocheux (peu ou pas présents sur le plateau de Molène mais intéressants sur Sein et Ouessant) où l’on est notamment susceptible d’observer des espèces en train de changer d’aire de répartition (en raison des changements globaux)
- Approfondir le volet « fonctionnalités » avec plus de suivis saisonniers et de réplicats
- Associer la plongée à de l’ADN environnemental et l’échosondage pour couvrir des surfaces plus grandes qu’en plongée.

Conclusion

De façon plus globale, en cherchant à être proche de la réalité plutôt que de reconstituer une zone exploitée, SLAMIR a été confronté à des difficultés pour caractériser la représentativité des sites de suivis exploités sélectionnés. La variabilité interannuelle forte de l'exploitation goémonière sur un même secteur ainsi que l'arrivée tardive des données de géolocalisation n'ont pas permis d'évaluer l'intensité de récolte sur les sites exploités dès le départ. Par ailleurs, le choix de sites relativement éloignés les uns des autres, soumis à des conditions environnementales différentes, a rendu difficile leur comparaison. Ainsi il est devenu parfois difficile d'expliquer les différences observées entre sites exploités et non exploités. Sont-ils liés aux effets de l'exploitation ou aux variations des conditions environnementales ou encore à l'effet cumulé de ces deux facteurs d'influence ?

Les données de géolocalisation disponibles fin 2020 ont toutefois permis de déterminer le niveau d'exploitation par site : Men Gwen s'est avéré par exemple très peu représentatif d'une exploitation, contrairement au site des Laz, bien plus exploité et qui a été ajouté en 2021. Les deux sites du sud de l'archipel (Roche de l'aviron et petit taureau) respectivement ouvert et fermé à l'exploitation avaient été initialement choisis puis abandonnés, suite à des traces d'exploitation qui n'auraient pas dû être là et aux caractéristiques de ces deux sites qui ne répondaient pas aux objectifs du programme. Ils ont été remplacés en 2019 par un site à la côte, (les Fourches), représentatif d'une exploitation et les Linious, (site où l'exploitation est presque impossible).

En 2020, les 4 équipes scientifiques ont souligné leur étonnement quant au phénomène de Nécrose observé sur les laminaires du site de Men Gwen. Sur ce site de l'ouest du plateau molénais, une surface non négligeable de la ceinture de *Laminaria hyperborea* a quasiment disparue ne laissant place qu'à des stipes brisés et nécrosés. Ce phénomène s'est produit en l'absence de toute exploitation et demeure difficile à expliquer avec les connaissances actuelles.

L'étude SLAMIR, malgré les limites exprimées, montre que l'impact de l'exploitation goémonière actuelle est limité. Il y a effectivement des effets avérés et mesurables de l'exploitation sur les structures en taille à court terme, mais à ce stade, il ne semble pas y avoir d'effets observables de l'exploitation sur la biodiversité associée. Il n'y a pas d'effets avérés de l'exploitation sur les réseaux trophiques dépendants des laminaires.

Le prélèvement des plants de *L. hyperborea*, génère un effet clairière, qui est susceptible dans un premier temps de favoriser la repousse de la Saccorhize (*Sacchoriza polyschides*). De même, les observations de *Laminaria ochroleuca*, d'affinité plus méridionale, sont de plus en plus nombreuses dans les zones abritées du plateau molénais. Le lien direct avec l'exploitation est cependant difficile à mesurer.

L'étude SLAMIR souligne aussi la pertinence et l'importance des mesures de gestion mises en place par la profession. D'autres mesures peuvent aujourd'hui constituer des pistes de réflexion pour la profession pour optimiser le système actuel.

SLAMIR a permis d'initier et configurer une stratégie de suivi du champ de *L. hyperborea* qu'il serait important de poursuivre en intégrant les variations interannuelles de l'exploitation mais aussi les paramètres environnementaux susceptible d'affecter de manière importante les peuplements de laminaires dans un contexte changement global.

Session 5 – Les habitats rocheux en Europe et dans le monde

Animation de la session : Phénia Marras – Aït Razouk (Office français de la biodiversité)

Les habitats rocheux sont très variés, conditionnés par plusieurs paramètres et assurant des rôles fonctionnels tout au long du cycle de vie d'une diversité d'espèces : reproduction, repos et alimentation. Les crevasses, surplombs, tombants, dessous de blocs et cuvettes forment des « micro-habitats » particulièrement favorables à l'installation d'une flore et d'une faune particulières qu'il convient de conserver en bonne santé. La France a une forte responsabilité pour leur conservation et s'est engagée aux niveaux international et européen à les gérer de manière durable. En effet, les habitats marins rocheux sont des milieux naturels considérés rares ou menacés et sont considérés comme des habitats d'intérêt communautaire. Ils sont protégés au titre des directives européennes et dans le cadre du réseau des sites Natura 2000.

La session du séminaire sur les approches européennes et internationales permet de replacer les suivis nationaux dans une plus large échelle. A partir de l'état des lieux des suivis connus en Europe, nous avons abordé la distribution de ces habitats, leur connectivité et les points de rupture dans l'océan Atlantique nord-est, des côtes européennes jusqu'aux plateaux insulaires macaronésiens, et au-delà, aux antipodes, dans les récifs tempérés de Tasmanie. Nous avons considéré les modèles prédictifs d'évaluations intégrées afin de valoriser la science en appui à la gestion afin d'éviter, réduire et restaurer les impacts sur les habitats marins.

Science et gestion restent au cœur des enjeux de la communauté internationale pour la conservation du milieu marin. Que ce soit à l'échelle de la gouvernance des mers régionales, avec la restitution en séance des travaux menés au sein de la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (OSPAR) sur les services écosystémiques des forêts de laminaires. Et dans le calendrier international pour 2030 qui mobilise les décideurs et les acteurs à mettre en œuvre les cadres stratégiques de la biodiversité de la Convention sur la diversité biologique (CDB), et de les décliner pour les milieux marins, visant l'établissement de réseaux d'aires protégées couvrant 30% des mers, écologiquement représentatifs et effectivement conservés et gérés.

L'évaluation de l'état de conservation des habitats rocheux en Europe

Anna Capietto¹

¹Office français de la biodiversité, Parc naturel marin d'Iroise/Life Marha, Le Conquet, France

Il est essentiel de développer des méthodes robustes pour séparer les variations naturelles des écosystèmes, le changement global et les changements causés par les activités humaines. L'objectif est d'obtenir des indicateurs de ces changements fiables, déployables et opérationnels. Cependant, il est parfois difficile de connaître les conditions de référence pour un habitat donné et certains liens pressions - impact restent encore méconnus.

Les macroalgues ont une longue histoire d'utilisation dans les évaluations écologiques en raison de leur importance écologique et de leur sensibilité au stress. L'arrivée des directives a induit une augmentation des publications sur cette thématique. Une étude bibliographique initiée en 2018 et menée par Thibaut de Bettignies vise à compiler un maximum de littérature concernant le développement, la calibration et le déploiement de bioindicateurs de l'état écologique des milieux rocheux tempérés. A ce jour, environ 150 articles scientifiques, thèses, extraits de livres et rapports ont été recueillis. Le nombre de publications par habitats (étagement et biocénose dominante), par indices/indicateurs et par groupe de taxons à échantillonner/observer dans le cadre de chacun des bioindicateurs ont été analysés.

En parallèle, un article scientifique de Roberta D'Archino et de Luigi Piazzì a été publié en 2021⁸. Cette étude recense les techniques et méthodes des programmes de surveillance et des études d'évaluation d'impact utilisant des données sur les assemblages de macroalgues. Au total, 215 articles ont été sélectionnés et divisés en quatre catégories : surveillance des assemblages de macroalgues, cartographie des macroalgues, développement et utilisation d'indices écologiques basés sur les macroalgues, et développement et utilisation d'indices écologiques génériques incluant les macroalgues. Afin de faciliter la surveillance et la mise en place de mesures de conservation, il ressort de cette étude qu'il est nécessaire d'harmoniser les suivis de macroalgues marines (métriques et approches communes, développement de procédures standardisées au sein de chaque système côtier et développement de réseaux adaptés pour archiver et partager les informations).

Exemple de démarche pour l'évaluation des laminaires : identification des zones de lacunes de connaissance⁹, recensement des suivis européens¹⁰, projet d'un réseau de surveillance harmonisé au niveau européen¹¹, mesures de gestion mises en place dans les autres pays européens (à faire)

⁸ R. D'Archino & L. Piazzì (2021) Macroalgal assemblages as indicators of the ecological status of marine coastal systems: A review. *Ecol. Ind.*, 129, Article 107835, <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107835>

⁹ Krumhansl KA et al. (2016) - Global patterns of kelp forest change over the past half-century. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, in press, 5/10/16.

¹⁰ Araújo RM et al. (2016) - Status, trends, drivers and effects of change of kelp forests in Europe: a comprehensive expert consultation. *Biodiversity and Conservation*. Volume 25, Issue 7, pp 1319–1348 & OSPAR

¹¹ Biodiversa

Kelp forests in the spotlight : listing OSPAR, évaluation des services écosystémiques et restauration active dans l'Atlantique N-E

Thibaut de Bettignies^{1,2}, Marie La Rivière¹

¹PatriNat (OFB-MNHN-CNRS), Paris, France.

²Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement (CNRS, UT3, INPT), Castanet-Tolosan, France.

Introduction

Les forêts de Laminaire sont des habitats complexes créés par de grandes algues brunes principalement de l'ordre des Laminariales et certaines espèces de l'ordre des Tilopteridales (Bolton, 2016 ; Wernberg & Filbee-Dexter, 2019). Récemment, la conservation de ces forêts sous-marines est devenue un enjeu prioritaire pour l'Atlantique NE. Cette importance régionale est illustrée ici par la présentation des travaux pour leur inclusion à la liste de la convention de mer régionale OSPAR (de Bettignies et al. 2021a,b), sur l'évaluation en cours sur les services écosystémiques associés (Projet GEAK) et des premiers exercices de restauration active (Filbee-Dexter et al. 2022).

Listing des forêts de laminaires comme habitat menacé/déclin (OSPAR)

En 2021, après 5 ans de travail et négociations, les États Parties de la Convention pour la protection du milieu marin de l'Atlantique du Nord-Est (dite "Convention OSPAR") ont validé l'inclusion de l'habitat à Forêt de laminaires à la liste OSPAR créée en 2008. Cette liste a vocation à prioriser la protection des habitats et espèces qui y sont listés sans pour autant répéter le travail déjà effectué dans le cadre des Directives européennes.

PatriNat a coordonné la rédaction des documents scientifiques et documents officiels de proposition d'inclusion de l'habitat à Forêt de laminaires, en animant le réseau international d'experts des différents États Parties. Cette synthèse des connaissances scientifiques disponibles a permis de définir l'habitat à lister, d'évaluer l'intensité et les zones de déclin dans les régions OSPAR, d'identifier les menaces qui pèsent sur l'habitat et de proposer des mesures de conservation.

Des pertes drastiques de forêts de laminaires ont déjà été observées dans la partie méridionale de la zone maritime OSPAR et des déclins significatifs ont été observés dans plusieurs autres localités. La zone maritime IV 'Golfe de Gascogne et côte ibérique' est particulièrement impactée avec le plus haut niveau de déclin observé pour les forêts à *Laminaria hyperborea* et *Laminaria ochroleuca* (de Bettignies et al. 2021b). Même si la situation paraît moins préoccupante en France, il est toutefois important de remarquer la probabilité de déclin significatif et les besoins de mesures de conservation pour les forêts d'*Alaria esculenta* et *Laminaria digitata* toutes deux en limite méridionale de distribution.

Afin d'assister au mieux les États Parties, OSPAR fournit également un état des lieux des menaces (dont les activités humaines) sur ces habitats, les mesures de conservation existantes, les besoins de gestion, recherche et suivis (de Bettignies et al. 2021a). Sur la

base de ces travaux, OSPAR a adopté un document de Recommandation afin d'encourager les États Parties de la convention à mettre en œuvre diverses actions pour protéger les forêts de laminaires et à promouvoir collectivement des approches de gestion régionales pour réduire les effets des activités humaines et du changement climatique sur cet habitat.

Evaluation des services écosystémiques (projet GEAK)

L'objectif du projet GEAK (Global Ecosystem services Assessment from Kelp forests) est de mener la première analyse mondiale des services écosystémiques rendus par les forêts de laminaires. Cette approche économique de la biodiversité et des services liés aux écosystèmes constitue un des fondements de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES). Les résultats associés à cette étude permettront ainsi d'orienter les politiques de conservation en mer, notamment en France où cet habitat marin est considéré « à fort enjeux ».

Cette évaluation se présente en 3 étapes :

- **Etape 1** : Etablissement d'une liste de services écosystémiques adaptée aux forêts de Laminaire selon les standard internationaux (MA, TEEB, IPBES) et vérification de leur présence dans les différentes écorégions et pays
- **Etape 2** : Evaluation des mesures 'non-monétaires' (ex. diversité, O₂ dissous etc.)
- **Etape 3** : Evaluation des mesures 'monétaires' (ex. pêche, récolte d'algue etc.)

En 2022, 26 experts représentant 14 pays se sont retrouvés pendant 3 jours en Norvège pour réaliser ce premier travail d'évaluation mondiale des forêts de laminaires. L'étude se poursuit et des publications scientifiques sont envisagées courant 2023.

Restauration active dans l'Atlantique N-E

Dans certains cas, même après la réduction des pressions ayant engendrées la disparition locale de forêts de Laminaire, aucun retour des forêts n'ait observé. On peut se retrouver alors dans un cas de figure où le changement de régime d'une forêt de Laminaire à un autre écosystème induit une situation stable pour lequel le retour à la forêt de Laminaire est difficile voire impossible – on parle de haut niveau d'hystérésie. Si un tel niveau est suspecté et si les pressions initialement impactantes pour les forêts de Laminaires ont été diminuées significativement, des mesures de restauration dite 'actives' pourraient être envisagées.

Une nouvelle technique de restauration 'cost-effective' appelé 'Green-gravel' est en cours de déploiement dans l'Atlantique NE et d'autres régions du monde. Cette approche a l'avantage de surmonter les limites des précédentes approche notamment le coût et application à large échelle (Fredriksen et al. 2020 ; Filbee-Dexter et al. 2022). Des projets, combinant à la fois la recherche, la gestion et l'aquaculture, sont en cours de réalisation au Portugal et en Norvège dans des secteurs précédemment identifié en déclin lors de l'évaluation OSPAR. Ces projets de restauration des forêts de Laminaire de l'Atlantique NE s'inscrivent dans une démarche globale et collaborative avec la Kelp forest Alliance dont l'objectif est de rassembler l'ensemble des acteurs qui participent à ces efforts de restauration pour favoriser les retours d'expériences (Eger et al. 2022).

Conclusion

Le rôle des forêts de Laminaires, à travers leur importance écologique et les services qu'elles rendent à l'humanité, est de plus en plus reconnu dans l'Atlantique NE. Malgré cela, des dégradations des forêts de Laminaires sont observées à large échelle – particulièrement au niveau de la péninsule ibérique. De tels déclin ont justifié récemment de lister les forêts de Laminaires comme « habitat menacé et/ou en déclin » à la liste OSPAR afin de prioriser leur protection. En parallèle du renforcement du niveau de protection nécessaire, des mesures de restauration 'actives' commencent à être mise en place et à démontrer de leur efficacité pour assister la résilience de ces forêts sous-marines – à condition que toutes les pressions locales responsables de déclin aient été réduites voir éliminées au préalable. La priorité restant bien évidemment la réduction des pressions sur les forêts de Laminaires en premier lieu.

Bibliographie

- Bolton J.J. (2016) *What is aquatic botany? And why algae are plants: the importance of non-taxonomic terms for groups of organisms*. *Aquatic Botany*, 132: 1-4.
- de Bettignies T., de Bettignies F., Bartsch I., Bekkby T., Boiffin A., Casado de Amezúa P., Christie H., Edwards H., Fournier N., García A., Gauthier L., Gillham K., Halling C., Harrauld M., Hennicke J., Hernández S., Kilnäs M., Martínez B., Mieszkowska N., Moore P., Moy F., Mueller M., Norderhaug K. M., Ó Cadhla O., Parry M., Ramsay K., Robertson M., Russel T., Serrão E., Smale D., Sousa Pinto I., Steen H., Street M., Walday M., Werner T., La Rivière M. (2021a). *Background Document for Kelp Forests habitat*. OSPAR 788/2021, 66 pp. ISBN 978-1-913840-15-0.
- de Bettignies T., Hébert C., Assis J., Bartsch I., Bekkby T., Christie H., Dahl K., Derrien-Courtel S., Edwards H., Filbee-Dexter K., Franco J., Gillham K., Harrauld M., Hennicke J., Hernández S., Le Gall L., Martínez B., Mieszkowska N., Moore P., Moy F., Mueller M., Norderhaug K. M., Parry M., Ramsay K., Robuchon M., Russel T., Serrão E., Smale D., Steen H., Street M., Tempera F., Valero M., Werner T., La Rivière M. (2021b) *Case Report for kelp forests habitat*. OSPAR 787/2021, 39 pp. ISBN 978-1-913840-16-7.
- Eger A.M., Eddy N., Gleason M., Layton C., McHugh T., Steinberg P. & Vergés A. (2022) *The Kelp Forest Alliance: a global community of practice to understand, advise, and motivate kelp forest conservation and restoration* <https://kelpforestalliance.com/>.
- Filbee-Dexter K., Wernberg T., Barreiro R., Coleman M.A., de Bettignies T., Feehan C.J., Franco J.N., Hasler B., Louro I., Norderhaug K.M., Staehr P.A.U., Tuya F. & Verbeek J. (2022) *Leveraging the blue economy to transform marine forest restoration*. *Journal of Phycology*, 58: 198-207.
- Fredriksen S., Filbee-Dexter K., Norderhaug K.M., Steen H., Bodvin T., Coleman M.A., Moy F. & Wernberg T. (2020) *Green gravel: a novel restoration tool to combat kelp forest decline*. *Scientific Report*, 10: 1-7.
- Wernberg, T. & Filbee-Dexter, K. (2019). *Missing the marine forests for the trees*. *Marine Ecology Progress Series*, 612: 209-215.

Distribution et connectivité des habitats récifaux à *Sabellaria alveolata* (hermelles) sur les côtes européennes

Stanislas F. Dubois¹, Amelia Curd¹, Carmen L. David², Aurélien Boyé¹, Mathieu Chevalier¹, Céline Cordier¹, Philippe Cugier¹, Louise B. Firth³, Martin P. Marzloff¹, Mickael Vazquez¹

¹IFREMER Centre Bretagne, Plouzané, France.

²Wageningen University and Research, Wageningen, the Netherland.

³Plymouth University, Plymouth, England.

En Europe, les habitats récifaux sont listés sous l'Annexe 1 de la Directive Européenne Habitat Faune-Flore (Council Directive EEC/92/43) en tant qu'habitats marins à protéger. Développer et mettre en place des initiatives de gestion ou de restauration de ces habitats – comme implicitement demandé par la Directive Cadre sur la Stratégie pour le Milieu Marin – nécessite de comprendre la distribution de l'habitat d'intérêt dans son aire de répartition et les connexions qui peuvent exister entre les différentes zones de présence de cet habitat lorsque sa distribution est discontinue.

L'espèce, *Sabellaria alveolata* (ou hermelle) est un annélide tubicole grégaire commun dans la zone de balancement des marées, du nord des côtes marocaines à l'Ecosse. L'hermelle colonise essentiellement les habitats rocheux du milieu et du bas de l'estran et élabore des bio- constructions (ou récifs) de différentes tailles : ces dernières se présentent sous forme de placages peu épais collés à la roche et peuvent se développer jusqu'à former d'importantes structures arrondies qui recouvrent l'intégralité de leur support rocheux. Dans de rares cas, les bio-constructions à *S. alveolata* se développent sur un substrat meuble où elles forment d'importantes colonies qui dépassent plusieurs centaines d'hectares (e.g. baie de Bourgneuf et baie du Mont-Saint-Michel). Cette espèce est dite fondatrice ou ingénieur des écosystèmes, car elle modifie la ressource sédimentaire pour de nombreuses espèces benthiques ou pélagiques et assure plusieurs fonctions écologiques comme un piégeage des sédiments et une limitation de l'érosion du trait de côte, ou une fonction d'habitat et de nourricerie pour une grande biodiversité.

La disponibilité en larves et la variabilité dans le recrutement de juvéniles sont des facteurs majeurs influençant la dynamique des constructions de cette espèce à cycle benthopélagique et *in fine* la biogéographie de l'espèce. Cependant, très peu d'informations existent sur la dynamique larvaire à large échelle. L'utilisation de modèles hydrodynamiques apparaît nécessaire à l'identification des principales sources d'émission et de retour des larves à la côte, afin de mieux expliquer les patrons de présence de cette espèce et anticiper les changements de distributions.

L'objectif de cet exposé est de présenter la distribution de l'espèce *Sabellaria alveolata* sur les côtes européennes, et d'explorer les conséquences du changement climatique sur la niche écologique de cette espèce. Sur la base de la distribution actuelle des formations récifales, nous explorerons la connectivité larvaire de l'espèce sur les côtes françaises – au centre de la distribution de l'espèce – afin de mettre en évidence les principales zones sur les façades françaises et aider à l'identification des sites d'intérêt.

Distribution de l'espèce *Sabellaria alveolata* en Europe

Sabellaria alveolata possède une distribution très fragmentée sur les côtes européennes. Paradoxalement, si l'espèce apparaît commune sur le littoral français, il n'existait pas de référencement exhaustif de sa présence. Dans le cadre du projet REEHAB, un travail de recherche bibliographique particulièrement conséquent a permis de créer une base de données publique rassemblant l'intégralité des mentions de l'espèce sur les côtes européennes¹². Cette base a été le support à un travail de modélisation statistique de la niche écologique de *Sabellaria alveolata*, et des changements possibles de la distribution des hermelles à la lumière des scénarios climatiques envisagés aujourd'hui.

En couplant les présences/absences de l'espèce à des données environnementales (e.g. températures, hauteur des vagues, force du vent, salinité ...), il est possible de prédire une distribution théorique de l'espèce sur le littoral européen. Les résultats - validés par les données initialement collectées - montrent que l'on prédit très bien – sous forme de cartes de probabilité – les zones actuelles de présence et d'absence de l'espèce: i.e. essentiellement au centre de la façade atlantique et sur la côte ouest de l'Angleterre. Des récifs sont prédits également sur les côtes portugaises et irlandaises, mais très peu sur la côte nord espagnole, au nord de l'Ecosse ou en Manche orientale.

En intégrant les scénarios de changements climatiques, ces modèles de distribution prédisent une augmentation globale de 27.5% de la surface couverte par l'habitat à *Sabellaria alveolata* (sous le scénario moyen RCP 4.5) avec notamment un déplacement de la limite nord, mais une diminution de la disponibilité d'habitats favorables à l'espèce dans la partie centrale de sa distribution. De plus, ces modèles couplés à des métriques paysagères mettent en évidence des régions où la fragmentation des habitats favorables pourrait significativement augmenter le risque d'extinction locale de l'espèce, en causant des cassures dans la connectivité entre les métapopulations. C'est notamment le cas de la zone des pertuis charentais et des côtes vendéennes. Ces résultats, au-delà des implications en termes de gestion à large échelle pour l'espèce et les formations récifales qu'elle élabore, montrent l'importance de ne pas considérer seulement le déplacement des limites nord et sud de distribution d'une espèce, mais d'intégrer également la fragmentation d'un habitat potentiel et discontinu.

Connectivité de l'espèce *Sabellaria alveolata* sur les côtes françaises

Les côtes françaises de la façade atlantique sont au centre de l'aire de distribution des récifs d'hermelles et potentiellement fortement impactées par le changement climatique et la perte d'habitats. Afin de mieux comprendre les liens qui existent entre les populations d'hermelles en Manche et en Atlantique, une étude de connectivité a été réalisée à l'aide d'un modèle hydrodynamique (MARS3D – emprise MANGA 2500) couvrant l'ensemble du golfe de Gascogne et de la Manche avec une résolution horizontale de 2.5 km x 2.5 km. La bande côtière a été découpée en soixante zones de

¹² Curd Amelia, Cordier Celine, Firth Louise B., Bush Laura, Gruet Yves, Le Mao Patrick, Blaze Julie A., Board Callum, Bordeyne François, Burrows Michael T., Cunningham Paul N., Davies Andrew J., Desroy Nicolas, Edwards Hugh, Harris Daniel R., Hawkins Stephen J., Kerckhof Francis, Lima Fernando P., McGrath David, Meneghesso Claudia, Mieszkowska Nova, Nunn Julia D., Nunes Flavia, O' Connor Nessa E., O' Riordan Ruth M., Power Anne Marie, Seabra Rui, Simkanin Christina, Dubois Stanislas (2020). A broad-scale long-term dataset of *Sabellaria alveolata* distribution and abundance curated through the REEHAB (REEF HABitat) Project. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/72164>

surface approximative 30 x 30 km comportant en moyenne 21 mailles de la grille hydrodynamique. Dans les zones où la présence de *Sabellaria alveolata* est avérée, des traceurs (mimant des larves sans comportement vertical ni changement ontogénique) sont injectés de façon uniforme et instantanée, au début de chaque mois entre Avril et Septembre, pour les années 2012 à 2016. Les simulations sont réalisées en conditions réalistes *i.e.* météorologie, débit des fleuves, marée. Les traceurs ou « larves » sont suivis pour des durées de vie pélagique de 3, 4 et 6 semaines. A la fin de la simulation, la proportion de larves émises d'une zone *i* donnée et parvenant dans chacune des zones est calculée et permet ainsi de produire une matrice de connectivité et de calculer un ensemble de métriques comme la « rétention », *i.e.* le pourcentage des larves émises dans une zone *i* qui se retrouve dans cette même zone *i* après une durée de vie pélagique donnée (3, 4 ou 6 semaines).

Les modèles montrent qu'une rétention des larves est observée dans la zone des pertuis charentais, sur la pointe Finistère et le long des côtes de la Manche Ouest à partir du golfe normand-breton. Ces mêmes zones sont également celles qui ont le plus de succès dans le retour des larves à la côte. Ces zones apparaissent comme fortement dépendantes des conditions météorologiques qui permettent l'autorecrutement (force et orientation des vents). Les zones situées sur la façade atlantique présentent beaucoup plus de connexions que celles de la façade Manche et dispersent les larves sur une distance supérieure (en moyenne 60 km), notamment en raison d'une dominance des courants favorisant la remontée des larves vers le nord pendant la période principale de ponte.

La durée de vie larvaire (PLD) affecte les résultats de façon relativement mineure et ne change pas les patrons de connectivité observés à l'échelle des façades. Une PLD plus courte réduit naturellement la distance parcourue (donc la connectivité) et augmente la rétention locale. Une durée de vie larvaire de 4 semaines a été utilisée pour produire les cartes de connectivité. La période de ponte s'échelonne de mai à septembre chez *Sabellaria alveolata*: les résultats montrent qu'une ponte vers la fin de l'été (septembre) est plus favorable pour un plus grand pourcentage de retour des larves à la côte et ne change pas ou peu les distances parcourues ou le nombre de sites touchés. Une ponte en juin semble être moins favorable pour ces deux paramètres. L'étude de la variation interannuelle (entre 2012 et 2016) montre un réseau de connections globalement très robuste.

Implication

Sur les côtes françaises, la zone des pertuis charentais apparaît comme cruciale par le pourcentage de larves qui reviennent à la côte (sur le site même ou vers d'autres zones) et par le nombre de sites connectés. Cette zone semble par ailleurs une grande perdante dans les changements aujourd'hui prédits par le réchauffement climatique et la modification des habitats favorables aux hermelles. La zone située autour de l'estuaire de la Loire et la baie de Bourgneuf est une deuxième zone particulièrement importante, notamment par l'alimentation en larve de toute la Bretagne sud. Le golfe normand-breton est peu connecté et dépend fortement de l'autorecrutement, actuellement fort, pour son maintien et sa résilience. Enfin, la zone de la pointe Finistère, notamment la baie de Douarnenez, dispose d'un fort taux de rétention des larves et a la particularité de

n'échanger que peu avec les autres zones. Cette zone reste importante dans les transferts de larves – et donc de matériel génétique – vers la Manche.

Conclusion

Les modélisations couplées, à la fois statistique de distribution de l'espèce et déterministe de la connectivité des populations, sont des outils incontournables pour comprendre les mécanismes de dispersion et de colonisation à large échelle des espèces à cycle bentho-pélagique comme les hermelles. Ces modèles doivent aider à cibler les zones d'intérêt pour l'espèce, au-delà des formations récifales et de l'aspect paysager que ces dernières représentent, en proposant une vision intégrée sur l'aire de distribution de l'espèce et en support à des actions de suivi standardisées, homogènes et pertinentes.

Une perspective globale sur les récifs tempérés côtiers dans tous leurs états (écologiques)

Martin P. Marzloff¹, Craig R Johnson², Clément Violet¹, Aurélien Boyé¹, Graham Edgar², Scott D Ling², L. Richard Little³, Rick Stuart-Smith²

¹Ifremer DYNECO-LEBCO, Brest, France.

²Institute for Marine and Antarctic Studies (IMAS), University of Tasmania, Hobart, Australie.

³CSIRO, Hobart, Australie.

Contexte

Les forêts de laminaires constituent un des habitats biogéniques dominant sur les récifs côtiers tempérés. Comme la plupart des habitats côtiers biogéniques (e.g. coraux, herbiers, récifs de moules), les changements globaux entraînent un déclin, qualitatif et quantitatif, des forêts macro-algales sur les récifs tempérés à l'échelle mondiale. En particulier, des transitions abruptes d'un état dominé par des champs de laminaires denses, productifs et associés à une haute biodiversité vers un état dégradé car moins productif, moins diverse et structurellement simplifié ont été observées dans plusieurs régions du globe. Des exemples communément décrits incluent l'établissement de déserts d'oursins ou 'sea urchin barrens', là où la pression d'herbivorie des oursins conduit au déclin des champs d'algues (par exemple en Norvège, Méditerranée occidentale, SE Australie), ou encore la prolifération d'algues gazonnantes ou 'turf' dans des zones côtières eutrophisées.

Cette présentation sera, pour sa première partie, largement nourrie de mon expérience de recherche en Tasmanie dans le SE de l'Australie pour illustrer, avec l'exemple des déserts d'oursins, l'importance d'appréhender le potentiel pour ces changements d'états et de caractériser ces points de ruptures dans la dynamique des récifs tempérés afin de guider des mesures de gestion efficace. Une seconde partie exposera les travaux en cours dans le cadre de la thèse de Clément Violet sur la caractérisation des états des récifs tempérés côtiers à échelle globale sur la base des suivis participatifs en plongée du Reef Life Survey.

De l'étude de la formation des déserts d'oursins à des mesures de gestion préventives

Dans cette partie, je me concentrerai sur la problématique commune à plusieurs régions du monde, de l'anéantissement de champs d'algues sur des dizaines voire des centaines d'hectares suite au broutage destructeur des macroalgues par les oursins. Après avoir introduit le caractère global de ce phénomène, j'illustrerai via les travaux menés dans le SE de l'Australie le rôle de la modélisation afin de mieux comprendre, prédire et gérer la dégradation des champs de laminaires et la prolifération problématique de déserts d'oursins.

Les écosystèmes des récifs côtiers de Tasmanie, dans le sud-est de l'Australie, subissent des changements rapides et soutenus des conditions océaniques, notamment l'augmentation des températures de surface de la mer à un rythme presque quatre fois

supérieur à la tendance mondiale moyenne. En conséquence, plusieurs espèces de récifs se déplacent des basses latitudes vers la côte est de Tasmanie. Cette première partie de mon exposé se concentre sur les moyens de prévoir et d'évaluer les approches de gestion potentielles pour atténuer les impacts de ces redistributions d'espèces induites par le climat sur le fonctionnement et la structure des récifs tempérés SE australiens. Je montrerai comment le modèle de simulation TRITON, développé au cours de ma thèse pour capturer de manière réaliste la dynamique des communautés d'algues, d'oursins et de langoustes, peut guider la gestion des changements d'états dans la dynamique des récifs via la caractérisation des transitions écologiques entre (i) un état dominé par des algues denses, productif et abritant à (ii) des « landes ou déserts d'oursins » (qui correspondent à de vastes zones de roches nues suite au broutage destructeur des champs de macroalgues par l'oursin *Centrostephanus rodgersii*). À moyen terme, l'abattage des oursins et la reconstitution de la population clé de langoustes prédatrices seront essentiels pour empêcher l'établissement futur de landes d'oursins. Cependant, à long terme, la gestion devra tenir compte du large éventail (jusqu'à 80 %) d'espèces qui sont en train d'étendre leur aire de répartition vers le sud en Tasmanie. Avec cet exemple de communautés de récifs tempérés du sud-est de l'Australie, j'illustrerai également la valeur de la modélisation qualitative pour fournir (a) une évaluation intégrée des conséquences écologiques liées aux espèces qui changent d'aire de répartition, et (b) un moyen de prioriser l'observation et la gestion des écosystèmes régionaux.

Vers une caractérisation systématique des états écologiques des récifs tempérés à échelle globale

Sur la base des suivis du Reef Life Survey, nous avons utilisé une approche de clustering innovante pour définir de manière objective une typologie des habitats côtiers à échelle globale. Cette analyse a abouti à la caractérisation de 24 types d'habitats, qui reflètent la variabilité observée des assemblages d'espèces biogéniques côtières à différentes échelles, notamment : la présence de patrons biogéographiques qui discriminent habitats tropicaux, subtropicaux à tempérés selon des gradients latitudinaux ; mais également, à échelle plus local, une discrimination entre site de suivis qui présentent des habitats correspondant à différents écotones, voire à des états écologiques alternatifs. La modélisation de la répartition spatiale de ces différents types d'habitats récifaux tempérés permet de caractériser les facteurs environnementaux et anthropiques qui déterminent leur occurrence. La cartographie de ces différents types d'habitats permet également d'identifier les régions associées à un risque potentiel d'occurrence d'états écologiques alternatifs.

Conclusion

- Les changements d'états écologiques des récifs côtiers peuvent être irréversibles, donc il est crucial dans un contexte de changement global de mieux appréhender (i.e. comprendre, prédire) le potentiel pour des changements d'états écologiques des récifs tempérés afin de guider des stratégies de gestion efficace.
- Comme illustré par l'exemple tasmanien, il est fortement préférable de mettre en œuvre des stratégies de gestion pour prévenir la dégradation des forêts de macroalgues plutôt que de déployer des efforts coûteux et incertains pour la restauration des écosystèmes dégradés.

- Cette présentation illustre le rôle de différentes stratégies de modélisation pour mieux comprendre et prédire les changements d'états dans les récifs tempérés côtiers afin d'appuyer des mesures de gestion adaptées.

Références

- Edgar GJ, Stuart-Smith RD. 2014. Systematic global assessment of reef fish communities by the Reef Life Survey program. *Sci Data* 1. <http://dx.doi.org/10.1038/sdata.2014.7>
- Filbee-Dexter K, Wernberg T. 2018. Rise of Turfs: A New Battlefield for Globally Declining Kelp Forests. *Bioscience* 68:64–76.
- Johnson CR, Chabot RH, Marzloff MP, Wotherspoon S. 2017. Knowing when (not) to attempt ecological restoration. *Restor Ecol* 25:140–7.
- Ling SD, Scheibling RE, Rassweiler A, Johnson CR, Shears N, Connell SD, Salomon AK, Norderhaug KM, Pérez-Matus A, Hernández JC, Clemente S, Blamey LK, Hereu B, Ballesteros E, Sala E, Garrabou J, Cebrian E, Zabala M, Fujita D, Johnson LE. 2014. Global regime shift dynamics of catastrophic sea urchin overgrazing. *Philos Trans R Soc B Biol Sci* 370. <http://rstb.royalsocietypublishing.org/content/370/1659/20130269.abstract>
- Ling SD, Johnson CR, Frusher SD, Ridgway KR. 2009. Overfishing reduces resilience of kelp beds to climate-driven catastrophic phase shift. *Proc Natl Acad Sci U S A* 106:22341–5.
- Marzloff MP, Melbourne-Thomas J, Hamon KG, Hoshino E, Jennings S, van Putten IE, Pecl GT. 2016. Modelling marine community responses to climate-driven species redistribution to guide monitoring and adaptive ecosystem-based management. *Glob Chang Biol* 22:2462–74.
- Marzloff MP, Little LR, Johnson CR. 2015. Building Resilience Against Climate-Driven Shifts in a Temperate Reef System: Staying Away from Context-Dependent Ecological Thresholds. *Ecosystems* 19:1–15. <http://dx.doi.org/10.1007/s10021-015-9913-6>
- Marzloff MP, Johnson CR, Little LR, Soulié JC, Ling SD, Frusher SD. 2013. Sensitivity analysis and pattern-oriented validation of TRITON, a model with alternative community states: Insights on temperate rocky reefs dynamics. *Ecol Modell* 258:16–32. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ecolmodel.2013.02.022>
- Marzloff MP, Dambacher JM, Johnson CR, Little LR, Frusher SD. 2011. Exploring alternative states in ecological systems with a qualitative analysis of community feedback. *Ecol Modell* 222:2651–62.
- Marzloff MP. 2012. Towards ecosystem-based management of Tasmanian temperate rocky reefs: Community dynamics models indicate alternative community states and management strategies. *Inst Mar Antarct Stud*.
- Robinson LM, Marzloff MP, van Putten I, Pecl G, Jennings S, Nicol S, Hobday AJ, Tracey S, Hartmann K, Haward M, Frusher S. 2019. Structured Decision-Making Identifies Effective Strategies and Potential Barriers for Ecosystem-Based Management of a Range-Extending Species in a Global Marine Hotspot. *Ecosystems* 22:1573–91.

Nouvelles connaissances sur le circalittoral tempéré de l'Atlantique nordeste : La zonation singulière des plateaux insulaires macaronésiens et le renforcement du réseau d'aires marines protégées des Açores

Fernando Tempera^{1,2}, Ana Luísa Sinde-Mano^{2,3}, David Milla-Figueras^{2,3} & Pedro Afonso^{2,3}

¹*PatriNat, Muséum national d'Histoire naturelle, Office français de la biodiversité, Brest, France.*

²*IMAR-Institute of Marine Research, University of the Azores, Horta, Azores, Portugal*

³*Ocean Sciences Institute - Okeanos, University of the Azores, Azores, Portugal*

Les patrons de distributions des communautés biologiques sont encore mal décrits dans des vastes espaces maritimes, même si l'impact de l'homme continue d'empiéter sur des strates bathymétriques de plus en plus profonds et des territoires de plus en plus éloignés. Les étroites zones circalittorales entourant les îles des Açores (Atlantique Nord central) représentent une de ces lacunes, bien que ces fonds ne se trouvent qu'à quelques kilomètres des côtes habitées. Ce travail donne un premier aperçu de la composition et des schémas de zonation des assemblages circalittoraux rocheux de cet archipel, le plus tempéré et le plus lointain de la Macaronésie. Une analyse comparative de la séquence verticale d'un ensemble de repères physiques traditionnels suggère que la configuration abiotique qui façonne les ceintures circalittorales sur les plateaux insulaires des Açores n'est pas comparable à celle des plateaux continentaux voisins du sud de l'Europe. Autour de ces îles océaniques le rebord du plateau et la limite d'action des vagues sont décalés vers des profondeurs plus faibles, en même temps qu'une atténuation plus faible de la lumière pousse les seuils liés à ce facteur vers le bas. Les effets de ces variations sur la composition des biocénoses circalittorales sont étudiés à partir de données d'occurrence de morpho-espèces extraites de vidéos acquises à travers l'archipel entre 20 et 260 m de profondeur. L'expression de ceintures circalittorales biologiquement cohérentes est confirmée par des analyses multivariées complétées par des interprétations reliant la ségrégation verticale de traits biologiques avec les gradients environnementaux pertinents. Des amendements aux seuils abiotiques utilisés par 'EMODNET Seabed Habitats' pour délimiter les étages sublittoraux dans l'archipel des Açores sont proposés. La quantité de nouveaux types de turfs faunistiques multiphylétiques et de biohermes coralligènes identifiés par notre étude confirme encore l'insuffisante représentativité d'EUNIS de la diversité des biotopes circalittoraux Macaronésiens. La conformité de plusieurs de ces biotopes avec un classement en 'écosystème marin vulnérable', aussi bien que leur état apparemment peu impacté, démontre la pertinence de tenir compte de la distribution des habitats circalittoraux dans la planification spatiale des fonds marins des Açores. L'usage de modèles prédictifs de distribution d'habitat et d'outils de planification multicritères est démontré dans un contexte d'affinage du réseau d'aires marines protégées (AMPs) des Açores.

Session 6 - Table ronde

Animation de la table ronde : Colas Boudet (Office français de la biodiversité)

- Philippe Le Niliot (Office français de la biodiversité / Parc naturel marin d'Iroise)
- Maiwenn Le Borgne (Lannion-Trégor Communauté)
- Marie Noëlle de Casamajor (PDG-ODE-LITTORAL-LERAR / Ifremer)
- Josiane Popovsky (CAPENA)
- Valentin Paillette (DREAL Bretagne)
- Sandrine Derrien (MNHN de Concarneau)

Les habitats rocheux atlantiques recouvrent des enjeux particulièrement fort en matière de conservation voire de restauration des écosystèmes qu'ils s'agissent de milieux subtidiaux ou intertidaux (cf. <https://uicn.fr/zones-de-protection-forte-en-mer-2/>). Les gestionnaires d'aires marines protégées, les services de l'Etat et la communauté scientifique ont la responsabilité de définir les périmètres de gestion et de protection efficaces vis-à-vis de ces enjeux. La Stratégie nationale aire protégée propose un cadre et des objectifs généraux à atteindre en matière de protection de la biodiversité en mer (30% du territoire français en aires protégées dont 1/3 en zone de protection forte). Il appartient notamment aux partenaires locaux d'émettre des propositions en ce sens.

Les invités à la table ronde illustrent bien le panel d'acteur à même d'apporter des réponses opérationnelles. En effet, de par leur expertise et les informations de surveillance des milieux, s'inscrivant la plupart du temps dans un programme à long terme, ils sont en mesure d'identifier les pressions majeures affectant le milieu rocheux. Ainsi, sont cités, les activités de loisir, les activités industriels, les rejets en mer parmi les facteurs influençant clairement l'état de conservation des milieux. Le changement climatique est aussi évoqué sans pour autant que les gestionnaires et les scientifiques affirment une stratégie claire quant à sa prise en compte dans la gestion, souvent faute de pouvoir anticiper les effets avec assez d'assurance.

Si la bonne connaissance de la présence et de la répartition des espèces et des habitats à enjeu, formalisé notamment à travers des démarches telles que l'identification de ZNIEFF Mer, s'avère indispensable, la reconnaissance des fonctions des écosystèmes de substrats rocheux en Atlantique et Manche Mer du Nord est unanime. De fait, les suivis scientifiques portés notamment via la DCSMM doivent prendre en compte ces services rendus en plus de l'aspect patrimonial des habitats.

Fort de cette connaissance, il appartient à l'Etat de définir des zones où les pressions doivent être réduites. L'extension de la réserve des sept îles témoigne d'une avancée en la matière. On s'y attache d'ailleurs à s'intégrer dans les démarches standardisées de suivi afin d'y associer une gestion efficace. Les outils de gestion à disposition des gestionnaires sont multiples. Parmi eux, la sensibilisation et la concertation entre acteurs sont très utilisées, en particulier dans les Parcs naturels marins, largement fondés sur ces principes. Néanmoins, les échanges amènent nos interlocuteurs à s'interroger sur les moyens de gestion en particulier sur la côte basque et plus généralement concernant les actions de contrôle, qui doivent permettre de s'assurer que les règles soient bien appliquées par les usagers fréquentant les milieux rocheux.

Les Posters

Présentation des habitats marins en France métropolitaine



Cette illustration a été réalisée en simplifiant une abondante de données géologiques hétérogènes en termes de nomenclature (modifications, différents cartographes de terrain, données techniques de cartographie de 2008 à 2010). De plus le choix de simplification de la légende visent à un objectif de simplification et non de vérité scientifique.



BIORÉGIONALISATION DE L'ENVIRONNEMENT CÔTIER EN ATLANTIQUE-MANCHE-MER DU NORD

En appui à l'élaboration de la stratégie de surveillance DCSMM des poissons et céphalopodes côtiers

AUTEURS

Lodier Tiphaine, Schmitt Aurélien, Delesalle Marine, Roost Thibaut, Prasil Delaval Nina, Acou Anthony & Thiriet Pierre

INTRODUCTION

La Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) prévoit l'évaluation de l'état de conservation des poissons et céphalopodes côtiers au-travers de programmes de surveillance. Dans ce cadre, comment distinguer les secteurs à enjeux et choisir les protocoles d'échantillonnage les plus adaptés ?

Le développement d'une approche spatialement explicite permet de :

- Caractériser les milieux marins côtiers selon des facteurs structurant les communautés de poissons et céphalopodes,
- Représenter ces milieux de la façade Atlantique-Manche-Mer du Nord afin de distinguer des gradients environnementaux,
- Analyser leur distribution et leur représentativité en vue du positionnement des points de surveillance.

METHODOLOGIE

Données de départ : 27 variables physico-chimiques

Zone d'étude : façade Atlantique-Manche-Mer du Nord, sur 24 milles marins

depuis la côte, découpée selon un maillage de 30 secondes de côté

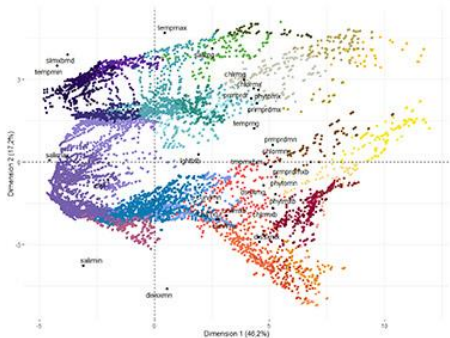
Outil de classification : algorithme sur les K-médoïdes CLARA (Clustering Large Applications), selon le nombre de classes souhaité

Objectifs :

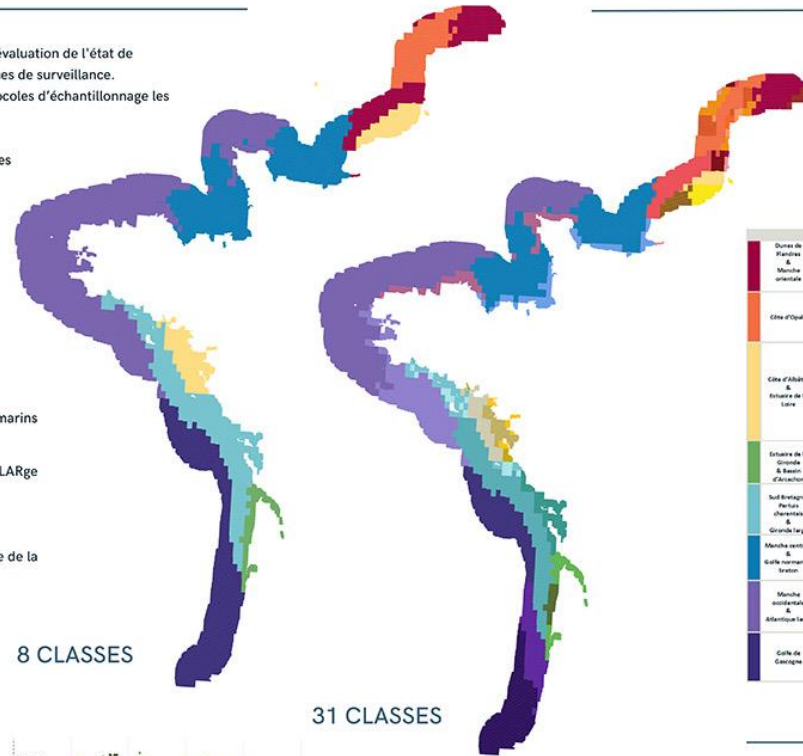
- Développer une typologie de niches environnementales représentative de la diversité des milieux marins côtiers
- Analyser l'interaction des variables et leur contribution aux classes identifiées

RÉSULTATS

Type	Variable	Abréviation
Productivité et biomasse	Biomasse de phytoplancton au fond	phytmb
	Biomasse de phytoplancton maximum	phytmax
	Biomasse de phytoplancton minimum	phytmin
	Concentration en chlorophylle au fond	chlmb
	Concentration en chlorophylle étendue	chlmax
	Concentration en chlorophylle maximum	chlmax
	Concentration en chlorophylle minimum	chlmin
	Production primaire étendue	ppmax
	Production primaire maximum	ppmax
	Production primaire minimum	ppmin
Océanographie physique	Oxygène dissous étendue	dismax
	Oxygène dissous maximum	dismax
	Oxygène dissous minimum	dismin
	Salinité de l'eau au fond	slmbf
	Salinité de l'eau étendue	slmax
	Salinité de l'eau maximum	slmax
	Salinité de l'eau minimum	slmin
	Température de l'eau maximum	tempmax
	Température de l'eau au fond	tempmb
	Température de l'eau étendue	tempmax
	Température de l'eau minimum	tempmin
	Vitesse du courant au fond	curmb
	Vitesse du courant étendue	curmax
	Vitesse du courant maximum	curmax
	Vitesse du courant minimum	curmin



Analyse en Composantes Principales sur les 27 facteurs physico-chimiques retenus, colorisation selon la typologie à 31 classes.



8 CLASSES

31 CLASSES

L'ACP fait émerger la structure des classes en fonction de l'interaction des variables, ainsi que les variables les plus contributrices à la classification :

- La salinité
- La température
- La productivité

LÉGENDE

La caractérisation des masses d'eau de la façade est plus ou moins précise selon le nombre de classes renseigné dans la modélisation : à 31 classes il est possible de distinguer des subtilités qui ne ressortent pas à 8. En l'occurrence, la précision de l'analyse permet de discerner un gradient côte-large moins perceptible à 8 classes.

Typologie à 8 classes		Typologie à 31 classes	
Dunes de Flandres & Manche orientale	Eaux froides et peu salées, importante variation saisonnière - influence du courant, surtout au fond. Espace à haute productivité au fond, tenace en ce qui concerne les variations de température.	Dunes de Flandres & Manche large	Tenace en ce qui concerne la productivité au fond, forte tenace en ce qui concerne la productivité au fond.
Côte d'Opale	Eaux froides et très peu salées. Très forte influence du courant, par ailleurs surtout au fond. Métaux assez peu productifs.	Flèche de la Somme	Influence plus modérée du courant et plus faible productivité au fond. Espace au fond plus fort, chlorophylle et productivité au fond.
Côte d'Alsace & Estuaire de la Seine	Haute à très haute valeur sur les trois paramètres chlorophyllés, biomasse de phytoplancton et productivité primaires. Eau fraîche, avec une forte salinité. Faible influence du courant.	Flèche de la Somme	Chlorophylle au fond élevée. Très forte courants au fond, tenace en ce qui concerne les variations de température.
Estuaire de la Seine & Baie d'Arctique	Eaux chaudes, peu salées malgré de hautes variations saisonnières. Métaux très productifs, fortes variations en ce qui concerne les variations de température.	Flèche de la Somme	Fortes variations de courants, avec plus faible influence du courant au fond. Très forte courants au fond, tenace en ce qui concerne les variations de température.
Sud Bretagne, Péninsule Ibérique & Manche large	Eaux plus chaudes et peu salées. Eau fraîche, avec une forte salinité. Faibles valeurs d'oxygène dissous, variations au cours de l'année.	Flèche de la Somme	Influence du courant au fond moins importante, tenace en ce qui concerne les variations de température.
Manche orientale & Golfe normand - breton	Tenace en ce qui concerne la productivité globale élevée. Métaux assez peu productifs, sauf au fond. Eau peu salée à température homogène.	Flèche de la Somme	Fortes variations de courants, avec plus faible influence du courant au fond. Très forte courants au fond.
Manche occidentale & Atlantique large	Eaux fraîches avec peu de variations saisonnières. Valeurs moyennes de salinité en surface et au fond. Courant et oxygène dissous moyennement élevés.	Flèche de la Somme	Influence du courant au fond moins importante, tenace en ce qui concerne les variations de température.
Golfe de Gascogne	Eaux chaudes en surface mais froides à très froides en profondeur. Fortes variations de salinité au cours de l'année pour des moyennes salées. Faibles valeurs de courants. Métaux tenace en ce qui concerne les variations de température.	Flèche de la Somme	Fortes variations de courants, avec plus faible influence du courant au fond. Très forte courants au fond.

PERSPECTIVES

Cette étude est la première étape d'un travail similaire avec d'autres facteurs environnementaux, naturels et anthropiques :

- Bathymétrie et paramètres morphométriques
- Types de substrats, habitats particuliers et indices paysagers
- Pressions anthropiques et mesures de gestion

L'objectif à terme est de superposer les classifications établies afin d'avoir une représentation des paysages sous-marins de la façade. Cette modélisation permettra alors de placer les points de suivi des poissons et céphalopodes côtiers, à l'interface des contraintes techniques, besoins de surveillance et des secteurs à enjeux prioritaires.

Habitat « Récifs » - Coup d'œil sur des tombants du sud du golfe de Gascogne

Auteurs : J. Popovský, G. Ortéga, P. Barbier

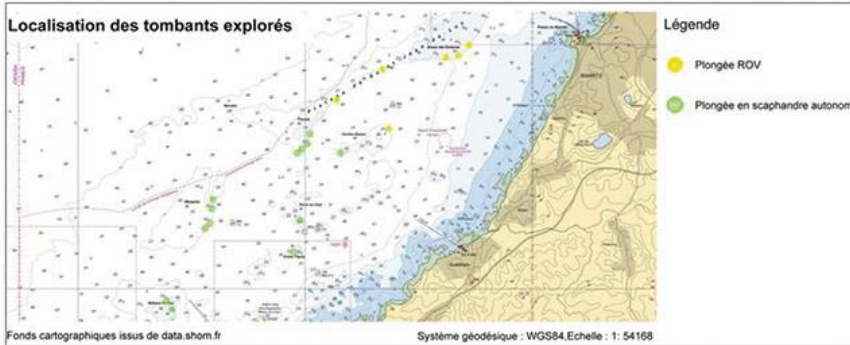


Figure 1 : Carte de localisation des sites

Les tombants sont d'importants réservoirs de biodiversité, couverts d'une faune variée, colorée et riche, attirant également divers usagers.

Ces habitats pourraient faire l'objet de mesures de gestion mais ils doivent préalablement être décrits et mis en perspective par rapport aux activités qui se déroulent à leur proximité.

Qu'est-ce qu'un tombant ?

La zone marine FR7200813 Côte Basque rocheuse et extension au large est classée au titre de divers habitats dont l'habitat 1170 – Récifs, qui comprend notamment les tombants : structures relativement verticales, situées en bout de plateau rocheux ou paroi d'un sec, et dessinant un décrochement de plus de 5 m. La notion de hauteur du tombant nous est propre, elle n'entre pas dans les définitions courantes telles que celle de Gruss (1952). Les Cahiers d'habitats ne font pas de cet habitat un habitat élémentaire mais les classifications telles que HabRef leur portent un intérêt et ont donc créé des catégories type *Tombant de l'infralittoral* (B1-7) et *Grottes marines, surplombs et autres microhabitats à biocénose sciaphile infralittorale* (B1-9).

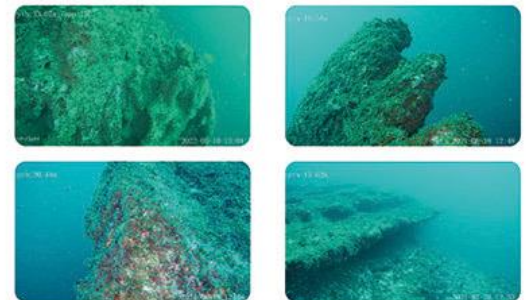


Figure 2 : Images issues des vidéos faites par le ROV Fishfish – © Discovery Show

Approches

Deux approches permettant de quadriller largement cet habitat et de fournir des listes de taxons relativement importantes ont été mises en œuvre :

- des missions menées *in situ* par un binôme de plongeurs
- des films réalisés à l'aide d'un ROV (Remotely Operated Underwater Vehicle)



Figure 3 : Plongeurs et ROV

Premiers résultats d'observations

Les 14 sites répartis sur 6 récifs et remontées rocheuses présentent 2 profils différents : strates ou mur.

L'approche en scaphandre autonome permet d'apporter déjà quelques informations :

- 149 taxons ont été recensés, principalement des Cnidaires, des Spongiaires et des Algues : *Corynactis viridis*, *Gymnangium montagui*, *Sertularella sp.*, *Pachymatisma johnstonia*, *Cliona sp.*, *Aplysina sp.*, *Axinella spp.*, *Phymatolithon lenormandii*, *Peyssonnelia spp.*

- Une première analyse des assemblages spécifiques fait ressortir 2 groupes de tombants qu'il nous faut encore tester par rapport aux caractéristiques physiques des sites. Cependant, profil et profondeur/dénivelé marquent déjà les biocénoses, ainsi que l'orientation des sites.

Les images du ROV permettent de ramener des données sur les profils et les grands groupes recouvrant le substrat.

	T	P	D	Pp	Pf	Do	O
Placeta_1	59						
Placeta_2	51						
Placeta_3	45						
Placeta_4	41						
Cambo Banco_1	38						
Cambo Banco_2	55						
Illarguita_1	45						
Illarguita_2	53						
Illarguita_3	43						
Illarguita_4	30						
Ficoa_1	48						
Aroca_1	44						
Belhara_1	63						
Belhara_2	63						

	<36-45	46-55	>55	Taxons (T)
mur				Profil (P)
strates				Dénivelé (D)
<10m	11-20m	21-30m	31-40m	Profondeur du platier (Pp)
<20m	20-24m	25-30m	31-35m	Profondeur du fond (Pf)
<25m	25-29m	30-34m	35-39m	Durée d'observation (Do)
<35m	36-40m	41-45m	46-50m	Orientation (O)
<90°	90-120°	120-270°	270-360°	

Figure 4 : Résumé des paramètres physiques des tombants observés



Récif circalittoral à gorgones *Paramuricea grayi* (Johnson, 1861) » golfe de Gascogne sud

MN de Casamajor ⁽¹⁾, S. Sartoretto ⁽²⁾, A. Saint Germain ⁽¹⁾, B. Gouillieux ⁽³⁾

- (1) Ifremer LERAR, site d'Anglet, 1 allée du parc Montaury 64600 Anglet, France
- (2) Ifremer LERPAC, Zone Portuaire de Bregailon, CS20 330, 83507 La Seyne-sur-Mer Cedex, France
- (3) Univ. Bordeaux, CNRS, Bordeaux INP, EPOC, UMR 5805, F-33600 Pessac, France

Contexte & Objectifs

Le domaine marin du pays basque est marqué par la présence de récifs circalittoraux entre Biarritz et Hendaye. Ils forment un arc de cercle d'environ 3 km de large et sont bordés de falaises d'une hauteur pouvant atteindre 22 m (Augris et al., 2009). Ces récifs n'ont été que peu étudiés mais sont identifiés d'intérêt biogéographique pour la flore et la faune de France (de Casamajor et Lalanne, 2016). Ils sont classés en zone Natura 2000 FR7200813 « Côte basque rocheuse et extension au large » (Fig.1). Les projets Circareef et Circatx visent à étudier les communautés benthiques des récifs circalittoraux de cette zone, en ciblant deux habitats remarquables : les récifs à gorgones et les grottes. Parmi ces habitats et les 4 espèces de gorgones observées, ce poster se focalise sur un habitat particulier le récif à *Paramuricea grayi*. C'est une espèce à affinité méridionale, non encore référencée sur la côte basque française. La présence de colonies isolées a été seulement décrite sur la côte basque espagnole (Altuna, 1991). Ce travail présente les résultats de l'échantillonnage visant à décrire la structure de la population de cette espèce de gorgone considérée comme ingénieur et la biodiversité associée. À terme, à partir d'une approche écosystémique et l'acquisition de données physiques et de biodiversité l'objectif est de tester le calcul d'un indice EBQI (Ecological Based Quality Index)(Ruitton et al., 2017).

Fig.1

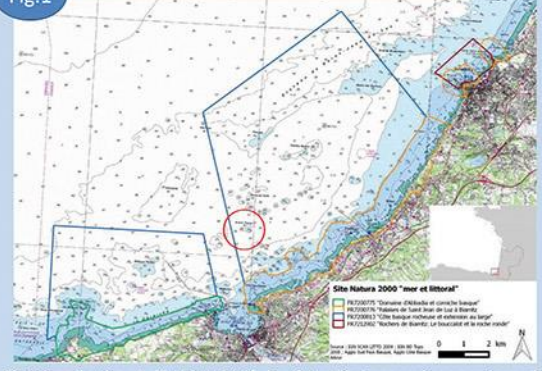


Fig.1 Localisation de l'habitat Récif circalittoral à *Paramuricea grayi* au sein de la zone N2000 (- 35 m)

Stratégie d'échantillonnage

(Suite aux contraintes sanitaires les échantillonnages se répartissent sur 2020 et 2021)

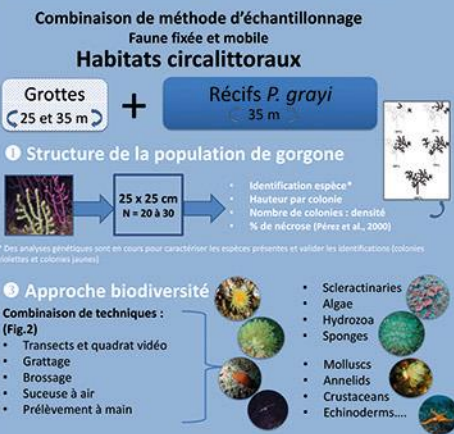


Fig.2

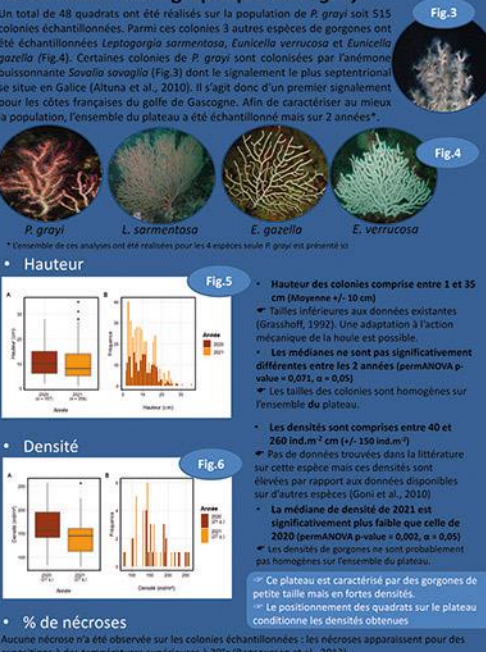
Données nécessaires pour une approche EBQI

Caractérisation physique de l'habitat

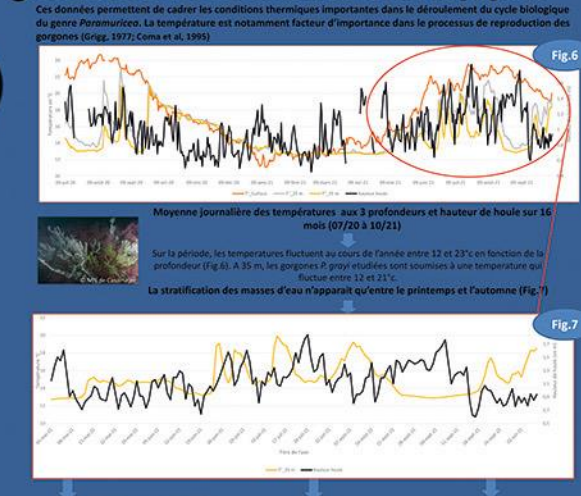


Résultats & discussion

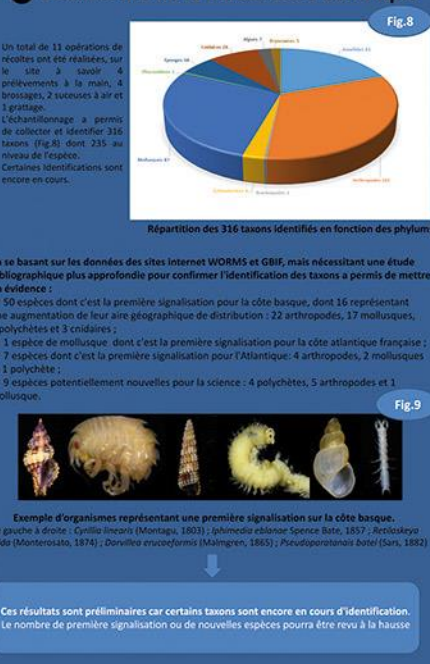
1 Structure démographique de *P. grayi*



2 Conditions environnementales sur le récif de gorgones



3 Biodiversité de la macrofaune benthique



Conclusion : Ce travail présente les premières données biologiques et physiques collectées sur un récif circalittoral à *P. grayi* dans le sud du golfe de Gascogne. Cet habitat est remarquable du point de vue de sa fonctionnalité, mais aussi de la biodiversité associée à cette espèce structurante et des singularités biogéographiques qu'il présente. Un travail similaire mené sur les grottes sous-marines du secteur complète tout l'intérêt d'avoir classé cette zone en N2000 au titre de la directive Habitat Faune Flore. Ces premières données témoignent de l'intérêt de poursuivre les échantillonnages sur cette espèce ingénieur et la biodiversité associée. Peu de données existe et sont nécessaires pour comprendre la structure et le fonctionnement de cet habitat et évaluer ainsi sa vulnérabilité.

Cartographie des communautés benthiques intertidales des substrats rocheux de Manche orientale : apport de l'imagerie hyperspectrale



F. GEVAERT, F. DOUAY, C. VERPOORTER, G. DUONG



Univ. Lille, CNRS, Univ. Littoral Côte d'Opale, UMR 8187, LOG, Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences, F 62930 Wimereux, France
françois.gevaert@univ-lille.fr

Résumé

Les zones intertidales rocheuses forment une diversité d'habitats, extrêmement riches en biodiversité en raison des variations topo-bathymétriques très importantes qu'elles présentent. Dans le contexte du changement global, cette biodiversité est aujourd'hui menacée, les communautés de macroalgues peuplant le domaine intertidal étant particulièrement sensibles à l'impact des activités humaines et des changements climatiques engendrés par ces activités. Notamment, des déclin importants des communautés dites à algues brunes (Ochrophyta) ont pu être observés au cours des dernières années en France et en Europe et s'accompagnent généralement d'une modification dans la composition des communautés. L'estimation et le suivi de la diversité de ces écosystèmes sont donc devenus essentiels pour apprécier l'impact des événements environnementaux et anthropiques sur ces communautés. Dans ce contexte, une cartographie des habitats rocheux de l'intertidal du littoral des Hauts de France a été réalisée entre 2016 et 2017 à partir de relevés GPS des contours des différentes communautés, identifiées visuellement. La typologie EUNIS a été utilisée pour définir la classification de ces habitats. Parallèlement, nous nous sommes aussi intéressés à l'élaboration de nouveaux outils pour faciliter la cartographie de ces communautés, notamment en lien avec le développement de nouvelles technologies dans le domaine de la télédétection et en particulier les techniques spectrales, en raison de leur grande capacité d'acquisition ainsi que de leur grande précision. Cette cartographie contribue à améliorer la connaissance des différents peuplements existant sur le littoral de la Manche orientale. Elle a pu être utilisée dans le travail de mise à jour des rapports d'objectifs des sites mixtes Natura 2000 de la zone des "Deux Caps" et dans le cadre du programme d'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIIEFF).

Typologie EUNIS	Recouvrement (ha)	Recouvrement (en %)
A1.111 : <i>Mytilus edulis</i>	105,67	43,25
A1.212 : <i>Fucus spiralis</i>	36,53	14,95
A1.113 : Balanes	18,51	7,58
A1.1131 : Balanes et patelles	14,6	5,98
A1.126 : <i>Osmundea pinnatifida</i>	12,85	5,26
A1.215 : <i>Rhodothamniella floridula</i>	10,49	4,29
A1.1133 : Balanes et Littorines	9,54	3,90
A1.125 : <i>Mastocarpus stellatus</i>	9,1	3,72
A1.452 : Zones soumises à l'action du sable	7,71	3,16
A1.2141 : <i>Fucus serratus</i> + algues rouges	6,45	2,64
A1.213 : <i>Fucus vesiculosus</i>	3,75	1,53
A1.221 : Moules et <i>Fucus vesiculosus</i>	2,69	1,10
A1.3141 * : <i>Ascophyllum nodosum</i> roche en place	1,65	0,68
A1.223 : Moules et pholades	1,51	0,62
A1.1132 : Balanes et fucus	1,5	0,61
A1.1221 : <i>Corallina officinalis</i>	0,83	0,34
A1.451 : <i>Ulva</i> spp. soumise à l'action de l'eau douce	0,64	0,26
A1.211 * : <i>Pelvetia canaliculata</i>	0,13	0,05
A1.151 * : <i>Ascophyllum nodosum</i>	0,11	0,05
A1.311 * : <i>Pelvetia canaliculata</i> mode abrité	0,07	0,03
B3.11 : Lichens et petites algues vertes	27,79	

La cartographie réalisée entre 2016 et 2017 par contournement des communautés à l'aide de GPS montre que la zone côtière rocheuse du secteur Artois-Picardie s'étend sur 35 km de linéaire de côte et couvre 272,12 hectares. Cet habitat présente 24 communautés, dont les répartitions diffèrent le long de la zone concernée. En effet, les communautés de *Mytilus edulis* (A1.111) et *Fucus spiralis* (A1.212) couvrent à elles deux 58,20 % de la superficie du littoral rocheux du médiolittoral. Ces deux communautés sont représentatives des zones dites exposées à modérément exposées. Les communautés des zones abritées sont beaucoup moins représentées (0,80 % du médiolittoral rocheux) et peu diversifiées (4 communautés au total). Trois communautés remarquables de la typologie EUNIS ont également été identifiées, principalement sur le site d'Audresselles (cuvettes à corallines, cuvettes à sargasses, encroûtements de corallines).

Typologie EUNIS	Recouvrement (ha)
A1.4111 : Cuvettes à Corallines	6,15
A1.4121 : Cuvettes à Sargasses	5,16
A1.411 : Encroûtement de corallines	0,04

En l'absence de réglementation, des récoltes d'algues ont lieu quotidiennement sur le littoral sans qu'aucun contrôle ne soit exercé.



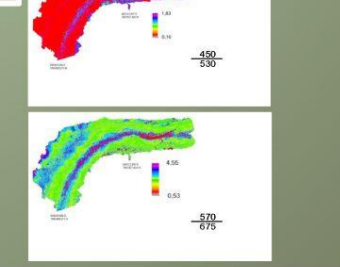
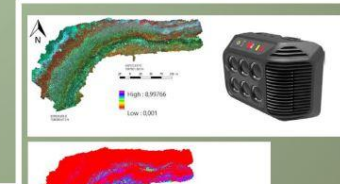
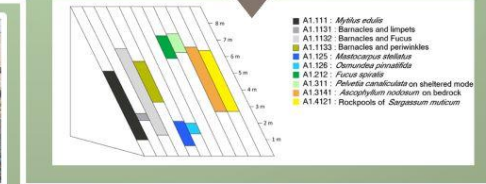
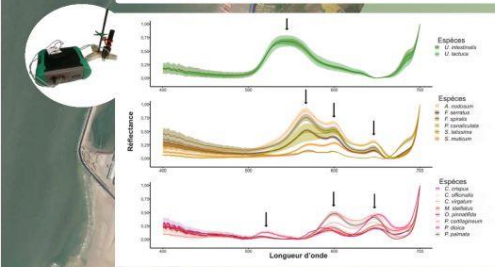
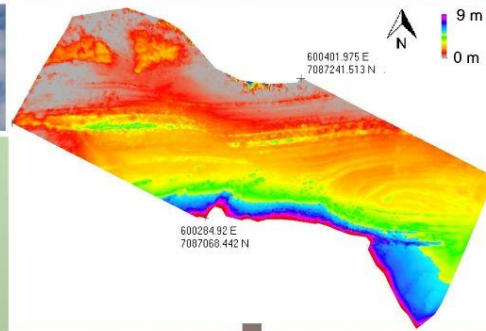
Impacts → Suivis



La cartographie par relevés des coordonnées GPS des contours des communautés étant particulièrement fastidieuse et chronophage (relevés tous les 20 m dans des environnements parfois difficiles d'accès et très escarpés, 24 jours de prospection à pieds répartis sur deux années successives pour cibler les marées de vives-eaux), nous nous sommes tournés vers d'autres techniques et l'élaboration de nouveaux outils plus faciles à mettre en œuvre.

Des relevés photogrammétriques par drone, réalisés pour essai au Cap Gris-Nez ont permis de produire une carte topobathymétrique de la zone qui montre une surélévation de 2 ou 3 mètres de certains assemblages par rapport au substrat environnant, généralement recouverts par des communautés différentes. En comparant les informations acquises lors des survols par drone avec les relevés de terrain, un schéma de répartition des communautés en fonction des niveaux topobathymétriques a pu être établi.

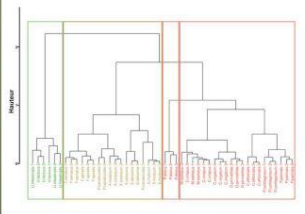
- A1.4111 Cuvettes à corallines
- A1.4121 Cuvettes à sargasses
- A1.111 *Mytilus edulis*
- A1.113 Balanes
- A1.1131 Balanes et patelles
- A1.1132 Balanes et fucus
- A1.1133 Balanes et Littorines
- A1.1221 *Corallina officinalis*
- A1.125 *Mastocarpus stellatus*
- A1.126 *Osmundea pinnatifida*
- A1.151 *Ascophyllum nodosum*
- A1.211 *Pelvetia canaliculata*
- A1.212 *Fucus spiralis*
- A1.2141 *Fucus serratus* et algues rouges
- A1.213 *Fucus vesiculosus*
- A1.215 *Rhodothamniella floridula*
- A1.221 Moules et *Fucus vesiculosus*
- A1.223 Moules et pholades
- A1.311 *Pelvetia canaliculata* en mode abrité
- A1.3141 *Ascophyllum nodosum* sur roche en place
- A1.451 *Ulva* spp. soumise à l'action de l'eau douce
- A1.452 Zone soumise à l'action du sable
- B3.11 Lichens ou petites algues vertes
- A1.411 Encroûtement de corallines



La carte obtenue grâce au survol a été analysée pour faire ressortir les résultats des deux rapports. Ces résultats ont été comparés à la vérité terrain pour les valider. Concernant le premier ratio (450/530), la zone bleue indique la présence d'une communauté d'algues brunes qui est corrélée par la vérité terrain. Dans le cas du second ratio (570/675), le vert montre une zone avec peu de macroalgues (roche ou moules). La couleur bleue reflète la présence d'une communauté d'algues rouges tandis que la couleur rouge indique un mélange d'algues vertes et brunes. Ces deux rapports permettent donc de différencier tous les phyla.

En complément de cette approche, nous avons voulu tester la possibilité de différencier les communautés à partir d'images acquises par drone équipé d'un télédéteur hyperspectral. Dans un premier temps, une librairie établie à partir des signatures hyperspectrales des principales algues représentatives de l'estran a été constituée à l'aide d'un ASD Fieldspec4 FR® appliqué sur des algues intactes directement sur le terrain et en laboratoire dans des conditions contrôlées. Une nouvelle méthode de classification adaptée aux caractéristiques des espèces de la zone d'étude a été développée et les résultats de cette étude ont été publiés dans le journal Remote Sensing (Douay, F.; Verpoorter, C.; Duong, G.; Spilmont, N.; Gevaert, F. New Hyperspectral Procedure to Discriminate Intertidal Macroalgae. Remote Sens. 2022, 14, 346. <https://doi.org/10.3390/rs14020346>). Les résultats obtenus ont permis de mettre en évidence une discrimination efficace des espèces à l'aide de l'utilisation de l'algorithme spectral angle mapper (SAM) sur des données de réflectance dérivées (dérivée première). Le SAM permet de s'affranchir de la variabilité intraspécifique des spectres de réflectance hyperspectraux, agissant principalement sur l'intensité du signal, et non la forme spectrale dont tient compte le SAM pour le calcul de la matrice de distance. Les résultats acquis ont montré l'efficacité, sur les espèces majoritairement présentes sur notre zone d'étude, de la méthodologie développée au cours de cette étude, et ce, en tenant compte de la variabilité intraspécifique. De plus, il apparaît que cette méthodologie est robuste aux variations saisonnières.

Cette méthodologie nécessite encore d'être adaptée pour la réalisation de cartographies. Son utilisation sur des images acquises au cours de campagnes aéroportées doit être précédée d'une phase expérimentale sur des spectres acquis *in situ* car les macroalgues subissent dans leur environnement des contraintes fortes, susceptibles de modifier leur réponse spectrale par rapport aux spectres de réflectance acquis en conditions contrôlées (effet de la dessiccation par exemple). Néanmoins, les premiers essais à partir d'images multispectrales montrent qu'il est d'ores et déjà possible de discriminer les trois phyla d'algues (Ochrophyta, Chlorophyta et Rhodophyta).



Surface Imaging Solution for TEMperate Reefs (SISTER)

Suivi des récifs à *Sabellaria alveolata* par imagerie drone et I.A.

ALVAREZ-VANHARD Emilien^{1*}, LIABOT Pierre-Olivier¹, BAJJOUK Touria¹, COLLIN Antoine², JAMES Dorothée², DUBOIS Stanislas¹

¹ Ifremer Centre Bretagne - DYNECO LEBCO, Plouzané, France.

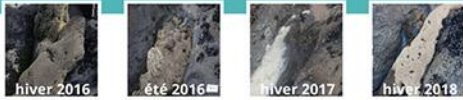
² Ecole Pratique des Hautes Etudes - PSL Université, CGEL, Dinard, France

* emilien.alvarez@ifremer.fr

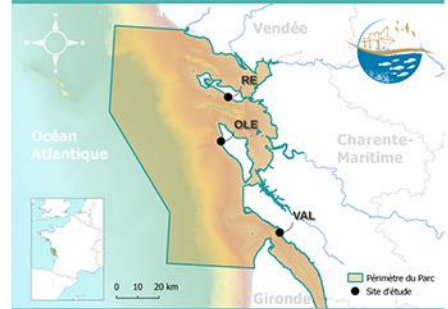
Introduction

Les directives européennes (DCSMM, DHFF) concernant le suivi des habitats marins, dont les habitats récifaux qui font l'objet d'une attention spéciale, mentionnent l'importance du maintien du bon état écologique et des extensions surfaciques. L'aspect surfacique est donc crucial car il rentre dans les critères d'évaluation des habitats (perte ou gain de surface au regard des pressions d'origine anthropique ou naturelle). Certains habitats comme les récifs à *Sabellaria alveolata* (communément appelés "hermelles") ont la particularité d'avoir une extension surfacique très variable dans le temps. Le projet SISTER a pour but de fournir aux gestionnaires un outil d'évaluation surfacique et morphologique de l'habitat à *Sabellaria alveolata* à l'aide des technologies de l'imagerie par drone et de l'intelligence artificielle (IA).

Exemple d'évolution d'un récif d'hermelles (photo-quadrat REEHAB)



Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde et de la Mer des Pertuis



Détection des récifs à travers les échelles :

Du quadrat REEHAB...

Le projet REEHAB a permis la mise en place d'un protocole de suivi par quadrat des récifs à *Sabellaria alveolata* à l'échelle européenne. Depuis 2016, plus de 15000 relevés (photo-quadrat + annotations) ont été effectués sur 12 sites distribués le long des côtes Atlantique. Cette base de données capture la diversité potentielle de cet habitat et constitue ainsi une base d'apprentissage conséquente pour l'interprétation automatique de photo-quadrat via un modèle d'IA.

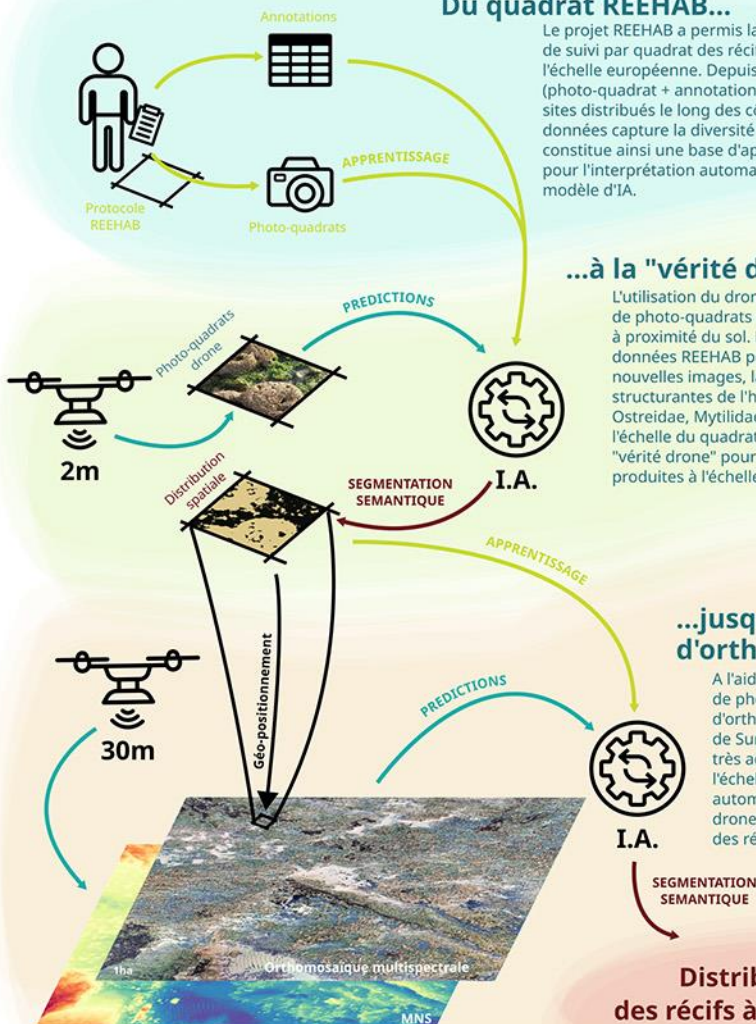
...à la "vérité drone"...

L'utilisation du drone facilite l'acquisition de centaines de photo-quadrats sur le terrain via des prises de vue à proximité du sol. Le modèle pré-entraîné sur les données REEHAB permet alors d'estimer, sur ces nouvelles images, la distribution spatiale des espèces structurantes de l'habitat : *Sabellaria alveolata*, Ostreidae, Mytilidae et Algues. L'information à l'échelle du quadrat est ensuite utilisée comme "vérité drone" pour annoter les orthomosaïques produites à l'échelle du site.

...jusqu'à l'annotation d'orthomosaïque.

A l'aide de logiciels de planification de vol et de photogrammétrie, la production d'orthomosaïque et de Modèle Numérique de Surface (MNS) par drone est devenue très accessible. Ces données produites à l'échelle du site sont interprétées automatiquement à l'aide des "vérités drone" afin d'estimer la distribution spatiale des récifs.

Distribution spatiale des récifs à *Sabellaria alveolata* à l'échelle du site

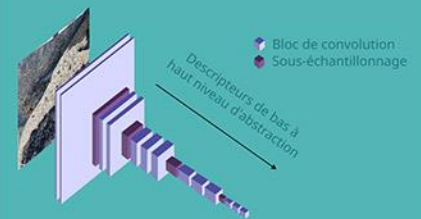


Le protocole est développé et testé sur 3 sites du Parc Naturel Marin aux caractéristiques écologiques et morphologiques distincts : Île d'Oléron, Île de Ré et Pointe de Vallières.

Intelligence Artificielle ?

"IA" est un terme générique pouvant englober divers modèles statistiques. Nous nous intéressons, ici, aux réseaux de neurones convolutifs (CNN) qui sont à la traversée entre les domaines de l'apprentissage statistique et de la vision assistée par ordinateur. Ces modèles ont apporté des performances jusque là inégalées sur des problèmes de reconnaissance et de traitement d'image. C'est la capacité du modèle à générer des descripteurs à forte abstraction qui lui permet de résoudre des problèmes complexes. Des modèles dits "profonds" comme VGG16 ont été entraînés sur des millions d'images (ImageNet) afin de générer des descripteurs assez généraux pour être transférés vers divers domaines d'applications tel que l'écologie ou l'observation de la Terre.

Architecture du modèle VGG16



Vers une caractérisation de l'état de l'habitat

L'utilisation du drone permet de ré-itérer dans le temps un protocole automatisé d'extraction de la couverture spatiale et de la topographie à l'échelle du site avec une résolution spatiale centimétrique. Ces informations sont nécessaires pour dériver des caractéristiques paysagères (ex: fragmentation, distances géographiques) et morphologiques (ex: rugosité surfacique, indice de position topographique) significatives de l'écosystème permettant ainsi de modéliser la complexité de la structure de l'habitat. Le suivi spatial et temporel des structures paysagères et morphologiques permet de rendre compte des états que peut prendre l'habitat de récif à *Sabellaria alveolata* et ainsi aider à la définition d'un indicateur de l'état écologique de l'écosystème.



Erwan QUEMERE



Jean-Charles LECLERC



Bonnie BAILLET

LAMI-NET: L'ADNe digestif pour décrypter la structure et le fonctionnement des communautés associées au forêt de laminaires

Forêts de Laminaires

Espèce *Laminaria hyperborea*

- Importance économique
Exploitation Goémonière et pêcheries
- Importance écologique
Nourricière, abris et source de matière organique
- Importance culturelle

Densité des forêts de laminaires sensible aux pressions anthropiques, climatiques et biologiques

Fragilité au niveau mondial (déforestation) accompagnée de dérèglement trophique en cascade

But de l'étude

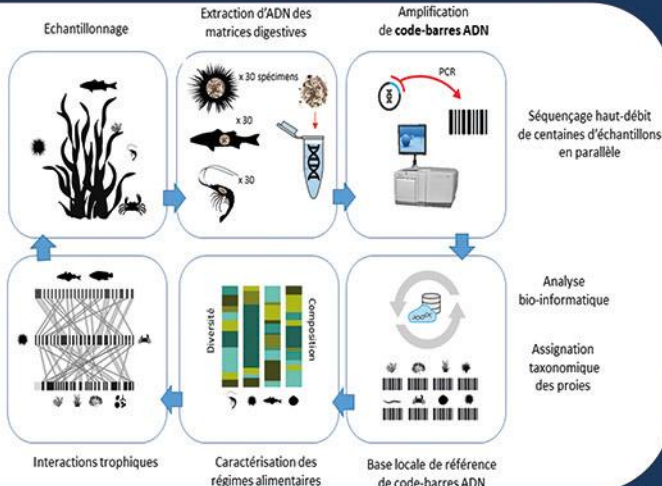
Caractériser leur structure trophique et fonctionnement des forêts de laminaires en condition de référence (Volet 1 - 2022)

Identifier les espèces qui dépendent directement et indirectement, des forêts de Laminaires en Bretagne

Evaluer la variation de la qualité fonctionnelle des forêts de laminaire sur un gradient côte-large (Volet 2 - 2023)

Orienter les stratégies d'évaluation de l'état de santé de cet habitat marin intégrant des critères de fonctionnalité

De l'ADN environnemental (ADNe) au réseau trophique



Avantages de l'utilisation de l'ADNe

- Données qualitatives et quantitatives
- Ne nécessite pas d'expertise taxonomique
- Approche multi-marqueurs pour couvrir toute la biodiversité
- Meilleure résolution taxonomique que par observation ou isotopie



Bilan de l'échantillonnage du Volet 1 (été 2022)

1593 échantillons au total:

- 6 espèces de poissons dont:
 - 6 bars (*Dicentrarchus labrax*)
 - 23 lieux jaunes adultes
 - 29 lieux jaunes juvéniles (*Pollachius pollachius*)
 - 30 vieilles (*Labrus bergylta*)
- 22 espèces d'invertébrés dont:
 - 67 oursins globuleux (*Echinus esculentus*)
 - 35 Ormeaux (*Haliotis tuberculata*)
 - 59 étoiles de mer glaciales (*Marthasterias glacialis*)
 - 4 tourteau (*Cancer pagurus*)
 - 8 étrilles (*Necora puber*)

- Ainsi que:
- 30 pelotes de cormorans huppé (*Gulosus aristotelis*)
 - 13 fèces de phoque gris (*Halichoerus grypus*)



PAYSAGES SOUS-MARINS

APPROPRIATIONS SOCIALES ET POLITIQUES PUBLIQUES

CONTEXTE

Depuis la seconde moitié du XXème siècle, le milieu marin s'est vu peu à peu anthropisé pour atteindre aujourd'hui une situation compromettant la pérennité même des habitats qui le composent et des usages qui y sont associés. Cette problématique n'épargne pas le Parc Naturel Marin d'Iroise (PNMI), désireux de préserver et valoriser son territoire subaquatique (fig. 1). Cependant, les difficultés liées à son accès induisent une lacune de représentation de ces espaces. Le patrimoine paysager, qui inclut les aspects naturels et culturels, peine à s'ancre dans les pratiques de préservation des autorités.

En réponse, cette recherche (co-financée par la DREAL Bretagne, le Conseil Régional de Bretagne et le PNMI) a pour objectif de réaliser un atlas paysager subaquatique du PNMI. Pour ce faire, nous souhaitons développer une méthode basée sur la caractérisation et la qualification des paysages immergés (fig. 2) afin de les identifier et entrevoir leurs dynamiques d'évolutions et déterminer des enjeux de gestions. Il s'agit de proposer une approche innovante, en complément des méthodes de classification des habitats marins, en prenant en considération les interactions entre biodiversité, usages et mémoire collective (Projet Mesh, 2008). L'idée est de tendre vers une territorialisation accrue des espaces maritimes pour favoriser l'essor de politiques publiques paysagères subaquatiques.



Figure 1. Territoire du PNMI.

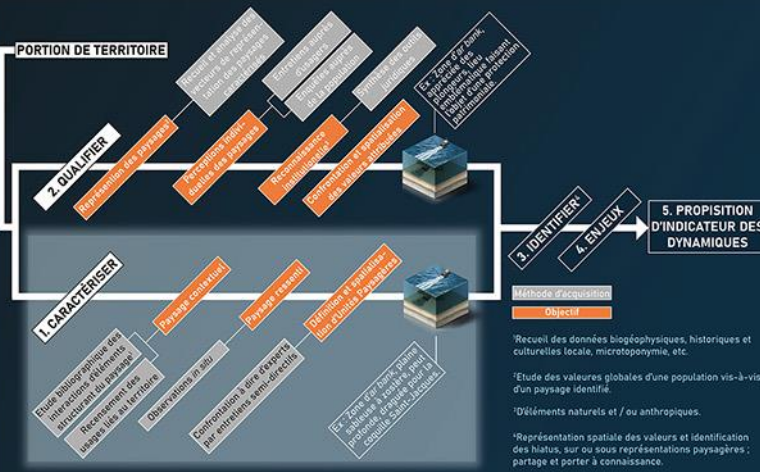


Figure 2. Chronologie de la méthode d'analyse des paysages sous-marins.

MÉTHODOLOGIE

Ce poster présente la première phase méthodologique que nous adoptons, à savoir, la caractérisation des paysages sous-marins (intégrant la surface, la colonne d'eau et le benthos). Cette première étape se structure autour de quatre axes : l'identification et le recueil des critères paysagers, la spatialisation des unités paysagères, l'analyse in situ et la confrontation à dires d'experts.

1. IDENTIFICATION DES RECUEILS DE DONNÉES

Nous identifions les critères biogéophysiques (bathymétrie, géologie, habitats benthiques, gradients de turbidité, de courantologie, de température et de salinité) et anthropiques (usages, données historiques et culturelles) qui caractérisent les fonds marins de la mer d'Iroise (fig. 3). Recueillis sous la forme de cartes, ces derniers sont compilés pour rendre compte du contexte paysager subaquatique iroisien, des interactions et des influences qui les modifient.

2. SPATIALISATION DES UNITES PAYSAGERES ET LEURS LIMITES

Comme dans les atlas terrestres, cet assemblage de critères est ensuite spatialisé au sein d'une cartographie des « grandes » diversités paysagères sous-marines de la mer d'Iroise (fig. 4 et 5 a). Sur cette carte se décline par une approche multiscalaire, les grands ensembles paysagers, les unités et les sous-unités paysagères. Chacune de ces déclinaisons est délimitée par l'appréciation nette ou diffuse de ses frontières et souligne les continums paysagers.

3. ANALYSE IN SITU PAR PLONGÉE

Nous procédons ensuite à une analyse in situ en plongée. Cela permet de confronter notre cartographie paysagère à une réalité de terrain et de notifier des informations complémentaires (croquis, photographies, descriptions, etc). De plus, nous intégrons des critères sensibles (approche kinesthésique, émotions, etc.) perçus par l'observateur afin de contextualiser les portions de territoires visités en espaces vécus.

RÉSULTAT

Une fois que cette suite méthodologique est accomplie, nous obtenons une vue générale des caractéristiques paysagères propres à chaque unité. L'ensemble des informations est compilé et enrichi par des supports de représentations tels que des photographies, dessins, blocs-diagrammes, etc (fig 5 a, b et c). L'idée est d'arriver à modéliser de manière compréhensible pour le plus grand nombre la physionomie paysagère des unités relevées.



Figure 3. Critères employés pour caractériser les paysages sous-marins.

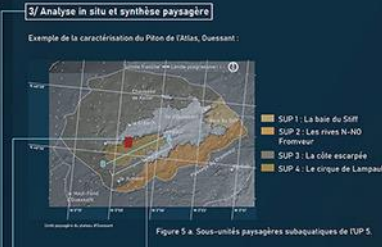


Figure 4. Exemple de la caractérisation du Piton de l'Atlas, Ouessant.



Figure 5. Bloc-diagramme du secteur du piton de l'Atlas.

Extrait de la description paysagère :
 Nom issu de l'épave Atlas, située à proximité, le piton s'intègre au sein de la sous-unité paysagère du cirque de Lampaul. C'est un site caractéristique des plateaux septentrionaux du PNMI et caractéristique des poches espaces sous-marins de l'île d'Ouessant.
 Abrité de la houle du NW, c'est une zone alternant entre affleurements rocheux et fonds sableux. Cette anse en forme de cirque est cernée de falaises offrant une côte escarpée, alternant entre tombants, pitons, grottes, et champs de blocs sur une profondeur de 60 mètres.
 La végétation y est dense et marquée par les forêts de laminaires présentes entre -8 et -20 mètres de fond. Ce contexte dissimule un habitat remarquable pour les populations animales et végétales.
 Au NE se situent des mouillages et le port de Lampaul. Dans les alentours, les populations y mouillent de nombreux casiers [...].

CONCLUSION

Les difficultés d'accès rendent impossible l'observation directe des paysages sous-marins. Leurs caractérisations s'effectuent par l'exploitation et le croisement de différentes sources d'informations aussi diverses soient-elles. Il est donc nécessaire de confronter notre travail auprès de spécialistes des critères pris en compte.

Cette future phase d'entretien sera réalisée durant les prochaines semaines. Cela nous permettra de proposer une caractérisation complète des paysages subaquatiques de la mer d'Iroise d'ici fin 2022 et de démarrer la seconde phase de la thèse à savoir la qualification des paysages subaquatiques de l'Iroise.



Introduction

Dans le cadre du projet de raccordement du futur parc éolien en mer de Saint Nazaire, RTE a mis en place une coordination environnementale de la partie maritime. La pose de câbles dans le fuseau implique de suivre l'impact des travaux sur plusieurs compartiments marins (suivi des peuplements benthiques sur substrats meubles et rocheux, suivi de la qualité des sédiments, suivi de la qualité de l'eau et suivi des enrochements).

Lors de la pose de la liaison sous-marine, celle-ci peut être soit ensouillée soit protégée par des protections externes également dénommées ci-après « blocs immergés ». Le chantier de Saint Nazaire étant le premier en France, il est l'occasion de développer et appliquer un protocole pour évaluer l'effet récif et la recolonisation de ces blocs immergés. En décembre 2020, deux zones de raccordement ont fait l'objet de protection externe et seront utilisées comme site d'étude : PK 8,5 et PK 19,5 (Figure 1). Le protocole y sera appliqué 8 mois après la pose mais également au cours de l'exploitation du parc.

Le protocole développé consiste en des prélèvements en plongée à la suceuse et ciseau à bois sur des quadrats de 0,1 m² (15 quadrats : 5 sur le plateau, 5 sur une pente et 5 sur l'autre pente) (Figure 2). En effet, la mise en place d'une approche systématique sur une surface connue apporte une vraie plus-value en apportant des informations précises sur les peuplements floristiques et faunistiques y compris la macrofaune, tout en offrant la possibilité d'une approche statistique. Il est également très proche des suivis par études du recouvrement qui ont été réalisés lors du projet RECIF (Recif, 2015) ou les travaux de Taormina (2019) par exemple.

Il est ainsi proposé une méthode quantitative permettant de décrire les fonds rocheux tant en termes de biodiversité que d'abondance. La période optimale pour ce type de suivi est située entre mai et juillet (période recommandée par la DCE). Pour le suivi de 2021, nous avons réalisé les prélèvements en Août du fait des contraintes du chantier et de la présence de navires sur la zone.

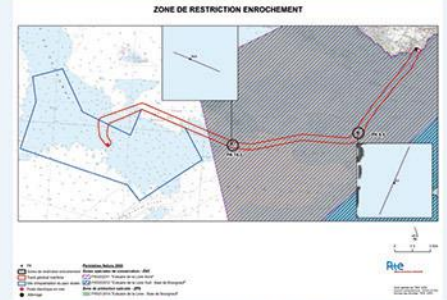


Figure 1 : Localisation des stations PK19,5 et PK8,5 le long du fuseau de raccordement.

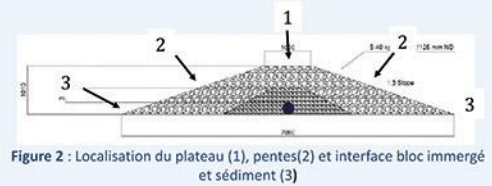


Figure 2 : Localisation du plateau (1), pentes (2) et interface bloc immergé et sédiment (3)

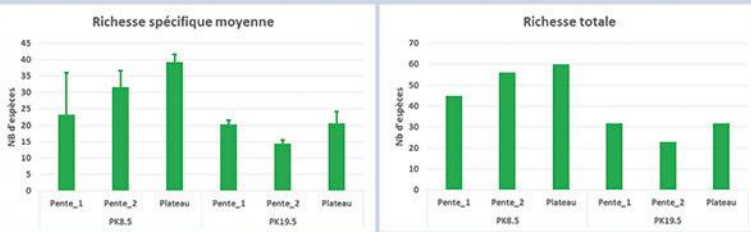


Figure 3 : Richesse spécifique moyenne et totale

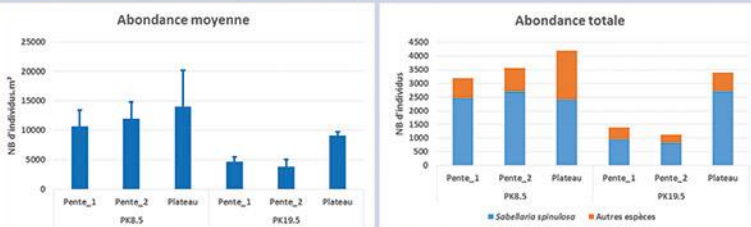


Figure 4 : Abondance moyenne et totale des hermines *Sabellaria spinulosa* et des autres espèces.



Figure 5 : L'herminelle *Sabellaria spinulosa*, le crustacé *Pisidia longicornis*, et le polychète *Spirobranchus triqueter*.



Figure 6 : Exemples de quadrats.



Figure 7 Enrochement et tacauds.

Résultats

Sur l'ensemble des échantillons analysés, 16 874 individus ont été dénombrés et 103 taxons faunistiques ont été identifiés. Aucune algue n'a été observée.

La Figure 3 illustre les valeurs de richesse qui sont comprises entre 45 et 60 espèces au total sur le site PK8,5 et entre 23 et 32 sur le site PK19,5. Ainsi, les valeurs sont supérieures sur les enrochements les moins profonds. Des valeurs supérieures sont observées sur le plateau sur le site PK8,5 alors que les valeurs sont proches pour les trois expositions du site PK19,5.

Pour les abondances, les valeurs sont comprises entre 10 630 et 14 000 individus.m⁻² sur le site PK8,5 et entre 3 800 et 9 100 individus.m⁻² sur le site PK19,5 (Figure 4). Comme pour la richesse, les valeurs sont supérieures sur les enrochements les moins profonds et en particulier sur le plateau. Sur le site PK19,5, les valeurs sont également plus élevées sur le plateau que sur les pentes. La figure 4 met en évidence la domination du polychète *Sabellaria spinulosa* (Figure 5) dans les peuplements. Les autres espèces caractéristiques sont le crustacé *Pisidia longicornis* et un autre polychète *Spirobranchus triqueter* (Figure 5).

Ainsi, un recouvrement presque total des quadrats est à noter (Figure 6) avec la dominance des polychètes dans les peuplements et notamment l'espèce à fort enjeu patrimonial *Sabellaria spinulosa*.

Conclusions

Sur les 2 sites échantillonnés en plongée sous-marine à la suceuse, une recolonisation a été identifiée entre décembre 2020 et août 2021 (8 mois). Les enrochements présentent déjà une abondance et une richesse importantes. La présence d'une espèce à enjeu fort : les herminelles est remarquable. Cette recolonisation par des espèces benthiques est accompagnée par la présence de poissons comme des tacauds (Figure 7).

Ainsi, les enrochements sont propices à l'installation de tous les groupes taxonomiques. Les suivis ultérieurs doivent permettre d'étudier la cinétique de cette recolonisation. Il faudra notamment préciser si les enrochements présentent toujours une abondance et une richesse importantes et surtout étudier l'évolution de l'abondance d'une espèce à forte patrimonialité, le polychète *Sabellaria spinulosa*.

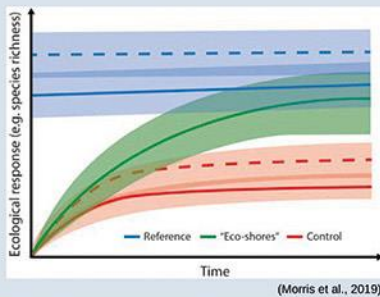
Apport écologique d'un projet d'éco-ingénierie sur la digue du nouveau polder du port de Brest

Antoine Carlier^{1*}, Gabin Droual¹, Robin Gauff^{1,2}, Bastien Taormina¹, Aurélien Tancreay¹, Amelia Curd¹
¹IFREMER, Centre de Bretagne, DYNECO-LEBCO, 1625 route de Sainte-Anne, 29280 Plouzané
²IFREMER, Laboratoire Environnement Ressources Provence Azur Corse, CS 20330, F-83507 La Seyne Sur Mer



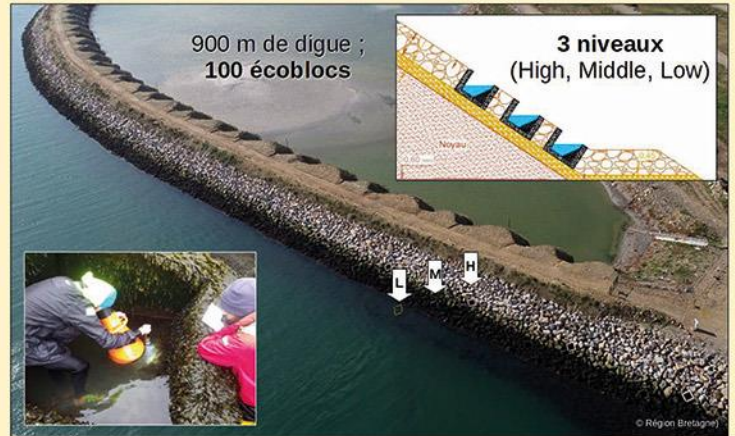
Contexte

- Essor de l'éco-ingénierie plus rapide que les suivis scientifiques
- Le nouveau polder de Brest accueille les projets EMR ; sa digue est équipée d'écoblocs en béton depuis 2019, avec l'objectif de limiter les impacts écologiques, dans un environnement portuaire



- Efficacité écologique des projets ?
- Au bout de combien de temps ?

Site d'étude et objectifs



- 1) Ressemblance entre la biodiversité des écoblocs, celle des enrochements artificiels classiques et celle des zones rocheuses naturelles ?
- 2) Place des espèces non-indigènes (NIS) dans les communautés benthiques des écoblocs ?
- 3) Suivi long-terme (5 - 10 ans): Quelle dynamique temporelle des communautés des écoblocs? Des NIS ?

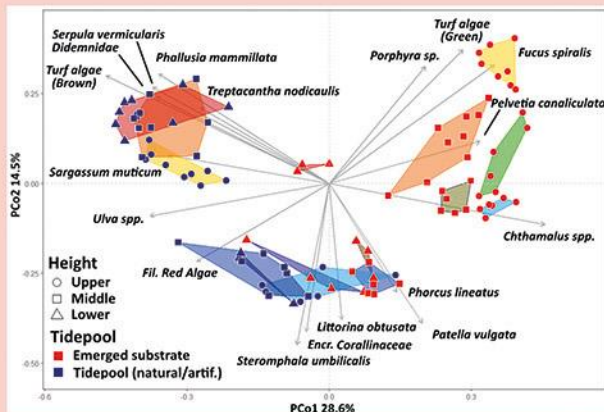
Stratégie de suivi

- Echelle large (100 écoblocs / 900m)
Imagerie par drone : Changements de communautés de macroalgues (volet à venir);
- Echelle moyenne (3 secteurs x 3 niveaux x 3 écoblocs)
Changements spatio-temporels de communautés (flore + macrofaune), par observation directe (Rapid Assessment Survey), photos-quadrat / vidéos-GoPro, et ADNe (actuellement en test) ;
- Echelle fine (1 secteur x 2 niveaux x 3 écoblocs)
Expérience de défaunation ; suivi haute fréquence des premiers stades de colonisation, par observation directe et photos-quadrat (volet à venir).



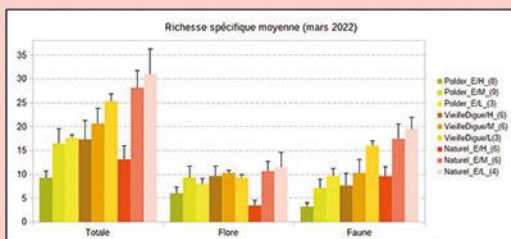
Premiers résultats

Comparaisons entre habitats (mars 2022) :



- Analyse PcoA entre 3 habitats et 3 niveaux bathymétrique: nouvelle digue avec écoblocs (polygones en nuances rouge-orange) ; vieille digue (nuances vert-marron) ; roche intertidale naturelle (nuances bleu).
- Dissimilarité forte entre les communautés émergées et immergées ; moins marquée pour i) le niveau bas, et ii) l'habitat naturel.
- Dissimilarité nette entre habitats artificiels et naturels.

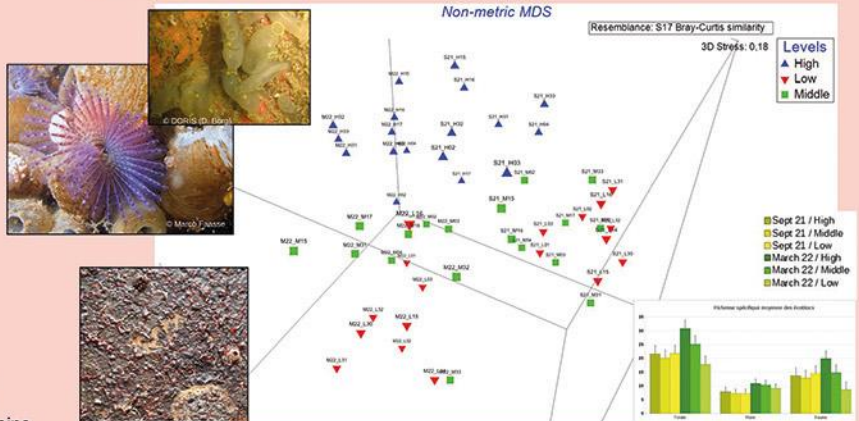
- Habitats immergés : Communautés des écoblocs distinctes de celles des mares naturelles (mais richesse moyenne équivalente) ; davantage de dissimilarité entre habitats (artificiels vs. naturel) qu'entre les 3 niveaux bathymétriques ; Relations « richesse-faune / niveau bathymétrique » inverses entre écoblocs et mares naturelles ;



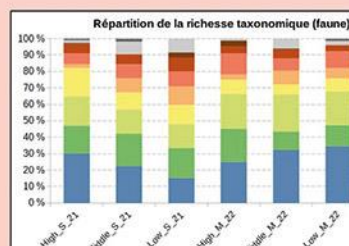
- Habitats émergés : Richesse élevée sur l'habitat naturel, intermédiaire sur la vieille digue, basse sur la nouvelle digue (reflet de l'état d'avancement de la succession écologique?)

Dans les écoblocs de la digue (septembre 2021, mars 2022):

- Dissimilarité entre les communautés : plus forte entre saisons qu'entre niveaux bathymétriques (H, M, L); nette entre les communautés du niveau haut et celles des niveaux moyen et bas.
- Richesse spécifique : équivalente entre niveaux, en fin d'été ; décroissante du niveau haut vers le niveau bas en fin d'hiver.



• nMDS de la faune des mares des 27 écoblocs, répartition de la richesse spécifique sur les 3 niveaux bathymétriques.



Most discriminant species (Sept 21 / March 22)	High	Middle	Low
<i>Wateriopsis substra</i>	+	+	+
<i>Bispira polyzona</i>	+	+	+
<i>Sabella spallanzanii</i>	+	+	+
<i>Sabella</i> spp.	+	+	+
<i>Spirobranchus</i> spp.	+	+	+
<i>Serpula vermicularis</i>	+	+	+
<i>Patella depressa</i>	+	+	+
<i>Stromphala umbilicalis</i>	+	+	+
<i>Crepidula fornicata</i>	+	+	+
<i>Detemania</i>	+	+	+
<i>Phallusia mammillata</i>	+	+	+
<i>Ciona intestinalis</i>	+	+	+
<i>Pyrosoma</i>	+	+	+
<i>Ascidia mentula</i>	+	+	+
<i>Syella clava</i>	+	+	+
<i>Asterocarpa humilis</i>	+	+	+
Eponge blanche	+	+	+
<i>Clembia edulis</i>	+	+	+
<i>Perforatus perforatus</i>	+	+	+

• Répartition des groupes faunistiques et de l'abondance relative des espèces discriminantes (analyse SIMPER two-way « periods / levels »; S17 Bray-Curtis similarity) entre les 3 niveaux bathymétriques.

Vers un réseau participatif de suivi des poissons et des habitats rocheux côtiers en plongée

Pénélope Teste du Bailler¹, Éric Stephan¹, Patrick Louisy², Thibaut de Bettignies^{3,4}, Pierre Thiriet³
¹ Association Pour l'Étude et la Conservation des Sélaciens (APECS), Brest / ² Association Peau-Bleue, Agde /
³ UAR PatriNat (OFB-CNRS-MNH), Paris / ⁴ UMR Laboratoire Ecologie Fonctionnelle et Environnement (CNRS-INP-UT3), Toulouse



Introduction

Le suivi des poissons et des habitats des milieux côtiers rocheux doit permettre de répondre aux besoins de surveillance aux échelles nationales et de façade pour les évaluations DCSMM et DHFF, mais aussi à des problématiques plus locales.

Pour y répondre, les programmes scientifiques POCOROCH et NATURALG ont été mis en place en Atlantique, en Manche et en mer du Nord depuis 2016. Les suivis sont réalisés par des opérateurs experts ou ayant suivi une formation poussée. Cependant, il demeure difficile de les mettre en œuvre à large échelle et de les pérenniser en raison de leur coût important. Dans le but d'apporter des données complémentaires à ces opérations, l'idée est venue de solliciter des plongeurs de loisir volontaires et bénévoles qui réaliseraient un protocole simplifié.

L'intérêt des sciences participatives pour répondre aux impératifs de la DCSMM a déjà été montré, mais aucun programme participatif de suivi protocolé des « poissons et habitats rocheux » n'existe à l'échelle de ces façades de nos jours. L'APECS, l'association Peau-Bleue et PatriNat se sont donc associées pour mener une étude ayant pour objectif d'évaluer la faisabilité de créer un tel réseau de plongeurs volontaires.

Méthodes

Deux questionnaires ont été diffusés, l'un aux structures de plongée et comités fédéraux et l'autre aux plongeurs pour :

- évaluer leur intérêt et potentiel degré d'investissement
- dimensionner ce que pourrait être un réseau participatif

Un premier protocole (Figure 1) a été présenté pour permettre aux plongeurs d'appréhender en quoi consisterait les suivis, tout en précisant qu'il pourrait évoluer afin de prendre en compte leurs retours.

Les questionnaires ont été diffusés par mail aux structures de plongée durant l'été et via les réseaux sociaux de l'APECS et de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins.

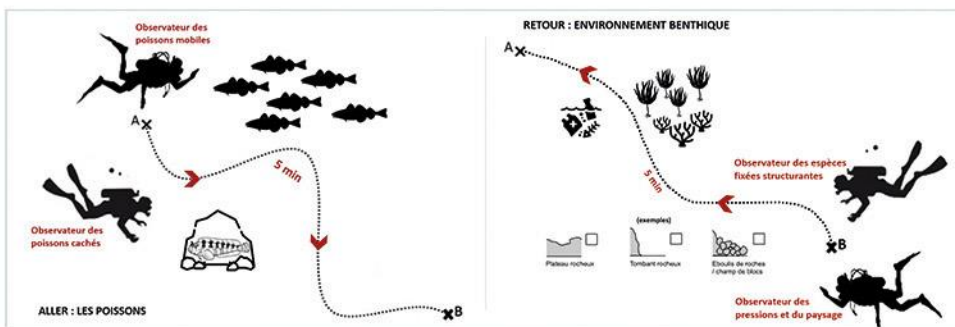


Figure 1. Protocole envisagé et présenté aux plongeurs dans les questionnaires

Résultats

Mieux connaître les répondants :

- Questionnaire « Plongeurs » → 163 réponses dont 154 positives
- Questionnaire « Structures » → 36 réponses dont 30 positives
- Quelques départements regroupent la majorité des réponses (Figure 2)
- Un peu plus de la moitié des répondants sont formés à la biologie
- 25% ont déjà participé à un programme de sciences participatives en plongée
- La majorité des plongeurs attendent un bilan rapide de leur participation et souhaitent à terme savoir à quoi les données auront servi

Organisation possible des opérations :

- 2 opérations (week-end ou journée) par an
- au printemps et à l'automne
- 2 plongées par opération

Organisation possible du réseau (Figure 3)

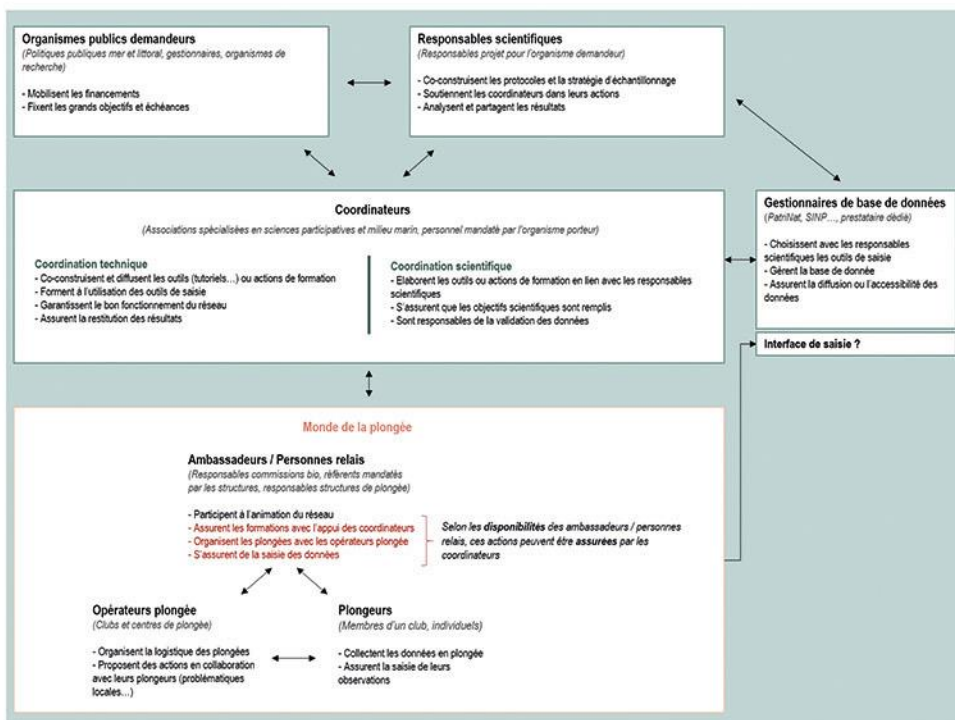


Figure 3. Schéma fonctionnel du réseau et ses acteurs

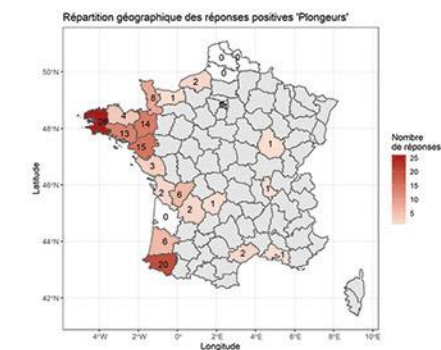


Figure 2. Répartition géographique des réponses

Perspectives

Il est maintenant question de lancer la phase initiale de la mise en place du réseau, à savoir la co-construction des actions avec les intéressés pour affiner les protocoles, choisir les sites d'inventaire, faire des tests dans des zones pilotes, prendre en compte les problématiques locales...



Blennie pilocome

Petite roussette

Grandin camard

Contribuer aux politiques publiques en mer et sur le littoral grâce aux sciences participatives

Participer activement, en tant que citoyen ou gestionnaire d'AMP, à de la collecte d'informations selon une démarche scientifique encadrée, c'est intervenir dans une démarche de sciences participatives.

L'apport des sciences participatives (SP)

- Renseigner l'état de santé des habitats, des espèces
- Suivre les usages et les pressions (ex : déchets, pêche à pied)
- Alerter sur les changements (ex : mortalité soudaine, nouvelles espèces)
- Suivre l'efficacité des mesures de gestion
- Acquérir des connaissances pour la Recherche
- Compléter les suivis réglementaires
- Impliquer les citoyens dans la préservation de leur environnement



Planète Mer / BioIt

- Pour la gestion des aires marines protégées
- Pour les Collectivités
- Pour alimenter les directives européennes (DCSMM, DO/DHFF)



Les Amis de BioObs / Réseau Alien



Formation au suivi des herbiers selon le protocole OPHZ's Planète Mer / OPHZ's

Les fondamentaux pour contribuer aux politiques publiques

- La question : un objectif défini et affiché
- La collecte : un protocole standardisé et simple à mettre en œuvre
- La bancarisation et la mise à disposition : des données normées qui intègrent les bases de référence
- Le traitement et l'interprétation : à une échelle adaptée au périmètre de la politique publique et encadrés par un scientifique

Les clés de la réussite

- Une animation pérenne
- Un référent scientifique
- Une co-construction avec les participants
- Des retours réguliers vers les participants
- Une valorisation et une stratégie de communication qui donnent du sens
- Un dispositif de SP évaluable



Vivarmor Nature / Réseau Littoral

Faciliter les programmes de SP en lien avec les directives européennes

- Construire une stratégie de gestion de la donnée avec les responsables des Directives et des BD de référence
- Développer les outils d'accompagnement depuis la collecte de la donnée jusqu'à sa bancarisation
- Anticiper et bien dimensionner les coûts et les besoins en ressources humaines
- Formaliser le lien entre les responsables des Directives (Ministère de l'Environnement, OFB, PatriNat, Agences de l'Eau...) et les têtes de réseaux des SP (Vigie Mer, etc.)

Quelques exemples de contribution de programmes de SP Mer et Littoral

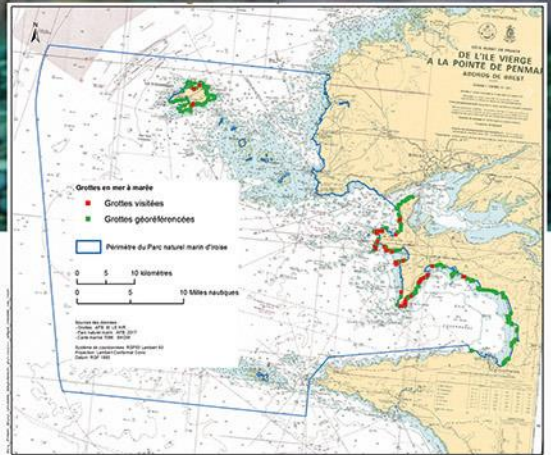
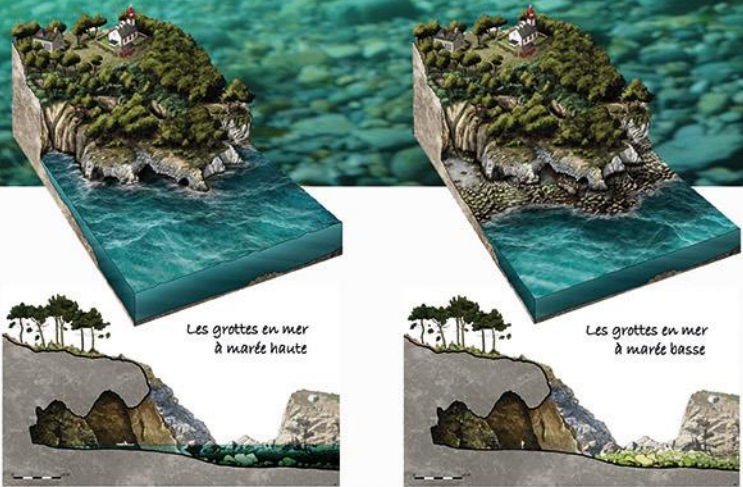
	BioObs	PLAGES VIVANTES	BioLit	Pêche à pied	OPHZ's
Habitats/espèces	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Usages/Pressions	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Alerte/Veille	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Efficacité mesures de gestion	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Recherche	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Complétude Réseaux de suivi	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Pour qui?	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Gestion des AMP	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Collectivités	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours
Directives (DCSMM, DHFF/DO ...)	En cours	En cours	En cours	En cours	En cours

En cours / En projet

Auteurs du poster : G. Quemmerais-Amice et S. Beauvais (OFB)

Références :
 - Bentz E., Joigneau-Guesnon C., Vong L., Zagatti P., 2016, Sciences participatives et biodiversité. Conduire un projet pour la recherche, l'action publique, l'éducation. Guide de bonnes pratiques. Collectif National Sciences Participatives – Biodiversité.
 - Louisy P., Thiriet P., Feunteun E., 2019, Programmes de surveillance DCSMM des poissons et céphalopodes des milieux côtiers : dans quelle mesure les sciences participatives peuvent elles-y contribuer? Rapport MNHN-Station marine de Dinard, 28p + annexes.
 - Commission Staff Working Document, 2020, Best Practices in Citizen Science for Environmental Monitoring. SWD(2020) 149 final. European Commission.

Les grottes de la mer d'Iroise - Inventaires et suivis



Plus de 700 grottes ont été identifiées depuis 2006 dans le Parc naturel marin d'Iroise

Inventaire et typologie des grottes du site Natura 2000 Presqu'île de Crozon (IUEM/PNMI)

88 grottes ont été inventoriées (faune et flore fixées) afin de mieux caractériser cet habitat.



A première vue, les grottes semblent se différencier en trois types :

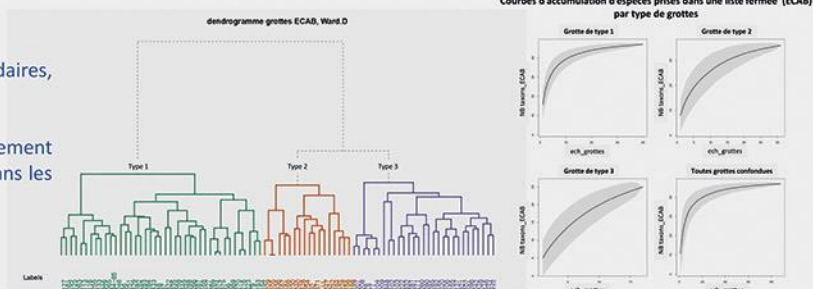
1. Les grottes à **madrépore bouton d'or** (*Balanophylia regia*) qui semblent abriter une grande biodiversité.
2. Les grottes à **pouces-pieds** (*Pollicipes pollicipes*) avec un nombre probablement plus faible d'espèces.
3. Les grottes ne présentant pas de cortège d'espèces particulier



Des analyses plus poussées sont en cours sur les taxons ECAB (Eponges, Cnidaires, Ascidies, Bryozoaires).

Les premiers résultats montrent bien une séparation des grottes en trois types.

Les différences entre les trois types de grottes ne sont cependant pas uniquement attribuées à ces seules espèces, *Balanophylia regia* se retrouvant notamment dans les grottes de types 2 et 3 (en pourcentage moindre).



Il apparaît ainsi nécessaire de préciser les cortèges d'espèces associées à chaque type de grotte.

Une description plus détaillée des grottes semble essentielle afin d'identifier des différences de morphologies.

L'inventaire des grottes présentes sur le territoire du Parc pourra être précisé (du Conquet à Plougouvenin par exemple) et une cartographie des différents types sera réalisée.

Un suivi mensuel de la grotte aux Normands (Kador), presqu'île de Crozon

Un inventaire mensuel a été réalisé pendant près de 3 ans dans 4 quadrats (0,1 m²) positionnés suivant un gradient de luminosité entre l'entrée et le fond de la grotte. En complément des relevés de faune et flore, la luminosité, la température, la salinité et le pH ont été relevés à chaque suivi.

Premiers résultats :

- 107 taxons ont été recensés (ECAB, algues, invertébrés, poissons).
- Le nombre de phylums et de taxons diminuent entre l'entrée et le fond de la grotte.
- A l'exception des ascidies, la présence des différentes espèces n'est pas dépendante des saisons.



Recouvrement des différentes espèces dans le Q2. Les différentes couleurs indiquent la présence des espèces recensées

Q1 (entrée de la grotte)	Q2	Q3	Q4 (fond de de la grotte)
Caractérisé par la présence d'algues et d'ascidies, variable en fonction des saisons.	Caractérisé par la présence d'importants recouvrements de madrépores et d'éponges réparties en 16 taxons.	Caractérisé par un nombre importants d'éponge et de cnidaires.	Caractérisé par un nombre réduit d'espèces d'éponges colonisant une plus faible surface, de vers polychètes, de crevettes et d'anémones.

Merci !

L'équipe d'organisation remercie chaleureusement l'ensemble des intervenants pour la qualité de leurs présentations et de leurs posters. Nous remercions également l'ensemble des participants pour leur contribution à ces trois jours de séminaire.

La diversité des acteurs (scientifiques, gestionnaires d'aires marines protégées, opérateurs de terrain, coordinateurs thématiques, représentants des activités maritimes, d'instituts, d'associations ou encore de bureaux d'études) a permis des échanges riches et constructifs.

Nous espérons que de nombreux projets visant à améliorer la connaissance et la conservation des habitats marins rocheux intertidaux et subtidaux émergeront de ce séminaire.



Photo d'une partie des participants (crédit : Alexandra Verger / Office français de la biodiversité)