

RESTAURATION DES HABITATS BENTHIQUES EN MILIEU MARIN CÔTIER



Note technique / Novembre 2024

Le présent document s'inscrit dans un contexte exigeant en matière de restauration des habitats naturels face à une dégradation continue et inquiétante de leur état de santé et des services écosystémiques rendus par ces habitats. Contexte également exigeant sur le plan politique, au moment où un règlement européen vient fixer des objectifs très ambitieux après 30 années d'application insuffisante des directives Natura 2000. Ce contexte d'urgence écologique d'une part et d'exigence politique d'autre part, nécessitait, et nécessitera encore, d'importants travaux d'explication des notions de restauration écologique et de partage d'expériences tant ces notions sont sujettes à interprétations et que les exemples sont peu nombreux, peu documentés et malheureusement peu évalués.

Il convenait donc de réaliser un premier travail de compilation de mesures s'inscrivant dans une perspective de restauration des habitats benthiques, et de partager une méthode d'évaluation élaborée avec PatriNat afin d'objectiver le plus robustement possible les projets présentés.

AVANT- PROPOS

Après un bref rappel des notions théoriques relatives à la thématique et au règlement européen sur la restauration de la nature, ce document présente donc des exemples de retours d'expérience de travaux et projets auxquels le LIFE IP MARHA a pu avoir accès ainsi que sur les travaux sur lesquels les équipes des 14 bénéficiaires associés au LIFE IP MARHA ont travaillé.

Ce document s'inscrit dans un triptyque de livrables de l'Office français de la biodiversité (OFB) sur la restauration écologique :

- celui de PatriNat ayant pour objectif d'analyser et d'indiquer les définitions retenues pour la restauration ainsi que certains principes structurant du concept de restauration des écosystèmes dans le cadre du Règlement européen sur la restauration de la nature,
- la présente note du LIFE IP MARHA visant à comprendre les contextes, méthodes, techniques, atouts et limites de la restauration des habitats marins. Elle vise à éclairer les travaux et réflexions des gestionnaires d'aires marines protégées (AMP) dont les services de l'OFB, mais également des services déconcentrés de l'Etat dans le cadre de l'instruction des travaux et projets déployés sur l'espace marin et le domaine public maritime. Elle doit pouvoir alimenter les réflexions qui s'imposent dans le cadre de la mise en œuvre du règlement européen sur la restauration de la nature,
- le travail de la Direction de la Recherche et Appui Scientifique (DRAS) de l'OFB, servant d'orientation au Plan National de Restauration, notamment par le biais de la plateforme de référence LittoreX (page 78) recensant les retours d'expérience issue d'une collaboration avec le Bureau de Recherches Géologiques et Minières (BRGM).

Sommaire

Introduction	4	Sédiments meubles (jusqu'à 1 000 m de profondeur)	64
Contexte	4	13. Lutte contre la spartine américaine	65
Définitions	6	14. Retrait de l'huître creuse	69
La restauration écologique en Europe	9	15. Pose de récifs artificiels	73
Cadre législatif et réglementaire de la restauration écologique	10	Analyse des projets collectés	76
Principaux jalons	10	Guides et outils autour de la restauration écologique	78
Adoption d'un règlement européen sur la restauration	11	Plateforme LittoREX	78
Méthodologie	16	Centre de ressources Natura2000	78
Sélection des retours d'expériences	16	Guide de lutte contre la spartine invasive sporobulus	78
Vers une analyse critique	16	Guide de mise en place de zones de mouillages, d'équipements légers (ZMEL) et de mouillage écologique	78
Contenu des fiches retours d'expériences	17	Principes et normes internationaux pour guider les pratiques de la restauration écologique	79
Retours d'expérience par GTH Cible	19	Outil GéoMCE	79
Les herbiers de phanérogames marines	20	Recovery Wheel	79
01. Mouillages innovants	21	Outils spécifiques par type d'habitat	80
02. Retrait de navires hors d'usage	24	Méthodes de suivi par type d'habitat	81
03. Retrait de récifs artificiels	27	Enseignements à retenir	82
04. Semis de zostères	30	Coûts et bénéfices de la restauration	82
05. Transplantation de posidonies	33	Clés de réussite d'un projet de restauration	83
Les forêts de macroalgues	36	Conclusion	85
06. Transplantation de cystoseires	37	Bibliographie	87
07. Transplantation de laminaires	41	Annexes	92
Les agrégations de bivalves	44		
08. Réintroduction de l'huître plate	45		
Les bancs de maërl	48		
09. Retrait de macrodéchets	49		
10. Adaptation d'une pratique conchylicole	52		
Les Biocénoses d'éponges, corail et coralligène	56		
11. Cantonnement de pêche	57		
12. Replantation de gorgones	61		

Introduction

Contexte

Un habitat est un environnement particulier qui peut être distingué par ses caractéristiques abiotiques (biotope) et ses assemblages biologiques associés (biocénose), fonctionnant à des échelles spatiales et temporelles spécifiques mais dynamiques, dans un secteur géographique reconnaissable (ICES, 2006 ; Maciejewski et al., 2016).

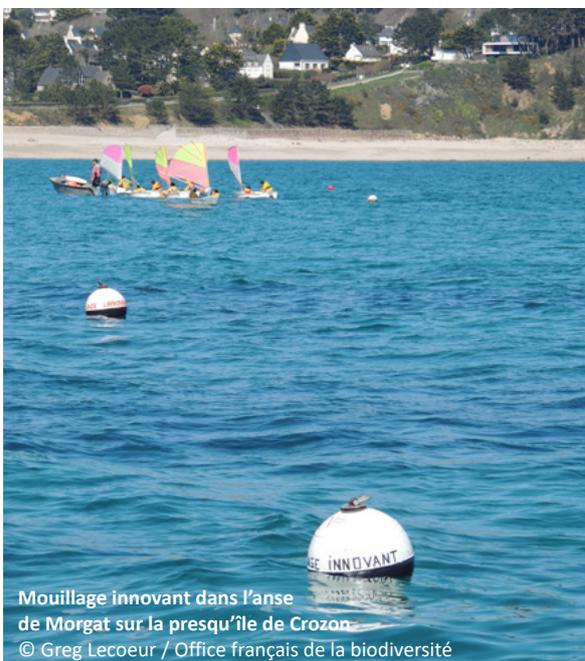
Les habitats benthiques marins qui intègrent une diversité de type de substrats (ex. roche, sédiments grossiers, sable, vase etc.), de conditions environnementales (ex. hydrodynamisme, éclairage, salinité etc.) ou encore d'espèces ingénier de l'habitat (ex. herbiers marins, trottoirs à lithophyllum, bancs de maërl etc.), sont extrêmement variés (Michez et al., 2014 ; 2019). Ils remplissent diverses fonctions écologiques pour les espèces : nourricerie, frayère, zone d'alimentation, de reproduction, de protection ou de repos (Féral et al., 2012). Ainsi, de nombreuses espèces marines présentent des cycles biologiques pouvant nécessiter différents habitats au cours de leur vie (Beck et al., 2001). Les habitats benthiques assurent donc des fonctions biologiques essentielles pour la faune et la flore marine et sont à l'origine de services écosystémiques essentiels pour notre société. En effet, lorsque les écosystèmes marins sont en bonne santé, ils offrent une multitude de services écosystémiques essentiels : séquestration du carbone, ressources alimentaires, énergétiques,

attractivités environnementales et usages récréatifs... (de Falco et al., 2005, Fourqurean et al., 2012). Initié en 2012 par le Ministère de l'Ecologie, le programme EFESE (Evaluation Française des Ecosystèmes et des Services Ecosystémiques) a réalisé une synthèse des données disponibles à l'échelle nationale pour décrire l'état et les tendances d'évolution des écosystèmes, métropolitains et ultramarins, terrestres et marins, ainsi que les biens et services qui en dépendent et dont bénéficient les sociétés humaines (Mongruel et al., 2018).

Bien qu'abritant une biodiversité riche et fragile, ces milieux sont soumis à des pressions anthropiques conséquentes et croissantes (Korpinen & Andersen, 2016), notamment dans la zone côtière (pollution en provenance des bassins versants, pressions générées par les usages récréatifs du milieu, artificialisation des côtes, pressions associées à la pêche ou aux cultures marines non durables, etc.). Face à ces dégradations probables, les écosystèmes marins possèdent des degrés de résistance¹ et de résilience variés (La Rivière et al., 2015 ; 2016 ; La Rivière & Hébert, 2023). Il est important de noter qu'un retour à un état pré-dégradations n'est pas toujours possible si sa capacité de récupération naturelle n'est plus possible suite à une dégradation trop sévère et à une transition dans un autre état alternatif stable (Hughes et al., 2010 ; Jones et al., 2018).



¹ La résistance est la capacité d'un habitat à tolérer une pression sans modification notable de ses caractéristiques biotiques et abiotiques, alors que la résilience est le temps nécessaire à la récupération d'un habitat, une fois que la pression impactante a cessé.



Mouillage innovant dans l'anse de Morgat sur la presqu'île de Crozon
© Greg Lecoeur / Office français de la biodiversité

L'Agence européenne pour l'environnement, dans son évaluation pour 2020, **évalue à 81 %, la proportion des habitats européens en mauvais état (European Environment Agency, 2020) malgré les politiques déployées depuis les 30 dernières années (Directive Habitat Faune-Flore, Directive Cadre sur l'Eau, Directive Cadre Stratégique pour le Milieu Marin)**. Le développement de mesures supplémentaires apparaît incontournable pour inverser cette tendance. Ce constat a entraîné un intérêt croissant pour le développement d'outils pour **la restauration écologique des écosystèmes marins dégradés** (Edwards et *al.*, 1999). Le rétablissement des surfaces, structures et fonctions des écosystèmes par des stratégies de restauration écologique a ainsi été récemment identifié comme l'un des plus « grands challenges » de l'écologie marine (Borja, 2020). Il s'agit véritablement d'un défi scientifique et cet enjeu se transcrit entre autres par la Décennie des Nations Unies pour la restauration des écosystèmes, adoptée par l'Assemblée générale des Nations Unies en mars 2019 et couvrant la période 2021-2030 pour sa première tranche. Elle est un appel mondial à revitaliser les écosystèmes et les services qu'ils rendent (FAO, 2022). Au niveau européen, cela s'est traduit par l'adoption d'un règlement pour la restauration de la Nature le 17 juin 2024 par le Conseil de l'Union Européenne (Nature Restoration Law - NRL). Enfin nationalement, la France s'est engagée, au travers de la Stratégie Nationale Biodiversité 2030 (SNB), à réduire

les pressions sur la biodiversité, à protéger et restaurer les écosystèmes et à réaliser de profonds changements afin d'inverser la trajectoire du déclin de la biodiversité.

Aujourd'hui, dans de nombreux pays, la restauration des écosystèmes marins fait partie intégrante des stratégies de conservation (Abelson et *al.*, 2016). La restauration écologique de ces écosystèmes, constitués d'une mosaïque d'habitats aux fonctionnalités variées et jouant un rôle clé dans le cycle du carbone peut notamment contribuer à atténuer les effets du changement climatique, en particulier à des échelles locales (Gattuso et *al.*, 2018).

Comme on le voit, la justification de l'engagement d'un effort majeur est évidente, et tout est prêt d'un point de vue politique et stratégique pour déployer de vastes programmes de restauration des habitats naturels. Mais la rareté des références scientifiques et techniques existantes en matière de restauration des habitats marins pose aujourd'hui un réel problème. Nombreuses sont les opérations qui ont été conduites ces dernières décennies dans l'optique de « restaurer » un compartiment de l'écosystème, ou de déployer une expérience scientifique de reproduction, de transplantation, de bouturage, ou encore d'engager un aménagement à visée halieutique, voire touristique. Des milliers d'hectares de mangroves, d'herbiers marins, de récifs coralliens ont ainsi été implantés, transplantés, bouturés, des milliers de tonnes de bétons plus ou moins adaptés sont venus aménager des récifs artificiels en tous genres le long des côtes mondiales. Quelles évaluations écosystémiques fait-on de ces travaux, a-t-on évalué une restauration de l'écosystème initial dans sa structure, ses communautés, ses fonctions écologiques ?

Quelles sont les règles techniques, scientifiques, écologiques que doivent suivre les opérations de restauration ? Nous avons tenté, le plus objectivement possible, d'analyser quelques projets dans lesquels nos équipes ont été plus ou moins directement impliquées, afin de mener une réelle analyse critique des travaux et analyser la pertinence des actions au regard de l'objectif de restauration.

Nous espérons que ces réflexions participeront à une amélioration de l'efficacité et de la pertinence des actions de restauration, que celles-ci soient conduites dans le cadre de la gestion des milieux naturels ou dans celui de l'implantation de mesures autorisées de compensation des impacts des plans, programmes et projets n'ayant pu éviter ni réduire la totalité de leurs risques d'impacts sur l'environnement.

Définitions

Un rapport de cadrage scientifique élaboré par PatriNat est désormais disponible (Laforge et al., 2024). Faisant suite à l'adoption du règlement européen pour la restauration de la nature, il a pour objectif d'analyser et de proposer un cadre sémantique de la restauration écologique.

Plusieurs définitions de la restauration écologique existent à ce jour. De manière générale, la notion de restauration répond au constat de la dégradation d'un écosystème. Pour la suite de cette note technique, nous nous baserons sur la définition retenue par PatriNat (Laforge et al., 2024) :

« La **restauration** (restauration écologique / restauration des écosystèmes) est un **processus intentionnel** visant à permettre la récupération d'un écosystème ayant subi des dégradations et ciblant un état de référence. Cette référence, que l'on souhaite rétablir ou atteindre, est définie par un **état approprié de l'ensemble des composantes de l'écosystème** (biotiques, abiotiques et fonctionnelles) **garantissant son intégrité à long terme**. Un continuum d'interventions peut être mené selon le niveau de dégradation et ses causes : (i) les pressions ayant mené aux dégradations sont levées ou atténuées à un niveau permettant la récupération naturelle de l'écosystème, et (ii) si l'intervention sur les pressions en cause ne suffit pas au regard de l'objectif de restauration, des interventions sur les composantes de l'écosystème dégradé peuvent être envisagées pour assister voire accélérer sa récupération ».

Il est important de noter que la définition mentionne un certain nombre de **considérations préalables et indispensables** pour pouvoir qualifier une action comme étant de la « restauration écologique » ; à savoir un processus intentionnel est mis en œuvre, la récupération d'un écosystème se jalonne selon un état de référence qui doit aussi garantir son intégrité à long terme, et ciblant toutes les composantes de l'écosystèmes.

Une dichotomie historique existe entre des actions de restauration dites actives et passives. Celle-ci étant de plus en plus critiquée, PatriNat recommande notamment d'adopter à minima les termes suivants (adaptés de Gann et al., 2019 et Atkinson & Bonser (2020)) :

- **La restauration naturelle** (ou régénération naturelle) est une stratégie d'intervention consistant à réduire ou supprimer les sources de dégradation en agissant sur les activités engendrant les pressions puis à laisser l'écosystème récupérer spontanément.
- **La restauration assistée** (ou régénération assistée) est une stratégie d'intervention consistant à réduire ou supprimer les sources de dégradation en agissant sur les activités engendrant les pressions et à intervenir sur les composantes abiotiques et biotiques de l'écosystème.

- **La restauration reconstructive** (ou reconstruction) est une stratégie d'intervention consistant à réduire ou supprimer les sources de dégradation en agissant sur les activités engendrant les pressions et à intervenir sur les composantes abiotiques et biotiques de l'écosystème en ayant recours à la réintroduction d'une proportion importante des cortèges d'espèces (du biote).

Il faut cependant noter que les opérations visant à optimiser ou à maximiser la production significative d'un site ne peuvent être considérées comme des opérations de restauration écologique. Il peut en effet s'agir de mesures pouvant elles-mêmes générer une pression sur l'écosystème comme c'est le cas pour les récifs halieutiques, les corps-morts « vivants », les digues « vivantes ».

Chaque action de restauration fait suite au constat de la dégradation d'un site ou d'un écosystème dégradé. Suite à celui-ci, il est nécessaire d'évaluer un état de référence vers lequel on souhaite tendre. La Society for Ecological Restoration (SER, 2004) parle d'écosystème de référence ou simplement de référence, qu'elle définit et analyse en ces termes : « **un écosystème de référence** », ou « **référence** », sert de modèle pour la planification d'un projet de restauration et pour son évaluation par la suite. Cette notion de référence doit être clairement définie, car elle peut varier selon l'échelle temporelle sur laquelle on se place. En effet, un écosystème de référence datant de la préhistoire et un écosystème de référence datant des années 80 seront bien différents. De plus, les conditions environnementales actuelles ont considérablement changé par rapport à celles qui sous-tendent les états de référence historiques. Ceux-ci peuvent donc ne pas convenir aux écosystèmes contemporains et futurs (Hobbs et al., 2014). Pour le définir, il est judicieux de s'entourer de plusieurs experts. PatriNat (Laforge et al., 2024) retient ainsi que l'état de **référence** (ou « **écosystème de référence** » ou « **modèle de référence** ») est : « *une représentation d'un état que l'on souhaite rétablir ou atteindre à l'issue du processus de restauration, choisi parmi plusieurs états alternatifs possibles.* »

Afin de tendre vers cet état de référence, il est nécessaire de définir une stratégie de restauration écologique adaptée au site ciblé en se basant sur les connaissances suivantes : l'état écologique des populations naturelles, du milieu environnant et un diagnostic aussi précis que possible de leur état de santé (Boudouresque et al., 2021).

Il est également important de considérer l'état actuel de l'écosystème dégradé. En effet, selon son degré de dégradation et sa capacité de résilience face aux diverses pressions, un écosystème peut franchir un seuil qualifié de transition catastrophique.



Faïlle tapissée de clones dans l'Archipel des Glénan
© Benjamin Guichard / Office français de la biodiversité

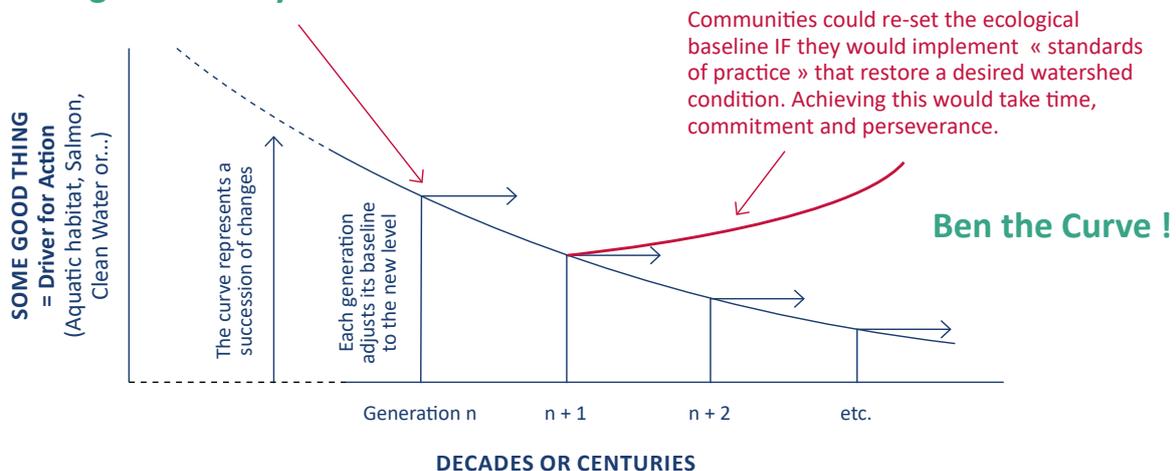
La difficulté à inverser cette transition (pour revenir à l'ancien état d'équilibre) malgré un retour à des conditions environnementales même très favorables est un phénomène qualifié d'**hystérésis** (Kéfi 2012 ; Jones et al., 2018).

Enfin, la notion d'amnésie environnementale ou shifting baseline syndrome est un concept à retenir lors de la mise en place de la stratégie de restauration. Théorisé notamment par le biologiste Daniel Pauly en 1995, il décrit un changement progressif des normes acceptées par la Société vis-à-vis de l'état de l'environnement naturel en raison d'un manque d'information ou d'expérience des conditions antérieures. Il s'agit là d'une importante et impactante erreur de jugement sur l'état de référence d'un site conduisant à considérer un état dégradé comme un bon état. Cette notion est importante à connaître en écologie de la restauration. En effet, et particulièrement du fait du manque de connaissance des habitats marins, les gestionnaires peuvent être amenés à vouloir maintenir ou rétablir un état déjà dégradé. Beaucoup d'opérations de restauration travaillent ainsi non pas à rétablir un équilibre naturel mais à maintenir un état d'équilibre en mode dégradé. Cela entrave la résilience de l'écosystème et prive l'autorité de gestion d'une capacité à agir sur les pressions. C'est aussi le cas pour la restauration des récifs d'huîtres natifs dans le monde, surexploités au 18 et 19^{ème} siècle, ils font désormais l'objet d'un phénomène d'amnésie collective effaçant même le terme d'huître dans les classifications d'habitats et dans notre langage commun (Alleway et Connell, 2015 ; Pouvreau, 2023).



Herbier de posidonie soumis à l'impact d'un émissaire sous-marin
© Antonin Guilbert / Office français de la biodiversité

In 1995, Dr. Daniel Pauly coined the phrase
« Shifting Baseline Syndrome »



Théorie du "Shifting baseline syndrome" par Daniel Pauly, 1995

La restauration écologique en Europe

Il existe peu de revues systématiques dressant le bilan des actions de restauration en Europe. Néanmoins, dans le cadre du projet européen MERCES (Marine Ecosystem Restoration in Changing European Seas), Papadopoulou et *al.* (2017) dressent un état de l'art des projets de restauration écologique en milieu marin. L'étude a pu identifier 42 projets de recherche s'étant déroulés durant la période 2007-2017.

La majorité de ces projets avaient été menés en Espagne (24 %), en France (21 %) et en Italie (12 %). La durée moyenne des projets recensés était de 5 ans et 45 % se concentraient sur un seul lieu. 17 % seulement impliquaient une coopération transnationale. Les projets étaient majoritairement (45 %) financés par l'Union Européenne, généralement à l'aide de l'outil financier LIFE et dont le budget moyen était de 3,5 millions d'euros.

L'étude démontre que la recherche-méthodologique (33 %) était la méthode la plus employée, suivie de la restauration appliquée (restauration d'un habitat dégradé)

(24%), puis de la valorisation socio-économique (14 %) (augmentation de la valeur ou des biens et services). La méthode la plus courante était la transplantation d'espèces (21 %), l'ensemencement et la plantation (14 %), la mise en place de substrats artificiels (14 %), puis des actions de modification hydrologique et l'élimination des pollutions (10 % chacun). Enfin, l'élimination des espèces envahissantes représentait 5 % des projets.

Cette étude démontre que les actions de restauration en Europe portaient principalement sur les herbiers (36 %), suivis par les marais salants (14 %) et les substrats durs/récifs (12 %).

Les résultats de cette étude sont tout de même à nuancer. En effet la méthodologie n'explicite pas la définition retenue dans la sélection des projets. Il peut donc y avoir un biais quant aux projets appelés « restauration », montrant l'importance de la définition de la restauration écologique. De même, un doute subsiste sur les projets sélectionnés, comprenaient-ils les stratégies de restauration naturelle, assistée et reconstructive ?

Faciès à alcyons jaunes (*Alcyonium digitatum*)
et hydraires petites tubulaires (*Tubularia larynx*)
© Emmanuel Donfut / Office français de la biodiversité



Cadre législatif et réglementaire de la restauration écologique

Principaux jalons

Historiquement, la lutte contre le déclin de la biodiversité s'effectue à l'aide de mesures de protection des espèces et des espaces naturels. La restauration écologique a pu ainsi se développer à l'aide de réglementations et de politiques à l'échelle internationale, européenne et nationale.

En 1972, la Conférence des Nations Unies sur l'environnement met pour la première fois les questions écologiques au rang des préoccupations internationales. Vingt ans plus tard, 189 pays se réunissent lors du Sommet de Rio et s'engagent autour de de la **Convention de la Diversité Biologique** (CDB, 1992) dont l'un des trois objectifs est la conservation de la biodiversité. En 2014, la « **Convention on Biological Diversity** » (CBD, 2014) a identifié la restauration écologique comme une action clé pour le maintien des services écosystémiques essentiels (Aichi biodiversity target 14) avec l'objectif cible de restaurer au moins 15 % des écosystèmes dégradés en 2020. **L'Organisation des Nations Unies** a déclaré en mars 2019, la décennie 2021-2030 comme celle de la « *restauration écologique* » afin de lutter contre les changements globaux, la perte en biodiversité et pour améliorer la sécurité alimentaire en limitant la dégradation et la destruction des écosystèmes. Enfin, le contexte actuel (crise sanitaire et plan de relance, dernier rapport du GIEC) met en exergue l'urgence du développement rapide de mesures de préservation et de restauration écologique des milieux naturels. Il s'est tenu en **décembre 2022 la 15^e conférence des Parties (COP15)**. Un accord appelé accord de Kunming-Montréal y a été adopté par 196 Etats signataires afin d'instaurer un nouveau « *Cadre mondial pour la biodiversité* ». Ce cadre, historique, a pour objectif de préserver la nature, freiner et renverser la perte de biodiversité, afin d'inscrire les milieux naturels sur la voie du rétablissement d'ici 2050. Vingt-trois cibles d'action ont été retenues pour 2030, dont certaines témoignent d'avancées notables en comparaison au projet d'accord de 2021 et démontrent la volonté des Etats de faire de ce nouveau Cadre mondial pour la biodiversité post-2020, un accord ambitieux. On peut citer parmi celles-ci la restauration d'au moins 30 % des zones d'écosystèmes terrestres, d'eaux intérieures, côtiers et marins (cible 2) d'ici 2030.

En Europe, l'un des principaux moteurs du développement de la restauration écologique est la **Directive Habitats Faune Flore de 1992** (directive 92/43/CEE, « DHFF »), venue en application des engagements pris lors du Sommet de Rio la même année. L'article 2 de cette directive stipule ainsi que les membres de l'Union Européenne doivent « *assurer le maintien ou le rétablissement, dans un état de conservation favorable, des habitats naturels et des espèces*

de faune et de flore sauvages d'intérêt communautaire ». Cette notion d'état de conservation favorable sous-tend une mise en œuvre de projets de restauration écologique soit pour son amélioration, soit lorsqu'un plan ou projet est susceptible de l'affecter significativement. Cette directive en complément de la **Directive Oiseaux** (directive 2009/147/CE, « DO ») va permettre la fondation du **réseau Natura 2000**. La principale ambition de ces deux directives est d'assurer le maintien ou le rétablissement des espèces et des habitats concernés dans un état de conservation favorable, dans toute leur aire de répartition naturelle au sein de l'Union européenne. L'objectif ne se limite donc pas à stopper la poursuite de leur déclin ou leur disparition. En effet, il importe de veiller à un rétablissement suffisant des espèces et des habitats qui leur permette de s'épanouir à long terme. La **Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin** (directive 2008/56/CE, « DCSMM ») a pour objectif le maintien ou l'atteinte du bon état écologique des eaux marines pour 2020. Elle prolonge la **Directive Cadre sur l'Eau** (Directive 2000/60/CE, « DCE »). Ces deux directives, en plus d'approfondir la surveillance et la connaissance de l'état des milieux, portent aussi sur l'interaction des activités et des aménagements anthropiques avec les écosystèmes littoraux et marins. Ces directives mentionnent également la recherche de solutions de restauration des milieux dégradés. Enfin, afin de concrétiser ses engagements vis-à-vis de la scène internationale, l'Europe lance en 2019 le Pacte Vert dont l'objectif est la neutralité carbone d'ici 2050. Parmi les piliers fondateurs de ce « Green Deal », on peut citer la restauration de la nature dont la mise en œuvre s'effectue notamment par le biais de la **Stratégie Biodiversité 2030**. Cette stratégie comporte plusieurs actions dont le lancement du tout premier règlement sur la restauration de la nature.



© Emmanuelle Rivas / Office français de la biodiversité

L'impulsion de ces politiques internationales et européennes ont permis à la France de se doter d'éléments en faveur de la conservation de la biodiversité et du développement de la restauration écologique. Cela se traduit par une transposition au sein du Code de l'Environnement et par la mise en place de stratégies nationales. Ainsi succédant à la Loi de 1976 relative à la protection de la nature (Loi n° 76-629), la **Loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité**, de la nature et des paysages (Loi n° 2016-1087) a pour objectif de protéger, restaurer et valoriser la biodiversité. La **Stratégie Nationale Biodiversité** (SNB) traduit l'engagement de la France au titre de la convention sur la diversité biologique. La SNB 2030 concerne les années 2022 à 2030 et succède à deux premières stratégies qui ont couvert respectivement les périodes 2004-2010 et 2011-2020. Elle vise la réduction des pressions sur la biodiversité, la protection et la

restauration des écosystèmes et suscite des changements en profondeur afin d'inverser la trajectoire du déclin de la biodiversité. On peut également citer les **Documents Stratégiques de Façade** (DSF) qui mettent en œuvre deux directives cadres européennes : la DCSMM et la **Directive Cadre pour la Planification de l'Espace Maritime (DCPEM)** (directive 2014/89/UE). En effet, la France s'est dotée, en février 2017, d'une stratégie nationale pour la mer et le littoral (SNML), élaborée par la suite tous les 6 ans. Le DSF est un document de planification qui décline les orientations de cette stratégie. L'un des 18 objectifs de la SNML 2024-2030² est l'atteinte du bon état écologique et la restauration de la biodiversité marine et littorale.

Bien que ces éléments réglementaires ne soient pas exhaustifs ils soulignent des éléments clés du droit environnemental susceptibles de motiver le développement de stratégies de restauration.

Adoption d'un règlement européen sur la restauration

OBJECTIF GÉNÉRAL

Dans un contexte d'effondrement de la biodiversité et de dérèglement climatique, au sein de la stratégie de l'UE en faveur de la biodiversité à l'horizon 2030, la Commission européenne s'est engagée à fixer un cadre réglementaire avec des objectifs contraignants de restauration de la nature. Ce règlement vise à « mettre en place des mesures en vue de restaurer, d'ici à 2030, au moins 20 % des zones terrestres et des zones marines de l'UE et, d'ici à 2050, l'ensemble des écosystèmes ayant besoin d'être restaurés. »

Il a été proposé par la Commission européenne le 22 juin 2022, puis soumis à différentes phases de négociation entre les trois organes européens en 2023. Après plusieurs amendements, c'est le 17 juin 2024 que le texte a finalement été adopté par le Conseil de l'Union Européenne puis publié au Journal Officiel de l'Union Européenne le 29 juillet 2024.

L'objectif général de ce règlement est de restaurer les écosystèmes dégradés dans l'ensemble de l'UE (par exemple, les zones humides, les forêts, les écosystèmes marins, les agro-écosystèmes, les rivières, les lacs et les habitats alluviaux). Les écosystèmes ciblés prioritairement sont ceux ayant une grande capacité

à piéger et stocker le carbone, permettant de prévenir et réduire l'impact des catastrophes naturelles. Enfin jusqu'à 2030, les Etats membres devront accorder la priorité aux sites Natura 2000.

Le Règlement européen (CE, 2024) définit la restauration comme : « le procédé consistant à contribuer, activement ou passivement, au rétablissement d'un écosystème afin d'améliorer sa structure et ses fonctions, dans le but de conserver ou de renforcer la biodiversité et la résilience des écosystèmes, en améliorant, jusqu'à atteindre un bon état, une zone d'un type d'habitat, en rétablissant la surface de référence favorable et en améliorant l'habitat d'une espèce jusqu'à atteindre une qualité suffisante et une quantité suffisante conformément à l'article 4, paragraphes 1, 2 et 3, et à l'article 5, paragraphes 1, 2 et 3, et en atteignant les objectifs et en satisfaisant aux obligations prévus aux articles 8 à 12, y compris en atteignant des niveaux satisfaisants pour les indicateurs visés aux articles 8 à 12 ».

² https://www.mer.gouv.fr/sites/default/files/2024-06/strategie_nationale_mer_littoral_20242030.pdf

Le « bon état » est quant à lui défini comme : « l'état dans lequel ses caractéristiques clés, en particulier sa structure et ses fonctions, ainsi que ses espèces typiques ou sa composition typique en espèces, traduisent le niveau élevé d'intégrité écologique, de stabilité et de résilience nécessaire pour assurer son maintien à long terme et contribuent ainsi à atteindre ou à maintenir un état de conservation favorable pour un habitat, lorsque le type d'habitat concerné figure sur la liste de l'annexe I de la directive 92/43/CEE et, dans les écosystèmes

marins, contribuent à atteindre ou à maintenir un bon état écologique », (CE, 2024).

Plusieurs cibles sont visées par ce règlement : les habitats d'intérêt communautaires terrestres (Annexe I du règlement), les habitats d'espèces (espèces listées dans la DHFF, la DO et l'Annexe III du Règlement), les habitats marins (Annexe II du règlement), les agro-écosystèmes, les connectivités des rivières, les écosystèmes urbains, les pollinisateurs, les écosystèmes forestiers.

LES HABITATS MARINS CIBLÉS

7 groupes de types d'habitats marins (GTH) composés de listes d'habitats selon la typologie d'habitats EUNIS 2022 sont considérés :

GTH	Libellé de l'Annexe II du Règlement	Proposition de traduction française
GTH 1	Seagrass beds	Herbiers de phanérogames marines
GTH 2	Macroalgal forests	Forêts de macroalgues
GTH 3	Shellfish beds	Agrégation de bivalves
GTH 4	Maerl beds	Bancs de maërl
GTH 5	Sponge, coral and coralligenous beds	Biocénose d'éponges, corail et coralligène
GTH 6	Vents and seeps	Sources hydrothermales et suintements froids
GTH 7	Soft sediments (above 1000 m)	Sédiments meubles (jusqu'à 1000 m de profondeur)

Le règlement (Annexe II du Règlement) propose une mise en relation entre ces GTH et les habitats d'intérêt communautaire (HIC). Un extrait de cette annexe est reporté en Annexe 1 du présent document. Il est à noter que, bien qu'il y ait recouvrement entre les HIC et les GTH, il n'y a pas de stricte équivalence entre ces unités.

En parallèle, la proposition de règlement (article 5 §5) vise également les habitats d'espèces marines :

- **Espèces terrestres et marines des annexes II, IV et V de la DHFF,**
- **Espèces d'oiseaux terrestres et marins couvertes par la Directive Oiseaux,**
- **23 espèces marines (élasmobranches et amphihalins) présentées dans l'annexe 2 de la présente note.**

Outre la détermination des surfaces à restaurer et la mise en place de mesures de restauration, les Etats Membres auront également un objectif de connaissances et de suivi des différents habitats à restaurer.

EXTRAIT DE L'ARTICLE 5 RELATIF AU MILIEU MARIN

« Article 5 - Restauration des écosystèmes marins

1. Les États membres mettent en place les mesures de restauration nécessaires pour améliorer, jusqu'à atteindre un bon état, les zones de types d'habitats énumérés à l'annexe II qui ne sont pas en bon état. Ces mesures de restauration sont mises en place :

a - d'ici à 2030, sur au moins 30 % de la surface totale des groupes 1 à 6 des types d'habitats [...] qui n'est pas en bon état [...],

b - d'ici à 2040, sur au moins 60 % et d'ici à 2050, sur au moins 90 % de la surface de chacun des groupes 1 à 6 des types d'habitats [...] qui n'est pas en bon état [...],

c - d'ici à 2040, sur au moins deux tiers du pourcentage visé au point d) du présent paragraphe de la surface du groupe 7 [...] qui n'est pas en bon état, [...]; et

d - d'ici à 2050, sur un pourcentage, déterminé conformément à l'article 14, paragraphe 3, de la surface du groupe 7 des types d'habitats [...] qui n'est pas en bon état, [...].

2. Les États membres mettent en place les mesures de restauration nécessaires pour rétablir les types d'habitats des groupes 1 à 6 [...] dans les zones dans lesquelles ces types d'habitats ne sont pas présents dans le but d'atteindre la surface de référence favorable pour ces types d'habitats. Ces mesures sont mises en place sur des zones représentant au moins 30 % de la surface supplémentaire nécessaire pour atteindre la surface de référence favorable totale pour chaque groupe de types d'habitats, [...] d'ici à 2030, sur des zones représentant au moins 60 % de cette surface d'ici à 2040 et 100 % de cette surface d'ici à 2050.



Tombants rocheux sur la Chaussée de Sein
© Livier Schweyer / Office français de la biodiversité

3. Par dérogation au paragraphe 2 du présent article, si un État membre considère qu'il n'est pas possible de mettre en place, d'ici à 2050, des mesures de restauration qui sont nécessaires pour atteindre la surface de référence favorable pour un type d'habitat spécifique sur 100 % de la surface, l'État membre concerné peut fixer un pourcentage inférieur compris entre 90 % et 100 % dans son plan national de restauration [...] et fournir une justification adéquate [...]. Dans un tel cas, l'État membre met progressivement en place des mesures de restauration qui sont nécessaires pour atteindre ce pourcentage inférieur d'ici à 2050. D'ici à 2030, ces mesures de restauration couvrent au moins 30 % de la surface supplémentaire nécessaire pour atteindre ce pourcentage inférieur d'ici à 2050 et, d'ici à 2040, elles couvrent au moins 60 % de la surface supplémentaire nécessaire pour atteindre ce pourcentage inférieur d'ici à 2050.
4. Si un État membre applique la dérogation prévue au paragraphe 3 à des types d'habitats spécifiques, l'obligation énoncée au paragraphe 2 s'applique à la surface supplémentaire restante nécessaire pour atteindre la surface de référence favorable pour chaque groupe de types d'habitats figurant sur la liste de l'annexe II auquel appartiennent ces types d'habitats spécifiques.
5. Les États membres mettent en place des mesures de restauration des **habitats marins des espèces énumérées à l'annexe III du présent règlement et aux annexes II, IV et V de la directive 92/43/CEE et des habitats marins des oiseaux sauvages relevant du champ d'application de la directive 2009/147/CE** [...].
6. La détermination des zones les plus appropriées pour la mise en œuvre de mesures de restauration conformément aux paragraphes 1, 2 et 5 du présent article se fonde sur les meilleures connaissances disponibles et sur les progrès techniques et scientifiques les plus récents permettant de déterminer l'état des types d'habitats énumérés à l'annexe II du présent règlement, ainsi que la qualité et la quantité des habitats des espèces visées au paragraphe [...].
7. Les États membres veillent à ce que **l'état des zones suivantes soit connu** :
- a - d'ici à 2030, au moins 50 % de la surface répartie sur l'ensemble des types d'habitats des groupes 1 à 6 énumérés à l'annexe II ;
 - b - d'ici à 2040, l'ensemble des zones de types d'habitats des groupes 1 à 6 [...];
 - c - d'ici à 2040, au moins 50 % de la surface répartie sur l'ensemble des types d'habitats du groupe 7 [...];
 - d - d'ici à 2050, l'ensemble des zones de types d'habitats du groupe 7 [...].
8. Les mesures de restauration visées aux paragraphes 1 et 2 tiennent compte de la **nécessité d'améliorer la cohérence écologique et la connectivité entre les types d'habitats** énumérés à l'annexe II **et des exigences écologiques des espèces** visées au paragraphe 5 qui sont présentes dans ces types d'habitats.
9. Les États membres mettent en place des mesures visant à veiller à ce que les zones faisant l'objet de mesures de restauration conformément aux paragraphes 1, 2 et 5 présentent une **amélioration continue de l'état des types d'habitats** énumérés à l'annexe II jusqu'à atteindre un bon état, ainsi qu'une **amélioration continue de la qualité des habitats des espèces visées au paragraphe 5**, jusqu'à atteindre une qualité suffisante.
10. Sans préjudice de la directive 92/43/CEE, les États membres s'efforcent de mettre en place, d'ici à la date de publication de leurs plans nationaux de restauration [...], les mesures qui sont nécessaires en vue de prévenir une détérioration significative des zones où sont présents les types d'habitats énumérés à l'annexe II du présent règlement qui sont en bon état, ou qui sont nécessaires pour atteindre les objectifs de restauration fixés au paragraphe 14 du présent article.
11. En dehors des sites Natura 2000, l'obligation énoncée au paragraphe 9 ne s'applique pas à la détérioration causée par :
- a - un cas de force majeure, y compris les catastrophes naturelles ;
 - b - des transformations inévitables des habitats qui sont directement causées par le changement climatique ;
 - c - un plan ou un projet d'intérêt public majeur pour lequel il n'existe pas de solution alternative moins préjudiciable, à déterminer au cas par cas ; ou
 - d - une action ou une absence d'action de pays tiers qui n'est pas imputable à l'État membre concerné.
12. En dehors des sites Natura 2000, l'obligation énoncée au paragraphe 10 ne s'applique pas à la détérioration causée par :
- a - un cas de force majeure, y compris les catastrophes naturelles ;
 - b - des transformations inévitables des habitats qui sont directement causées par le changement climatique ;
 - c - un plan ou un projet d'intérêt public majeur pour lequel il n'existe pas de solution alternative moins préjudiciable ; ou
 - d - une action ou une absence d'action de pays tiers qui n'est pas imputable à l'État membre concerné.

13. Dans les sites Natura 2000, le non-respect des obligations énoncées aux paragraphes 9 et 10 est justifié s'il est dû à :

- a - un cas de force majeure, y compris les catastrophes naturelles ;
- b - des transformations inévitables des habitats qui sont directement causées par le changement climatique ; ou
- c - un plan ou un projet autorisé conformément à l'article 6, paragraphe 4, de la directive 92/43/CEE.

14. Les États membres veillent à obtenir :

- a - **une augmentation de la surface en bon état pour les types d'habitats des groupes 1 à 6 des types d'habitats énumérés à l'annexe II jusqu'à ce qu'au moins 90 % soient en bon état et jusqu'à ce que la surface de référence favorable pour chaque type d'habitat dans chaque région biogéographique de l'État membre concerné soit atteinte ;**

b - **une augmentation de la surface en bon état pour les types d'habitats du groupe 7 énumérés à l'annexe II jusqu'à ce qu'au moins le pourcentage visé au paragraphe 1, premier alinéa, point d), soit en bon état et jusqu'à ce que la surface de référence favorable pour chaque type d'habitat dans chaque région biogéographique de l'État membre concerné soit atteinte ;**

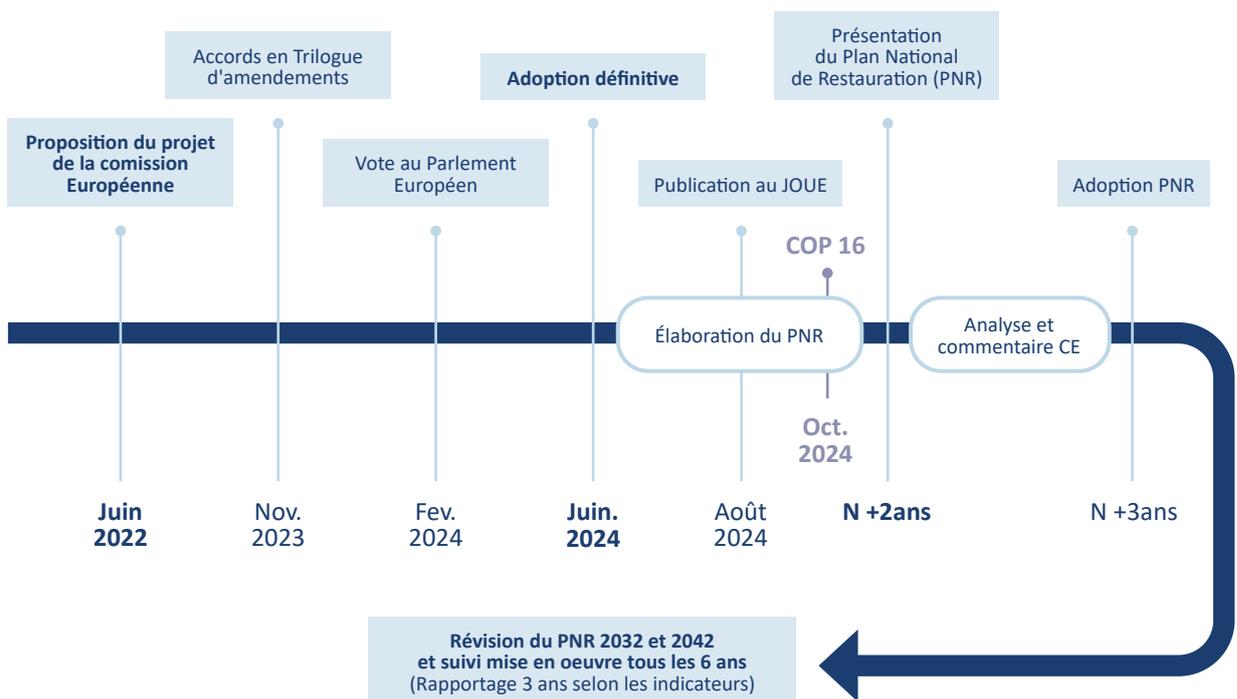
c - **une tendance croissante vers une qualité et une quantité suffisante des habitats marins des espèces énumérées à l'annexe III du présent règlement et aux annexes II, IV et V de la directive 92/43/CEE et des espèces relevant du champ d'application de la directive 2009/147/CE. »**

PLAN NATIONAL DE RESTAURATION (PNR)

Afin d'atteindre ces objectifs et remplir leurs obligations, les Etats membres doivent présenter un **Plan National de Restauration** couvrant la période jusqu'en 2050 avec des échéances intermédiaires 2030, 2040. Ce plan devra être soumis à la Commission dans un délai de 24 mois soit le

18 août 2026 au plus tard. Il s'ensuivra un an d'échanges avec celle-ci et les autres Etats membres pour leur adoption définitive le 18 août 2027. Ce Plan pourra être révisé tous les 6 ans.

JALONS



Sélection des retours d'expériences

Le LIFE IP Marha, est un projet européen visant à mettre en œuvre le réseau Natura 2000 en mer. Bien qu'il existe de nombreux exemples d'actions apparentées à de la restauration écologique en outre-mer, cette note fait le choix de présenter des retours d'expérience de travaux et projets opérés uniquement en France hexagonale. Dans le cadre du règlement sur la restauration de la nature, ils sont présentés par GTH cibles.

Remarque 1 : à notre connaissance, il n'existe aucune action de restauration disponible pour le GTH 6 « sources hydrothermales et suintements froids ».

Remarque 2 : Les retours d'expériences présentés ici ne correspondent pas à la définition sensu stricto mais reflètent la variété de projets affichés comme des projets de restauration. La présente note technique propose une analyse critique de ces projets.

Vers une analyse critique

Afin d'analyser les différents projets, chaque fiche « retour d'expérience » comporte un volet « Analyse critique » basé sur la définition retenue de la restauration dans le cadre du règlement : (voir définition page 7).

À partir de cette définition découle ainsi plusieurs principes nécessaires permettant de valider l'approche de ces chantiers dans le cadre du Règlement européen sur la restauration de la nature.

Ainsi, pour qu'un projet corresponde à la définition de la restauration écologique, il doit :

- 1 - (Objet) : partir d'un écosystème dégradé **ET**
- 2 - (Objet) : considérer l'ensemble des composantes d'un écosystème à savoir abiotiques, biotiques (en considérant les communautés représentatives de l'écosystème) et fonctionnelles **ET**
- 3 - (Objectif) : viser la récupération (état dégradé) vers un état de référence « connu » (de l'ensemble des composantes) **ET**
- 4 - (Objectif) : garantir l'intégrité de l'écosystème à long terme (sans maintien de mesure(s) de restauration) **ET**
- 5 - (Méthode) : définir l'état initial et qualifier la « dégradation » **ET**
- 6 - (Méthode) : définir l'état de référence d'un écosystème (en justifiant ce choix) **ET**
- 7 - (Méthode) : identifier le(s) pression(s) à l'origine de la dégradation **ET**
- 8 - (Méthode) : être caractérisé par un processus intentionnel **ET**

9 - (Méthode) : évaluer le niveau d'intervention nécessaire à l'atteinte de l'objectif (choix de la stratégie d'intervention) **ET**

10 - (Méthode) : éliminer les pressions à l'origine de l'état dégradé OU les réduire à un niveau soutenable par l'écosystème OU prouver qu'elles n'ont plus cours **ET**

11 - (Progression vers l'objectif) : suivre/attester de la récupération (état et/ou surface) de l'ensemble des composantes de l'écosystème vers l'état référence (démontrer l'efficacité de(s) mesure(s) / décrire la trajectoire écologique).

Où l'on entend par :

- Objet de la restauration : ensemble des différentes composantes d'un écosystème ayant subi des dégradations ;
- Objectif de la restauration : récupération de l'écosystème (l'ensemble des composantes) en prenant comme référence un état qu'on souhaite rétablir ou atteindre. Cette référence doit se baser sur un « modèle d'écosystème » intègre et fonctionnel dont on s'est éloigné en raison des dégradations.
- Méthode de la restauration : processus réparateur se traduisant par des interventions pour amorcer ou assister la récupération de l'écosystème (allant d'interventions pour limiter les pressions à un niveau suffisant pour permettre la récupération spontanée de l'écosystème, à des actions sur les composantes de l'écosystème pour assister sa récupération).

Remarque 1 : la logique appliquée ici considère des habitats naturels. Nous ne considérons pas ici les spécificités de la restauration d'habitats semi-naturels où une activité humaine continue/régulière est intrinsèquement liée à la dynamique/l'équilibre de cet habitat semi-naturel (ex : maintien de Lagunes et entretien de leur structure, maintien de milieux ouverts en terrestre).

Remarque 2 : Les critères indiqués s'appliquent uniquement dans le cadre de cette note, mais ne se substituent pas à l'ensemble des travaux de cadrage opérationnel

réalisés jusqu'à maintenant, les travaux de la SER notamment. Ils ont vocation à objectiver cette analyse critique préliminaire pour cette étude. Ils devront être au préalable révisé pour faire l'objet d'une mise en application nationale plus formelle.

Remarque 3 : Si toutes les composantes de l'écosystème ne sont pas ciblées et si toutes les pressions ne sont pas levées ou maîtrisées, mais que les autres principes sont respectés, alors le projet peut être considéré comme une action de restauration partielle.

Contenu des fiches retours d'expériences

Chaque projet est présenté sous la forme de fiches retour d'expérience, organisées selon le modèle suivant :

Titre du projet

Période de mise en oeuvre du projet :
Dates administratives de début et de fin de projet

00.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

GTH pouvant être ciblé par le règlement restauration de la nature

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Enjeux pouvant être un habitat, une espèce

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribution à une possible stratégie de restauration parmi la restauration naturelle, la restauration assistée, la restauration reconstructive

COÛTS

Détail des coûts auxquels le LIFE Marha a pu avoir accès

CONTACT

Contact ressource permettant d'obtenir de plus amples informations sur le projet illustré

LOCALISATION

Situation géographique du projet



Historique et contexte de la démarche

Présente le cadre dans lequel le projet a été initié.

Nature des opérations

Résume les différentes actions du projet auxquelles le LIFE Marha a pu avoir accès, selon leur chronologie.

Bilan du porteur de projet

Bilan synthétique rapporté par le porteur de projet, il est indépendant de celui du Life Marha et de son analyse critique.

Analyse critique

Il s'agit ici d'une analyse critique au regard de la définition (Partie I.2) et des critères (Partie II.2) retenus de la restauration écologique dans la présente note.

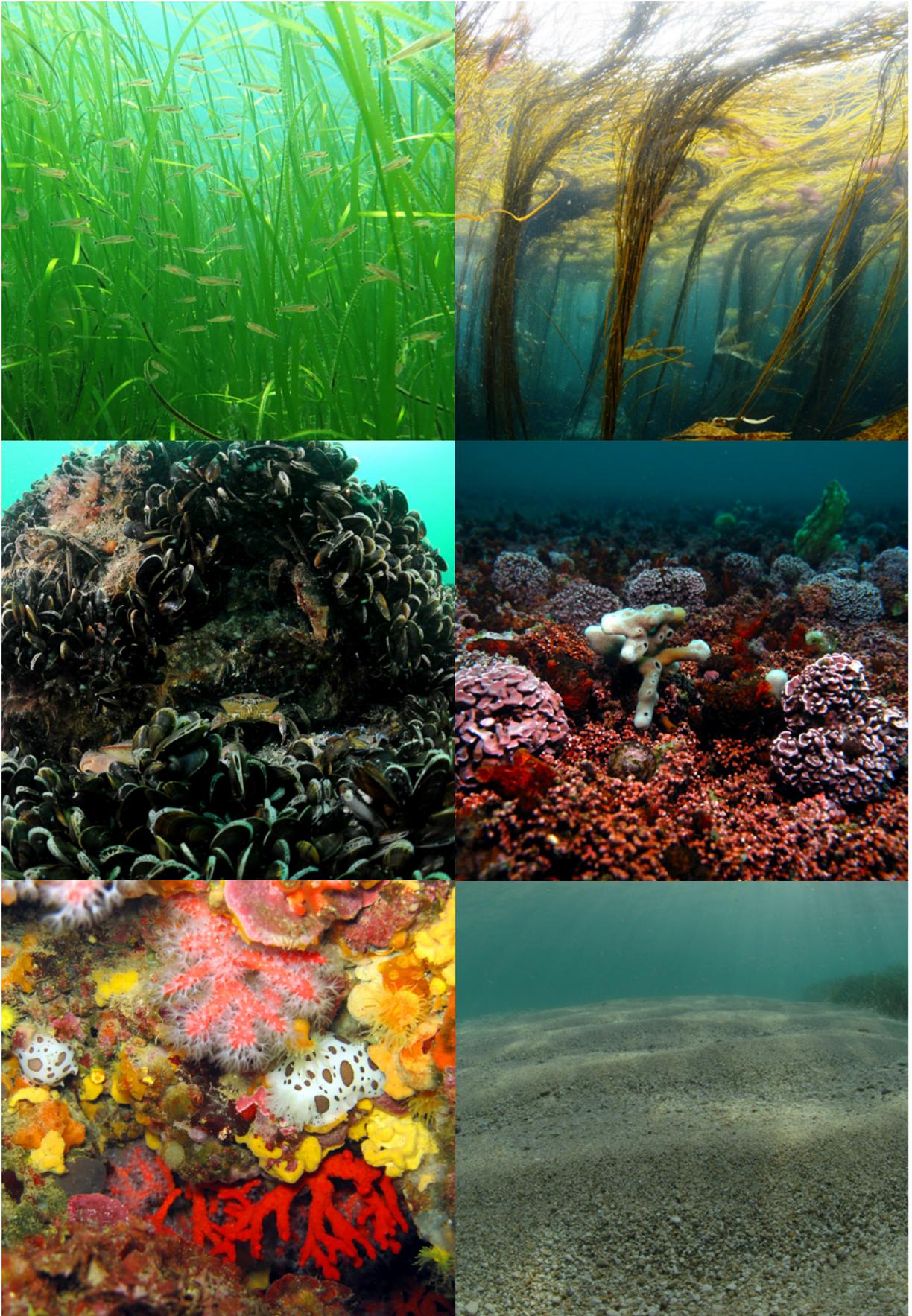
	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé	Vert	
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées	Orange	
	Objectif de récupération	Orange	
	Intégrité sur le long terme	Vert	
	Etat initial	Orange	
	Etat de référence	Orange	
	Pressions identifiées	Vert	
	Processus intentionnel	Vert	
	Choix de stratégie d'intervention	Orange	
	Réduction / suppression des pressions	Rouge	
	Suivi	Orange	

Si au moins un des critères est manquant, alors le projet ne correspond pas à la définition de restauration écologique retenue.

Dont les couleurs correspondent aux valeurs qualitatives suivantes :

Vert	Critère entièrement respecté dans le projet
Orange	Critère partiellement respecté dans le projet
Rouge	Critère non pris en compte dans le projet

Retours d'expérience par GTH Cible



An underwater photograph showing a dense field of green seagrass (Zostera marina) with numerous small, translucent fish swimming among the blades. The water is clear and blue-green.

LES HERBIERS DE PHANÉROGAMES MARINES

Zostère marine (*Zostera marina*)

© Livier Schweyer / Office français de la biodiversité

Expérimentation de mouillages innovants sur les secteurs de Beg-Meil et Saint-Nicolas-des-Glénan

Période de mise en œuvre du projet 2016 – 2022

01.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les herbiers de phanérogames marines

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Zostère marine *Zostera marina*

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à la stratégie de restauration naturelle

COÛTS

Le montant total des dépenses liées au projet ECONAV (AMI de l'AAMP 2013-2019) s'élève à **73 436,48 €** répartis comme suit :

- 25 % pour l'étude sociologique,
- 44 % pour les 12 mouillages écologiques installés,
- 31 % pour les dépenses d'animation du suivi du projet (coût salarial).

Autre source de financement des mouillages écologiques : Contrat Natura 2000

CONTACT

OFB / Morgane REMAUD
morgane.remaud@ofb.gouv.fr

LOCALISATION

ZSC FR5300023 « Archipel des Glénan » situé au Sud de la commune de Fouesnant dans le Finistère.



Historique et contexte de la démarche

L'Archipel des Glénan est un site naturel protégé par diverses réglementations (site classé, réserve naturelle nationale, arrêtés de biotope, réserve de chasse sous-marine, Natura 2000...). C'est également l'un des principaux sites du nautisme en Bretagne.

Outre son attrait pour la navigation de plaisance et ses activités connexes (pêche de loisir, sports nautiques...), le site est également caractérisé par une activité de pêche professionnelle importante et variée. Enfin, la fréquentation touristique du site ne cesse de croître au fil des ans à cause notamment des vedettes de passagers en provenance du continent.

Afin de mieux concilier ces usages et la protection du site, la commune de Fouesnant en tant qu'opératrice Natura 2000 et gestionnaire des ports, a décidé d'engager une réflexion pour promouvoir l'éconavigation dans l'Archipel en impliquant davantage les usagers et a remporté l'AMI « Econaviguer dans une AMP » en 2014.

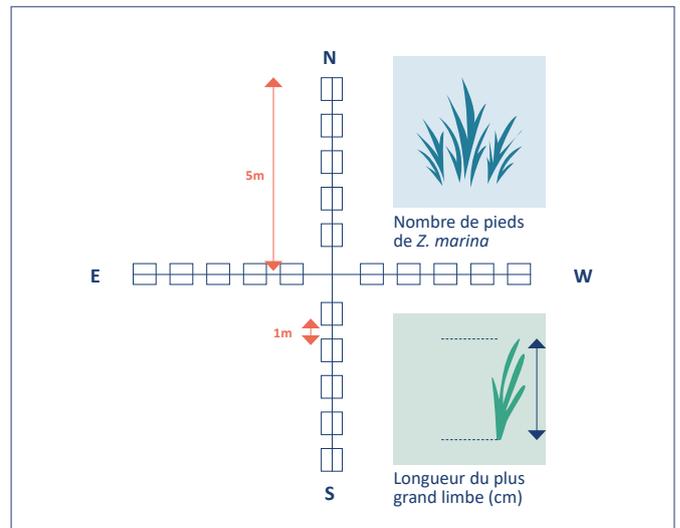
Depuis 2017, la commune de Fouesnant expérimente l'utilisation de mouillages dits « innovants » dont le but est de limiter l'impact sur les herbiers de zostères (*Zostera marina*), habitats fortement présents sur le site Natura 2000 « Archipel des Glénan » et particulièrement sensibles à la pression engendrée par les mouillages, dont le ragage des chaînes sur le fond provoque leur dégradation.

Nature des opérations

Le projet ECONAV comportait plusieurs volets. Compte tenu des difficultés rencontrées en cours de la mise en œuvre du projet, seules les actions suivantes ont été réalisées :

- **Une étude sociologique**, afin de mieux comprendre le site et ses usagers. Malheureusement, celle-ci ne s'est pas correctement déroulée en raison notamment du sous-dimensionnement du nombre d'entretiens nécessaires vis-à-vis de la date de début de prise de poste de l'éthologue (23/100), ainsi qu'à une absence totale d'appropriation du projet par les élus, lié au caractère trop conceptuel de l'étude. Cette étude a toutefois permis d'améliorer la connaissance sur la perception que les acteurs locaux ont de l'Archipel. Les résultats de cette étude ont pu être exploités afin de définir une stratégie de communication efficace et optimiser la gouvernance en place.

- L'expérimentation de mouillages écologiques** : deux types de dispositif ont été installés suivant la profondeur d'eau : un système avec bouée intermédiaire pour les profondeurs les plus importantes, et un système sans bouée intermédiaire pour les plus faibles profondeurs. Les deux systèmes présentaient des aussières enroulant la chaîne permettant une diminution de leur action abrasive. Ainsi, 12 mouillages innovants ont été installés en 2017 sur les sites de Beg Meil et Saint Nicolas des Glénan (La Pie et La Chambre). Le succès des dispositifs innovants a conforté les élus qui souhaitent désormais remplacer l'ensemble des mouillages communaux classiques en mouillage de moindre impact. C'est ainsi que des nouvelles lignes de mouillages ont été installées entre 2018 et 2022, soit au total 38 mouillages écologiques à Saint Nicolas des Glénan (25 à la Pie et 13 à la Chambre).
- Une étude sur la fréquentation nautique** permettant d'amender la réflexion sur l'optimisation environnementale des installations portuaires et organisation du plan d'eau.



Protocole de suivi mis en oeuvre

Le protocole de suivi, schématisé ci-dessus, est le suivant :

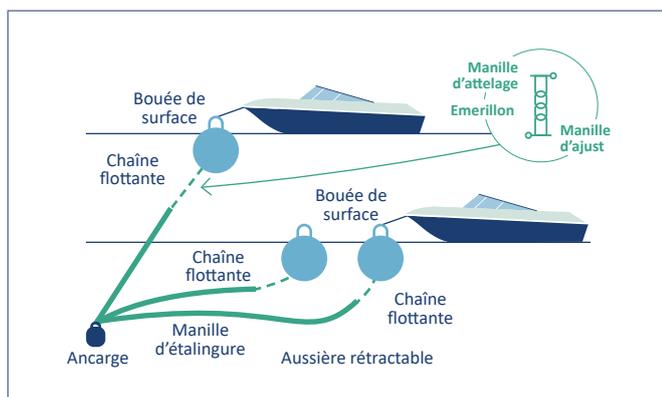
Sur chaque zone d'étude, le suivi consiste en l'évaluation de la densité de pieds d'herbiers de zostères (*Zostera marina*) à proximité des points de fixation des mouillages et en la comparaison des densités estimées à proximité des différents systèmes de mouillage. Le mouillage dit « classique » représente le point de référence « mouillage normal ou conventionnel ». Le point effectué au sein de l'herbier représente le point de référence en l'absence d'impact.

Bilan du porteur de projet

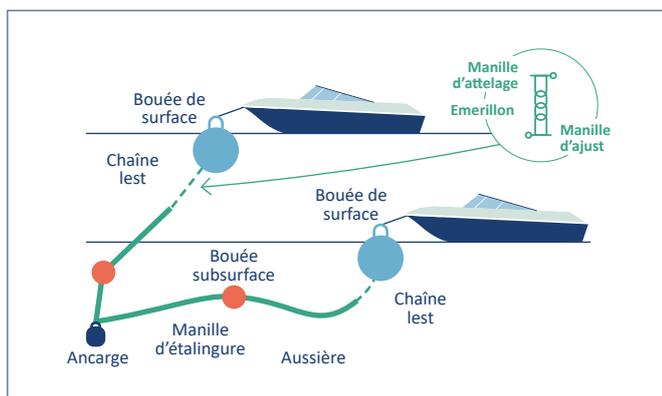
Les résultats des suivis des herbiers de zostères réalisés entre 2016 et 2021 (2022 pour Beg Meil) sur les trois secteurs étudiés semblent confirmer l'intérêt des mouillages innovants par rapport aux mouillages conventionnels. En effet, sur les cinq années de suivis, on observe une densité moyenne d'herbier au droit des mouillages innovants, bien supérieure aux densités observées sous les mouillages classiques.

Ces résultats sont toutefois à relativiser par le fait que les densités d'herbiers sous les mouillages innovants restent inférieures à celles de l'herbier de référence sur les 3 sites de suivis.

Les plongées réalisées n'ont pas permis d'observer du ragage des bouts sur le fond, cependant les conditions de marée au moment de la plongée n'étaient sans doute pas les plus propices pour observer ce phénomène (mi-marée, coefficient de 57). À l'avenir, pour comprendre le comportement de ces systèmes de mouillages et les optimiser, il serait nécessaire de prévoir une plongée de vérification, par marée basse de fort coefficient, afin d'observer le comportement du système lorsque la profondeur d'eau est à son minimum. Cette vérification est prévue sur la nouvelle ZMEL Le Grand Large à la pointe de Moustierlin, récemment équipée à 100% de lignes de mouillages innovantes.



En eau peu profonde avec une ligne rétractable



En eau peu profonde avec le flotteur subsurface

Un suivi a été mis en place sur chacun des 3 sites pour évaluer l'efficacité des mouillages innovants (deux mouillages innovants, un mouillage classique et un point de référence situé dans un herbier à proximité indemne de pression d'ancrage).

Il faut toutefois rappeler que de nombreux paramètres influencent la dynamique de l'herbier (conditions hydro-dynamiques, morfo-sédimentaires, ensoleillement...) et que plusieurs années peuvent être nécessaires pour lui permettre de retrouver un fonctionnement optimal après un avoir été impacté pendant de nombreuses années (4 ans sur le site de Plougonvelin suivi par le Parc Marin d'Iroise).

Les résultats de ces 5 années de suivis ont permis de confirmer l'intérêt du dispositif mais n'a pas permis d'évaluer l'ensemble du processus de recolonisation des herbiers de zostère sous

les mouillages innovants. En raison des moyens humains et financiers assez lourd, et du remplacement de l'ensemble des mouillages traditionnels par des mouillages innovants, les suivis, selon le protocole initial, ont été arrêtés progressivement en 2021 et 2022. Il a été fait le choix de changer d'objectif de suivi sur l'archipel des Glénan, non plus ciblé sur l'efficacité des mouillages, mais sur l'évolution de l'état de santé des zostères (protocole OPHZ's). Un suivi de l'efficacité des mouillages de moindre impact est toujours mis en œuvre sur la ZMEL Mouterlin, récemment équipée.

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Herbiers de zostères marines dégradés par le mouillage.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		N'est ciblé ici qu'une partie de la composante biotique : l'herbier de zostère marine et ses composantes fonctionnelles, bien que difficilement évaluables. Les composantes abiotiques ne sont pas ciblées.
	Objectif de récupération		Objectif d'augmentation de la densité de l'herbier, mais pas de récupération de l'ensemble des composantes.
	Intégrité sur le long terme		Les suivis ne permettent pas pour l'instant de démontrer l'intégrité de cet écosystème sur le long terme.
	État initial		Un état initial a bien été réalisé mais il ne concerne que la spatialisation de l'herbier.
	État de référence		Le projet effectue une comparaison entre l'herbier soumis à la pression de ragage et un herbier de référence à proximité. Mais il n'a pas été ciblé un état de référence spécifique pour la restauration des herbiers de zostère.
	Pressions identifiées		La principale pression pesant sur les herbiers est l'ancrage des bateaux.
	Processus intentionnel		Initiative du gestionnaire du site Natura 2000 et des élus locaux.
	Choix de stratégie d'intervention		Afin de réduire et de maîtriser la pression sur l'herbier, il a été convenu de contribuer à la stratégie de restauration naturelle en réalisant une expérimentation de modification des mouillages sur les secteurs concernés.
	Réduction / suppression des pressions		Réduction et maîtrise de la pression par le remplacement de mouillages innovants empêchant le ragage des chaînes sur les herbiers.
	Suivi		Seuls les paramètres de densité d'herbier, longueur et largeur des feuilles sont suivis.

Ce projet contribue à la stratégie de restauration naturelle de l'herbier de zostères marines, mais ne répond pas totalement à la définition de la restauration écologique.

Bien qu'une tendance positive se dessine, il n'est pas encore démontré un retour de l'état de l'herbier impacté à l'état écologique de l'herbier de référence. Le suivi de l'herbier est prévu de se poursuivre à l'aide du protocole OPHZ et mériterait de se poursuivre sur le long terme en incluant différentes composantes de l'écosystème.

Expérimentation de restauration des fonds dégradés de la lagune de Thau par enlèvement de bateaux de plaisance hors d'usage

Période de mise en œuvre du projet 2022 – 2025

02.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les herbiers de phanérogames marines

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Zostère marine *Zostera marina*
Zostère naine *Zostera noltii*
Grande nacre *Pinna nobilis*
Hippocampe moucheté
Hippocampus guttulatus

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie de restauration naturelle

COÛTS

Le montant total des dépenses liées au projet s'élève à **58 300 € HT**

CONTACT

OFB / Mathilde LABBE
mathilde.labbe@ofb.gouv.fr

Sète Agglopolo Méditerranée /
Jean Marc RAJAUT
jm.rajaut@agglopolo.fr

Syndicat Mixte du Bassin de Thau /
Camille PFLEGER
c.pfleger@smbt.fr

LOCALISATION

ZSC FR9101411 « Herbiers de l'étang de Thau », sur la commune de Frontignan dans l'Hérault.



Historique et contexte de la démarche

Le ponton de la Bordelaise représente le site de plongée emblématique de la lagune de Thau qui permet d'admirer un paysage sous-marin atypique ainsi qu'une biodiversité exceptionnelle, telle que la Grande nacre, l'Hippocampe moucheté, les herbiers et de nombreuses limaces de mer.

Ce site souffre de dégradations historiques (ancienne décharge) et récurrentes (macro déchets et échouages de navires), qui dégradent physiquement l'écosystème marin.

Le Syndicat mixte du bassin de Thau (gestionnaire du site Natura 2000) et Sète Agglopolo Méditerranée (brigade d'intervention antipollution), accompagnés par le bureau d'études Biotope, et appuyés par un collectif de partenaires et citoyens plongeurs, ont souhaité construire un projet de restauration et de dépollution du site du ponton de la Bordelaise. Ce projet a été réalisé avec l'appui financier de l'Office Français de la Biodiversité (OFB), dans le cadre du Life Marha (LIFE 16 IPE FR001).

Il s'inscrit dans une problématique nationale de gestion et de retrait des bateaux de plaisance hors d'usage (BPHU), à laquelle beaucoup d'AMP sont confrontées du fait du vieillissement de la flotte et des abandons. À noter que les opérations de retrait de BPHU ne sont à ce jour pas soumises à évaluation d'incidence.

Cette initiative répond également à la volonté unanime : des citoyens (portée par l'association Projet Rescue Ocean) et de la communauté de plongeurs du site, ainsi que des acteurs locaux et des pouvoirs publics, d'agir pour la préservation de la biodiversité de ce site impacté par la présence d'une vingtaine de BPHU et autres macrodéchets.

Nature des opérations

Le projet est construit en 4 étapes :

1. La conception et l'application d'une grille d'aide à la décision pour le retrait de BPHU. Le bureau d'étude Biotope a été en charge de la réaliser. Elle est composée de 4 catégories d'indicateurs qui renseignent les caractéristiques physiques du BPHU, la sensibilité écologique ou l'enjeu anthropique proche, la faisabilité technique de l'enlèvement. Chaque indicateur évalué peut être pondéré en fonction de l'enjeu propre au site, puis l'ensemble de l'analyse se traduit en un indice de pertinence de retrait. Cette grille a été appliquée à 24 BPHU et macro-déchets sous-marins.

2. Les suivis par des plongeurs naturalistes, ont été réalisés avant et après travaux. À T-1 mois afin de remettre à jour les connaissances sur l'état initial du milieu et T+1 mois afin d'observer de potentielles dégradations liées aux travaux. Enfin, un suivi à T+1 an sera réalisé afin de mettre à jour les connaissances et les comparer avec l'état initial du site. Les suivis consistent à rechercher, dénombrer, mesurer et localiser plusieurs espèces à enjeux du site notamment par rapport aux BPHU : l'hippocampe moucheté, la Grande nacre et les herbiers de zostère (nombre, sexe, taille, comportement et positionnement, notamment par rapport aux BPHU). Sur des espèces fixées ou peu mobiles comme les Grandes nacres ou les herbiers de Zostère, les suivis aideront à déterminer si les mesures d'évitement-réduction mises en place en phase chantier auront bien été efficaces (exemple : mise en place d'un rideau anti-MES en cas de navires abandonnés proches et envasés à retirer). Cette étude a toutefois permis d'améliorer la connaissance sur la perception que les acteurs locaux ont de l'Archipel. Les résultats de cette étude ont pu être exploités afin de définir une stratégie de communication efficace et optimiser la gouvernance en place. Pour ces espèces et pour les hippocampes, les suivis permettront de déterminer si les modifications provoquées sur le site par le retrait des BPHU ont eu des conséquences et ainsi de valider ou infirmer les résultats de la grille d'évaluation développée. Ce premier test permettra également éventuellement d'ajuster les paramètres de cet outil d'évaluation et de réajuster les prochaines opérations d'enlèvement sur le site.

3. L'opération d'extraction des BPHU et macrodéchets. Le chantier a eu lieu en hiver, en cohérence avec le calendrier biologique et les usages de pêche ou de conchyliculture proches du site. En fonction de l'état de dégradation et de l'accès du BPHU (rq : sur site l'essentiel sont coulés, et en berge sur des fonds de 0 à 4 m) les enlèvements peuvent être délicats et longs. Après séchage, les BPHU restés entiers sont transportés vers le centre de traitements agréé (recyclage pris en charge par l'*APER). Ceux dégradés sont emmenés en centre d'enfouissement. L'aménagement d'un chemin d'accès et d'une aire technique a été nécessaire pour procéder aux extractions par voie terrestre. (*APER : éco-organisme national agréé par le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire pour gérer la déconstruction et le recyclage des bateaux de plaisance et de sport en fin de vie.)

4. La capitalisation et la valorisation de l'opération : couverture presse, vidéo descriptive, panneau d'information sur site, fiche RETEX, renforcement de la sensibilisation des propriétaires de bateaux aux droits et devoirs du plaisancier, aux procédures de fin de vie des bateaux, et consolidation de la stratégie d'intervention sur cette problématique de la lagune de Thau.



Bateau de plaisance hors d'usage coulé sur la lagune de Thau.
© Xavier Rufroy / Biotope

Bilan du porteur de projet

La construction de ce projet a nécessité une préparation importante : nombreuses études préalables, construction de la grille d'analyse, réunions de concertation, procédures de déchéances de propriété des bateaux, estimation des besoins techniques nécessaire aux travaux, préparation d'un cheminement terrestre et conventionnement avec les propriétaires. Presque 2 ans ont été nécessaires, notamment due à la complexité administrative de ce genre d'opération et à la mobilisation de nombreux acteurs.

Le renforcement des études environnementales et l'encadrement écologique du chantier était nécessaire pour ce site à la vue des enjeux écologiques présents. Ces besoins sont à apprécier en fonction des cas.

La dynamique lancée a permis une collaboration multi-acteurs indispensable à la concrétisation du projet. La concertation et l'adhésion au projet a été une étape clé.

Le chantier de février 2024 n'a pas permis d'extraire l'ensemble des BPHU du site (14 en 6 jours). Le dernier suivi + 1 an après travaux (février 2025) déterminera la suite des interventions. Les extractions de BPHU coulés sont très coûteuses (3 700€/BPHU en moyenne pour ce chantier). Sans compter le traitement qui n'a pas été systématiquement pris en charge par l'APER (cas des BPHU morcelés au moment du levage). L'arbitrage entre un portage Etat ou Collectivités ainsi que des co-financements seront nécessaires avant la programmation de nouvelles opérations.

Le site était concerné par d'autres dégradations : 122 pneus recensés sur zone et 11 macrodéchets (morceaux de bateaux, frigo et BPHU) et même carcasses de voitures.

Les plongeurs du site et la FFESSM ont souhaités participer à la restauration du site : organisation d'une opération citoyenne de nettoyage des macrodéchets sous-marins et terrestre quelques semaines plus tard qui a permis de collecter 75 pneumatiques et plusieurs kilos de déchets.

Bien que le suivi à T+1 mois ne montre pas de perturbations liées au chantier d'enlèvement (présence d'hippocampe, Grandes nacre intactes, pas de régression d'herbier), un autre est attendu début 2025 afin de dessiner les tendances de la réponse de l'écosystème. Des suivis réguliers seront réalisés ensuite par les clubs de plongée.



Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Lagune dégradée par l'abandon de navire entraînant une pollution chimique et un impact physique sur les habitats.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Le projet a essayé de cibler l'ensemble des composantes de l'écosystème : biotique (taxons faunistiques et floristiques représentatifs), abiotique (liés notamment à la nature du substrat) et fonctionnelle (présence d'habitats fonctionnels).
	Objectif de récupération		Objectif de conservation des espèces ciblées et renaturation des fonds.
	Intégrité sur le long terme		Ce projet contribue à une amélioration des conditions du site, mais de nouvelles actions sont à prévoir pour retirer et maîtriser l'ensemble des pressions subies par le milieu (existence du Ponton, émergence du crabe bleu).
	État initial		Un état initial a bien été réalisé mais il ne concerne qu'une partie de l'ensemble des composantes de l'écosystème.
	État de référence		Le projet vise à contribuer à revenir à l'état de lagune côtière méditerranéenne (sédiments meubles végétalisés).
	Pressions identifiées		L'une des pressions pesant sur cet écosystème est l'abandon puis la dégradation de navires de plaisance ainsi que l'accumulation de macrodéchets. Cela entraîne une dégradation de la nature des habitats et de leur fonction.
	Processus intentionnel		Initiative du gestionnaire du site Natura 2000 ainsi qu'une forte volonté citoyenne.
	Choix de stratégie d'intervention		Contribution à la stratégie de restauration naturelle par la suppression de pressions à l'aide d'une grille d'évaluation de la potentielle plus ou moins-value écologique du retrait de BPHU. Le choix de la stratégie a été élaborée en concertation avec l'ensemble des acteurs du site (scientifiques, acteurs socio-économiques, gestionnaire, élus locaux et services de l'Etat).
	Réduction / suppression des pressions		L'essence même du projet est la réduction et la contribution à la suppression des pressions sur ce site. L'ambition est de supprimer toutes les pressions actuelles et futures par la prise d'une réglementation d'interdiction de mouillage et d'accostage sur la zone. D'autres pressions restent encore mal caractérisées comme la qualité de l'eau, la présence d'espèces exotiques envahissantes.
Suivi		Seule une partie de la composante biotique de l'écosystème est suivie : les espèces à enjeux.	

Ce projet peut contribuer à une stratégie de restauration naturelle du site du Ponton de la Bordelaise et répond partiellement à la définition de la restauration écologique retenue. Faisant parti d'un continuum d'action visant la restauration du site (amélioration de la qualité de l'eau, sensibilisation des usagers), il a permis de contribuer à la réduction et à la suppression des pressions sur le site.

Opération de retrait de plus de 20 000 pneumatiques dans le golfe Juan

Période de mise en œuvre du projet 2015 – 2019

03.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les herbiers de phanérogames marines

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Herbiers de posidonie *Posidonia oceanica*
Coralligène

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie
de restauration naturelle

COÛTS

Le montant total des dépenses liées au
projet s'élève à **1,2 million €** :

- AFB : 1 millions d'euro
- Fondation Michelin : 200 000 €

CONTACT

OFB / Mathilde LABBE
mathilde.labbe@ofb.gouv.fr

LOCALISATION

ZSC FR9301573 « Baie et Cap d'Antibes – Îles de Lérins »,
sur les communes d'Antibes et de Cannes dans les Alpes-Maritimes



Historique et contexte de la démarche

Pratique courante dans les années 70, des millions de pneus ont été immergés sur les côtes afin de créer des récifs artificiels à but halieutique. Les récifs artificiels ont été utilisés de tout temps dans de nombreuses régions du monde. Le Japon est cependant au premier rang mondial pour les volumes immergés, avec plus de 20 millions de m³, essentiellement dans un objectif halieutique. Les États-Unis arrivent en deuxième position avec plus de 1.000 sites aménagés dans un objectif récréatif cette fois. En Floride, ce sont ainsi près de deux millions de pneus qui ont été immergés au large de Fort Lauderdale en 1972, sur proposition de l'entreprise américaine de pneumatique Goodyear. Suite au constat d'échec, une opération d'enlèvement de pneumatiques a été réalisée entre 2007 et 2010. La France a relancé le principe en 1968, notamment sur la façade méditerranéenne, afin d'augmenter la ressource halieutique. Pour cela, certains matériaux usagés y étaient recyclés comme des poteaux électriques, des cages d'escalier en béton, des épaves ou, plus tard, des pneumatiques. On compte actuellement 90.000 m³ de récifs artificiels au large des côtes de l'Hexagone.

Ainsi entre les années 1980 et 1989, plus de 20 000 pneus (soit 8 000 m³) ont été immergés dans le Golfe-Juan entre 24 et 37 m de profondeur. Le site classé Natura 2000 « Baie et Cap d'Antibes – Îles de Lérins » est situé entre Cannes et Antibes. A cette époque, la Direction Départementale de l'Équipement et les services de la prud'homie espérait soutenir la pêche professionnelle dans une zone pauvre en poissons. Près de 30 ans plus tard, le constat est un échec. Non seulement, ces récifs artificiels n'ont jamais été colonisés, mais les pneus se sont peu à peu désagrégés en relarguant des métaux lourds dans l'eau et se sont disséminés en menaçant les habitats sensibles aux alentours (herbiers de posidonie, coralligène).

En 2015, une opération pilote d'enlèvement de pneus avait été conduite à petite échelle. 2 500 d'entre eux ont ainsi été enlevés (soit environ 10 %). Cette phase test a permis de valider la faisabilité technique et environnementale de l'opération et permis de formuler des préconisations pour la seconde étape du projet qui portait sur l'enlèvement des pneus restants.

L'opération d'enlèvement de récifs artificiels constitués de plus de 20 000 pneumatiques, poursuivait 4 grands objectifs :

- Interrompre le processus d'altération de l'écosystème et des habitats d'intérêt communautaire tel l'herbier de posidonie ;
- Consolider l'équilibre de cet écosystème pour le conserver ;
- Rétablir l'écosystème dans ses fonctions et son état naturel ;
- Libérer les fonds marins d'une occupation extensive liée au phénomène de dissémination des pneus au gré de la houle et des courants.

Nature des opérations

Le chantier d'enlèvement des pneumatiques a fait l'objet de différentes procédures réglementaires (examen cas par cas, projet soumis à déclaration au titre du Code de l'Environnement, déclaration préalable et déclaration concernant l'occupation du Domaine Public Maritime).

L'opération s'est ensuite déroulée sur 7 campagnes de 6 jours par des profondeurs de 25 à 35 mètres, mobilisant une équipe de 6 à 8 plongeurs professionnels.

1. Phase préparatoire :

Livraison des containers de stockage des pneumatiques et installation des bennes sur le navire. J -4/5 jours : Briefing des équipes sur le déroulement du chantier et positionnement des sondes sous-marines sur le navire.

2. Phase opérationnelle :

La veille du chantier :

- Positionnement du navire sur zone avec mise en place de 4 corps morts de mouillage sur un substrat sablo-vaseux, afin de délimiter la zone des travaux ;
- Déploiement d'un barrage anti-pollution de 150 mètres (sécurisation de la zone d'intervention et des pollutions potentielles) ;
- Suivi environnemental réalisé par Suez afin de s'assurer de l'efficacité des mesures de prévention avant, durant et après les phases de travaux (suivi de la qualité des eaux, de la sédimentation et du panache turbide)

Travaux d'enlèvement :

- Regroupement des pneus, par les plongeurs, par lot de 10 à 30 unités sur un filin ;
- Les lots de pneus sont remontés à l'aide de parachutes puis grutés à bord du navire (après égouttage au-dessus de l'eau) et déposés dans les containers) ;
- Regroupement par les plongeurs des autres déchets (ferailles, macrodéchets) dans des filets étalés sur le fond puis remontés à bord ;
- Collecte des macrodéchets en surface pendant toute la durée du chantier (« bateau propre »).

Traitement des déchets (pneus et autres) :

- Transport maritime (navire Océa) et déchargement régulier sur le port de Nice des bennes au cours des travaux maritimes (6 voyages pour 8 500 pneus) ;
- Traitement des pneus par Suez, sans nettoyage complémentaire (réduction de l'utilisation d'eau et comportement écoresponsable) ;
- Valorisation à 100 % des pneus (broyés et transformés en granulats) sur le site terrestre de Istres (Bouches-du-Rhône).



Bilan du porteur de projet

Préalablement au suivi environnemental du chantier réalisé par Suez Environnement, une expertise scientifique a été réalisée par l'Université de Nice Sophia Antipolis (conventionnée par l'AFB). La principale question était de savoir si l'enlèvement partiel de pneumatiques en mai 2015 avait eu un impact sur le milieu marin et sur l'état de santé des organismes vivant dans le milieu. Dans l'affirmative, quelles avaient été les conséquences physiologiques et spatio-temporelles sur des moules engagées au niveau des stations d'études, choisies spécifiquement en fonction de leur localisation. **Les résultats démontrent un impact négatif sur le taux de survie des moules s'atténuant au bout de 170 jours mais une ne montre pas de dispersions de polluants sur les sites avoisinants.**

Le suivi environnemental des travaux maritimes a démontré l'absence d'incidence du chantier maritime sur la qualité physico-chimique ou biologique du milieu marin. Par ailleurs, une campagne de repérage en ROV a confirmé que la quasi-totalité des pneus a été retirée, seuls quelques pneus épars ou complètement sédimentés sont encore présents. Il a également contribué au rapprochement des acteurs locaux et à l'instauration d'un dialogue commun autour de la thématique de réhabilitation du milieu marin. La sensibilisation du grand public au travers des différents outils de communication développés dans le cadre de ce projet a également permis une prise de conscience générale par les communautés locales de l'importance de la protection du milieu marin et les a incités à être acteur de cette protection.

Au total, 20 553 pneus pour un poids de 170 tonnes ont été retirés.

Ce projet aura permis :

- d'interrompre le processus d'altération de l'écosystème et des habitats d'intérêt communautaire tel l'herbier de posidonie, de consolider l'équilibre de cet écosystème pour le conserver,
- de rétablir l'écosystème dans ses fonctions et son état naturel avant immersion des pneumatiques,
- de libérer les fonds marins d'une occupation extensive liée au phénomène de dissémination des pneus au gré de la houle et des courants.



Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Pollutions physiques et chimiques dues à l'immersion massive de pneumatiques.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Les composantes biotiques et abiotiques représentatives étaient ciblées sur ce projet, mais les composantes fonctionnelles ne sont pas connues.
	Objectif de récupération		Objectif de revenir à un état antérieur à l'immersion de pneumatiques
	Intégrité sur le long terme		Bien que des signes de reprise de l'herbier commencent à apparaître (soit 4 années après la fin du chantier), cette action pourra démontrer son efficacité uniquement sous couvert d'une surveillance adaptée et pérenne du site.
	État initial		Un état initial a bien été réalisé mais il ne concerne qu'une partie de l'ensemble des composantes de l'écosystème.
	État de référence		La référence visée ici est celle avant l'immersion massive de pneumatiques, mais n'est pas justifiée par un état écologique donné.
	Pressions identifiées		La principale pression pesant sur cet écosystème est la pression physique issue de la dispersion des pneumatiques sur les herbiers de posidonie et le coralligène. Ceux-ci en se dégradant entraîne également une pollution chimique.
	Processus intentionnel		Initiative de l'OFB.
	Choix de stratégie d'intervention		Contribution à la stratégie de restauration naturelle des habitats d'intérêt communautaires tels que l'herbier et les récifs à coralligène par la suppression des amoncellements de pneus.
	Réduction / suppression des pressions		Suppression et maîtrise de la principale source de pression, mais les sédiments pollués n'ont pas été traités.
	Suivi		Le projet a réalisé un suivi à T+212 jours permettant de démontrer les effets d'un premier retrait expérimental de 2 500 pneumatiques. Aucun suivi n'a été opéré suite au retrait des dizaines de milliers de pneus restants.

Ce projet peut contribuer à une stratégie de restauration naturelle de l'écosystème et des habitats d'intérêt communautaire (tel l'herbier de posidonie) impactés par l'immersion de plus de 20 000 pneumatiques, et répond partiellement à la définition de la restauration. Les herbiers de posidonie sont des habitats prioritaires à l'échelle de la Directive Habitats-Faune-Flore et possèdent un taux de croissance lent (en moyenne entre 100 et 1 000 cm par siècle), ce qui rend particulièrement long son rétablissement en cas d'impact (Boudouresque et al., 2012). De plus il est nécessaire pour valider la portée restaurative du projet de réaliser un suivi adapté (également sur les habitats sédimentaires sous-jacents) et pérenne sur le site mais également de prémunir la zone de toute forme de pression pouvant nuire à la bonne résilience de l'écosystème.

Restauration des herbiers de zostères naines dans le bassin d'Arcachon par la méthode du semis

Période de mise en œuvre du projet 2021 – 2022

04.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les herbiers de phanérogames marines

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Zostère naine *Zostera noltei*

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie de restauration reconstructive

COÛTS

Le montant total des dépenses liées au projet s'élève à **14 300 € TTC** dans lequel ne sont pas compris les coûts RH :

- Prestation des équipes des Pays-Bas (matériel, transport et travail sur le terrain) : 9 800 € TTC
- Refroidisseur et petit matériel : 4 500€ TTC

CONTACT

Parc Naturel Marin du Bassin d'Arcachon
OFB / Thomas FAUVEL
thomas.fauvel@ofb.gouv.fr

LOCALISATION

ZSC FR7200679 « Bassin d'Arcachon et Cap Ferret », sur la commune de Gujan-Mestras dans la Gironde



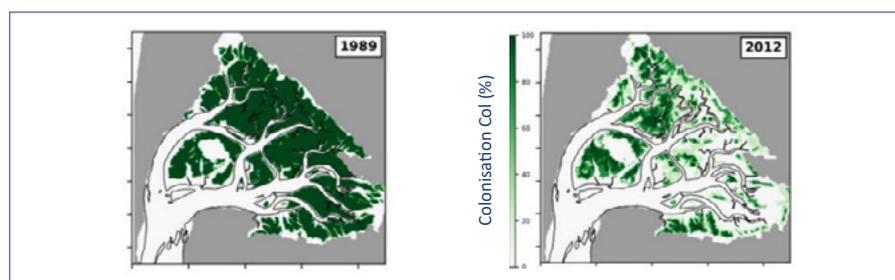
Historique et contexte de la démarche

Les herbiers du monde entiers subissent une régression majeure. **Sur le Bassin d'Arcachon, respectivement 84 % et 45 % des surfaces des herbiers de zostère marine et naine ont été perdues depuis les années 2000.** Les surfaces restantes sont restreintes et ont perdu en grande partie leurs fonctionnalités écologiques. Les causes de leur régression sont multiples, mais des travaux de l'Ifremer ont pu démontrer qu'elle était initiée à cause de contaminants dont la toxicité serait exacerbée par les canicules et se poursuivrait à cause des conséquences de la régression de l'hydrodynamisme. La restauration des herbiers à des surfaces et à des fonctionnalités écologiques équivalentes à celles du début des années 2000 est l'un des objectifs définis par le plan de gestion 2017-2032 du Parc naturel marin du Bassin d'Arcachon (PNMBA).

La qualité de l'eau ainsi que les conditions hydrodynamiques seraient redevenues favorables pour envisager la restauration des herbiers de zostère naine sur certains estrans. La multitude d'expérimentations de restauration assistée ou reconstructive de par le monde a démontré que cette méthode présentait un fort potentiel pour récupérer les surfaces et les fonctionnalités perdues. Les conditions nécessaires pour une telle réussite sont bien identifiées : réduction des pressions initiales (restauration naturelle), sélection du site et implantation à grande échelle. Les pressions ont pu être maîtrisée à l'aide d'actions de sensibilisation des plaisanciers et des professionnels, de retrait de mouillages sur herbiers, d'accompagnement pour le remplacement de mouillages par des dispositifs de moindre impact, d'échanges et d'expérimentations avec les professionnels du nautisme et de l'ostréiculture, d'études sur les pressions.

Dans ce contexte, la restauration par semis semble être la plus opportune de par la grande disponibilité des graines, de l'absence d'impact sur les herbiers donneurs, la possibilité de travailler à grande échelle ainsi que son coût réduit.

Enfin la simplicité du protocole permet la formation et l'implication de citoyens volontaires, mais aussi la possibilité de travailler à très grande échelle et donc d'augmenter les chances de succès.



Régression des surfaces et couverture de la zostère naine dans le Bassin d'Arcachon en 1989 et 2012 (sources Ifremer)

Nature des opérations

Le PNMBA entretient des échanges techniques avec les équipes de l'Université de Groningen et The Fieldwork Company qui mettent en œuvre avec succès un projet de restauration par semis des herbiers intertidaux en mer de Wadden aux Pays-Bas. Leur méthode, relativement simple, est appliquée depuis 2018 avec l'appui de volontaires dans un secteur où les herbiers avaient totalement disparu. À l'été 2020, les zostères pouvaient être observées dans une enveloppe de 170 ha autour des sites de semis.

Le Parc a ainsi été accompagné tout le long du projet par les équipes des Pays-Bas sur cette action. Cette opération comportait 4 étapes :

- 1. Récolte en été /automne 2021** : des pieds reproducteurs matures de zostère sont collectés par les participants. Ils sont ensuite placés dans des réservoirs d'eau jusqu'à ce que les graines se détachent des pieds ;
- 2. Stockage hivernal** : Les 55 000 graines débarrassées de toute matière organique sont stockées dans une eau froide en circulation tout l'automne et l'hiver ;
- 3. Semis au printemps** : Les graines sont semées à partir de mars, juste avant la période de germination. Le semis consiste en l'injection d'un mélange de vase et de graine directement dans le sédiment à l'aide d'un pistolet extrudeur ;
- 4. Suivi** : Il a consisté à mesurer le taux de germination en laboratoire et à quantifier et mesurer les patches d'herbiers sur le terrain.



Bilan du porteur de projets

La méthode, bien que simple à mettre en œuvre demande peu de moyens mais doit bénéficier d'une main d'œuvre importante.

En effet, il a été démontré que la probabilité de succès à long terme est très dépendante de l'échelle du projet.

La phase de récolte a eu lieu en août 2021 et celle des semis à partir de mars 2022. Les volontaires ont été formés sur le terrain par l'équipe de PNMBA.

Le stockage des graines a été globalement un succès. Toutefois, il a été observé la présence de moisissures sur la cuticule d'un nombre important de graines (champignon du genre *Halophytophthora*).

Sur des secteurs où des graines ne parviennent pas ou ne se maintiennent pas à cause des courants, le semis juste avant la germination pourrait permettre d'installer de nouveaux herbiers. Il serait ainsi possible d'amorcer la recolonisation sur ces secteurs, ou de renforcer des herbiers en régression pour inverser localement la tendance. Le suivi régulier des sites permettra d'évaluer le succès des opérations.

Les premiers suivis réalisés sur le terrain en juillet 2022 et les tests de germination en laboratoire avaient montré des résultats encourageants. Mais les suivis réalisés plus tard dans l'été n'avaient pas permis de retrouver les zostères germées, qui semblaient avoir été recouvertes par la vase. D'après les observations du Parc naturel marin sur d'autres semis, les zostères ne formeraient pas de rhizomes (tiges souterraines horizontales) la première année, ce qui les rendrait vulnérables au recouvrement par la vase.

Un nouveau suivi, réalisé le 19 juillet 2024 à Gujan Mestras, a néanmoins permis de constater la présence de nombreux patches d'herbiers, de 10 à 50 cm de diamètre. Une étude exhaustive n'a pas encore pu être menée en raison de la présence importante d'algues vertes filamenteuses, qui recouvrent une grande partie du site. D'autres suivis y seront réalisés à la fin de l'été, ainsi que sur une autre zone sur laquelle ont été semées les graines collectées par les volontaires en 2022.

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Herbier en forte régression initiée au début des années 2000 par des canicules marines associée à une pollution, poursuivie à cause de ses propres conséquences sur l'hydrodynamisme.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		L'ensemble des composantes représentatives de l'écosystème sont ciblées.
	Objectif de récupération		Objectif de revenir à un état antérieur à la régression des herbiers.
	Intégrité sur le long terme		Le projet de semis de zostère ne suffit pas à lui seul à garantir la restauration des herbiers. Parallèlement, d'autres actions ont été mises en place pour améliorer les conditions de retour à un état de référence.
	État initial		Toutes les composantes n'ont pas été ciblées, mais les sites sur lesquels ces actions étaient réalisées étaient connus et les zostères y avaient disparues.
	État de référence		L'état de référence visé ici est celui se rapprochant de l'écosystème des années 80.
	Pressions identifiées		La régression des herbiers est initiée à cause de contaminants dont la toxicité serait exacerbée par les canicules et se poursuivrait à cause des conséquences de la régression de l'hydrodynamisme.
	Processus intentionnel		Initiative de la Commission « Zostères » du Parc Naturel Marin du Bassin d'Arcachon (PNMBA), suite à la dégradation des herbiers de zostères.
	Choix de stratégie d'intervention		Ce projet fait partie d'un projet global de restauration à large échelle de l'herbier de zostère. La stratégie se compose d'un continuum d'actions de restauration naturelle, assistée et reconstructive.
	Réduction / suppression des pressions		Afin de rendre possible cette action le PNMBA a modifié artificiellement l'hydrodynamisme de la zone. La qualité de l'eau n'est pas encore optimale, mais le PNMBA considère que les pressions ont été suffisamment maîtrisées pour permettre la réalisation de cette action. Le projet est associé à une évaluation d'éventuelles pressions non-identifiées.
	Suivi		Le projet fait l'objet de suivis réguliers sur les évolutions morphologiques des estrans, l'hydrodynamisme, et la couverture des herbiers.

Le PNMBA a élaboré une stratégie de restauration des herbiers de zostères naines basée sur cinq piliers : la réduction des pressions anthropiques via des mesures de gestion et d'accompagnement, une acquisition de connaissance du phénomène de régression, une série d'expérimentation visant à développer des outils de restauration, la sensibilisation du public et la mise en place de collaborations internationales.

L'action seule de semis présentée dans cette fiche contribue partiellement à la définition de la restauration écologique. On peut souligner que cette expérimentation n'est possible que si et seulement si les conditions hydrologiques (facteur limitant dans le cas des zostères) sont favorables.

Programme RenforC : renforcement des puits de carbone en milieu marin

Période de mise en œuvre du projet 2021 – 2023

05.

FICHE RETOUR D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les herbiers de phanérogames marines

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Posidonie
Posidonia oceanica

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie de restauration reconstructive

COÛTS

Le coût des opérations menées dans cette action de restauration des herbiers de posidonie est estimé à environ **200 € le m²**

CONTACT

Université de Corse Pasquale Paoli
/ Gérard PERGENT
pergent_g@univ-corse.fr
/ Christine PERGENT MARTINI
pmartini@univ-corse.fr

LOCALISATION

ZSC FR9402015 « Bouches de Bonifacio, Îles des Moines », sur la commune de Bonifacio en Corse



Historique et contexte de la démarche

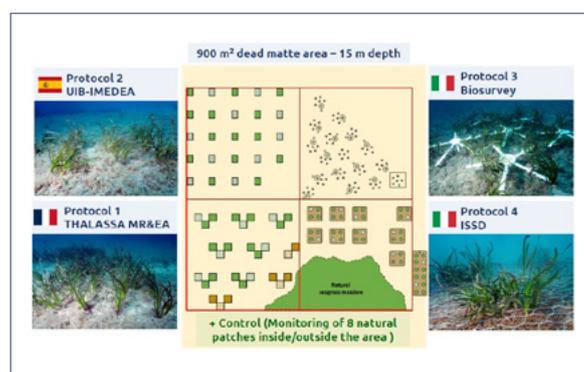
Les herbiers de posidonie qui couvrent plus de 2 millions d'hectares en Méditerranée, stockent 8 fois plus de carbone que les sols forestiers au sein de la structure bio-construite de leur mat, qui peut atteindre jusqu'à 8 m d'épaisseur. D'importantes quantités de carbone : 2 500 à 3 000 t équivalent CO₂ par hectare sur plusieurs milliers d'années y sont séquestrées. En comparaison, les forêts stockent 150 à 400 t équivalent CO₂ par hectares.

Dans le cadre de l'appel à projet de la Fondation Setec sur la lutte contre le dérèglement climatique, le projet RenforC du GIS Posidonie a été retenu afin d'initier un projet pilote de restauration écologique de ces herbiers. Suite à cette distinction, l'Office de l'Environnement de la Corse et l'Office Français de la Biodiversité se sont associés à cette initiative. Plusieurs équipes scientifiques ont également été identifiées, au regard de leurs compétences dans le domaine de la restauration des herbiers pour participer à ce projet : THALASSA Marine Research & Environmental Awareness (France), Biosurvey (Italie), Université des îles Baléares – IMEDEA (Espagne), International School for Scientific Diving (ISSD) « Anna Projecti Zolla » (Italie).

Le programme RenforC consiste à élaborer et valider une stratégie pour le renforcement des puits de carbone en milieu marin à travers la mise en place d'un pilote expérimental pour l'herbier de posidonie de la baie Sant'Amanza. L'objectif est de tester sur un site atelier unique, différentes stratégies (conservation, recolonisation naturelle) et méthodes de restauration (techniques de fixation, bouturages) des herbiers dégradés, et d'évaluer leur coût au niveau écologique et financier, pour tenter de reconstituer le plus rapidement possible les services écosystémiques apportés par ces derniers.

Nature des opérations

Quatre techniques de transplantation sont testées sur un site unique de la baie de Sant'Amanza. Il est composé de mattes mortes suite à la dégradation de l'herbier par l'ancrage de grandes unités de plaisance.



Transplanting area

Au total, plus de 12 000 Posidonies sont prélevées en plongées sous-marine, dans un site proche, à une profondeur équivalente, en respectant un espacement minimum de 2 m entre les plantes pour ne pas endommager l'herbier en place. Ces boutures sont conservées dans de l'eau de mer et fixées sur différents supports avant d'être plantées sur le site expérimental à 15 m de profondeur.

1. Protocole du pilote de transplantation THALASSA Marine Research & Environmental Awareness (France) : Les boutures plagiotropes de 3 à 5 faisceaux foliaires sont fixées sur des tuteurs en acier galvanisé puis fixées au substrat en plongée, sur une zone d'environ 225 m² en 7 îlots de 3 m² avec une densité élevée équivalente à l'herbier adjacent non impacté (200 plantes par m²) soit plus de 4 400 plantes.

2. Protocole de l'Université des Îles Baléares – IMEDEA (Espagne) : Les boutures sont fixées par des tuteurs en fer en forme de « U » puis fixées au substrat en plongée, sur une zone d'environ 225 m², en 24 îlots de 1 m² avec une densité plus faible que celle de l'herbier adjacent non-impacté.

3. Protocole de transplantation de Biosurvey (Italie) : Les boutures sont fixées sur des modules à 5 branches de 75 cm de diamètre sur une zone de 225 m². Ces modules sont composés de bioplastiques issus d'amidons et d'huile végétale. Leur biodégradabilité est de 5 ans.

4. Protocole de transplantation de International School for Scientific Diving (ISSD) (Italie) : Les boutures sont positionnées sur un tapis en fibre de coco préalablement fixé sur le substrat.

L'état de référence du site de transplantation et du site naturel a été effectué respectivement en juin et septembre 2021. Un suivi annuel suite aux transplantations s'est déroulé en 2022 et 2023.

Bilan du porteur de projet

Le tableau ci-dessous synthétise les principaux résultats obtenus.

	Protocole 1 Thalassa mr&ea	Protocole 2 UIB - IMEDEA	Protocole 3 Biosurvey - UNIPA	Protocole 4 ISSD - UNISS
Taux de survie des boutures	85 %	99 %	96 %	80 %
Taux de survie des faisceaux	83 %	85 %	71 %	96 %
Recouvrement	-42 %	-69 %	-67 %	-40 %
Longueur des feuilles	+4 %	-4 %	0 %	-19 %

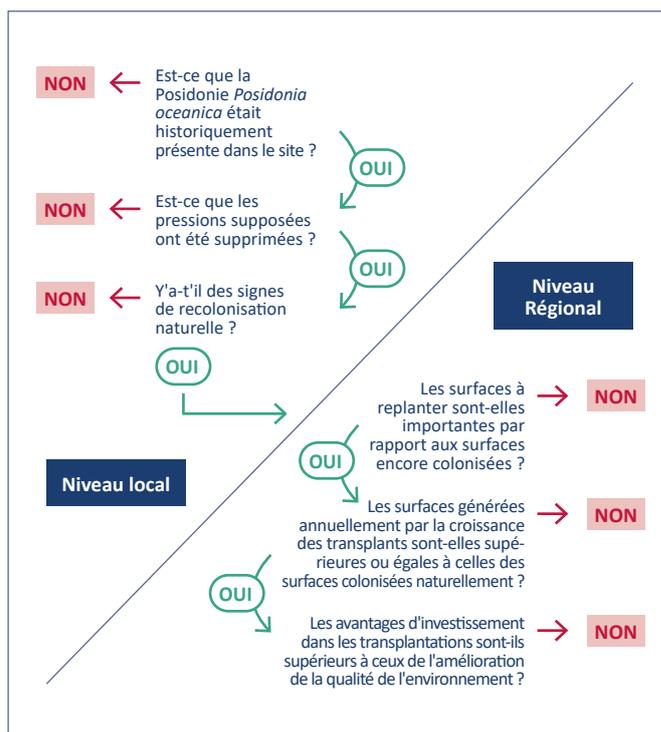
Où les descripteurs retenus étaient :

- **Le taux de survie des boutures**, correspond au nombre de boutures vivantes à un instant T_n, (avec n représentant le temps écoulé depuis la transplantation initiale), par rapport au nombre de boutures vivantes, mesurées lors de l'état initial (T₀) ;

- **La densité**, représente le nombre de faisceaux par unité de surface (généralement par mètre carré ; Pergent et al., 2008). Cette valeur est obtenue en dénombrant le nombre total de faisceaux sur la surface occupée par les transplants et en ramenant cette valeur si nécessaire au mètre carré (Monnier et al., 2021^e) de façon à faciliter les comparaisons ;
- **Le recouvrement des transplants** correspond à la surface couverte par les boutures par rapport à la surface totale du substrat sur lequel ils ont été plantés ; ce descripteur est calculé à partir de photographies verticales des différents transplants ;
- **La hauteur maximale de la canopée**, correspond à la longueur des plus grandes feuilles des faisceaux foliaires, mesurée à la même période de l'année à savoir en Mai (paramètre à la saisonnalité marquée). Ce descripteur permet de vérifier si le cycle végétatif des transplants est influencé par le protocole.

Ces techniques de restauration reconstructives sont à dire des experts scientifiques en charge du projet, plus onéreuses que les techniques de restauration naturelle (retrait des pressions). Ces techniques peuvent satisfaire des besoins ponctuels et locaux mais ne peuvent pas s'appliquer pour l'instant à grandes échelles. Un suivi supplémentaire de 3 ans a été initié en 2024 pour mieux appréhender les résultats de cette comparaison de techniques et des lignes directrices ont été établies en partenariat avec la communauté scientifique méditerranéenne et l'OFB, pour aider à la restauration des herbiers de posidonies. Ces dernières sont téléchargeables, sur le site du MPN (<https://medposidonianetwork.com/news/>).

Afin de garantir les chances de succès, les équipes en charge d'opérer ont suivi les recommandations émises par Boudouresque et al. 2021 en suivant l'arbre décisionnel suivant :



Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Au cours des dernières décennies, dans la baie de Sant'Amanza, l'ancrage des unités de grande plaisance notamment a causé la perte de 8 ha d'herbier, représentant une diminution de sa surface de 16 %.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		La composante biotique représentative de l'écosystème est ciblée sur ce projet, mais les composantes abiotiques ne sont pas citées. Le projet se focalise notamment sur la fonction spécifique de la séquestration de carbone.
	Objectif de récupération		L'objectif de ce projet est de tester différents protocoles expérimentaux de transplantation de posidonie en vue d'augmenter la surface des herbiers.
	Intégrité sur le long terme		Ce projet pilote vise à démontrer l'efficacité de différentes méthodologies de transplantation, mais ne suffit pas à lui seul à restaurer cet habitat dans la baie de Sant'Amanza.
	État initial		Un état initial a bien été réalisé entre 2019 et 2020 mais il ne concerne qu'une partie de l'ensemble des composantes de l'écosystème.
	État de référence		La référence visée ici est l'état de l'herbier de Sant'Amanza exempt de toutes pressions, mais aucune référence historique n'est ciblée.
	Pressions identifiées		La principale pression pesant sur cet écosystème est l'ancrage des unités de petite et grande plaisance au sein de l'herbier.
	Processus intentionnel		Initiative du GIS Posidonie en réponse à un appel à projet.
	Choix de stratégie d'intervention		Du fait des anciennes dégradations subies par l'herbier de Posidonie et des nouvelles mesures de protection il a été convenu d'expérimenter des actions de transplantation.
	Réduction / suppression des pressions		La principale pression provenant de l'ancrage de navires sur l'herbier est maîtrisée suite à la sortie d'arrêt préfectoral et la mise en place de zone de mouillages et d'équipements légers (ZMEL) interdisant tout ancrage.
Suivi		Un suivi a été réalisé dans le cadre du projet afin de démontrer l'efficacité des différentes méthodes à tester.	

Bien qu'*in fine* ce projet puisse contribuer à une stratégie de restauration reconstructive de l'herbier de posidonie impacté par l'ancrage des unités de petites et grande plaisance, il répond partiellement à la définition de la restauration.

Cette action expérimentale vise à rétablir la fonction de séquestration du carbone et s'apparente de ce fait à de la réhabilitation¹. Elle diffère de la restauration qui vise une récupération de l'écosystème dans son ensemble.

Les herbiers de posidonie sont des habitats prioritaires à l'échelle de la Directive Habitat Faune Flore et possèdent un taux de croissance lent (en moyenne entre 100 et 1 000 cm par siècle), ce qui rend difficile son rétablissement en cas d'impact (Boudouresque et al., 2012).

¹ La réhabilitation est un processus visant à rétablir certaines fonctions spécifiques d'un écosystème dégradé (Le Floch & Aronson, 1995 ; Gann et al. 2019), à rétablir certains processus, la productivité et certains services de l'écosystème (SER 2004). L'objectif de la réhabilitation est donc purement fonctionnel : le milieu doit être « apte » à réaliser une fonction qu'il n'est plus en capacité de faire.



LES FORÊTS DE MACROALGUES

Algues himanthales (*Himantalia elongata*) dans la chaussée de Sein
© Yannis Turpin / Office français de la biodiversité

Restauration de ceintures de cystoseires (*Ericaria mediterranea* et *Gongolaria barbata*) par transplantation

Période de mise en œuvre du projet 2019 – 2021

06.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les forêts de macroalgues

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Gongolaria barbata
Ericaria mediterranea

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie
de restauration reconstructive

COÛTS

Le coût global de l'action
est estimé à **32 218 € HT**

CONTACT

Aire Marine Protégée Côte Agathoise
Direction du milieu marin, Ville d'Agde
/ MéliSSA TROUGAN
melissa.trougan@ville-agde.fr
04.67.94.67.90

LOCALISATION

Au sein de l'Aire marine protégée de la côte agathoise,
ZSC FR9101414 : « Posidonies du Cap d'Agde »,
au droit de la commune d'Agde dans l'Hérault



Historique et contexte de la démarche

Les cystoseires sont des algues brunes, appelées « espèces ingénieurs » car elles structurent leur habitat au bénéfice du développement d'une multitude d'autres organismes. En raison de leur morphologie arborescente, les cystoseires forment un habitat que l'on nomme « forêt à cystoseires ». Les forêts à cystoseires jouent un rôle important pour l'écosystème marin : leur structure offre aux juvéniles de poissons la possibilité d'échapper aux prédateurs ainsi que la possibilité de se développer (on parle alors de zone de « nurserie »). L'Aire Marine Protégée (AMP) de la côte agathoise est une zone Natura 2000 englobant 6 152 hectares de territoire exclusivement marin et gérée par la direction du milieu marin de la ville d'Agde. Historiquement, plusieurs espèces de cystoseires ont été recensées au sein de l'AMP : *E. mediterranea*, *G. barbata*, *C. compressa* et *E. crinita*. Cependant, sur ces quatre espèces, deux (*E. mediterranea* et *G. barbata*) ont complètement disparu du secteur à partir des années 2000. Les causes principales soupçonnées de ces disparitions sont liées à la destruction de l'habitat, la dégradation de la qualité de l'eau, de l'eutrophisation et du surpâturage par les herbivores. De plus, la station d'épuration de la ville d'Agde, située à proximité de la côte, n'était pas habilitée à recevoir l'affluence estivale du public de la station balnéaire, et une grande partie d'eau non traitée était rejetée en mer. En 2013, une nouvelle station d'épuration a été mise en place et parallèlement la qualité de l'eau a semblé s'améliorer. Ces conditions favorables ont entraîné le redéveloppement naturel de certaines cystoseires (*E. crinita* et *C. compressa*). Dans ce contexte plutôt favorable, les gestionnaires de l'AMP de la côte agathoise ont décidé de lancer ce projet de restauration des ceintures de cystoseires des espèces *Gongolaria barbata* et *Ericaria mediterranea*, dont les techniques de transplantation ont été expérimentées et validées auparavant par des spécialistes de l'Institut Méditerranéen d'Océanologie / GIS Posidonie dans d'autres secteurs de Méditerranée.



Installation de bouquets d'*Ericaria mediterranea* autour de l'île de Brescou
© MéliSSa Trougan / AMP agathoise

Nature des opérations

L'opération est constituée de plusieurs grandes étapes :

1. Le choix du site de transplantation : Pour les deux espèces, les secteurs de transplantation ont été choisis en prenant en considération l'exposition à l'hydrodynamisme, la bathymétrie et l'historique de présence de ces espèces sur Agde. Ainsi, il a été choisi de réintégrer *G. barbata* au niveau de Brescou et de la Roquille, et *E. mediterranea* au niveau de Brescou, du Sentier sous-marin et de la Grande-Conque. Pour *E. mediterranea*, des roches ont été précisément identifiées en fonction de leur exposition, de leur pente et des caractéristiques d'immersion (bathymétrie). Il a ainsi été identifié 3 roches au niveau de la Grande Conque, 2 roches au niveau du Sentier sous-marin et 5 roches autour de Brescou. *E. mediterranea* a aussi été implantée sous le ponton flottant éco-conçu de Brescou, sur des plaques de béton poreux.

Un état initial cartographique de la présence de Cystoseires a été effectué en amont de la réimplantation de Cystoseires par prospection des zones rocheuses du médiolittoral et de l'infralittoral supérieur. Des photos aériennes ont été aussi réalisées à l'aide d'un drone afin d'avoir une vue aérienne précise des petits fonds côtiers.

2. Transplantation d'*Ericaria mediterranea* – Juillet 2019 : Le procédé appliqué est celui nommé Cystore™, qui consiste à prélever au printemps-été, des rameaux fertiles de *Ericaria mediterranea* afin de confectionner un « bouquet » qui est

ensuite fixé sur la roche par l'intermédiaire d'un anneau. Ce « bouquet » va émettre des zygotes (c'est-à-dire les « oeufs » de cystoseires) autour du point de fixation pendant 2-3 semaines. Ces bouquets vont émettre des fractions de ces zygotes et donnera de jeunes Cystoseires dénommées « recrues », amenées à devenir fertiles et à initier une recolonisation progressive de proche en proche. Cette méthode a déjà été testée sur une autre espèce en Espagne, *Gongolaria barbata* (Stackhouse) C. Agardh par M. Sales (in Gianni et al., 2013), et *Ericaria amantacea* dans le parc national des Calanques à Marseille (Javel et al., 2015). Le prélèvement des rameaux s'est effectué à proximité afin de limiter les effets de mal adaptation et sur des ceintures espacées de 2 m afin d'éviter la consanguinité.

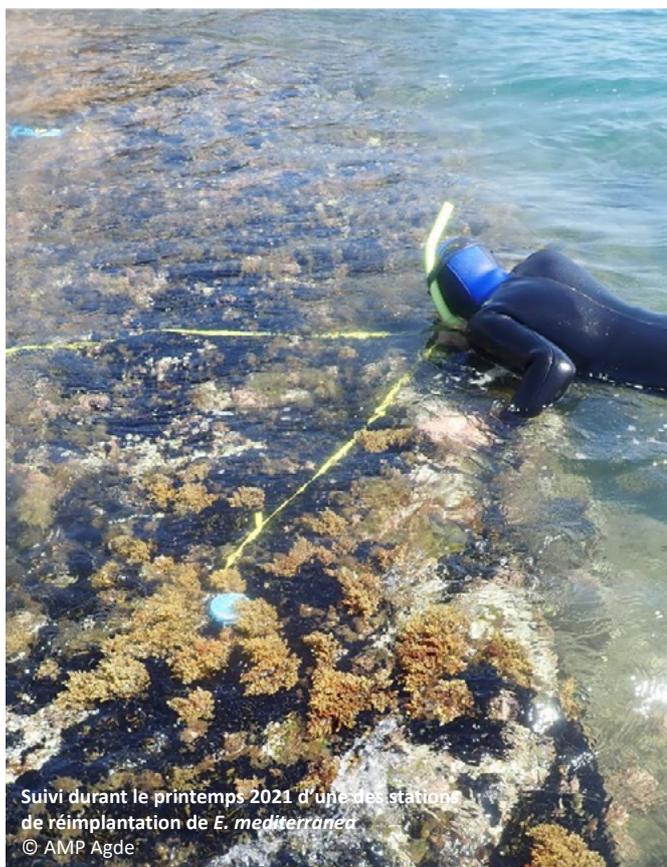
3. Transplantation de *Gongolaria barbata* – Avril 2019 : La collecte de *Gongolaria barbata* a eu lieu dans l'étang de Thau au niveau de Balaruc les Bains. Le process est identique à celui utilisé pour *E. mediterranea*.

4. Suivi de la colonisation : L'évaluation de la réussite du projet s'est basée sur les suivis ci-dessous :

- Suivi visuel de la tenue des transplants de l'année N et N+1 au printemps et en été : observations en visuel avec report sur SIG
- Suivi visuel en PMT des recrues et/ou jeunes pieds de cystoseires chaque année à la fin du printemps, avec une estimation cartographique de la dispersion de colonisation des cystoseires.



Recrue *Ericaria mediterranea* en novembre 2019
© AMP Agde



Suivi durant le printemps 2021 d'une des stations de réimplantation de *E. mediterranea*.
© AMP Agde

Bilan du porteur de projet

En avril 2019, peu de temps après la mise en place des pieds de *G. barbata*, un coup de mer a rejeté la quasi-totalité des individus à la côte. Suite aux suivis réalisés en octobre 2019 et en juin 2020, il s'avère que la transplantation n'a pas fonctionné, sensiblement à cause de ce coup de mer.

Les transplants de *E. mediterranea* ont, quant à eux, montré des résultats positifs, avec la présence de recrues dès l'automne 2019, et en juillet 2020 dans la quasi-totalité des stations naturelles. Pour le moment, ces jeunes thalles sont disposés à proximité immédiate de la zone de transplantation, à cause de la faible capacité de propagation des zygotes de cette espèce. **À partir de 2020, le suivi annuel en PMT a permis de mettre en évidence une colonisation effective de proche en proche**

sur la majorité des sites d'implantation.

Au niveau du ponton de Brescou, les transplants positionnés sur les plaques de béton alvéolées n'ont pas fonctionné. La profondeur trop importante des plaques et le manque de luminosité en période hivernale, lors de l'hivernage du ponton dans l'avant-port du Cap d'Agde, sont des facteurs ayant pu grandement influencer l'efficacité de cette opération. **Ainsi, en 2021 une nouvelle opération de transplantation a été réalisée, mais avec l'espèce *G. barbata*. Cette nouvelle opération ne s'est cependant pas relevée fructueuse.**

Cette étude, a aussi permis d'observer la population de *E. crinita*. En effet, cette espèce est endémique de Méditerranée, elle caractérise une association qui se développe, en mode calme, dans la zone infralittorale supérieure. Elle structure l'habitat des petits fonds rocheux, abrite une diversité spécifique élevée et joue un rôle de nurserie pour les téléostéens. C'est une espèce clé qui a un rôle fonctionnel central dans les réseaux trophiques et dans l'habitat roche infralittorale photophile. Ainsi, il serait intéressant de réaliser une cartographie fine des communautés macroalgales de l'aire marine protégée de la côte agathoise.

À partir de 2020, le suivi annuel en PMT a permis de mettre en évidence une colonisation effective de proche en proche sur la majorité des sites d'implantation.

Au niveau du ponton de Brescou, les transplants positionnés sur les plaques de béton alvéolées n'ont pas fonctionné. La profondeur trop importante des plaques et le manque de luminosité en période hivernale, lors de l'hivernage du ponton dans l'avant-port du Cap d'Agde, sont des facteurs ayant pu grandement influencer l'efficacité de cette opération. **Ainsi, en 2021 une nouvelle opération de transplantation a été réalisée, mais avec l'espèce *G. barbata*. Cette nouvelle opération ne s'est cependant pas relevée fructueuse.**

Cette étude, a aussi permis d'observer la population de *E. crinita*. En effet, cette espèce est endémique de Méditerranée, elle caractérise une association qui se développe, en mode calme, dans la zone infralittorale supérieure. Elle structure l'habitat des petits fonds rocheux, abrite une diversité spécifique élevée et joue un rôle de nurserie pour les téléostéens. C'est une espèce clé qui a un rôle fonctionnel central dans les réseaux trophiques et dans l'habitat roche infralittorale photophile. Ainsi, il serait intéressant de réaliser une cartographie fine des communautés macroalgales de l'aire marine protégée de la côte agathoise.

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Les forêts de cystoseires sont en déclin suite à une dégradation de la qualité de l'eau.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Toutes les composantes de l'écosystème ne sont pas ciblées dans cette action. Seule une partie de la composante biotique est visée, notamment deux espèces de cystoseires.
	Objectif de récupération		L'objectif premier de cette action est de valider l'efficacité du protocole Cystore TM et sa répliquabilité sur le site de l'AMP en vue de la récupération globale de l'écosystème.
	Intégrité sur le long terme		Ce projet expérimental vise à démontrer l'efficacité de différentes méthodologies de transplantation, mais ne suffit pas à lui seul à restaurer les ceintures de cystoseires.
	État initial		Le site fait l'objet de suivis réguliers depuis 1982. Un dernier état initial a été réalisé en 2019, avant l'opération de transplantation.
	État de référence		Ce projet pilote vise à tester la répliquabilité d'une méthodologie de transplantation, et ne justifie pas la notion de référence ciblée.
	Pressions identifiées		Différentes pressions sont identifiées comme cause du déclin des ceintures de cystoseires : artificialisation des côtes, mauvaise qualité de l'eau due à une station d'épuration obsolète et le surpâturage par les herbivores.
	Processus intentionnel		Initiative de l'AMP.
	Choix de stratégie d'intervention		Suite à une rénovation de la station d'épuration en 2013, la qualité de l'eau a semblé s'améliorer entraînant un retour de certaines cystoseires. Les pressions maîtrisées, il a été fait le choix de recourir à la méthode de transplantation pour cibler les espèces éteintes.
	Réduction / suppression des pressions		La principale pression provenant de la qualité de l'eau, celle-ci semble avoir été maîtrisée par la création d'une nouvelle station d'épuration en 2013.
Suivi		Un suivi a été réalisé dans le cadre du projet mais ne cible pas l'ensemble des composantes de l'écosystème.	

Cette action expérimentale peut contribuer in fine à une stratégie de restauration reconstructive de deux espèces de cystoseires : *Gongolaria barbata* et *Ericaria mediterranea* et répond partiellement à la définition de la restauration écologique.

Néanmoins, elle s'inscrit dans un continuum d'actions dont l'enjeu global de restauration écologique est décrit dans le dernier plan de gestion de l'AMP. L'objectif à terme étant la restauration des ceintures de cystoseires présentes historiquement au niveau des étages médio et infralittoral supérieur de l'AMP et ainsi la récupération des fonctionnalités écologiques de cet habitat, notamment en termes de nurserie et de zone refuge.

Restauration expérimentale des forêts de laminaires en Loire-Atlantique

Période de mise en œuvre du projet 2023 – 2026

07.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les forêts de macroalgues

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Laminaria hyperborea

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie de restauration assistée

COÛTS

Le montant global des dépenses liées au projet s'élève à **156 900 € TTC** sur 3 ans (Année 1 : 82 600 € TTC, année 2 : 39 900 € TTC et année 3 : 34 400 € TTC)

CONTACT

Association Estuaires Loire & Vilaine
Président de l'association
/ Jean-Claude MENARD
jc.menard@club-internet.fr

LOCALISATION

ZSC FR5202011 « Estuaire de la Loire nord »
dans la commune de la Baule en Loire-Atlantique



Historique et contexte de la démarche

Les champs de macro-algues laminaires 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.

Protégées par la convention OSPAR depuis 2021, l'association « Estuaires Loire & Vilaine » (ELV) constate une disparition des *Laminaria hyperborea* sur différents sites en France. Parmi ces sites on peut citer notamment la baie du Pouliguen, site suivi par l'association depuis 1995 (étude de la cartographie surfacique).

Ces disparitions seraient 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 telles que les crues des fleuves, mais la Loire subit des étiages sévères (niveau moyen le plus bas d'un cours d'eau) depuis une dizaine d'années et pas de crues majeures n'ont été signalées. Elles sont souvent anthropiques : dragages des 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 est en continu de l'estuaire de la Loire de Donges à St Nazaire par des dragues stationnaires et rejets 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.

Les inventaires de 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 du Pouliguen avec une stabilisation de la situation.

ELV a répondu à un appel à projet de l'agence de l'eau Loire Bretagne et a été retenue pour la restauration d'habitats laminaires. L'objectif de ce projet expérimental est de contribuer à la restauration de 600m² de zones dégradées par une ré-introduction de laminaires tout en agissant sur les causes potentielles (dragages portuaires). Le site des îlots des Évans apparaît comme propice aux expérimentations et cela pour plusieurs raisons : la faible turbidité des eaux due à une courantologie favorable ainsi qu'une population déjà présente de laminaires.



Forte présence de moules et d'étoiles de mer lors de la définition de l'état initial
© Armel Ruy – 1Ocean



Mise en place des cordes en coco
© Armel Ruy – 1Ocean

Nature des opérations

• Mars 2023 : Proposition d'actions sur les pressions

Une des causes de la disparition des laminaires est la turbidité de l'eau entraînant une diminution de la photosynthèse. Celle-ci entraîne une perturbation du recrutement et de la pousse des laminaires *Laminaria hyperbora*. Cette pression a été identifiée par l'association comme provenant principalement de vases fines (argile) apportées par les dragages des ports : Le Pouliguen/la Baule tous les deux ou trois ans, Pornichet tous les 6 ans et le dragage ponctuel du Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire dans le chenal estuarien toute l'année. Cela représente entre 40 à 60 000 tonnes de sédiments. Ainsi l'une des premières actions du projet fut d'aller à la rencontre des acteurs portuaires et des services de l'Etat afin de proposer des préconisations pour réduire l'impact des dragages sur les forêts de laminaires, notamment en adaptant les calendriers des travaux au cycle des laminaires.

• Novembre 2023 : Collecte de laminaires

Une vingtaine de sujets matures sexuellement et âgés de 4-5ans (longueur d'1m) ont été collectés sur plusieurs sites autour des îlots des Évén. Une partie a ensuite été placée dans les bassins de la station marine de Roscoff, l'autre dans des bassins sur Pénestin. L'objectif est de comparer la reproduction en milieu contrôlé (Roscoff) et en milieu non-contrôlé (Pénestin).

• Hiver 2023/2024 : Reproduction des laminaires

Différents supports (protocole C. Weed, Saint Malo) seront utilisés à la station marine de Roscoff mais aussi dans un bassin de mytiliculture à Pénestin. Le site des îlots des Évén est très varié dans sa composition. Il est composé de blocs, de rochers, de petits galets, de gros galets, de petits blocs

et de zones sableuses. Par conséquent différents supports ont été sélectionnés sur lesquels se fixeront les plantules pour s'adapter aux différents types d'habitats présents. Les supports sont des cordes de coco 4 brins (pour entourer les blocs) ou posés au fond, environ 200 m. Des gros cailloux 100/200 mm, disposés au fond des bassins, des plaques de roches plates de 30X40, 40X50 cm.

• Été 2024 : Implantation des laminaires

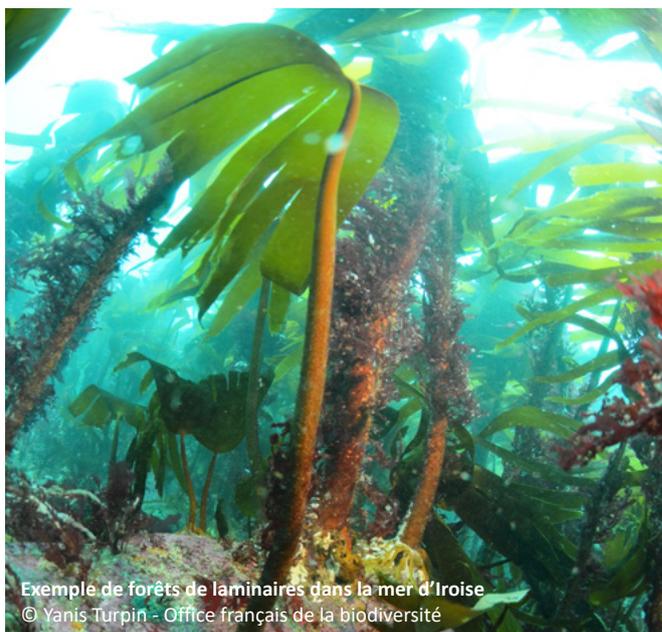
Différents acteurs (ELV, clubs de plongée) ont implanté les jeunes individus par plongée. Un état initial a été réalisé sur une surface de 600 m² : inventaire faunistique et floristique, topographie du site.

• À partir de l'été 2024 : Suivi

Un suivi de l'évolution des laminaires (croissance, déplacement ou non des supports, recrutement) sera réalisé durant trois années.

Perspectives du porteur de projet

Ce programme de travail expérimental devrait permettre de valider une méthodologie efficace pour contribuer à la restauration de surfaces plus importantes de laminaires, comme le proposait le projet « Seaforce » soumis à des financements européens mais non retenu (Thibaut de Bettignies, PatriNat) : restauration de 6 ha de forêts de laminaires 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 en atténuant les pressions anthropiques et en s'inspirant des Solutions fondées sur la Nature (Services écologiques des écosystèmes marins IUCN France, 2014).



Exemple de forêts de laminaires dans la mer d'Iroise
© Yanis Turpin - Office français de la biodiversité

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		ELV a démontré une disparition de 90% des laminaires sur 20 ans.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Toutes les composantes de l'écosystème ne sont pas ciblées dans cette action. Seule une partie de la composante biotique et abiotique est visée.
	Objectif de récupération		L'objectif de cette action est de tester une méthodologie de transplantation de laminaires en vue d'une augmentation de leur surface de colonisation.
	Intégrité sur le long terme		Ce projet expérimental vise à démontrer l'efficacité d'une méthodologie de transplantation, mais ne garantit pas à lui seul la restauration de l'ensemble de l'écosystème.
	État initial		Le site fait l'objet de suivis réguliers depuis les années 1990 par l'ELV ainsi que dans le cadre du suivi DCE des masses d'eau. Les conditions variables de cet écosystème mettent également en évidence la difficulté de réaliser un état initial complet.
	État de référence		Ce projet pilote vise à tester l'efficacité d'une méthodologie de transplantation. Les conditions variables de cet écosystème mettent également en évidence la difficulté de fixer un état de référence fiable.
	Pressions identifiées		Les pressions n'ont pas encore été bien identifiées. Les épisodes d'invasion de moules et d'ophiures sont fréquentes et montrent le réel déséquilibre du milieu venant d'origines naturelles et anthropiques (pêche professionnelle et de loisir). La principale pression identifiée par l'association est une augmentation de la turbidité provenant du dragage du port de le Pouliguen/la Baule. Cela entraîne une insuffisance du nombre d'individus nécessaires pour assurer une bonne reproduction.
	Processus intentionnel		Suite au déclin des forêts de laminaires, l'association a initié le projet.
	Choix de stratégie d'intervention		Le nombre d'individus au m ² étant insuffisant, il a été décidé de tester une méthode de transplantation.
	Réduction / suppression des pressions		Avant d'initier les opérations de transplantations, des échanges ont eu lieu entre l'ELV, les acteurs portuaires et les services de l'Etat. A ce jour, les pressions ne sont pas maîtrisées.
	Suivi		Un suivi est prévu sur 3 ans et cible l'évolution des laminaires (croissance, déplacement ou non des supports, recrutement) ainsi que la qualité physico-chimique de l'eau afin de comprendre les pressions s'exerçant sur le milieu.

Cette action expérimentale peut contribuer à une stratégie de restauration assistée de l'espèce *Laminaria hyperborea* sur les îlots des Evens mais ne répond pas à la définition de la restauration écologique. Ce travail est un projet expérimental visant à tester une méthodologie de transplantation afin d'augmenter la surface de colonisation des laminaires en vue de sa répliquabilité sur d'autres sites. Bien que des échanges aient eu lieu avec les acteurs portuaires et les services de l'Etat, les pressions ayant entraîné le déclin des laminaires ne sont pas entièrement connues et maîtrisées.

An underwater photograph showing a massive, dense aggregation of mussels covering a rocky surface. The mussels are dark with light-colored edges. In the lower-left foreground, a crab with a mottled brown and yellow shell is visible, partially obscured by the mussels. The water is clear and blue, with light filtering from the top right.

LES AGRÉGATIONS DE BIVALVES

Moules communes (*Mytilus edulis*) et étrille commune (*Necora puber*)
© Emmanuel Donfut / Office français de la biodiversité

Projet Forever (Flat Oyster Recovery) : restauration écologique de l'huître plate en Bretagne

Période de mise en œuvre du projet 2018 – 2020



08.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les agrégations de bivalves

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Huître plate *Ostrea edulis*

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie
de restauration reconstructive

COÛTS

Le coût global de l'action est estimé
à **1 388 363 €** HT et a bénéficié d'un
financement FEAMPA (Fonds européen
pour les affaires maritimes, la pêche
et l'aquaculture)

CONTACT

Ifremer / Stéphane POUVREAU
stephane.pouvreau@ifremer.fr

LOCALISATION

ZSC FR5300046 « Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne »,
sur la commune de Logonna-Daoulas dans le Finistère
et ZSC FR5300027 « Massif dunaire Gâvres-Quiberon
et zones humides associées » dans le Morbihan



Historique et contexte de la démarche

Le projet s'est divisé en trois phases :

- 1. Inventorier, cartographier et étudier la dynamique des bancs d'huîtres** en Bretagne.
Ce travail s'est traduit par un inventaire des populations résiduelles disponible en téléchargement (Pouvreau et *al.*, 2021).
- 2. Analyser**, d'un point de vue écologique, les éléments essentiels impliqués dans la dynamique d'un banc sauvage d'huîtres plates et leurs parts respectives dans le rétablissement d'une population (recrutement, abondance larvaire, dispersion larvaire, prédation, effets des paramètres abiotiques (température, salinité...)).
- 3. Entreprendre des tests pilotes** de restauration écologique (reconstructive) d'*Ostrea edulis* au travers de 3 types de méthodes :
 - **Enrichissement coquillier** : Ce premier type d'action consiste à déposer en quantité importante et régulière sur le fond des coquilles de mollusques généralement de la même famille (*Ostréidées*, i.e. huîtres creuses ou huître plates ...) ou de familles proches (*Pectinidés*, *Mytilidées*). Ces coquilles servent de substrat dur essentiel aux naissains pour se fixer et présentent l'avantage d'offrir une attractivité chimique pour les larves (liée aux composés calcaires). Mais comme cela a été démontré dans FOREVER, cette technique ne peut s'appliquer que sur des fonds calmes et dans des secteurs avec peu de prédateurs ;
 - **Semis de naissain** : Ce deuxième type de restauration est pertinent quand l'abondance de larves naturelles ne suffit plus. La forte baisse d'abondance larvaire enregistrée en baie de Quiberon dans les années 2010 a conduit le syndicat ostréicole SOBAIE à solliciter l'ensemble des entreprises pratiquant encore l'activité de captage de l'huître plate en baie de Quiberon à semer 1 % de leur récolte annuelle en naissains sur le banc du milieu, un banc sous concession collective au centre de la baie de Quiberon (concession attribuée au CRC de Bretagne Sud). Les naissains semés proviennent du secteur : ils sont collectés en été à l'aide de collecteurs chaulés puis relevés au printemps suivant afin de récupérer les naissains. Répété chaque année, ce type d'action qui a été suivi dans FOREVER peut apporter certains résultats, mais nécessite une lutte contre la prédation très active.
 - **Création et déploiement de supports mobilisant des techniques innovantes en matière d'écoconception (utilisation de coproduits coquilliers) pour soutenir la recolonisation (Kick starter en anglais)**. Ce troisième type de technique, la plus prometteuse, a été initié dans le projet FOREVER. L'écoconception du support a consisté à recycler des coquilles d'huîtres creuses en granulats, qui une fois mélangées à un ciment permet la construction de structures spécifiques.

Dans le cadre de ce projet, 9 récifs ont été immergés. Ils sont constitués entre 40 et 60 % de débris coquilliers, le reste étant du ciment. Les larves viennent ensuite coloniser le récif. Pour cette première en France, le format des récifs a été décidé en concertation avec les professionnels.



Module artificiel mis en place lors du projet FOREVER à T0 – juin 2019
© Ifremer

Bilan du porteur de projet

L'inventaire des populations réalisé dans l'action 1 du projet FOREVER montre qu'il est rare de trouver des populations faisant l'objet de mesures particulières de gestion. Ce manque de gestion à l'échelle régionale (et aussi nationale) est probablement l'une des causes ultimes empêchant le retour significatif de l'espèce. Afin de suivre les facteurs impliqués dans la dynamique d'un banc d'huîtres plates (action 2) et de développer et tester les méthodes de restauration proposées dans l'action 3, des sites expérimentaux scientifiques sous-marins de restauration écologique ont été mis en œuvre, dès 2018, au sein des bancs dans chacun des deux sites ateliers : la rade de Brest et la baie de Quiberon.

Les résultats obtenus au bout de 3 ans démontrent la faisabilité de la restauration au moins à petite échelle. La méthode la plus efficace reste celle mettant en œuvre des supports adaptés sur le fond. Ainsi, deux premières populations assez denses sont désormais visibles en rade de Brest et en baie de Quiberon sur des récifs artificiels. Les densités, le niveau d'agrégation et la biodiversité placent ces populations au niveau 4 de l'échelle d'évaluation de cet habitat, équivalent au niveau « Huitrière », habitat originel de l'huître plate. Ces récifs représentent une toute petite surface au sol : 6 m² en baie de Quiberon et 3 m² en rade de Brest, mais ils abritent maintenant chacun plusieurs centaines d'huîtres plates de taille adulte. Cela permet de démontrer la pertinence de cette méthode. Cependant ce premier projet de restauration de l'espèce en France a aussi montré qu'un travail important restait à mener sur la composition et le design de ces supports.

Mis en œuvre à partir de 2022, le développement d'un matériau, d'un design et d'une méthode fait l'objet du projet REEFORST (REstauration Ecologique des FORMations Récifales d'huîtres

plates & de leurs services EcosySTémiques). D'une durée de 6 ans, ce projet fait l'objet d'une convention entre l'Ifremer et l'OFB. Il propose de finaliser et conforter la méthodologie de restauration (création et déploiement d'éco-nucleus adaptés) et de mettre en œuvre progressivement les toutes premières opérations pilotes de restauration écologique de l'espèce sur différents sites Natura 2000 bien documentés pour l'espèce, pertinents pour le Life Marha et permettant de faire cas d'école à l'avenir pour d'autres secteurs des côtes françaises. L'objectif second de ce projet est d'éprouver des méthodologies qui permettent de mesurer objectivement l'impact potentiel des mesures de restauration dans les sites ciblés. En rade de Brest la restauration des huîtres se fait en interaction avec un autre habitat patrimonial : les bancs de maerl.

Si le projet REEFORST vise à optimiser les méthodologies de restauration, il alimente également deux autres projets de « transfert d'échelle » : les projets REHPAR et CLIMAREST.

- En 2024, le **projet REHPAR** (Restauration de l'Huitre Plate en Rade de Brest) est un projet multipartenarial, financé par l'Agence de l'Eau Loire-Bretagne. Il réunit le Comité Régional de la Conchyliculteur de Bretagne Nord, l'Ifremer et le Parc Naturel Régional d'Armorique. L'objectif est de restaurer une huitrière sur 200 m² à partir de modules éco-conçus sur tige de bois des récifs d'*Ostrea edulis* sur le littoral de Logonna-Daoulas. D'une durée d'un an, il fera l'objet de suivis scientifiques sur le long terme. Les écomodules testés sont mis au point dans le cadre de REEFORST.
- Le **projet CLIMAREST** (EU Mission Horizon) est un projet européen s'étalant de 2023 à 2026 portant sur la restauration de différents habitats marins en Europe, dont l'huître plate en France. Le site principal est en baie de Quiberon et l'objectif est de restaurer sur une échelle de plusieurs centaines de m² l'ancienne huitrière de Penthièvre. Les techniques utilisées sont celles mises au point dans le cadre de REEFORST.



Module artificiel mis en place lors du projet FOREVER à T+15 mois – septembre 2020
© Ifremer

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Les récifs d'huître plates ont quasiment disparu des sites ateliers. Il ne reste que des populations en Bretagne dont l'état est considéré résiduel à fragile.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Toutes les composantes de l'écosystème ne sont pas ciblées dans ce projet. Seule une partie de la composante biotique est visée
	Objectif de récupération		Le projet FOREVER vise à rétablir des populations d' <i>Ostrea edulis</i> en forte densité là où c'est encore possible.
	Intégrité sur le long terme		L'objectif de cette action est de tester diverses méthodes pouvant contribuer à la restauration reconstructive en vue de la déployer à grande échelle. Mais compte tenu de la durée du projet, il n'est pas possible de mesurer une éventuelle intégrité de l'écosystème sur le long terme sans maintien de mesures de restauration.
	État initial		L'un des axes du projet était l'inventaire et le diagnostic des populations résiduelles de Bretagne (cartographie et état écologique des bancs, paramètre physico-chimiques, biocénose associée, la structuration génétique et l'état parasitaire associé).
	État de référence		En l'absence d'un état de référence probant au démarrage du projet, cette notion était mal définie. Depuis, un effort conséquent en écologie historique à l'échelle européenne et dans le cadre de la NORA a permis de mieux définir l'état de référence (pré-industriel).
	Pressions identifiées		Malgré le déclin de l'espèce notamment due à une surexploitation durant plusieurs siècles, les population relictuelles bretonnes sont toujours soumises à des pressions humaines : pêche à la drague, pêche illégale en plongée, pêche à pied et dégradation de l'habitat.
	Processus intentionnel		Face au constat à l'échelle européenne du déclin de l'huître plate, la NORA (Native Oyster Restoration Alliance) sous l'impulsion de la commission OSPAR est créé. L'objectif est de favoriser le retour de l'huître plate. A l'échelle nationale, cette démarche est assurée par le projet FOREVER.
	Choix de stratégie d'intervention		Les freins identifiés par le projet sont l'absence de supports naturels, la présence de prédateurs, la persistance de parasites, la sédimentation accrue et la pêche professionnelle et récréative. Le projet a permis de tester différentes techniques et proposent différentes pistes de stratégie de restauration reconstructive uniquement.
	Réduction / suppression des pressions		Les sites d'expérimentation possèdent des pressions identifiées comme cause du déclin des récifs d'huîtres plates (qualité de l'eau, parasites). Seule une partie des pressions peut être levée dans le contexte actuel. La première pression (la pêche à la drague sur les populations relictuelles) n'est plus effective sur le site de test.
Suivi		Un suivi a été réalisé tout le long du projet, mais ne prenait pas en compte l'ensemble de l'écosystème. Néanmoins, un suivi plus complet se poursuit sur les projets découlant de FOREVER (REEFOREST) et ceci sur plusieurs années.	

Cette action peut contribuer à une stratégie de restauration assistée de l'espèce *Ostrea edulis* et répond partiellement à la définition de la restauration écologique.

Elle a permis de poser les bases de la restauration de cet habitat : état initial, compréhension de l'écosystème dans sa globalité, inventaire des pressions et préconisations pour leur réduction, mais également des tests in situ favorisant le recrutement en vue d'initier une recolonisation de cette espèce.

An underwater photograph showing a diverse maërl bank. The foreground is dominated by a dense carpet of reddish-brown, granular sponges. In the middle ground, several large, light-colored, porous sponges with multiple openings are prominent. To the right, there are clusters of pinkish-purple, brain-like sponges. The background is filled with various other sponge species and some greenish structures, all set against a deep blue, slightly hazy water background.

LES BANCS DE MAËRL

Banc de maërl à *Lithophyllum fasciculatum*
© Alain Pibot/ Office français de la biodiversité

Retrait de déchets ostréicoles sur un banc de Maërl - Anse du Poulmic

Période de mise en œuvre du projet 2020 – 2021

09.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les bancs de maërl

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Lithophyllum fasciculatum

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribution à une stratégie de restauration naturelle

COÛTS

Le coût global de l'action est estimé à **59 335 € HT** :

- Cartographie des habitats (Bio-littoral) : **11 250 € HT**
- Opération de cartographie des déchets (SERENMAR – SHIP AS A SERVICE) : **10 715 € HT**
- Opération de retrait des déchets (recyclage intégral compris - SERENMAR) : **29 370 € HT**
- Suivis réalisés par l'OFB : **8 000 €**

CONTACT

OFB / Alain PIBOT

alain.pibot@ofb.gouv.fr

Parc Naturel Régional d'Armorique / Anna CAPIETTO

anna.capietto@pnr-armorique.fr

LOCALISATION

ZSC FR5300046 « Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne », sur la commune d'Argol dans le Finistère



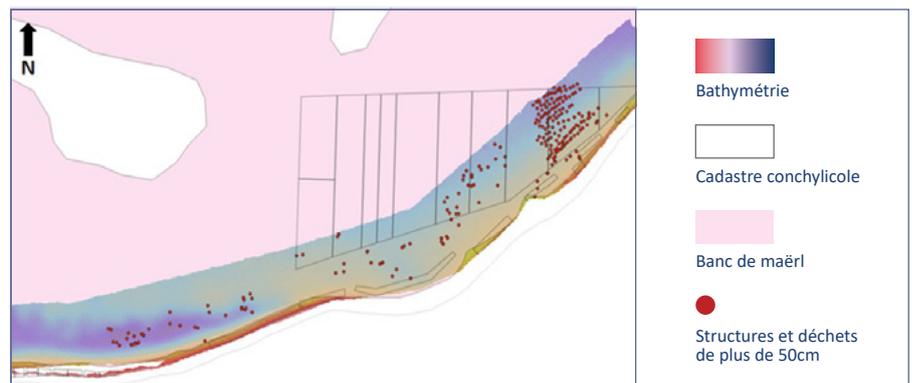
Historique et contexte de la démarche

L'anse du Poulmic en sud rade de Brest abrite l'une des rares stations mondiales connues à ce jour (avec le banc du Roz également en rade de Brest et la baie de Galway en Irlande) de l'habitat « Bancs de maërl à *Lithophyllum fasciculatum* » sur vase. Cette anse est connue de longue date pour sa richesse biologique, utilisée pour le captage de larves d'huitres creuses, d'huitre plates et de pétoncles notamment du fait de son rôle de « zone puit ».

Le suivi diachronique du site depuis 2012 montre très nettement les évolutions suivantes :

- Raréfaction du *Lithophyllum fasciculatum*, omniprésent sur ce banc en 2012, devenu rare sur le site en 2020 ;
- La modification de l'hydrodynamisme local par obstruction à l'écoulement naturel des flux provoque une sur-sédimentation et une accumulation d'algues brunes libres, générant une privation de lumière très impactante sur les espèces de Corallinacées constitutives du maërl ;
- Les corps-morts des bouées et les nombreux matériaux, chaînes, cordes et autres déchets de conchyliculture jonchent le plancher benthique générant ragage et écrasement ;
- Enfin, les dispositifs de captage d'huitres plates et les cages de l'exploitation de pétoncles représentent une obstruction à la lumière dont dépendent les espèces de maërl, sur plusieurs hectares sur ce site limité et particulièrement patrimonial.

Malgré cette veille, des activités conchyloles antérieurement autorisées sur ce site ont généré d'importantes quantités de déchets, causant d'importants dégâts et une nette dégradation de l'état de conservation du site. La carte ci-dessous illustre l'importance des déchets.



Cartographie du banc de maërl et des déchets associés

Nature des opérations

Ce projet a fait intervenir différents interlocuteurs comme les services de l'Etat (DDTM, DREAL), le gestionnaire de la zone Natura 2000, le Comité Régional de la Conchyliculture ainsi que deux prestataires : Bio-Littoral et SERENMAR – SHIP AS A SERVICE.

Le projet a nécessité plusieurs étapes en amont de l'action de retrait des déchets :

- **Août 2020** : Cartographie des habitats benthiques de la zone (surface de 2 500 x 1 000 m) du Poulmic. Pour cela le bureau d'études a réalisé 231 points photographiques et vidéos selon un carroyage précis à l'aide d'un trépied lesté équipé de deux caméras et un phare ;
- **Novembre 2020** : Prospection par plongée et par sondeur multifaisceaux en vue de quantifier et qualifier les déchets présents ;
- **Mars 2021** : Extraction des déchets et transport vers de centre de tri agréé ;
- **Avril 2021** : Campagne de précision de la densité en *Lithophyllum fasciculatum* après obtention de l'autorisation des acteurs professionnels du site. La méthodologie utilisée a été celle du quadrat sur transect linéaire.



Bilan du porteur de projet

Ce projet s'inscrit dans une stratégie de restauration globale du banc de maërl de l'anse du Poulmic ayant fait l'objet de trois interventions : le retrait de déchets conchylicoles (2020 - 2021), le retrait de déchets sous-marins de la base navale Lanvéoc-Poulmic (2021-2022) et l'adaptation d'une concession conchylicole aux enjeux environnementaux (2022 - 2025).

L'étude cartographique des 230 stations (700 photos et 230 vidéos) des habitats a permis de mettre en évidence une forte couverture des bancs de maërl avec un recouvrement algal par l'espèce *Rytiphlaea tinctoria*.

La seconde étude a mis en évidence des taux de recouvrement important des bancs de maërl dans la zone de parcs conchylicoles. De plus cela a permis de mettre en évidence l'importance de ce site comme lieu de reproduction de deux espèces : le nudibranche *Doris verrucosa* et la dorade grise *Spondyliosoma cantharus*.

La prospection des déchets a permis d'identifier plus de 230 déchets, majoritairement d'origine ostréicole. Afin de s'adapter au budget du projet, il a été convenu de se concentrer sur les déchets de plus de 1m² et situés hors zone d'exploitation conchylicole. **60 cibles ont donc été retirées représentant près de 8 tonnes de déchets.**

Cette opération a permis d'engager des actions de restauration sur cet habitat rare par retrait des déchets (plus forte pression du site hors exploitation active).

L'évolution de l'état de santé du banc est suivi régulièrement et permet de constater l'évolution de sa vitalité et du cortège des espèces associées. Toutefois les signes de reprise de cet habitat sont nets, avec une couverture en maërl vivant proche de 100 %. En revanche, l'espèce spécifique *Lithophyllum sp.* reste en situation critique sur ce site.

Cette opération aura aussi permis :

- de sensibiliser le grand public aux richesses de la rade de Brest ;
- de sensibiliser les conchyliculteurs aux dégâts causés par leurs pratiques ;
- d'engager des discussions avec les conchyliculteurs pour transférer leurs activités vers des sites moins fragiles.

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Dégradation de la vitalité des bancs de maërl et de la biocénose associée depuis 2012.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Toutes les composantes ne sont pas ciblées dans ce projet, seules les composantes biotiques représentatives de cet habitat et certaines composantes abiotiques sont ciblées.
	Objectif de récupération		Le projet vise à rétablir l'état général du banc de maërl dans le secteur du Poulmic.
	Intégrité sur le long terme		L'objectif de cette action est de retirer l'une des principales pressions (abrasion de macrodéchets) s'exerçant sur ce site et laisser naturellement l'écosystème récupérer. On ne peut démontrer à ce jour que cette action seule soit suffisante pour garantir l'intégrité de l'écosystème.
	État initial		L'état initial réalisé en 2020 a permis de cartographier la zone et vient en complémentarité des différents inventaires réalisés précédemment. Toutes les composantes de l'écosystème ne sont pas ciblées.
	État de référence		Seul un état de référence basé sur des photographies datant de 2012 a été ciblé.
	Pressions identifiées		Plusieurs pressions ont été identifiées : l'abandon de déchets conchylicoles entraînant une pression physique et chimique sur les fonds, l'activité conchylicole positionnée à même le banc de maërl et la détérioration de la qualité des eaux de la Rade de Brest. Il est à noter que cette zone n'est pas soumise à la pêche à la drague.
	Processus intentionnel		En 2018, l'OFB a initié des actions en vue de stopper la dégradation de cet habitat.
	Choix de stratégie d'intervention		En 2018, suite au constat de la dégradation de cet habitat patrimonial, l'OFB a engagé des échanges avec différents acteurs de la zone en vue d'établir une stratégie de récupération de cet écosystème : les professionnels de la conchyliculture, les services instructeurs de l'Etat et le Parc Naturel Régional d'Armorique (gestionnaire de la zone N2000).
	Réduction / suppression des pressions		L'axe principal de cette action est la réduction d'une des principales pressions s'exerçant sur le banc de maërl, mais la qualité de l'eau est non évaluée et non maîtrisée.
	Suivi		Un suivi de type BACI a été réalisé suite aux opérations, il se poursuivra les années à venir par l'OFB et le gestionnaire de la zone N2000 en vue de démontrer l'efficacité du retrait de pressions sur cette zone.

Suite à une mission en 2012 sur cette zone il est apparu que le site possédait de forts enjeux environnementaux dont la présence de bancs de maërl riches en biodiversité. En 2018, cet habitat patrimonial s'est fortement dégradé. L'une des causes ciblées est l'abandon de déchets conchylicoles. L'objectif de cette action était de supprimer une des pressions apparentes et laisser l'écosystème se régénérer naturellement.

Bien que s'apparentant à de la remédiation¹ cette action peut contribuer à une stratégie de restauration naturelle du banc de maërl de l'Anse du Poulmic. En lien avec les différents acteurs du site, elle vise à réduire ou supprimer les sources de dégradation en agissant sur les activités engendrant les pressions puis à laisser l'écosystème récupérer spontanément. De plus, cette opération s'intègre dans un continuum d'actions restauratives : adaptation d'un mode d'exploitation conchylicole aux enjeux environnementaux, mais aussi compréhension et maîtrise des pressions provenant du bassin versant engendrant une mauvaise qualité de l'eau par le contrat TerraRade.

Bien que répondant à certains principes de la définition retenue, il est encore prématuré et difficile de démontrer l'efficacité d'une telle action sur l'ensemble des composantes de l'écosystème. Les suivis devront se poursuivre pendant plusieurs années et le protocole de suivi devra être affiné.

¹ La remédiation est une activité de gestion consistant à éliminer ou réduire la pollution physique ou chimique d'un site (e.g. élimination ou détoxification des contaminants ou des nutriments en excès dans le substrat, les sédiments, l'eau) (Gann et al. 2019).

Adaptation d'une exploitation conchylicole aux enjeux environnementaux

Période de mise en œuvre du projet 2022 – 2025

10.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les bancs de maërl

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S) IDENTIFIÉ(S)

Lithophyllum fasciculatum

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribution à une stratégie de restauration naturelle

COÛTS

La répartition des coûts du projet est la suivante :

- Remplacement des 4 ancrages de balisage : **6 920 € TTC**
- Expérimentation de captage naturel, production de cages surélevées : **50 000€ TTC**
- Analyse de 420 photoquadrats : **18 900€ HT**
- Suivis et location de bateau : **9 000€ HT**

CONTACT

OFB / Alain PIBOT

alain.pibot@ofb.gouv.fr

Parc Naturel Régional d'Armorique
/ Anna CAPIETTO

anna.capietto@pnr-armorique.fr

LOCALISATION

ZSC FR5300046 « Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne », sur la commune d'Argol dans le Finistère



Historique et contexte de la démarche

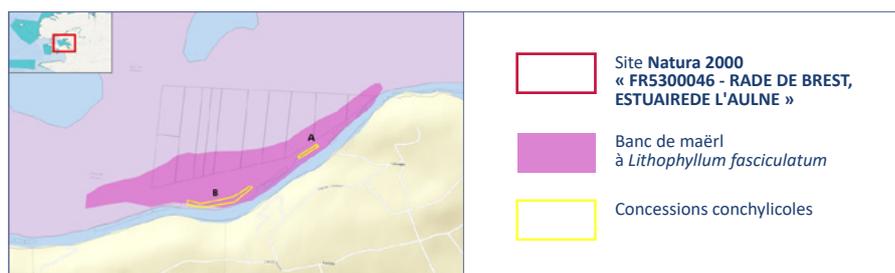
Par manque de connaissances sur les habitats marins, une ferme conchylicole a été autorisée d'exploiter pour une durée de 35 ans. Les deux concessions sont situées sur le site Natura 2000 « FR5300046 – Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne ». Ce site possède un habitat marin hautement patrimonial, le banc de maërl à *Lithophyllum fasciculatum*.

La rade de Brest constitue un écosystème remarquable pour la conchyliculture avec la présence de gisements d'huîtres (plates et creuses) et des activités de captage de naissains. Plus récemment, l'émergence d'une activité innovante autour du pétoncle noir, *Mimachlamys varia* (écloserie et grossissement en mer), offre d'intéressantes perspectives de diversification pour la filière.

La rade abrite également de vastes bancs de maërl, dont certains sont constitués par une espèce très rare : *Lithophyllum fasciculatum* ou maërl globulaire (espèce en cours d'inscription sur la liste des espèces protégées nationales). Celle-ci est présente en particulier dans le secteur de Poulmic - Lomergat, où se situent les concessions d'élevage de pétoncles. L'élevage est actuellement pratiqué en cages reposant sur le substrat avec un impact sur l'habitat sous-jacent.

Le projet est porté par la Ferme Marine et financé par le Plan France Relance. L'objectif est double : maintenir une activité économique sur le site par de nouvelles techniques d'élevage, principalement en surélévation, et en contribuant à la restauration naturelle du banc de maërl par la réduction de pressions.

Les résultats obtenus pourront permettre de proposer de nouveaux modes d'exploitation et de développer la conchyliculture dans des espaces actuellement inaccessibles, dans une démarche de conciliation durable d'une activité économique et de la préservation des habitats patrimoniaux. Ils permettront également d'acquérir une connaissance plus fine de cet habitat. Enfin, le développement d'une nouvelle filière conchylicole, celle du pétoncle noir, répond aux enjeux cruciaux de diversification de la filière, avec des entreprises souvent en situation de monoculture économiquement fragile. En effet, elles sont exposées aux aléas zoo-sanitaires dont les conséquences économiques peuvent être dramatiques.



Localisation du projet dans l'anse du Poulmic

Nature des opérations

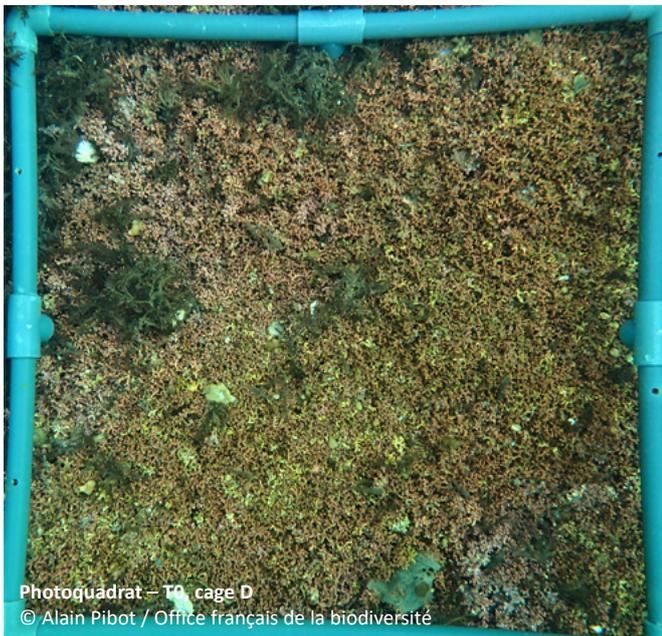
Le projet s'est composé de deux grandes actions :

1. Action 1 - Le déplacement et l'adaptation des structures d'élevages :

- Adaptation du process technique, via la mise en place de deux cages surélevées destinées à mesurer la hauteur au sol permettant de supprimer l'impact des cages sur le maërl ;
- Innovation par expérimentation de captage naturel de pétoncles ;
- Mise en place de quatre bouées de moindre impact afin de délimiter la concession et réduire la pression sur l'habitat.

2. Action 2 - L'évaluation de l'impact et de la résilience de l'habitat naturel après retrait ou réduction de la pression :

Cette action correspond au suivi de l'impact de l'action 1. Des photos quadrats (50 x 50 cm) de la zone ont été réalisées avant la mise en place de cages classiques et surélevées afin de d'établir un état initial, puis à pas de temps réguliers afin de suivre l'impact potentiel. Toutes les images ont ensuite été analysées par l'Université de Bretagne Occidentale.



Bilan du porteur de projet

1. Action 1 - Le déplacement et l'adaptation des structures d'élevages :

- Adaptation du process technique, via la mise en place de cages surélevées destinées à mesurer la hauteur au sol permettant de supprimer l'impact des cages sur le maërl : Les cages surélevées devaient être réceptionnées par le conchyliculteur, au printemps 2023. L'activité de ferronnerie était sur cette période en flux tendu avec d'importantes difficultés de recrutement. Malgré la prise de contact avec plusieurs entreprises spécialisées dans la réalisation de matériel conchylicole en fer à béton, toutes se sont désistées plusieurs semaines après s'être engagées. Ces entreprises souffrent de manque de personnel et plus particulièrement de soudeurs. Cela a engendré plusieurs mois de retard, contraignant la Ferme Marine à adapter des cages classiques en les surélevant selon les plans réalisés fin 2022. Elles ont été réceptionnées en juillet 2022. En amont de la pose des deux cages surélevées, 4 cages classiques (posées à même le fond) ont été mises à l'eau en octobre 2022 afin de suivre l'impact de celles-ci.
- Innovation par expérimentation de captage naturel de pétoncles à l'aide de coupelles biosourcées : Malheureusement, il n'a pas été possible, dans le temps imparti de ce projet, de réaliser suffisamment de dispositifs de captage pour initier la phase de test en mer. Les délais de réalisation ont été trop longs.
- Mise en place de quatre bouées de moindre impact afin de délimiter la concession et réduire la pression sur l'habitat : Une prestation par les équipes de la société TEMANO a permis le remplacement des anciens balisages par 4 bouées écologiques en septembre 2022. Les équipes techniques ont également profité de la sortie en mer afin de retirer 1 tonne de déchets ostréicoles.

2. Action 2 - L'évaluation de l'impact et de la résilience de l'habitat naturel après retrait ou réduction de la pression :

Les protocoles de suivis réalisés dans le cadre de cette action sont disponibles à la demande. Les métriques retenues étaient les pourcentages de :

- Maërl vivant,
- Faune,
- Algues,
- Corallines encroûtantes,
- Maërl vivant x Maërl mort,
- Maërl vivant x Sédiment,
- Maërl mort x Sédiment,
- Coquilles vides,
- Coquilles vides x Sédiment

Parallèlement, différents taxons typiques du bon état du maërl ont été recherchés.

Entre octobre 2022 et juillet 2023, 105 photos-quadrats ont pu être analysés en 6 sorties. Des suivis seront réalisés en 2024 et 2025.

Les résultats sont toujours en cours d'analyse et seront disponibles lorsque les suivis de 2024 auront été réalisés.

Le projet a dû faire face à plusieurs difficultés. En effet, les conditions météorologiques n'ont pas permis de réaliser l'ensemble des photos prévues. En hiver, les conditions de houles et de pluviométrie rendaient difficile l'application du protocole et en été, un recouvrement algal important de la Rade de Brest rendait impossible son application.

De plus, le contexte géo-politique a eu des répercussions sur les délais et les tarifs normalement appliqués dans la conception des cages. Cela a entraîné du retard dans le début de l'expérimentation, obligeant une révision du protocole initial. Les suivis doivent donc se poursuivre a minima sur l'année 2024 et 2025. Mais un suivi sur du long terme permettrait d'apprécier la véritable portée de cette action de restauration.

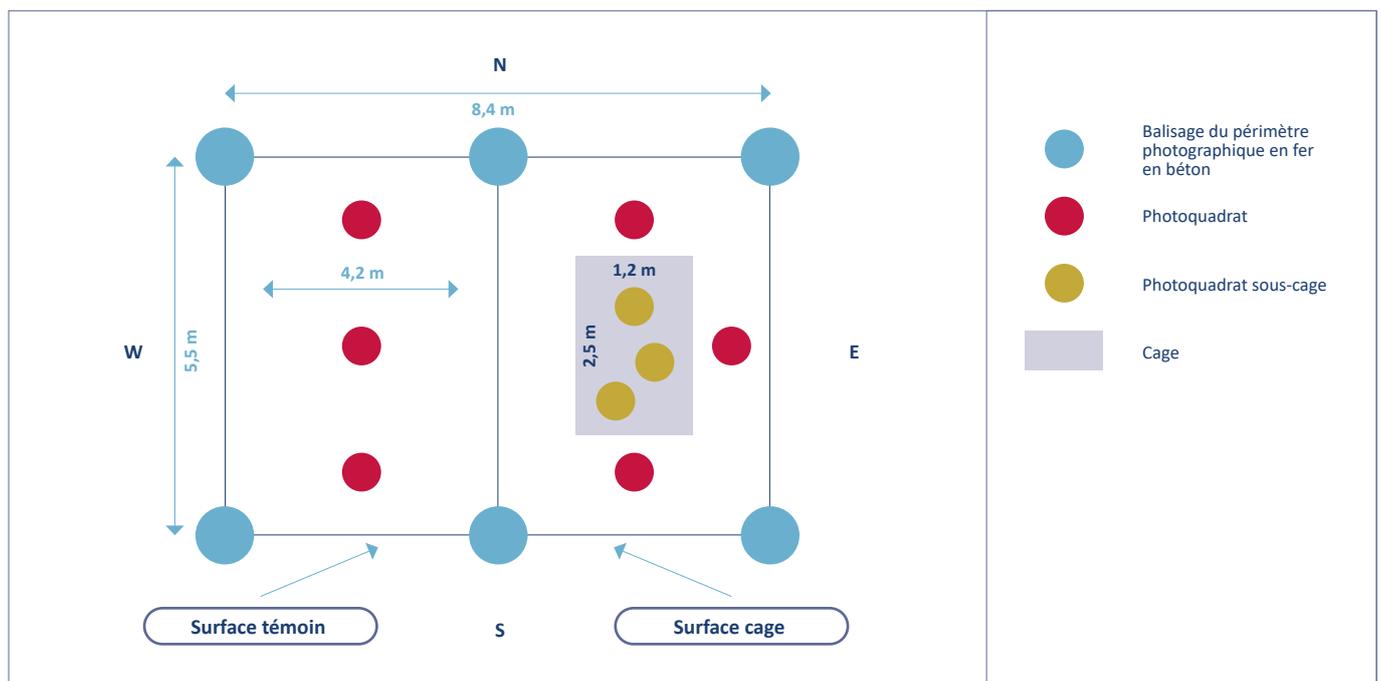


Schéma de distribution des photoquadrats

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Étouffement des bancs de maerl et de la biocénose associée par les cages d'élevage.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Toutes les composantes ne sont pas ciblées dans ce projet, seules les composantes biotiques représentatives de cet habitat.
	Objectif de récupération		Le projet vise à rétablir l'état général du banc de maerl au sein d'une concession conchylicole.
	Intégrité sur le long terme		L'objectif de cette action est de maîtriser la principale pression (étouffement des cages conchylicoles) s'exerçant sur cette concession et laisser naturellement l'écosystème récupérer. On ne peut pas encore démontrer que seule cette action puisse suffire à garantir l'intégrité de l'écosystème.
	État initial		L'état initial réalisé en 2022 a permis de caractériser la zone et vient en complémentarité des différents inventaires réalisés précédemment. Toutes les composantes de l'écosystème ne sont pas ciblées.
	État de référence		Il n'a pas été ciblé d'état de référence sur ce projet.
	Pressions identifiées		Plusieurs pressions ont été identifiées : l'abandon de déchets conchylicoles entraînant une pression physique et chimique sur les fonds, l'activité conchylicole positionnée à même le banc de maerl et la détérioration de la qualité des eaux de la Rade de Brest. Il est à noter que cette zone n'est pas soumise à la pêche à la drague.
	Processus intentionnel		En 2018, l'OFB a initié des actions en vue de stopper la dégradation de cet habitat.
	Choix de stratégie d'intervention		En 2018, suite au constat de la dégradation de cet habitat patrimonial, l'OFB a engagé des échanges avec différents acteurs de la zone en vue d'établir une stratégie de récupération de cet écosystème : les professionnels de la conchyliculture, les services instructeurs de l'Etat et le Parc Naturel Régional d'Armorique (gestionnaire de la zone N2000).
	Réduction / suppression des pressions		L'axe principal de cette action est la réduction de pressions s'exerçant sur le banc de maerl mais la qualité de l'eau est non évaluée et non maîtrisée.
	Suivi		Un suivi de type BACI a été réalisé suite aux opérations, il se poursuivra les années à venir par l'OFB et le gestionnaire de la zone N2000 en vue de démontrer l'efficacité de la réduction de pressions sur cette zone. Toutes les composantes de l'écosystème ne sont pas ciblées.

Cette action expérimentale peut contribuer in fine à une stratégie de restauration naturelle du banc de maerl de l'Anse du Poulmic. En lien avec les différents acteurs du site, elle vise à réduire ou supprimer les sources de dégradation en agissant sur les activités engendrant les pressions puis à laisser l'écosystème récupérer spontanément. Cette action vise également à adapter une activité conchylicole aux enjeux environnementaux tout en permettant une activité économique sur le site.

Cette opération s'intègre dans un continuum d'actions restauratives : retrait de macrodéchets, mais aussi compréhension et maîtrise des pressions provenant du bassin versant engendrant une mauvaise qualité de l'eau par le contrat TerraRade.

Bien que répondant à certains principes de la définition retenue, il est encore prématuré et difficile de démontrer l'efficacité d'une telle action sur l'ensemble des composantes de l'écosystème. Les suivis devront se poursuivre pendant plusieurs années et le protocole de suivi devra être affiné.



LES BIOCÉNOCES D'ÉPONGES, CORAIL ET CORALLIGÈNE

Du coralligène, l'écosystème majeur de Méditerranée et du corail rouge (*Corallium rubrum*) affectionnant particulièrement les fonds rocheux peu exposés à la lumière
© Emmanuelle Rivas / Office français de la biodiversité

Protection des récifs coralligènes au Cap d'Agde

Période de mise en œuvre du projet 2020 – 2022

11.
FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les bancs d'éponges et de coraux
et bancs coralligènes

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Coralligène

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie globale
de restauration naturelle

COÛTS

- Le coût global du projet Récif'lab est de **1,3 M € HT**
- Le lot 4 de ce projet : l'opération de village de récifs artificiels (études et travaux) est d'environ **700 000 €**. Il a été financé par l'ADEME (Ministère Transition Ecologique), la Région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée, l'Etat (Plan Littoral 21 Méditerranée) et la ville d'Agde.

CONTACT

AMP côte agathoise
/ Renaud DUPUY DE LA GRANDRIVE
renaud.dupuy@ville-agde.fr

LOCALISATION

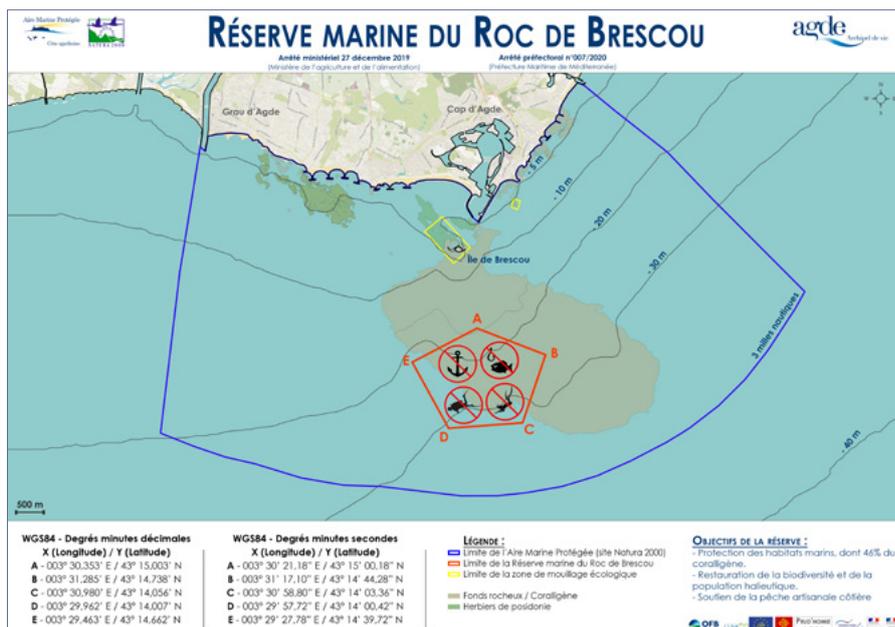
Au sein de l'Aire marine protégée de la côte agathoise,
ZSC FR9101414 : « Posidonies du Cap d'Agde »,
au droit de la commune d'Agde dans l'Hérault



Historique et contexte de la démarche

Avec l'herbier de posidonie, le coralligène constitue l'un des deux principaux habitats emblématiques de biodiversité en Méditerranée. La faune et la flore y sont extrêmement bien représentées, offrant une vaste palette de couleur et une richesse biologique unique. Uniquement présent à l'abri de fortes lumières, son développement est très lent (1 à 4 mm/an). Il est construit par l'accumulation d'algues rouges encroûtantes sur une base rocheuse, le rendant vulnérables aux pressions externes, principalement mécaniques, telle que la plongée de loisir.

Au sein de l'Aire Marine Protégée de la Côte Agathoise (AMPCA), le cantonnement de pêche du Roc de Brescou a été mis en place par l'arrêté du 27 décembre 2019 du Ministère de l'Agriculture de l'Alimentation qui interdit toutes formes de pêche dans ce secteur. Puis, il a été complété par l'arrêté préfectoral du 31 janvier 2020 afin de réglementer le mouillage des navires, la plongée sous-marine et le dragage. L'ensemble de ce deux arrêtés forme ce qui est appelé communément pour le grand public, dans un objectif de meilleure compréhension, la réserve marine du Roc de Brescou. Initiée par les pêcheurs professionnels et portée par la ville d'Agde, cette zone de protection renforcée (ZPR) située à moins de 2 km au large de l'île de Brescou dispose d'un statut de cantonnement de pêche pour une durée de 6 ans renouvelable. Son règlement autorise la navigation mais interdit toute forme de pêche professionnelle ou récréative, la plongée sous-marine, le mouillage des navires et les dragages.



Les objectifs étaient les suivants :

- **Protéger les habitats naturels (la réserve marine englobe des fonds rocheux, sableux ainsi que 46 % des récifs coralligènes d'Agde), protéger la biodiversité dont la ressource en poissons, mollusques, crustacés...**
- **Protéger la biodiversité par le biais de cette réserve marine apporte un soutien à la pêche durable (professionnelle et récréative) et offre un appui à la gestion durable de l'activité de plongée sous-marine.**

Ainsi certains sites de plongée sur le coralligène ont été retirés à la pratique de la plongée agathoise, renforçant la pression sur les quelques spots de coralligène restants hors cantonnement.

Nature des opérations

Initiée par les pêcheurs professionnels, la création de la Réserve marine du Roc de Brescou s'est déroulée en plusieurs étapes :

1. La concertation entre les acteurs locaux

Cette étape a permis de réunir l'ensemble des acteurs socio-économiques : pêcheurs professionnels, élus locaux, pêcheurs de loisirs, gestionnaires et plongeurs professionnels. Le projet de cantonnement de pêche a été validé en COPIL de l'aire marine protégée en juillet 2018.

2. Processus administratif :

Un dossier a été déposé à la DDTM-DML34 en octobre 2018. Celui-ci a suivi une série de consultations et validations auprès de différentes instances (Ifremer, CRPM, commission nautique locale, préfet maritime, DPMA CNPMEM et consultation publique).

La réserve a finalement été soumise à deux arrêtés :

- L'arrêté ministériel du 27/12/19 (NOR : AGRM1931952A) qui stipule que l'exercice de la pêche maritime sous toutes ses formes est interdit dans l'ensemble de la zone délimitée, pendant 6 ans (reconductible).
- L'arrêté préfectoral maritime du 31/01/2020 (N° 007/2020) qui interdit dans cette zone les activités de mouillage des navires, plongée sous-marine (en scaphandre autonome ou en apnée) et le dragage.

En parallèle du cantonnement, l'AMP côte agathoise a porté le programme RECIF'LAB (Programme d'Investissement d'Avenir de l'ADEME) articulé en 4 lots dont l'objectif commun vise à proposer une approche innovante intégrant les enjeux côtiers et du large pour la reconquête de la biodiversité, tout en intervenant sur les pressions et impacts qui leurs sont associés. Plus précisément, le lot 4 de ce programme a été dédié à diminuer la pression sur le coralligène liée à l'intensité de l'activité de plongée par la mise en œuvre et la gestion d'une offre alternative : l'immersion d'un dispositif de déport de pression vers un site peu sensible. Pour cela, un village de récifs artificiels, créé en concertation avec les acteurs de la plongée locale, a été immergé sur un fond meuble peu sensible, à la même bathymétrie que le coralligène, et à proximité du cantonnement de pêche.

3. Atelier de conception du dispositif et études d'ingénierie approfondies

Ce village a été pensé en amont en concertation avec les acteurs de la plongée pour répondre à leurs attentes ainsi qu'aux objectifs écologiques du projet. A partir des idées proposées par les centres, une pré-étude technico-économiques ainsi que des études d'ingénierie poussées (hydrodynamiques, de stabilité géotechnique, dimensionnement des éléments des récifs artificiels...) ont été réalisées.

4. Autorisations administratives

Un dossier de demande d'avenant à la concession de récifs artificiels auprès de la DDTM-DML34 a été déposé afin d'avoir les autorisations administratives pour l'immersion des structures artificielles.

5. Fabrication, transport et immersion

Le module principal a été assemblé directement sur le port de Sète (pour un accès direct avec la barge de transport) avec des éléments en 3D béton fabriqués en atelier. Les modules secondaires ont été fabriqués en atelier et positionnés sur la barge avec les enrochements. L'immersion du village artificiel a été réalisé sur 3 jours, début juillet 2022. Au total, il a été immergé un récif principal en impression 3D béton (6,5m de hauteur pour un socle de 6m par 8m), entouré de dix modules secondaires plus petits et d'un amas d'enrochements.

6. Gestion et exploitation des aménagements

Plusieurs ateliers avec les plongeurs agathois ont été menés pour définir ensemble des modalités de gestion. Ainsi il a été décidé d'un accès libre et gratuit au site, sans mouillage (pour limiter la casse sur le site) et limité à une embarcation sur site à la fois, pour éviter une sur fréquentation du site. Ces différentes règles d'usage ont été intégrées à la nouvelle charte de plongée Natura 2000. Un planning d'accès au site a aussi été mis en place entre les clubs de plongée.

7. Suivis scientifiques

Conformément à l'arrêté ministériel et dans un souci d'évaluer l'efficacité de ce moyen de protection mis en place, un suivi scientifique a été effectué avant et après (n+3) la mise en place du cantonnement. Différents indicateurs sont mesurés : acceptabilité du projet, protection du coralligène, évaluation de la ressource halieutique et de la biodiversité, évaluation des captures par les pêcheurs professionnels, la fréquentation et le respect des réglementations et moyens.

La mise en place des récifs artificiel nécessitent les suivis suivants :

- un suivi de la fréquentation de plongée et un suivi ichtyologique sur les deux habitats : le coralligène et le site artificiel avec une méthodologie de type BACI ;
- un suivi de l'état physique des structures et de la colonisation par la faune et la flore sous-marine.

Les suivis sont basés sur le document stratégique pour l'implantation de récifs artificiels, ils sont prévus sur une durée de 12 ans (+1, 3, 6, 9 et 12 ans) et se basent sur le document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels.

Bilan

Une évaluation du cantonnement de pêche a été réalisée à mi-parcours (2023). Les résultats sont synthétisés ci-dessous.

Critères sociaux

• Acceptabilité du projet

100 % des usagers interrogés (structures professionnelles et associatives de plongée, associations de plaisanciers, associations de pêche de loisir et chasse sous-marine, structures professionnelles de pêche/promenade et prud'homme) considèrent que la réserve est un atout pour le territoire maritime d'Agde et sont favorables à son maintien. 90 % des pêcheurs de loisir interrogés connaissent l'existence de la réserve, 30 % ne connaissent pas la réglementation et le périmètre exact de la réserve. La perception des pêcheurs est mitigée sur le respect de la réserve, principalement due à l'absence de balisage sur zone.

Critères écologiques

• Protection du coralligène - en cours d'acquisition

• Evaluation de la ressource halieutique

Les pêches expérimentales sont globalement moins importantes en 2022 par rapport à 2019 toutes zones confondues, avec une apparition des premiers effets significatifs sur le rendement dans la ZPR. Les langoustes, rascasses brunes et chapons sont plus abondantes dans la ZPR. Après comptage visuel, la densité de 6 espèces est en augmentation : congre, homard, langouste, mostelle de roche, petite rascasse rouge et rouget de roche.

• Evaluation de la biodiversité

Il est noté une tendance d'augmentation de la densité des algues Peyssonnelia ainsi que des bryozoaires dressés en ZPR, ainsi qu'une légère diminution des éponges foreuses du genre Cliona en ZPR et hors ZPR. Les suivis acoustiques ont montré une augmentation de la biophonie des poissons au sein de la réserve. Cet effet n'est pas retrouvé sur les invertébrés benthiques.

Critères économiques

• Evaluation des captures par les professionnels

Pas de résultats présentés, faute de données

• Fréquentation

Il n'y a pas eu de modification de l'utilisation de l'espace par les plongeurs, mais les pêcheurs de loisir se sont déportés sur le secteur ouest, proche de la réserve. Les infractions sont quotidiennes.



Langouste rouge, *Palinurus elephas*,
espèce suivie par les équipes de l'AMP-Agde
© Emmanuelle Rivas / Office français de la biodiversité



3 ascidies rouge, *Halocynthia papillosa*,
espèce bio-construtrice du coralligène
© Emmanuelle Rivas / Office français de la biodiversité

Critères de gestion

• Respect des réglementations et moyens

Suite à la mise en place du cantonnement de pêche, la direction du milieu marin de la Ville d'Agde a augmenté ses moyens humains, techniques et budgétaires, afin de gérer au mieux et de façon durable ce cantonnement de pêche. L'application AMP-Agde s'est vue améliorée, permettant une communication forte et diversifiée. Une patrouille bleue a été mise en place de façon pérenne. Aujourd'hui, près de 2/3 des sorties de surveillance révèlent une infraction à la réglementation sur la Réserve marine du roc de Brescou majoritairement des bateaux moteur en action de pêche de loisir ancrés ou en dérive. Ce résultat est constant sur les 4 années observées.

Le projet de mise en place de récifs artificiels a atteint les objectifs initiaux fixés, à savoir, proposer un nouveau site de plongée artificiel. Le travail technologique a été également couplé à la faisabilité technique des plongées en discutant en groupes de travail avec les clubs de plongée locaux. Une charte d'utilisation du récif 3D a été également signée par les clubs de plongée afin d'assurer une gestion durable de la structure et du village.

La fréquentation des centres de plongée a été limitée la 1ère année du fait d'une faible colonisation du village par la faune et flore marine. Après deux ans d'installation, les retours des plongeurs sont très positifs, avec un recensement de leur part d'une faune intéressante typique du secteur agathois avec la présence d'espèces emblématiques : congres, mostelles, rascasses, langoustes, homard, sars à tête noire... Aujourd'hui tous les centres professionnels allant sur le coralligène proposent une à deux fois par semaine la plongée sur ce site à la place du coralligène.

Les suivis scientifiques inhérents aux récifs artificiels sont en cours de réalisation, aucun rapport de suivi n'a encore été édité. Les structures artificielles sont pour le moment indemnes de toute dégradation physique et ont tenu deux périodes hivernales sans constat de déplacement ou d'enfoncement dans le substrat.

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Constat de la dégradation du coralligène depuis 2011.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Le projet cible les récifs coralligènes dans leur globalité (biotique, abiotique et fonctionnel).
	Objectif de récupération		Le projet global de restauration du coralligène vise à rétablir l'état général de cet écosystème en protégeant d'une part 46% du coralligène agathois par le biais d'un cantonnement de pêche et de déporter une partie de l'activité de plongée sur une zone sableuse comportant des structures artificielles.
	Intégrité sur le long terme		46 % du coralligène de l'AMP est protégé (via le cantonnement de pêche couplé à des interdictions de plongée, dragage et ancrage). Une Charte Natura 2000 a été signée avec les clubs de plongée locaux pour limiter l'ancrage sur le coralligène et l'interdire sur le village artificiel.
	État initial		Un suivi du coralligène a été initié depuis 2011. Celui-ci permet d'avoir un état initial de cet habitat. Un état initial partiel (granulométrie) de la zone sableuse accueillant les récifs artificiels a été réalisé en amont de leur immersion.
	État de référence		Il n'existe pas d'état de référence pré-activités anthropiques sur le coralligène. Les sites de coralligène dans le cantonnement servent d'état de référence de l'évolution du coralligène en l'absence d'impact.
	Pressions identifiées		Sur le coralligène, les principales pressions identifiées sont : la plongée, la pêche de loisir (incluant ancrage dans les 2 cas) et dans une moindre mesure la pêche professionnelle.
	Processus intentionnel		Suite au constat de la dégradation du coralligène depuis 2011 les pêcheurs professionnels et la ville d'Agde ont pris la décision d'initier ce projet.
	Choix de stratégie d'intervention		Ce projet fait partie d'un continuum d'actions initiées par l'AMP de la côte agathoise visant à protéger le coralligène tout en préservant une activité économique. L'une de ces actions fut la création d'un cantonnement de pêche visant une augmentation de la ressource halieutique et la conservation de près de la moitié de la surface du coralligène agathois. Ce cantonnement a engendré une fermeture des sites de plongée, augmentant la pression sur les sites à coralligène restants. Suite à une analyse des enjeux (environnementaux, économiques) il a été décidé de créer une zone artificielle dédiée à la plongée afin d'alléger la pression réalisée par la plongée de loisir sur les sites de plongée restants. Le choix du site d'implantation s'est réalisé en concertation avec les structures de plongée de loisir. Celles-ci devaient se trouver à la même bathymétrie que les sites de coralligène (20 m environ), à proximité du roc de Brescou. De plus il y avait aussi une obligation administrative pour que l'immersion se réalise au sein d'une concession de récifs artificiels déjà existante.
	Réduction / suppression des pressions		La mise en place du cantonnement a permis la suppression effective des pressions sur près de 50% du coralligène. L'impact de la plongée se veut être limité par un déport vers un site artificiel et un travail avec les centres pour limiter l'ancrage sur le coralligène et interdire l'ancrage sur le village artificiel (charte N2000). Néanmoins la mise en place de récifs artificiels engendrera une pression sur les fonds sableux qu'il reste à caractériser.
Suivi		Des suivis des composantes socio-écologiques sont réalisés. Les récifs sont suivis à l'aide de protocoles type BACI sur le coralligène et le village de récifs. Basé sur le document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels, il s'efforcera de suivre les composantes représentatives des deux sites (coralligène et zones sableuses).	

Ce projet peut contribuer à une stratégie de restauration naturelle des récifs à coralligène et répond partiellement à la définition retenue dans cette note.

Cette action est imbriquée au sein d'une stratégie globale de restauration des fonds à coralligène du roc de Brescou. L'effet report de la pression de la plongée et de l'ancrage des navires suite à la création du cantonnement de pêche a entraîné une accumulation de la pression de plongée sur un nombre limité de sites de plongée. Après analyse des enjeux environnementaux et concertation avec l'ensemble des acteurs de ce secteur, il a été convenu d'implanter un récif artificiel à vocation de plongée de loisir sur un habitat sédimentaire à faible enjeu.

Néanmoins, les fonds sableux sur lesquels ont été déposés des récifs artificiels vont voir leur composantes biotiques, abiotiques et fonctionnelles changer engendrant l'apparition d'une nouvelle pression qu'il reste à caractériser.

Restauration des peuplements gorgonaires impactés par les engins de pêche perdus

Période de mise en œuvre du projet 2022 – 2023

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

12.

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les bancs d'éponges et de corails
et bancs coralligènes

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Gorgones

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie
de restauration reconstructive

COÛTS

Le coût global du projet de **41 200 € HT** est
composé comme suit :

- Développement d'un protocole de
replantation des gorgones : **22 000 € HT**
- Suivi des gorgones replantées et de la
biodiversité : **15 200 € HT**
- Capitalisation et valorisation des
résultats : **1 500 € HT**
- Communication auprès des usagers et
autres acteurs du territoire : **2 500 € HT**

CONTACT

PALANA ENVIRONNEMENT

/ Pablo LIGER

pablo.liger@gmail.com

Parc Marin de la Côte Bleue

/ Benjamin CADVILLE

cadville.benjamin@parcmarincotebleue.fr

LOCALISATION

Au sein du Parc Marin de la Côte Bleue, ZSC FR9301999 :
« Côte bleue marine » dans les Bouches du Rhône



Historique et contexte de la démarche

L'association Palana Environnement porte depuis 2016 le projet Net Sea, dont les objectifs sont de repérer les engins et filets de pêche perdus, évaluer leurs impacts, et le cas échéant les retirer. Ce projet est mené en collaboration avec les gestionnaires d'aires marines protégées, les pêcheurs professionnels, les pouvoirs de police, et les plongeurs de loisir. L'un des impacts des engins de pêche perdus est la dégradation des peuplements du coralligène, et plus particulièrement des espèces dressées telles que les gorgones. Lorsqu'une opération de retrait de filet révèle des colonies de gorgones arrachées, des plongées spécifiques de replantation et de suivis seront menées afin de contribuer à restaurer le milieu puis d'évaluer la réussite des opérations au cours du temps.

Le projet s'est déroulé dans la Zone Spéciale de Conservation FR9301999 « Côte bleue marine » animé par le Syndicat Mixte Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB), sur les secteurs présentant du coralligène impacté par les filets perdus ou par l'ancrage répété des navires. Cet habitat se rencontre sur l'ensemble du site aussi bien à la côte, à faible profondeur, qu'au large sur des fonds jusqu'à -55 à -60 mètres, exceptionnellement à -70 mètres. L'habitat occupe 238,5 ha, soit 1,3 % de la superficie du site. Les fonds coralligènes de la Côte Bleue ont une variété de micro-habitats qui permettent l'installation d'une faune variée.

Près de 700 espèces d'invertébrés et une quarantaine d'espèces de poissons ont été inventoriés dans le Coralligène en limite Ouest du site Natura 2000 Côte Bleue Marine et dans le Golfe de Fos.

L'objectif de ce projet était de proposer le développement d'un protocole de replantation des gorgones impactées par les engins de pêche perdus, ancres des navires ou encore palmes des plongeurs. Ce protocole sera facilement applicable lors de plongées de routine par des plongeurs biologistes dans les aires marines protégées par exemple, mais également sur tout autre site fortement impacté par les ancres des navires ou présentant des filets de pêche perdus pouvant être retirés.



Gorgone rouge, ici bicolore
(*Paramuricea clavata*)
© Palana environnement



Filet de pêche sur
un peuplement gorgonaire
© Palana environnement

Nature des opérations

Le projet était constitué de plusieurs actions :

1. Développement d'un protocole de replantation des gorgones facilement applicable. Cette action a fait l'objet d'une sous-traitance auprès du bureau d'études CREOCEAN, notamment du fait de son retour d'expériences sur le projet TRANSCOR.

2. Suivi des gorgones replantées et de la biodiversité :

Réalisation du suivi : Le suivi a été réalisé de plusieurs façons :

- Suivi de la survie des gorgones : T+ 1 mois/ T+3 mois/ T+ 6 mois/ T+ 12 mois/ T+ 15 mois/ T+ 18 mois après la transplantation : le taux de nécrose de la gorgone sera évalué.
- Biodiversité : T+ 1 mois/ T+3 mois/ T+ 6 mois/ T+ 12 mois/ T+ 15 mois/ T+ 18 mois après la transplantation : liste d'espèces des individus mobiles ainsi que leur nombre et classe de tailles seront évalués pendant la plongée de suivi de la survie de la gorgone.
- Succès de l'attachement : les plongées de transplantation successives permettront de s'assurer de la bonne tenue de la gorgone avec la résine, puis le succès de l'attachement sera évalué à chaque plongée de suivi des gorgones (T+ 1 mois/ T+3 mois/ T+ 6 mois/ T+ 12 mois/ T+ 15 mois/ T+ 18 mois).

Un état zéro a été effectué lors des transplantations à proximité de la zone de transplants et les capteurs de température (type HOBO U22) ont été installés.

3. Capitalisation et valorisation des résultats

4. Communication auprès des usagers et autres acteurs du territoire.

Bilan du porteur de projet

Suivi de la survie des gorgones : Sur le site de l'Elevine (tombant et Canyon), 35 gorgones blanches (*Eunicella singularis*) et jaunes (*Eunicella cavolinii*) ont été transplantées à 30 m de profondeur. Le taux de survie après 18 mois tend vers les 60%. À 20 m, deux *E. singularis* ont été transplantées (début 2022), avec 100% de survie en décembre 2023 (T+22mois). Sur les cinq gorgones rouges replantées (*Paramuricea clavata*), aucune n'a malheureusement été retrouvée.

Le motif principal expliquant cette différence de réussite serait la sensibilité/fragilité de l'espèce *P. clavata*, la taille des individus, et l'orientation des transplants :

- Les gorgones blanches et jaunes sont nettement plus petites (respectivement 25.8 cm et 19.2 cm en moyenne), et fixées sur un substrat plat ou faiblement incliné.
- Les gorgones rouges sont beaucoup plus grandes (entre 30 et 60 cm selon les individus), et fixées sur un substrat très incliné ou vertical.

Suivi des espèces benthiques : Le site est fortement couvert d'algues rouges calcaires encrustantes, de *Peyssonnelia spp.*, d'algues rouges indéterminées et de « Turf ».

Succès d'attachement : Plusieurs tests ont été menés sur les colles epoxy. Pour toutes, il s'agit de colle bi-composant (un composant de « colle » et un composant « durcisseur »). Après plusieurs tests la marque espagnole Ivegor (recommandée par plusieurs partenaires) a été sélectionnée. Au bout de quelques mois la colle commence à être recolonisée (ce qui atteste de la non toxicité pour les organismes benthiques).

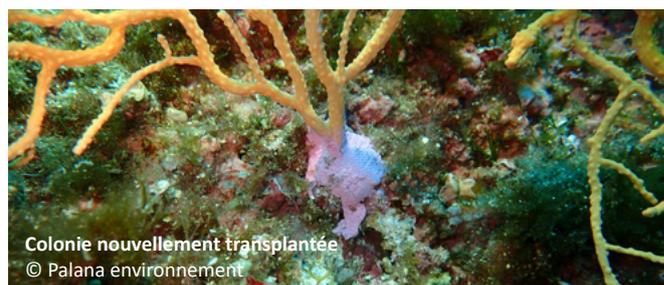
Elaboration d'un protocole de replantation : Palana a développé avec le bureau d'étude Créocéan, le protocole de replantation des gorgones applicable à trois espèces (gorgone blanche *E. singularis*, gorgone jaune *E. cavolinii* et gorgone rouge *P. clavata*). Le protocole ainsi que le rapport final (42 pages) et la fiche Retex détaillée (5 pages) sont disponibles à la demande.

Plusieurs recommandations ont ainsi été émises, parmi lesquelles :

- **Le site de transplantation doit être choisi en fonction de la présence naturelle des espèces, à proximité des gorgones retrouvées arrachées,**
- **La profondeur préférentielle se situe aux alentours des 30 m,**
- **La colle devra être préparée sur le bateau, puis stockée dans un sac transportable,**
- **Les individus sélectionnés pour la transplantation ne doivent pas présenter de nécroses importantes. Il faudra veiller à conserver l'évasement de la base du pied,**
- **Les colonies doivent être transplantées à l'abri de conditions environnementales turbulentes.**

Le projet a rencontré plusieurs difficultés :

- Les conditions météorologiques changeantes, entraînant l'annulation de plusieurs sorties,
- L'installation de 4 capteurs de température a été rudimentaire, allant jusqu'à la perte de ceux-ci (site très fréquenté par les plongeurs de loisir),
- Le traitement de données issues de plusieurs capteurs différents,
- L'absence de réponses de certains partenaires universitaires n'ont pas permis de répondre à la question du brassage génétique artificiel dû à la transplantation.



Colonie nouvellement transplantée
© Palana environnement

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Constat de la dégradation des colonies de gorgones par des engins de pêche perdus, les ancrages forains et les activités de plongée de loisir.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Toutes les composantes ne sont pas ciblées dans ce projet, seules trois espèces de la composante biotique sont visées.
	Objectif de récupération		Ce n'est pas l'habitat coralligène dans sa globalité qui est ciblé dans ce projet mais quelques espèces ingénieurs de cet habitat, qui peut héberger jusqu'à 1800 espèces en Méditerranée.
	Intégrité sur le long terme		Ce projet expérimental contribue - mais ne suffit pas à lui seul - à préserver l'intégrité de l'écosystème sur le long terme sans autres mesures de restauration et de gestion.
	État initial		Un état initial a été réalisé lors du projet. Il a consisté en une description du site (étude morphologique et bathymétrique, recensement des structures particulières), étude de la diversité spécifique, étude démographique des espèces dressées.
	État de référence		Lors de ce projet expérimental, aucun état de référence n'est visé.
	Pressions identifiées		Les principales pressions identifiées sont l'action mécanique des engins de pêche perdus, les ancrages forains et les activités de plongée de loisir.
	Processus intentionnel		Lors des opérations de retraits d'engins de pêche perdus, en partenariat avec le Parc Marin de la Côte Bleue, de multiples plongées ont eu lieu dans le périmètre du parc. Lors de ces plongées, de nombreuses colonies de gorgones ont été retrouvées arrachées dans les engins de pêche ou déposées sur le fond. C'est partant de constat que l'association Palana Environnement a eu la volonté avec le Parc Marin d'initier ce projet.
	Choix de stratégie d'intervention		La stratégie a été choisie conjointement entre l'association Palana et le Parc Marin de la Côte Bleue afin tester un protocole visant à transplanter des gorgones arrachées par les filets de pêche.
	Réduction / suppression des pressions		Bien que des opérations parallèles visent à supprimer ces engins abandonnés sur le fond, les pressions ne sont pas totalement maîtrisées sur le site.
	Suivi		Un suivi a été réalisé sur le temps imparti au projet (T+18 mois) et se poursuivra sur le long terme par l'association Palana, en concertation avec le Parc.

Ce projet expérimental vise à transplanter des colonies de gorgones arrachées par des filets de pêche en vue de leur récupération. Bien que pouvant contribuer à une stratégie de restauration reconstructive, il ne correspond pas totalement à la définition de restauration retenue dans la note. Cette action seule concerne 3 espèces et ne vise pas d'écosystème de référence et ne cible pas toutes les composantes de l'écosystème.

Ce projet aura néanmoins permis d'affiner un protocole déjà existant en vue de son déploiement sur des sites impactés par cette pression et de sensibiliser les usagers à la richesse de l'habitat coralligène.



SÉDIMENTS MEUBLES (JUSQU'À 1000 M DE PROFONDEUR)

Substrat meuble grossier et herbier de posidonies (*Posidonia oceanica*)
© Antonin Guilbert/ Office français de la biodiversité

Limitation de la spartine américaine (*Sporobolus Alterniflorus*) en rade de Brest

Période de mise en œuvre du projet 2021 – 2022

13.

FICHE RETOUR
D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les sédiments meubles
(jusqu'à 1000 m de profondeur)

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

- Les dernières stations de *Limonium humile*
- Les prés salés d'intérêt communautaire en particulier ceux présentant une diversité floristique
- Les zones à fort enjeu pour l'alimentation et le repos de l'avifaune hivernante (vasières notamment)
- Les zones d'herbiers à *Zostera noltei*

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie de restauration assistée

COÛTS

Le coût global du projet est de 94 024,26 € TTC

CONTACT

Parc Naturel Régional d'Armorique
/ Anna LE JONCOUR
Anna.le-joncour@pnr-armorique.fr

LOCALISATION

Au sein du Parc Naturel Régional d'Armorique (PNRA),
ZSC FR9301999 : « Rade de Brest, estuaire de l'Aulne »
dans le Finistère



Historique et contexte de la démarche

En Bretagne, le genre *Spartina* est représenté par une seule espèce indigène, la Spartine maritime (*Spartina maritima*). Cette dernière est fortement concurrencée par l'apparition de trois autres espèces du même genre : la Spartine à feuilles alternes (*Sporobolus alterniflorus*), la Spartine de Townsend (*Spartina townsendii*), et la Spartine anglaise (*Spartina anglica*), ces deux dernières étant issues de l'hybridation de *Spartina maritima* et *Sporobolus alterniflorus*. En rade de Brest, seule *Sporobolus alterniflorus* est présente. Cette poacée robuste d'origine américaine a fait son apparition en Europe en 1836 dans le port de Southampton en Angleterre (Tournay, 1996). À la fin du XIX^{ème} siècle, elle s'est installée en France, où elle n'est présente actuellement que dans quelques stations d'Aquitaine et de Vendée, dans la région d'Hendaye et dans la rade de Brest. Son introduction en rade de Brest remonte vraisemblablement à la fin de la première guerre mondiale, transportée accidentellement par les navires américains (Dizerbo, communication orale dans Bonnot-Courtois et al., 1989 cité dans Sparfel et al., 2005).

Actuellement, *Sporobolus alterniflorus* a envahi l'ensemble des anses de la rade de Brest. L'analyse des cartographies de la végétation de la rade de Brest et de la rivière Elorn réalisées en 2004 et 2005 dans le cadre des inventaires Natura 2000 a permis d'évaluer les proportions de Spartine par rapport aux autres groupements végétaux des marais littoraux (Bougault et al., 2004 - 2005). Le groupement à Spartine à fleurs alternes représentait 60 % (rade de Brest) des surfaces occupées par des végétations caractéristiques de la slikke et du schorre. En 2014, c'est 60,26 % des prés salés de la rade de Brest qui sont envahis (Source : Maxime Hourdé, PNRA, 2014).

Depuis 2011, plusieurs études et chantiers ont été menés par le PNRA en partenariat avec les scientifiques (laboratoire LEMAR à l'Institut Universitaire Européen de la Mer) et d'autres gestionnaires (Association Bretagne Vivante, Conservatoire botanique nationale de Brest, association Al'terre breizh, Association de chasse sur le Domaine public maritime du Finistère, association Don Bosco, Brest métropole...) pour tester différentes techniques de lutte. Ces actions font suite à des tests menés par le Conservatoire botanique national de Brest et des travaux de cartographie menés par des scientifiques de l'IUEM. En 2015, une stratégie de priorisation a été mise en place sur la base de différents critères environnementaux, techniques et humains, ce qui a permis de définir une vingtaine de sites d'intervention prioritaires. Des chantiers complémentaires grandeur nature ont permis de conforter le choix de certaines techniques efficaces. Un guide technique a également été réalisé sur la base de ces expériences.

En 2021, le Parc naturel régional d'Armorique a fait une demande de financement dans le cadre du plan de relance de l'Etat pour mener de nouveaux chantiers de lutte contre la Spartine américaine à l'échelle de la rade de Brest sur la période 2021 - 2022.

Nature des opérations

Ce projet a nécessité la mise en place d'une stratégie de lutte contre la spartine américaine, issue d'une expérimentation locale de plus de 10 ans.

1. Analyse des caractéristiques environnementales :

La nature du substrat apparaît comme un facteur limitant. Les substrats vaso-graveleux et graveleux-caillouteux ralentissent la colonisation par l'espèce et / ou limitent son implantation (Queré, 2010) (Sparfel et al., 2005). Sur le terrain, l'espèce semble s'accommoder de salinités variables comprises entre 20 et 35‰. Des observations menées in situ ou expérimentalement sous serre montrent que dans les milieux peu salés, ou occasionnellement dessalés par des apports d'eau douce, la production et la biomasse tendent à augmenter fortement (Broome et al., 1986). Enfin le facteur semblant limiter l'extension des spartinaies au niveau des basses slikkes est la durée d'immersion. En effet en dessous d'une altitude minimale observée en rade de Brest de 0.9 m, la durée d'immersion est trop longue pour permettre à l'espèce de survivre, observation faite sur le site de l'Anse du Moulin Neuf (Plougastel-Daoulas) en 2005 (Sparfel et al., 2005). A ce niveau de 0.9 m la durée d'immersion est de 27 %. Cela correspond à peu près à la côte de basse mer en coefficient 50 (com.pers. Nathalie Poupart, IUEM).

2. Choix des techniques de lutte :

- Sur substrat graveleux, ou le système racinaire et rhizomateux est peu profond, l'étrépage est privilégié. Il consiste lorsque la tâche est petite ou sur un substrat trop meuble ou un milieu fragile, à étréper manuellement la spartine à l'aide de fourche bêche puis de l'évacuer par le biais de brouettes à chenille. Pour les taches de taille plus importante, le mini tracteur est utilisé. La Spartine est évacuée en dehors de la limite des plus hautes mers, dans la végétation bordant le site, ou le long des talus existant.
- Sur substrat vaseux, c'est le bâchage qui est privilégié. D'une manière générale, seule les surfaces inférieures à 2 000 m² sont traitées. Des tranchées sont creusées manuellement autour des taches de Spartine puis plusieurs bâches opaques noires sont installées et tendues, les bords de la bâche sont enfoncés dans les tranchées et recouvert par la vase. Des pare-pains sont ensuite déposés (environ 1 pour 2 m²) pour plaquer la bâche au sol.
- L'isolement par tranchées est utilisé lorsque les surfaces sont trop importantes. Une tranchée est creusée le long ou autour d'une tache de Spartine afin de l'isoler et l'empêcher de s'étendre par ses rhizomes.

3. Priorisation des enjeux :

Les secteurs d'intervention ont été priorisés au regard des enjeux présents sur le site, de la faisabilité technique, financière et humaine. En croisant ces couches d'information avec la cartographie actualisée de la Spartine, des zones d'interaction

apparaissent potentiellement négatives entre la Spartine et chaque enjeu (écologique, paysager et usage).

4. Programmation des chantiers :

Suite aux différentes analyses, une trentaine de sites ont été sélectionnés, répartis sur 13 communes. Cela correspondait à lutter contre 1,5 ha de spartine dont 6 200 m² par bâchage, 2 300 m² par étrépage et 6 40 m² par isolement.

5. Réalisation d'un marché pour la réalisation des actions

6. Réalisation du suivi de l'efficacité des actions

Un suivi des chantiers en cours est réalisé régulièrement par les équipes du Parc d'Armorique pour vérifier le bon état des bâches et la présence de repousses de spartine. Une attention particulière est portée en hiver, notamment suite aux tempêtes hivernales qui peuvent endommager les bâches. Les bâches sont retirées au bout de trois ans, ou bien lorsqu'elles sont trop détériorées pour jouer leur rôle correctement.



Bilan du porteur de projet

Au total, 6 003 m² de Spartine ont été éliminés par bâchage et 1 001 m² par étrépage. Cela représente un total de 7 004 m². De plus, 409 mètres linéaires de tranchées ont permis d'isoler 4 477 m² de Spartine.

Certains chantiers ont été annulés et n'ont pu être faits pour plusieurs raisons techniques de faisabilité de chantiers tel que l'inaccessibilité au site ou la nature trop molle du substrat n'ont pas permis l'arrivée des prestataires sur les chantiers. Ils ont donc été abandonnés.

Des soucis de personnel chez un des prestataires ont également entraîné du retard dans les travaux. Le calendrier a contraint les équipes de coordination du projet à supprimer certains chantiers, comme par exemple ceux de la commune de Guipavas, en dehors du site Natura 2000 de la rade de Brest.

Ce projet aura également permis d'affiner les techniques de lutte contre la spartine élaborées par le PNRA :

Étrépage :

Ce retour d'expérience confirme la faisabilité de l'étrépage mécanique sur de petites surfaces (moins de 50 m²), au-delà cette surface il est préférable d'utiliser la technique de bâchage.

La limite principale pour l'étrépage est la taille de la tâche ainsi que la quantité de déchets à éliminer. Pour les petites tâches de moins de 20 m² il est facile d'effectuer l'étrépage en laissant les déchets sur place, à conditions qu'il y ait un endroit facilement accessible à proximité, au-dessus de la limite des marées haute. Au-delà de cette surface il est difficile de laisser les déchets sur

place. La nature du substrat est également une limite à cette technique, il faut que le terrain soit porteur et l'accès au site facile pour faciliter l'arrivée des engins et l'évacuation des déchets.

Bâchage sur substrat graveleux :

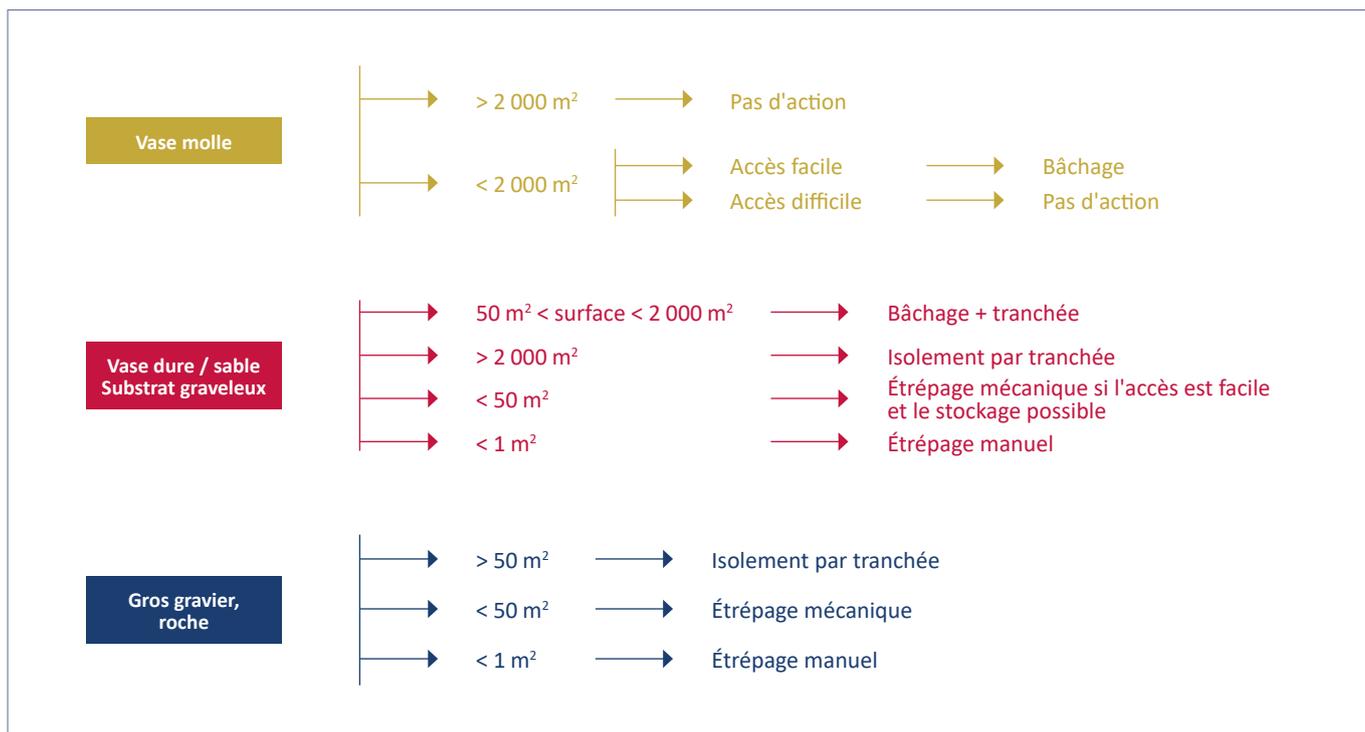
La pose de bâche s'est avérée compliquée sur des surfaces de Spartine sur substrat graveleux car la bâche n'adhérait pas au substrat. Il a fallu repasser plusieurs fois sur ces chantiers car les bâches ne tenaient pas bien. La technique de bâchage sur substrat graveleux a finalement été affinée et approuvée, à conditions de faire les tranchées mécaniquement avant.

L'expérience de ces chantiers confirme également le bâchage comme technique utile sur des surfaces inférieures à 2000 m². Au-delà il faut plutôt avoir recours à l'isolement par tranchée.

Suivi « après chantier » :

Il est important d'effectuer un suivi régulier sur les sites où l'éradication de la Spartine a eu lieu. Là où il y a eu de l'étrépage, de petites touffes de Spartine peuvent repousser là où il y a pu rester des morceaux de rhizomes. Il vaut mieux les arracher dès la repousse pour éviter la propagation. Il faut également surveiller les bâches, celles-ci restent en place trois ans. Un suivi régulier permettra de remettre les morceaux de bâches qui peuvent se déplacer avec les marées et courant, notamment sur la période hivernale. La création d'un réseau de bénévoles pour surveiller et intervenir si besoin pourrait être mis en place.

Suite à ce projet un schéma décisionnel a pu être réalisé en vue de sa répliquabilité sur d'autres sites Natura 2000 :



Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Constat de la propagation de l'espèce exotique envahissante au détriment des habitats naturels de la Rade.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Ce projet global vise à récupérer les composantes principales de l'écosystème.
	Objectif de récupération		Objectif de récupération d'un ensemble d'habitats dans leur globalité : biotique, fonctionnel et abiotique. L'accent de cette opération est également mis sur la conservation de l'espèce <i>Limonium humile</i> qui ne se retrouve à l'échelle nationale qu'en Rade de Brest.
	Intégrité sur le long terme		Ce projet expérimental contribue mais ne suffit pas à lui seul à préserver l'intégrité de l'écosystème sur le long terme sans autre mesures de restauration et de gestion. Cette espèce envahissante s'est quasiment naturalisée rendant son éradication complète à l'échelle sectorielle impossible.
	État initial		L'état initial s'est basé sur une mise à jour de la cartographie de la spartine de 2014 mais n'a pas consisté à mesurer toutes les composantes représentatives des habitats ciblés.
	État de référence		L'état de référence ciblé dans le projet global est de revenir à un état antérieur aux années 50, date probable de l'arrivée de la spartine dans la Rade de Brest. Celui-ci est jugé non atteignable à cause d'une surface trop importante colonisée par la spartine.
	Pressions identifiées		L'une des principales pressions pesant sur les habitats ciblés dans le projet sont l'expansion de la spartine américaine ainsi que le dérangement des oiseaux hivernants.
	Processus intentionnel		Suite à l'expansion massive de la spartine depuis les années 50 dans la Rade de Brest et à la dégradation des habitats naturels, le PNRA a engagé une stratégie de lutte contre cette espèce envahissante.
	Choix de stratégie d'intervention		La stratégie a été élaborée à l'aide de scientifiques et des acteurs de milieu marin. Suite à plus de 10 d'expérimentations, il a été choisi la stratégie de restauration assistée sur des sites ciblés.
	Réduction / suppression des pressions		La spartine est la principale pression restante qui menace la viabilité de ces habitats. Les oiseaux hivernants occupant ces habitats font face au dérangement des promeneurs. Pour aider à réduire cette pression, des mesures ont été mises en place par le PNRA comme la mise en place d'observatoire d'oiseaux et le balisage de sentiers pédestres. La pression chimique quant à elle n'est pas évaluée.
	Suivi		Seules une partie de la composante biotique est suivie : étude surfacique (surveillance de la repousse) de la spartine, suivi du <i>Limonium humile</i> et des populations d'oiseaux hivernants.

Ce projet vise à lutter contre l'espèce envahissante *Sporobolus alterniflorus* dans la Rade de Brest et peut contribuer à une stratégie de restauration assistée de ses habitats. L'éradication de l'espèce à l'échelle de grand secteur est impossible tant elle est implantée. Seuls quelques sites peuvent encore faire l'objet d'actions restauratives.

Ce groupement d'actions s'illustre dans un continuum de projets pour lutter contre la spartine depuis plus de 10 ans portés par le PNRA. Un guide technique présente l'ensemble des techniques testées et les modalités de choix et d'utilisation de chaque technique retenue. Il est disponible à la demande auprès du PNRA ou téléchargeable au lien suivant : <https://www.calameo.com/ofbiodiversite/books/00350294843a08ab9cda6>

Un stage de master est actuellement en cours pour comprendre l'évolution spatiale et la dynamique de la spartine en rade de Brest.

Restauration des vasières de la baie de l'Aiguillon

Période de mise en œuvre du projet 2019 – 2021

14.

FICHE RETOUR D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les sédiments meubles (jusqu'à 1000 m de profondeur)

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Les vasières

STRATÉGIE DE RESTAURATION

Contribue à une stratégie de restauration naturelle et assistée

COÛTS

L'une des actions du LIFE Baie de l'Aiguillon correspondant à la restauration des vasières par retrait d'anciennes concessions conchylicoles colonisées par l'huître japonaise est composée comme suit (€ TTC) :

- Instruction réglementaire : **40 000 €**
- Inventaire faunistique, analyse granulométrique et dosage de la matière organique : **24 000 €**
- Recyclage ferraille : **620 € la tonne**
- Retrait gisements : **10,8-12,4 €/m³ ou 5 200€/ha**
- Étude topographique : **18 000 € pour 7 000 hectares**
- Test filière de recyclage : **1 080 €/m³**
- Analyse laboratoire suivi REMI : Entre **25 et 30 € le point de prélèvement**

CONTACT

Réserve naturelle nationale de la baie de l'Aiguillon

/ Jean-Pierre GUERET
jean-pierre.gueret@lpo.fr

/ Louise FROUD
louise.froud@lpo.fr

OFB / Régis GALLAIS
regis.gallais@ofb.gouv.fr

LOCALISATION

Au sein de la Réserve naturelle nationale de la baie de l'Aiguillon, ZSC FR5200659 « Marais Poitevin » et ZSC « FR5400446 », en Vendée et Charente-Maritime



Historique et contexte de la démarche

La Réserve Naturelle Nationale de la baie de l'Aiguillon accueille des exploitations mytilicoles et ostréicoles, qui ont progressivement glissé vers l'aval suite à un envasement naturel progressif de la baie et à cause de la crise du *Mytilicola intestinalis*. Les concessions conchylicoles abandonnées dans les années 60 n'ont pas fait l'objet d'une remise en état par leurs attributaires privés et servent maintenant de support au développement de gisements sauvages d'huîtres japonaises *Magallana gigas*.

Ces « crassâts » d'huîtres ont les impacts suivants :

- Perte de l'habitat naturel de vasière ;
- Piège à sédiment favorisant l'accrétion ;
- Modification locale de la courantologie ;
- Concurrence des coquillages d'élevage pour de la ressource alimentaire.

À ce titre, le LIFE Baie de l'Aiguillon a mis en œuvre une action de restauration de vasière par retrait de ces gisements d'huîtres.

Trois zones d'intervention ont été identifiées, deux en Vendée et une en Charente-Maritime, d'une superficie totale de 190 hectares. L'objectif était de restaurer un minimum de 100 hectares de vasière grâce à deux machines amphibies pouvant se déplacer sur la vase et dans l'eau. Les interventions qui ont eu lieu sur des marées basses de coefficient supérieur ou égal à 60 consistaient à retirer les supports (tables à huîtres principalement) et à broyer les coquilles d'huîtres sur place.

Trois phases de chantier hivernales ont eu lieu entre septembre 2019 et novembre 2021 et ont permis de travailler sur 158 marées et de restaurer environ 118 hectares de vasière correspondant à environ 42 000 m³.



Travaux d'enlèvement des crassâts
© LIFE Baie de l'Aiguillon

Nature des opérations

L'action de restauration des vasières réalisée dans le cadre du projet LIFE Baie de l'Aiguillon est composée comme suivant :

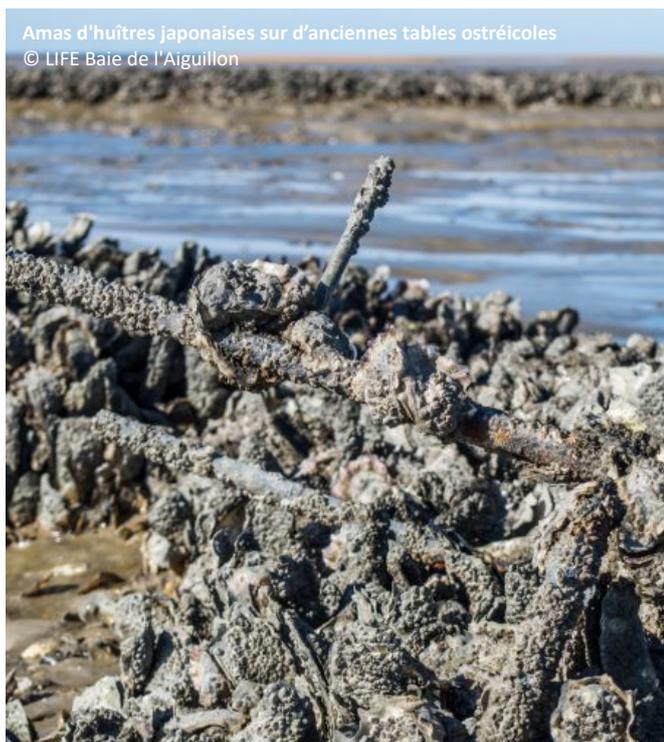
1. Instruction réglementaire :

Préalablement à l'action de retrait des structures conchylicoles, des étapes réglementaires ont dû être franchies :

- L'instruction réglementaire (étude d'incidence loi sur l'eau et Natura 2000 réalisées par CREOCEAN) conduite par la DDTM Charente-Maritime pour le compte des deux DDTM (Charente-Maritime et Vendée) (6 mois) ;
- La réalisation d'une étude complémentaire visant à évaluer la présence de polluants dans les sédiments remis en suspension a été réalisée par Qualyse (2018). Résultat : présence anormale de dibenzo-anthracène, ne perturbant pas le développement des coquillages.
- L'arrêté préfectoral d'autorisation pour réaliser les travaux (1 mois) ;
- La dénonciation des dernières concessions conchylicoles exploitées ;
- La demande d'AOT pour la mise en place de corps-morts temporaires, et pour le déplacement sur le domaine maritime.

2. Réalisation d'un état initial :

Inventaire des espèces benthiques en 2017 et 2021 (avant/après travaux), réalisé par le LIENSs ; une cartographie des gisements d'huîtres par télédétection ; ainsi que deux campagnes de relevés topographiques LIDAR (2016 et 2021, avant/après travaux, Opsia).



3. Retrait des gisements d'huîtres :

Il a été réalisé en 3 phases entre le 1^{er} septembre et le 15 février (demande des conchyliculteurs) : 2019/2021, 2020/2021 et hiver 2021 à l'aide de deux machines. La première étant une pelle hydraulique montée sur deux flotteurs, équipée de vis sans fin pour la propulsion. Les anciennes structures et les coquilles d'huîtres sont ramassées à l'aide d'un godet-pince, puis les huîtres sont déposées dans le broyeur. La deuxième étant une barge flottante équipée de vis sans fin et d'un broyeur frontal.

4. Recyclage :

30 m³ de coquilles d'huîtres ont fait l'objet d'un test de co-compostage avec des déchets verts et d'utilisation des coquilles comme matériaux de remblai. 34 tonnes de ferraille ont été ramenées à terre pour être recyclées.

5. Évaluation de l'impact des travaux et suivis :

Des suivis sont réalisés depuis la fin des travaux afin d'évaluer leur pertinence, notamment un suivi de la repousse éventuelle des huîtres sur les zones restaurées réalisé annuellement grâce à des transect et un suivi photographique par drone pour suivre l'évolution surfacique des gisements des huîtres. Un deuxième inventaire des espèces benthiques (LIENSs) ainsi qu'une deuxième campagne de relevé topographique LIDAR (Opsia) ont également été réalisés en 2021.



Bilan du porteur de projet

Les principales pressions exercées par ces opérations de retrait de crassats sont les dommages physiques par risques d'abrasion des biocénoses de substrat meuble du médiolittoral et par le retournement des éléments sédimentaires. Ces opérations sont susceptibles également d'entraîner des pertes physiques d'habitats par étouffement. Elles peuvent entrer en interaction avec les processus sédimentaires naturels de la baie de l'Aiguillon et générer des dépôts entraînant un risque d'étouffement des biocénoses des substrats du médiolittoral meubles.

L'objectif de restaurer 100 hectares de vasière a été atteint à l'issue de la deuxième phase de chantier. Un financement complémentaire dans le cadre du Plan de Relance et de l'Agence de l'eau Loire Bretagne a permis d'atteindre 118 hectares de vasières restaurées après une troisième phase de chantier au début de l'hiver 2021.

Une clef de réussite de ce projet est liée à l'implication des entreprises retenues pour le chantier, et notamment SAS CTAT qui a conçu et développé les 2 machines spécifiquement pour le chantier (brevet déposé).

La barge flottante (machine 2) a permis des améliorations par rapport à la première machine, à savoir un broyeur frontal alimenté par un moteur de 500 chevaux permettant de se déplacer sur les gisements d'huîtres et de les broyer directement. Par ailleurs, la barge flottante qui broie en avançant perturbe moins la topographie de la vasière car les huîtres ne sont pas récupérées en creusant avec un godet. Ceci permet au milieu de revenir plus rapidement à son état initial.

Le test de recyclage réalisé montre des possibilités de valorisation des produits. Toutefois, le coût d'extraction sur site, de transport, de nettoyage (sédiments) et de traitement paraît trop élevé pour envisager le développement d'une filière.

Les suivis menés depuis 2021 révèlent un pourcentage de recouvrement de coquilles peu élevé et stable entre les années sur le secteur de l'Aiguillon. Sur le secteur de Charron, on retrouve au cours du temps d'avantage de quadrats contenant moins de coquilles, ce qui est un résultat encourageant. Au cours du temps et au gré des marées, du fait de la forte sédimentation en baie de l'Aiguillon, le terrain se lisse (comm. pers.), une partie des coquilles d'huîtres qui sont restées sur la vasière après le passage de la machine sont recouvertes par de la vase.

Du naissain et des larves d'huîtres se sont fixées sur certaines huîtres/coquilles d'huîtres restantes après les travaux. Sur les secteurs restaurés, il reste quelques fragments de gisements. Il s'agit soit de bas de lignes proches du lit de la Sèvre niortaise où le niveau de l'eau au moment des travaux n'a pas permis de les retirer, soit de petits gisements isolés qui auraient demandé beaucoup de temps de déplacement. Souvent, lorsque des larves d'huîtres ont été détectées, elles ont été observées sur des huîtres (parfois vivantes) provenant de ces gisements isolés.

Les résultats sont encourageants et méritent d'être confrontés par la poursuite des suivis dans les années à venir.

Un nouveau chantier de restauration est prévu à partir de l'hiver 2025 pour compléter la surface restaurée sur les 300 hectares de vasière encore colonisés par les huîtres japonaises en baie de l'Aiguillon.

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Constat de la dégradation des vasières suite à l'abandon des concessions conchylicoles : perte de l'habitat naturel, piège à sédiments, modification de la courantologie et concurrence sur la ressource alimentaire.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Ce projet global vise à récupérer les principales composantes de l'écosystème.
	Objectif de récupération		Objectif de récupération de l'habitat naturel vasière.
	Intégrité sur le long terme		Seul un suivi sur le long terme permettra de démontrer si ce projet expérimental contribue à préserver l'intégrité de l'écosystème sur le long terme.
	État initial		En amont des travaux, plusieurs études ont eu lieu afin de caractériser l'état initial des zones d'intervention : cartographie des gisements d'huîtres par télédétection, inventaire d'espèces de la macrofaune benthique des récifs d'huîtres et des sédiments meubles adjacents, analyses granulométriques et de qualité du sédiment, mesures de matière organique, relevé topographique LIDAR.
	État de référence		L'état de référence a été ciblé à La modélisation a été utilisée lors d'une étude sédimentaire (via un modèle numérique de terrain). L'étude a révélé que la baie de l'aiguillon est une zone ayant un fort taux de sédimentation, soit 1,4 cm/an de 2000 à 2016. De plus, elle a connu entre 1972 et 2016 une forte avancée du trait de végétation (6,3 m/an).
	Pressions identifiées		L'une des principales pressions engendrant la perte de l'habitat naturel vasière est l'exploitation puis l'abandon de concessions conchylicoles entraînant une formation de crassats des espèces d'élevage. Ces structures engendrent alors un piège à sédiments modifiant l'habitat et les conditions hydromorphologiques de celui-ci.
	Processus intentionnel		L'expérimentation de l'enlèvement des gisements d'huîtres sauvages, dans un objectif de restauration de l'habitat « vasière » était inscrite en tant qu'action au plan de gestion 2013-2022 de la Réserve Naturelle Nationale de la baie de l'Aiguillon. Le projet LIFE Baie de l'Aiguillon a ainsi été déposé par le PNR du Marais Poitevin, avec comme partenaires associés la LPO et l'OFB, pour répondre à cet objectif.
	Choix de stratégie d'intervention		La stratégie a été élaborée en concertation avec les différents acteurs du milieu littoral (PNR, LPO, OFB, professionnels de la conchyliculture, services de l'état et entrepreneur retenu pour les travaux).
	Réduction / suppression des pressions		La pression principale pesant sur ces écosystèmes dans la baie de l'Aiguillon est l'exploitation puis l'abandon de concessions conchylicole entraînant une modification des communautés écologiques, des fonctionnalités et des conditions hydromorphologiques des vasières. Sa réduction et sa maîtrise sont l'essence même du projet.
	Suivi		Des suivis ont lieu depuis 2021. Un suivi de la macrofaune benthique et de la granulométrie, ainsi qu'un nouveau passage LIDAR pour suivre l'influence des travaux de restauration sur la sédimentation ont eu lieu après travaux. Un suivi de la recolonisation des huîtres ainsi qu'un suivi photographique par drone sont réalisés annuellement depuis 2021.

Ce projet contribue à une stratégie de restauration naturelle de la vasière de la baie de l'Aiguillon. Des suivis sur le long terme devraient permettre d'attester la réussite du projet sur l'ensemble des composantes de l'écosystème.

Restauration expérimentale de la calanque de Cortiou (REXCOR)

Période de mise en œuvre du projet 2015 – 2020

15.

FICHE RETOUR D'EXPÉRIENCE

IDENTITÉ DU PROJET

GTH CIBLE

Les sédiments meubles (jusqu'à 1 000 m de profondeur)

ENJEU(X) ÉCOLOGIQUE(S)

IDENTIFIÉ(S)

Retour de la biodiversité marine

TYPE DE RESTAURATION

Ne contribue à aucune stratégie de restauration écologique retenue dans cette note mais se situe à cheval entre la réhabilitation (fonctionnel) et la réaffectation (transformation d'écosystème)

COÛTS

Le budget du projet REXCOR s'approche de **1 million d'euro**. Il fait partie d'une opération plus globale du Contrat de baie de la Métropole Aix-Marseille Provence d'un montant d'environ 265 millions d'euros.

CONTACT

Parc national des Calanques
04 20 10 50 00

SEABOOST

/ Martin PERROT
martin.perrot@seaboost.fr

/ Julien DALLE
julien.dalle@seaboost.fr

/ Matthieu LAPINSKI
matthieu.lapinski@seaboost.fr

LOCALISATION

Au sein de la ZSC FR9301602 « Calanques et îles marseillaises - Cap Canaille et massif du Grand Caunet », dans les Bouches du Rhône



Historique et contexte de la démarche

Depuis 1896, la ville de Marseille rejette ses eaux usées dans la calanque de Cortiou, à l'Est de la commune. En 1987, est alors construite une station d'épuration souterraine, permettant de réduire la pollution de ces eaux usées. Au travers de la mesure partenariale n°10, le Parc National des Calanques (PNC) s'est engagé à mettre en œuvre des mesures de réhabilitation de cette zone dégradée. Dans le cadre de sa charte, le Parc national des Calanques (pilote de l'opération) a lancé en 2013 un appel à idées, en partenariat avec l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse et le Pôle Mer Méditerranée. A l'issue de cette démarche les partenaires institutionnels ont retenu le projet porté par un consortium de trois entreprises : CDC Biodiversité, Egis et Architeuthis.

Ce pilote d'ordre expérimental, baptisé REXCOR pour Restauration EXpérimentale de la calanque de CORTiou, visait à évaluer, sous la forme d'un programme de recherche scientifique de 3 ans, le potentiel des récifs artificiels à récupérer une partie des fonctions écologiques des petits fonds côtiers de la cuvette de Cortiou.

Le projet REXCOR a été retenu comme l'une des actions du contrat de baie de la métropole marseillaise, validé par les instances de bassin de l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse en juin 2015. En cas de bons résultats de ce pilote expérimental, l'objectif était d'aller vers une action à plus grande échelle.

Dans le cadre de la mise en œuvre du présent projet le consortium s'est basé sur la définition de la restauration écologique générale utilisée par l'Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse (2014) : « une action sur l'habitat marin, la faune ou la flore permettant d'améliorer le fonctionnement écologique, dans une zone littorale où la qualité de l'eau est bonne et où les pressions à l'origine de la dégradation ont disparu ou sont maîtrisées ».

Nature des opérations

La nature des biocénoses et l'état initial des communautés ont été définies suite à l'étude de la bibliographie mise à disposition par le Parc National des Calanques ainsi que par des plongées de reconnaissances passées (dont ROV) et études géotechniques. L'ensemble des sites est caractérisé par un substrat meuble fin à grossier associé à la présence de débris coquilliers. Un bouchon vaseux est observé au droit du rejet.

L'immersion d'habitats artificiels dans la calanque de Cortiou le long d'un gradient de pression (de 700 m en amont jusqu'à la calanque de Podestat, 1500 m en aval) a pour objectif d'évaluer la capacité de ces outils à diversifier et enrichir les communautés d'espèces dans ce secteur et réduire les freins à la résilience : abiotique (qualité de l'eau, apport de substrat), biotique (développement de communautés indigènes), de dispersion (proximité d'habitats permettant une connectivité).

Pour remplir ces objectifs, trois typologies de récifs ont été sélectionnés :

- **Récif Fractal©** : cible faune/flore fixées : fonctions support et connectivité,
- **Récif Ragues©** : fonction repos, abris, alimentation, reproduction et connectivité,
- **Récif Connectivité©** : fonction nurserie.

À l'hiver 2017/2018, 36 récifs artificiels, représentant 200 m², ont été immergés au sein de 4 sites A, B, C et D.

Quatre villages ont été installés entre le 06/12/2017 et le 16/02/18 le long d'un gradient de distance au rejet actuel jusqu'à 1,5 km (Site A, B, C et D). Chaque village (A1, B1, C1, D1) est constitué de 3 récifs Ragues© et 3 récifs Fractal© disposés à moins de 2 m les uns des autres. Deux corridors (A2 A3, B2, B3) perpendiculaires à la côte, constitués de 3 récifs Connectivité disposés côte à côte ont été recréés sur 2 des 4 villages. A noter qu'en parallèle des immersions, un récif de complexification en impression 3D béton a été rajouté sur la dalle supérieure d'un des 3 récifs ragues du site C (C1R3).

Cette expérimentation a fait l'objet de suivis synthétisés ci-dessous :

- **Suivi macrofaune mobile (poissons, crustacés et céphalopodes)**
Année 1 et 2 : 4 campagnes en plongée sur chaque site (été-automne 2018, été-automne 2019)
- **Suivi biophonie acoustique nocturne (poissons, invertébrés benthiques)**
Année 1 et 2 : 10 campagnes acoustiques (printemps, été, hiver 2018, 2019 et 2020 pour A1, B1, C1 et D1)
- **Suivi faune/flore fixée (couverture vivante, sédimentation, mortalité, Corallinacea, comparaison orientation et matériaux)**
Année 1 et 2 : 4 campagnes en plongée (été-automne 2018, été-automne 2019, A1 et C1)
- **Réception des ouvrages et suivi de l'intégrité (inspection visuelle et photogrammétrie)**
Année 1 et 2 : 5 campagnes en plongée sur tous les sites (été-automne-hiver 2018, été-automne 2019)



Bilan du porteur de projet

Après 3 ans d'expérimentation, plusieurs constats se dégagent :

1. Le site n'est pas mort. Si l'on installe des supports « sains », dans les conditions actuelles, la vie revient. Il a été dénombré 62 espèces constitutives de la macrofaune mobile dont certaines d'intérêt patrimonial (mérrou brun, mérrou gris, poulpe, homard, langouste...).
2. Même au droit du rejet, la qualité de l'eau n'est pas limitante pour le retour de la vie. C'est une vie qui est contrainte, la cinétique de retour est moins rapide, mais il a été observé 31 espèces de poissons après 18 mois (46 observées sur les récifs du PRADO après 27 mois à titre de comparaison).
3. Constat de la présence de 60 % d'espèces à forte sédentarité et de tous les niveaux trophiques caractéristiques de méditerranée depuis la faune fixée (bryozoaires, gorgones, ...) aux prédateurs supérieurs (mérrou brun, mérrou gris) en passant par les planctophages, détritivores, prédateurs intermédiaires ;
4. Tous les stades de vie sont observés sur les sites, qu'il s'agisse d'individus en gestation, de pontes, de post larves, de juvéniles ou d'adultes, et ce pour plusieurs espèces de poissons, crustacés ou de mollusques ;
5. Observation de l'existence d'un gradient de pression depuis la sortie de l'émissaire, qui se traduit au niveau de la cinétique de recolonisation : plus on s'approche du site du rejet, plus le retour de la vie est lent et contraint, plus les taux de sédimentation sont importants également (ce qui entre en compétition avec la faune fixée). Observation aussi de l'existence d'espèces plus tolérantes au rejet, principalement vagiles, sans pour autant de dominance d'espèces considérées comme polluo-tolérantes ou indicatrices de déséquilibres majeurs ;
6. La structure des communautés animales et végétales se complexifie au fil du temps sur tous les sites aménagés (abondances, diversité, ambiance sonore) selon une trajectoire de restauration :
 - variable selon les sites,
 - encore en évolution et dont l'asymptote reste inconnue,
 - encourageante en comparaison à d'autres projets d'habitats artificiels locaux (REMORA, PRADO) sur ces premières années d'expérimentation,
 - associée à une stabilité des peuplements soulignant l'absence de perturbations significatives entraînant un retour à des trajectoires passées (basses des valeurs observées) ;
7. L'orientation et la nature du matériau ont un rôle majeur dans la restauration des fonctions écologiques de substrats durs pour les espèces fixées notamment bioconstructrices (*Corallinacea*). Un recrutement de gorgones jaunes (*Eunicella cavolinii*) a également été observé sur le site le plus distant du rejet.

Analyse critique

	Principes	Évaluation	Commentaires
Définition de la restauration écologique	Écosystème dégradé		Dégradation des habitats marins (régression de l'herbier de posidonie, envasement des biocénoses de substrats durs, perte de fonctionnalités écologiques associées, etc.) par les rejets des eaux usées de Marseille dans la calanque de Cortiou.
	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées		Les récifs sont conçus pour exercer des fonctionnalités (abris, alimentation, repos, support) utiles à un panel d'espèces locales, mais ne prennent pas en compte l'ensemble des composantes de l'écosystème.
	Objectif de récupération		L'immersion de modules artificiels dans la calanque de Cortiou a pour objectif d'évaluer la capacité des récifs artificiels à diversifier et enrichir les communautés d'espèces dans ce secteur et de rétablir certaines fonctionnalités.
	Intégrité sur le long terme		La fin du projet étant récente, il est difficile de démontrer l'efficacité de ces structures sur le long terme. De plus, cette opération expérimentale ne vise pas à rétablir l'écosystème de référence.
	État initial		La nature des biocénoses et l'état initial des communautés ont été définies suite à l'étude de la bibliographie mise à disposition par le Parc National des Calanques ainsi que par des plongées de reconnaissances et étude géotechniques. L'ensemble des sites est caractérisé par un substrat meuble fin à grossier associé à la présence de débris coquilliers. La bibliographie permet de supposer une modification du substrat à proximité du rejet par l'apport de matières organiques ainsi que de dépôt de macrodéchets. Il aurait été néanmoins souhaitable de qualifier l'état physico-chimique de l'eau, identifié comme principale pression à l'origine de la dégradation de cet écosystème.
	État de référence		L'objectif du projet n'est pas d'atteindre un état de référence mais d'étudier la faisabilité d'enrichir et diversifier les communautés des espèces ainsi que de rétablir des fonctionnalités perdues à terme dans une telle zone de pression.
	Pressions identifiées		La principale pression ayant été identifiée est la présence du rejet des eaux usées dans la calanque, mais n'est pas suffisamment qualifiée (sur-sédimentation, eutrophisation, etc.).
	Processus intentionnel		Ce projet a été initié en réponse à un appel à idées lancé par le Parc National des Calanques en 2013. Il fait partie intégrante des actions du contrat de baie de la Métropole Aix-Marseille.
	Choix de stratégie d'intervention		La stratégie a été élaborée en concertation avec différents acteurs : Parc National des Calanques, Région, Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, DIRM, Préfecture Maritime, bureaux d'étude. Il manque néanmoins les évaluations scientifiques du CSRPN et du CS du Parc National.
	Réduction / suppression des pressions		Malgré une nette amélioration globale de la qualité des eaux au cours des 30 dernières années, l'impact engendré sur les petits fonds côtiers proches du rejet demeure et la bonne dynamique des écosystèmes n'est pas rétablie. Les processus de remédiation naturelle du site sont très lents et contraints par la qualité du substrat, structurelle (sable vaseux) et physico-chimique (présence de contaminants). À cela s'ajoute une pression supplémentaire de l'immersion de structure artificielle sur les habitats sédimentaires.
	Suivi		Entre 2018 et 2020, 4 campagnes en plongée ont permis de suivre l'évolution des fonctionnalités écologiques ainsi que la réalisation d'un inventaire faunistique et floristique sur le village de récifs. 10 campagnes de suivis acoustiques ont permis quant à elles de suivre l'évolution de la diversité spécifique et de l'abondance. Les composantes abiotiques n'ont pas été suivies sur ce projet. De plus les habitats sédimentaires sur lesquels ont été immergés les récifs ne sont pas suivis.

Ce projet d'ordre expérimental ne répond pas à la définition de restauration écologique retenue dans cette note. Il se situe à cheval entre la réhabilitation¹ et la réaffectation². Basé sur l'hypothèse d'une maîtrise de la pression engendrée par les rejets et d'une meilleure qualité des eaux, celle-ci persiste sur le site. Malgré une méconnaissance de l'état de référence de cet écosystème (antérieur à 1896, date d'installation des rejets d'eaux usées de Marseille), les études définissant l'état initial ont permis de caractériser l'ensemble des sites par un substrat meuble fin à grossier associé à la présence de débris coquilliers. Un choix a été fait de viser une augmentation de la diversité biologique et un renouvellement des fonctions écologiques au détriment de l'habitat sableux actuel. Ce projet expérimental répond en partie à la dégradation des habitats de la zone : régression de l'herbier de posidonie, envasement des biocénoses de substrats durs, perte de fonctionnalités écologiques associées, etc. Or des questions se posent sur les habitats sédimentaires qui déjà dégradés sont soumis à la pression des récifs artificiels et à la priorité des habitats à restaurer (sédimentaires, substrats durs).

¹ La réhabilitation est un processus visant à rétablir certaines fonctions spécifiques d'un écosystème dégradé (Le Floch & Aronson, 1995 ; Gann et al. 2019), à rétablir certains processus, la productivité et certains services de l'écosystème (SER 2004). L'objectif de la réhabilitation est donc purement fonctionnel : le milieu doit être « apte » à quelque chose qu'il n'est plus en capacité de faire.

² La réaffectation consiste à intervenir sur un écosystème pour le transformer afin qu'il assure un nouvel usage. Le milieu transformé peut être, en termes de structures ou de fonctions, complètement différent de l'écosystème préexistant (Le Floch & Aronson, 1995). Au contraire de la restauration, et même de la réhabilitation, la réaffectation ne vise donc pas la récupération de l'écosystème dégradé ou perdu ni de ses fonctions mais l'établissement d'un nouvel écosystème choisi pour répondre à des intérêts anthropocentrés. Ce type d'action peut être mené lorsque l'écosystème est jugé trop dégradé pour envisager son rétablissement, même fonctionnel (Aronson et al. 1995 ; Lenfant et al. 2015) mais peut également qualifier la transformation volontaire d'un écosystème non dégradé (e.g. mise en culture d'un espace) (Le Floch & Aronson 1995)..

Analyse des projets collectés

Bien que la totalité des retours d'expérience traités répondent au constat de la dégradation d'un écosystème, plusieurs principes nécessaires retenus dans cette note ne sont que partiellement remplis :

	Objet		Objectif de récupération		Méthode						Progression vers l'objectif
	Écosystème dégradé	Ensemble des composantes de l'écosystème ciblées	Objectif de récupération	Intégrité sur le long terme	État initial	État de référence	Pression identifiées	Processus intentionnel	Choix de stratégie d'intervention	Réduction / surpression des pressio,s	Suivi
1	Vert	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
2	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange
3	Vert	Orange	Vert	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert	Rouge
4	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert
5	Vert	Orange	Orange	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange
6	Vert	Orange	Vert	Orange	Vert	Rouge	Vert	Vert	Vert	Vert	Orange
7	Vert	Orange	Orange	Rouge	Vert	Orange	Orange	Vert	Orange	Rouge	Orange
8	Vert	Orange	Vert	Orange	Vert	Rouge	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange
9	Vert	Orange	Vert	Rouge	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange
10	Vert	Orange	Vert	Rouge	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange
11	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert
12	Vert	Orange	Orange	Rouge	Vert	Rouge	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange
13	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Vert	Vert	Vert	Orange	Orange	Orange
14	Vert	Vert	Vert	Orange	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert	Vert
15	Vert	Orange	Rouge	Rouge	Orange	Rouge	Orange	Vert	Orange	Rouge	Rouge

Après analyse, **27 % des projets étudiés, ne ciblent aucun un état de référence et 46 % n'ont justifié que partiellement la référence souhaitée.** Cela est principalement expliqué par un manque d'informations historiques. Ainsi sur 15 projets analysés, seul 27 % visent un état de référence clairement défini. **Or si l'on veut démontrer le succès d'une opération ou d'un ensemble d'actions de restauration, il est nécessaire de se baser sur un modèle d'écosystème intègre et fonctionnel dont on s'est éloigné en raison des dégradations.**

De même, seuls 33 % des projets reçus visent une récupération de l'ensemble des composantes de l'écosystème. La majorité s'intéressent uniquement à un voir deux compartiments.

Les écosystèmes marins sont majoritairement résilients une fois les pressions maîtrisées. Il est donc primordial de laisser les écosystèmes se régénérer spontanément. Malheureusement, les pressions pesant sur les habitats dégradés ne sont pas systématiquement levées ou suffisamment maîtrisées pour 73 % des actions analysées. Cela entraîne une **inefficacité** ainsi qu'un **surcoût** de l'opération de restauration.

Dans un idéal théorique, avant toute intervention, il est nécessaire que l'ensemble des composantes de l'écosystème fassent l'objet d'un **état initial**. Celui-ci permet de nourrir les réflexions autour d'une stratégie de restauration à adopter. Or dans la pratique, comme illustrés par les retours d'expérience **67 % des projets analysés ne réalisent ce travail que partiellement. La connaissance de l'ensemble de ces informations étant rare et complexe, cela demande un effort financier et**

organisationnel directement contraints par un manque de moyens humains et financiers attribués aux projets. Néanmoins, sans être exhaustif, il est recommandé d'avoir a minima une compréhension des composantes les plus représentatives de l'écosystème ciblé.

Seuls **20 % des retours d'expérience réalisent un suivi complet des actions engagées.** La question du suivi de l'efficacité des opérations engagées est également contrainte par le **manque de moyens financiers et la faible étendue temporelle des projets** qui se limitent trop souvent à des études de recherche de courte durée (inférieure à 3 ans). Or le **suivi des actions de restauration sur des temps longs est nécessaire.** On peut en effet citer le projet porté par l'Agence de l'eau s'étant déroulé sur la Hem (Agence de l'eau Artois Picardie, 2021) visant à démanteler un ancien moulin et restaurer les caractéristiques hydromorphologiques de cette rivière. Bien que des effets positifs soient rapidement visibles (augmentation du nombre de frayères, retour d'espèces d'intérêt, amélioration globale de la morphologie du cours d'eau), les équipes en charge du suivi ont montré que le site restauré était, 7 ans après le lancement des opérations, encore en évolution et non-stabilisé.

Aucun retour d'expérience n'a permis de conclure que les actions engagées permettaient de garantir l'intégrité de l'écosystème sur le long terme. Plusieurs raisons peuvent expliquer ce constat. Tout d'abord, la majorité des projets recensés dans cette note sont récents ou sont en cours de réalisation. De même, lorsque les actions ne sont pas suivies, il est difficilement justifiable de démontrer l'efficacité des travaux réalisés.



Macro-déchets dans un herbier de posidonies (*Posidonia oceanica*)
© Antonin Guilbert / Office français de la biodiversité

Guides et outils autour de la restauration écologique

Il existe différents guides pour accompagner la mise en œuvre de projets de restauration et outils permettant de prendre connaissance de projets ayant nécessité des actions de restauration, permettant ainsi de profiter de retours d'expériences.

Plateforme LittoreX

Cette plateforme collaborative de retours d'expériences initiée par l'OFB et le BRGM est disponible à partir du lien suivant : <https://littorex.brgm.fr/>

Elle a vocation à :

- Retracer l'historique des actions mises en œuvre pour la restauration des habitats littoraux et marins,
- Partager le même cadre méthodologique,
- Cartographier les acteurs impliqués au titre des différentes directives,
- Aider au choix des stratégies à mettre en œuvre (prioriser les questionnements, flécher les financements etc.),
- Partager les retours d'expériences.

Contacts :

Isabelle GAILHARD-ROCHER – OFB
isabelle.gailhard-rocher@ofb.gouv.fr
Cécile CAPDERREY – BRGM :
c.capderrey@brgm.fr

Centre de ressources Natura2000

Des actions contribuant aux stratégies de restauration ont fait l'objet de capitalisations au sein du Centre de Ressource Natura 2000.

- Celles concernant les actions réalisées en Méditerranée sont consultables à partir du lien suivant : <http://www.natura2000.fr/documentation/references-bibliographiques/capitalisation-sur-mesures-gestion-au-sein-aies-marines>
- Celles concernant les actions réalisées en Atlantique sont consultables à partir du lien suivant : <http://www.natura2000.fr/documentation/references-bibliographiques/fiches-capitalisation-sur-mesures-gestion-suivi-dans-amp>

Guide de lutte contre la spartine invasive *Sporobolus alterniflorus*

Développé par le Parc Naturel Régional d'Armorique dans le cadre du projet LIFE IP Marha, ce guide est principalement destiné aux gestionnaires d'espaces naturels confrontés à la présence de spartines non indigènes dans leurs sites. Même s'il concerne principalement la Spartine américaine, il peut également s'appliquer aux autres spartines non indigènes dans la mesure où elles se développent selon le même processus et sur les mêmes types de milieu.

Il est disponible à du partir du lien :

<https://www.calameo.com/ofbiodiversite/books/00350294843a08ab9cda6>

Guides de mise en place de Zones de mouillages, d'équipements légers (ZMEL) et de mouillages écologiques

Dans le cadre du Life Marha, l'Office français de la biodiversité et les services de l'Etat publient la première édition des fiches pratiques pour la mise en œuvre de ZMEL et de mouillages écologiques en Atlantique, Manche et mer du Nord :

https://www.amp.milieumarinfrance.fr/upload/iedit/10/pj/4580_13662_Fiches_ZMEL_mouillages_ecologiques_2023.pdf

Les fiches détaillent notamment comment l'environnement doit être pris en compte dans la conception d'un projet de ZMEL, quels sont les dispositifs de mouillage innovants existants, comment suivre l'efficacité des aménagements pour réduire l'impact sur les fonds marins, quels sont les coûts associés et les sources de financement et comment communiquer sur le projet pour favoriser l'adhésion locale.

Ces fiches viennent en complément du guide national « *Créer, gérer et organiser les ZMEL* » : https://mer.gouv.fr/sites/default/files/2020-12/Guide_zone_mouillage_equipements_legers_0.pdf

Principes et normes internationaux pour guider les pratiques de la restauration écologique

Dans le cadre de la Décennie des Nations Unies pour la restauration des écosystèmes, la FAO, les membres de la Society for Ecology Restoration (SER) ainsi que de l'IUCN se sont associés en 2021. Ils ont mené un travail collectif visant à rédiger dix principes directeurs qui sous-tendent l'ensemble des activités de restauration des écosystèmes, en collaboration avec le Centre pour la recherche forestière internationale et l'agroforesterie mondiale (CIFOR-ICRAF), le Réseau écosanté, le Fonds mondial pour la nature (WWF) et le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE). Après la publication des principes en septembre 2021, et suivant la même approche collaborative, l'ensemble des partenaires a continué à coordonner l'élaboration des principes et normes internationaux pour guider les pratiques de la restauration écologique afin de fournir des orientations sur l'application des dix principes à toutes les composantes de la restauration des écosystèmes. Ce guide mis à jour en 2024 est disponible en ligne en suivant le lien https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/docs/Standards_of_practice_to_gui.pdf. Une version française est prévue pour l'année 2025.

Outil GéoMCE

L'article 69 de la loi pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages du 8 août 2016 précise que « les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité définies au I de l'article L.163-1 sont géolocalisées et décrites dans un système national d'information géographique, accessible au public sur Géoportail.

« Les maîtres d'ouvrage fournissent aux services compétents de l'Etat toutes les informations nécessaires à la bonne tenue de cet outil par ces services » (article L.163-5 du code de l'environnement).

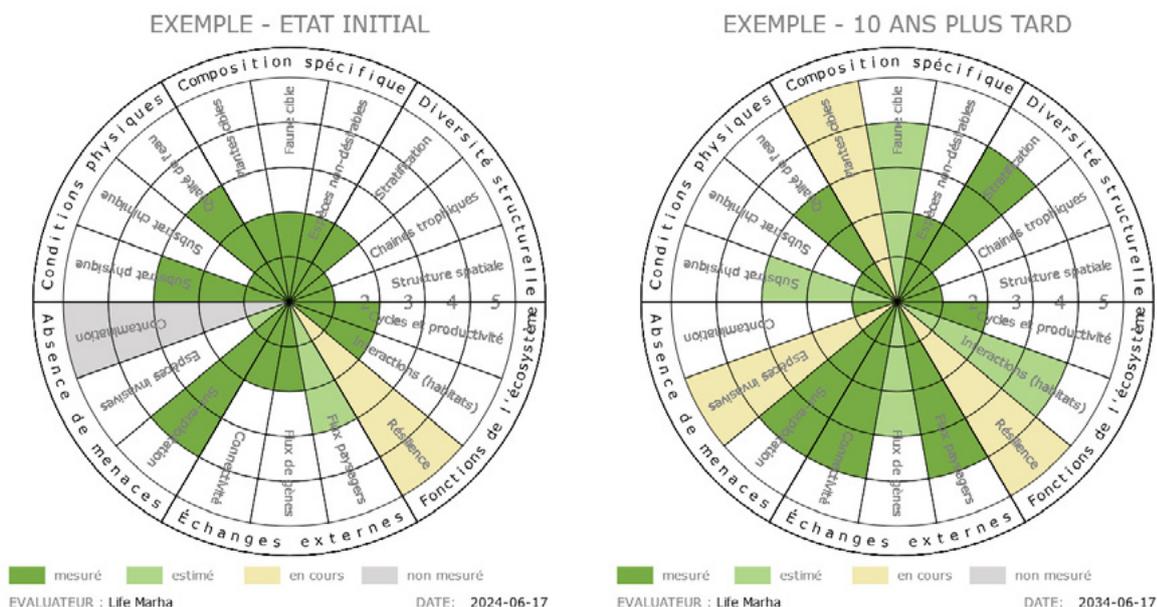
Ainsi, dès lors qu'un projet comporte des mesures destinées à compenser les atteintes à la biodiversité, les porteurs de projet ont pour obligation de fournir aux services instructeurs de l'Etat un fichier compressé au format « .zip » (comportant des données descriptives et cartographiques). Ce fichier est obtenu à partir d'un gabarit QGIS et permet d'importer les données dans l'outil national de géolocalisation des mesures compensatoires environnementales dénommé GéoMCE.

Malheureusement cet outil ne permet pas aujourd'hui de remplir son rôle de partage de retours d'expérience et d'aide à la prise de décision. En effet, bien qu'obligatoire, la remontée d'informations est grandement incomplète et ne permet pas de visualiser de manière exhaustive l'ensemble des mesures compensatoires mises en œuvre sur le territoire français, rendant cet outil inexploitable.

Recovery Wheel

Un outil de suivi de l'efficacité des opérations de restauration a été développé par la SER : la « Recovery Wheel ».

Cet outil permet de suivre l'évolution des attributs de l'écosystème par rapport à ceux d'un modèle de référence. Il est disponible et personnalisable pour chaque projet à partir du lien suivant : <https://www.ser.org/page/Standards-Tools>



Exemple du suivi de l'évolution de l'efficacité d'un projet de restauration écologique par l'utilisation de la Recovery wheel

Outils spécifiques par type d'habitat

Selon le type d'habitat ciblé, la thématique de la restauration peut être plus ou moins bien structurée. Le tableau non exhaustif, ci-dessous, dresse quelques exemples d'outils en lien avec la restauration d'habitats spécifiques.

GTH	Outil	Description	Lien
1. Les herbiers de phanérogames marines	Lignes directrices pour la restauration active des herbiers de posidonie	Ces lignes directrices ont été produites dans le cadre du « Mediterranean Posidonia Network », avec le soutien financier de l'OFB, et la participation de tous les participants du groupe de travail « Restauration de la Posidonie »	https://medposidonianetwork.com/the-mediterranean-posidonia-network-at-the-cop23-med-barcelona-convention-copy-copy/
2. Les Forêts de macroalgues	Kelp Forest Alliance	La Kelp Forest Alliance rassemble des personnes et des organisations internationales travaillant sur les forêts de macroalgues et vise à améliorer la protection et la restauration de ces écosystèmes	https://kelpforestalliance.com/
3. Les agrégations de bivalves	Native Oyster Restoration Alliance (NORA)	La restauration de cet écosystème est appelée shellfish restoration. Elle bénéficie de nombreux retours d'expériences dans le monde. Il existe des colloques internationaux centrés sur cette restauration (ICSR). Et pour l'Europe, la restauration de l'huitre plate fait l'objet d'une Alliance : la Native Oyster Restoration Alliance (NORA). Celle-ci partage à l'échelle européenne des retours d'expériences, une liste d'experts, différents manuels... le tout sur une plateforme dédiée	https://nora-europe.eu

Méthodes de suivi par type d'habitat

Pour démontrer l'efficacité d'une action de restauration, il est indispensable de réaliser un suivi sur le long terme. Le tableau ci-dessous, renseigne des exemples de protocoles de suivi pouvant être mis en œuvre.

GTH	Description	Lien
1. Les herbiers de phanérogames marines	Commun aux deux façades <ul style="list-style-type: none"> Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). <i>Zostera marina</i> - <i>Zostera noltei</i> Protocole OPHZ's (Observatoire participatif des herbiers de zostères et syngnathidés) 	https://archimer.ifremer.fr/doc/00471/58250/ https://www.life-marha.fr/node/281
	Façade méditerranéenne <ul style="list-style-type: none"> Protocole EBQI-Posidonie 	https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0098994
2. Les Forêts de macroalgues	Façade atlantique <ul style="list-style-type: none"> Intertidal : Protocole d'observation in situ et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans le cadre DCE Subtidal : Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2) Version 2014 	https://atlas-dce.ifremer.fr/upload/doc/DCE_macroalgues_protocoles_et_indicateurs.pdf https://www.stationmarinedeconcarneau.fr/sites/concarneau/files/atoms/files/1-rapport_protocole_dce-2_subtidal_rocheux_2022-v4_0.pdf
	Façade méditerranéenne <ul style="list-style-type: none"> Protocole EBQI « Roches infralittorales à algues photophiles » 	https://www.researchgate.net/publication/313549414_An_ecosystem-based_approach_to_assess_the_status_of_Mediterranean_algae-dominated_shallow_rocky_reefs ou https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0025326X17300413?via%3Dihub
3. Bancs de maërl	Façade atlantique <ul style="list-style-type: none"> Protocole Ex-REBENT Bretagne stationnel Maërl Protocole de la caractérisation état de santé des bancs de maërl par photo-identification 	https://reben.ifremer.fr/content/download/157795/file/FT02-2003-01.pdf https://www.calameo.com/read/007431401f9191aa1dcdd?authid=2wp6oDvmvLoa
	Façade méditerranéenne <ul style="list-style-type: none"> Protocole EBQI-détritique côtier (rhodolithes) 	https://amu.hal.science/hal-04187007/file/Astruc%20et%20al.2023_CDB_EBQI_final%20HAL.pdf
4. Biocénose d'éponges, corail et coralligène	Façade méditerranéenne <ul style="list-style-type: none"> Protocole EBQI coralligène RECOR, un réseau de surveillance des peuplements du coralligène en mer 	https://www.researchgate.net/publication/268520931_AN_ECOSYSTEM-BASED_APPROACH_TO_ASSESS_THE_STATUS_OF_THE_MEDITERRANEAN_CORALLIGENOUS_HABITAT https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1470160X12000908
5. Sédiments meubles (jusqu'à 1000 m de profondeur)	Commun aux deux façades <ul style="list-style-type: none"> Protocole de suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidaux et intertidaux dans le cadre de la DCE. Façades Manche et Atlantique 	https://archimer.ifremer.fr/doc/00269/38067/
	Façade atlantique <ul style="list-style-type: none"> Protocole du réseau Réserves Naturelles de France (Observatoire du Patrimoine Naturel du Littoral) 	Non disponible en ligne, Contact : emmanuel.caillot@rnf.france.org

Enseignements à retenir

Coûts et bénéfices de la restauration

Dans sa note « Restoring Nature » de 2022, l'Union Européenne a évalué le coût/bénéfice pour les écosystèmes terrestres. Elle estime un coût à 154 milliards d'euros et un bénéfice de 1 860 milliards d'euros, mais reste imprécise pour le milieu marin. Parmi les coûts évoqués, il est cité la réalisation d'actions de restaurations actives, l'achat de terres, l'indemnisation des pêcheurs professionnels. L'Europe pourra soutenir les Etats membres notamment à l'aide du Cadre Financier Pluriannuel.

Dans la littérature, peu d'articles scientifiques font l'étude des coûts associés aux actions de restauration en milieu marin. Néanmoins, une étude australienne d'ampleur mondiale effectuée sur les projets de restauration des 40 dernières années a permis de réaliser une revue systématique en 2016, fournissant des analyses sur les coûts de la restauration marine et côtière. Elle s'est focalisée sur cinq écosystèmes en raison de la valeur de leurs biens et services et de la rapidité de leur déclin : la mangrove, les récifs coralliens, les récifs ostréicoles et les herbiers marins. Le coût global des actions de restauration variait considérablement entre et au sein même des écosystèmes. Ainsi, comparés aux écosystèmes terrestres, les écosystèmes côtiers marins, en particulier les récifs coralliens, les herbiers marins et les récifs ostréicoles, sont les plus coûteux à restaurer (Bayraktarov et al., 2016 ; 2019). Cette différence peut être expliquée par l'accès difficile au milieu marin, nécessitant des moyens humains et matériels spécifiques et coûteux.

L'analyse coûts-avantages (ACA) est un outil important pour appuyer la prise de décision et est un moyen courant d'évaluer les investissements environnementaux dans diverses industries marines telles que l'exploitation du pétrole, du gaz et des parcs éoliens offshore. Il est également courant de réaliser une analyse coûts-avantages sociaux (social cost benefit analysis (SCBA)) où les exigences sociales sont prises en compte (Boardman et al., 2018). Si les avantages totaux dépassent les coûts totaux de la restauration, on peut considérer que la restauration a des avantages économiques nets pour la société (Pendleton et al., 2010). Ainsi parmi différentes études on peut citer celle de Stewart-Sinclair et al. (2020). L'équipe a mené une analyse spatiale globale des coûts-avantages pour déterminer si la valeur monétaire des services écosystémiques fournis par quatre habitats marins (récifs coralliens, mangroves, marais salés et herbiers) dépassait le coût de la restauration. Ils ont constaté que les avantages l'emportaient sur les coûts de restauration pour les quatre écosystèmes.

En France, on peut citer l'étude du Ruitton et al. de 2021, qui de par le projet Ghost Med, s'est penchée

sur l'analyse des coûts-bénéfices d'actions de retrait de filets perdus en méditerranée (restauration naturelle). Ces actions vont de mille à quelques milliers d'euros. Ils ont démontré que la récupération des engins de pêche perdus permet de réduire leurs impacts sur le milieu (pêche fantôme notamment) et ainsi de rétablir les services écosystémiques dégradés. Ils en concluent que la valeur économique d'un écosystème ou des services rendus par la nature est largement supérieure aux coûts de ces opérations. Cette notion est complexe et souvent soumise à débat. À cela, il faut ajouter des considérations patrimoniales, éthiques et affectives dont la valeur monétaire est difficilement mesurable. On peut considérer que toute action de restauration est un investissement à long terme afin de limiter la dégradation de l'environnement. Ces actions de restauration ont aussi des effets directs sur la sécurité des usages en mer et activités maritimes par la suppression des risques générés par les engins de pêche perdus sur les activités nautiques et subaquatiques, ainsi que la navigation.

Enfin, le bilan du retour sur investissement dépend de l'échelle de temps sur laquelle on se place. Plus la période considérée sera longue plus le bilan sera positif.



Herbiers de zostères marines (*Zostera marina*) dans le site Natura 2000 "Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne"
© Benjamin Guichard / Office français de la biodiversité



Laminaria à bulbe (*Saccorhiza polyschides*) en ceinture dense
© Emmanuel Donfut / Office français de la biodiversité

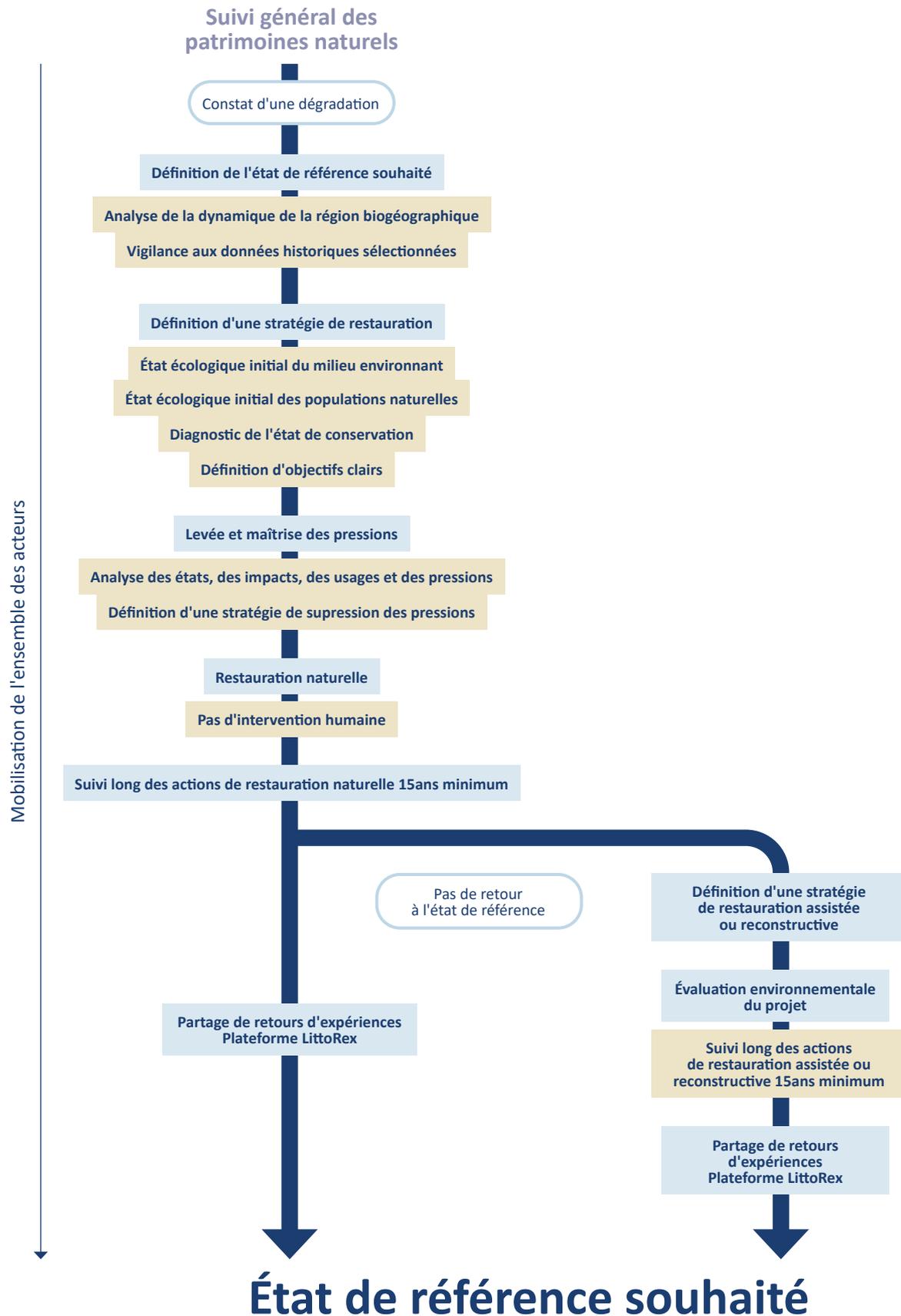
Clés de réussite d'un projet de restauration

Il a été démontré que pour maximiser les chances de succès, une action de restauration des habitats marins doit répondre à quatre critères (Bayraktarov et al., 2016) :

- 1. La compréhension du fonctionnement de l'écosystème (les conditions physiques et biologiques nécessaires à son développement ainsi que les fonctions fournies par l'écosystème) ;**
- 2. L'élimination des facteurs de pression anthropiques qui entravent la régénération naturelle (p. ex., la pollution, l'eutrophisation, l'hydrologie altérée, les dommages physiques) ;**
- 3. Des objectifs clairement définis afin d'évaluer la réussite des mesures de restauration. En effet, beaucoup de projets se fixent des objectifs simples tels que l'augmentation de la biomasse ou du**
- 4. Un suivi des opérations sur le long terme de 15 à 20 ans plutôt que sur des périodes trop souvent inférieures à 5 ans.**

De plus, les actions de restauration les plus efficaces sont les projets mobilisant une pluralité d'acteurs (acteurs politiques, usagers et scientifiques) et partageant leur expérience via des retours d'expériences (Bayraktarov et al., 2016). Ces critères sont repris comme étant des éléments clés de réussite des projets de restauration au sein de la Note « Restoring Nature » (European Commission, 2022).

Une esquisse de logigramme peut ainsi être dessinée :



Logigramme synthétique de mise en place d'opérations de restauration

Conclusion

Cette note rédigée dans le cadre du projet Life IP Marha, vise à **améliorer l'efficacité du dispositif Natura 2000 et de préparer la mise en œuvre du règlement européen de la restauration de la nature**. La définition de la restauration retenue dans cette note est la suivante : *« processus intentionnel visant à permettre la récupération d'un écosystème ayant subi des dégradations et ciblant un état de référence. Cette référence, que l'on souhaite rétablir ou atteindre, est définie par un état approprié de l'ensemble des composantes de l'écosystème (biotiques, abiotiques et fonctionnelles) garantissant son intégrité à long terme. Un continuum d'interventions peut être mené selon le niveau de dégradation et ses causes : (i) les pressions ayant mené aux dégradations sont levées ou atténuées à un niveau permettant la récupération naturelle de l'écosystème, et (ii) si l'intervention sur les pressions en cause ne suffit pas au regard de l'objectif de restauration, des interventions sur les composantes de l'écosystème dégradé peuvent être envisagées pour assister voire accélérer sa récupération. »*

À partir de cette définition, il ressort plusieurs principes nécessaires indissociables permettant de valider l'approche de projets de restauration dans le cadre du Règlement :

1. **Partir d'un écosystème dégradé ;**
2. **Considérer l'ensemble des composantes d'un écosystème (abiotiques, biotiques et fonctionnelles) ;**
3. **Viser la récupération de l'écosystème dégradé vers un état de référence « connu » ou « estimé » ;**
4. **Garantir l'intégrité de l'écosystème à long terme (sans maintien de mesure(s) de restauration) ;**
5. **Définir un état initial et qualifier la « dégradation » de l'écosystème ;**
6. **Définir l'état de référence d'un écosystème ;**
7. **Identifier le(s) pression(s) à l'origine de la dégradation ;**
8. **Partir d'une approche intentionnelle ;**
9. **Évaluer le niveau d'intervention nécessaire à l'atteinte de l'objectif (choix de la stratégie d'intervention) ;**
10. **Éliminer ou réduire à un niveau soutenable, ou justifier qu'elles n'ont plus cours, les pressions à l'origine de l'état dégradé ;**
11. **Suivre et attester de la récupération de l'ensemble des composantes de l'écosystème vers l'état référence.**

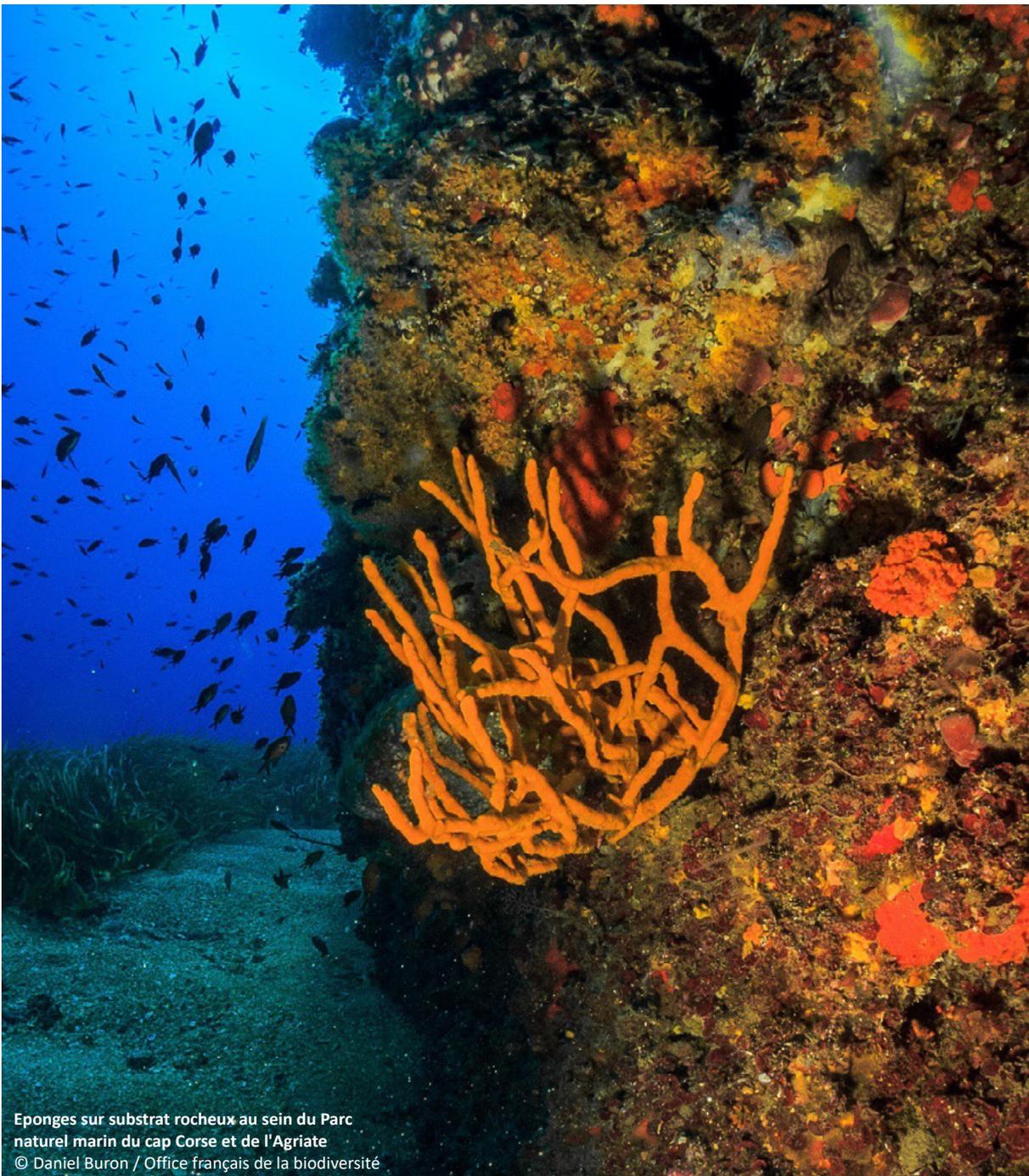
La mobilisation de l'ensemble des acteurs est indispensable sur l'ensemble du processus afin de garantir l'acceptation des mesures qui en découleront.

Des travaux sont encore nécessaires pour aider les porteurs de projets et les décideurs à mieux appréhender ces principes. C'est le cas notamment de la notion **d'état de référence** qui du fait d'un manque de connaissance et d'une amnésie environnementale, biaise l'état vers lequel on souhaite tendre ; et cela d'autant plus lorsque l'écosystème passe le seuil de transition catastrophique. C'est également le cas de la notion d'appréciation de **l'ensemble des composantes de l'écosystème** dans l'élaboration d'une stratégie de restauration. De par la visée opérationnelle de cette note, il apparaît important de continuer à travailler sur le contenu de ces principes pouvant être difficilement opérables.

Enfin, la majorité des projets recensés et analysés dans cette note sont des projets de restauration partielle (une seule composante de l'écosystème ciblée et/ou une seule pression maîtrisée). Or il existe de récents travaux s'intéressant à la mise en place de stratégie globale de restauration des écosystèmes (multi-composantes, multi-pressions, multi-fonctionnalités). Ces travaux n'ont pas pu être analysés dans cette note, mais on peut citer par exemple le projet TerraRade. Né en 2023, ce contrat territorial de la rade de Brest et des bassins versants de l'Aulne et de l'Élorn, est un projet co-piloté par Brest Métropole, le Syndicat de bassin versant de l'Élorn (SBE), et l'Établissement public d'aménagement et de gestion du bassin versant de l'Aulne (EPAGA). Soutenu par l'Agence de l'eau Loire-Bretagne et la Région Bretagne, ce programme d'action a pour objectif de préserver la qualité de l'eau de la rade, ses écosystèmes et ses usages associés grâce à une réflexion partagée entre les acteurs de la rade et de ses bassins versants. Ce contrat est articulé autour de quatre défis à relever : 1/ Adapter l'aménagement du territoire, les installations et les pratiques afin de réduire les transferts de matières affectant le fonctionnement des écosystèmes et leurs usages ; 2/ Restaurer et préserver la biodiversité et les ressources marines qui en dépendent ; 3/ Mettre en œuvre à l'échelle du périmètre hydrographique de la rade, une gouvernance locale pertinente, renforçant la communauté Terre-Mer et 4/ Approfondir et partager la connaissance sur le fonctionnement du socio-écosystème rade/bassins versant et ses évolutions. Ainsi l'écosystème dans sa globalité sera sujet à différentes réflexions et travaux.

Comme nous avons pu le voir, la restauration répond au constat de la dégradation d'un écosystème. Bien que le fonctionnement de certains écosystèmes marins soit relativement bien connu, il reste encore des progrès scientifiques à réaliser sur plusieurs d'entre eux. En ce sens, la restauration écologique implique des défis scientifiques qu'il faudra relever. En milieu marin, la restauration écologique n'en est qu'à son commencement, et elle doit se reposer sur des approches scientifiques renforcées d'écologie de la restauration. À cela s'ajoute

la science, relativement nouvelle qu'est l'écologie de la restauration en milieu marin. Ainsi, par lacune scientifique et par une non-action sur les pressions pesant sur le milieu marin, certaines opérations assimilées à de la restauration assistée ou reconstructive peuvent générer une pression supplémentaire sur un habitat déjà dégradé. Il est donc primordial de supprimer ou réduire à un niveau soutenable les pressions pesant sur les écosystèmes en amont d'une quelconque opération de restauration.



Eponges sur substrat rocheux au sein du Parc naturel marin du cap Corse et de l'Agriate
© Daniel Buron / Office français de la biodiversité

Bibliographie

Abelson, A., Halpern, B. S., Reed, D. C., Orth, R. J., Kendrick, G. A., Beck, M. W., Belmaker, J., Krause, G., Edgar, G. J., Airolidi, L., Brokovich, E., France, R., Shashar, N., de Blaeij, A., Stambler, N., Salameh, P., Shechter, M., & Nelson, P. A. (2016). Upgrading Marine Ecosystem Restoration Using Ecological-Social Concepts. *Bioscience*, 66(2), 156-163.

<https://doi.org/10.1093/biosci/biv171>

Agence de l'eau Artois Picardie, L. (2021). Effacement de l'ouvrage du Moulin de la Leuleune et restauration hydromorphologique sur la Hem. 4.

https://professionnels.ofb.fr/sites/default/files/pdf/cdr-ce/REX2021_Moulin%20Leulenne%20sur%20la%20Hem_Fiche%204%20pages_V5%20OK.pdf

Alleway, H. K., & Connell, S. D. (2015). Loss of an ecological baseline through the eradication of oyster reefs from coastal ecosystems and human memory. *Conservation Biology: The Journal of the Society for Conservation Biology*, 29(3), 795-804.

<https://doi.org/10.1111/cobi.12452>

Arrêté du 19 février 2007 fixant les conditions de demande et d'instruction des dérogations définies au 4° de l'article L. 411-2 du code de l'environnement portant sur des espèces de faune et de flore sauvages protégées. - Légifrance. (s. d.).

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LE-GITEXT000006055961>

Atkinson, J., & Bonser, S. P. (2020). « Active » and « passive » ecological restoration strategies in meta-analysis. *Restoration Ecology*, 28(5), 1032-1035.

<https://doi.org/10.1111/rec.13229>

Bayraktarov, E., Saunders, M. I., Abdullah, S., Mills, M., Beher, J., Possingham, H. P., Mumby, P. J., & Lovelock, C. E. (2016). The cost and feasibility of marine coastal restoration. *Ecological Applications*, 26(4), 1055-1074.

<https://doi.org/10.1890/15-1077>

Bayraktarov, E., Stewart-Sinclair, P. J., Brisbane, S., Boström-Einarsson, L., Saunders, M. I., Lovelock, C. E., Possingham, H. P., Mumby, P. J., & Wilson, K. A. (2019). Motivations, success, and cost of coral reef restoration. *Restoration Ecology*, 27(5), 981-991.

<https://doi.org/10.1111/rec.12977>

Beck, M. W., Heck, K. L., Able, K. W., Childers, D. L., Eggleston, D. B., Gillanders, B. M., Halpern, B., Hays, C. G., Hoshino, K., Minello, T. J., Orth, R. J., Sheridan, P. F., & Weinstein, M. P. (2001). The Identification, Conservation, and Management of Estuarine and Marine Nurseries for

Fish and Invertebrates : A better understanding of the habitats that serve as nurseries for marine species and the factors that create site-specific variability in nursery quality will improve conservation and management of these areas. *BioScience*, 51(8), 633-641.

[https://doi.org/10.1641/0006-3568\(2001\)051\[0633:-TICAMO\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1641/0006-3568(2001)051[0633:-TICAMO]2.0.CO;2)

Boardman, A. E., Greenberg, D. H., Vining, A. R., & Weimer, D. L. (2018). *Cost-Benefit Analysis : Concepts and Practice* (5^e éd.). Cambridge University Press.

<https://doi.org/10.1017/9781108235594>

Borja, A., Andersen, J. H., Arvanitidis, C. D., Basset, A., Buhl-Mortensen, L., Carvalho, S., Dafforn, K. A., Devlin, M. J., Escobar-Briones, E. G., Grenz, C., Harder, T., Katsanevakis, S., Liu, D., Metaxas, A., Morán, X. A. G., Newton, A., Piroddi, C., Pochon, X., Queirós, A. M., ... Teixeira, H. (2020). Past and Future Grand Challenges in Marine Ecosystem Ecology. *Frontiers in Marine Science*, 7.

<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.00362>

Boudouresque, C., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., & Tunesi, L. (2012). *Protection and conservation of Posidonia oceanica meadows* (RAMOGE and RAC/SPA publisher).

https://www.researchgate.net/publication/233746506_Protection_and_Conservation_of_Posidonia_oceanica_Meadows

Boudouresque, C., Blanfune, A., Pergent, G., & Thibaut, T. (2021). Restoration of Seagrass Meadows in the Mediterranean Sea : A Critical Review of Effectiveness and Ethical Issues. *Water*, 13, 1034.

<https://doi.org/10.3390/w13081034>

Bougault, C., Hardegen, M., Quéré, E., & Direction régionale de l'environnement de Bretagne (DIREN de Bretagne). (2004). Site Natura 2000 n°46 : Rade de Brest, Estuaire de l'Aulne. Inventaire et cartographie des habitats terrestres et des espèces végétales d'intérêt communautaire. Conservatoire botanique national de Brest.

https://www.cbnbrest.fr/catalogue_en_ligne/index.php?lvl=notice_display&id=3666

Chen, W., Hynes, S., Wallhead, P., Tinch, R., Gambi, C., Danovaro, R., with Fagerli, C., Groeneveld, R., Papadopoulou, N., Smith, C., O'Connor, E., Andersen, G. S., & Billett, D. (2020). D7.5 : *Social cost and benefits analysis for marine restoration and the policy relevance : Case studies from Europe* (p. 36).

Chevrand-Breton, L. (2021). L'évaluation des incidences Natura 2000 en mer : Un outil de protection du milieu à l'interface entre logique conciliatrice et développement de l'expertise de terrain (p. 58). *Life Marha*.

<https://www.calameo.com/ofbiodiversite/read/003502948e89e215862a9>

Cochet, M., Brown, M., Kube, P., Elliott, N., & Delahunty, C. (2015). Understanding the impact of growing conditions on oysters : A study of their sensory and biochemical characteristics. *Aquaculture Research*, 46(3), 637-646

<https://doi.org/10.1111/are.12210>

De Falco, G., Molinaroli, E., Conforti, A., Simeone, S., & Tonielli, R. (2017). Biogenic sediments from coastal ecosystems to beach-dune systems : Implications for the adaptation of mixed and carbonate beaches to future sea level rise. *Biogeosciences*, 14(13), 3191-3205.

<https://doi.org/10.5194/bg-14-3191-2017>

De Wit, R., Leruste, A., Le Fur, I., Maki Sy, M., Bec, B., Ouisse, V., Derolez, V., & Rey-Valette, H. (2020). A Multidisciplinary Approach for Restoration Ecology of Shallow Coastal Lagoons, a Case Study in South France. *Frontiers In Ecology And Evolution*, 8(108).

<https://doi.org/10.3389/fevo.2020.00108>

Direction générale de l'environnement (Commission européenne). (2022). *Restoring nature : For the benefit of people, nature and the climate*. Office des publications de l'Union européenne.

<https://data.europa.eu/doi/10.2779/439286>

Directive 92/43/CEE du Conseil, du 21 mai 1992, concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvages, CONSIL, 206 OJ L (1992).

<http://data.europa.eu/eli/dir/1992/43/oj/fra>

Directive 2000/60/CE du Parlement européen et du Conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau, EP, CONSIL, 327 OJ L (2000).

<http://data.europa.eu/eli/dir/2000/60/oj/fra>

Directive 2008/56/CE du Parlement Européen et du Conseil du 17 juin 2008 établissant un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin (directive-cadre stratégie pour le milieu marin), EP, CONSIL, 164 OJ L (2008).

<http://data.europa.eu/eli/dir/2008/56/oj/fra>

Directive 2009/147/CE du Parlement européen et du Conseil du 30 novembre 2009 concernant la conservation des oiseaux sauvages (Version codifiée), CONSIL, EP, 020 OJ L (2009).

<http://data.europa.eu/eli/dir/2009/147/oj/fra>

Directive 2014/89/UE du Parlement européen et du Conseil du 23 juillet 2014 établissant un cadre pour la planification de l'espace maritime, EP, CONSIL, 257 OJ L (2014).

<http://data.europa.eu/eli/dir/2014/89/oj/fra>

Dizerbo, A. H. (1958). Itinéraire d'excursions botaniques dans la Presqu'île de Crozon. *Penn ar bed*, n°14, 4-9.

Duchene, J., Bernard, I., & Pouvreau, S. (s. d.). *Vers un retour de l'huître indigène en rade de Brest*.

<https://archimer.ifremer.fr/doc/00270/38085/36220.pdf>

Edwards, M., John, A. W. G., Hunt, H. G., & Lindley, J. A. (1999). Exceptional influx of oceanic species into the North Sea late 1997. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 79(4), 737-739.

<https://doi.org/10.1017/S0025315498000885>

European Environment Agency (EU body or agency). (2020). *State of nature in the EU : Results from reporting under the nature directives 2013 2018*. Publications Office of the European Union.

<https://data.europa.eu/doi/10.2800/088178>

FAO. (2022). *Décennie des Nations Unies pour la restauration des écosystèmes*.

<https://doi.org/10.4060/cc0461fr>

Féral, J., Niquil, N., Le Loc'h, F., Beaugrand, G., Mialet, B., Rombouts, I., Fizzala, X., Renaud, F., & Durieux, E. (2012). *Rapport final sur la définition du Bon Etat Ecologique (BEE)—Descripteur 4. Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) Définition du Bon Etat Ecologique (BEE)* (p. 105).

https://dcsmm.milieu marin france.fr/content/download/4755/file/Rapport_final_D4.pdf

Fourqurean, J. W., Duarte, C. M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M. A., Apostolaki, E. T., Kendrick, G. A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K. J., & Serrano, O. (2012). Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. *Nature Geoscience*, 5(7), Article 7.

<https://doi.org/10.1038/ngeo1477>

Francour, P., Taneez, M., Hurel, C., Guibbolini, M., & Risso, C. (2017). *État des lieux de la zone aménagée en récifs artificiels à l'aide de pneumatiques dans la baie de Golfe Juan (Alpes-Maritimes, France). Rapport final, octobre 2017.* Convention de partenariat Agence des aires marines protégées et Université Nice-Sophia Antipolis.

https://www.researchgate.net/publication/321916415_Etat_des_lieux_de_la_zone_ameegee_en_recifs_artificiels_a_l'aide_de_pneumatiques_dans_la_baie_de_Golfe_Juan_Alpes-Maritimes_France_Rapport_final_octobre_2017

Gallet, S., Jaunatre, R., Regnery, B., Alignan, J.-F., Heckenroth, A., Muller, I., Bernez, I., Combroux, I., Glasser, T., Jund, S., Lelièvre, S., Malaval, S., Moussard, S., Vécrin-Stablo, M.-P., & Buisson, E. (s. d.). *L'écologie de la restauration en France. Dynamique actuelle et rôle d'un réseau multi-acteurs, REVER.*

<https://sciencepress.mnhn.fr/sites/default/files/articles/pdf/naturae-7-pdf.pdf>

Gann, G. D., McDonald, T., Walder, B., Aronson, J., Nelson, C. R., Jonson, J., Hallett, J. G., Eisenberg, C., Guariguata, M. R., Liu, J., Hua, F., Echeverría, C., Gonzales, E., Shaw, N., Decler, K., & Dixon, K. W. (2019). International principles and standards for the practice of ecological restoration. Second edition. *Restoration Ecology*, 27(S1), S1-S46.

<https://doi.org/10.1111/rec.13035>

Gattuso, J.-P., Magnan, A., Bopp, L., Cheung, W., Duarte, C. M., Hinkel, J., Mcleod, E., Micheli, F., Oschlies, A., Williamson, P., Bille, R., Chalastani, V. I., Gates, R., Irisson, J.-O., Middelburg, J. J., Pörtner, H.-O., & Rau, G. H. (2018). Ocean Solutions to Address Climate Change and Its Effects on Marine Ecosystems. *Frontiers in Marine Science*, 5, 337.

<https://doi.org/10.3389/fmars.2018.00337>

Gianni, F., Bartolini, F., Airoldi, L., Ballesteros, E., Francour, P., Guidetti, P., Meinesz, A., Thibaut, T., & Mangialajo, L. (2013). Conservation and restoration of marine forests in the Mediterranean Sea and the potential role of Marine Protected Areas. *Advances in Oceanography and Limnology*, 4(2), 83-101.

<https://doi.org/10.1080/19475721.2013.845604>

Groeneveld, R., Chen, W., Hynes, S., Tinch, R., & Papadopoulou, N. (2019). D7.4 : *Restoring marine ecosystems cost-effectively : Lessons learned from the MERCES project* (p. 13).

http://www.merces-project.eu/sites/default/files/MERCES%20D7.5%20revision_Jan2021.pdf

Hobbs, R., & Harris, J. (2001). Restoration Ecology : Repairing the Earth's Ecosystems in the New Millennium. *Restoration Ecology*, 9, 239-246.

<https://doi.org/10.1046/j.1526-100x.2001.009002239.x>

Hobbs, R. J., Higgs, E., Hall, C. M., Bridgewater, P., Chapin III, F. S., Ellis, E. C., Ewel, J. J., Hallett, L. M., Harris, J., Hulvey, K. B., Jackson, S. T., Kennedy, P. L., Kueffer, C., Lach, L., Lantz, T. C., Lugo, A. E., Mascaro, J., Murphy, S. D., Nelson, C. R., ... Yung, L. (2014). Managing the whole landscape : Historical, hybrid, and novel ecosystems. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(10), 557-564.

<https://doi.org/10.1890/130300>

Hughes, T. P., Graham, N. A. J., Jackson, J. B. C., Mumby, P. J., & Steneck, R. S. (2010). Rising to the challenge of sustaining coral reef resilience. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(11), 633-642.

<https://doi.org/10.1016/j.tree.2010.07.011>

ICES, 2006. *Report of the Working Group on Marine Habitat Mapping (WGMHM), 4–7 April, 2006, Galway, Ireland, ICES CM 2006/MHC:05, Ref. FTC, ACE 136 p.* (s. d.).

<https://www.ices.dk/sites/pub/CM%20Doccuments/2006/MHC/wgmhm06.pdf>

Javel, F., Thibaut, T., Grondin, J., Blanfuné, A., Delaye, M., Belmont, C., & Bizzozero, L. (2015). *Valorisation écologique d'infrastructures maritimes par transplantation d'algues du genre Cystoseira, bilan final et perspectives.* Convention Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse – Safege. *Safegepubl* (p. 77 + annexes).

Jones, H. P., Jones, P. C., Barbier, E. B., Blackburn, R. C., Rey Benayas, J. M., Holl, K. D., McCrackin, M., Meli, P., Montoya, D., & Mateos, D. M. (2018). Restoration and repair of Earth's damaged ecosystems. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1873), 20172577.

<https://doi.org/10.1098/rspb.2017.2577>

Kéfi, S. (2012). R37 : *Ecosystèmes et transitions catastrophiques*, Sonia Kéfi. sfecologie.org.

<https://sfecologie.org/regard/r37-hysteresis-sonia-kefi/>

Korpinen, S., & Andersen, J. H. (2016). A Global Review of Cumulative Pressure and Impact Assessments in Marine Environments. *Frontiers in Marine Science*, 3.

<https://doi.org/10.3389/fmars.2016.00153>

La Rivière, M., Aisch, A., Gauthier, O., Grall, J., Guérin, L., Janson, A.-L., Labrune, C., Thibaut, T., & Thiébaud, E. (2015). *Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques* (Rapport SPN 2015-69).

https://inpn.mnhn.fr/docs/sensibilite/SPN_2015_69_La_Riviere_et_al_2015_Methodologie_Sensibilite_MNHN.pdf

La Rivière, M., & Hébert, C. (2023). *Evaluation de la sensibilité des habitats marins benthiques de la Manche, de la mer du Nord et de l'Atlantique aux pressions physiques* (p. 364) [Report, Patrinat (OFB-MNHN-CNRS-IRD)].

<https://mnhn.hal.science/mnhn-04264006>

La Rivière, M., Michez, N., Aish, A., Bellan-Santini, D., Bellan, G., Chevaldonné, P., Dauvin, J.-C., Derrien-Courtel, S., Grall, J., Guérin, L., Janson, A.-L., Labrune, C., Sartoretto, S., Thibaut, T., Thiébaud, E., & Verlaque, M. (2016). *Evaluation de la sensibilité des habitats benthiques de Méditerranée aux pressions physiques* (Rapport SPN 2015-70; p. 101).

https://inpn.mnhn.fr/docs/sensibilite/SPN_2015_70_La_Riviere_et_al_2016_Eval_sensibilite_Mediterranee_Pressions_physiques.pdf

Laforge, D., Carré, A., Laigle, I., de Bettignies, T., & Rivière, M. L. (2024). La restauration écologique : Analyse sémanantique, concepts associés et stratégies d'intervention. *PatriNat* (OFB-MNHN-CNRS-IRD), 44.

<https://mnhn.hal.science/mnhn-04486091v2>

Le Floc'h, É. L., & Aronson, J. (1995). Écologie de la restauration. Définition de quelques concepts de base. *Natures Sciences Sociétés*, 3, s29-s35.

<https://doi.org/10.1051/nss/199503s029>

Levrel, H., Guillet, F., Lombard-Latune, J., Delforge, P., & Frascaria-Lacoste, N. (2018). Application de la séquence éviter-réduire-compenser en France : Le principe d'additionnalité mis à mal par 5 dérives. *Vertigo*, Volume 18 numéro 2.

<https://doi.org/10.4000/vertigo.20619>

Loi n° 76-629 du 10 juillet 1976 relative à la protection de la nature - Légifrance, 76-629 (1976).

<https://www.legifrance.gouv.fr/loda/id/LE-GITEXT000006068553>

LOI n° 2016-1087 du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages (1), 2016-1087 (2016).

Maciejewski, L., Lepareur, F., Viry, D., Bensettiti, F., Puissauve, R., & Touroult, J. (2016). État de conservation des habitats : Propositions de définitions et de concepts pour l'évaluation à l'échelle d'un site Natura 2000. *Revue d'Écologie*, 71(1), 3-20.

<https://hal.science/hal-03530365/document>

Michez, N., Fourt, M., Aish, A., Bellan, G., Bellan, D., Chevaldonné, P., Fabri, M.-C., Goujard, A., Harmelin, G., Labrune, C., Pergent, G., Sartoretto, S., Vacelet, J., & Verlaque, M. (s. d.). *Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée Version 2* (Rapport SPN 2014; p. 26).

https://www.researchgate.net/publication/281530706_Typologie_des_biocénoses_benthiques_de_Mediterranee_Version_2

Michez, N., Thiébaud, É., Dubois, S., Gall, L. L., Dauvin, J.-C., Andersen, A., Baffreau, A., Bajjouk, T., Blanchet, H., Houbin, C., Janson, A.-L., Rivière, M., Lévêque, L., Menot, L., Sauriau, P.-G., Simon, N., & Viard, F. (s. d.). *Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique VERSION 3*.

<https://normandie-univ.hal.science/hal-02084698>

Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie (MEDDE). (2013). *Lignes directrices nationales sur la séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur les milieux naturels 2017*.pdf. Service de l'économie, de l'évaluation et de l'intégration du développement durable, ministère de l'Économie de l'Environnement et du Développement durable, Paris.

<https://temis.documentation.developpement-durable.gouv.fr/docs/Temis/0079/Temis-0079094/20917.pdf>

Mongruel, R., Kermagoret, C., Carlier, A., Scemama, P., Le Mao, P., Levain, A., Balle-Beganton, J., Vaschalde, D., & Bailly, D. (2019). *Milieux marins et littoraux : Évaluation des écosystèmes et des services rendus*.

<https://archimer.ifremer.fr/doc/00600/71260/>

Nations Unies. (1973). *Rapport de la conférence des Nations Unies sur l'environnement* (A/CONF.48/14/Rev.1; p. 83).

<https://documents.un.org/doc/undoc/gen/n73/039/05/pdf/n7303905.pdf?token=TqwrkvP-PjmeBEU1is8&fe=true>

Nations Unies. (1992). *Convention sur la diversité biologique*.

<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-fr.pdf>

- Papadopoulou, N., Sevastou, K., Smith, C., Gerovasileiou, V., Dailianis, T., Frascchetti, S., Guarnieri, G., McOwen, C., Billett, D., Grehan, A., Bakran-Petriciol, T., Bekkby, T., Bilan, M., Boström, C., Carriero-Silva, M., Carugati, L., Cebrian, E., Cerrano, C., Danovaro, R., ... Sarà, A. (2017). *D1.3_Restoration_20171128_final.pdf* (Deliverable 1.3; p. 181).
http://www.merces-project.eu/sites/default/files/D1.3_Restoration_20171128_final.pdf
- Pauly, D. (1995). Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries. *Trends in Ecology & Evolution*, 10(10), 430.
[https://doi.org/10.1016/S0169-5347\(00\)89171-5](https://doi.org/10.1016/S0169-5347(00)89171-5)
- Pendleton, L. (2010). *Measuring-and-monitoring-the-economic-effects-of-habitat-restoration-a-summary-of-a-noaa-blue-ribbon-panel-paper.pdf*.
<https://nicholasinstitute.duke.edu/sites/default/files/publications/measuring-and-monitoring-the-economic-effects-of-habitat-restoration-a-summary-of-a-noaa-blue-ribbon-panel-paper.pdf>
- Pouvreau, S. (2023). *Les huîtres, ces architectes essentiels de nos milieux côtiers : Écologie de deux espèces emblématiques, sentinelles du changement global*.
<https://archimer.ifremer.fr/doc/00827/93936/>
- Pouvreau, S., Cochet, H., Bargat, F., Petton, S., Le Roy, V., Guillet, T., & Potet, M. (2021). *Current distribution of the residual flat oysters beds (Ostrea edulis) along the west coast of France* [Jeu de données]. SEANOE.
<https://doi.org/10.17882/79821>
- Quéré, E. (2010). Vingt ans de suivi et de conservation du *Limonium humile* Miller en rade de Brest. E.R.I.C.A., n°23, 71-90.
https://www.cbnbrest.fr/pmb_pdf/CBNB_Collectif_1997_vol1_66594.pdf
- Rapport d'activité 1996—Proposition de programme 1997*. (s. d.).
https://www.cbnbrest.fr/pmb_pdf/CBNB_Collectif_1997_vol1_66594.pdf
- Règlement (UE) 2024/1991 du Parlement européen et du Conseil du 24 juin 2024 relatif à la restauration de la nature et modifiant le règlement (UE) 2022/869 (2024).
<http://data.europa.eu/eli/reg/2024/1991/oj/fra>
- Ruitton, S., Boudouresque, C., & Chabert, A. (2021). *Analyse coût - bénéfice environnemental de l'enlèvement des engins de pêche perdus*.
<https://doi.org/10.13140/RG.2.2.18849.53602>
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity. (2014). *Global Biodiversity Outlook 4*.
<https://www.cbd.int/gbo/gbo4/publication/gbo4-en-hr.pdf>
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group. (2004). *The SER International Primer on Ecological Restoration*. www.ser.org & Tucson: Society for Ecological Restoration International
https://cdn.ymaws.com/www.ser.org/resource/resmgr/custompages/publications/ser_publications/ser_primer.pdf
- Sparfel, L., Fichaut, B., & Suanez, S. (2005). Progression de la Spartine (*Spartina alterniflora* Loisel) en rade de Brest (Finistère) entre 1952 et 2004 : De la mesure à la réponse gestionnaire. *Noréis. Environnement, aménagement, société*, 196, Article 196.
<https://doi.org/10.4000/norois.438>
- Stewart-Sinclair, P. J., Purandare, J., Bayraktarov, E., Waltham, N., Reeves, S., Statton, J., Sinclair, E. A., Brown, B. M., Shribman, Z. I., & Lovelock, C. E. (2020). Blue Restoration – Building Confidence and Overcoming Barriers. *Frontiers in Marine Science*, 7.
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2020.541700>
- Webster, J. R., Gurtz, M. E., Hains, J. J., Meyer, J. L., Swank, W. T., Waide, J. B., & Wallace, J. B. (1983). Stability of Stream Ecosystems. In J. R. Barnes & G. W. Minshall (Éds.), *Stream Ecology : Application and Testing of General Ecological Theory* (p. 355-395). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-1-4613-3775-1_14
- Westman, W. E. (1978). Measuring the Inertia and Resilience of Ecosystems. *BioScience*, 28(11), 705-710.
<https://doi.org/10.2307/1307321>

Annexes

Il est important de noter que les noms des espèces scientifiques présentées ci-dessous sont en cours de révision et pourraient faire l'objet d'une modification.

Annexes 1

Écosystèmes marins – types d'habitats et groupes de types d'habitats visés à l'article 5, paragraphes 1 et 2

LES HERBIERS DE PHANÉROGAMES MARINES

Code EUNIS	Nom du type d'habitat EUNIS	Code du type d'habitat lié, visé à l'annexe I de la directive 92/43/CEE
Atlantique		
MA522	Prairies sous-marines sur sable intertidal atlantique	1140; 1160
MA623	Prairies sous-marines sur vase intertidale atlantique	1140; 1160
MB522	Prairies sous-marines sur sable infralittoral atlantique	1110; 1150; 1160
Mer Baltique		
MA332	Sédiments hydrolittoraux grossiers de la Baltique caractérisés par une végétation submergée	1130; 1160; 1610; 1620
MA432	Sédiments hydrolittoraux hétérogènes de la Baltique caractérisés par une végétation submergée	1130; 1140; 1160; 1610
MA532	Sable hydrolittoral de la Baltique caractérisé par des plantes enracinées submergées	1130; 1140; 1160; 1610
MA632	Vase hydrolittorale de la Baltique dominée par des plantes enracinées submergées	1130; 1140; 1160; 1650
MB332	Sédiments infralittoraux grossiers de la Baltique caractérisés par des plantes enracinées submergées	1110; 1160
MB432	Sédiments infralittoraux hétérogènes de la Baltique caractérisés par des plantes enracinées submergées	1110; 1160; 1650
MB532	Sable infralittoral de la Baltique caractérisé par des plantes enracinées submergées	1110; 1130; 1150; 1160
MB632	Sédiments infralittoraux vaseux de la Baltique caractérisés par des plantes enracinées submergées	1130; 1150; 1160; 1650
Mer Noire		
MB546	Herbiers marins et prairies d'algues rhizomateuses des sables vaseux infralittoraux influencés par les eaux douces de la mer Noire	1110; 1130; 1160
MB547	Herbiers marins de la mer Noire sur sable propre de l'infralittoral supérieur modérément exposé	1110; 1160

MB548	Herbiers marins de la mer Noire sur sable de l'infralittoral inférieur	1110; 1160
Mer Méditerranée		
MB252	Biocénose de <i>Posidonia oceanica</i>	1120
MB2521	Écomorphose de l'herbier tigré de <i>Posidonia oceanica</i>	1120; 1130; 1160
MB2522	Écomorphose du récif barrière de l'herbier de <i>Posidonia oceanica</i>	1120; 1130; 1160
MB2523	Faciès de mattes mortes de <i>Posidonia oceanica</i> sans épiflore importante	1120; 1130; 1160
MB2524	Association à <i>Caulerpa prolifera</i> sur herbier de <i>Posidonia</i>	1120; 1130; 1160
MB5521	Association à <i>Cymodocea nodosa</i> sur sables fins bien calibrés	1110; 1130; 1160
MB5534	Association à <i>Cymodocea nodosa</i> sur sables vaseux superficiels de mode calme	1110; 1130; 1160
MB5535	Association à <i>Zostera noltei</i> sur sables vaseux superficiels de mode calme	1110; 1130; 1160
MB5541	Association à <i>Ruppia cirrhosa</i> et/ou <i>Ruppia maritima</i> sur sable	1110; 1130; 1160
MB5544	Association à <i>Zostera noltei</i> en milieu euryhalin et eurytherme sur sable	1110; 1130; 1160
MB5545	Association à <i>Zostera marina</i> en milieu euryhalin et eurytherme	1110; 1130; 1160

LES FORÊTS DE MACROALGUES

Code EUNIS	Nom du type d'habitat EUNIS	Code du type d'habitat lié, visé à l'annexe I de la directive 92/43/CEE
Atlantique		
MA123	Biocénoses d'algues sur roche intertidale atlantique en milieu marin	1160; 1170; 1130
MA125	Fucales sur roche intertidale atlantique en milieu à salinité variable	1170; 1130
MB121	Biocénoses de laminaires et d'algues sur roche infralittorale atlantique	1170; 1160
MB123	Biocénoses de laminaires et d'algues sur roche infralittorale atlantique perturbée ou affectée par les sédiments	1170; 1160
MB124	Biocénoses de laminaires sur roche infralittorale atlantique en milieu à salinité variable	1170; 1130; 1160
MB321	Biocénoses de laminaires et d'algues sur sédiment grossier infralittoral atlantique	1160

MB521	Biocénoses de laminaires et d'algues sur sable infralittoral atlantique	1160
MB621	Biocénoses végétales sur vase infralittorale atlantique	1160

Mer Baltique

MA131	Roches et blocs hydrolittoraux de la Baltique caractérisés par des algues pérennes	1160; 1170; 1130; 1610; 1620
MB131	Algues pérennes sur roches et blocs infralittoraux de la Baltique	1170; 1160
MB232	Fonds infralittoraux de la Baltique caractérisés par du gravier coquillier	1160; 1110
MB333	Sédiments infralittoraux grossiers de la Baltique caractérisés par des algues pérennes	1110; 1160
MB433	Sédiments infralittoraux hétérogènes de la Baltique caractérisés par des algues pérennes	1110; 1130; 1160; 1170

Mer Noire

MB144	Roche exposée de l'infralittoral supérieur de la mer Noire dominée par des mytilidés avec fucales	1170; 1160
MB149	Roche modérément exposée de l'infralittoral supérieur de la mer Noire dominée par des mytilidés avec fucales	1170; 1160
MB14A	Fucales et autres algues sur roche abritée de l'infralittoral supérieur de la mer Noire, bien éclairées	1170; 1160

Mer Méditerranée

MA1548	Association à <i>Fucus virsoides</i>	1160; 1170
MB1512	Association à <i>Cystoseira tamariscifolia</i> et <i>Saccorhiza polyschides</i>	1160; 1170
MB1513	Association à <i>Cystoseira amentacea</i> (var. <i>amentacea</i> , var. <i>stricta</i> , var. <i>spicata</i>)	1160; 1170
MB151F	Association à <i>Cystoseira brachycarpa</i>	1160; 1170
MB151G	Association à <i>Cystoseira crinita</i>	1160; 1170
MB151H	Association à <i>Cystoseira crinitophylla</i>	1160; 1170
MB151J	Association à <i>Cystoseira sauvageauana</i>	1160; 1170
MB151K	Association à <i>Cystoseira spinosa</i>	1160; 1170
MB151L	Association à <i>Sargassum vulgare</i>	1160; 1170
MB151M	Association à <i>Dictyopteris polypodioides</i>	1160; 1170
MB151W	Association à <i>Cystoseira compressa</i>	1160; 1170
MB1524	Association à <i>Cystoseira barbata</i>	1160; 1170
MC1511	Association à <i>Cystoseira zosteroides</i>	1160; 1170
MC1512	Association à <i>Cystoseira usneoides</i>	1160; 1170

MC1513	Association à <i>Cystoseira dubia</i>	1160; 1170
MC1514	Association à <i>Cystoseira corniculata</i>	1160; 1170
MC1515	Association à <i>Sargassum spp.</i>	1160; 1170
MC1518	Association à <i>Laminaria ochroleuca</i>	1160; 1170
MC3517	Association à <i>Laminaria rodriguezii</i> sur fonds détritiques	1160

LES AGRÉGATIONS DE BIVALVES

Code EUNIS	Nom du type d'habitat EUNIS	Code du type d'habitat lié, visé à l'annexe I de la directive 92/43/CEE
Atlantique		
MA122	Biocénoses de <i>Mytilus edulis</i> et/ou de balanes sur roche intertidale atlantique exposée aux vagues	1160; 1170
MA124	Biocénoses de moules et/ou de balanes avec algues sur roche intertidale atlantique	1160; 1170
MA227	Récifs de bivalves dans la zone intertidale atlantique	1170; 1140
MB222	Récifs de bivalves dans la zone infralittorale atlantique	1170; 1130; 1160
MC223	Récifs de bivalves dans la zone circalittorale atlantique	1170
Mer Baltique		
MB231	Fonds infralittoraux de la Baltique dominés par des bivalves épibenthiques	1170; 1160
MC231	Fonds circalittoraux de la Baltique dominés par des bivalves épibenthiques	1170; 1160; 1110
MD231	Fonds biogéniques circalittoraux au large des côtes de la Baltique caractérisés par des bivalves épibenthiques	1170
MD232	Fonds de gravier coquillier circalittoraux au large des côtes de la Baltique caractérisés par des bivalves	1170
MD431	Fonds mixtes circalittoraux au large des côtes de la Baltique caractérisés par des structures biotiques épibenthiques macroscopiques	
MD531	Sable circalittoral au large des côtes de la Baltique caractérisé par des structures biotiques épibenthiques macroscopiques	
MD631	Vase circalittorale au large des côtes de la Baltique caractérisée par des bivalves épibenthiques	
Mer Noire		
MB141	Roche de l'infralittoral inférieur de la mer Noire dominée par des invertébrés	1170

MB143	Roche exposée de l'infralittoral supérieur de la mer Noire dominée par des mytilidés avec algues foliacées (pas de fucales)	1170; 1160
MB148	Roche modérément exposée de l'infralittoral supérieur de la mer Noire dominée par des mytilidés avec algues foliacées (autres que fucales)	1170; 1160
MB242	Bancs de moules dans la zone infralittorale de la mer Noire	1170; 1130; 1160
MB243	Récifs d'huîtres sur roche de l'infralittoral inférieur de la mer Noire	1170
MB642	Vases terrigènes infralittorales de la mer Noire	1160
MC141	Roche circalittorale de la mer Noire dominée par des invertébrés	1170
MC241	Bancs de moules sur vases terrigènes circalittorales de la mer Noire	1170
MC645	Vase du circalittoral inférieur de la mer Noire	

Mer Méditerranée

MA1544	Faciès à <i>Mytilus galloprovincialis</i> dans des eaux enrichies en matières organiques	1160; 1170
MB1514	Faciès à <i>Mytilus galloprovincialis</i>	1170; 1160
	Bancs d'huîtres de l'infralittoral méditerranéen	
	Bancs d'huîtres du circalittoral méditerranéen	

LES BANCS DE MAËRL

Code EUNIS	Nom du type d'habitat EUNIS	Code du type d'habitat lié, visé à l'annexe I de la directive 92/43/CEE
------------	-----------------------------	---

Atlantique

MB322	Bancs de maerl sur sédiment grossier infralittoral atlantique	1110; 1160
MB421	Bancs de maerl sur sédiment hétérogène infralittoral atlantique	1110; 1160
MB622	Bancs de maerl sur sédiment vaseux infralittoral atlantique	1110; 1160

Mer Méditerranée

MB3511	Association à rhodolithes sur sables grossiers et fins graviers brassés par les vagues	1110; 1160
MB3521	Association à rhodolithes sur sables grossiers et fins graviers sous influence des courants de fond	1110; 1160

MB3522	Association à maerl (= association à <i>Lithothamnion corallioides</i> et <i>Phymatolithon calcareum</i>) sur sables grossiers et graviers méditerranéens	1110; 1160
MC3521	Association à rhodolithes sur fonds détritiques côtiers	1110
MC3523	Association à maerl (<i>Lithothamnion corallioides</i> et <i>Phymatolithon calcareum</i>) sur fonds dendritiques côtiers	1110

LES BANC D'ÉPONGES, CORAIL ET CORALLIGÈNE

Code EUNIS	Nom du type d'habitat EUNIS	Code du type d'habitat lié, visé à l'annexe I de la directive 92/43/CEE
Atlantique		
MC121	Tapis de biocénoses animales sur roche circalittorale atlantique	1170
MC124	Biocénoses faunistiques sur roche circalittorale atlantique en milieu à salinité variable	1170; 1130
MC126	Biocénoses des grottes et surplombs circalittoraux atlantiques	8330; 1170
MC222	Récifs de coraux froids dans la zone circalittorale atlantique	1170
MD121	Biocénoses à éponges sur roche circalittorale au large des côtes atlantiques	1170
MD221	Récifs de coraux froids dans la zone circalittorale au large des côtes atlantiques	1170
ME122	Biocénoses à éponges sur roche du bathyal supérieur atlantique	1170
ME123	Biocénoses de coraux froids mixtes sur roche du bathyal supérieur atlantique	1170
ME221	Récifs de coraux froids du bathyal supérieur atlantique	1170
ME322	Biocénose de coraux froids mixtes sur sédiment grossier du bathyal supérieur atlantique	
ME324	Agrégat d'éponges sur sédiment grossier du bathyal supérieur atlantique	
ME422	Agrégat d'éponges sur sédiment hétérogène du bathyal supérieur atlantique	
ME623	Agrégat d'éponges sur vase du bathyal supérieur atlantique	
ME624	Champ de corail dressé sur vase du bathyal supérieur atlantique	
MF121	Biocénose de coraux froids mixtes sur roche du bathyal inférieur atlantique	1170
MF221	Récifs de coraux froids du bathyal inférieur atlantique	1170

MF321	Biocénose de coraux froids mixtes sur sédiment grossier du bathyal inférieur atlantique	
MF622	Agrégat d'éponges sur vase du bathyal inférieur atlantique	
MF623	Champ de corail dressé sur vase du bathyal inférieur atlantique	

Mer Baltique

MB138	Roche et blocs infralittoraux de la Baltique caractérisés par des éponges épibenthiques	1170; 1160
MB43A	Sédiment hétérogène infralittoral de la Baltique caractérisé par des éponges épibenthiques (<i>Porifera</i>)	1170; 1160
MC133	Roche et blocs circalittoraux de la Baltique caractérisés par des cnidaires épibenthiques	1170; 1160
MC136	Roche et blocs circalittoraux de la Baltique caractérisés par des éponges épibenthiques	1170; 1160
MC433	Sédiment hétérogène circalittoral de la Baltique caractérisé par des cnidaires épibenthiques	1170; 1160
MC436	Sédiment hétérogène circalittoral de la Baltique caractérisé par des éponges épibenthiques	1160

Mer Noire

MD24	Habitats biogènes circalittoraux au large des côtes de la mer Noire	1170
ME14	Roche du bathyal supérieur de la mer Noire	1170
ME24	Habitat biogène du bathyal supérieur de la mer Noire	1170
MF14	Roche du bathyal inférieur de la mer Noire	1170

Mer Méditerranée

MB151E	Faciès à <i>Cladocora caespitosa</i>	1170; 1160
MB151Q	Faciès à <i>Astroides calycularis</i>	1170; 1160
MB151α	Faciès et association de la biocénose coralligène (en enclave)	1170; 1160
MC1519	Faciès à <i>Eunicella cavolini</i>	1170; 1160
MC151A	Faciès à <i>Eunicella singularis</i>	1170; 1160
MC151B	Faciès à <i>Paramuricea clavata</i>	1170; 1160
MC151E	Faciès à <i>Leptogorgia sarmentosa</i>	1170; 1160
MC151F	Faciès à <i>Anthipatella subpinnata</i> et algues rouges clairsemées	1170; 1160
MC151G	Faciès à grandes éponges et algues rouges clairsemées	1170; 1160
MC1522	Faciès à <i>Corallium rubrum</i>	8330; 1170

MC1523	Faciès à <i>Leptopsammia pruvoti</i>	8330; 1170
MC251	Plates-formes coralligènes	1170
MC6514	Faciès des vases gluantes à <i>Alcyonium palmatum</i> et <i>Parastichopus regalis</i> sur vase circalittorale	1160
MD151	Biocénose de la roche du rebord continental méditerranéen	1170
MD25	Habitats biogènes circalittoraux au large des côtes de la Méditerranée	1170
MD6512	Faciès des vases gluantes à <i>Alcyonium palmatum</i> et <i>Parastichopus regalis</i> sur vase du circalittoral inférieur	
ME1511	Récifs de <i>Lophelia pertusa</i> du bathyal supérieur méditerranéen	1170
ME1512	Récifs de <i>Madrepora oculata</i> du bathyal supérieur méditerranéen	1170
ME1513	Récifs de <i>Madrepora oculata</i> et <i>Lophelia pertusa</i> du bathyal supérieur méditerranéen	1170
ME6514	Faciès à <i>Pheronema carpenteri</i> du bathyal supérieur méditerranéen	
MF1511	Récifs de <i>Lophelia pertusa</i> du bathyal inférieur méditerranéen	1170
MF1512	Récifs de <i>Madrepora oculata</i> du bathyal inférieur méditerranéen	1170
MF1513	Récifs de <i>Madrepora oculata</i> et <i>Lophelia pertusa</i> du bathyal inférieur méditerranéen	1170
MF6511	Faciès des vases sableuses du bathyal inférieur méditerranéen à <i>Thenia muricata</i>	
MF6513	Faciès des vases compactes du bathyal inférieur méditerranéen à <i>Isidella elongata</i>	

LES SOURCES HYDROTHERMALES ET Suintements froids

Code EUNIS	Nom du type d'habitat EUNIS	Code du type d'habitat lié, visé à l'annexe I de la directive 92/43/CEE
Atlantique		
MB128	Sources hydrothermales et sources de fluide froid sur roche infralittorale atlantique	1170; 1160; 1180
MB627	Sources hydrothermales et sources de fluide froid sur vase infralittorale atlantique	1130; 1160
MC127	Sources hydrothermales et sources de fluide froid sur roche circalittorale atlantique	1170; 1180
MC622	Sources hydrothermales et sources de fluide froid sur vase circalittorale atlantique	1160

MD122	Sources hydrothermales et sources de fluide froid sur roche circalittorale au large des côtes atlantiques	1170
MD622	Sources hydrothermales et sources de fluide froid sur vase circalittorale au large des côtes atlantiques	

LES SÉDIMENTS MEUBLES (JUSQU'À 1 000 MÈTRES DE PROFONDEUR)

Code EUNIS	Nom du type d'habitat EUNIS	Code du type d'habitat lié, visé à l'annexe I de la directive 92/43/CEE
Atlantique		
MA32	Sédiment grossier intertidal atlantique	1130; 1160
MA42	Sédiment hétérogène intertidal atlantique	1130; 1140; 1160
MA52	Sable intertidal atlantique	1130; 1140; 1160
MA62	Vase intertidale atlantique	1130; 1140; 1160
MB32	Sédiment grossier infralittoral atlantique	1110; 1130; 1160
MB42	Sédiment hétérogène infralittoral atlantique	1110; 1130; 1150; 1160
MB52	Sable infralittoral atlantique	1110; 1130; 1150; 1160
MB62	Vase infralittorale atlantique	1110; 1130; 1160
MC32	Sédiment grossier circalittoral atlantique	1110; 1160
MC42	Sédiment hétérogène circalittoral atlantique	1110; 1160
MC52	Sable circalittoral atlantique	1110; 1160
MC62	Vase circalittorale atlantique	1160
MD32	Sédiment grossier circalittoral au large des côtes atlantiques	
MD42	Sédiment hétérogène circalittoral au large des côtes atlantiques	
MD52	Sable circalittoral au large des côtes atlantiques	
MD62	Vase circalittorale au large des côtes atlantiques	
ME32	Sédiment grossier du bathyal supérieur atlantique	
ME42	Sédiment hétérogène du bathyal supérieur atlantique	
ME52	Sable du bathyal supérieur atlantique	
ME62	Vase du bathyal supérieur atlantique	
MF32	Sédiment grossier du bathyal inférieur atlantique	
MF42	Sédiment hétérogène du bathyal inférieur atlantique	
MF52	Sable du bathyal inférieur atlantique	

MF62	Vase du bathyal inférieur atlantique	
Mer Baltique		
MA33	Sédiment grossier hydrolittoral de la Baltique	1130; 1160; 1610; 1620
MA43	Sédiment hétérogène hydrolittoral de la Baltique	1130; 1140; 1160; 1610
MA53	Sable hydrolittoral de la Baltique	1130; 1140; 1160; 1610
MA63	Vase hydrolittorale de la Baltique	1130; 1140; 1160; 1650
MB33	Sédiment grossier infralittoral de la Baltique	1110; 1150; 1160
MB43	Sédiment hétérogène infralittoral de la Baltique	1110; 1130; 1150; 1160; 1170; 1650
MB53	Sable infralittoral de la Baltique	1110; 1130; 1150; 1160
MB63	Vase infralittorale de la Baltique	1130; 1150; 1160; 1650
MC33	Sédiment grossier circalittoral de la Baltique	1110; 1160
MC43	Sédiment hétérogène circalittoral de la Baltique	1160; 1170
MC53	Sable circalittoral de la Baltique	1110; 1160
MC63	Vase circalittorale de la Baltique	1160; 1650
MD33	Sédiment grossier circalittoral au large des côtes de la Baltique	
MD43	Sédiment hétérogène circalittoral au large des côtes de la Baltique	
MD53	Sable circalittoral au large des côtes de la Baltique	
MD63	Vase circalittorale au large des côtes de la Baltique	
Mer Noire		
MA34	Sédiment grossier intertidal de la mer Noire	1160
MA44	Sédiment hétérogène intertidal de la mer Noire	1130; 1140; 1160
MA54	Sable intertidal de la mer Noire	1130; 1140; 1160
MA64	Vase intertidale de la mer Noire	1130; 1140; 1160
MB34	Sédiment grossier infralittoral de la mer Noire	1110; 1160
MB44	Sédiment hétérogène infralittoral de la mer Noire	1110; 1170
MB54	Sable infralittoral de la mer Noire	1110; 1130; 1160
MB64	Vase infralittorale de la mer Noire	1130; 1160
MC34	Sédiment grossier circalittoral de la mer Noire	1160
MC44	Sédiment hétérogène circalittoral de la mer Noire	
MC54	Sable circalittoral de la mer Noire	1160
MC64	Vase circalittorale de la mer Noire	1130; 1160
MD34	Sédiment grossier circalittoral au large des côtes de la mer Noire	

MD44	Sédiment hétérogène circalittoral au large des côtes de la mer Noire	
MD54	Sable circalittoral au large des côtes de la mer Noire	
MD64	Vase circalittorale au large des côtes de la mer Noire	

Mer Méditerranée

MA35	Sédiment grossier intertidal méditerranéen	1160; 1130
MA45	Sédiment hétérogène intertidal méditerranéen	1140; 1160
MA55	Sable intertidal méditerranéen	1130; 1140; 1160
MA65	Vase intertidale méditerranéenne	1130; 1140; 1150; 1160
MB35	Sédiment grossier de l'infralittoral méditerranéen	1110; 1160
MB45	Sédiment hétérogène de l'infralittoral méditerranéen	
MB55	Sable infralittoral méditerranéen	1110; 1130; 1150; 1160
MB65	Vase infralittorale méditerranéenne	1130; 1150
MC35	Sédiment grossier du circalittoral méditerranéen	1110; 1160
MC45	Sédiment hétérogène du circalittoral méditerranéen	
MC55	Sable circalittoral méditerranéen	1110; 1160
MC65	Vase circalittorale méditerranéenne	1130; 1160
MD35	Sédiment grossier circalittoral au large des côtes de la Méditerranée	
MD45	Sédiment hétérogène circalittoral au large des côtes de la Méditerranée	
MD55	Sable circalittoral au large des côtes de la Méditerranée	
MD65	Vase circalittorale au large des côtes de la Méditerranée	
ME35	Sédiment grossier du bathyal supérieur de la Méditerranée	
ME45	Sédiment hétérogène du bathyal supérieur de la Méditerranée	
ME55	Sable du bathyal supérieur de la Méditerranée	
ME65	Vase du bathyal supérieur de la Méditerranée	
MF35	Sédiment grossier du bathyal inférieur de la Méditerranée	
MF45	Sédiment hétérogène du bathyal inférieur de la Méditerranée	
MF55	Sable du bathyal inférieur de la Méditerranée	
MF65	Vase du bathyal inférieur de la Méditerranée	

Annexes 2

Espèces marines visées à l'article 5, paragraphe 5

1. Poisson-scie nain (*Pristis clavata*) ;
2. Poisson-scie trident (*Pristis pectinata*) ;
3. Poisson-scie commun (*Pristis pristis*) ;
4. Requin pèlerin (*Cetorhinus maximus*) ;
5. Grand requin blanc (*Carcharodon carcharias*) ;
6. Sagre nain (*Etmopterus pusillus*) ;
7. Manta d'Alfred (*Mobula alfredi*) ;
8. Mante géante (*Mobula birostris*) ;
9. Diable de mer méditerranéen (*Mobula mobular*) ;
10. Petit diable de Guinée (*Mobula rochebrunei*) ;
11. Diable de mer japonais (*Mobula japonica*) ;
12. Petite manta (*Mobula thurstoni*) ;
13. Mante (*Mobula eregoodootenkee*) ;
14. Diable de mer chilien (*Mobula tarapacana*) ;
15. Petit diable (*Mobula kuhlii*) ;
16. Mante diable (*Mobula hypostoma*) ;
17. Pocheteau de Norvège (*Dipturus nidarosiensis*) ;
18. Raie blanche (*Rostroraja alba*) ;
19. Guitares (*Rhinobatidae*) ;
20. Ange de mer commun (*Squatina squatina*) ;
21. Saumon de l'Atlantique (*Salmo salar*) ;
22. Truite de mer (*Salmo trutta*) ;
23. Bondelle (*Coregonus oxyrhynchus*)



Communauté de *Gymnangium montagui* au large de la côte basque
© Jonathan Sagan / Office Français de la Biodiversité

Coordination :

Office français de la biodiversité (Jonathan SAGAN et Alain PIBOT)

Contribution et relecture :

Isabelle GAILHARD-ROCHER – OFB DRAS; Hippolyte GILANTE - OFB DRAS; Diane LAFORGE OFB PATRINAT; Thibaut DE BETTIGNIES OFB PATRINAT; Alix MESLIN – OFB DREI; Anne VIVIER – OFB DRAS; Stéphane POUVREAU - IFREMER; Charlotte GENEST - OFB LIFE Marha.

Proposition de citation :

Jonathan Sagan, Alain Pibot, Thibaut de Bettignies, Diane Laforge, Isabelle Gaillard-Rocher, Hippolyte Gilante, Stéphane Pouvreau, Anne Vivier, Alix Meslin. 2024- Restauration écologique des habitats benthiques en milieu marin côtier, note technique LIFE IP Marha, 2024.

Un grand merci également à toutes les personnes qui, de par leurs connaissances, leurs expertises, leurs suggestions et leurs participations ont contribué à l'élaboration de ce document.

Le Life Marha poursuit l'objectif de rétablir et maintenir le bon état de conservation des 9 habitats marins d'intérêt communautaire présents en France métropolitaine. Il mobilise l'ensemble des acteurs impliqués dans la gestion des sites Natura 200 marins ou littoraux désignés au titre de la Directive Habitat-Faune-Flore. Piloté par l'Office français de la biodiversité avec treize autres partenaires, il est en partie financé par l'Union Européenne et le Ministère de la Transition écologique et de la cohésion des territoires, et dure jusqu'en 2025.

Contact : life.marha@ofb.gouv.fr

Site internet : www.life-marha.fr

Suivez-nous sur LinkedIn :

www.linkedin.com/groups/13618978