

DIPLOME D'UNIVERSITÉ RESTAURATION ÉCOLOGIQUE DES PETITS FONDS MARINS COTIERS

Les habitats artificiels peuvent-ils compenser efficacement la perte des habitats naturels?

Mémoire étude de cas 2022

DALON-CASSAN Mathilde
Tuteur: BELLY Alexandre

CAMPUS TRIOLET – FACULTE DES SCIENCES
75 AV. AUGUSTIN FLICHE – 34090 MONTPELLIER

Résumé

Dans le cadre de dégradation croissante de notre environnement, des solutions pour réduire les impacts des Hommes ont émergé. Il est important de noter que chaque situation de restauration écologique est unique et doit être adaptée en fonction du contexte local, des objectifs spécifiques et des contraintes environnementales. La restauration écologique en milieu marin est une discipline en évolution qui nécessite une compréhension approfondie des écosystèmes marins et des méthodes scientifiques appropriées pour atteindre les objectifs de restauration. Il est d'autant plus complexe de compenser les effets néfastes de l'urbanisation. Bien que des défis subsistent dans l'évaluation et la mesure de l'efficacité de la restauration, ces efforts sont essentiels pour préserver et rétablir la santé des écosystèmes côtiers méditerranéens dégradés.

Remerciements

Avant tout, je tiens à remercier Mme DETER, responsable du diplôme universitaire sur la restauration écologique des petits fonds marins côtiers, de m'avoir donné l'opportunité d'enrichir mes connaissances grâce à cette formation.

J'adresse également un remerciement à tous les professionnels qui sont venus partager leurs connaissances, leurs expériences et qui ont pris le temps d'échanger pendant ce DU.

Enfin, merci à Alexandre BELLY, qui a su m'apporter de précieux conseils et m'accorder du temps pour mon tout premier mémoire.

Table des matières

| Résumé | 2 |
|---|----------|
| Remerciements | 3 |
| Table des matières | 4 |
| Introduction | 5 |
| Partie 1: La séquence ERC | 9 |
| 1.1) Contexte | 9 |
| 1.2) Cadre législatif | 11 |
| 1.3) Description de la méthode ERC | 12 |
| Partie 2: Difficultés liées à la réalisation des évaluations environnementales en milieu marin. | 14 |
| 2.1) Comment estimer la valeur d'un service écosystémique ? | 14 |
| 2.2) Modèle d'évaluation environnementale dans les petits fonds marins côtiers. | 16 |
| 2.3) Limites des ces méthodes d'évaluations. | 20 |
| Partie 3: Étude de cas de la mise en application de la mesure ERC en | <u>l</u> |
| milieu marin. | 23 |
| 3.1) Projet d'extension portuaire à Port Vendres. | 23 |
| 3.2) Est-ce que la politique de "zéro artificialisation nette" pourrait constitu une approche pour la préservation et la restauration de l'environnement ? | |
| 3.3) Limites de la restauration écologique et de la démarche ERC. | 29 |
| Conclusion | 32 |
| <u>Bibliographie</u> | 33 |
| Sitographie | 35 |
| Listes des figures | 37 |
| Annexes | 38 |

Introduction

Malgré une première prise de conscience environnementale dans les années 70 et la succession de nombreux traités, la dégradation de notre environnement perdure. La protection de la nature a dû franchir plusieurs étapes, notamment l'idée que les espèces ne sont pas immuables et éternelles mais aussi que la nature ne peut maintenir un équilibre face à tant de perturbation. Face à ces crises le système connaît que deux possibilités: d'une part être résilient et résistant afin de surmonter la crise, d'autre part ne pas surmonter la crise ou disparaître et laisser la place à autre chose.

Le contexte dans lequel nous vivons fait face à l'artificialisation du territoire qui progresse au détriment des espaces naturels. La question de la pression démographique est presque indissociable des problèmes environnementaux. "Le fonctionnement naturel d'un écosystème n'est pas exempt de toute pression. Un écosystème subit une variabilité naturelle qui l'affecte de manière plus ou moins importante suivant sa résistance, et pour plus ou moins longtemps suivant sa capacité de résilience. À la variabilité naturelle s'ajoutent, multiples et historiques, les pressions anthropiques. Passé un certain seuil de pression, l'écosystème perd sa capacité d'auto-régénération voire se transforme : il est alors dégradé" (PAMM). Cette préoccupation revient avec des ouvrages comme « The population Bomb », P.Ehrlich, 1968 et le rapport Meadows en 1972. Elle suppose l'existence d'une relation linéaire et mécanique entre dégradation de l'environnement et croissance démographique. Cette relation s'appuie sur une notion issue des sciences physiques et qui s'appelle la capacité de charge. On teste la résistance d'un certain nombre de matériaux en lui faisant subir des choses puis on vérifie ce qu'il se passe. C'est ce principe là que l'on applique aux questions environnementales. On considère que la courbe représente le milieu et que le choc apporté sur la courbe est la pression démographique. On distingue donc différents seuils avec un premier seuil d'élasticité qui

en écologie marque un point de non- retour car si on passe ce seuil, le système ne reviendra jamais à son état initial (Rapport Meadows 1972). Plus la pression est forte et plus la dégradation du milieu est importante jusqu'à ce qu'on atteigne un point de limite, le point de crise, qui constitue une sorte de limite absolue.

Cette pression se traduit nettement sur le littoral, 60 % de la population mondiale vit à moins de 100 km de la mer selon l'INSEE et d'autant plus sur la façade méditerranéenne où c'est 10% du linéaire côtier qui est artificialisé (soit 217.98 km). La littoralisation symbolise avec notamment l'apparition des marinas et des polders, la montée en puissance de l'artificialisation au détriment de la biodiversité et des habitats écologiques tant sur le milieu terrestre que marin. Dans ce mémoire nous nous concentrons sur l'étude d'impact de l'artificialisation sur le milieu marin, plus précisément sur les petits fonds marins côtiers Méditerranéen. Ces derniers font l'objet de nombreux enjeux et convoitises. En effet, la surpêche, le mouillage des bateaux, le dragage, le chalutage, la pollution de macro et micro plastique dégradent tous les jours un peu plus nos mers et océans, malgré la convention de Barcelone en vigueur depuis 1978 aujourd'hui rebaptisée Convention pour la protection du milieu marin et du littoral de la Méditerranée. Selon l'agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse c'est près de 45% des petits fonds côtiers qui sont directement menacés par les activités sur le littoral en mer Méditerranée. Selon les experts, le déclin de la biodiversité en Méditerranée a été classé parmi les plus inquiétants au niveau mondial (Coll et al, 2010). Toutefois ces activités sont sources de préoccupation depuis seulement quelques années. Invisible, inconnu et incompris par grand nombre de personnes, ce milieu délaissé témoigne pourtant d'une grande richesse écosystémique. De fait, l'Homme est intervenu dans un premier temps pour conserver et préserver les écosystèmes encore en bon état écologique (BEE). L'évaluation des eaux marines fait partie intégrante des stratégies de façades maritimes adoptées à l'automne 2019 par les préfets coordonnateurs de façade maritime. Puis en réponse à ces dégradations

persistantes de nouvelles solutions ont émergé comme la réhabilitation, la réaffectation et la restauration écologique afin de concilier développement économique et environnement. Ces méthodes récentes s'inscrivent dans une démarche globale, en autre dans la Directive cadre-stratégie pour le milieu marin (DCSMM) qui avait pour objectif d'établir un bon état écologique des zones marines côtières pour 2020. Elle est elle-même complétée par la Directive Cadre sur l'Eau (2000) qui, en plus d'approfondir la surveillance et la connaissance de l'état du milieu, porte aussi sur l'interaction des activités et des aménagements anthropiques avec les écosystèmes.

La solution de restauration écologique nous intéresse dans notre étude, «la restauration écologique est une action intentionnelle qui initie ou accélère l'auto-réparation d'un écosystème qui a été dégradé, endommagé ou détruit, en respectant sa santé, son intégrité et sa gestion durable » (SER, 2004). Elle peut ainsi être passive lorsque les forces de dégradations sont réduites, permettant aux processus naturels de récupération de diriger la restauration, ou active, lorsque non seulement les forces de dégradations sont réduites ou arrêtées, mais que le cours de la restauration est dirigé par des interventions humaines (Lake, 2001). En amont, il est essentiel de connaître et considérer les fonctions que remplissent les différentes espèces dans un écosystème mais aussi d'enlever toute pression sur le site récepteur afin qu'elle soit efficace.

Ainsi, nous pouvons nous demander si la perte d'un habitat naturel peut être entièrement compensé par un habitat artificiel? Notre analyse portera sur la complexité de la mise en place de restauration écologique marine à travers la démarche Eviter Réduire Compenser (ERC).

Dans un premier temps nous analyserons le cadre de la démarche ERC afin d'en comprendre les intérêts, dans un second temps nous traiterons de la difficulté d'application qui en découle, de comment elle s'applique et sur quels critères elle est basée. Ensuite, nous analyserons le cas de plusieurs projets de restauration s'inscrivant

dans la démarche ERC dont le projet de requalification du quai Dezoums à Port-Vendres. Enfin, nous conclurons ce mémoire d'une part avec l'étude d'une autre option, dite "zéro artificialisation nette" et d'autre part avec les limites de ces méthodes alternatives.

Partie 1: La séquence ERC

Le gouvernement la décrit comme telle: "La séquence éviter, réduire et compenser les impacts sur l'environnement dépasse la seule prise en compte de la biodiversité, pour englober l'ensemble des thématiques de l'environnement (air, bruit, eau, sol, santé des populations...). Elle s'applique, de manière proportionnée aux enjeux, à tous types de plans, programmes et projets dans <u>le cadre des procédures administratives d'autorisation</u> (étude d'impacts ou étude d'incidences thématiques, Natura 2000, espèces protégées...). Sa mise en œuvre contribue également à répondre aux engagements communautaires et internationaux de la France en matière de préservation des milieux naturels."

1.1) Contexte

C'est donc dans le but de gérer et modérer l'impact de l'Homme sur l'environnement que la démarche ERC a émergé. Principalement face au risque de dégradation lors de projets d'aménagement. Cette politique vise à contre-balancer les impacts résiduels qui ne peuvent pas être évités ou réduits par des mesures de compensation, via des actions de restauration, de réhabilitation ou de création de milieux naturels similaires à ceux qui ont été perdus ou dégradés. La finalité des mesures ERC est d'évaluer les effets environnementaux prévus pour les projets d'aménagement et de proposer, le cas échéant, des mesures compensatoires. (Paskoff, 1993).

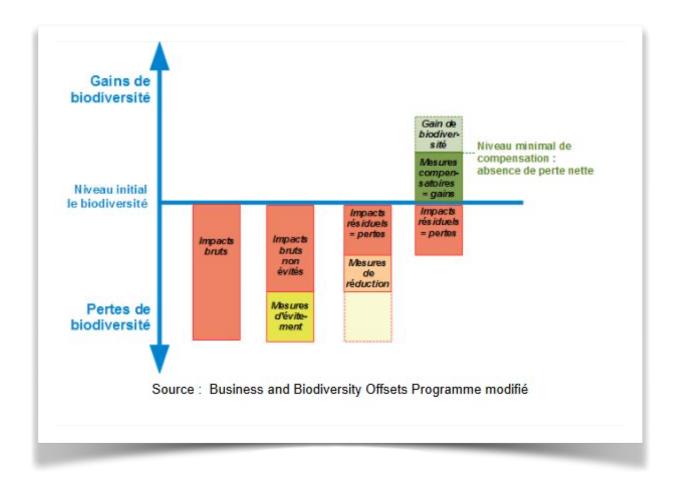


Figure n°1, Bilan écologique de la séquence ERC. (Business and Biodiversity Offsets

Programme modifié).

L'utilisation de la mesure ERC s'est développée en réponse à la nécessité de garantir un haut niveau de protection de l'environnement tout en permettant la réalisation de projets d'aménagement nécessaires pour répondre aux besoins économiques et sociaux.

Un diagnostic doit être effectué pour juger de la faisabilité du projet en fonction des enjeux environnementaux, l'étude d'impact servira donc de base afin de cibler les conséquences potentielles d'un projet, elle figurera dans le cahier des charges afin qu'il soit validé. Les mesures ERC sont définies dès la réalisation de l'étude d'impact, au stade de la première autorisation du projet. Elles peuvent néanmoins être précisées ou modifiées lors de la phase d'examen ou lors d'enquêtes publiques. Si ces mesures n'ont pu être suffisamment définies au stade de la première autorisation, l'étude d'impact devra être actualisée par le

maître d'ouvrage. Elles doivent figurer dans l'acte d'autorisation du projet. Cette étude d'impact sera complétée par la recherche de solutions alternatives, elles s'inscrivent ensuite dans un plan de gestion environnemental et social (PGES). Ces solutions alternatives peuvent être les mesures ERC, elles seront mises en place selon les décisions prises. Celles-ci sont prises lors d'un conseil scientifique où se regroupent généralement des experts en écologie, en ingénierie écologique et en gestion de projet, les parties prenantes concernées telles que les propriétaires fonciers, les associations locales et les autorités réglementaires. Ils se basent sur les résultats émis lors des évaluations environnementales. En fin de compte, les décisions sont prises par les autorités réglementaires, qui peuvent accorder ou refuser les autorisations nécessaires pour la mise en œuvre du projet de restauration écologique.

1.2) Cadre législatif

Elle a été introduite dans le Code de l'Environnement français en 2016, dans le cadre de la transposition de la directive européenne relative à la compensation des impacts sur l'environnement. Ainsi, elle suggère indirectement des grands principes relatifs à la loi française du 10 juillet 1976 (protection de la nature) puisque c'est la loi du 8 août 2016 pour la reconquête de la biodiversité, de la nature et des paysages et au code de l'environnement qui l'a renforcée.

Toutefois elle est difficilement transposable au milieu marin en raison du peu de connaissance sur celui-ci. La difficulté de les transposer à ce secteur impose de concentrer davantage l'effort sur l'évitement et la réduction pour atteindre l'objectif d'« absence de perte nette » voire de « gain net » de biodiversité comme il est stipulé dans l'article L163-1 du code de l'environnement: "Les mesures de compensation des atteintes à la biodiversité visent un objectif d'absence de perte nette, voire de gain de biodiversité.

durée des atteintes". C'est pour cela que le comité de pilotage du guide de la méthode ERC l'a décliné en 2017 au milieu marin (Annexe n°4), s'inscrivant dans une stratégie nationale afin de cadrer les politiques publiques sur le littoral et la mer.

Ces stratégies se trouvent dans les documents de stratégie de façade (DSF pour la France métropolitaine) et doivent également répondre aux directives européennes et à l'article R. 122-17 du code de l'environnement. Tous les programmes, stratégies qui portent sur ce milieu font l'objet d'une évaluation environnementale systématique, permettant de s'assurer que leur mise en œuvre n'engendrera pas d'atteinte significative à l'environnement.

1.3) Description de la méthode ERC

Cette méthode ERC se décline donc en 3 temps.

Tout d'abord la notion d'évitement, comme décrit dans le guide méthodologique intitulé "Définition des mesures « éviter, réduire, compenser » relatives au milieu marin", vise la préservation de la faune de la flore à enjeu de conservation des espèces protégées, lié à la directive habitat ou sur la liste rouge régionale avec leurs habitats

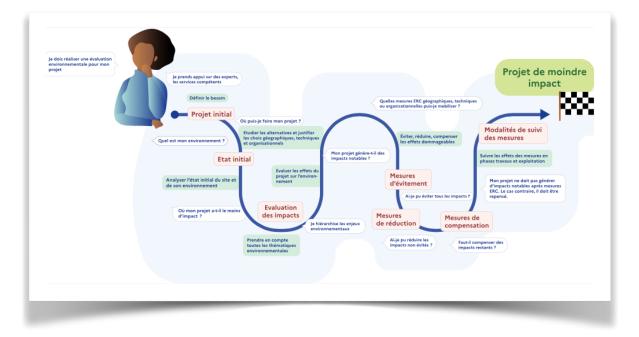


Figure n°2, Étapes clefs lors de la mise en place d'un projet d'aménagement qui intègre la séquence ERC. (Gouvernement, 2022).

respectifs ou encore la préservation de corridors "clés" ou de couloirs de migration. Plus globalement elle a pour but d'éviter la fragmentation de grand ensemble, la dénaturation, la dégradation et de préserver des milieux naturels et des corridors écologiques à une échelle adaptée, via le schéma régional d'aménagement, de développement durable et d'égalité des territoires (Sraddet). Rentre par exemple dans cette notion d'évitement le fait de déterminer un secteur où il y aura le moins d'enjeux dans le cadre d'un projet marin ou sur l'interface littorale pour éviter un impact majeur.

Dans un second temps suit la notion de réduction, elle va par exemple permettre d'optimiser la gestion des nuisances pendant les travaux (dans le cas de Port Vendre, l'utilisation d'une couche amortissante autour du pieu dans le but de diminuer le volume sonore et ne pas déranger la faune sensible), permettre de lutter contre les espèces envahissantes, de mettre en place des dispositifs d'éloignement pour déplacer temporairement les espèces présente sur le lieu récepteur pour les préserver des nuisances (dispositif progressif d'émissions sismiques appelé Soft Start, Ifremer) ou encore de sauver des espèces avant la destruction pour les réimplanter dans un espace propice.

Enfin arrive la mesure de compensation lorsque les mesures précédentes n'ont pas suffi à limiter assez l'impact. C'est à ce moment que les actions de renaturation ou de restauration sont le plus utilisées. Notamment pour retrouver les fonctions qui étaient initialement propres au site, en recréant artificiellement un habitat qui favorise la colonisation des espèces cible ou guilde.

Le guide méthodologique propose également une quatrième phase, dite "d'accompagnement" en complément. Le suivi des restaurations est essentiel pour en évaluer le succès et évaluer la réalisation de leurs objectifs (Lake, 2001). Diverses mesures sont envisagées, telles que la création d'outils réglementaires visant à garantir la durabilité des mesures de compensation. Parmi celles-ci figurent l'avancement des connaissances sur l'environnement marin grâce à des études d'inventaire et d'évaluation des effets des habitats artificiels, financées par des investissements économiques spécifiquement alloués à la recherche dans ce domaine.

Partie 2: Difficultés liées à la réalisation des évaluations environnementales en milieu marin.

2.1) Comment estimer la valeur d'un service écosystémique ?

Afin de quantifier cette valeur économique des services écosystémiques essentiels pour la phase de compensation, le Programme des Nations unies pour l'environnement (PNUE) a développé une évaluation économique des écosystèmes et de la biodiversité (TEEB). Cette approche est fondée sur des méthodes telles que la valeur de l'usage (ou de l'utilité), qui consiste à estimer la valeur monétaire des services écosystémiques en fonction de la satisfaction que ces services apportent aux personnes ou aux entreprises.

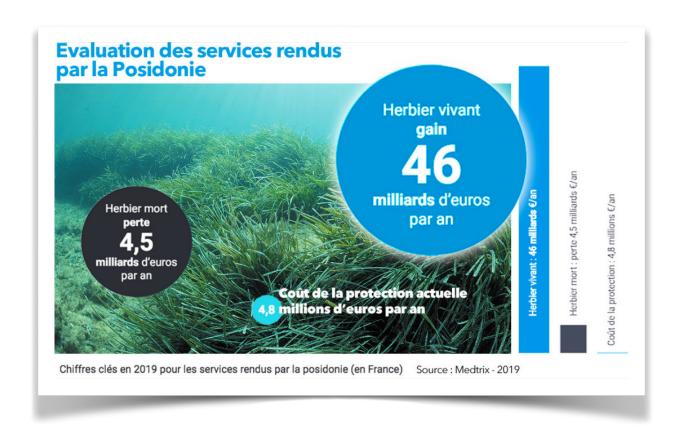


Figure n°3, Valeur des services rendus par les herbiers de posidonie en France. (Medtrix, 2019)

D'autres méthodes d'évaluation économique des écosystèmes, telles que la méthode des coûts de remplacement, peuvent être utilisées pour estimer la valeur économique des services écosystémiques en comparant les coûts de remplacement des services fournis par les écosystèmes par des technologies ou des infrastructures alternatives. Le coût de remplacement est inclus dans la valeur associée aux herbiers de posidonies et se chiffre à 46 Mds € (figure n°3). Alors, par quels moyens compenser cette perte monétaire et écosystémique considérable? Dans l'un des cas étudiés, on examinera comment les méthodes de restauration peuvent être combinées à la réduction de l'impact anthropique pour rétablir un équilibre écologique.

Cependant, l'évaluation économique des écosystèmes et de la biodiversité est un processus complexe et sujet à débat. L'évaluation économique des écosystèmes et de la biodiversité peut être utilisée pour sensibiliser les décideurs et le public à l'importance des Dalon-Cassan Mathilde

15 sur 38

écosystèmes et pour guider la prise de décision dans le domaine de la conservation et de la gestion durable des écosystèmes.

Néanmoins, un obstacle majeur à la tenue de l'état initial et à la bonne mise en œuvre de la séquence ERC en milieu marin réside dans le manque de connaissances de celui-ci et de fait, dans l'estimation de sa valeur. C'est pourquoi la recherche sur le milieu marin constitue un enjeu fort pour permettre une bonne mise en œuvre de la séquence. Ainsi, les études d'impacts sont indispensables pour connaître la biodiversité du site récepteur et les potentielles pertes.

2.2) Modèle d'évaluation environnementale dans les petits fonds marins côtiers.

Selon le ministère de la transition écologique, l'évaluation environnementale est "un processus visant à intégrer l'environnement dans l'élaboration d'un projet, ou d'un document de planification, et ce dès les phases amont de réflexions". Toutefois, tous les projets ne sont pas soumis à une évaluation environnementale. Pour ce qui est du milieu aquatique, littoral et maritimes plusieurs types de projet sont ciblés selon le code de l'environnement comme on peut le voir dans la figure n°4, ce sont principalement les aménagements portuaires qui sont concernés.

| Milieux aquatiques, littoraux et maritimes | | | |
|--|--|--|--|
| 9. Infrastructures portuaires, maritimes et fluviales. | a) Voies navigables et ports de navigation intérieure permettant l'accès de bateaux de plus de 1 350 tonnes. | a) Construction de voies navigables non mentionnées à la colonne précédente. | |
| | b) Ports de commerce, quais de chargement et de déchargement reliés à la terre et avant-ports (à l'exclusion des quais pour transbordeurs) accessibles aux bateaux de plus de 1 350 tonnes. | b) Construction de ports et d'installations portuaires, y compris de ports de pêche (projets non mentionnés à la colonne précédente). | |
| | c) Ports de plaisance d'une capacité d'accueil supérieure ou égale à 250 emplacements. | c) Ports de plaisance d'une capacité d'accueil inférieure à 250 emplacements. | |
| | | d) Zones de mouillages et d'équipements légers. | |

Figure n°4, Extrait du tableau annexe 3 du code de l'environnement sur les milieux aquatiques, littoraux et maritimes. (Gouvernement, 2022)

L'évaluation environnementale tout comme les études d'impacts en milieu marin sont des processus complexes qui peuvent rencontrer de nombreuses difficultés. Tout d'abord, les écosystèmes marins sont très vastes et spécifiques, avec des interactions et des relations multiples entre les différents organismes qui les composent. De plus, les conditions environnementales sont souvent difficiles à appréhender et peuvent varier considérablement d'un endroit à l'autre. Selon le "Guide cadre eval-impact, impacts des projets d'activités et aménagement en milieu marin Méditerranéen" (Annexe n°2), l'évaluation doit être adaptée à la zone d'étude au niveau des enjeux et de la sensibilité environnementale du milieu, mais aussi, sur l'incidence potentielle afin de cibler les enjeux environnementaux les plus pertinents. Les méthodes de collecte de données peuvent également être difficiles à mettre en place et peuvent nécessiter des technologies coûteuses.

Plusieurs méthodes d'évaluation du milieu marin sont proposées dans ce guide, comme l'analyse des "Services écosystémiques" : elle détermine les services fournis par les

écosystèmes marins tels que la production de nourriture, la régulation du climat, le traitement des déchets, etc. Elle permet de mesurer la valeur économique de ces services et de mieux comprendre l'impact des activités humaines sur les écosystèmes marins. Mais aussi l'approche "Pression-État-Impact-Réponse" (PEIR): Cette approche évalue les pressions exercées sur le milieu marin, leur état actuel, leurs impacts sur les écosystèmes et les réponses possibles pour atténuer ces impacts. Elle permet d'identifier les sources de pression sur le milieu marin et de proposer des solutions pour y remédier. Ou encore, "Evaluations environnementales stratégiques" (EES): cette méthode estime les impacts environnementaux potentiels des politiques, des plans et des programmes sur le milieu marin. Elle permet d'identifier les impacts négatifs et positifs potentiels sur l'environnement marin et d'intégrer ces considérations dans la planification et la prise de décision.

Désormais, nous allons étudier plus spécifiquement deux projets qui évaluent la perte environnementale de différentes manières.

Tout d'abord, le projet MEDAM, il signifie : côtes MEDitérranéennes françaises, inventaire et impact des AMénagements gagnés sur le domaine marin. C'est une base de donnée de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (CDSMM) pour la Méditerranée, volet "Habitat benthiques et intégrité des fonds marins" (MEDAM UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR CNRS ECOSEAS). Créée en 1970, elle a été sans cesse incrémentée (nouveaux ouvrages répertoriés) et améliorée au fil du temps (Meinesz et al. 2010). Après un constat alarmant sur la destruction des habitats marins au profit de l'urbanisation, les acteurs de ce projet ont réalisé une évaluation de l'impact global sur le milieu marin grâce à un inventaire exhaustif sur plusieurs support (ex :digues, épis) mais également sur des linéaires non atteints par l'aménagement à différente profondeur. Leur évaluation environnementale c'est basée sur : "l'emprise des ouvrages gagnés sur la mer, comparée aux surfaces et linéaires initiaux, permet de donner des évaluations quantitatives fiables :

- du principal impact écologique par recouvrement ou endigage entraînant une destruction irréversible des petits fonds concernés,
- de l'impact paysager en considérant le taux de littoral artificialisé. Vu de la mer ou de terre, ce littoral a un aspect d'amoncellement de blocs rocheux, de tétrapodes en béton enchevêtrés ou de diques verticales en béton.

Cet impact est évalué par la comparaison des surfaces gagnées sur la mer par les aménagements avec la surface initiale des petits fonds littoraux (entre 0 et -10 m, entre -10 m et -20 m), habitats les plus riches du milieu marin. Cette évaluation conduit à proposer des taux de destruction des écosystèmes littoraux par tranche bathymétrique. Les impacts négatifs extérieurs aux ouvrages n'ont pas été considérés." (MEDAM UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR CNRS ECOSEAS). On peut retrouver sur cette plateforme de nombreuses données qui permettent de se rendre compte de l'évolution du linéaire côtier et de l'impact. Selon leurs évaluation sur la côte du Languedoc Roussillon c'est 3,83 % (entre 0 et -10 m) des petits fonds marins côtiers dont la destruction est irréversible, l'érosion de la biodiversité est autant qualitative que quantitative.

Ensuite, le projet MedHab (2019-2022) a été développé par Septentrion Environnement, il vise à localiser et quantifier la disponibilité d'habitats marins essentiels pour les nurseries de poissons, en se concentrant sur la façade méditerranéenne française et trois zones avec des aires marines protégées. Le projet se divise en trois "workpackages" : collecte et analyse de données, localisation et quantification des habitats nurseries de sparidés, transfert de compétences et de connaissances aux gestionnaires. Des campagnes de terrain ont été menées pour valider la méthode de cartographie des habitats nurseries de sparidés et pour caractériser les populations de juvéniles. Ainsi, les résultats permettront de mieux comprendre et de préserver ces habitats importants pour le cycle de vie des Dalon-Cassan Mathilde

espèces marines et *infine* ces données nous permettrons de réellement compenser leurs pertes.

Ainsi, nous avons vu que de nombreuses méthodes d'évaluation existent mais se valent t'elles toutes? Quelles en sont les limites ?

2.3) Limites des ces méthodes d'évaluations.

L'ensemble des méthodes d'évaluation proposées permettent selon leurs créateurs d'aboutir à un résultat exploitable et représentatif. Malgré toutes ces techniques qui se complètent, il est tout de même difficile de prévoir les conséquences à long terme des activités humaines sur l'environnement marin. Les impacts peuvent être différés ou cumulatifs, et les effets de certains polluants ou changements environnementaux peuvent prendre des années, voire des décennies, pour se manifester. Il peut également être difficile de distinguer les impacts des différentes sources de pollution ou des différents types d'activités, ce qui rend la quantification des impacts complexes. La compensation peut nécessiter un temps considérable pour atteindre les niveaux de fonctionnement de l'écosystème original. De plus, l'évaluation environnementale comme celle effectuée par MedHab ne concerne seulement les poissons Téléostéens. Alors qu'en ai t'il des poissons non concernés par les évaluations environnementales lors de projet d'aménagement?

La difficulté à évaluer une fonction précise est d'autant plus complexe lorsqu' un écosystème regroupe plusieurs fonctions comme les herbiers de posidonies. On sait compenser seulement la fonction de nurserie pourtant ces herbiers ont également une fonction de captation carbone et d'autres nombreux rôles que nous verrons à travers un exemple au fil de ce mémoire. En effet, aujourd'hui la compensation n'est pas en mesure de fournir les mêmes niveaux de captation carbone ou de protection de l'érosion que le

système original. Cependant, la mise en œuvre de la compensation de la captation de carbone des posidonies peut également avoir des effets négatifs sur l'écosystème et les services écosystémiques qu'il fournit. La création par exemple d'herbiers artificiels, en plus de fournir seulement l'habitat, peut nécessiter des activités de dragage et de construction qui peuvent perturber l'écosystème marin et les communautés locales qui dépendent des services écosystémiques fournis par les herbiers de posidonie.

Tout comme les herbiers de posidonies, le trottoir à Lithophyllum est un habitat particulier pour certaines espèces dont on ne sait pas reproduire toutes les fonctions et de fait compenser sa dégradation. Nous allons brièvement nous y intéresser car il est présent dans l'étude de cas de la requalification du quai de Dezoums à Port Vendre. C'est un amas de crustacés calcaires formé par des algues rouges du genre Lithophyllum qui se développent sur des roches dans les zones intertidales.



Figure n°5, Trottoirs de Lithophyllum. (Jérôme Ghesquière, 2017).

En résumé, les trottoirs de Lithophyllum sont des habitats importants pour la biodiversité marine, la fixation du carbone, la production d'oxygène et la protection côtière, et il est donc essentiel de les protéger et de les restaurer de manière appropriée pour maintenir leur fonction écologique et leur biodiversité marine. Cependant, il est difficilement possible Dalon-Cassan Mathilde

21 sur 38

de compenser l'ensemble des fonctions propres aux trottoirs de Lithophyllum. Nous pouvons réduire les dégradations, c'est le cas à la Grande- Motte, des récifs artificiels en béton ont été construits à proximité du site de construction, et des fragments de Lithophyllum y ont été transplantés. L'évaluation de la compensation du trottoir de Lithophyllum à La Grande Motte a impliqué plusieurs acteurs, notamment des entreprises spécialisées dans l'ingénierie écologique, des agences gouvernementales et des experts en écologie marine à savoir: l'entreprise C-Dev, l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse, le laboratoire ECOMERS et l'association Longitude 181. Les résultats ont montré que les récifs artificiels ont été colonisés par des communautés marines similaires à celles présentes sur les trottoirs de Lithophyllum et ont fourni un habitat de substitution pour les espèces marines associées aux trottoirs de Lithophyllum. Ce diagnostic post restauration a été basé sur la qualité de l'habitat (taux de recouvrements de l'habitat artificiel), sur la colonisation par la biodiversité marine (diversité et quantité par espèces) et sur une comparaison des communautés marines entre le récif artificiel associé à cette restauration et celle des trottoirs de lithophyllum naturels.

Effectivement, l'évaluation environnementale en milieu marin implique souvent une coordination complexe entre les différents acteurs impliqués dans la planification et la mise en œuvre de projets. Les communautés locales, les scientifiques, les décideurs politiques et les entreprises peuvent avoir des intérêts divergents et des priorités différentes, ce qui peut rendre difficile la prise de décisions éclairées sur la gestion des impacts environnementaux.

En somme, l'évaluation environnementale en milieu marin peut être un processus difficile, mais il est essentiel pour garantir une gestion durable des ressources marines et pour minimiser les impacts des activités humaines sur l'environnement marin.

Partie 3: Étude de cas de la mise en application de la mesure ERC en milieu marin.

Dans tout projet de restauration, il est important de définir des objectifs clairs et précis. Ces objectifs peuvent être définis à différentes échelles écologiques : populations, communautés, processus écologiques et services de l'écosystème.

3.1) Projet d'extension portuaire à Port Vendres.

Le projet d'extension portuaire de Port-Vendres repose sur la requalification du quais de Dezoums dans l'anse des Tamarins. Cette extension initiée depuis 20 ans à pour but d'accueillir des bateaux de plus grande envergure dans un intérêt économique. La zone convoitée est une anse sablo vaseuse vouée à des activités de baignade. La pression y est forte seulement en haute saison avec l'affluence touristique.



Figure n°6, Modélisation du projet d'extension portuaire du quai de Dezoums à Port

Vendre. (Midi Libre, 2023)

Maintes évaluations environnementales et inventaires ont été réalisées: une étude des biocénoses marines comprenant des inventaires de la faune et de la flore sous-marine en plongée ainsi que des analyses physico-chimiques dans les sédiments marins par Créocéan en juillet 2012, un inventaire des espèces marines protégées (novembre 2014) et une prospection du trottoir à Lithophyllum juin (2015) par l'entreprise Seaneo. Ainsi qu'une étude du bruit ambiant en situation actuelle et future par Serial Acoustique.

Dans le milieu marin marin visé on retrouve donc deux espèces ciblée par la compensation écologique:

- Des herbiers de posidonies, espèce protégée à de multiples niveaux (français par l'arrêté ministériel du 19 juillet 1988), apparaît dans nombre de conventions notamment celle de Barcelone (1995), de Berne (1979) et de Rio (1992) où elle sera prise en compte par l'UNESCO. De plus, il est pris en considération en tant que biotope dans le décret d'application (n° 89.694 du 20 septembre 1989) de la « Loi littorale » n° 86.2 du 3 janvier 1986. Ce décret d'application impose notamment "la réalisation d'une notice d'impact spécifique sur le milieu marin, et en particulier sur l'herbier de Posidonie, pour tout projet d'aménagement littoral. De plus, la présence d'herbiers doit également être prise en compte dans les dossiers d'aménagement et les études d'impact (Loi sur l'eau n° 92.3 du 3 janvier 1992)". Les herbiers de posidonies, par exemple, remplissent de nombreuses fonctions importantes dans leur écosystème, notamment la stabilisation du fond marin, la filtration de l'eau et la fourniture d'un habitat pour une variété d'espèces marines.
- La grande nacre qui fait partie de la liste rouge mondiale des espèces menacées (listé Pinna nobilis Linnaeus, 1758), c'est aussi une espèce déterminante ZNIEFF.
 Dans la zone réceptrice un état de lieu avait été réalisé en 2012 par CREOCEAN, c'est 5 grandes nacres qui avait été recensée entre 3 et 9 m de profondeur mais

entre temps en 2019 elles avaient été évacuées à cause de la propagation d'une maladie. Depuis nous n'avons pas eu d'autres données sur les grandes nacres.

Pour ces raisons le projet est contesté depuis de nombreuses années, s' il est un jour réalisé, des mesures qui s'inscrivent dans la démarche ERC devront être mise en œuvre comme stipulé dans l'arrêté préfectoral de 2017 et celui de 2023 (Annexe n°1) qui le complète en raison de la présence d'espèces et d'habitats protégés. Ces arrêtés préfectoraux portent prescription au titre de l'article L.214-3 du code de l'environnement en application de l'ordonnance n°2014-619 du 12 juin 2014. En considérant un certain nombre de prescriptions, de condition et d'engagement comme la sixième considération de l'arrêté de 2017 qui dit: "considérant que le demandeur s'engage à mettre en oeuvre l'ensemble des mesures pour éviter, réduire et compenser les impacts sur le milieu aquatiques et les espèces protégées telles qu'elles sont décrites dans le dossier de demande d'autorisation unique, complétées ou précisées par les prescriptions mentionnés dans le présent arrêté"; le projet est autorisé avec des conditions précises. Malgré la présence d'espèces protégées, une dérogation autorise le chantier en tenant compte de l'article L.411-2 et L.214-3 du code de l'environnement. Peut être que c'est le trop grand nombre de mesures imposées ou leur caractère contraignant qui ralentit la réalisation de celui-ci.

Le titre III de l'arrêté de 2017 porte sur "les prescriptions particulières relatives à l'autorisation au titre de la loi sur l'eau et les milieux aquatiques"; les prescriptions y sont déclinées et l'article 17 nous indique les mesures d'évitement, de réduction et de compensation et suivi d'incidences. Plusieurs aléas dus aux travaux sont pris en compte, notamment l'envol des poussières, la réduction des gaz d'échappement, la gestion des déchets ou la pollution accidentelle. Il est complété par le titre IV qui porte sur les "prescriptions particulières relatives à la dérogation au titre des espèces et habitats protégés"; les mesures d'évitement et de réduction y sont détaillées. Pour réduire l'impact Dalon-Cassan Mathilde

sur les herbiers de posidonies les travaux engendrant une turbidité de l'eau trop importante seront effectués en dehors de la période estivale soit le moment où l'espèce reconstitue ces réserves. En ce qui concerne les grands nacres qui seraient impactés par l'extension du port seront transférés afin de réduire l'impact, 57 individus seraient concernés par cette notion.

La compensation, sujet de notre mémoire est inclue dans l'article 21 de l'arrêté de 2017. Deux mesures seront mise en place:

 MC1: "Installation de micro-habitats pour les juvéniles de poissons sur les ouvrages portuaire dans le port de Port-Vendres". La solution artificielle choisie se porte sur la création de roselière ou équivalence. Notons qu'aujourd'hui la restauration de la fonction nourricière est la seule que nous savons réellement compensée (connaissance des gains).

Les modules roselières sont des innovations fondées sur le mimétisme, elles permettent de recréer un habitat et une nurserie.



Figure n°7, Module roselière conçu par SEABOOST. (SEABOOST, 2022).

Les roselières de SEABOOST par exemple, intègre des matériaux naturels tels que la fibre de coco (figure n°7), ce qui permet une fois immergée de reproduire la mobilité qu'offrait les tiges des herbiers. Suite à un suivi du projet GIREL par le GIS posidonie cette solution montre de réel bénéfice écologique, c'est une abondance de vie multipliée de 8 à 17 et une diversité multipliée de 3 à 4 fois (SEABOOST).

D'autres solutions existent pour compenser la perte d'un habitat, les BIOHUT de l'entreprise ECOCEAN ont également porté leurs fruits en s'intégrant directement aux pontons ou/et au quais portuaires. Les fonctions écologiques apportées par ce module artificiel sont validées scientifiquement (*M.Bouchoucha et al., 2016, M.Mercader et al., 2017*). Ces habitats complexes ont été posés plus de 4835 fois en Europe. De plus, il s'inscrit dans le projet NAPPEX qui a été élu lors de l'appel à projet de la Stratégie

Nationale pour la Biodiversité, lancé par le Ministère de l'Ecologie en 2001, autrement dit il a été reconnu et approuvé de nombreuses fois.

On compense la fonction d'habitat perdu par les herbiers de posidonies impacté mais on ne compense pas les autres fonctions perdues pour cette même espèce, comme le captage carbone, la stabilisation des fonds marins ou encore l'amortissement de la houle. Les solutions pour la restauration de cette fonction ne sont pas encore assez efficaces.

 MC2: "Mesure de préservation d'un herbier en voie de dégradation par mise en place d'une Zone de Mouillage et d'Équipement Léger (ZMEL) pour les navires de plaisance."

Rappelons que l'ancrage des bateaux est l'une des origines de destruction des herbiers.

Des réseaux comme DONIA ont été mis en place pour informer de la présence de ces derniers grâce à une cartographie précise des petits fonds marins côtier méditerranéen français.

Dans le cas de Port Vendres la compensation de la perte des posidonies passe par la mise en place de ZMEL dans des secteurs alentours. Le site de la baie de Paulilles (anse de Fourat) sera privilégiée au vu de l'affluence touristique en période estivale et grâce aussi à son statut de zone Natura 2000 "Posidonie de la côte des Albères". Cette mesure s'applique aussi sur le site de la crique de Bernardi en complément de l'interdiction du mouillage afin d'éviter le report du risque. De plus, le nombre de place limité permettra de réduire l'impact et ainsi avoir de bons résultats pour la compensation.

Un suivi sur 20 à 30 ans doit découler de ces mesures afin d'en évaluer au mieux les bénéfices. Il est crucial de prendre en compte les résultats scientifiques des solutions de restauration proposées et de limiter l'impact de ces solutions sur l'environnement.

3.2) Est-ce que la politique de "zéro artificialisation nette" pourrait constituer une approche pour la préservation et la restauration de l'environnement ?

Nous savons que la perte des milieux naturels est majoritairement due à une pression anthropique et plus précisément à l'extension des zones urbaines. Selon l'OFB sur le milieu terrestre 20 000 hectares par an sont consommés par l'artificialisation des sols. La démarche Zéro Artificialisation Nette (ZAN) instaurée par le gouvernement a fait surface pour réguler efficacement cette problématique. Elle est l'objectif du Plan Biodiversité qui "vise à renforcer l'utilisation des solutions fondées sur la nature afin de s'adapter au mieux au changement climatique et favoriser la résilience des territoires." (ministère de la transition écologique)

La ZAN pourrait être considérée comme une solution compensatoire dans la mesure où elle vise à préserver les espaces naturels en limitant leur consommation. Cependant, il est important de noter qu'elle ne compense pas directement les impacts environnementaux des activités humaines qui ont conduit à l'artificialisation des sols. Elle ne compense pas non plus les pertes écologiques irréversibles liées à l'artificialisation passée. La ZAN peut donc être considérée comme une mesure préventive et non comme une solution compensatoire. Pour compenser les impacts environnementaux, il est souvent nécessaire de mettre en place des mesures de compensation spécifiques, comme la restauration de milieux naturels, la création d'habitats pour la faune et la flore, etc.

3.3) Limites de la restauration écologique et de la démarche ERC.

Deux tendances majeures structurent la plupart des controverses sur cet outil. La première nourrit l'espoir de voir dans cette approche les formes nouvelles d'une limitation de la destruction de la biodiversité. La deuxième perçoit dans ce même outil la porte

ouverte à la justification de la destruction de la biodiversité sous couvert d'un procédé régulé par des experts mal armés ou non légitimes. Pour cette deuxième tendance, non seulement les calculs d'équivalence qui mettent en équation une biodiversité détruite et une biodiversité compensée sont hasardeux au vu de la complexité écologique en jeu (Maron *et al.*, 2012) mais, plus fondamentalement, la compensation vient précisément détourner les enjeux de conservation vers une logique de développement (Apostolopoulou et Adams, 2017).

De plus, L'écologie de la restauration est une science encore jeune. Bien que les exemples de restauration s'accumulent, ils sont encore bien souvent trop récents pour bénéficier de suffisamment de recul et pouvoir évaluer leur efficacité de manière pertinente (Cristofoli et Mahy, 2010). Ceci nécessite un suivi sur le long terme de la réponse des écosystèmes à la restauration et passe par la définition précise d'indicateurs (Cristofoli et Mahy, 2010).

Aussi, comme nous l'avons vu dans le cas d'étude à Port Vendre, le temps de latence entre la naissance du projet, les différentes évaluations et diagnostics et la réalisation peut être très long. Ce qui donne aujourd'hui des projets qui voient le jour alors qu'ils ne sont plus dans l'ère du temps au niveau écologique. Est ce que les attentes au niveau des espèces sont toujours les mêmes? Peut être que si l'accord du projet avait dû être rendu aujourd'hui il n'aurait pas été approuvé.

Le débat entourant le principe même de la compensation écologique oriente la réflexion sur une autre notion, celle de « modernisation écologique ». Selon cette approche, bien que les principales problématiques environnementales modernes soient le fruit de l'industrialisation et de la modernisation de nos économies, leur résolution passe nécessairement par encore plus d'industrialisation et de modernisation (Buttel, 2010). Ne pouvant infléchir le cours de l'aménagement, elle cherche plutôt à en limiter les effets négatifs. Ainsi nous pouvons nous demander si l'introduction de modules artificiels ne Dalon-Cassan Mathilde

peuvent pas eux même avoir une atteinte pour le milieu? La compensation de la dégradation des milieux marins du à l'artificialisation passe par des outils également artificiels. Alors est ce que la restauration n'est-t-elle pas aussi vectrice d'artificialisation? Même si la restauration écologique compense en ayant le minimum d'impact sur le milieu mais surtout en prenant en compte tous les traits fonctionnels des écosystèmes dégradés.

Conclusion

Enfin, de façon plus générale, les conséquences des aménagements humains sur la faune et la flore, notamment par la destruction et la fragmentation des habitats peut fragiliser certaines espèces et contribuer à leur extinction. C'est le cas de nombreux aménagements liés à l'extension urbaine. Il est important de garder à l'esprit que la restauration écologique devrait être considérée comme une mesure de dernier recours, après avoir tenté de prévenir ou de minimiser les impacts environnementaux autant que possible. De plus, elle ne devrait pas être utilisée comme une justification pour poursuivre des activités qui ont des impacts environnementaux négatifs. D'autant plus puisque nous ne savons pas encore restaurer l'entièreté des traits fonctionnels des écosystèmes impactés. La compensation peut se traduire par de la restauration.

Comme le souligne Gourou (1967) « ce qui compte, ce n'est pas seulement le milieu, c'est l'idée que les hommes s'en font ». Les éléments du milieu naturel sont inséparables de leur interprétation et de leur utilisation par les sociétés. Alors, est-ce que associer une valeur synonyme de prix à un ensemble écosystémique n'est il pas seulement le reflet de notre société? Au final, la compensation par des modules artificiels est elle aussi une forme d'artificialisation; mais c'est la valeur qu'on lui attribue qui diffère et qui rend légitime son utilisation. Comme nous l'avons vu, la compensation peut prendre plusieurs formes, telles que la restauration écologique, la création de nouveaux habitats ou la protection de zones existantes. Mais, cela soulève une question sous-jacente, est ce que la nature à besoin de l'intervention de l'Homme? La nature sait se montrer résiliente seule mais dans un contexte d'artificialisation ne faut'il pas l'aider? Cet interventionnisme rentre dans un souci de rentabilité de la biodiversité.

Bibliographie

- Bergès L, Roche P, Avon C. "Corridors écologiques et conservation de la biodiversité, intérêts et limites pour la mise en place de la Trame verte et bleue", Sciences Eaux & Territoires, 2010/3 (Numéro 3), p. 34-39. DOI: 10.3917/set.003.0034. URL: https://www.cairn.info/revue-sciences-eaux-et-territoires-2010-3-page-34.htm
- Buttel FH., 2000a. "Reflections on the Potentials of Ecological Modernization as Social Theory", Natures Science Sociétés.
- Costello MJ, Coll M, Danovaro R, Halpin P, Ojaveer H, Miloslavich P., (2010) "A
 Census of Marine Biodiversity Knowledge, Resources, and Future Challenges".
 PLoS ONE 5(8): e12110. URL: https://doi.org/10.1371/journal.pone.0012110
- Cristofoli S. et Mahy G., 2010. "Restauration écologique : contexte, contraintes et indicateurs de suivi", BASE [En ligne], Volume 14 (2010), numéro 1, 203-211 URL : https://popups.uliege.be/1780-4507/index.php?id=5097.
- Daouda Ngom, "Biodiversité, restauration écologique et intensification écologique : quelles imbrications ?", VertigO la revue électronique en sciences de l'environnement [En ligne], Débats et Perspectives, mis en ligne le 01 février 2021, consulté le 16 mai 2023. URL : http://journals.openedition.org/vertigo/28605; DOI: https://doi.org/10.4000/vertigo.28605

- Direction interrégionale de la mer Méditerranée. 2019. Document stratégique pour la restauration écologique en Méditerranée. PAMM Méditerranée Occidentale. 56 pages.
- Ehrlich, Paul R., 1968. "The population bomb". Ballantine Books. p. 135.
- Gourou P., 1967 "Madagascar. Cartes de densité et de localisation de la population". Cemubac et Orstom
- Lake P.S., 2001. "On the maturing of restoration: linking ecological research and restoration". Ecol. Manage. Restoration, 2, 110-115. URL: dirm_med_-
 brochure strategie restauration-2.pdf (developpement-durable.gouv.fr)
- Maron M., Dunn P.K., McAlpine C.A., Apan A., 2010. "Can offsets really compensate for habitat removal? The case of the endangered red-tailed black-cockatoo". J. Appl. Ecol. 47, 348–355.
- Paskoff R, 1993, "Côtes en danger". Paris: Masson, 250p.
- SER, 2004. The SER (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group) international primer on ecological restoration, http:// www.ser.org/content/ecological_restoration_primer.asp, (30/06/09).

Sitographie

- CEREMA, <u>Eviter</u>, <u>Réduire</u>, <u>Compenser</u>: un guide pour mettre en œuvre l'Approche standardisée du dimensionnement de la compensation écologique | Cerema, consulté le 22/04/2023
- DCSMM, <u>Évaluation DCSMM (milieumarinfrance.fr)</u>, consulté le 18/04/2023
- ECOCEAN, https://www.ecocean.fr/projets-ecocean/complexification-des-recifs/,
 consulté le 11/05/2023
- Gouvernement, <u>45 % des petits fonds côtiers sont encore menacés par les activités</u>
 <u>sur le littoral (eaurmc.fr)</u>, consulté le 20/04/2023
- Gouvernement, <u>ThemaEssentiel_AideDefinitionMesuresERC VF au 06 01 2020</u>
 (ecologie.gouv.fr), consulté le 20/04/2023
- Gouvernement, <u>Un plan d'action pour le milieu marin (PAMM) | DREAL Occitanie</u>
 (developpement-durable.gouv.fr) consulté le 15/04/2023
- Gouvernement, <u>L'évaluation environnementale notre-environnement</u>, consulté le 05/05/2023
- Légifrance, https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042369329,
 consulté le 23/04/2023
- Medam, http://www.medam.org/index.php/fr/, consulté le 10/05/2023
- MEDWET, https://medwet.org/fr/2017/10/mediterranean-posidonia/
 #:~:text=Parmi%20ses%20nombreuses%20fonctions%2C%20I,et%20al.
 %2C%202006, consulté le 18/05/2023

- Medtrix, https://medtrix.fr/portfolio-page/respire/, consulté le 22/04/2023
- OFB, <u>Préservation</u>, <u>restauration et réhabilitation des milieux / Priorités d'action</u>
 2019-2023 | Le portail technique de l'OFB, consulté le 23/04/2023
- VOILES, <u>INTERVIEW. Comment un chercheur Ifremer veut favoriser le retour de la biodiversité dans les ports (ouest-france.fr)</u>, consulté le 11/05/2023
- SEABOOST, https://www.seaboost.fr/wp-content/uploads/2017/10/Fiche-techniquesolution-Seaboost-module-roseliere.pdf, consulté le 10/04/2023

Listes des figures

- Figure n°1, Bilan écologique de la séquence ERC. (Business and Biodiversity Offsets Programme modifié).
- Figure n°2, Étapes clefs lors de la mise en place d'un projet d'aménagement qui intégre la séquence ERC. (Gouvernement, 2022).
- Figure n°3, Valeur des services rendus par les herbiers de posidonie en France.
 (Medtrix, 2019)
- Figure n°4, Extrait du tableau annexe du code de l'environnement sur les milieux aquatiques, littoraux et maritimes. (Gouvernement, 2022)
- Figure n°5, Trottoir de Lithophyllum. (Jérôme Ghesquière, 2017)
- Figure n°6, Modélisation du projet d'extension portuaire du quai de Dezoums à Port Vendre. (Midi Libre, 2023)
- Figure n°7, Module roselière conçu par SEABOOST. (SEABOOST, 2022).

Annexes

Annexe 1: Arrêté préfectoral de 2023.

https://www.pyrenees-orientales.gouv.fr/contenu/telechargement/37260/297480/file/APC_230213_%20AENV_quai_dezoums_PVendres_signe.pdf

 Annexe 2 : Guide cadre eval-impact, impacts des projets d'activités et aménagement en milieu marin Méditerranéen

https://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/3-fascicule2 etapes cles.pdf

- Annexe 3 : Tableau du code de l'environnement
 https://www.legifrance.gouv.fr/codes/article_lc/LEGIARTI000042369329
 - Annexe 4 : Guide méthode ERC

https://www.ecologie.gouv.fr/sites/default/files/ 2guide erc milieu%20marin fevrier 2023.pdf