

# Les promesses de la réhabilitation écologique en zone portuaire

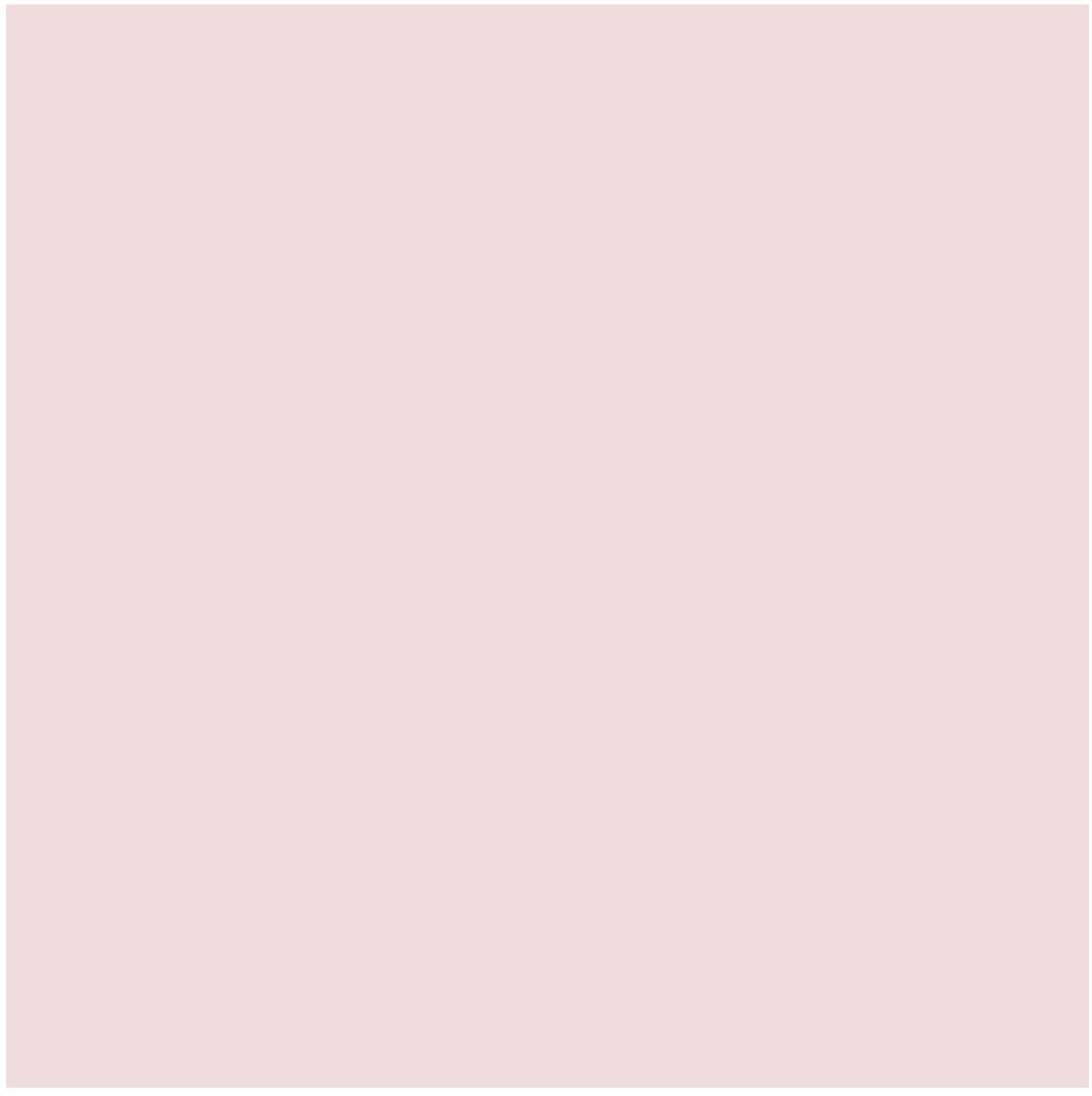
Auteurs :

**BOUCHOUCHA Marc**, Chercheur, Laboratoire Environnement Ressources Provence Azur Corse, La Seyne/Mer

**CARLIER Antoine**, Chercheur en écologie benthique au LEBCO (Laboratoire d'écologie benthique côtière), IFREMER

**CURD Amélia**, Chercheur en écologie marine au LEBCO (Laboratoire d'Ecologie Benthique Côtier), IFREMER

21-02-2022



*L'Homme peut-il refaire ce qu'il a défait ? La construction de ports en zone côtière entraîne d'une part une destruction totale et irréversible des habitats marins et d'autre part une importante contamination chimique. Ces pressions sont quelques-unes des plus grandes menaces qui pèsent sur la biodiversité marine côtière. Face à des enjeux économiques de plus en plus importants, l'Humanité se retrouve tirailée entre d'une part le besoin de développer les espaces portuaires, et d'autre part une nécessité absolue de maintenir en état les écosystèmes littoraux et les services qui y sont associés. Pour tenter de les concilier, de plus en plus de pays s'engagent dans des approches de réhabilitation écologique visant notamment à limiter l'impact des infrastructures « grises », c'est-à-dire construites par l'Homme sans considération écologique, sur les écosystèmes littoraux marins. Mais ces projets représentent-ils un véritable espoir pour la conservation de la biodiversité marine ou faut-il y voir un simple mirage bleu ?*

## **1. Le paradoxe des zones côtières : des habitats essentiels parmi les plus menacés de la planète**

Les océans représentent 70,8 % de la surface du globe. On y recense environ 240 000 espèces marines, soit **environ 13 % de la biodiversité totale identifiée**. Mais ce chiffre est largement sous-estimé : chaque année, de nouvelles espèces sont découvertes.

Les chercheurs pensent qu'il y aurait entre 0,7 et 1,6 millions d'espèces vivant en mer (Lire [Quand l'expédition Tara Océans explore la diversité du plancton](#)).

Parmi les vastes étendues d'eaux marines, **les zones côtières** sont les plus **riches et les plus productives**. A l'interface entre les milieux marins et terrestres, elles interviennent de manière essentielle dans le maintien des équilibres écologiques et hydrologiques globaux mais aussi dans le cycle de vie de nombreuses espèces animales ou végétales.



Figure 1. Juvéniles de d'oblade (*Oblada melanura*) et de sar commun (*Diplodus sargus*) dans une nourricerie côtière naturelle. [Source © Ifremer – F. Witkowski].

Les habitats côtiers jouent souvent un rôle de **nourricerie** [1] (Figure 1) essentiel pour de très nombreuses espèces (Lire : [Biodiversité sur les côtes rocheuses : zonation et relations écologiques](#)). Ainsi, 50% des espèces de poissons dépendent directement des zones côtières. La réduction de la surface ou la dégradation de la qualité de ces habitats influence directement le maintien des populations qui les fréquentent au stade juvénile. Certains écosystèmes côtiers végétalisés, dits du « **carbone bleu** », comme les mangroves, les herbiers marins ou les marais intertidaux, ont la capacité de séquestrer du carbone dans les sédiments marins pour des milliers d'années. Même s'ils ne représentent que 0,2 % de la surface des océans, ils contribuent à l'enfouissement de 50 % du carbone capté dans les sédiments marins [2].

Les sociétés humaines ont depuis longtemps été attirées par les espaces littoraux où elles ont trouvé des ressources variées, notamment alimentaires, des espaces de refuge, des terrains agricoles et des voies de communication. Aujourd'hui, **44 % de la population mondiale vit à moins de 150 km des côtes** [3] et ce chiffre ne cesse de croître. Face à cette densification, au développement du tourisme balnéaire et au besoin de renforcer la protection de ses villes côtières du danger de l'érosion et des inondations, l'Homme a cherché à gagner des territoires sur la mer et y a construit des structures artificielles : digues, ports, quais, polders, plages artificielles, etc. Il en résulte une **artificialisation croissante du littoral**. A titre d'exemple, le taux d'artificialisation du trait de côte en Méditerranée française a été multiplié par plus de trois entre 1950 et aujourd'hui [4] (Figure 2).



Figure 2. Exemple d'artificialisation du littoral. Ici, le littoral devant la ville de Bastia (Haute-Corse, France). [Source © Ifremer – O. Dugornay].

Tout cela n'est pas sans conséquences pour les écosystèmes côtiers. **La modification et la destruction des habitats sont considérées comme les premières causes de perte de biodiversité sur la planète** (Lire [La biodiversité n'est pas un luxe mais une nécessité](#)).

## 2. Les ports, une pression majeure sur le littoral

**Les ports constituent une pression majeure sur les écosystèmes littoraux.** En France, on dénombre plus de 500 ports, dont une majorité de ports de plaisance, mais aussi des grands ports de pêche et 66 ports de commerce maritimes [5]. Lors de leur construction, les petits fonds côtiers naturels sont détruits et remplacés par des structures artificielles comme des digues ou des quais dont l'objectif premier est d'assurer la protection des biens et populations. Ces ouvrages portuaires sont généralement moins complexes et hétérogènes que les habitats naturels qu'ils remplacent. De nombreux travaux scientifiques ont montré que **cette perte de complexité et d'hétérogénéité est une cause de la diminution de la biodiversité** sur les ouvrages portuaires. Par ailleurs, la construction d'un port crée des zones enclavées et modifie profondément la bathymétrie locale, deux paramètres qui influencent grandement la biodiversité marine.

La transformation des habitats n'est pas la seule pression qui pèse sur les organismes qui vivent dans ou à proximité immédiate des ports. Ces espaces sont généralement le réceptacle de multiples contaminations microbiologiques, organiques et chimiques d'origine humaine. Ces perturbations sont bien connues pour affecter négativement la physiologie, la croissance, la santé, le comportement et la survie des espèces marines, en particulier durant leurs stades de vie les plus précoce. **La pollution engendrée par les activités portuaires a donc des conséquences importantes sur la perte de fonction écologiques des habitats littoraux dans et autour des ports.**

Enfin, les ports sont des carrefours internationaux pour le trafic maritime. Ils constituent à ce titre des **voies d'entrée privilégiées pour des espèces non-indigènes** via les eaux de ballast ou le biofouling sur les coques des navires. Contrairement aux habitats naturels, les ouvrages portuaires sont souvent inhospitaliers à la recolonisation par les espèces indigènes. Ainsi, ces structures servent souvent de points chauds pour les espèces non indigènes, perturbant davantage l'écologie du système.

Les ports peuvent donc être qualifiés d'**écosystèmes de synthèse** ou d'**écosystèmes nouveaux**, c'est-à-dire des écosystèmes qui présentent des conditions et des combinaisons d'organismes qui n'existent pas naturellement, donnant lieu à un métissage biologique. Même s'ils ne sont pas naturels, ces écosystèmes de synthèse peuvent encore avoir des fonctions écologiques utiles. Encore faut-il savoir lesquelles, si elles sont substituables aux fonctions des habitats d'origine et comment les exploiter au mieux.

## 3. La restauration écologique dans les ports, une thématique emergente

« Restauration », « réhabilitation », « récupération », « renaturation », etc., autant de termes, souvent issus de l'expérience terrestre, qui se retrouvent aujourd'hui englobés sous la terminologie de la « **restauration écologique** » et sont souvent mal employés. Ces termes ont fait l'objet de nombreux débats et leurs définitions ont évolué dans le temps et selon les auteurs. Ils ont tous en commun le préfixe « re » qui insiste sur la notion de réparation des erreurs du passé : à travers des actions sur le littoral, l'Homme cherche à refaire ce qu'il a défaill.

Au sens strict, la **restauration écologique** consiste en la **réparation intégrale de la nature** comprenant toute sa biodiversité, toutes les interactions entre les êtres vivants et leurs habitats, et l'intégralité de ses propriétés. Ce retour à l'état naturel peut s'envisager :

en intervenant directement sur le milieu abîmé, en modifiant ses caractéristiques physiques, en y réintroduisant des espèces, etc., (c'est la **restauration active**)

en réduisant la pression des activités humaines sur ce milieu pour laisser la nature reprendre ses droits (c'est la **restauration passive**).

La **réhabilitation** s'applique lorsque les milieux sont trop dégradés pour faire l'objet d'une restauration au sens strict. L'objectif est alors de faire **récupérer à l'écosystème certaines caractéristiques du milieu naturel** comme la présence de certaines espèces, fonctions ou encore services, sans nécessairement viser l'exhaustivité. C'est donc un compromis pour les milieux très dégradés entre ne rien faire et tenter de retourner à un état naturel. Les destructions liées à la construction de ports étant définitives, la restauration stricte des zones portuaires est utopique et seule la réhabilitation peut être envisagée.

Le développement de nos sociétés s'accompagne d'un accroissement des échanges commerciaux, du développement de nouvelles activités en mer (énergies marines renouvelables), du développement du tourisme nautique et des activités de loisir. De plus en plus de ports seront donc construits ou étendus dans les décennies à venir, avec des conséquences inévitables et irréversibles sur les écosystèmes littoraux et sur l'ensemble des espèces qui en dépendent. Face à ce constat inquiétant, il semble aujourd'hui

indispensable de se poser les bonnes questions : quels sont les projets véritablement nécessaires au développement actuel ou futur de nos sociétés ? Quelles sont les solutions pour **atténuer les impacts de ces projets** ? Et enfin, comment compenser les impacts résiduels qui n'ont pu être évités ou atténués ? Ces questions font partie intégrante de la séquence « éviter-reduire-compenser », dite ERC, qui vise à concilier développement économique et enjeux environnementaux.

## 4. La réhabilitation de fonctions écologiques en zone portuaire, des débuts prometteurs ?

### 4.1. Les principes de la réhabilitation écologique en zone portuaire



Figure 3. Exemple de micro-structure artificielle complexe positionnée sous un ponton. Ici, un module « ReFish » (société Marinov) dans le port de Toulon. L'objectif est de fournir des abris contre les prédateurs aux juvéniles de poissons pour leur permettre de grandir. [Source © Ifremer – O. Dugornay].

Depuis plus d'une décennie maintenant, des opérations pilotes ont été menées à travers le monde avec pour objectif d'utiliser l'ingénierie écologique [6] et l'écoconception [7] afin de favoriser la biodiversité et réhabiliter des fonctions écologiques dans les ports. Le principe des solutions techniques proposées est globalement invariant : il consiste à **modifier la structure tridimensionnelle des ouvrages portuaires**, soit en y fixant des micro-structures artificielles complexes, soit en intervenant directement sur leur topographie lorsqu'il s'agit d'éléments d'ouvrages nouveaux.

L'objectif de la modification structurale diffère selon les projets : dans certains cas, il s'agira de créer des zones refuges contre les prédateurs pour des juvéniles de poissons, dans d'autres cas de favoriser la recolonisation par des espèces locales et des espèces structurantes (*i.e.*, celles qui créent elles-mêmes un nouvel habitat) ou encore de recréer des petites flaques abritant la faune ne supportant pas l'exondation à marée basse. Toutes ces opérations pilotes supportent l'idée que les ouvrages portuaires peuvent être modifiés structurellement pour **augmenter leur attractivité et leur qualité pour les organismes marins**, ce qui leur permettrait de **contribuer au maintien des populations tout en assurant leurs fonctions premières**. Des exemples sont fournis dans les figures 3, 4 et 5.



*Figure 4. Exemple d'éco-bloc mis en place dans la digue du port de Brest (Bretagne-France). Ces éco-blocs restent remplis d'eau à marée basse, recréant artificiellement des flaques caractéristiques des côtes rocheuses des mers à marées. [Source © Ifremer – O. Dugornay].*

La réhabilitation écologique en zone portuaire telle que décrite ci-dessus ne peut s'envisager que si les conditions environnementales, notamment les niveaux de contamination microbiologique et chimique, sont compatibles avec la survie et le développement des espèces. Elle ne peut donc s'envisager qu'après un effort conséquent de réduction des pressions (réduction des apports, mise en place d'aires de carénages, de zones de récupération des eaux grises, etc.).



*Figure 5. A, Exemple de micro-structure artificielle complexe fixée sur un quai dans un port. Ici, un module « Roselière » (société Seaboost) dans le port de Toulon. L'objectif est d'imiter les caractéristiques d'un herbier naturel pour fournir un habitat aux poissons. [Source © Ifremer – B. DE VOGUE]. B, Juvéniles de sparaillons (*Diplodus annularis*) dans un module « Roselière ». [Source © Seaboost – M. Lapinski]*

A l'état naturel, les zones côtières sont réputées pour accueillir de fortes densités de juvéniles de poissons et leur fournir des conditions privilégiées de croissance et de refuge ; ce sont de véritables nourriceries. C'est pourquoi les recherches sur la restauration des zones portuaires ont souvent été orientées autour de deux questions : peut-on réhabiliter une fonction de nourricerie de poissons dans les ports et, si oui, est-ce à un niveau équivalent à celui des zones naturelles de référence ? De nombreux projets ont été menés dans ce sens dont plus de 30 en Méditerranée française (Figures 2 et 4). L'enjeu de ces questions n'est pas exclusivement écologique. En effet, parmi les espèces concernées par la fonction de nourricerie, certaines comme le sar, le rouget ou le loup ont une forte valeur halieutique et sont exploitées commercialement.

## 4.2. Quels succès des opérations de réhabilitation écologique en zone portuaire ?

La plupart des suivis réalisés de par le monde lors de ces études pilotes ont montré des résultats très encourageants. Les structures éco-conçues fournissent généralement des conditions propices au développement de communautés fixées et sessiles diversifiées, avec une plus grande abondance d'individus que sur des structures « classiques ». Une étude à grande échelle, menée dans 14 zones marines urbaines réparties sur la planète, a montré que le nombre total d'espèces pouvait être jusqu'à 2,7 fois supérieur sur des structures complexes éco-conçues que sur des témoins lisses [8]. De plus, malgré l'effet délétère de la pollution sur les organismes, les densités de certaines espèces sur des structures éco-conçues dans les ports sont parfois

équivalentes, voire supérieures, à celles observées dans des milieux naturels.

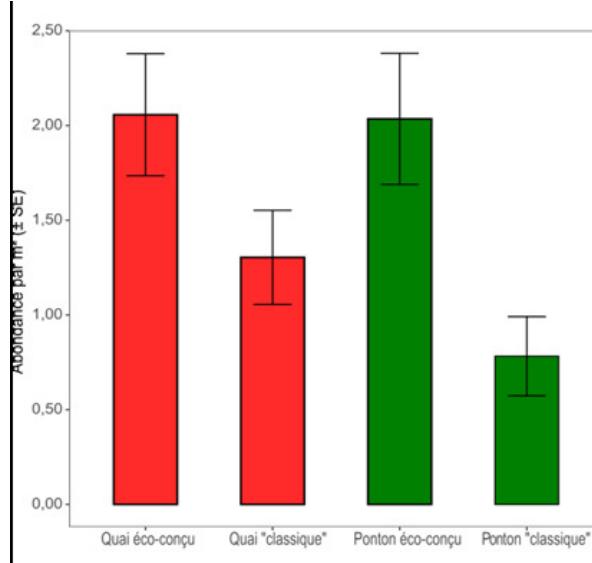


Figure 6. Estimation des abondances par  $m^2$  de sars (espèces du genre *Diplodus*) dans cinq ports de Méditerranée française (Port-Vendres, Barcarès, Cap d'Agde, Mèze et le Brusc). Le diagramme compare les résultats moyens sur deux années (2013 et 2014) pour quatre types de structures : des quais et des pontons nus d'une part et leurs homologues éco-conçus d'autre part. (D'après Bouchoucha [10])

Les travaux ont également mis en évidence que le rapport entre les espèces non indigènes et indigènes sur des structures éco-conçues était entre 28 % et 61 % plus faible que sur des structures portuaires classiques [9]. En favorisant le développement d'une plus grande biodiversité, les structures éco-conçues semblent donc limiter l'installation et le développement des espèces non-indigènes.

Des études menées plus spécifiquement sur les juvéniles de poissons colonisant les structures artificielles dans des zones portuaires méditerranéennes ont mis en évidence que ces derniers sont capables de s'installer et se maintenir en zones portuaires. La mise en place de microstructures artificielles complexe dans les ports permet de multiplier par deux les densités de juvéniles de poissons qui colonisent ces milieux (Figures 6 et 7). Contre toute attente, l'état de santé général des jeunes individus, estimé à partir de leur croissance et leur condition, est équivalent entre des zones portuaires et des zones naturelles adjacentes. [10] L'effet de la plus grande productivité primaire en zone portuaire en est probablement en cause.



Figure 7. Juvénile de sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) sur un module Refish. [Source © Suez consulting – F. Javel].

Aujourd’hui, tout concorde à dire que les projets d’ingénierie écologique visant à augmenter la complexité structurale des habitats portuaires sont des pistes intéressantes pour maintenir la biodiversité côtière.

## 5. Paradoxes et ambiguïtés de la réhabilitation en zone portuaire

Le paysage de la réhabilitation écologique en zone portuaire a considérablement évolué ces dix dernières années. Une filière du génie écologique mondiale s'est développée, des entreprises ont étendu leurs offres et de nombreuses études pilotes ont été menées dans différents pays (voir par exemple le projet *World Harbour Project* [11]). Les opérations de complexification des ouvrages et de création de micro-habitats pour stimuler la biodiversité sont devenues communes.



Figure 8. Cas d'étude de réhabilitation écologique dans le port-Haliguen (Quiberon) : installation de différents prototypes de cuvettes à marée avec une complexité 3D importante. [Source © Seaboost – M. Lapinski]

Malgré cela, un certain scepticisme demeure quant à l'efficacité de ces actions, parfois qualifiées d'éco-blanchiment [12] pour différentes raisons. Premièrement, ces opérations sont souvent mises en œuvre de manière empirique ou à l'échelle expérimentale. Les suivis sont réalisés sur de courtes périodes, généralement un ou deux ans et les solutions proposées restent bien souvent au stade de prototype (Figure 8). Ainsi, il y a très peu de retours d'expériences suffisamment solides et indépendants pour en quantifier le succès réel à grande échelle.

Deuxièmement, les objectifs de ces opérations ne sont que très rarement définis en amont de façon claire, précise et quantifiée. Faute de définition, la notion de succès d'une opération devient floue : ce qui est vu comme une réussite par certains peut être considéré de façon plus mitigée par d'autres.

Enfin, ces expérimentations de restauration apparaissent généralement opportunistes, au coup par coup, avec peu voire pas de réflexion à l'échelle globale des territoires. Ainsi, même si les résultats des opérations pilotes sont généralement encourageants, leur efficience à grande échelle et sur le long-terme pose encore question.

La réhabilitation écologique pose toujours de nombreux défis scientifiques, atteignant parfois les limites du savoir écologique, mais également des **questions éthiques** qui renvoient chaque acteur à sa propre perception de la Nature (Lire [Qu'est-ce que la nature ?](#)). Au 16<sup>e</sup> siècle, François Rabelais écrivait « *science sans conscience n'est que ruine de l'âme* ». Aujourd'hui plus que jamais, il est nécessaire de réconcilier les capacités scientifiques avec leur acceptabilité morale. Réhabiliter un port, c'est accepter qu'une « **nature urbaine** » puisse jouer un rôle écologique non négligeable (Figure 9). En d'autres termes, c'est accepter que la résilience future de l'environnement marin mondial peut dépendre de manière significative de systèmes marins urbains comme les ports. Ce paradigme vient heurter l'image de « **nature sauvage** » souvent revendiquée par des défenseurs de l'environnement et soulève encore de nombreuses oppositions qui freinent le développement de la filière de la restauration.

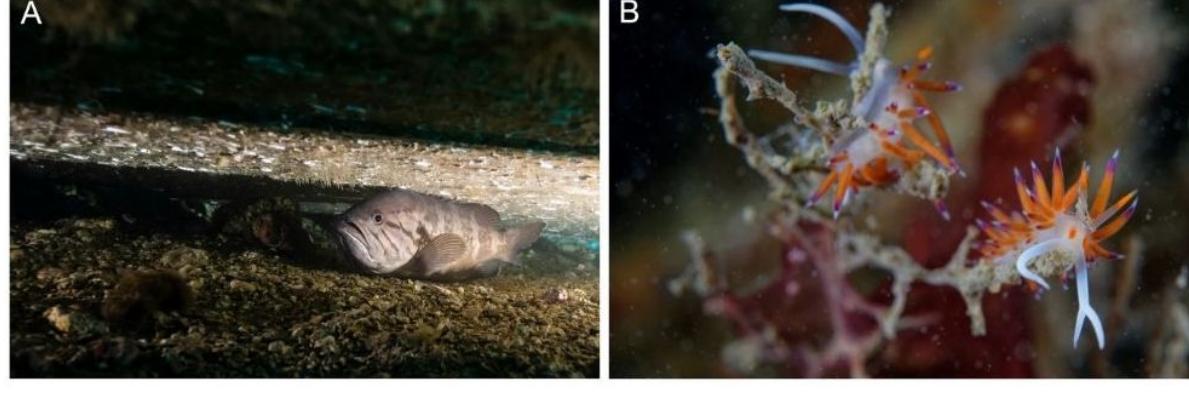


Figure 9. Exemples de nature urbaine : à droite, un mérou gris (*Epinephelus caninus*), espèce rare en Méditerranée, observée dans une structure artificielle devant le principal rejet de la ville de Marseille (rejet de la calanque de Cortiou) ; à gauche deux nudibranches *Hervia pélérine* (*Cratena peregrina*) sur des modules artificiels de type Roselière (société Seaboost) sur les quais du port Océanographique Ifremer de La Seyne/Mer (Var, France). [Sources photo de gauche © Seaboost – J. Dalle ; photo de droite © Ifremer – O. Dugornay].

En effet, il est aujourd'hui largement reconnu que les habitats naturels intacts accueillent plus de biodiversité et assurent plus de services écosystémiques par unité de surface que des habitats restaurés / réhabilités. **L'Homme ne peut pas faire aussi bien que la Nature.** La réhabilitation ne peut être envisagée que comme une mesure d'atténuation une fois que toutes les autres solutions ont été écartées. Même si l'expérience montre aujourd'hui que **certaines opérations de réhabilitation bien conduites pourraient être bénéfiques à la biodiversité marine**, elles ne doivent pas pour autant servir de justification à la destruction des espaces naturels. La meilleure option pour les écosystèmes marins littoraux reste d'éviter aussi souvent que possible de construire des structures artificielles sur des habitats naturels.

Au regard de la multitude de résultats positifs d'actions pilote publiés, il serait aujourd'hui erroné de prétendre que la réhabilitation écologique en zone portuaire n'est qu'un simple mirage bleu. Cependant, il reste beaucoup de travaux à conduire pour quantifier son efficacité à grande échelle. Il est donc objectivement prématûr de la présenter comme une planche de salut pour nos écosystèmes marins. Bien utilisée, l'ingénierie écologique pourrait être bénéfique à la conservation d'une partie de la biodiversité côtière. Les opérations méritent donc d'être encouragées au même titre que les actions de protection, mais aussi d'être accompagnées, répétées et étendues pour être les plus efficaces possibles d'un point de vue écologique et économique.

## 6. Messages à retenir

**La modification et la destruction des habitats** est l'une des principales pressions sur la biodiversité des zones côtières,

L'activité des ports engendre **diverses pollutions** dont les effets viennent s'ajouter à la destruction des habitats,

Pour **réhabiliter** des fonctions écologiques importantes dans les ports et donc pour limiter leur impact négatif sur les écosystèmes marins littoraux, une solution consiste à **augmenter la complexité structurale** des ouvrages (digues, quais, pontons, etc.).

La plupart des études pilotes ont mis en évidence que les ouvrages éco-conçus accueillaient **plus de diversité et plus d'abondance** que les ouvrages classiques. Les ouvrages éco-conçus permettraient en outre de limiter l'installation des espèces non-indigènes,

A ce jour, au niveau mondial, des **résultats encourageants** ont été obtenus à l'échelle de projets pilotes mais l'efficacité à grande échelle spatio-temporelle reste à démontrer,

Face aux enjeux écologiques majeurs, **les opérations doivent être accompagnées** avec bienveillance, sans surévaluation ou dénigrement, à la fois par les scientifiques, les gestionnaires et les opérateurs privés.

## Notes et références

**Image de couverture.** Plongeur inspectant une micro-structure artificielle complexe positionnée sous un ponton. [Source : © Ifremer – O. Dugornay]

[1] Zone où se regroupent les alevins et individus juvéniles d'une espèce mobile, par exemple une espèce de poisson, pour s'y nourrir et poursuivre leur développement. Une zone de nourricerie peut être fréquentée par plusieurs espèces (d'après Ifremer / OIEau)

[2] Macreadie, P.I., Nielsen, D.A., Kelleway, J.J., Atwood, T.B., Seymour, J.R., Petrou, K., ... & Ralph, P.J. (2017). Can we manage coastal ecosystems to sequester more blue carbon? *Frontiers in Ecology and the Environment*, 15(4), 206-213.

[3] <http://www.oceansatlas.org>

[4] [www.medam.org](http://www.medam.org)

[5] <https://www.ecologie.gouv.fr/acteurs-reseau-et-activites-portuaires-en-france>

[6] L'ingénierie écologique est donc une ingénierie centrée sur le vivant, envisagée comme moyen ou comme objectif de l'action (Rey et al. 2014).

[7] L'écoconception c'est concevoir une offre de produits (biens ou services) plus respectueux de l'environnement (d'après l'ADEME)

[8] Strain, E.M., Steinberg, P.D., Vozzo, M., Johnston, E.L., Abbiati, M., Aguilera, M.A., ... & Bishop, M.J. (2021). A global analysis of complexity–biodiversity relationships on marine artificial structures. *Global Ecology and Biogeography*, 30(1), 140-153.

[9] Perkol-Finkel, S., Hadary, T., Rella, A., Shirazi, R., & Sella, I. (2018). Seascape architecture—incorporating ecological considerations in design of coastal and marine infrastructure. *Ecological Engineering*, 120, 645-654.

[10] Bouchoucha, M. (2017). Les zones portuaires peuvent-elles servir de nourriceries alternatives pour les poissons marins côtiers ? Cas des sars en Méditerranée Nord-occidentale (Doctoral dissertation, Université de Perpignan).

[11] Project <http://www.worldharbourproject.org>

[12] La pratique consisterait à donner une image écologique trompeuse d'actions globalement peu efficaces au regard des enjeux écologiques, voire pire, de servir de caution à des dégradations d'écosystèmes marins déjà bien fragilisés.

---

L'Encyclopédie de l'environnement est publiée par l'Université Grenoble Alpes - [www.univ-grenoble-alpes.fr](http://www.univ-grenoble-alpes.fr)

Pour citer cet article: **Auteurs :** BOUCHOUCHE Marc - CARLIER Antoine - CURD Amélia (2022), Les promesses de la

Les articles de l'Encyclopédie de l'environnement sont mis à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 4.0 International.

---