



FACULTÉ DES SCIENCES  
DE MONTPELLIER



UNIVERSITÉ  
DE MONTPELLIER

Faculté des sciences de l'université de Montpellier

Diplôme d'Université (DU) « Restauration écologique des petits fonds  
marins côtiers »

-

Année 2023

Récifs artificiels : outil de restauration efficace ou  
outil complémentaire ?

-

Arnaud Terrisse

Tuteur : Philippe Lenfant

# Remerciements

Je tiens à remercier tous les intervenants du DU, en particulier Philippe Lenfant, mon tuteur pour ce mémoire. Merci d'avoir pris le temps d'accompagner ce travail et pour les discussions. Merci à mes parents pour la relecture. Je remercie également tous les acteurs impliqués dans des projets qui visent à faire vivre un territoire, à préserver la richesse du milieu marin et à lui donner un coup de pouce quand il en a besoin.

## Résumé

Le milieu marin subit des pressions anthropiques de plus en plus fortes dans un contexte de changement climatique et d'érosion de la biodiversité. La capacité de ce dernier à fournir des services écosystémiques essentiels diminue avec le temps et menace les espèces qui y vivent. Dans ce contexte, des actions de gestion du milieu marin peuvent être mises en œuvre. L'utilisation des récifs artificiels pour la restauration est encore contestée, car ce n'est pas l'habitat dégradé en tant que tel qui est restauré, mais ses fonctions écologiques. En nous appuyant sur quatre cas d'études, nous allons illustrer la diversité des projets d'implantation de récifs artificiels sur le littoral méditerranéen français, les objectifs poursuivis et ainsi tracer quelques perspectives sur l'usage futur de ces structures en milieu marin.

# Sommaire

<i>Table des figures</i> .....	<b>1</b>
<i>Table des tableaux</i> .....	<b>2</b>
<i>Introduction</i> .....	<b>3</b>
<i>Objectifs</i> .....	<b>9</b>
<i>Cas d'étude</i> .....	<b>9</b>
Cas n°1 : Le Parc marin de la Côte Bleue – Anti chalutage et production halieutique .....	<b>9</b>
Cas n°2 : Occitanie – Production halieutique sur fonds sableux .....	<b>20</b>
Cas n°3 : RÉCIFS PRADO – Soutien à la pêche artisanale et restauration de fonctions écologiques .....	<b>26</b>
Cas n°4 : Agde – Un récif à but récréatif et report de pression.....	<b>30</b>
<i>Discussion</i> .....	<b>34</b>
<i>Conclusion</i> .....	<b>39</b>
<i>Bibliographie</i> .....	<b>41</b>
<i>Annexe</i> .....	<b>44</b>

# Table des figures

Figure 1 Résumé des quatre fonctions principales des récifs artificiels Source : Cépralmar, Région Languedoc-Roussillon, 2015 - Guide pratique d'aide à l'élaboration, l'exploitation et la gestion des récifs artificiels en Languedoc-Roussillon : 236 pages.....	5
Figure 2 Schéma récapitulatif des objectifs, types de récifs et des usagers concernés par les projets d'immersion de récifs artificiels. À noter qu'ici nous nous intéressons seulement aux trois premiers objectifs. Source: Cépralmar, Région Languedoc-Roussillon, 2015.....	8
Figure 3 Présentation du Parc Marin de la Côte Bleue, des zones de non prélèvement et ses récifs artificiels. Source : Charbonnel & Bachet 2011) .....	10
Figure 4 Récifs artificiels de production du PMCB. Source : Ibid .....	11
Figure 5 Récifs artificiels de production du PMCB. Source : Ibid .....	12
Figure 6 Illustration des récifs alvéolaires lors de leur implantation en 1983. Source : Éric Charbonnel	12
Figure 7 Récifs alvéolaires en 2018 lors d'un suivi scientifique. Source : L. Piechegut/BIOSphoto/PMCB .....	13
Figure 8 Localisation des récifs artificiels de production dans les zones en noir. Source : Éric Charbonnel.....	13
Figure 9 Récifs artificiels à Ensues-La-Redonne. Source : L.Piechegut/BIOSphoto/PMCB .....	14
Figure 10 Infractions avant l'implantation des RA anti-chalut. Source (Charbonnel & Bachet, 2011) .....	15
Figure 11 Chalutage après leur aménagement. Source : Ibid .....	15
Figure 12 Évolution de la biomasse de poissons sur les récifs artificiels de la réserve de Couronne (148 m <sup>3</sup> ). Source : Cours Éric Charbonnel, 2015.....	16
Figure 13 Efficacité des rendements selon le type de récif artificiel et selon si le RA se trouve dans la réserve ou non. Source : Cours Éric Charbonnel, 2015 .....	17
Figure 14 Résultats de l'enquête menée par le PMCB sur la perception des ZNP par différents usagers. Source : Présentation Bachet, 2016 « Les ateliers du GIS HomMer » .....	18
Figure 15 Ibid .....	19
Figure 16 Localisation des trois sites de l'étude. Source : Philippe Lenfant .....	21
Figure 17 Différents types de modules déployés sur les sites de récifs artificiels étudiés.....	22
Figure 18 Localisation des RA et de la zone rocheuse naturelle à Agde. Source : Philippe Lenfant .....	23
Figure 19 Localisation des RA et de la zone rocheuse naturelle à Valras. Source : Ibid .....	23
Figure 20 Localisation des RA et de la zone rocheuse naturelle à Leucate-Barcarès. Source : Ibid .....	24
Figure 21 Six types de récifs artificiels présents au Prado et leur évolution dans le temps. Source : Astruch et al. 2022 .....	27
Figure 22 Zone d'interdiction de plusieurs activités, la concession du DPM pour les RA est délimitée par des balises au sein de l'aire marine protégée du Parc national des Calanques. Source : Ville de Marseille.....	28
Figure 23 Récif principal du village. Source : Dossier de presse, Ville d'Agde, 2022.....	31
Figure 24 Récif de coralligène sur le Roc de Brescou. Source : Renaud Dupuy de la Grandrive.....	32
Figure 25 Visuel Seaboost de récifs avec situation de plongée sous-marine. Source : Dossier de presse, Ville d'Agde, 2022 .....	32
Figure 26 Disposition de village de récifs artificiels. Source : Ibid .....	33
Figure 27 Visuels Seaboost du récif principal en 3D. Source : Ibid .....	33

# Table des tableaux

Tableau 1 Tableau récapitulatif des trois sites de RA en Occitanie faisant partie de l'étude de Tessier et al. 2014 .....	21
Tableau 2 Tableau récapitulatif des quatre cas d'étude : les types de RA dont il est question, les objectifs poursuivis, les bénéfices recherchés et les résultats disponibles en termes de suivi scientifique, biologique et /ou socio-économique.....	44

# Introduction

Il est désormais largement reconnu que la restauration écologique fait partie intégrante des efforts de conservation des cadres politiques associés (Wilson 1992; Suding 2011). La perte de biodiversité et la dégradation des écosystèmes se poursuivent à un rythme alarmant malgré les efforts de la communauté internationale, avec des effets négatifs sur les populations, l'économie et le climat. Cette situation est largement documentée, notamment dans les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) et de la Plateforme intergouvernementale scientifique et politique sur la biodiversité et les services écosystémiques (IPBES), dans le rapport sur l'état d'avancement des objectifs d'Aichi et dans l'Économie de la biodiversité : The Dasgupta Review.

La mer Méditerranée est considérée comme un point chaud de la biodiversité mondiale (Coll et al. 2010). Considéré comme un haut lieu de l'endémisme, son histoire géologique mouvementée, combinée à une importante diversité climatique et hydrologique, a conduit à la coexistence d'espèces issues de milieux tempérés et subtropicaux (Lejeune et al. 2010). Elle ne représente que 0,3 % du volume global des océans, mais abrite 7 % des espèces marines identifiées dans le monde, avec le taux d'endémisme le plus élevé (20 à 30 %) d'espèces marines dans le monde (Coll et al. 2010; de la Hoz et al. 2018).

Au cours des dernières décennies, la biodiversité méditerranéenne a subi des pressions anthropiques croissantes, telles que la pollution, la surexploitation des ressources biologiques, le changement d'affectation des terres et le développement des infrastructures côtières, les modifications de la dynamique fluviale, l'augmentation de l'utilisation de la mer et les effets du changement climatique. Ces pressions ont réduit l'étendue des zones sauvages et des écosystèmes naturels sur terre et en mer, et ont altéré la capacité des écosystèmes à fournir des services écosystémiques vitaux pour l'homme. Environ 11 % des espèces marines et 14 % des espèces terrestres côtières sont menacées d'extinction, la plupart d'entre elles étant endémiques. Les espèces non indigènes sont de plus en plus présentes dans la mer Méditerranée, avec

un total de plus de 1000 espèces marines non indigènes enregistrées, dont plus de 100 sont envahissantes. (UNEP/MAP & Plan Bleu 2020).

La diminution des services écosystémiques rendus par le milieu marin est évidente, qu'ils s'agissent des services de régulation (ex. puits de carbone, régulation du climat), des services matériels (ex. alimentation via la pêche) ou des services culturels (divertissement, inspiration, expérience esthétique) (IPBES 2019).

Face à la dégradation des écosystèmes marins et à la perte de biodiversité associée, la restauration écologique s'impose comme nécessaire afin de tendre vers un bon état écologique et récupérer des services écosystémiques tout en soutenant les activités économiques qui y sont liées. Initiées par l'Homme, des actions de restauration écologique du milieu marin sont possibles, une fois que les pressions à l'origine de la dégradation sont levées. Elles portent sur l'habitat marin, la faune ou la flore dans le but d'améliorer leur état dans une zone côtière où la qualité de l'eau est bonne.

Depuis la fin des années 1960, de nombreux récifs artificiels (RA) ont été implantés sur le littoral méditerranéen français par phases successives. Comme l'indique l'IFREMER (2000), ce sont des "structures immergées volontairement dans le but de créer, protéger ou restaurer un écosystème riche et diversifié. Ces structures peuvent induire chez les animaux des réponses d'attraction, de concentration, de protection et, dans certains cas, une augmentation de la biomasse de certaines espèces".

Les fonctions données aux RA que l'on retrouve sont variées (Figure 1). En France, ces habitats artificiels répondent à divers besoins sociétaux comme la pêche, les activités de loisir, la restauration ou encore la compensation écologique pour pallier la perte de biodiversité ou la disparition d'habitats naturels due à la pression anthropique (Cépralmar 2015).

## FONCTION BIOLOGIQUE

Habitats généralistes ou spécialisés pour des poissons, crustacés ou céphalopodes en fonction de leur stade de développement

> Objectif halieutique

## FONCTION PHYSIQUE

Protection par obstruction, maintien de sédiments ou de transplants (posidonie), rôle de contrôle hydrodynamique (déviation de courants, création de vagues, stabilisation de l'érosion)

> Objectif de reconstitution et protection des biocénoses

## FONCTION ESTHÉTIQUE / TOURISTIQUE

Complexes paysagers pour les plongeurs

> Objectif récréatif et pédagogique

## FONCTION CULTURELLE OU PÉDAGOGIQUE

Réalisation d'un support sur le thème de la découverte du monde marin

> Objectif récréatif et pédagogique

Figure 1 Résumé des quatre fonctions principales des récifs artificiels Source : Cépralmar, Région Languedoc-Roussillon, 2015 - Guide pratique d'aide à l'élaboration, l'exploitation et la gestion des récifs artificiels en Languedoc-Roussillon : 236 pages

Pour Seaman (2000) l'enjeu est d'augmenter et de diversifier les espèces d'intérêt commercial pour une exploitation par la pêche. Selon lui, la pêche artisanale de poissons et d'invertébrés est la plus ancienne utilisation des récifs artificiels et la plus répandue géographiquement. L'objectif général est la production de denrées alimentaires pour maintenir le régime alimentaire et parfois, au moins en partie, l'économie des individus, des familles et des communautés dans les zones côtières locales (Seaman 2000).

Deuxièmement, les RA servent également de protection physique contre le chalutage illégal de la bande côtière. L'outil est alors détourné de sa fonction d'habitat pour servir d'obstacle au chalutage déjà réglementé et illégal dans la limite des trois milles

nautiques (environ 5 km), mais qui persiste<sup>1</sup> en raison d'un manque de contrôle et de surveillance. Pourtant, la valeur écologique de ces récifs artificiels de protection a été soulignée, notamment pour protéger des habitats sensibles comme les herbiers de Posidonie, les fond sableux ou les formations de coralligène de l'impact du chalutage illégal dans les eaux côtières peu profondes (Leleu et al. 2014).

Plus récemment, les RA sont déployés pour créer des sites destinés à soutenir les filières de loisir en mer. Dans certains cas, on note un changement d'approche des autorités comme, par exemple, au Cap d'Agde où la Direction régionale de l'environnement, de l'aménagement et du logement (DREAL) a autorisé l'immersion de RA à but récréatif et pour désenclaver certains espaces naturels (voir projet RECIF'LAB, Seaboost). Ces immersions servent en effet à réduire les conflits d'usage entre activités économiques (pêche versus plongée) et dans certains cas à sensibiliser le grand public à l'environnement marin et à la diffusion des connaissances par des activités pédagogiques en mer. Il y a une réelle volonté d'associer les acteurs de la société civile, les organisations de pêcheurs et les autres usagers (plongeurs et pêcheurs plaisanciers) dans la phase de construction du projet (Salaün et al. 2022).

Enfin, la reconstitution et la protection des écosystèmes marins sont devenues une priorité de l'État dans sa stratégie en mer, soutenue par les objectifs européens et internationaux. Sur ce point, les RA peuvent contribuer à la protection des espèces et habitats à haute valeur patrimoniale ou en voie de reconstitution, la restauration des habitats dégradés et leurs fonctionnalités ou encore la participation au maintien de la qualité de l'eau à proximité des activités aquacoles afin de compenser leurs impacts. Par exemple, sur le site dégradé de Cortiou dans le parc national des Calanques, où se trouve l'exutoire des eaux usées de la ville de Marseille, le projet REXCOR<sup>2</sup> vise à soutenir les processus de remédiation naturelle qui interviennent sur un temps long et qui sont notamment contraints par la qualité du substrat (structurelle et physico-chimique) et l'ampleur de la dégradation passée. Ces facteurs constituent un filtre majeur à la recolonisation du site par des cortèges d'espèces caractéristiques des

---

1 Voir les rapports d'infraction confirmées sur l'Atlas de la Med Sea Alliance Platform:  
<https://atlas.medseaalliance.org/>

2 <https://www.seaboost.fr/projet/rexcor/>

petits fonds rocheux. Trois types de RA ont donc été implantés pour recréer des conditions de substrat favorables à la recolonisation, non seulement par l'amélioration continue de la qualité des eaux rejetées mais pour restaurer plusieurs fonctions écologiques complémentaires et ainsi améliorer la résilience du site (habitats, nourriceries, diversité d'espèces).

À noter que selon la doctrine de l'État, certains récifs existants peuvent être complexifiés, en ajoutant de nouveaux modules ou de nouvelles structures à l'intérieur de modules dans le but d'augmenter la productivité de ces "villages" (DIRM, 2012).

OBJECTIFS	TYPE DE RÉCIFS	USAGERS
<b>Production halleutique</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soutenir la filière pêche</li> <li>• Réduire les conflits d'usages</li> </ul>	➡ Pêche artisanale	➡ Pêcheurs côtiers aux petits métiers
	➡ Pêche au large	➡ Pêcheurs au large
<b>Promotion des activités récréatives ou pédagogiques</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Soutenir les filières "loisirs en mer"</li> <li>• Réduire les pressions sur certains sites naturels</li> <li>• Réduire les conflits d'usages</li> <li>• Sensibiliser le grand public à l'environnement marin, diffusion des connaissances par des activités pédagogiques en mer</li> </ul>	➡ Pêche de plaisance	➡ Pêcheurs plaisanciers
	➡ Chasse sous-marine	➡ Chasseurs sous-marin
	➡ Plongée sous-marine	➡ Plongeurs sous-marin
	➡ Outils pédagogiques	➡ Apnéistes, tous publics pour sensibilisation et/ou activités pédagogiques associées
<b>Reconstitution et protection des écosystèmes marins</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protéger des espaces et habitats à haute valeur patrimoniale ou en voie de reconstitution</li> <li>• Restaurer les habitats dégradés et leurs fonctionnalités</li> <li>• Participer au maintien de la qualité de l'eau à proximité des activités aquacoles afin de compenser leurs impacts</li> </ul>	➡ Restauration des biocénoses et/ou de leurs fonctionnalités	➡ Ensemble des usagers car le bénéfice attendu est partagé
	➡ Protection des habitats	
	➡ Maintien du bon état de conservation des zones de production aquacoles	
<b>Optimisation des infrastructures marines</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Compenser les atteintes aux milieux, aux espèces ou aux activités humaines</li> <li>• Améliorer les performances écologiques de nouveaux ouvrages ou d'ouvrages existants</li> </ul>	➡ Optimiser les parcs éoliens et autres projets énergétiques en mer	➡ Porteurs de projets énergétiques en mer
	➡ Optimiser l'impact environnemental des ports	➡ Collectivités, gestionnaires de ports et d'émissaires en mer
	➡ Optimiser l'impact environnemental des ouvrages maritimes	
<b>Structures immergées ayant un "effet récif"</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Lutter contre l'érosion</li> <li>• Soutenir les filières "loisirs en mer"</li> </ul>	➡ Développer des projets de lutte et de stabilisation du trait de côte	➡ L'ensemble des usagers car le bénéfice attendu est partagé
	➡ Développer des récifs artificiels pour les sports de glisse	

Figure 2 Schéma récapitulatif des objectifs, types de récifs et des usagers concernés par les projets d'immersion de récifs artificiels. À noter qu'ici nous nous intéressons seulement aux trois premiers objectifs. Source: Cépralmar, Région Languedoc-Roussillon, 2015

Au niveau juridique et réglementaire, les récifs artificiels trouvent leur place dans les politiques publiques de la Directive Cadre Stratégie Milieu Marin (DCSMM) (Directive 2008/56/CE) ou les protocoles méditerranéens régis par la Convention de Barcelone (Decision IG.24/12, COP 21 2019). En France, l'implantation de RA est fortement encadrée et régulée car elle n'est pas dépourvue de conséquences sur le milieu marin.

Les implantations de RA sont soumises aux législations relatives au caractère de domanialité publique et à la protection de l'environnement marin. À travers un titre d'occupation du Domaine Public Maritime (DPM), les projets de récifs artificiels peuvent voir le jour. Ces concessions ont cependant une durée limitée (15 ans pour les RA) et sont soumises à une redevance domaniale (Cépralmar 2015).

Pour fédérer les différents acteurs et services de l'État et diffuser les connaissances sur l'utilisation des RA, les initiatives comme la démarche DRIVER<sup>3</sup> sont pertinentes car elles permettent d'associer des chercheurs, des techniciens, des gestionnaires, des institutions et des partenaires financiers pour favoriser le montage de projets, le partage et la valorisation de résultats et une contribution à la définition des politiques de restauration écologique des petits fonds côtiers.

## Objectifs

Dans un contexte d'intensification des usages en mer, les projets de RA doivent être conçus en prenant en compte toute la durée de vie des structures et s'intégrer dans un contexte global en cohérence avec les autres activités. Nous allons maintenant nous appuyer sur quatre exemples concrets pour illustrer la diversité des projets d'implantation de récifs sur le littoral méditerranéen français, les objectifs poursuivis et ainsi tracer quelques perspectives sur l'usage futur de ces structures en milieu marin. Les exemples utilisés concernent différents usages et ne correspondent pas forcément à des actions de restauration écologique.

## Cas d'étude

### Cas n°1 : Le Parc marin de la Côte Bleue – Anti chalutage et production halieutique

Dans cette première étude de cas nous allons nous intéresser aux RA de production

---

<sup>3</sup> <https://www.restoration-ecologique.com/>

et de protection déployés entre 1983 et 2004 dans le Parc Marin de la Côte Bleue (PMCB), situé dans le sud-est de la France, sur la côte méditerranéenne, à l'est de Marseille (Figure 3). Le PMCB couvre 10 000 ha sur 42 km de côte et a été créé en 1983 avec comme objectifs :

- La protection du milieu naturel,
- La préservation des pêcheries traditionnelles et la participation à une meilleure gestion des ressources,
- La sensibilisation et l'éducation du public à l'environnement,
- La promotion de l'expérimentation et de la recherche

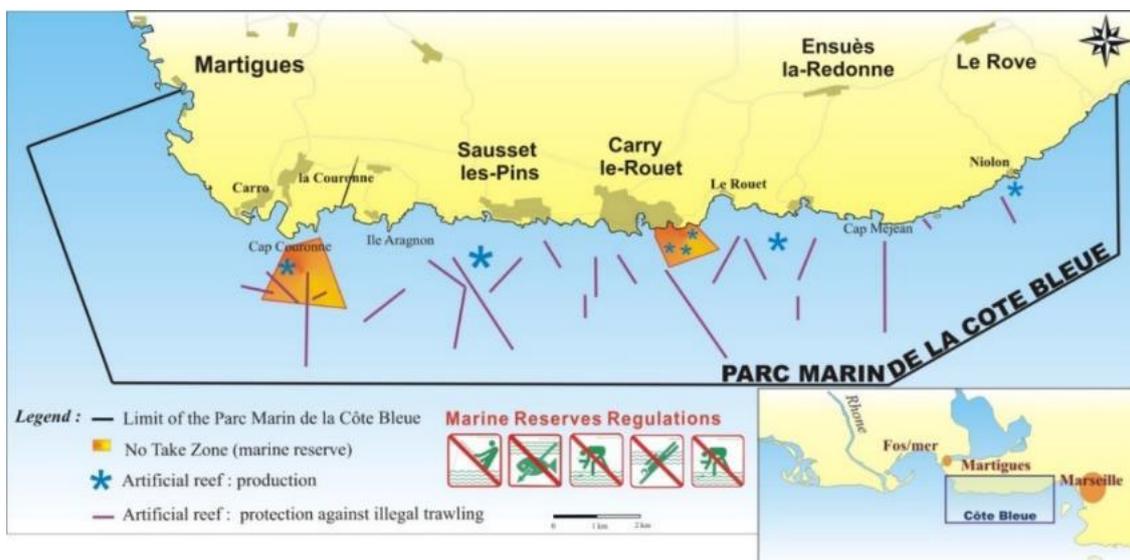


Figure 3 Présentation du Parc Marin de la Côte Bleue, des zones de non prélèvement et ses récifs artificiels. Source : Charbonnel & Bachet 2011)

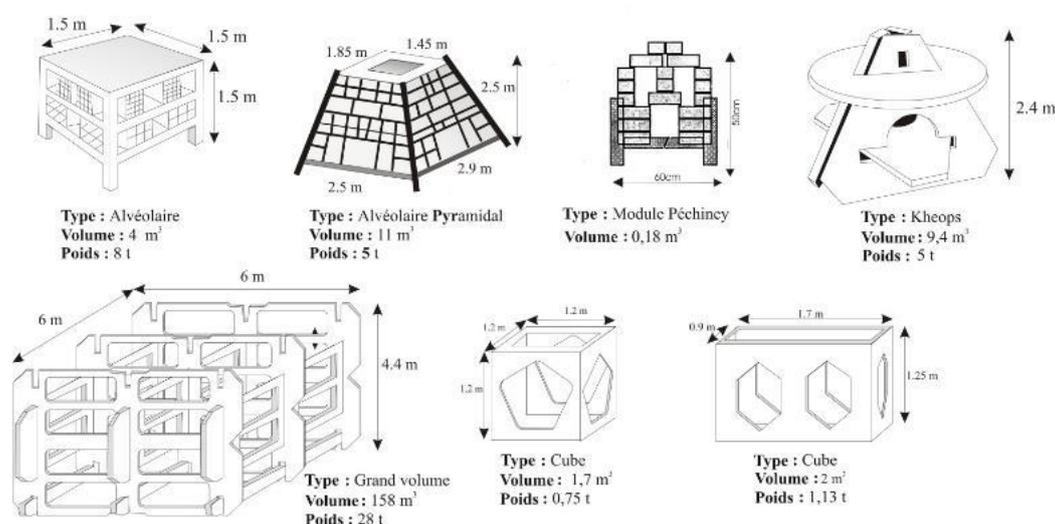
Des RA de production et de protection ont été mis en place dans les deux réserves intégrales qui existent au sein du parc et qui sont des zones de non prélèvement (ZNP) : Réserve de Carry (85 ha depuis 1983) et Couronne (210 ha depuis 1996) ainsi qu'entre ces deux zones hautement protégées (toute forme de pêche, de plongée sous-marine, d'ancrage et de dragage sont interdits) (Charbonnel & Bachet 2011).

Le parc bénéficie d'une grande biodiversité sur ses côtes, avec deux habitats principaux bien développés présentant un intérêt écologique majeur : i) les herbiers de Posidonie, avec le plus grand herbier de la région d'une superficie de 1050 hectares à

l'échelle du département des Bouches-du-Rhône, et le dernier avant la frontière espagnole ; ii) les récifs coralligènes, construction biotique abritant une riche biodiversité (222 ha) (Leleu et al. 2012). Les écosystèmes côtiers et marins abritent une faune (251 espèces de poissons) et une flore très diversifiées. Les conditions biogéographiques sont uniques. Un système d'upwelling et les nutriments du Rhône contribuent à une productivité et une richesse élevées des ressources exploitées et des pêcheries (Interreg Mediterranean Biodiversity Protection Community project, 2022).

Les principaux défis à relever sont la forte pression de la pêche sur les ressources côtières (à la fois artisanale et récréative, avec le même nombre de captures), la pression de la pêche au chalut et la situation entre la zone urbanisée de Marseille et la zone industrielle de Fos-sur-Mer, avec un important trafic maritime (Leleu et al. 2012).

Depuis 1983 et la création de la première réserve à Carry, les récifs artificiels ont été utilisés comme outils complémentaires. Entre 1983 et 2004, 10 programmes expérimentaux de récifs artificiels ont été développés à petite échelle, avec 7 types d'architecture de production et 5 types d'architecture de protection pour un volume brut de 5000 m<sup>3</sup> (Charbonnel & Bachet 2011).



#### Récifs artificiels de production du Parc Marin de la Côte Bleue

Figure 4 Récifs artificiels de production du PMCB. Source : Ibid

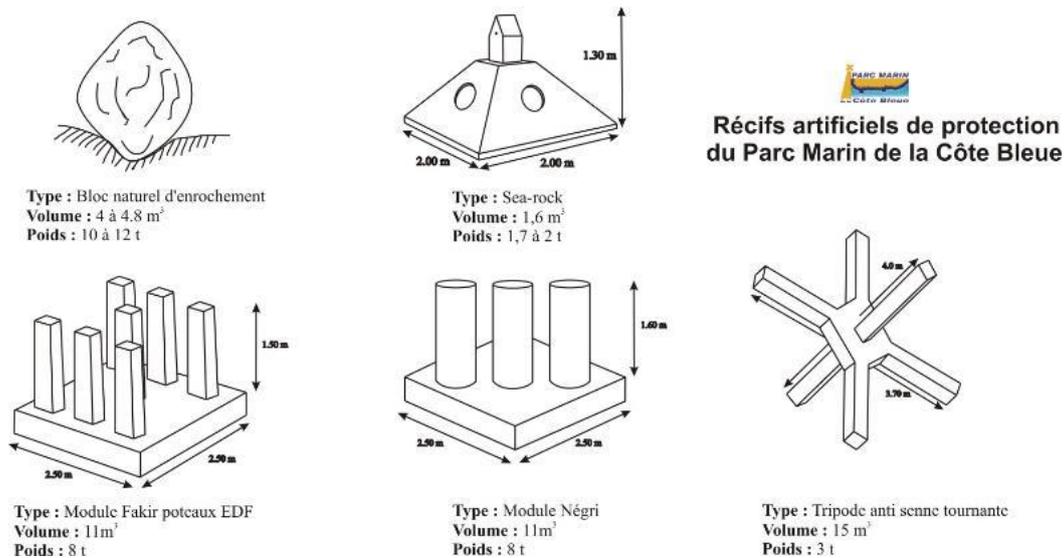


Figure 5 Récifs artificiels de production du PMCB. Source : Ibid

La première implantation expérimentale a eu lieu en 1983 avec la mise en place de 36 RA alvéolaires (4 m<sup>3</sup>, 13 m<sup>3</sup> breeze blocks) qui sont toujours en place 40 ans plus tard.



Figure 6 Illustration des récifs alvéolaires lors de leur implantation en 1983. Source : Éric Charbonnel



Figure 7 Récifs alvéolaires en 2018 lors d'un suivi scientifique. Source : L. Piechegut/BIOSphoto/PMCB

Entre 1985 et 1989, 2300 m<sup>3</sup> de RA de production sont déployés (Figure 8).

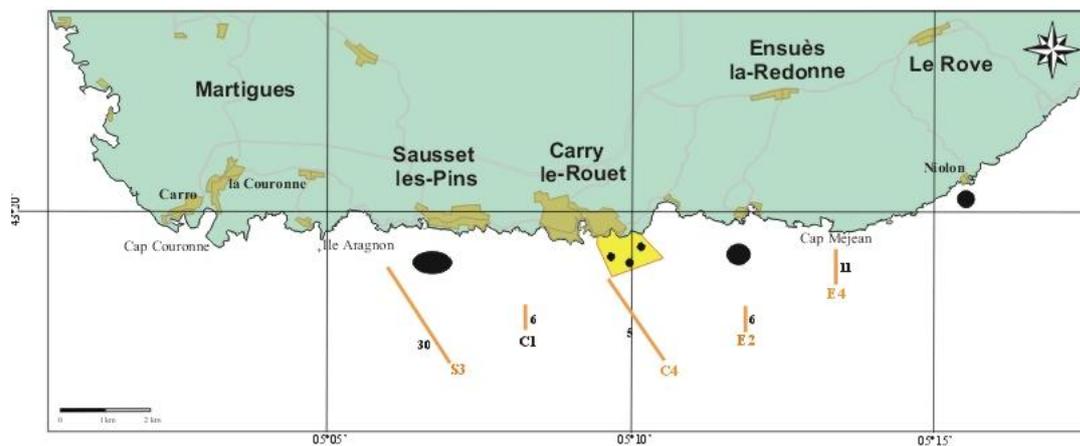


Figure 8 Localisation des récifs artificiels de production dans les zones en noir. Source : Éric Charbonnel



Figure 9 Récifs artificiels à Ensuès-La-Redonne. Source : L.Piechegut/BIOSphoto/PMCB

Après ces phases expérimentales dédiées à la production halieutique, la réalité du chalutage illégal dans la bande côtière des 3 milles pousse le PMCB et les autorités à envisager l'implantation de récifs anti-chalut. 326 obstacles lourds destinés à protéger contre le chalutage illégal dans la limite des 5,5 km au large sont déployés. Ces 2 200 m<sup>3</sup> de récifs anti chalutage sont répartis sur 17,5 km de barrières au large de la côte et assurent la protection des filets de fond et des palangres contre les dommages causés par les chalutiers, ce qui réduit les conflits entre pêcheurs et leur permet de partager les zones de pêche et les ressources (Charbonnel & Bachet 2011).

L'exemple le plus marquant d'un récif de protection réussi est illustré ci-dessous, avec la trajectoire du chalutage illégal avant et après le déploiement du récif et la création de la ZNP à Cap-Couronne (1996). Le résultat a été une diminution de la pression de pêche sur la bande côtière grâce à l'élimination du chalutage illégal.

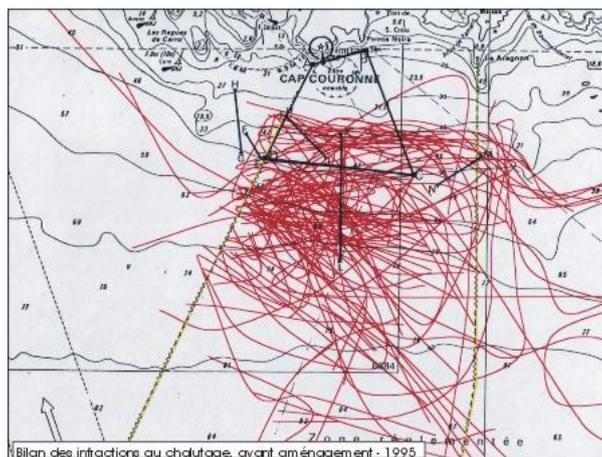


Figure 10 Infractions avant l'implantation des RA anti-chalut. Source (Charbonnel & Bachet, 2011)

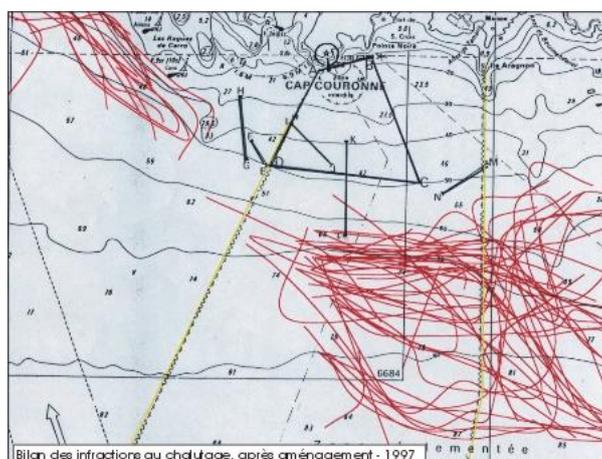


Figure 11 Chalutage après leur aménagement. Source : Ibid

Les deux réserves intégrales (Couronne et Carry-Le-Rouet) et les récifs artificiels utilisés comme outil complémentaire favorisent et protègent un secteur de pêche artisanale actif qui produit 60 tonnes de poissons par an sur la bande côtière (140 t au total) (Leleu et al. 2014). Sur le plan de la biodiversité, les deux réserves ont permis une augmentation du nombre d'espèces (x1,3), de l'abondance des poissons (x3) et de la biomasse des espèces cibles (x6) avec un net "effet réserve » (plus de poissons et plus gros, retour d'espèces rares). Dans la réserve de Couronne, les opérations de pêche expérimentale menées tous les 3 ans montrent une augmentation spectaculaire des rendements, multipliés par 7 (de 1,1 kg/100 m de filet en 1995 avant la création de la réserve à 7,1 kg/100 m de filet en 2019). Le poids moyen d'un poisson est multiplié par 2,6 (111 gr. En 1995, 287 gr. En 2019, figure ci-dessous).

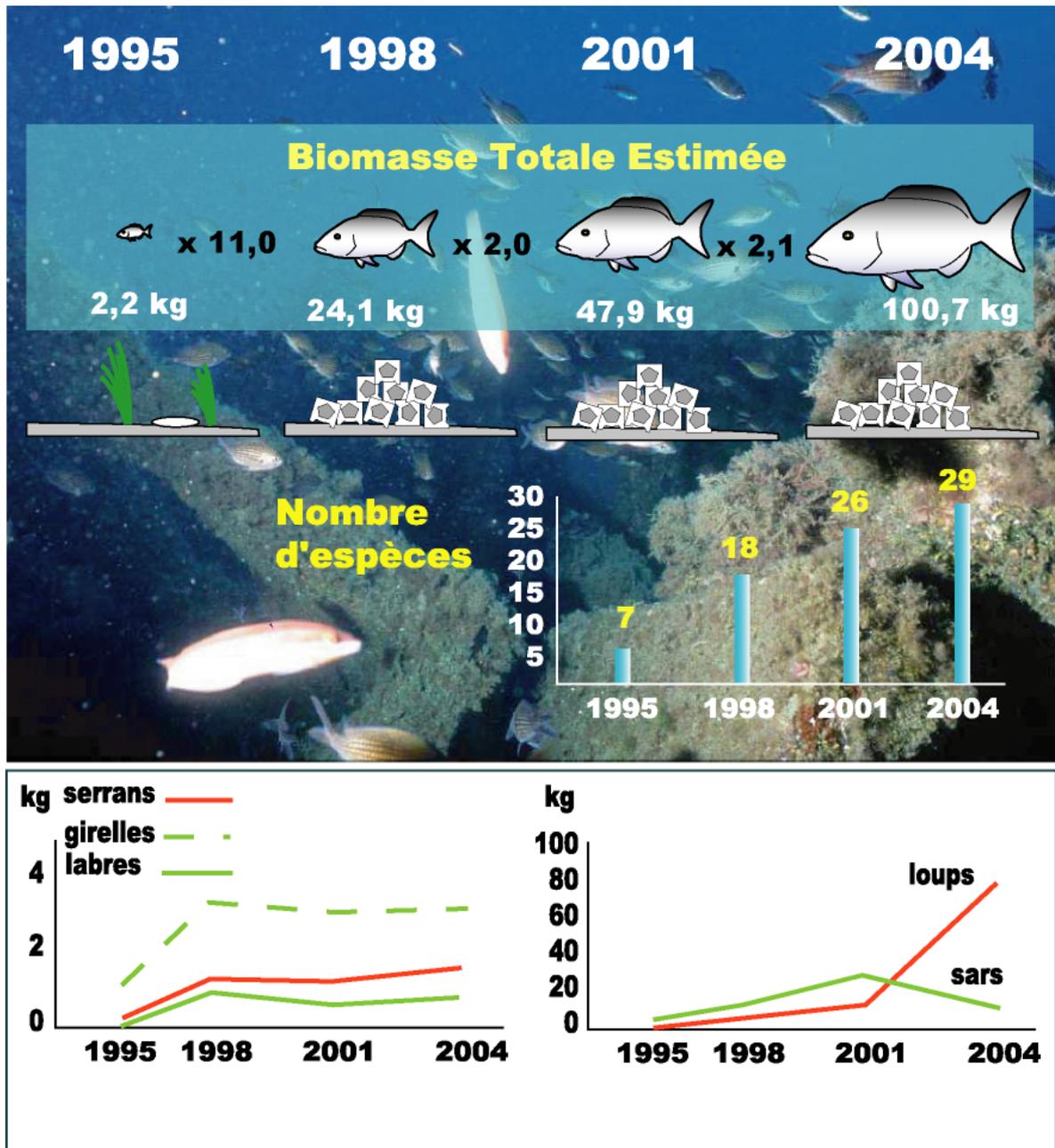


Figure 12 Évolution de la biomasse de poissons sur les récifs artificiels de la réserve de Couronne (148 m<sup>3</sup>). Source : Cours Éric Charbonnel, 2015

En ce qui concerne le rendement des RA, cela peut varier selon leur forme et leur conception, de 0,15 à 0,35 kg/m<sup>3</sup> à l'extérieur des réserves à 0,89 jusqu'à 3 kg/m<sup>3</sup> à l'intérieur des réserves (Figure 13).

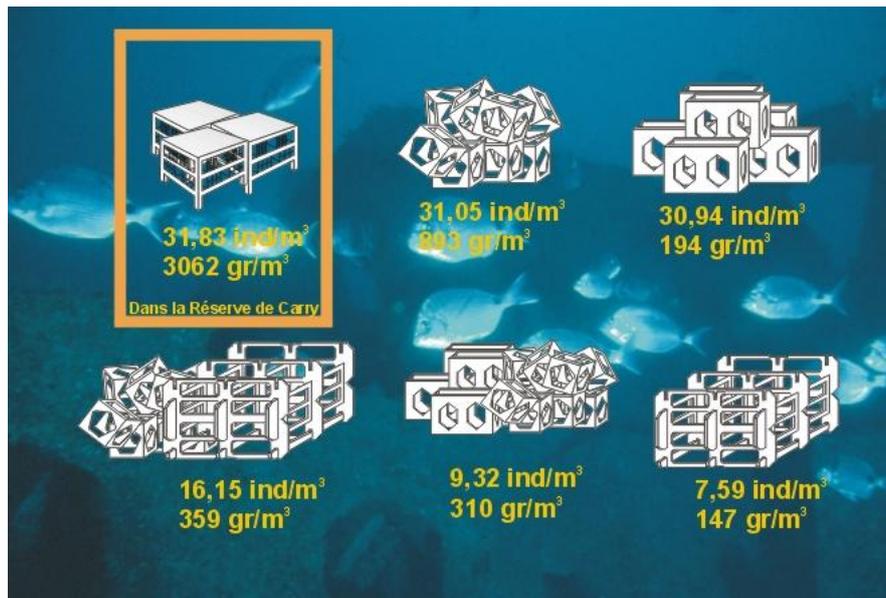


Figure 13 Efficacité des rendements selon le type de récif artificiel et selon si le RA se trouve dans la réserve ou non. Source : Cours Éric Charbonnel, 2015

Les RA du PMCB répondent à des enjeux à la fois environnementaux, sociaux et économiques : Les RA sont destinés à améliorer et promouvoir la petite pêche côtière et à limiter le prélèvement excessif de la ressource par les chalutiers, à réduire les dommages causés à l'herbier de Posidonie et à encourager la petite pêche au filet (beaucoup plus sélective et donc plus respectueuse de la ressource). Les deux réserves marines du parc sont des zones de non prélèvement, permettant aux espèces marines de se développer en toute tranquillité au sein de leurs habitats naturels. De nombreuses activités y sont interdites (tous types de pêche, ancragés, plongée sous-marine, dragage). Ces règles sont strictement appliquées, avec un niveau élevé de surveillance par les gardes du parc (>2.400 heures/an). Sont menés des suivis scientifiques pour mesurer "l'effet réserve" (trente-cinq suivis scientifiques, comme le recensement visuel des poissons, les oursins, le corail rouge, l'herbier de Posidonie), des suivis de la pêche et des activités, de la fréquentation, des études de perception et des enquêtes.

En termes socio-économique, depuis le début, les pêcheurs artisanaux sont étroitement associés au Parc, ils font partie du conseil d'administration du Parc. Les pêcheurs se sont réunis et ont décidé eux-mêmes de créer la réserve de la Couronne

en 1996 et des RA anti chalutage (1000 m<sup>3</sup>) ont été mis en place autour de la réserve grâce à leurs connaissances. Aujourd'hui, les pêcheurs contribuent également à la surveillance et à l'application de la réglementation. Grâce à un réseau d'acteurs qui jouent le rôle de sentinelles, le parc combine différentes connaissances et contributions pour soutenir ses activités de conservation. En outre, le parc accueille de nombreuses activités de recherche et des programmes scientifiques. Enfin, le parc organise régulièrement des réunions avec toutes les parties prenantes, qu'il s'agisse des pêcheurs, des plongeurs, des écoles locales, des décideurs politiques ou des réseaux scientifiques et de gestion (par exemple Natura 2000). La perception des pêcheurs artisanaux locaux sur les services rendus par les récifs artificiels a été évaluée à l'aide d'un questionnaire et montre que 83% des pêcheurs locaux pensent que les récifs artificiels ont un effet positif sur la pêche côtière (Leleu et al. 2012). Enfin, les perceptions des acteurs concernant les réserves intégrales ont été étudiées lors d'une vaste enquête menée par le PMCB auprès des différents usagers (figure ci-dessous), qu'ils soient récréatifs (1795 pêcheurs, 689 plongeurs, 311 snorkelers) ou professionnels (18 pêcheurs artisanaux, 17 centres de plongée). 69-100% des usagers pensent que les réserves ont un effet positif sur l'environnement, 88% des pêcheurs pensent qu'elles ont un effet positif sur leur activité et 82% des opérateurs de plongée.

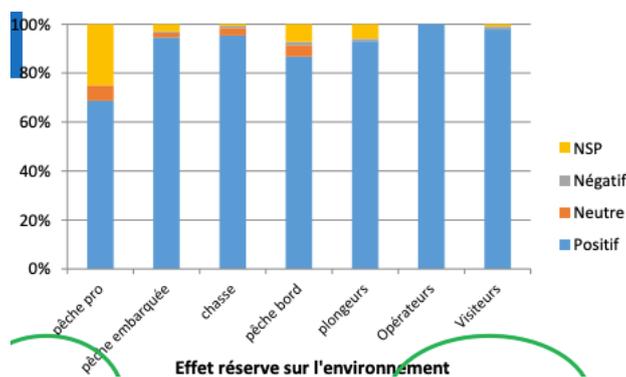
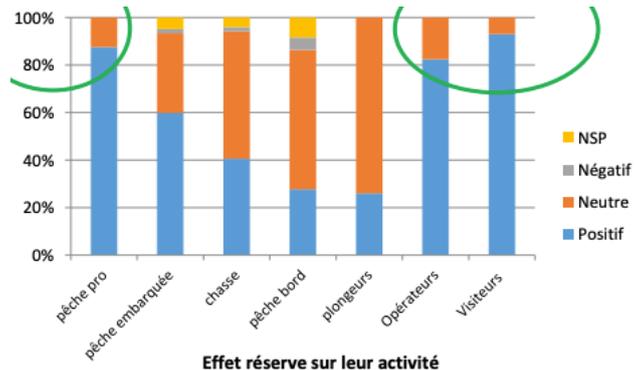


Figure 14 Résultats de l'enquête menée par le PMCB sur la perception des ZNP par différents usagers. Source : [Présentation Bachet, 2016 « Les ateliers du GIS HomMer »](#)



Effet réserve sur leur activité  
*Figure 15 Ibid*

## Cas n°2 : Occitanie – Production halieutique sur fonds sableux

Pour le deuxième cas, nous allons nous intéresser aux RA déployés le long de la côte du Languedoc-Roussillon, qui fait maintenant partie de la Région Occitanie depuis 2016. Le littoral de l'Occitanie connaît un déclin des ressources halieutiques depuis plusieurs décennies. Les RA ont été introduits dans la région en 1968 comme une réponse possible à ce déclin. En 40 ans, 32 000 m<sup>3</sup> de récifs artificiels ont été déposés au large de la côte du Languedoc-Roussillon (Fourrier & Barral, 2009).

L'étude de Tessier et al. (2014) s'est focalisée sur 2 types de sites, les RA et les zones rocheuses naturelles dans 3 communes le long de la côte du Golfe du Lion (nord-ouest de la mer Méditerranée) : Agde, Valras et Leucate-Barcarès (Figure 16). L'objectif de cette étude était d'obtenir des informations permettant une première évaluation du potentiel des RA de la Méditerranée française en tant qu'outil de gestion pour aider les pêcheurs artisanaux.

En ce qui concerne les financements de ces RA, ce sont principalement l'État français et l'Union européenne qui sont impliqués, à travers l'Instrument financier d'orientation de la pêche (IFOP) et plus récemment à travers le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (FEAMP). L'Union européenne est souvent le principal bailleur de fonds, contribuant jusqu'à 50 % d'un projet. Les bailleurs typiques des RA comprennent, dans la même proportion l'Autorité Locale (la commune par exemple), le Département et la Région concernés par le projet de RA (Tessier, 2013).



Figure 16 Localisation des trois sites de l'étude. Source : Philippe Lenfant

Les RA des trois sites de l'étude ont été déployés sur des fonds sablo-vaseux plat et homogène à des profondeurs comprises entre 9 et 35 mètres (Tessier et al. 2014). Les périodes de déploiement et les types de modules utilisés sont résumés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1 Tableau récapitulatif des trois sites de RA en Occitanie faisant partie de l'étude de Tessier et al. 2014

Commune	Dates de déploiement	Type de modules de RA	Commentaires
Agde	1985, 1992, 1995, 2009	Bonna, Comin, Double buse, Panier acier	
Valras	2006	Double buse, Panier acier	

Leucate-Barcarès	2004	Double buse, Dalot, Amas chaotique	Commune concessionnaire, pas de gestion
------------------	------	------------------------------------	---

Les RA utilisés sur les sites pilotes sont illustrés ci-dessous (Figure 17).

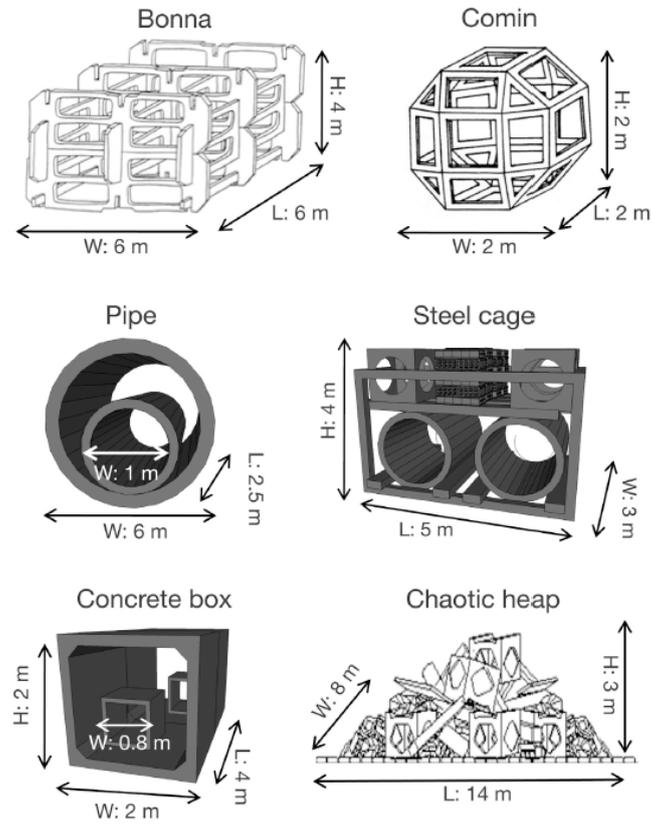


Figure 17 Différents types de modules déployés sur les sites de récifs artificiels étudiés



Figure 18 Localisation des RA et de la zone rocheuse naturelle à Agde. Source : Philippe Lenfant

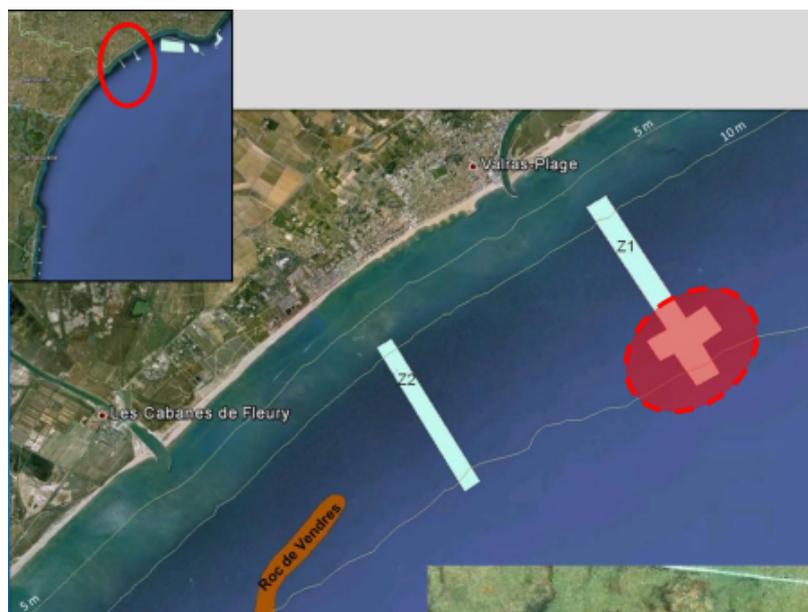


Figure 19 Localisation des RA et de la zone rocheuse naturelle à Valras. Source : Ibid

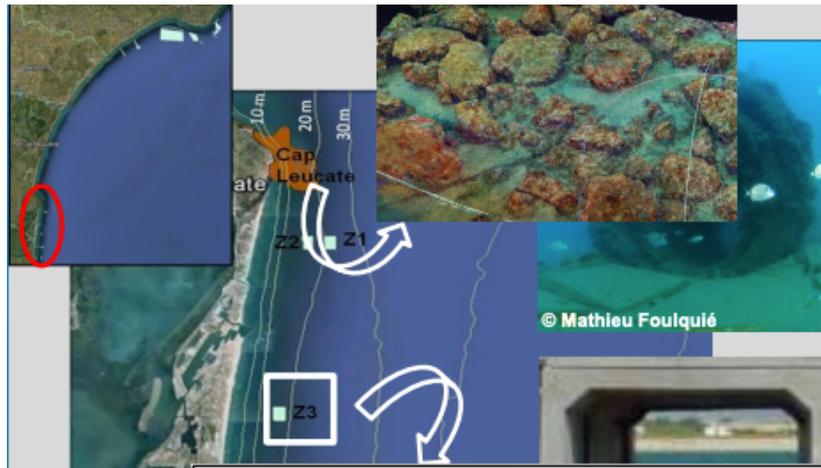


Figure 20 Localisation des RA et de la zone rocheuse naturelle à Leucate-Barcarès. Source : Ibid

La localisation des RA vis-à-vis des zones rocheuses naturelles sont illustrées ci-dessus (Figure 18, 19 et 20).

En termes de fonctions écologiques, cette étude a montré que le déploiement des RA sur les trois sites a permis de créer de nouveaux habitats essentiels à la sédentarisation des poissons et de mimer la zone naturelle rocheuse adjacente à chaque site (Tessier et al. 2014). Ces RA servent également de zone refuge pour certaines espèces comme *Diplodus Sargus* (Koeck, 2012) et fournissent une zone de nutrition pour d'autres espèces (Cresson, 2013).

Quant à l'aspect halieutique, Tessier et al. (2014) ont montré que les assemblages de poissons des RA sont similaires à ceux des zones rocheuses naturelles adjacentes. De plus, pour les poissons, le rendement de pêche (en nombre) diminue avec la distance par rapport aux RA, sauf à Agde où il est stable. Pour certaines espèces associées aux fonds meubles, le rendement de la pêche (en nombre et en poids) n'a pas été affecté par l'augmentation de la distance par rapport aux RA, sauf à Leucate-Barcarès. Cette recherche a également montré que le rendement de la pêche (en nombre) était similaire dans les RA et les zones rocheuses naturelles, sauf à Agde, où le rendement de la pêche était plus élevé dans les RA que dans les zones rocheuses naturelles.

Sur le site d'Agde, plusieurs études ont démontré que les récifs de production présentent un intérêt halieutique pour soutenir la pêche et désenclaver des sites naturels qui subissent une forte pression de pêche. Ces modules plus grands et plus complexes abritent une faune plus diversifiée et plus abondante que les modules de protection. La complexité du module joue également un rôle dans l'augmentation de la richesse des espèces (Blouet et al. 2015).

### Cas n°3 : RÉCIFS PRADO – Soutien à la pêche artisanale et restauration de fonctions écologiques

Avec le déploiement de 27 300 m<sup>3</sup> de RA et un budget de 6M€, le projet "récifs PRADO" marque un passage à l'échelle dans l'utilisation des RA. Ce programme d'envergure visait le soutien à la pêche artisanale active dans une zone où les herbiers de Posidonie, un habitat très productif, avaient été détruits (Charbonnel et al. 2011). D'octobre 2007 à juillet 2008, plus de 400 RA ont été déployés dans une zone de 2 km<sup>2</sup> dans la baie de Marseille. Il s'agit du plus grand déploiement de RA en Méditerranée (Tessier et al. 2015). Les biologistes marins ont conçu le design de ces RA, bénéficiant du retour d'expérience de terrain dans la colonisation des RA immergés sur le littoral français depuis plus de 20 ans, dont celui du PMCB, précurseur en la matière.

Six types de modules conçus à cet effet, de formes et de volumes différents, ont été déployés et disposés dans des structures en forme de triangle appelées "villages" à une profondeur allant de 25 à 35 mètres (voir Charbonnel et al. 2011 pour une description détaillée). Parmi les récifs déployés, nous retrouvons des paniers d'acier, des amas de cube et des blocs rocheux.





Figure 22 Zone d'interdiction de plusieurs activités, la concession du DPM pour les RA est délimitée par des balises au sein de l'aire marine protégée du Parc national des Calanques. Source : [Ville de Marseille](http://villede-marseille.fr)

Les objectifs assumés de ce projet visaient spécifiquement l'augmentation et la diversification des ressources marines des fonds meubles de la baie du Prado par l'immersion d'habitats sous-marins et la restauration d'habitats dégradés en essayant de récupérer certaines fonctionnalités écologiques comme, le recrutement, des zones de repos et des aires d'alimentation. À ce sujet, Cresson et al. (2019) se sont intéressés au fonctionnement écologique de ce réseau de RA sur une période d'échantillonnage de 6 ans et ont montré le rôle clé des RA en tant que zones d'alimentation : les proies les plus importantes des poissons étaient des espèces d'invertébrés de la communauté des RA. Ils ont déterminé 7 groupes fonctionnels de poissons qui partagent des espèces au fonctionnement similaire, même si la variabilité temporelle n'a pas été prise en compte. Pour combler cette lacune, les modifications temporelles de l'ensemble de la communauté de poissons de l'AR ont été étudiées, ainsi que les changements dans chaque groupe trophique fonctionnel.

Globalement, de nombreux compromis et ajustements ont dû être apportés au projet de RA idéal et vierge, pour faire face aux contraintes légales, économiques, environnementales et sociales (Charbonnel et al. 2011). Les amas chaotiques qui ont largement fait leur preuve en Méditerranée n'ont pas été retenus. En effet, compte tenu

des contraintes fortes liées à l'obligation légale de ménager la possibilité, à terme, d'un éventuel enlèvement des récifs en raison du caractère temporaire de la concession d'utilisation du domaine public maritime, les études ont porté sur la conception de modules de grand volume (58 à 306 m<sup>3</sup>), robustes, stables sur le fond, et faciles à fabriquer et à immerger (ou, à l'inverse, à retirer)<sup>4</sup>. Néanmoins, cette opération a été riche en termes de coopération et de concertation entre de nombreux acteurs maritimes, tels que les biologistes marins, les aménageurs, les bureaux d'études, les pêcheurs professionnels, les fabricants de béton, les travaux publics, les autorités locales et régionales, et toutes les parties prenantes concernées par la gestion du littoral, afin de mieux adapter les structures récifales au contexte local et à la multiplicité des objectifs visés (Charbonnel et al. 2011).

Le suivi scientifique biologique et halieutique dans le cadre de la gestion des RA du Prado a été effectué par Astruch et al. (2014, 2022) sur une période entre 2009 et 2018. La synthèse du suivi 2019-2021 conclut que le peuplement de poissons (Mission 1) continue de progresser en biomasse, en particulier les espèces cibles de la pêche. Les récifs Filière, qui se sont effondrés depuis 2013 en raison du fouling, ont vu leur performance chuter progressivement. La colonisation par les organismes benthiques (Mission 2) se poursuit également. Depuis l'immersion, la richesse spécifique et le recouvrement augmentent sur tous les types de récifs. La présence des récifs artificiels n'a aucune incidence sur l'herbier de Posidonie (Mission 3) qui maintient une dynamique progressive en limite inférieure à l'échelle de la rade Sud (Astruch et al. 2022). Toutefois, le suivi des débarquements et des enquêtes sur la perception des RA par les pêcheurs professionnels sont insuffisants.

---

<sup>4</sup> <https://www.europe-en-france.gouv.fr/sites/default/files/Recif%20Prado.pdf>

## Cas n°4 : Agde – Un récif à but récréatif et report de pression

Ce dernier cas d'étude porte sur l'immersion la plus récente dans l'histoire des RA sur la côte méditerranéenne française. Le projet RECIF'LAB est un Programme d'Investissement d'Avenir coordonné par la Ville d'Agde en partenariat avec Seaboost d'un montant de 1,3M€. Ce projet a reçu le soutien financier de l'Ademe (Ministère de la Transition écologique et solidaire), La Région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée et l'Agence de l'Eau Rhône-Méditerranée-Corse (RMC). Il s'articule 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.

Ici nous allons particulièrement nous intéresser au lot 4 qui consiste à l'immersion d'une structure artificielle paysagère par impression 3D béton permettant le déport de l'activité de plongée sous-marine de l'habitat marin coralligène. Après l'immersion de 32 RA en béton 3D dans la bande des 300 mètres au large d'Agde en 2019 (lot 2), le plus grand RA construit en grande partie à l'aide de la technologie 3D pour la plongée sous-marine a été immergé en juillet 2022. Le module principal immergé pèse 105 tonnes, mesure 6,50 m de haut, 8m de longueur et 6m de largeur et offre 430 m<sup>3</sup> de volume pour la plongée (Figure 21). Cette opération de village de RA d'un montant total d'études et travaux d'environ 600,000€ est financée par l'ADEME (Ministère Transition Écologique), la Région Occitanie / Pyrénées-Méditerranée, l'Etat (Plan Littoral 21 Méditerranée) et la ville d'Agde.



Figure 23 Récif principal du village. Source : Dossier de presse, Ville d'Agde, 2022

Selon la Ville d'Agde, le projet permettra de soulager les sites naturels de coralligène (Figure 22) de l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise (6200 ha), Site Natura 2000 marin, des impacts des ancrages des bateaux et d'activités en plongée mal maîtrisées. En effet, les plongeurs sont nombreux à pratiquer leur activité aux abords du fameux roc de Brescou au large du Cap d'Agde, qui abrite le fort de Brescou. C'est ainsi un village de récifs artificiels de « déport de pression » (Dossier de presse, Ville d'Agde, 2022).



Figure 24 Récif de coralligène sur le Roc de Brescou. Source : Renaud Dupuy de la Grandrive



Figure 25 Visuel Seaboost de récifs avec situation de plongée sous-marine. Source : Dossier de presse, Ville d'Agde, 2022

## DISPOSITION DU VILLAGE DE RÉCIFS ARTIFICIELS

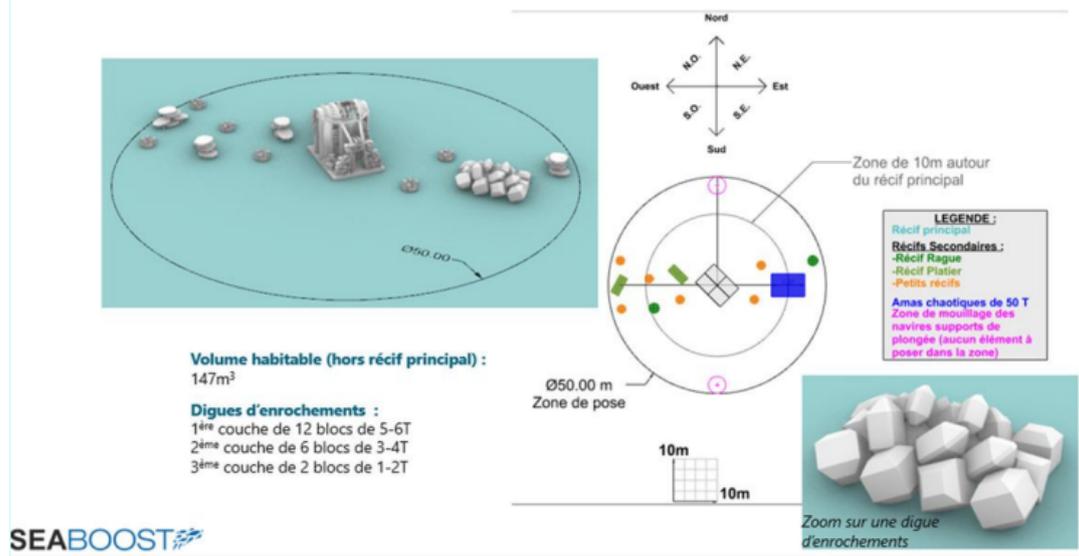


Figure 26 Disposition de village de récifs artificiels. Source : Ibid

L'utilisation de la technologie 3D est une nouveauté dans les projets de RA et intègre un béton bas carbone. Pour la fonction renforcement de la biodiversité marine, l'impression en 3D sous forme complexe de « feuilleté », avec des cavités de différentes formes et tailles, a permis de trouver le design le plus approprié au développement et à l'optimisation de la faune et de la flore marine méditerranéenne côtière (Figure 25). Une complexification par ajouts de micro blocs naturels restituant le design des milieux naturels rocheux marins a également été opérée sur le récif principal (Dossier de presse, Ville d'Agde, 2022).



Figure 27 Visuels Seaboost du récif principal en 3D. Source : Ibid

À noter que les services de l'État ont autorisé l'immersion d'une structure à but récréatif au Cap d'Agde, mais aussi économique, et ce bien qu'une approche intégrée dans la réflexion et la conception des projets est préconisée, à savoir que l'immersion de récifs artificiels a un impact sur les fonds marins ; leur utilisation doit ainsi être réfléchie sur le long terme et non pas en tant que réponse immédiate à une crise, des pressions ou à des enjeux (Cépralmar, 2015). En créant de nouveaux sites de plongée, les RA contribuent à la réduction de l'intensité d'utilisation des sites naturels et à leur préservation (Kirkbride-Smith, 2014). Outre l'aspect récréatif, les RA sont également intégrés dans des plans de gestion ou de conservation de divers habitats ou espèces, tels que les récifs coralligènes, les nourriceries pour les juvéniles ou la création d'une continuité écologique pour la trame bleue (Salaün et al. 2022).

## Discussion

Chacun des quatre cas d'études détaillés précédemment a démontré l'utilité des RA comme outil de gestion évolutif pour restaurer des fonctions écologiques (nourriceries, abris, supports de reproduction, etc...) perdues d'un habitat naturel dégradé, apporter un soutien à la pêche artisanale et mieux répartir les ressources face au danger du chalutage, soutenir des activités récréatives et économiques comme la plongée et réduire les conflits entre usagers.

Le premier cas d'étude, celui du PMCB, présente les phases successives de développement des RA et la mise en place de deux réserves intégrales à Carry-Le-Rouet et au Cap Couronne, gérées par les pêcheurs en collaboration avec les collectivités locales et les équipes du PMCB. Il est important de rappeler que le PMCB a été l'un des précurseurs en France concernant le déploiement des RA. En 25 ans, le Parc a mené plusieurs opérations variées en utilisant différents types de modules : entre 1983 et 2004, sept types d'architecture pour des récifs de production et cinq architectures pour des récifs de protection ont été étudiés, pour un volume total de

récifs artificiels de 4 884 m<sup>3</sup>, représentant un investissement de 480 000 € (Charbonnel & Bachet, 2011).

Des années de suivis ont permis de démontrer la complémentarité entre les réserves et les récifs pour une meilleure gestion globale du milieu marin. La légitimité d'un plan de gestion global est renforcée parmi les parties prenantes. Le parc marin est devenu opérateur Natura 2000 en 2009 et a été inscrit sur la liste des Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (ASPIM) de la Convention de Barcelone en 2012 et sur la liste verte de l'UICN fin 2018. Les réserves sont acceptées parce qu'elles sont contrôlées par les pêcheurs et les utilisateurs locaux. La combinaison des deux mesures a démontré son efficacité avec une amélioration des conditions environnementales et socio-économiques au sein du PMCB. Cela a contribué à la préservation de la pêche artisanale traditionnelle sur le territoire de la Côte Bleue (pour environ 60 pêcheurs) à un moment où ces activités de pêche diminuent dans les zones voisines. La complexification des amas sur 25 ans, au fil des programmes d'immersion de RA, a permis de constater que leurs déploiements concernent à la fois les aspects écologiques et la promotion de la petite pêche, plus respectueuse de la ressource, avec des résultats surprenants comme démontré ci-dessus (Figure 11, 12, 13). Les RA ne sont pas une solution unique, mais ils peuvent être très utiles en coordination avec des AMP bien gérées et des réserves intégrales dans lesquelles toutes les parties prenantes s'engagent pour la conservation. Les points positifs sont l'engagement des parties prenantes, notamment les pêcheurs qui se sont vraiment saisis du sujet et font force de proposition dans la gestion du milieu marin et dans la préservation de la ressource et des habitats essentiels à leur activité. Les RA de protection ont joué un rôle important dans la diminution de la pression par le chalutage illégal dans la bande des 3 milles nautiques. Toutefois, certains types de RA (Grand volume et Cubes) n'ont pas démontré un impact positif sur les espèces ciblées et viennent modifier les fonds sableux sans qu'on puisse réellement en mesurer l'influence.

Le deuxième cas d'étude présente des programmes d'immersion de RA en Région Occitanie à une plus petite échelle pour enrayer le déclin de l'activité halieutique face à la raréfaction de la ressource. Dans l'étude de Tessier et al. (2014), trois sites de RA expérimentaux sont étudiés pour obtenir des informations sur le potentiel de ces derniers à soutenir la pêche artisanale côtière et prolonger l'activité sur l'année. Les

RA jouent un rôle de soutien aux habitats naturels rocheux adjacents qui sont sous fortes pressions dues aux activités humaines comme la pêche, l'ancrage des bateaux et la plongée. Cette étude montre que les RA peuvent apporter un soutien aux activités socio-économiques tout en soulageant des zones naturelles. Les RA imitent les fonctionnalités écologiques de la zone rocheuse et favorisent l'implantation d'espèces de substrat dur pouvant générer de nouveaux sites de pêche. Pourtant, en termes de bénéfices environnementaux, ces RA ne démontrent pas une augmentation significative de la biomasse en comparaison avec les sites naturels. Les auteurs soulignent qu'il est difficile de conclure que les RA sont un outil pertinent pour soutenir les rendements de pêche dans ce contexte, car il est impossible de dire si les zones naturelles examinées dans cette étude ont été surexploitées. Une autre façon de démontrer l'efficacité des RA serait de suivre un protocole de type BACI (Before-After-Control-Impact). Avec un tel protocole, si les différences spatiales évoluent dans le temps, l'impact peut être attribué aux RA. Le manque de données antérieures à l'installation des RA à Leucate-Barcarès ou à Valras a été souligné. À Agde ces informations étaient disponibles, mais seulement à partir d'une méthode d'échantillonnage très spécifique sur ce site (Tessier et al. 2014). L'implantation des RA à proximité d'une zone naturelle rocheuse est un moyen intéressant d'éliminer des pressions particulières. Cette solution est plus facile à justifier auprès des utilisateurs et peut être reproduite ailleurs à l'avenir, là où les pressions sur les zones naturelles sont importantes. Les RA permettent de répondre à certains besoins socio-économiques et culturels. Par contre, le manque de données sur les espèces et la dégradation antérieure au projet sont un frein à la diffusion d'une méthodologie commune dans ce contexte.

Le troisième cas d'étude porte sur les plus grands RA en Méditerranée et en Europe, ceux du Prado à Marseille. Avec l'appui de toutes les parties prenantes, la disposition, les formes, les matériaux des RA ont été beaucoup mieux pensés avec des études poussées sur le fonctionnement écologique du milieu naturel existant. Pour la première fois, les RA vont être utilisés pour réhabiliter des fonds dégradés par les activités anthropiques (Ville de Marseille, 2014). Leur objectif est alors double : socio-économique (soutien à la pêche artisanale et à l'origine développement des activités de loisirs) et biologique (restauration, réhabilitation des fonctionnalités écologiques du

milieu) (Salaün et al. 2022). Un volume important de RA (27 400 m<sup>3</sup>) a été déployé dont de nouveaux types de modules appelés “Fakir”, “Chicanes” ou “Filières”, qui marquent un tournant dans la conception et l’utilisation des RA. En 2020, pour la première fois, la biomasse moyenne atteint la fourchette visée lors de la conception des récifs, c’est-à-dire entre 0.15 et 1 kg de poissons par m<sup>3</sup> de récif. Cependant, les performances espérées pourraient être meilleures et soulèvent la question d’une pression de pêche importante à l’échelle de la baie de Marseille ou illégale dans la concession qui conduirait à limiter la progression des biomasses d’espèces cibles, en particulier des espèces les plus mobiles (sars, loup, dorade) (Astruch et al. 2022). La taille du projet et la prise en compte du fonctionnement écologique du milieu naturel existant sont très positifs dans ce cas d’étude. C’est le seul cas qui affiche un objectif de restauration écologique des fonds marins dégradés par l’activité humaine. Le suivi scientifique sur une période longue (>10 ans) est un point fort également. Cependant, un aspect important qui devrait être planifié dans la conception du projet est la perception des usagers (sur leur activité professionnelle, sur l’environnement, sur l’économie) comme cela a été fait dans le cas du PMCB.

Le quatrième et dernier cas d’étude porte sur la dernière immersion en date (juillet 2022) d’un RA en Méditerranée française au large du roc de Brescou à Agde. Cette immersion marque une rupture avec la Doctrine de l’État de 2012, justifiée par la nécessité de désenclaver certains sites naturels qui subissent une pression anthropique trop forte tout en maintenant une activité socio-économique importante. En effet, après la mise en place des récifs du Prado, les projets d’immersion se font plus rares. D’une part, cela s’explique par un manque de financements européens, mais aussi par la volonté de l’État d’encadrer les nouvelles demandes d’immersion, au vu des connaissances écologiques acquises sur leur fonctionnement, ce qui a conduit les services instructeurs à ne plus considérer l’immersion en RA comme expérimentale (DIRM, 2012). Cependant, les préoccupations environnementales liées à l’érosion de la biodiversité, avec des chiffres alarmants montrant la dégradation rapide des masses d’eau côtières, incitent les organismes en charge de l’eau (Agences de l’eau), de la gestion de l’environnement (OFB) et les opérateurs portuaires, ainsi que les collectivités locales, à réorienter les objectifs alloués à l’immersion de RA (Salaün et al. 2022). La technologie 3D employée dans la conception de ce récif marque une

nouvelle innovation, après une longue période vide, dans le design des RA et la capacité à donner des fonctions écologiques spécifiques à ces structures. Un suivi scientifique et biologique semble pertinent pour évaluer l'aspect coût-efficacité de ces RA de nouvelle génération et voir s'ils sont plus efficaces que ceux des générations précédentes. De plus, un suivi de la perception des usagers vis-à-vis du RA est à mettre en place afin de mesurer son impact et la satisfaction qu'il peut engendrer auprès des dits usagers. La flexibilité des services de l'État dans ce contexte est un facteur important dans la réussite du projet. L'engagement de toutes les parties prenantes devrait être assuré pour que l'évaluation du cycle de vie du récif soit complète.

Dans l'ensemble, la plupart des immersions de RA commencent à dater et n'ont pas pour la plupart d'entre elles bénéficié des nouvelles approches à la fois en matière d'architecture modulaire, de stratégie d'implantation ou bien encore de suivi et de gestion, sauf pour quelques cas précis. Enfin, impulsés par l'agenda européen en matière de restauration des écosystèmes, on peut s'attendre à ce que de nouveaux projets d'implantation de récifs artificiels, dans un but de restauration des fonctionnalités écologiques d'un habitat dégradé, voient le jour. Le projet de règlement européen pour la restauration de la nature (Commission Européenne 2022) fixe notamment de nombreux objectifs et obligations contraignants en matière de restauration pour un large éventail d'écosystèmes. Ces mesures devraient couvrir au moins 20 % des zones terrestres et maritimes de l'UE d'ici à 2030 et tous les écosystèmes nécessitant une restauration d'ici à 2050. La proposition est également soutenue par un cadre de mise en œuvre visant à traduire les objectifs en actions, en préparant et en mettant en œuvre des plans de restauration nationaux.

## Conclusion

Ce travail de synthèse a permis de mettre en évidence certains des effets bénéfiques que peuvent avoir les récifs artificiels lorsqu'ils sont déployés dans le milieu marin. Ils peuvent avoir un intérêt paysager quand il s'agit de soutenir des activités socio-économiques comme la plongée, ce qui leur donne une fonction muséale/récréative, mais ils peuvent aussi contribuer à lever les pressions sur des sites naturels engorgés. Cela peut être un excellent levier de sensibilisation au milieu marin et à la nécessité de le protéger. De plus, les RA ont prouvé leur efficacité lorsqu'ils sont associés à d'autres mesures de gestion du milieu marin comme les AMP et les réserves (partielles ou intégrales) gérées par les principaux usagers comme les pêcheurs. Ils peuvent apporter un soutien à la pêche artisanale et protéger des habitats de certaines méthodes destructives. Leur intérêt écologique a été souligné dans certains cas où la diversité biologique a augmenté de manière significative. Certaines fonctions écologiques essentielles comme les zones de repos, d'alimentation et de reproduction ont ainsi pu être récupérées grâce à l'implantation de RA. Cependant, peu d'études donnant une vision globale de l'impact des RA sur le milieu marin existent, les types de suivis varient énormément et il y a eu peu de retours d'expériences entre les différents projets pour imaginer les générations suivantes de récifs. Les études abordées dans ce travail montrent que de nombreux types de récifs ont une efficacité limitée sur la production de biomasse des espèces de poissons ciblées. Chaque zone de RA étant ancrée dans un contexte local spécifique avec des conditions environnementales et socio-économiques, cela suggère d'avoir une approche et un suivi personnalisé et adapté à chaque projet. Au regard des objectifs socio-économiques et environnementaux poursuivis dans les projets d'implantation, les RA ne sont pas un outil miracle, ni une solution unique. L'utilisation des RA pour la restauration est encore contestée, car ce n'est pas l'habitat dégradé en tant que tel qui est restauré, mais ses fonctions écologiques. Les projets

de RA participent avant tout à la mise en œuvre de mesures de gestion et à la régulation des usages, avant toute tentative de restauration. D'un point de vue environnemental, il est nécessaire de s'orienter vers une approche écosystémique de la gestion des pêches, prenant en compte l'ensemble des cycles de vie des espèces ciblées. Au-delà des aspects liés aux ressources, les réserves et les AMP jouent un rôle crucial dans la préservation des habitats et de la biodiversité que les RA peuvent soutenir en tant qu'outil d'aménagement complémentaire.

# Bibliographie

- Astruch, P., Bonhomme D., Bonhomme P., Fourt M., Le Diréach L., Rouanet E., 2014. Opération Récifs Prado : suivi scientifique, biologique et technique dans la zone d'immersion (suivi obligatoire). Rapport final 2009-2014. Méthodologie. GIS Posidonie – Ville de Marseille, Fr. 1-164.
- Astruch P., Belloni B., Rouanet E., Schohn T., Le Diréach L., 2022. Réalisation d'un suivi scientifique biologique et halieutique dans le cadre de la gestion des récifs artificiels du Prado. Synthèse 2019 - 2021. GIS Posidonie – Ville de Marseille, Fr. 1-42.
- Blouet S., Chéré E., Grandrive R., Dalias N., Tessier A., Foulquie M., Lenfant P., 2015. BILAN DE 30 ANS D'IMMERSIONS DE RÉCIFS ARTIFICIELS SUR LA CÔTE AGATHOISE (MEDITERRANEE, FRANCE).
- Cépralmar, Région Languedoc-Roussillon, 2015 - Guide pratique d'aide à l'élaboration, l'exploitation et la gestion des récifs artificiels en Languedoc-Roussillon : 236 pages.
- Charbonnel E. & Bachet, F. 2011. Artificial Reefs in the Cote Bleue Marine Park: Assessment After 25 Years of Experiments and Scientific Monitoring. 10.1007/978-90-481-8630-3\_13.
- Charbonnel E., Harmelin, J-G., Carnus F., Le Diréach L., Ruitton S., Lenfant P., Beurois J. 2011. Artificial reefs in marseille (France, Mediterranean Sea): From complex natural habitats to concept of efficient artificial reef design. Brazilian Journal of Oceanography. 59. 177-178. 10.1590/S1679-87592011000300019.
- Coll M., Piroddi C., Steenbeek J., Kaschner K., Ben Rais Lasram F., et al. 2010. The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. PLoS ONE 5(8): e11842. doi:10.1371/journal.pone.0011842
- Commission Européenne. Proposition pour un règlement sur la restauration de la nature. 2022. [https://environment.ec.europa.eu/publications/nature-restoration-law\\_fr](https://environment.ec.europa.eu/publications/nature-restoration-law_fr)
- Cresson P. 2013. Fonctionnement trophique des récifs artificiels de la baie du Prado (Marseille, France) : origine et devenir de la matière organique. Thèse Océanographie, Université d'Aix-Marseille, Marseille, 281 pp.
- Cresson P., Le Direach L., Rouanet E., Goberville E., Astruch P., Ourgaud M., Harmelin-Vivien M. 2019. Functional traits unravel temporal changes in fish biomass production on artificial reefs, Marine Environmental Research, Volume 145, Pages 137-146, ISSN 0141-1136, <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2019.02.018>.
- Convention on Biological Diversity, available at <https://www.cbd.int/convention/text/>
- De la Hoz, C. F., Ramos, E., Puente, A., Méndez, F., Menéndez, M., Juanes, J. A., & Losada, Í. J. 2018. Ecological

typologies of large areas. An application in the Mediterranean Sea. *Journal of environmental management*, 205, 59–72. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.09.058>

- Direction interrégionale de la mer Méditerranée. 2019. Document stratégique pour la restauration écologique en Méditerranée. PAMM Méditerranée Occidentale. 56 pages.
- Document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels, 2012. Régions Languedoc-Roussillon et Provence Alpes Côte d'Azur.
- Dossier de presse immersion RECIF'LAB, Ville d'Agde. 2022. <https://www.agglo-heraultmediterranee.net/app/uploads/2022/07/Dossier-de-presse-immersion.pdf>
- FOURRIER A., BARRAL M., 2009. Premières analyses des immersions de récifs artificiels en Languedoc-Roussillon. Cépralmar, Montpellier, 69p. + annexes
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC): Special report on the impacts of global warming of 1.5°C, available at <https://www.ipcc.ch/sr15/>, and the IPCC Sixth Assessment Report, *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability | Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability* (ipcc.ch)
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services: 2019 global assessment report on biodiversity and ecosystem services, available at <https://doi.org/10.5281/zenodo.5657041>.
- Kirkbride-Smith, A. E. 2014. The economic, social and conservation benefits of recreation-oriented artificial reefs. (Thesis). University of Hull. Retrieved from [https://hull repository.worktribe.com/output/4217189](https://hull.repository.worktribe.com/output/4217189)
- Koeck, B. 2012. Rôle des récifs artificiels dans l'écologie des poissons: Application aux récifs artificiels de Leucate-Barcarès (Golfe du Lion, Mer Méditerranée). Thèse Ecologie marine, Université de Perpignan, Perpignan, 299 pp.
- Lejeusne, C., Chevaldonné, P., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C. F., & Pérez, T., 2010. Climate change effects on a miniature ocean: the highly diverse, highly impacted Mediterranean Sea. *Trends in ecology & evolution*, 25(4), 250–260. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2009.10.009>
- Leleu K., Alban F., Dominique P., Charbonnel E., Boudouresque C., 2011. Fishers' perceptions as indicators of the performance of Marine Protected Area (MPAs). *Marine Policy*. 36. 414-422. 10.1016/j.marpol.2011.06.002.
- Leleu K., Alban F., Dominique P., Charbonnel E., Bachet F., Boudouresque C., 2014. Métiers, effort and catches of a Mediterranean small-scale coastal fishery: The case of the Côte Bleue Marine Park. *Fisheries Research*. 154. 93–101. 10.1016/j.fishres.2014.02.006.
- Mediterranean ecosystem restoration sites, Interreg Mediterranean Biodiversity Protection Community project, 2022
- Salaün J, Pioch S, Dauvin J-C. 2022. Les récifs artificiels, un outil évolutif pour l'aménagement du milieu marin : approche géographique en France métropolitaine. DOI : <https://doi.org/10.4000/norois.12029>

- Seaman, W. 2000. Artificial reef evaluation : with application to natural marine habitats. ISBN 0-8493-9061-3
- Suding, K. N. 2011. Toward an era of restoration in ecology: successes, failures, and opportunities ahead. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics 42:465.
- Tessier A., 2013. Caractérisation des récifs artificiels du Golfe du Lion : De l'écologie aux usagers. Thèse de doctorat, Université de Perpignan, 300 p.
- Tessier A., Verdoit-Jarraya M., Blouet S., Dalias N., Lenfant P., 2014. A case study of artificial reefs as a potential tool for maintaining artisanal fisheries in the French Mediterranean Sea. Aquatic Biology. 20. 255-272. 10.3354/ab00563.
- Tessier A., Francour P., Charbonnel E., Dalias N., Bodilis P., Seaman W., Lenfant P., 2015. Assessment of French artificial reefs: Due to limitations of research, trends may be misleading, Hydrobiologia, 753 (1), p. 1-29.
- United Nations Environment Programme/Mediterranean Action Plan and Plan Bleu (2020). State of the Environment and Development in the Mediterranean. Nairobi. [https://planbleu.org/wp-content/uploads/2021/04/SoED\\_full-report.pdf](https://planbleu.org/wp-content/uploads/2021/04/SoED_full-report.pdf)
- Wilson, E. O. 1992. The diversity of life. Springer, New York.

# Annexe

Tableau 2 Tableau récapitulatif des quatre cas d'étude : les types de RA dont il est question, les objectifs poursuivis, les bénéfices recherchés et les résultats disponibles en termes de suivi scientifique, biologique et /ou socio-économique.

Cas	Localisation	Type de récifs	Objectifs poursuivis	Bénéfices recherchés	Résultats disponibles (sources)
Parc Marin de la Côte Bleue	Côte Bleue	Alvéolaire, Kheops, Cube, amas chaotiques, grand volume, sea-rock, tripode anti senne tournante, négri, fakir poteaux	Soutien à la pêche artisanale, protection contre le chalutage illégal	Réduction du chalutage illégal Préservation des ressources halieutiques et maintien des petits métiers Augmentation de la diversité biologique des espèces marines, dont des espèces rares et patrimoniales	<a href="#">Charbonnel &amp; Bachet, 2011</a> <a href="#">Leleu et al. 2012</a> <a href="#">Leleu et al. 2014</a>
Récifs artificiels d'Occitanie	Agde, Valras, Leucate-Barcarès	Bonna, Comin, Double buse, Panier d'acier, Amas chaotiques	Soutien à la pêche artisanale, prolongement de l'activité sur l'année	La pêche artisanal côtière est maintenue et les coûts de déplacement sont réduits De nouveaux sites de pêche sont créés, déportant la pression des zones rocheuses naturelles	<a href="#">Tessier et al. 2014</a>
Récifs du Prado	Marseille	Chicanes, Fakir, Filières	Restauration et réhabilitation des fonds marins et soutien à la	Des fonctions écologiques essentielles comme le recrutement, des zones de	<a href="#">Astruch et al. 2022</a>

			pêche artisanale et à l'origine développement des activités de loisirs	repos et des aires d'alimentation pour les poissons sont retrouvées L'état global de l'écosystème marin s'améliore et est plus résilient	
RECIF'LAB	Agde	Récifs village en 3D, digues d'enrochement	Soulager les sites naturels de coralligène de l'Aire Marine Protégée de la côte agathoise et favoriser une activité récréative	Une activité socio-économique importante préservée Des espaces naturels (formations coralligènes) préservés et moins perturbés	Trop récent