

<https://gisposidonie.osupytheas.fr>



Parc national  
de Port-Cros



Project co-financed by the European  
Regional Development Fund

# POTENTIALITES DU TERRITOIRE POUR L'IMMERSION DE RECIFS ARTIFICIELS AU SEIN DE L'AIRE MARITIME ADJACENTE DU PARC NATIONAL DE PORT-CROS

Etude de faisabilité

## RAPPORT D'ETUDE FINAL

Parc national de Port-Cros



ARTELIA / MARS 2021 / 4243488

## Potentialités du territoire pour l'immersion de récifs artificiels au sein de l'aire maritime adjacente du Parc national de Port-Cros

Etude de faisabilité  
Parc national de Port-Cros  
Rapport d'étude final

VERSION	DESCRIPTION	ÉTABLI(E) PAR	APPROUVÉ(E) PAR	DATE
V1	1 <sup>er</sup> partie	SP/HCL	DVE	15/12/2020
V2	Corrections et compléments	SP/HCL	DVE	01/02/2021
V3	Corrections finales	SP/HCL	DVE	03/03/2021
V4	Rapport définitif	SP/HCL	-	10/03/2021

ETUDES HYDRAULIQUES ET ENVIRONNEMENTALES – Direction Méditerranée  
Le Condorcet – 18 rue Elie Pelas – CS 80132 – 13322 Marseille Cedex 16 – TEL : 04.91.17.00.00

# SOMMAIRE

<b>OBJET DU DOCUMENT .....</b>	<b>8</b>
<b>A. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE .....</b>	<b>10</b>
<b>1. RETOUR D'EXPÉRIENCE MONDE, EUROPE ET FRANCE DES USAGES ET DES TYPES DE RÉCIFS ARTIFICIELS.....</b>	<b>12</b>
<b>1.1. Mondial .....</b>	<b>12</b>
1.1.1. Fiches Japon .....	14
1.1.2. Les RA peuvent-ils augmenter les ressources ? Question centrale et complexe.....	17
<b>1.2. Européen .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Contexte français .....</b>	<b>25</b>
<b>2. LIMITES ET RETOUR CRITIQUE SUR LES ÉCHECS LIÉS AUX USAGES DES RÉCIFS ARTIFICIELS .....</b>	<b>38</b>
<b>2.1. Inventaire synthétique des échecs français .....</b>	<b>38</b>
<b>2.2. Principales problématiques et échecs liés à l'utilisation des Récifs artificiels en France .....</b>	<b>39</b>
2.2.1. Les problématiques hydro-sédimentaires.....	39
2.2.2. Impacts paysagers .....	39
2.2.3. Récifs « sans objectif », ni gestionnaire .....	41
2.2.4. Récifs artificiels conçus comme des « pièges écologiques » .....	42
<b>2.3. Les tentatives de mesure de la « PRODUCTIVITE ECOLOGIQUE » des récifs artificiels.....</b>	<b>43</b>
2.3.1. Approche théorique de la « production » écologique .....	43
2.3.1.1. L'apport de la théorie des « carrés blancs ».....	44
2.3.1.2. La théorie de la « densité dépendance » .....	44
2.3.2. L'état de la connaissance en matière d'« attraction » ou de « production » des espèces sur les récifs artificiels .....	45
<b>3. DÉFINITION DES ENJEUX DU DÉVELOPPEMENT D'HABITATS ARTIFICIELS .....</b>	<b>47</b>
<b>3.1. Pourquoi créer de l'habitat ?.....</b>	<b>47</b>
<b>3.2. Comment créer de l'habitat ?.....</b>	<b>47</b>
<b>3.3. En quoi créer de l'habitat ?.....</b>	<b>47</b>

<b>4.</b>	<b>COMMENT DÉFINIR UN RÉCIF ARTIFICIEL ADAPTÉ AUX OBJECTIFS DE PRODUCTION HALIEUTIQUE ET DE PLONGÉE LOISIR ? .....</b>	<b>54</b>
4.1.	Caractériser les habitats naturels adaptés à des espèces cibles	54
4.1.1.	Quelles espèces cibles ? .....	54
4.1.2.	Quelles fonctions écologiques cibles ? .....	57
4.1.3.	Fonctionnement écologique de la zone de projet .....	58
4.2.	Quels designs pour quelles espèces ? définir des récifs artificiels adaptés à la pêche et à la plongée .....	58
4.2.1.	Design des récifs artificiels : partir des besoins des espèces cibles .....	58
4.2.2.	Comment organiser un site d’immersion ? du module récifal au complexe de récifs artificiels .....	60
4.2.2.1.	Périmètre et surface, distance entre les complexes récifaux .....	60
4.2.2.2.	Les volumes minimums des complexes de récifs artificiels .....	61
4.3.	Exemple de démarche de conception : design spécifique des récifs artificiels par espèces cibles .....	62
<b>B.</b>	<b>ATLAS CARTOGRAPHIQUE.....</b>	<b>66</b>
<b>1.</b>	<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>68</b>
1.1.	Contexte .....	68
1.2.	La zone d’étude.....	68
1.3.	La méthodologie de l’étude.....	68
<b>2.</b>	<b>CARACTÉRISTIQUES DU TERRITOIRE .....</b>	<b>69</b>
2.1.	Le milieu physique .....	69
2.1.1.	Bathymétrie .....	69
2.1.2.	Courantologie.....	69
2.1.3.	Qualité des eaux.....	70
2.2.	Le milieu biologique .....	71
2.2.1.	Habitats marins .....	71
2.2.2.	Ichtyofaune .....	72
2.3.	Le patrimoine naturel et culturel.....	73
2.3.1.	Sites Natura 2000 .....	73
2.3.2.	Le Parc national de Port-Cros .....	73
2.3.3.	Les ZNIEFF .....	74
2.3.4.	Les sites classés .....	75

2.4.	<b>Les activités socio-économiques et les usages .....</b>	<b>76</b>
2.4.1.	Les zones réglementées en mer .....	76
2.4.2.	Les zones d'activités de pêche professionnelle .....	79
2.4.3.	Les zones d'activités de loisirs .....	80
2.4.3.1.	Pêche de loisirs .....	80
2.4.3.2.	Mouillage .....	80
2.4.3.3.	Sites de plongée sous-marine .....	80
2.4.3.4.	Sentiers sous-marins .....	80
<b>3.</b>	<b>ANALYSE DES CONTRAINTES .....</b>	<b>81</b>
3.1.	Contraintes du milieu physique .....	81
3.2.	Contraintes du milieu biologique .....	82
3.3.	Contraintes du patrimoine naturel et culturel .....	83
3.4.	Contraintes liées aux activités socio-économiques et aux usages .....	84
3.5.	Bilan des contraintes .....	85
<b>C.</b>	<b>ETUDE APPROFONDIE .....</b>	<b>87</b>
<b>1.</b>	<b>EBAUCHE DE RÉFLEXION .....</b>	<b>89</b>
1.1.	Quelles fonctions cibler ? .....	89
1.2.	Quelles espèces cibler ? .....	89
1.3.	Quels récifs pour quelles espèces ? .....	90
1.4.	Quelles zones cibler ? .....	92
1.4.1.	Éléments de réflexion .....	92
1.4.1.1.	Les critères physiques .....	92
1.4.1.2.	Les critères biologiques .....	93
1.4.1.3.	Les critères socio-économiques .....	93
1.4.1.4.	Les critères pratiques .....	93
<b>2.</b>	<b>EBAUCHE DE RÉFLEXION ADAPTÉE AU TERRITOIRE DE L'AMA .....</b>	<b>94</b>
2.1.	Carte des opportunités .....	94
2.2.	Fonctionnalités biologiques .....	95
2.3.	Fonctionnalités pour les pêcheurs professionnels .....	96
2.4.	Fonctionnalités pour les plongeurs de loisirs .....	97

<b>D. GENERALITES SUR LA MISE EN ŒUVRE DES RECIFS ...</b>	<b>98</b>
<b>1. ASPECTS RÉGLEMENTAIRES .....</b>	<b>100</b>
1.1. Autorisations prélabales .....	100
1.2. Mise en œuvre .....	102
1.3. Exploitation.....	102
1.4. Démantèlement des récifs .....	103
1.5. Retour d'expérience sur l'immersion des récifs en Corse en 2018.....	103
<b>2. RESPONSABILITÉS.....</b>	<b>103</b>
<b>3. IDENTIFICATION DES FINANCEMENTS POTENTIELS.....</b>	<b>104</b>
3.1. Demande de financement au niveau européen .....	104
3.2. Demande de financement au niveau national .....	105
3.2.1. Financement public .....	105
3.2.1.1. L'agence de l'eau .....	105
3.2.1.2. La région et le département .....	106
3.2.2. Financement privé .....	106
<b>RÉFÉRENCES (LITTÉRATURE GRISE) .....</b>	<b>107</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE.....</b>	<b>108</b>
<b>ANNEXE .....</b>	<b>111</b>

## TABLEAUX

Tableau 1- Liste des différents matériaux utilisés comme RA. Les abréviations désignent dans l'ordre relatif d'importance les principales utilisations des structures : A pêche artisanale ; C pêche commerciale ; E expérimental ; H essai de création d'habitat ; M mesure compensatoire ; R récréatif.....	50
Tableau 2- Synthèse des avantages et des inconvénients des principaux matériaux utilisés pour la réalisation de RA (adapté de Bell et al., 1997) .....	52
Tableau 3- Liste des espèces cibles issue des pressions anthropiques halieutiques subies (données CRPMEM PACA) .....	56
Tableau 4- Trois catégories d'espèces cibles et stade de développement selon l'étage bathymétrique préférentiel, fréquentant les fonds marins côtiers orientaux méditerranéens français (données éthologique issues d'observation en plongée) .....	57
Tableau 5- Relation entre les types d'espèces cibles et les designs d'ouvrages éco-conçus .....	59
Tableau 6- Classement des zones conchylicoles ( <a href="http://www.zones-conchylicoles.eaufrance.fr">www.zones-conchylicoles.eaufrance.fr</a> ) .....	70
Tableau 7- Les 15 espèces de poissons les plus pêchés dans le quartier maritime de Toulon en 2019 en valeur des ventes (Ifremer, 2020) .....	79
Tableau 8- Répartition bathymétrique des zones de vie des espèces cibles .....	90
Tableau 9- Logigramme d'aide à la réflexion pour la conception de récifs artificiels .....	91

## FIGURES

Figure 1- Exemple du projet de récifs artificiels du PMCB avec une augmentation de la biomasse en 6 ans multipliée par 20 (PMCB in Charbonnel et al., 2002) .....	19
Figure 2- Paysage sous-marin comparé à une « décharge » créé par l'immersion de pneus à Golfe-Juan (Daniel et al., 2014).....	40
Figure 3- Récif expérimental de la baie de La Palud à Port-Cros à 15 m caractérisé par des filières (gros plan à droite) soutenues par des bouées au-dessus du récif artificiel (GIS posidonies) .....	42
Figure 4- Evolution de la biomasse cumulée (kg) (bleu) et de la richesse spécifique entre 2009 et 2013 pour le suivi du programme d'immersion de 2009 sur deux zones de références abritant des récifs de protection de type buses (Droite de régression linéaire en noir sur la variable biomasse $R^2=0,08$ et $R^2=0,10$ ) La droite rouge verticale correspond à l'immersion des modules (Blouet et al., 2014) .....	43
Figure 5- La théorie des « carrés blancs » : la pyramide écologique déformée. Les carrés blancs de cette figure correspondent à la capacité biogénique non exploitée qui peut être compensée par la mariculture extensive ou « marine-ranching » (d'après Masuda et Tsukamoto, 1998) .....	44
Figure 6- Représentation schématique de la production de poissons en fonction de la taille du RA du point de vue (a) de l'hypothèse d'attraction (b) de l'hypothèse de production (d'après Osenberg et al., 2002) .....	46
Figure 7- Définition des types d'espèces en fonction des compartiments occupés dans la colonne d'eau et le fond (Ifremer, aquaportail.fr).....	55
Figure 8-Principales espèces cibles de la pêche fréquentant les fonds côtiers orientaux méditerranéens français, selon la bathymétrie, le type de fond marin et les stades de développement (Pioch) .....	55
Figure 9- Types d'espèces cibles fonction de leur relation avec un habitat artificiel A, B ou C (d'après Nakamura, 1985) .....	59
Figure 10- Les 4 échelles d'organisation d'un projet de récifs artificiels (Pioch, 2008) .....	60
Figure 11- Design des RA utilisés, la forme 1 s'apparente à l'amas de pierres (NRIFE, « Fishing reef technology in Japan » Takagi et Takeuchi, 2006) .....	62
Figure 12- Méthodologie de travail pour le design, par espèce et par besoin fonctionnel (R, N, T, P), à partir de la connaissance des fonds et de l'éthologie spécifique.....	63
Figure 13- Pots à poulpe en terre cuite (CRPMEM – LR) .....	63
Figure 14-Présentation de la zone d'étude.....	68
Figure 15- Bathymétrie et courants de la zone d'étude.....	69
Figure 16- Qualité des eaux de la zone d'étude.....	70
Figure 17- Habitats marins de la zone d'étude .....	71
Figure 18- Zones fonctionnelles pour l'ichtyofaune de la zone d'étude.....	72
Figure 19- Sites Natura 2000 et Parc national de Port-Cros sur la zone d'étude .....	73
Figure 20- ZNIEFF de la zone d'étude .....	74
Figure 21- Sites classés de la zone d'étude.....	75
Figure 22- Zones réglementées de la zone d'étude .....	76
Figure 23- Obstacles et zones réglementées associées sur la zone d'étude .....	77

Figure 24- Zones d'activités de pêche professionnelles de la zone d'étude.....	79
Figure 25- Activités de loisirs de la zone d'étude.....	80
Figure 26- Contraintes du milieu physique.....	81
Figure 27- Contraintes du milieu vivant .....	82
Figure 28- Contraintes du patrimoine naturel et culturel .....	83
Figure 29- Contraintes socio-économiques .....	84
Figure 30- Bilan des contraintes sur la zone d'étude .....	85
Figure 31- Les zones d'opportunités de la zone d'étude pour l'immersion de récifs artificiels .....	94
Figure 32- Critères biologiques favorables à la colonisation de récifs artificiels .....	95
Figure 33- Critères favorables à l'usage pour les pêcheurs professionnels .....	96
Figure 34- Critères favorables à l'usage par les plongeurs de loisirs .....	97
Figure 35- Logigramme de la procédure de demande de concession d'occupation du DPM.....	101



## OBJET DU DOCUMENT

Le territoire du Parc national de Port-Cros possède une richesse et une diversité exceptionnelle. Ce patrimoine remarquable attire un grand nombre des personnes curieuses de découvrir ce lieu préservé emblématique du Var. La zone maritime est également le lieu de nombreuses activités professionnelles. Les interactions entre les différents acteurs et usagers sont nombreuses et peuvent rapidement générer des tensions, notamment en période de forte fréquentation.

Pourtant, l'aire maritime adjacente (AMA) du Parc national de Port-Cros, avec ses 123 000 ha, est très vaste. Elle possède de nombreux sites à intérêt écologique fort et offre donc des perspectives intéressantes pour envisager un désengorgement des sites phares du Parc national, que sont les îles et leurs côtes.

Par ailleurs, le Parc national de Port-Cros est engagé dans un programme Interreg européen MPA NETWORKS, qui vise à stimuler les dynamiques d'échanges entre gestionnaires d'aires marines protégées par le renforcement des réseaux de gestionnaires à tous les niveaux en Méditerranée. Le Parc national de Port-Cros s'intéresse, dans le cadre de ce programme, à la gestion de son aire marine protégée via la planification des usages autour de la mise en place de zones de protection forte (ZPF) dans l'aire maritime adjacente. La mise en place de ZPF au sein de l'AMA du Parc national de Port-Cros répond également aux directives de la France qui visent à protéger 30% de son aire maritime, dont un tiers en zone de protection forte. La mise en place de zones dites « fortement protégées » au sens de la DCSMM, n'est pas incompatible avec les activités qui se développent sur le territoire.

Dans ce contexte, le présent document a pour objet l'étude des possibilités du territoire de l'aire maritime adjacente du Parc national de Port-Cros pour l'immersion de récifs artificiels, représentant une demande récurrente des usagers des sites que sont les plongeurs sous-marins et les pêcheurs professionnels.

Ces récifs artificiels peuvent avoir différents objectifs :

- Des récifs pour l'aménagement d'une zone de protection forte (à usages réglementés) ;
- Des récifs comme compensation à la restriction de l'accès à d'autres zones classées comme ZPF pour les pêcheurs professionnels et de loisirs, c'est-à-dire des zones à vocation halieutique ;
- Des récifs à destination des plongeurs professionnels pour le délestage des sites de plongée des cœurs de Parc.

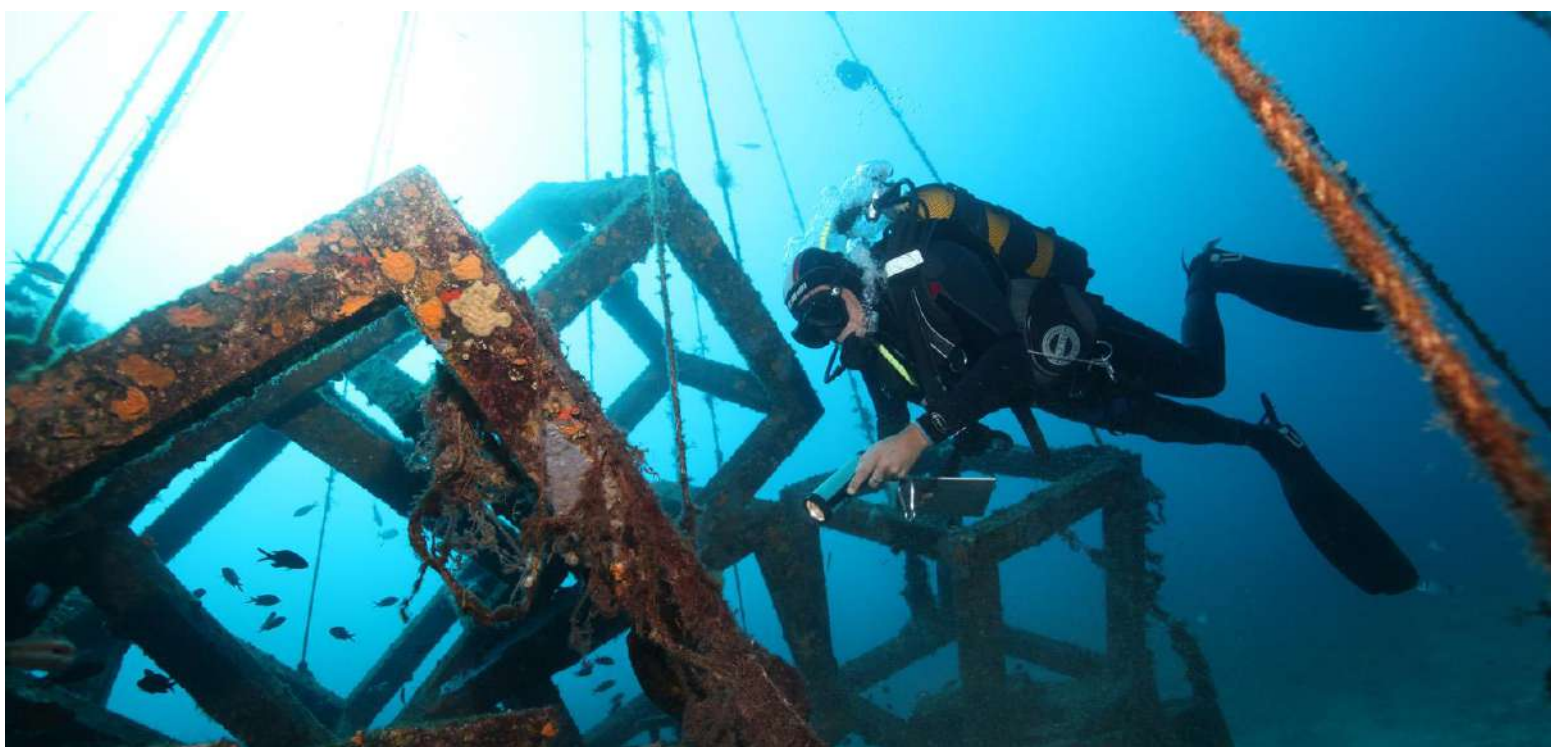
C'est dans cet objectif que le document présente en premier lieu un état des lieux bibliographique sur les récifs artificiels, dans le monde, en Europe et en France. Il relate les liens entre design et fonctionnalités et les résultats des suivis menés.

En second lieu, un atlas cartographique de l'aire maritime adjacente du Parc national de Port-Cros sera réalisé afin de recenser les caractéristiques du territoire et d'identifier les contraintes pour la mise en place de récifs artificiels.

Puis, une analyse approfondie des zones de faibles contraintes sera réalisée pour évaluer les opportunités sur le territoire de l'AMA.

Enfin, la mise en œuvre de l'immersion de récifs artificiels d'un point de vue réglementaire et des financements sera décrite.





# A. REVUE BIBLIOGRAPHIQUE



# 1. RETOUR D'EXPÉRIENCE MONDE, EUROPE ET FRANCE DES USAGES ET DES TYPES DE RÉCIFS ARTIFICIELS

Il apparaît important de signaler ici que le récif artificiel (RA) **n'est pas la solution à tous les problèmes liés à la gestion des ressources et des usages maritimes des zones côtières**. Il doit être adapté à chaque situation, après une concertation la plus large possible et la validation d'un plan de gestion adossé à un suivi écologique et socio-technique clair, permettant de mesurer l'efficacité, et pour le cas échéant, faire l'objet d'ajustement *ex praxis*.

Cette première partie propose une synthèse accessible à un lectorat large, non expert, des retours d'expériences **mondiaux, européens et français**, de l'utilisation de récifs artificiels.

La présentation originale choisie ici est, dans une première partie, réalisée sous forme de fiches diffusables au grand public, faisant la place aux photos et documents graphiques : l'usage est adapté aux présentations publiques dans le cadre **d'une concertation locale pour les discussions à venir liées au projet d'immersion de récifs artificiels dans l'Aire Maritime Adjacente (AMA) de Port Cros**. La deuxième partie du rapport, avant les pièces graphiques, est vouée à proposer un approfondissement de certains points paraissant utiles au discernement éclairé quant aux apports de l'outil récif artificiel.

La vocation de ce document n'est pas l'exhaustivité scientifique, une thèse n'y suffirait pas, mais de donner un aperçu synthétique et objectif des points connus, des notions encore en débat et des échecs liés à son utilisation. Il serait illusoire de donner toutes les explications pertinentes aboutissant aux arguments critiques exposés ci-après, mais nous avons tenté de présenter ceux des plus saillants et pertinents dans le contexte de l'aire maritime adjacente de Port-Cros, objet de l'étude. Les débats qui feront suite pourront être éclairés par des réunions avec les experts auteurs de ce rapport (*cf.* propositions d'accompagnement de l'offre).

## 1.1. MONDIAL

Après une rapide présentation des différents enjeux et usages des récifs artificiels (RA) au niveau mondial, nous proposons d'approfondir ce qui paraît être l'expérience la plus ancienne, la plus riche et la mieux documentée : **l'approche japonaise**.

Cette étude se présente sous la forme de fiches synthétiques et illustrées :

### Fiche 0 :

- Présentation des récifs dans le monde
- Diversité architecturale
- Trois grands objectifs des récifs artificiels

**Définition mondiale d'un récif artificiel**

« Toute construction humaine immergée, intégrée à l'écosystème dont l'objectif de conception est de protéger et de développer la faune et la flore aquatiques », FAO, 1989.



Pays concernés et nombre de projets en 2001 (d'après Baine)

**Diversité architecturale**



Modèle béton



Modèle acier



Modèle acier/béton



**Trois grands objectifs des récifs artificiels**

1. **Production** de ressources ou restauration de certains écosystèmes
2. **Protection** des fonds marins (lutte anti chalutage, pêche non autorisée)
3. **Récréatif - Loisir** pour la pêche et la plongée récréatives (éco-tourisme, espaces ludiques)

NB : L'objectif de « recherche et étude » peut être relié, selon les projets, à l'un de ces 3 objectifs : expérimentation de RA récréatifs, de RA de restauration, etc.

Modèles de protection européens (1) et récréatifs américains (2,3 et 4) :



1 - Protection

2, 3 et 4 - Loisir

Modèles de production halieutique (5) Japon et de Restauration écologique « bio-mimétique » (6) France :



5 Production halieutique (Japon)- 6 Solution fondée sur la nature - Restauration écologique (France)

### 1.1.1. Fiches Japon

Fiche 1 :

- Approche politique et aménagement des fonds avec des habitats à poissons (« cultiver la mer »)
- Diversité des structures en béton et en acier / objectifs
- Nombre de récifs artificiels / pêcheurs concernés

Fiche 2 :

- Effets halieutiques visés et production moyenne (à partir de l'analyse de plus de 400 sites aménagés)
- Bénéfices socio-économiques pour les pêcheurs

## FICHE N°1 – Japon – Les récifs artificiels au Japon

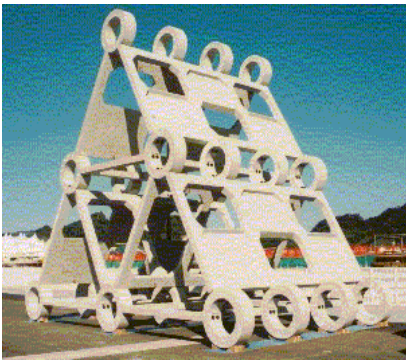
### Approche politique et aménagement : « cultiver la mer »

Le « Marine-Ranching » est un choix de société : développer les ressources en aménageant les fonds avec des habitats artificiels. Ces actions sont souvent associées à du repeuplement (réensemencement). L'objectif est d'assurer l'auto-suffisance alimentaire à 60% grâce à la pêche locale.

### Diversité des structures en béton et en acier / objectifs

Il existe plus de 300 modèles, très diversifiés.

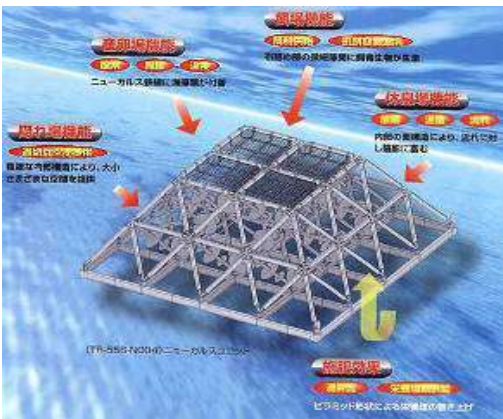
Objectifs : algues, juvéniles, adultes, pélagiques, mollusques, etc.



Pour espèces benthiques (loux, sars...)



Pour algue, organismes sessiles



Pour juvéniles (crustacés, esp. benthiques)



Pour espèces pélagiques (thons, sardines, etc.)

### Nombre de récifs artificiels / pêcheurs concernés

Ils concernent ~500 000 pêcheurs, utilisés en majorité par les pêcheurs côtiers, à la journée, pour filet, palangre / casier.



(S. Pioch)

Rapport d'étude final

Potentialités du territoire pour l'immersion de récifs artificiels au sein de l'aire maritime adjacente du Parc national de Port-Cros




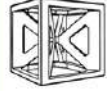


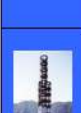
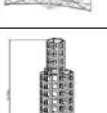

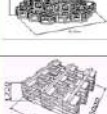


## FICHE N°2 – Japon - Le Japon quels résultats ?

### Effets halieutiques visés et production moyenne

Les effets halieutiques sont liés aux **espèces cibles et/ou aux stades visés** (juvéniles / adultes) : poissons, coquillages, crustacés.

La production halieutique (prélèvement) moyenne est **de 5 à 50 kg / an / m<sup>3</sup>**, de poissons pêchés.

Modèles		Dimensions (m)				Volume total m <sup>3</sup>	volume disponible m <sup>3</sup>	Poids T	Catégorie / espèces cibles	Juvéniles	Adulte
		L	I	ø	h						
		8	5		7,6	304	211	25	2 / B	-	X
		5	5		5	125	100	43	2 / B	X	-
		17,5	17,5		20		1 285	79	3 / C	-	X
		12	11		21		405	49	3 / C	-	X
		5	5		1,7	42,5	32	19,5	1 / A	X	-

### Bénéfices socio-économiques pour les pêcheurs

La part de production issue d'aménagement en récifs artificiels adaptés aux pêcheurs et au milieu (volume, forme et gestion) varie **de 5 à 35 % des débarquements**.

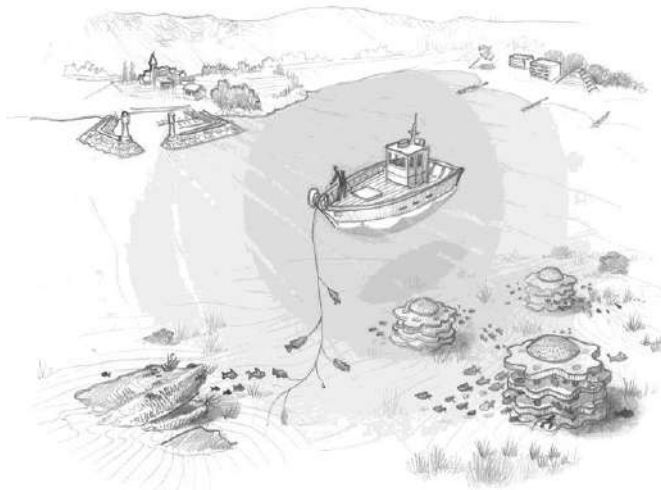
Le rapport coût / bénéfice est variable, mais est en général **supérieur à un facteur 3**.

Globalement les débarquements de pêche **se sont stabilisés** depuis les années 1970 (1,4 million de t./an). La mise en place de récifs artificiels s'est également accompagnée d'une importante réflexion par les pêcheurs au niveau **de la gestion des sites, à long terme**.

La gestion (mise en place par les pêcheurs) et l'aménagement des fonds marins en récifs artificiels, ont **permis de stabiliser la production**, sans baisse, depuis 50 ans (Pioch, 2008).

Avec la mise en place de récifs artificiels, les facteurs de risques ont diminué :

- ✓ **Limiter les « mauvaises » journées de pêche (il y a plus souvent des poissons sur les RA)**
- ✓ Distance au port réduite car sites organisés à proximité, ce qui **diminue les risques liés à la navigation**
- ✓ Localisation des sites propices à la pêche en **créant des corridors** avec les zones naturelles (herbiers, coralligènes, etc.)



### 1.1.2. Les RA peuvent-ils augmenter les ressources ? Question centrale et complexe

La publication de Roa-Ureta<sup>1</sup>, *et al.* (2019) a démontré, sur la base du suivi des récifs artificiels immergés au Portugal depuis 20 ans, que cet outil permettait de développer durablement les ressources halieutiques (suivi centré sur le sar commun) et de restaurer les écosystèmes, lorsqu'ils étaient utilisés dans un objectif préétabli couplé à des modalités de gestion simples et de bon sens (laisser les juvéniles se développer, tailles de pêche adaptées, *etc.*).

Mais la question étant centrale, nous présentons en outre ici l'évolution de ces réflexions, d'un point de vue scientifique. Une des premières propositions d'explication écologique de la colonisation des récifs artificiels (Ody, 1987) se base sur la théorie biogéographique des îles (Mc Arthur *et al.* 1967). Cette théorie propose de modéliser les équilibres entre immigration et extinction d'îles boisées peuplées d'oiseaux en fonction de leur éloignement et de leur taille (Hanski and Simberloff, 1997). Les récifs artificiels peuvent être considérés comme des « îles sous-marines vierges » pour les espèces (Ody *et al.* 1994).

D'un point de vue bio-physique, d'après Monteiro (1990) les récifs artificiels **sont attractifs** pour les espèces colonisatrices car ils agissent à deux niveaux :

- Biologique : effet à moyen ou long terme.

Les poissons **utilisent et s'intègrent à la chaîne trophique** créée par le recrutement d'un grand nombre d'organismes, plus ou moins diversifié et abondant selon le « design » choisi (*cf.* partie consacrée à l'aide à la conception d'un récif artificiel, adapté à la zone méditerranéenne de Port-Cros), le récif artificiel sert de protection, de nurserie et de reproduction.

- Physique : effet instantané à court terme

Les espèces sont capables de **détecter les changements hydrodynamiques et physiques** plus ou moins créés par un récif (phénomènes d'attraction vers : les sources de vibrations générées par les perturbations courantologiques appelées « rhéotactisme », et vers un substrat dur appelé « thigmotactisme »).

**L'attractivité des récifs artificiels** peut être expliquée par la discontinuité physique qui engendre une discontinuité biologique dans l'environnement proche. Cette dernière est en partie due aux processus de colonisation par de nombreux organismes qui, si le récif artificiel est bien conçu, trouvent protection, nourriture et peuvent s'y reproduire (la vie attirant la vie).

---

<sup>1</sup> Roa-Ureta, R. H., Santos, M. N., & Leitão, F. (2019). Modelling long-term fisheries data to resolve the attraction versus production dilemma of artificial reefs. *Ecological Modelling*, 407, 108727

Dès lors, suivant l'utilisation et l'agencement des matériaux de construction, **les récifs artificiels sont attractifs pour différents types d'espèces. Cette connaissance de l'effet biologique du récif est intéressante pour l'aménageur, qui peut cibler des espèces choisies dans une certaine mesure.**

En France, l'usage des récifs artificiels a plutôt été destiné au secteur de la pêche artisanale côtière. Ce secteur, malgré un encadrement (quotas et TAC), est confronté à une baisse des ressources, obligeant le gestionnaire du milieu marin à apporter de réponses nouvelles. Ces réponses peuvent s'appuyer sur une **réflexion quant aux pratiques de bonne gestion** ainsi qu'à **l'amélioration de la production du milieu naturel. Pour cela, la création de nouveaux substrats durs constituant des zones propices au développement des espèces marines peut apporter un bénéfice partiel intéressant pour les écosystèmes et les ressources qui en dépendent.**

Les récifs artificiels à vocation halieutique ont fait l'objet de nombreuses études. La plupart ont eu comme objectif de déterminer l'effet de l'installation de récifs artificiels pour les écosystèmes (D'Itri and F.M., 1985 ; Barnabé G. *et al.*, 2000 ; Baine and M., 2001 ; Jensen and A., 2002 ; Powers P. *et al.*, 2003 ; Claudet J., 2006 ; J.I.F.I.C, 2007 ; Santos M.N., 2007 ; Seaman and W., 2007 ; Earrn, 2008 ; Pioch, 2008 ; Cresson, 2013 ; Tessier, 2013 ; Riera, 2020).

Ainsi, d'un point de vue mondial, il est actuellement accepté, par la majorité des auteurs et de la littérature scientifique que **les bénéfices biologiques des récifs artificiels, notamment au niveau de l'augmentation de la biomasse, sont positifs.**

En Italie, Bombace (1994) a conduit un suivi biologique au sujet de l'efficacité des récifs artificiels installés dans 5 sites différents de la mer adriatique. Il conclut qu'un aménagement en récif artificiel correctement organisé pouvait **produire jusqu'à cent fois plus de biomasse qu'un fond sablo-vaseux**. En outre, dans les régions étudiées, **la mise en place des récifs artificiels fut systématiquement bénéfique pour les pêcheurs**. En fait, l'accroissement de la biomasse locale s'accompagnait d'un accroissement des captures (Bombace and coll., 2000). Les données de débarquement ont montré une plus grande part de captures d'espèces démersales et benthiques à haute valeur marchande (Bombace G. *et al.*, 1994). Ainsi, pour une même quantité pêchée, les récifs artificiels ont permis une augmentation de la valeur des apports.

En France, plusieurs suivis (surtout par des bureaux d'études privés et quelques scientifiques) ont été effectués sur des récifs artificiels de production, notamment en Méditerranée Occidentale. Ils confirment l'impact positif en termes de richesse spécifique et d'abondance (Ody and D., 1987 ; Ody and D., 1990 ; Harmelin, J.G. *et al.*, 1996 ; Ruitton et al., 2000 ; Blouet *et al.*, 2014 ). Le suivi en plongée depuis une vingtaine d'années en moyenne des sites aménagés en RA au sein du Parc Marin de la Côte Bleue, montre des **densités de poissons dix fois supérieures à celles relevées dans des sites témoins en milieu naturel** (com. pers. Charbonnel Eric).

D'un point de vue général, les **récifs artificiels faisant l'objet de gestion et de suivi présentent des colonisations très importantes et souvent supérieures au milieu naturel**, selon la complexité du récif (Collart *et al.*, 1998 ; Charbonnel *et al.*, 2002 ; Riera, 2020). Sur le site de RA situé au large de Sausset-les-Pins (Parc Marin de la Côte Bleue), les **densités numériques de la faune ichtyologique ont augmenté d'un facteur 60 par rapport à l'état initial**, les densités pondérales allant jusqu'à **440 fois l'état initial**, bien que ces sites soient ouverts à la pêche de manière encadrée par le Parc (com. pers. Charbonnel Eric).

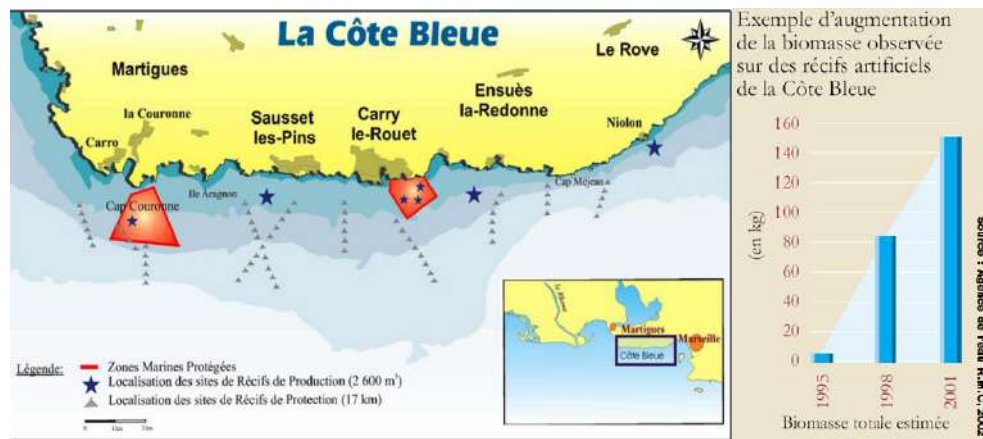


Figure 1- Exemple du projet de récifs artificiels du PMCB avec une augmentation de la biomasse en 6 ans multipliée par 20 (PMCB in Charbonnel et al., 2002)

Au Portugal, une étude de synthèse publiée en 2007 par l'IPIMAR<sup>2</sup> et l'équipe des docteurs Santos et Monteiro (2007) dresse un **bilan après 14 ans de suivi scientifique**. Ils concluent sur l'intérêt positif des RA en matière d'apport halieutique. L'étude démontre, que **les RA ont permis de multiplier par 2,2 la CPUE<sup>3</sup> (entre 1,8 à 2,6 fois, selon les lieux)**. En outre, Santos et Monteiro (2007) prouvent qu'il n'y a eu ni modification des équilibres, ni de la composition des assemblages d'espèces démersales préexistantes au sein des communautés naturelles (nous reviendrons plus en détail sur ces résultats dans la partie réservée à l'expérience portugaise). **La gestion s'est faite avec les pêcheurs qui ont changé leurs pratiques, en utilisant des palangres, nasses et filets à grande maille (engins sélectifs), et qui ont volontairement abandonné les RA posés dans des fonds < 10m, réservés à l'accueil de juvéniles (futures proies).**

Pour les scientifiques japonais, les résultats des effets bénéfiques pour les écosystèmes et les ressources exploitées par les pêcheurs côtiers ne font pas de doute (Pioch, 2007). Pour Nakamura (1985) le maintien et la stabilité des quantités débarquées en espèces cibles de la pêche entre 1976 et 1985 était une conséquence positive directe des récifs artificiels, et ce malgré un accroissement de l'effort de pêche important dans le même temps. De même, selon Kakimoto (com. pers.), **les RA ont permis de créer de nouveaux lieux de pêche, en développant les capacités du milieu (fortement exploité) à se renouveler grâce aux habitats créés** (Nakamura, 1985). Il précise également que la gestion de ces territoires est un élément important pour leur réussite. Sur le terrain, ces résultats sont confirmés par les pêcheurs rencontrés qui citent les récifs artificiels comme un élément important de la stabilité des prises d'espèces cibles, notamment benthiques et à faible déplacement (Pioch, 2007).

Des scientifiques émettent des doutes ou soulignent l'ambiguïté des résultats dans leur conclusion sur l'intérêt des récifs artificiels (Grossman, G.D. *et al.*, 1997 ; voir la partie sur les échecs plus en détail en infra de ce rapport). Ainsi pour Polovina et Sakai, les récifs artificiels [japonais] sont des engins de pêche agrégatifs d'espèces benthiques, augmentant leur « capturabilité » (Polovina et Sakai, 1989). Leur succès est sociétal, il est dû au fait que les récifs artificiels constituent une mesure permettant de ne pas réduire l'effort de pêche et l'activité des pêcheurs.

En France, les récifs artificiels ont été largement critiqués négativement. Les échecs, décrits dans ce document, sont bien réels et étudiés pour améliorer l'utilisation de cet outil, **qui n'est pas, rappelons-le, LA solution à tous les problèmes de gestion des écosystèmes et des usages maritimes.**

L'intérêt des zones aménagées en RA est tout de même avéré, lorsque ceux-ci sont gérés, pour les pêcheurs ou la colonisation et l'accroissement des ressources. Comme l'indique Tessier<sup>4</sup> *et al.* (2015), malgré des preuves de leur

<sup>2</sup> Instituto Português do Mar e Atmosfera

<sup>3</sup> Capture Par Unité d'Effort

<sup>4</sup> 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), 1-29.

efficacité écologique et halieutiques certaines [sur des sites faisant l'objet de suivi-écologique et socio-économique, gérés], les politiques françaises ont été méfiantes vis-à-vis de cet outil qui ne peut être utile, si une gestion et un suivi sont couplés au développement du projet avec et au côté des usagers (les gestionnaires de l'environnement et les pêcheurs prioritairement). N'importe quel type récif artificiel, placé n'importe où, même accompagné de mesure de gestion, présentera peu de chance de développer des fonctions écologiques spécifiques et utiles au maintien et au développement d'un écosystème, comme la reproduction par exemple, même si sa colonisation est bien réelle (le recouvrement de tout substrat immergé, non toxique pour la vie, est un fait).

## 1.2. EUROPÉEN

Après une rapide présentation de la diversité des récifs artificiels européens, nous nous focaliserons sur l'exemple portugais.

### Fiche 3 :

- Présentation des récifs européens
- Diversité architecturale
- Objectifs des RA par pays européen

### Pour le Portugal

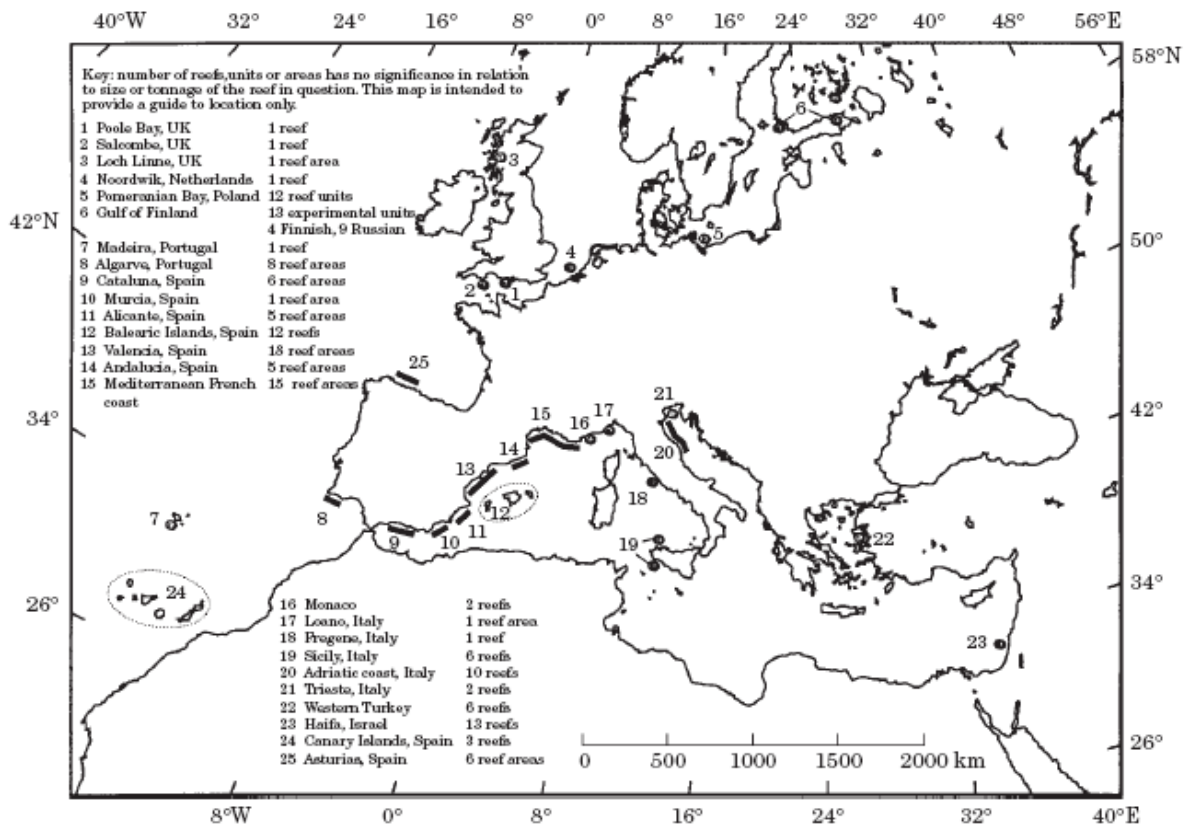
### Fiche 4 :

- Présentation du projet portugais, plus grand site européen de RA
- Présentation des types de récifs utilisés au Portugal (en béton) et des bénéfices halieutiques avec la synthèse du suivi des récifs artificiels halieutiques portugais (exemple de l'Algarve)

### Fiche 5 :

- Bilan socio-économique
- Retour d'expérience

**Présentation des récifs européens**



Principales zones aménagées en RA en Europe en 2001 (Jensen *et al.*)

**Diversité architecturale**

Jusqu'aux années 2000, la diversité architecturale des RA européen est peu développée en comparaison à celle des japonais, et se rapproche de formes simples (préfabriqués), sans objectif de mimer la nature: cubes, tuyaux, cylindres. Depuis les années 2010, de nombreux projets fondés sur la nature et bio-inspirés se développent.

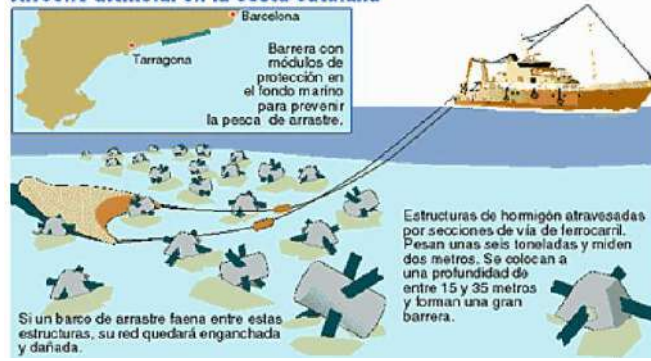
**Objectifs des RA par pays européen**

En Europe, l'Espagne a aménagé plusieurs centaines de sites avec des **récifs de protection** (récifs « agressifs »). La France a suivi l'exemple espagnol mais en développant à la manière de l'Italie, de l'Angleterre ou de la Suède, **des récifs halieutiques** de type japonais, en zones marines protégées ou en accès libre, dans les années 1980 à 2000. Le Portugal quant à lui est le pays leader en Europe pour **la création des RA dédiés à la pêche** et leur gestion.

Depuis les années 2010, la France, le Portugal, l'Angleterre, l'Italie et Monaco développent **des projets de restauration écologiques**.

Les nouveaux modules composant les récifs artificiels développent des **fonctionnalités de nurseries** (France, Portugal, Angleterre), pour le plus grand nombre, mais également **de nourriceries** (France, Monaco) ou de **frayères** (France) et **d'abris** (Monaco, France). Certains de ces RA sont imprimés en 3D (Monaco, 2017, France 2019).

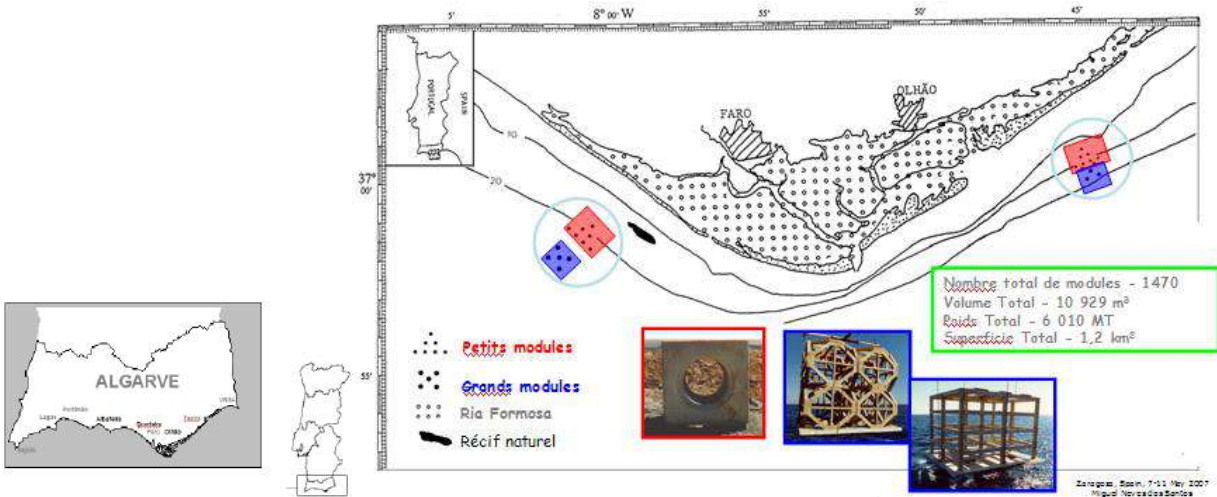
### Arrecife artificial en la costa catalana



Récifs de protection en Espagne

**Présentation du projet portugais**

Lancé en 1990, pour soutenir et développer la pêche artisanale, avec des RA jouant le rôle de nurseries installés près des lagunes côtières et des RA pour poissons matures au large. L'association de ces deux types de RA permet de répondre aux besoins des espèces aux phases juvéniles et adultes, assurant leur renouvellement et le développement. Le suivi scientifique réalisé durant 17 ans a montré que la pêche **avait été multipliée par 2,2** grâce à la mise en place de ces RA.



**Présentation des types de récifs utilisés au Portugal (en béton)**



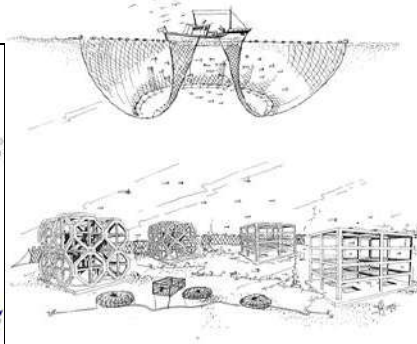
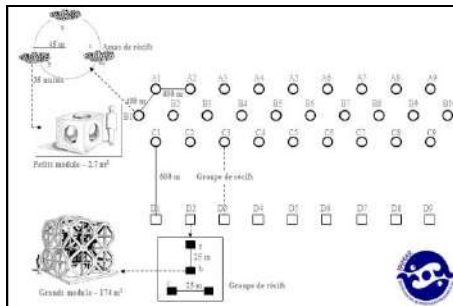
**Characteristics:**  
 Size: 6.2m x 5.2m x 5.4m  
 Volume: 174m<sup>3</sup>  
 Weight: ± 40 ton  
 No. modules/ reef group: 4



**Caractéristiques:**  
 Taille: 1.4m x 1.4m x 1.4m  
 Volume: 2,7m<sup>3</sup>  
 Poids: ± 3 MT  
 No. modules/ amas de récifs: 35  
 No. d'amas de récifs/ groupe de récifs: 3



**Characteristics:**  
 Size: 6m x 5.4m x 4m  
 Volume: 130m<sup>3</sup>  
 Weight: ± 30 ton  
 No. modules/ reef group: 4





### Bilan socio-économique

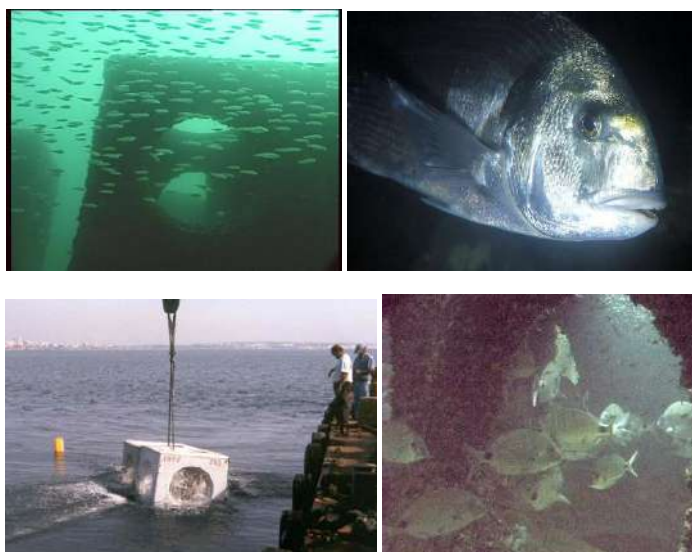
Après 17 ans de suivi et 256 pêches expérimentales, sur les habitats artificiels et sur les sites témoins **le nombre d'espèces capturées** et la **CPUE en poids** apparaissent comme étant en moyenne **2,2 fois supérieurs aux sites témoins naturels**.

Le programme relève les points suivants :

1. **Aucune opposition des acteurs locaux**
2. **Perception positive par les pêcheurs et usagers habitants de la zone côtière (plaisance, plongée...)**
3. Les RA sont devenus un **outil de gestion des pêcheries**
4. **Captures qui augmentent**
5. **L'accès à la ressource est facilité**
6. **Diminution des coûts d'exploitation** (distance faible, gasoil moins limitant)
7. **Éco-tourisme en complément de la pêche** (plongée sur les sites)

Critiques et effets négatifs :

1. Problèmes liés à des **pertes d'engins de pêche** qui s'accrochent sur les RA
2. **Conflits d'usage** (zones des RA productives donc convoitées)
3. **Règles de gestion du site à améliorer** (augmentation du nombre de pêcheurs sur les sites)
4. **Risque d'augmenter la capturabilité en agrégeant<sup>5</sup> les espèces en un lieu (gestion obligatoire)**



Photos des types des RA portugais et de leurs effets (juvéniles dorades royales, en haut et sars communs en bas)

<sup>5</sup> NB : ce risque, relevé en 2005 par Santos et Monteiro (2007), n'a toutefois pas été confirmé 20 ans plus tard car un plan de gestion associant les pêcheurs, les scientifiques et les usagers a été mis en place et respecté. Le suivi d'une espèce, le sar commun, (quand ? pendant combien de temps ? où ?) démontre la régularité des prises et leur maintien, avec une augmentation de la CPUE de 200% par rapport à la production halieutique du site avant la pose de RA et au suivi des prélèvements sur les zones rocheuses adjacentes préexistantes (cf. article de Roa-Ureta<sup>5</sup>, *et al.*, 2019 présenté en infra).

### 1.3. CONTEXTE FRANÇAIS

Après une rapide présentation de la diversité des récifs artificiels halieutiques français, nous nous focaliserons sur les trois exemples « atlantiques ».

#### Fiche 6 :

- Différents types de récifs français
- Nombre et localisation des sites
- Évolutions récentes (réglementation, technologie et morphologie)

#### Fiche 7 :

- Potentiel de production de biomasse
- Effet halieutique
- Enquêtes de satisfaction auprès des pêcheurs sur l'effet des récifs (disponibles)
- Bilan coût / efficacité de projets de RA halieutique disposant d'un suivi des pêches, en méditerranée

#### Pour les trois projets de récifs « atlantiques »

#### Fiche 8 :

- Types de récifs utilisés
- Effets halieutiques et (si pas de pêche expérimentale) écologique
- Photos des espèces cibles effectivement attirées

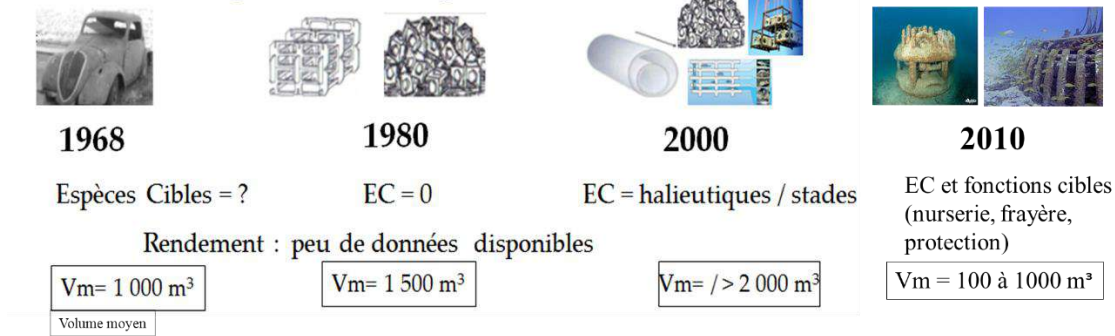
#### Fiche 9 : Retour d'expérience du projet de RA méditerranéen le plus proche de Port-Cros situé à Golfe-Juan

## FICHE N°6 – France - Exemples en France

Le design des RA français a évolué selon 2 périodes :

- de 1968 à 2010 des RA de protection et/ou de production « classiques » (cubes, déchets recyclés, etc.)
- après 2010 des RA de restauration écologique, éco-conçus et/ou biomimétiques (esthétique, imprimé 3D, texture rugueuse, matériaux bio-colonisateurs) :

### La France : production et protection puis restauration



### Quelques modèles de récifs halieutiques français

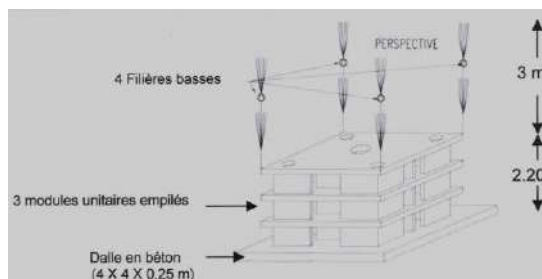


Design « classique » : Panier Fakir, Marseille (2007), buse, Carnon (2002) et cube, Carry le Rouet (1995)



Design « éco-conçu » : éco-récif en béton coquillé, Agde (2009)

Certaines formes de récifs artificiels permettent d'empêcher des pratiques déclarées interdites, selon les zones. Leurs formes et leurs accessoires disposés avant immersion, aident à lutter contre la pêche au filet ou le chalutage, par exemple. En Méditerranée, il existe des récifs « chicanes », créés par Eric Charbonnel lors du programme d'immersion de RA de Marseille. Ces RA permettent d'empêcher le braconnage par pêche sous-marine en bouteille, en rendant inaccessible les poissons à la vue. Ces types de RA sont appelés des RA « gendarmes »



récifs chicane - Marseille

Rapport d'étude final

Potentialités du territoire pour l'immersion de récifs artificiels au sein de l'aire maritime adjacente du Parc national de Port-Cros

**La restauration écologique : regain des projets depuis 2010**



Diversité des designs et des objectifs de RA de restauration écologique développés depuis 2010 en France (© Seaboost, Safège, P2A et BRLi).

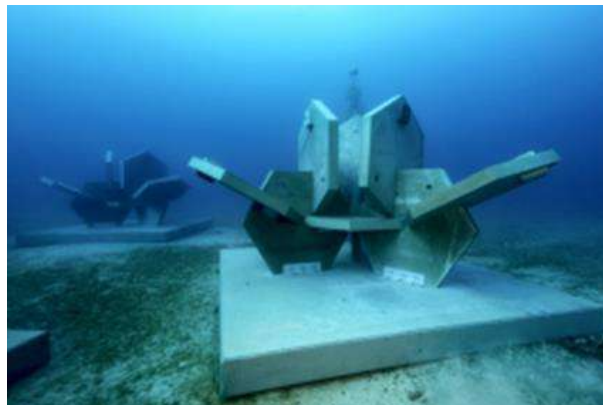
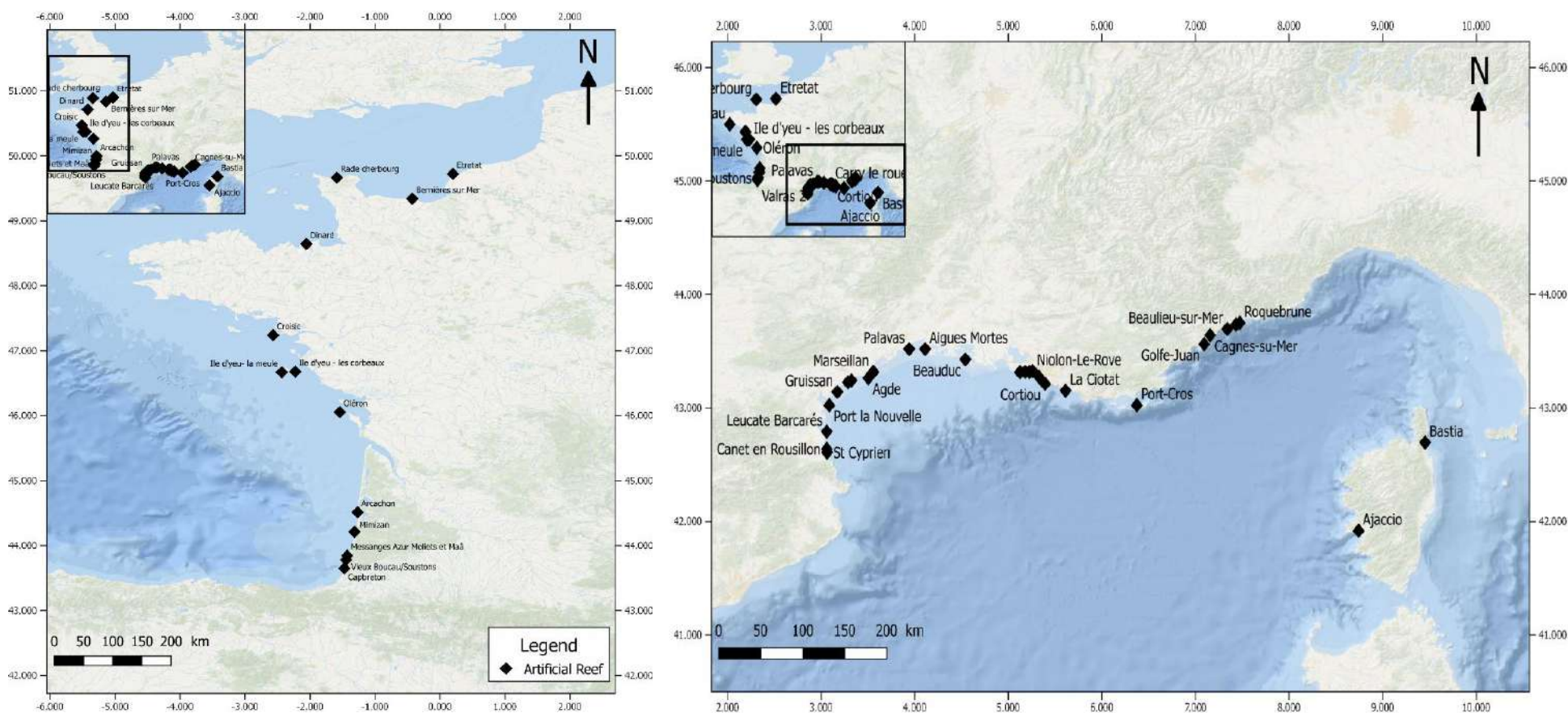


Photo de « Fractal », RA pour espèces filtreurs et tenter de dépolluer les eaux de l'émissaire de Cortiou immergés à Marseille (©Parc National des Calanques)



Photo de RA imprimé en 3D immergés à Agde (© Seaboost / Julien Dalle)

## Nombre et localisation des sites (actualisation J. Salaün, 2020)



- En 2020, on dénombre environ **50 sites aménagés en récifs artificiels** sur les 3 façades maritimes soit environ **100 000 m<sup>3</sup> posés**.

- La **Méditerranée est la zone sur laquelle les RA sont les plus nombreux**, le plus grand projet étant situé à **Marseille avec 30 000 m<sup>3</sup> de récifs**.

Les services de l'Etat imposent un **suivi scientifique** et une meilleure **définition des objectifs**. L'Autorisation d'Occupation Temporaire du DPM a une **durée de 30 ans**.

## FICHE N°7 – France – Potentiel de production

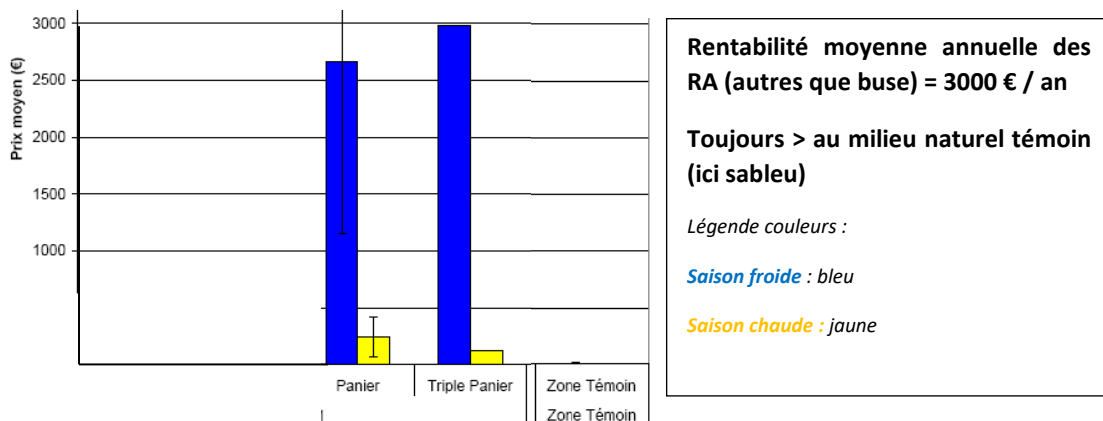
### Potentiel de production halieutique

Le potentiel de production halieutique est très important car le paramètre « habitat » est un des facteurs clés du développement des ressources avec la reproduction (frayère, nurserie), la nourriture et la prédation.

### Effet halieutique

Il n'y a pas eu d'étude scientifique de longue durée sur le sujet en France. Deux suivis ont été réalisés en Méditerranée depuis 2006 (site de Valras-Plage par Blouet *et al.*, 2014 ; et site de Leucate / Le Barcarès par Lenfant *et al.*, 2007) Ces suivis indiquent que les récifs artificiels :

- auraient un **impact positif sur la concentration de plusieurs espèces**
- joueraient un **rôle de protection de l'habitat** pour les espèces des fonds meubles : **soles et rougets** en grande quantité autour des récifs
- **assureraient le maintien d'écosystèmes cibles** : les zones de récifs présentent une grande diversité spécifique



### Enquêtes de satisfaction auprès des pêcheurs sur l'effet des récifs

Les RA sont **demandés et plébiscités par la majorité des pêcheurs professionnels** (étude réalisée par les travaux de thèse de Tessier publiés en 2014 sur les RA de Méditerranée française occidentale).

Réservés aux petits métiers, les chalutiers commencent à les utiliser (projet « BIODIREEF » qui avait été soutenu par les pêcheurs chalutier en 2011 CRPMEM Occitanie).

### Bilan des quantités de poissons pêchées sur des RA en Méditerranée

Exemple de Gruissan : immersion en 2004, 4000 m<sup>3</sup>, suivi année 3 et 4 après immersion (4 pêches/an)

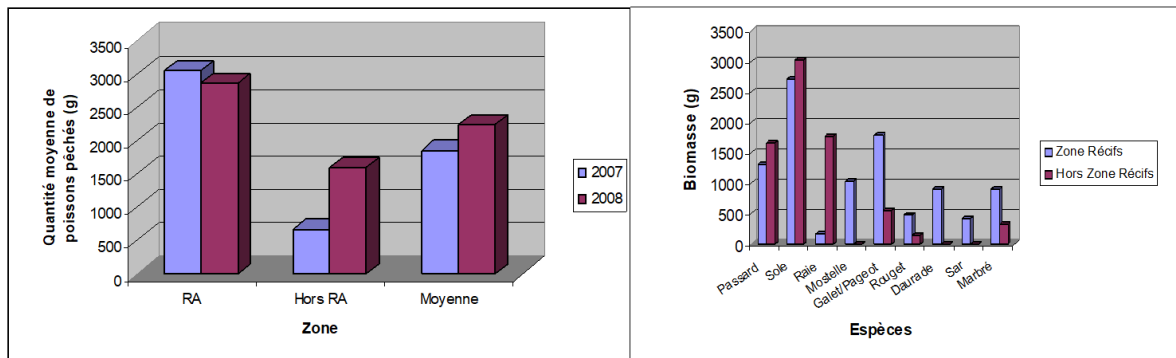


Figure : Comparaison de la quantité moyenne de poissons pêchés entre les zones récifs et hors récifs en 2007 et 2008 Et des espèces pêchées (Andromède Océanologie).

L'opération est positive pour les pêcheurs de Gruissan (travaux de thèse d'Anne Tessier, 2013).

Notamment d'un point de vue des quantités régulières de poissons pêchés sur site (*Ibid*).

### **Coût bénéfice des projets contemporains d'immersion**

Cette étude porte sur des RA dont l'objectif est halieutique, situés en méditerranée, pour un volume > 900 m<sup>3</sup> (minimum exploitable) avec un suivi halieutique indépendant.

**Les coûts des 6 derniers aménagements** réalisés dans un objectif halieutique en méditerranée depuis 1999 et supérieurs à 900 m<sup>3</sup> (exploitation potentielle) sont reportés ici à titre indicatif (*cf.* CEPALMAR in Blouet) :

1. Aigues-Mortes en 1999 et 2005 (1 600 m<sup>3</sup> et 1 400 m<sup>3</sup>, 457 000€ + 500 000€),
2. Gruissan 2002 et 2004 (2 000 m<sup>3</sup> et 2 000 m<sup>3</sup>, 448 200€ + 448 200€),
3. Valras-Plage en 2006 (900 m<sup>3</sup>, 327 000€),
4. Agde en 2009 (1083 m<sup>3</sup>, 1 543 995€)

Sans le projet marseillais hors norme par son volume et son coût (30 000 m<sup>3</sup> et 6 m€), le :

- **coût moyen est de ~600 k€**
- **volume moyen est de ~1 500 m<sup>3</sup>**
- **ratio coût/volume est de 400€/m<sup>3</sup> (conception, fabrication, immersion, suivi)**

**Durée de vie moyenne des ouvrages immergés : 50 ans** (plus ancien RA immergés en 1968 à Palavas-Les-Flots encore productifs).

**Bénéfices annuels** pour le service écosystémique lié à la production de ressources alimentaires (pêche), en Méditerranée :

- Suivi réalisé à Gruissan (2008 – 2009) : 10 000 g pendant 4j, pour 400 m linéaire de filets de pêche, soit une CPUE de 5g/m.l./j. Estimation de la valeur 12€/kg, soit 120€ au total, 30€/j, soit 0,07€/m.l./j. => pour 252j de pêche, et 2000m.l. de filets posés (moyenne observée pour les petits métiers du site) = 35,2 k€/an
- Suivi réalisé à Agde (2009, 2010, 2011 et 2012) : 2,8 k€/an/pêcheur / RA (panier / triple panier), soit pour les 39 RA 109 k€/an

**Retour sur investissement pour 1 pêcheur et chiffre d'affaire (CA) par pêcheur pendant 50 ans d'exploitation :**

- Gruissan : pour 1 pêcheur, 25 ans. CA pour 50 ans d'exploitation par 1 pêcheur : 1,75 millions d'€
- Agde : pour 1 pêcheur, 14 ans. CA pour 50 ans d'exploitation par 1 pêcheur : 5,45 millions d'€

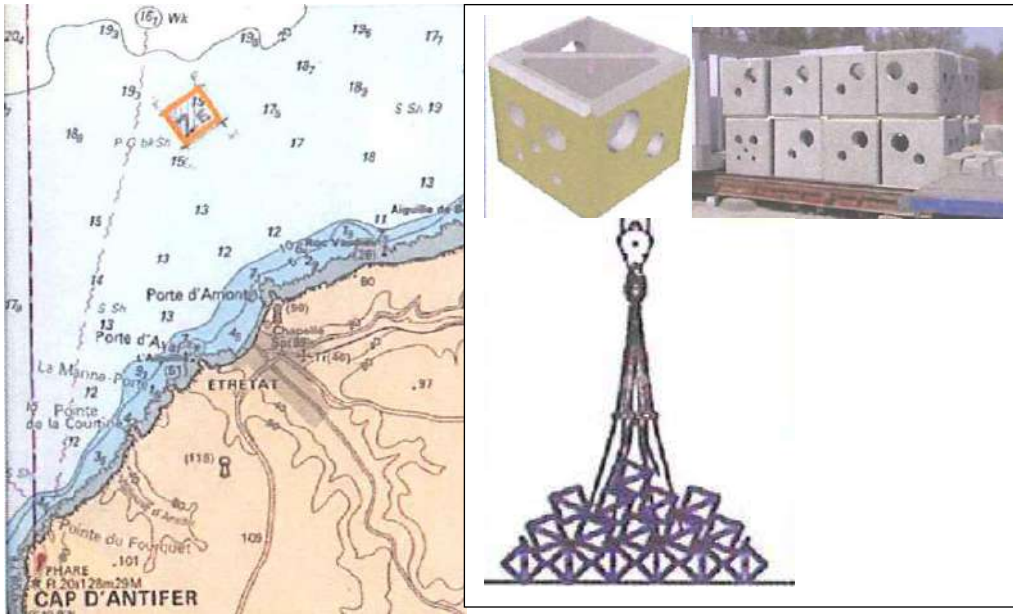
NB 1 : seule l'aménité halieutique est calculée ici, tourisme, culturel ou préservation d'écosystèmes ne le sont pas.

NB 2 : le seuil d'exploitation moyen d'un RA de 1000 m<sup>3</sup>, en méditerranée occidentale (Occitanie) est estimé à 5 pêcheurs.

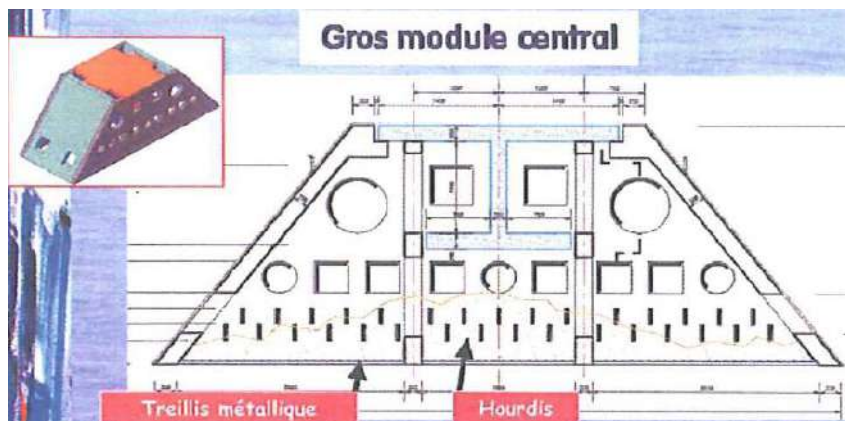


**Types de récifs utilisés**

**Zone d'Etretat en Manche :** pose en 2008 avec 450 m<sup>3</sup> immergés pour une surface totale de 5 000 m<sup>2</sup>



**Moules unitaires :** 1,75 tonnes ; 1,12 m de côté. Certains sont posés en grappe (figure de droite en bas) ou de manières dispersées.

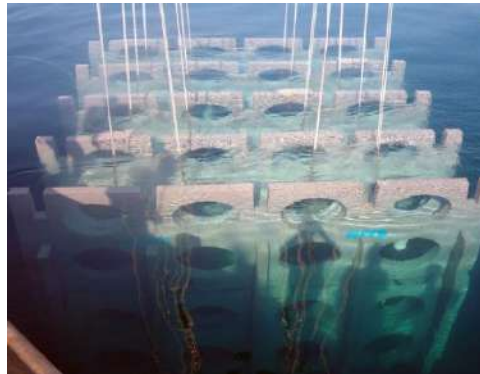


**Gros module central :** 40 tonnes.



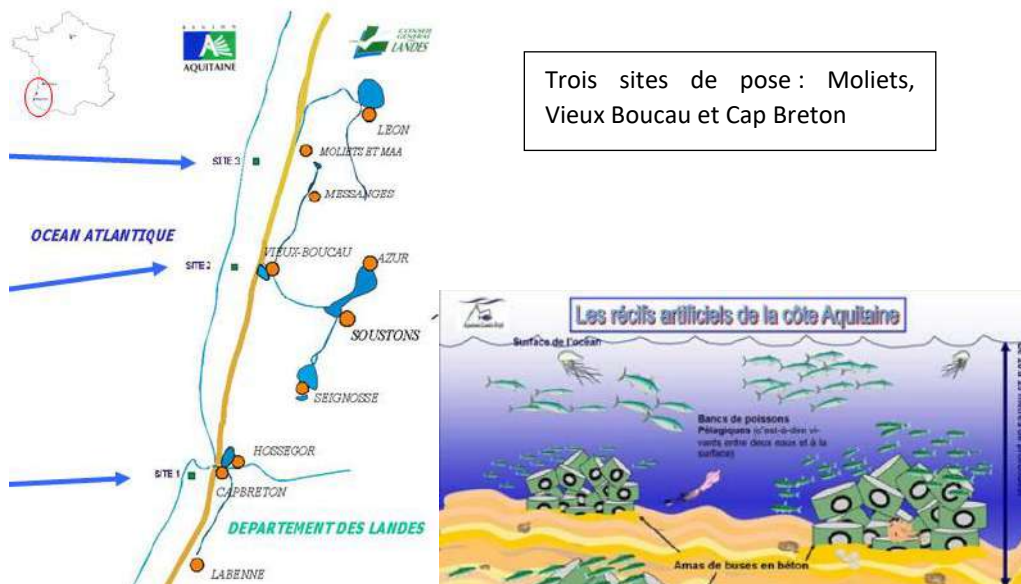
« Gros module central »

**Zone de Yeu / Le Croisic : posés en 2003, 840 m<sup>3</sup> au large du Croisic par 20 m de fond et au large de l'île d'Yeu dans une zone à 20 m et dans une autre zone à 40 m.**



Des modules géants en béton (type « Bonna » sur la photo) et des modules cubiques plus petits disposés en amas organisés ou en amas chaotiques pour un volume total de 840 m<sup>3</sup>.

**Zone de Cap Breton (Aquitaine Landes récifs) : posé en 1999 et 2015, sur 20 m de fond, pour ~2000 m<sup>3</sup>**



**1° immersion : buses, regards d'égouts    2° immersion : récifs de deuxième génération dits récifs « TYPI »**

## Effets halieutiques

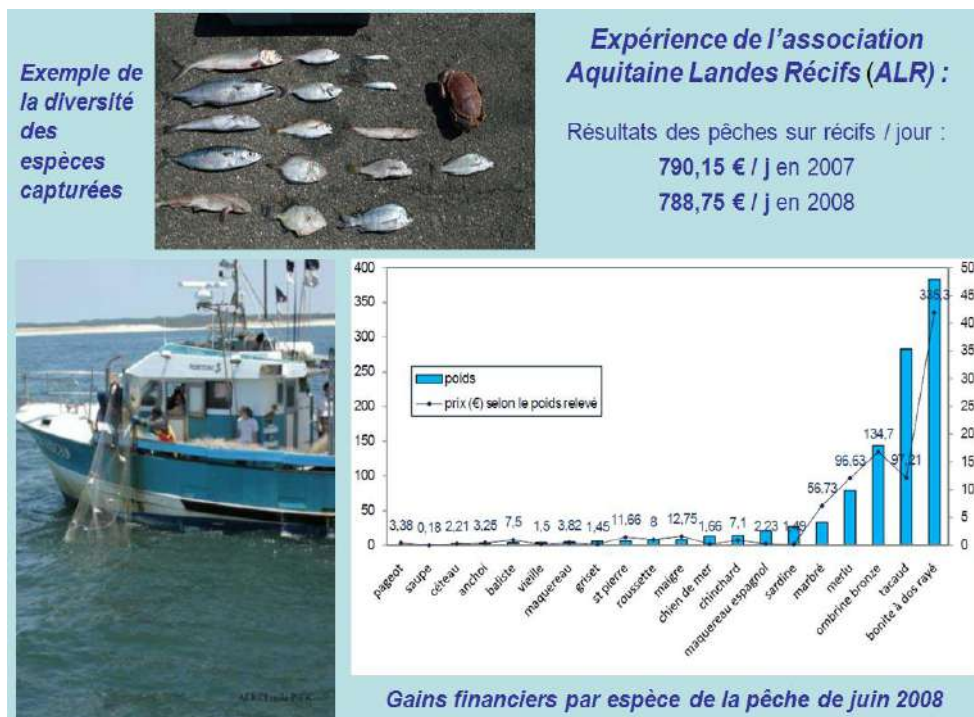
**Etretat** : Colonisation jugée normale, quelques espèces d'intérêt commercial sont présentes (mulets, vieilles et congres).

**Yeu / Le Croisic** : Peuplements de poissons **peu diversifiés** (tacauds et congres en majorité), plusieurs **espèces observées ont un intérêt halieutique** certain : araignées, étrilles, tourteaux, lieus.

**Cap Breton (ALR)** :



Prises effectuées sur le site des RA d'ALR (Cap Breton), **nombreuses prises d'intérêt commercial très important** : bars, saint-pierre, maigre, bonites, marbrés, rougets, raies, etc.



Effets halieutiques sur la zone de Cap Breton : **385 kg / j pêchés** (une journée de test), pour une valeur de **~ 800 € / j de pêche** (ALR, 2008)

Rapport d'étude final

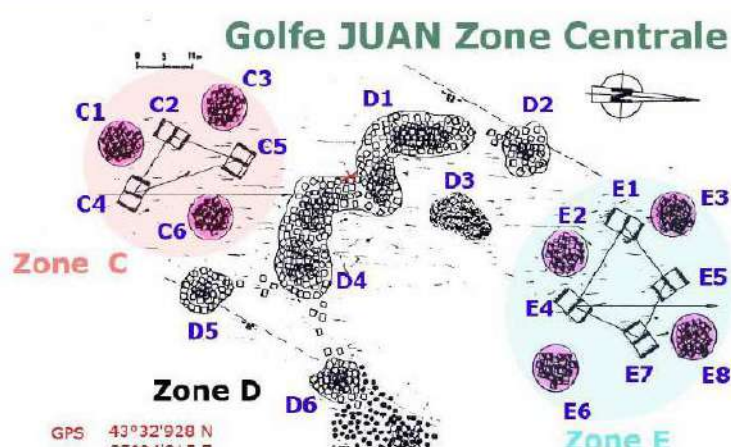
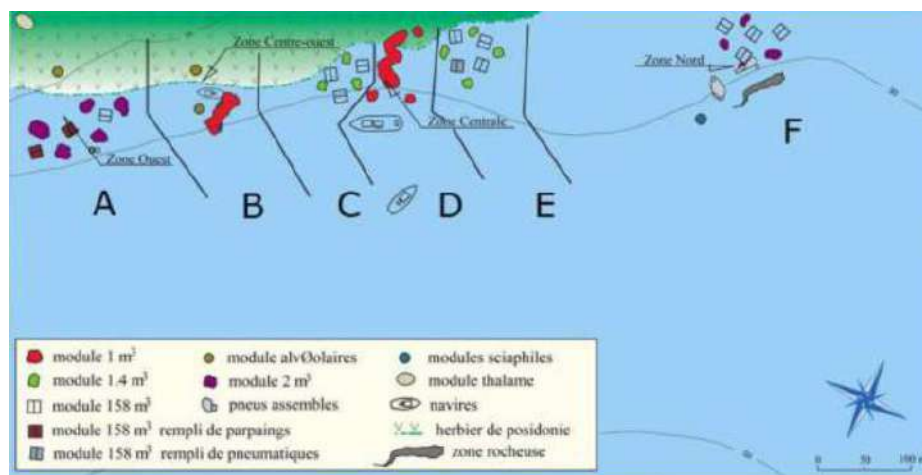
Potentialités du territoire pour l'immersion de récifs artificiels au sein de l'aire maritime adjacente du Parc national de Port-Cros

NB : Autres expériences réalisées avec des récifs artificiels, dans la zone Manche :

1. À Cherbourg, l'immersion de 3 types de récifs expérimentaux réalisés avec des coquilles d'huîtres, ou « biomimétiques », dans le cadre des projets de recherche RECIFS et MARINEF (2020) ;
2. Un essai a été réalisé à Boulogne-sur-Mer en 1996 avec l'immersion d'une barge : le projet Bora. L'observatoire marin de Wimereux est en charge du suivi de la colonisation du site (Observatoire de Wimereux, 1996) ;
3. Sur la côte ouest du Cotentin, un programme d'immersion d'habitats à homards a été mis en œuvre de 1976 à 1996. L'objectif était double : diminuer la mortalité naturelle des juvéniles en leur fournissant des abris supplémentaires et créer de nouvelles zones de pêche sur des fonds dépourvus d'abris naturels. Les conditions expérimentales réduites n'ont pas permis d'obtenir des observations suffisamment fiables pour conclure à l'efficacité de cette expérience (Lacroix *et al.*, 2002).

**FICHE N°9 – Retour d'expérience du programme de récifs artificiels le plus proche de Port-Cros : Golfe Juan, intérêt de son suivi et de sa complexité**

4 zones d'immersion : Golfe-Juan, Beaulieu-sur-Mer et Roquebrune-Cap-Martin et Cagnes-sur-Mer pour 16 000 m<sup>3</sup> de récifs artificiels.



Plan du site de récifs artificiels immergés au large de Golfe-Juan, associant récifs cubiques, épaves et pneus (Daniel et al., 2014)

Au début des années 80, les récifs artificiels immergés étaient des récifs expérimentaux construits « artisanalement » avec des matériaux de récupération (**pneus**, bornes, etc.) ou de construction (brique, tuiles, etc.).

À partir de 1985, des récifs standardisés en béton marin (modules cubiques de 1 à 2 m<sup>3</sup>, et modules géants de 158 m<sup>3</sup>) ont été immergés pour former des amas chaotiques.

Dans les années 90 des épaves (3) ont pour la première fois été immergées en Méditerranée, dans la zone marine protégée de Golfe-Juan, après avoir été nettoyées de toutes sources polluantes : « l'Espadon » en 1993, remorqueur de 17 m en acier, « le Moana » en 1996, chalutier en bois de 14 m et « le Valérie » en 1999, voilier de 11 m).

**Bilan de 20 années de suivis scientifiques :**

- (i) le retour d'espèces rares, d'intérêt commercial (sars, daurades, pagres, denti) ou patrimonial et protégés (mérrou, corbs) ;
- (ii) l'accroissement de la densité des populations ;
- (iii) l'augmentation des tailles moyennes et maximales des poissons.

### **Les espèces d'intérêt commercial :**

Les espèces cibles de la pêche, recherchées par la pêche artisanale locale, contribuent à la moitié du peuplement observé (49 %).

On note la présence **d'espèces à forte valeur patrimoniale comme le corb et le mérrou** qui sont à nouveau observées régulièrement sur le site de RA.

**En 20 ans de suivis, les résultats montrent une augmentation entre 1987/1989 et 1998, suivie d'une diminution en 2008, de(s) :**

1. La Richesse spécifique (nombre moyen d'espèces observées) : 1987/1989 (12,7) et 1998 (14,2), 2008 (13,2) ;
2. Densités (nombre d'individus/m<sup>3</sup>) : 1987/1989 (1,07), 1998 (1,87) et 2008 (1,24) ;
3. Biomasses (g/m<sup>3</sup>) : 1998 (370,5) et 2008 (118,4).

Cette évolution paradoxale peut s'expliquer par la réouverture de la zone aux usages (notamment la pêche) due aux délais de renouvellement des arrêtés de concession et d'interdiction en 2004.



Photo des modules cubiques de Golfe-Juan (Daniel *et al.*, 2014)

## 2. LIMITES ET RETOUR CRITIQUE SUR LES ÉCHECS LIÉS AUX USAGES DES RÉCIFS ARTIFICIELS

L'outil RA **n'est pas une solution à tous les problèmes liés à la perte de biodiversité ou aux conflits d'usages**. Même s'il a été employé avec succès à résoudre des conflits, lors de négociations, sous forme de troc « économique-environnementaux ». Une instrumentalisation des RA explique certains échecs décrits dans cette partie. D'autre part, l'utilisation des RA est assez récente (depuis les années 1980/1990), le recul technico-scientifique s'est stabilisé récemment, depuis les années 2010, notamment sur la relation espèces / habitats (connectivité, design, matériaux, rugosité...) ou hydro-sédimentaire (surtout géotechnique : affouillement, poinçonnement...).

### 2.1. INVENTAIRE SYNTHÉTIQUE DES ÉCHECS FRANÇAIS

Les informations délivrées ci-après sont issues des travaux de thèse de Jessica Salaün (thèse sur l'évaluation de l'efficacité socio-écologique des récifs artificiels français depuis 50 ans. UPVM – CEFE, 2018-2021) :

Pour ce qui est de la France métropolitaine, 3 types d'échec, économique, social et réglementaire peuvent être relevés, à travers les sites de récifs artificiels immergés depuis 1968 :

**1 / Etretat** : prévision de 2 sites d'immersion, mais seul 1 a été réalisé, car conflit d'espace avec les parcs éoliens ;

**2 / Gruissan** avait prévu 3 tranches, seules 2 ont été réalisées par manque de financement (FEAMP ne finance plus) ;

**3 / Arcachon** avait prévu un site d'immersion de RA, mais le conseil départemental s'est désengagé et la complexité réglementaire (autorisation d'immersion) freine la réalisation ;

**4 / Bernière** (en Manche) : projet abandonné et déplacé vers un autre site d'immersion (celui de Cherbourg, immersion réalisée en 2005) du fait de la longueur du montage et de l'instruction du dossier réglementaire qu'ils n'avaient pas anticipé ;

**5 / Croisic / Ile d'Yeu**, ces sites d'expérimentation qui n'ont pas eu de résultats convaincants pour lancer une plus grande phase d'immersion, car les volumes immergés étaient très en deçà des données scientifiques connues pour assurer une production (350 m<sup>3</sup>) et dans des zones où l'hydrodynamisme n'a pas été correctement évalué lors de la pose (affouillement, affaissement, pose de RA non adaptés) ;

**6 / En général sur le territoire Français** : de nombreux projets ont dû être abandonnés, non répertoriés, car ils concernaient l'immersion d'épaves, navires dépollués (dans ce cas-là considérés comme RA). Ce sujet revient souvent, comme par exemple le projet porté par l'association ORA qui souhaite encore en immerger.

/!\ Le seul projet d'immersion d'épave récent en France métropolitaine ayant abouti est celui des Alpes-Maritimes de Golfe Juan (3 épaves immergées) qui a eu lieu avant le renforcement réglementaire (application stricte de la Convention de Barcelone après 1995).

À ce sujet, la convention de Barcelone, interdisant l'immersion de déchets et d'épaves est interprétée de façon différente, dans les pays bordant la Méditerranée. En effet, l'immersion d'épave est courante à Malte en tant que récifs artificiels au profit des plongeurs. Les études montrent d'ailleurs l'efficacité de ces immersions, une fois les

navires dépollués, sur la faune et la flore (Consoli *et al.*, 2015<sup>6</sup>). Mais elles soulignent aussi l'importance cruciale de la mise en place de plan de gestion et d'une surveillance obligatoire, au risque de faciliter la capturabilité des dentis, sars, badèches et autres espèces cibles de la pêche : « *Multivariate analysis on the total fish assemblage showed significant differences between wrecks and controls. Results also showed higher levels of species richness and abundance near all wrecks than at a short distance from them on soft bottoms, thus indicating that these sunken vessels, thanks to their higher habitat complexity, act as artificial reefs, attracting aggregations of fish species and leading to a greater diversification of the local fish assemblage. Nevertheless, shipwrecks, which are an ideal target for recreational fishermen, could contribute to the over-exploitation of some high-value fish species, such as Myxeroperca rubra, Dentex dentex and Diplodus spp., attracted by the artificial hard substrate of the vessel-reefs.* »

## 2.2. PRINCIPALES PROBLÉMATIQUES ET ÉCHECS LIÉS À L'UTILISATION DES RÉCIFS ARTIFICIELS EN FRANCE

### 2.2.1. Les problématiques hydro-sédimentaires

Les échecs probablement les mieux référencés sont liés à l'affouillement (ensablement) et le poinçonnement des RA. Deux raisons :

1. Géotechnique défaillante entraînant un effet de poinçonnement (disparition par effet du poids) : fonds sableux, vaseux, « poches » meubles sous-terraines...
2. Courantologie, notamment au fond, sous-évaluée entraînant la formation de souille courantologie déstabilisante.

On considère par exemple, que la totalité des 25 RA immergés dans le cadre du programme réalisé à Agde (1995 et 2003), dans **des fonds inférieurs à 13 m** ont été ensevelis et perdus.

**Les pertes sont totales d'un point de vue économique et écologique.**

### 2.2.2. Impacts paysagers

L'Agence des aires marines protégées (actuel OFB) a mené en mai 2015, une opération pilote de restauration du site Natura 2000 « Baie et Cap d'Antibes - Îles de Lérins » qui a permis de retirer 2 500 pneumatiques immergés dans les années 1980 en tant que récifs artificiels (Daniel *et al.*, 2014<sup>7</sup>). Ces récifs portaient atteintes à l'état de conservation attendu par le référentiel établi dans le cadre du programme Natura 2000 (cahiers habitats).

---

<sup>6</sup> Consoli P., Martino A., Romeo T., Sinopoli M., Perzia P., Canese S., Andaloro F., (2015). The effect of shipwrecks on associated fish assemblages in the central Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(1), 17-24.

<sup>7</sup> Daniel B., Lebon L., Serre C., (2014). Projet pilote de réversibilité d'un aménagement en récifs artificiels. Enlèvement à titre expérimental de 2500 pneumatiques immergés dans le site Natura 2000 FR9301573 « Baie et cap d'Antibes - Iles de Lérins » AAMP, 52p. disponible en ligne : [http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/F09314P0092\\_EnlevementPneumatiques\\_cle5682ca-1.pdf](http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/F09314P0092_EnlevementPneumatiques_cle5682ca-1.pdf)



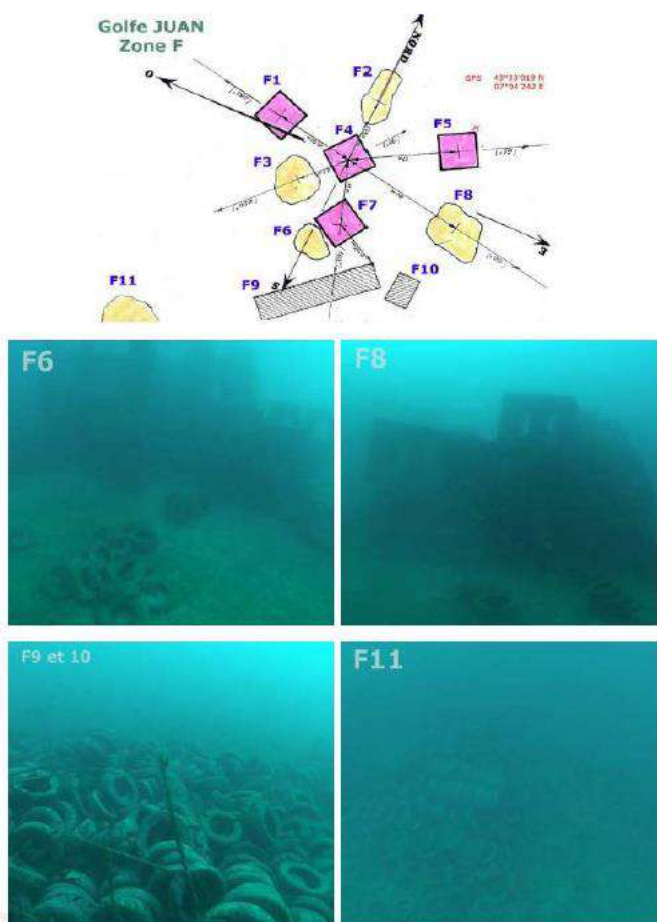


Figure 2- Paysage sous-marin comparé à une « décharge » créé par l'immersion de pneus à Golfe-Juan (Daniel et al., 2014)

L'étude du relargage de polluants dans la colonne d'eau, n'avait pas conclu à un effet négatif. Les concentrations de polluants dans les sédiments ont augmenté, mais sans remobilisation possible toutefois (profondeur de -27 à -30 m).

« Les résultats des analyses chimiques réalisées sur les moules, complétées par l'étude des biomarqueurs, montrent que la présence des pneumatiques semble sans effets notables sur la bioaccumulation des métaux et polluants organiques, en revanche les moules immergées sur les sites avec pneumatiques présentent les effets d'une toxicité chronique. Les analyses réalisées sur les compartiments eau et sédiments révèlent des teneurs en HAPs plus importantes sur les sites avec pneumatiques que sur le site de référence, avec pour certains polluants (anthracène, fluoranthène, benzo(ghi)pérylène, benzo(k)fluoranthène) des valeurs supérieures aux NQE définies par la Directive Cadre sur l'Eau (annexes IX et X). »

Mais c'est bien l'aspect paysager qui portait atteinte à l'unité du site N2000 en question, Alexandre Meinez (Université de Nice) compare les 5 ha de pneus à une décharge (Mer Vivante, 2010 16<sup>ème</sup> édition cf. figure précédente). Pourtant, le site était fréquenté par les pêcheurs professionnels qui y capturaient régulièrement des chapons, des sars et des pagres (com pers. M Visquis et M Bardoux, pêcheurs professionnels).

Le financement de l'ensemble de ces opérations a été possible grâce à l'aide publique : produits des redevances sur l'eau, financements européens, financement du ministère en charge de l'écologie, etc. Le mécénat, pourtant initié lors de cette dernière opération pilote, demeure extrêmement limité.

### 2.2.3. Récifs « sans objectif », ni gestionnaire

De nombreux sites de récifs artificiels ont accueilli des immersions avec des objectifs identifiés mais qui n'ont pas, par la suite, été maintenus dans le cadre de suivis (jugés souvent trop coûteux) ou par manque de gestionnaire. La thèse d'Anne Tessier rappelle que les investigations et le suivi, sont trop faibles, en France : « *Assessment of French artificial reefs: due to limitations of research, trends may be misleading* » (Tessier<sup>8</sup> et al., 2015)

Cette position est d'ailleurs soutenue par Blouet<sup>9</sup> et al. (2014) : « *La gestion des pêcheries dans les concessions des récifs artificiels devra être une étape dans ce processus global de soutien durable de la pêche côtière. Actuellement, sans gestion effective, les derniers résultats des suivis scientifiques rendent compte de la diminution des captures par unité d'effort et du poids moyen individuel pour les espèces commerciales.* »

Autre exemple, sur le site expérimental de Port-Cros, les recherches effectuées sur les 2 sites de RA ont fait l'objet de suivis et de projets de recherche importants dans les années 1980 à 2000. Mais, faute de moyens ou d'intérêt scientifique, ils ne font plus l'objet de relevés ou d'évaluations écologiques qui pourraient pourtant valider certains travaux d'importance : complexification, pose de filières pélagiques, colonisation, complexification de substrats artificiels à long termes (+20, 30 ans).

Soulignons que ces récifs ont été installés à la suite de travaux de recherche pionniers, comme :

- La thèse de Capucine Duval sur la colonisation de petites structures complexes par le benthos (1983) ;
- La thèse de Denis Ody (1987) sur les populations de poissons des récifs artificiels de la Côte Bleue (direction Jean-Georges Harmelin et Denise Bellan-Santini). **C'est ainsi que, sur le site de Port-Cros, la 1<sup>ière</sup> thèse « récifs artificiels » a été menée par Denis Ody.** Il a pu y étudier les effets de la complexification de l'architecture des 2 récifs de La Palud durant 2 phases :
  1. en complexifiant l'habitat par l'ajout des dalles et des parpaings en 1988 ;
  2. puis en 1997, avec des matériaux de petites mailles, sur le récif à 15 m de profondeur.

Le but était de valider l'hypothèse de la réponse fonctionnelle liée à la complexification structurelle d'un habitat. La structure tridimensionnelle du récif artificiel plus profond (-35 m) avait aussi été questionnée, en y installant un réseau de filières et de cordages sur une hauteur de 16 m. L'hypothèse, cette fois-ci, était liée aux travaux de Jo et Mireille Harmelin sur la diversité fonctionnelle et la décomposition spatio-spécifique (stratification ichtyofaunique).

Les scientifiques avaient d'ailleurs pu démontrer que le récif était rendu plus attractif (que les cubes d'origine), en apportant une réponse pour des espèces inféodées aux substrats durs benthique et benthocryptique, mais également aux espèces pélagiques, notamment les planctonophages (*Boops boops*, *Tracheus*, *Seriola dumerili*). C'est la première fois que la réponse à une modification tri-dimensionnelle était évaluée, notamment l'augmentation des ressources trophiques disponibles et des abris (fonction d'accroissement et de protection). Ces travaux ont également prouvé que la variabilité en habitat apportait une réponse sur la richesse spécifique des peuplements de poissons. Il a pu également être observé que ces planctonophages, servaient de poisson fourrage aux carnivores erratiques. Ces travaux, en collaboration avec Eric Charbonnel, ont aboutis à la réussite du projet marseillais, par la pose de RA « filières ». On peut dire que Port-Cros a permis au projet de Marseille d'atteindre des résultats écologiques plus performant, du point de vu des espèces pélagiques et particulièrement planctonophages, que tous les projets antérieurs.

---

<sup>8</sup> 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), 1-29.

<sup>9</sup> Blouet S., Chéré E., de la Grandrive R. D., Dalias N., Tessier A., Foulquié M. & Lenfant P. (2014). Bilan de 30 ans d'immersions de récifs artificiels sur la côte agathoise (Méditerranée, France).

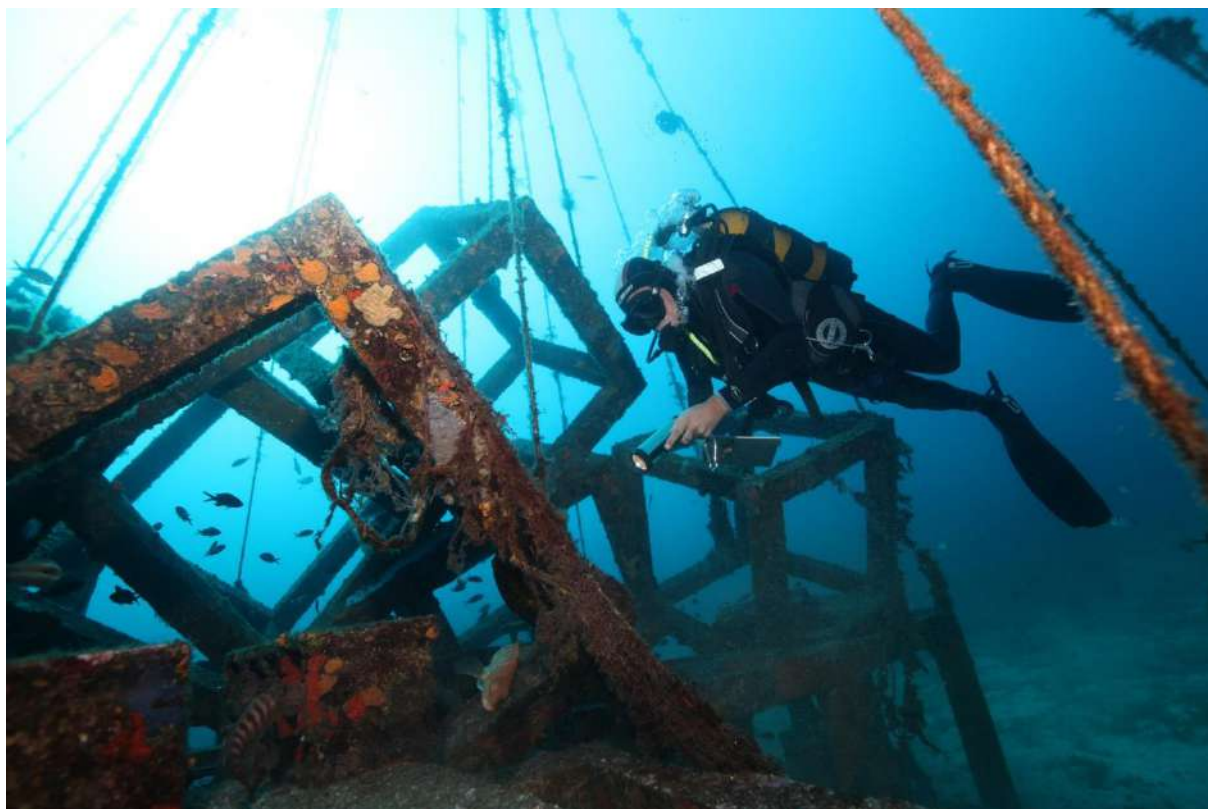


Figure 3- Récif expérimental de la baie de La Palud à Port-Cros à 15 m caractérisé par des filières (gros plan à droite) soutenues par des bouées au-dessus du récif artificiel (GIS posidonies).

Depuis ces travaux de recherche, les 2 petits sites sont utilisés par quelques plongeurs loisirs, **mais ne font plus l'objet de travaux ou de suivi.**

#### 2.2.4. Récifs artificiels conçus comme des « pièges écologiques »

Durant plusieurs années, des récifs de protection ont été immergés contre le braconnage en chalut. Ces RA étaient des « rebus » de chantier (buses, escaliers béton...). Leur intérêt était leur poids et un faible coût. Mais ils ont été colonisés par une faune et une flore cherchant un refuge. Ces habitats étant trop exiguës, conçus pour d'autres objectif que les besoins fonctionnels et écologiques d'espèces cibles, ils se sont transformés en « pièges écologiques » (Schwartz<sup>10</sup> et al., 2020). C'est ce qu'il s'est passé sur les RA de type « buses » immergées par exemple sur le secteur d'Agde et étudiée par Blouet et al. (2014) « *Les travaux de Magan et Vray (1989), en étudiant la zone des récifs de 1985, ont montré que les rendements des pêches étaient similaires entre les zones meubles aménagées et les zones meubles avoisinantes sans aménagement, tout en restant inférieurs à ceux des zones rocheuses naturelles. Ce même constat a également été fait au cours du suivi des récifs de 2009 (buses).*

*Après 4 années de suivi du programme d'immersion de 2009, l'analyse des résultats des zones avant et après immersion met en évidence le rôle attracteur et concentrateur des récifs artificiels quelques semaines après immersion, permettant aux pêcheurs de bénéficier rapidement de nouvelles zones exploitables. Néanmoins, quatre années après l'immersion, la richesse spécifique et la biomasse ont fortement diminué et se rapprochent des données observées avant l'implantation des récifs artificiels de type « buse » (figure suivante Erreur ! Source du renvoi introuvable.).*

<sup>10</sup> Schwartz T., Genouville A. & Besnard A. (2020). Increased microclimatic variation in artificial nests does not create ecological traps for a secondary cavity breeder, the European roller. *Ecology and Evolution*.

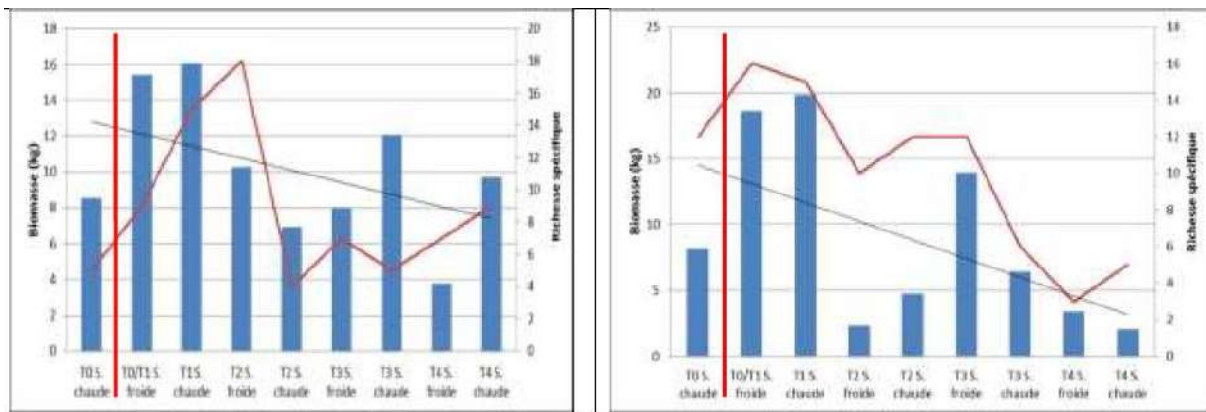


Figure 4- Evolution de la biomasse cumulée (kg) (bleu) et de la richesse spécifique entre 2009 et 2013 pour le suivi du programme d'immersion de 2009 sur deux zones de références abritant des récifs de protection de type buses (Droite de régression linéaire en noir sur la variable biomasse  $R^2=0,08$  et  $R^2=0,10$ ) La droite rouge verticale correspond à l'immersion des modules (Blouet et al., 2014)

L'opération est positive pour les pêcheurs de Gruissan (cf. enquêtes sociologiques sur la perception des effets des RA sur la petite pêche côtière du Languedoc-Roussillon des travaux de thèse d'Anne Tessier, 2013), notamment d'un point de vue des quantités régulières de poissons pêchés sur site (*Ibid*).

## 2.3. LES TENTATIVES DE MESURE DE LA « PRODUCTIVITE ECOLOGIQUE » DES RÉCIFS ARTIFICIELS

Nous présenterons tout d'abord les théories permettant d'expliquer la place et le rôle d'un RA dans l'écosystème, puis les hypothèses encore en débat quant à la production ou l'attraction des espèces.

### 2.3.1. Approche théorique de la « production » écologique

Afin de comprendre cette notion, nous proposons d'affiner le concept puis d'aborder deux théories explicatives appliquées aux récifs artificiels. Pour l'écologiste, la production est en général ce que produit une population, c'est à dire la quantité de biomasse qu'elle fabrique. Elle inclut la biomasse qui remplace celle qui disparaît par mortalité ou dégradation. C'est donc l'ensemble de la fabrication de biomasse. Pour l'exploitant, la production est la biomasse produite en surplus de ce qui remplace la biomasse naturellement dégradée. C'est donc la partie de la biomasse fabriquée qui reste disponible (pour la pêche).

La biomasse globale d'une population est limitée alors que son « potentiel biotique » révèle des capacités d'expansion infinies. Elle se heurte en pratique à des contraintes extérieures que nous qualifierons de « résistance du milieu », de telle manière que la biomasse réelle culminera à un maximum qui est fonction de la « capacité biogénique du milieu<sup>11</sup> ». Par exemple, dans le bassin de Thau, en hiver, les poissons quittent la lagune, donc sa capacité biogénique ne se transforme plus en production halieutique. Ainsi, tout système qui permettrait à une population halieutique de rester l'hiver et d'utiliser la capacité biogénique du milieu en excès pour produire, permettrait au potentiel biotique excédentaire de s'ajuster à la capacité biogénique disponible.

L'application aux RA devient simple : ils conduisent à un accroissement de la production halieutique lorsqu'ils permettent aux populations halieutiques d'utiliser toute la capacité biogénique de l'écosystème, lorsque celle-ci est en excès ou inutilisée (voir théorie des « carrés blancs » proposée ci-après).

<sup>11</sup> La capacité biogénique est définie par rapport à un habitat optimum par référence aux conditions optimales de développement de la population.

### 2.3.1.1. L'apport de la théorie des « carrés blancs »

Il s'agit d'une théorie basée sur la capacité biogénique ou capacité de production optimale du milieu évaluée à partir d'un milieu exploité (prélèvement) ou d'un milieu qui serait pauvre en habitat. D'après Masuda et Tsukamoto (1998), la mariculture extensive (RA et repeuplement) permet de combler les niches vides d'un milieu productif. Ces niches vacantes sont liées au prélèvement des poissons par la pêche ou par l'absence d'habitat pouvant les accueillir. Pour comprendre ce mécanisme en lien avec le potentiel biogénique du milieu, il propose l'approche théorique des « carrés blancs » ou carrés vacants. Les niches non-utilisées laissées par des organismes exploités (pêche, habitat vital sous représenté ou absent) sont représentées par les éléments blancs d'une pyramide trophique. On comprend mieux le fondement des aménagements marins à vocation halieutique, qui revient à aider l'écosystème à compenser ces vides et retrouver une production optimale (voir figure ci-après).

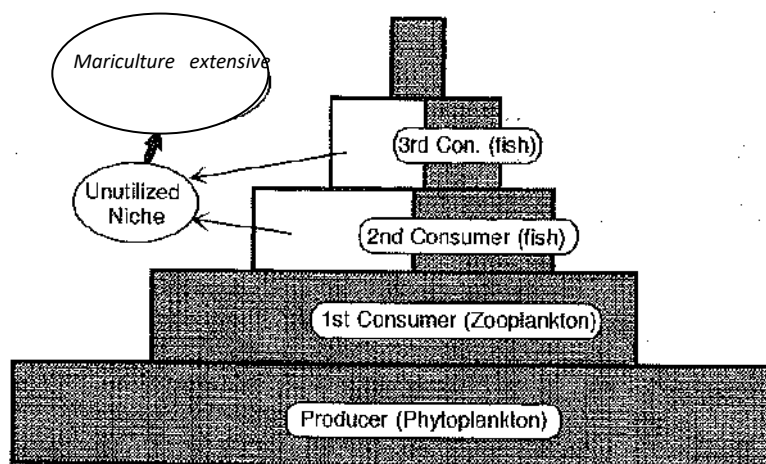


Figure 5- La théorie des « carrés blancs » : la pyramide écologique déformée. Les carrés blancs de cette figure correspondent à la capacité biogénique non exploitée qui peut être compensée par la mariculture extensive ou « marine-ranching » (d'après Masuda et Tsukamoto, 1998).

En prenant l'exemple de la lagune de Thau, c'est le rôle que jouent les tables conchylicoles, en tant que véritable RA qui permettent la stabilité d'une biomasse conchylicole productive même en hiver. De plus, les déchets organiques engendrés par les cultures conchylicoles sur les tables permettent d'accroître la capacité biogénique et donc le potentiel biotique des coquillages et du milieu. Enfin, indirectement cet aménagement profite aux anguilles (*Anguilla anguilla*) aux daurades (*Sparus Aurata*) et aux loups (*Dicentrarchus labrax*) qui constituent la majorité des espèces cibles en poids et en valeur de l'étang de Thau.

Cette approche permet de comprendre l'insertion et le rôle des RA pour la productivité du milieu marin, mais la théorie de colonisation qui conditionne le niveau de production (présence et nombre d'espèces) fait appel à d'autres mécanismes.

### 2.3.1.2. La théorie de la « densité dépendance »

La théorie de la densité dépendance apporte un éclairage intéressant sur les mécanismes théoriques de colonisation d'un récif, conditionnant la production future tant en qualité qu'en quantité (Mac Arthur et Wilson, 1967). Lorsqu'on introduit un RA dans un milieu, il y a redistribution des effectifs vers celui-ci, donc corrélativement lors d'une première phase d'immigration des espèces, une baisse de la densité sur les récifs naturels. Mais, en écologie, cette redistribution affaiblit la densité « d'habitants » ce qui entraîne une augmentation de la croissance, du taux de survie et de la reproduction des espèces, c'est ce que l'on appelle la théorie de « densité dépendance ».

**S'ils sont bien placés**, les RA favorisent le recrutement de poissons. En effet, l'augmentation de la disponibilité en habitat permet de « capter » des juvéniles, appelés nouveaux colons, qui n'auraient pu être maintenus dans un espace saturé (faute de disposer d'un habitat adéquat).

Cette théorie amène à bien comprendre que la qualité du RA, dont la conception doit offrir un habitat adapté à l'accueil de nouveaux colons, influe sur la production. **Le risque principal d'un habitat mal conçu fonctionnellement, d'immersion de récifs artificiels non adaptés aux espèces, est que si l'on augmente la surface du récif mais que l'on baisse la qualité d'accueil (habitat) on risque de ne pas accueillir les espèces cibles, de ne pas développer des fonctions spécifiques en diminuant la production** (capturabilité des adultes et prédation accentuée sur des sites localisés, mortalité car peu d'installation possibles avec effet de piège écologique ) (Bombace *et al.*, 1994; Schwartz, 2020).

### 2.3.2. L'état de la connaissance en matière d'« attraction » ou de « production » des espèces sur les récifs artificiels

Sur le plan international, les écologistes débattent souvent de ces deux notions. Le problème est de déterminer si les RA sont des **dispositifs d'attraction** (agrégation) ou **de production d'espèces** (Relini *et al.*, 1998). En effet, si l'efficacité en termes de protection physique des fonds marins par les RA est indéniable, c'est la production qui donnerait aux RA leur plus grand intérêt, notamment sur des zones peu productives, à restaurer ou à développer. D'après Thierry (1988), les RA sont conceptuellement « basés sur l'évidente analogie avec un récif naturel, ils sont [des constructions humaines installés dans l'espace maritime et] conçus pour améliorer la productivité halieutique ». Comme nous l'avons vu les RA de production doivent augmenter la disponibilité de l'habitat pour accueillir des poissons, permettant ainsi d'améliorer la production de l'écosystème et donc également des ressources halieutiques. S'ils ne font que concentrer les espèces, leur intérêt est bien moindre, et se limite à rendre accessible des stocks, à la manière d'un engin de pêche (lumière des lamparos, appâts destinés à attirer les prédateurs...).

Ainsi ces deux hypothèses d'attraction (a) ou de production (b) (Santos *et al.*, 1996b ; Santos *et al.*, 1996a), même si elles restent attachées à un débat de fond d'écologiste sans beaucoup d'impact sur l'avis des pêcheurs ou des aménageurs, méritent que l'on s'y attarde avant de proposer ce qui semble être actuellement un consensus accepté (Powers *et al.*, 2003).

Les concentrations élevées de poissons autour des RA ont longtemps alimenté l'idée qu'ils permettaient d'augmenter les capacités biotiques du milieu, et donc d'accroître la production par rapport à une situation antérieure. Dans ce cas, la production globale des RA et des récifs naturels seraient supérieures à celle des récifs naturels seuls (voir ci-après les 2 schémas de la **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**). En théorie, plus on installe de RA, plus on augmente la production. Inversement, dans le cas d'un effet simple d'attraction des ressources existantes, la production des RA compense simplement la production perdue par les récifs naturels, mais la production globale n'augmente pas. C'est le principe des « vases communicants ». D'un point de vue halieutique, ces deux impacts ont des incidences importantes sur la gestion des ressources exploitées. D'après Osenberg (2002) les éléments à prendre en compte pour pouvoir déterminer l'effet d'attraction par rapport à celui de la production sont les suivants :

- Taille du récif (surface disponible)
- Taux de larves disponibles (apports de nouveaux colons)
- Influence de la densité-dépendance (théorie de colonisation)
- Distance récif naturel / récif artificiel (apports de juvéniles et d'adultes)
- Qualité du substrat d'accueil pour les juvéniles (habitats adaptés garantissant l'installation dans le temps des espèces).

Parmi ces éléments, la taille du RA a été plus particulièrement analysée par Osenberg (*et al.*, 2002) afin de proposer deux hypothèses explicatives des phénomènes de production et d'attraction :

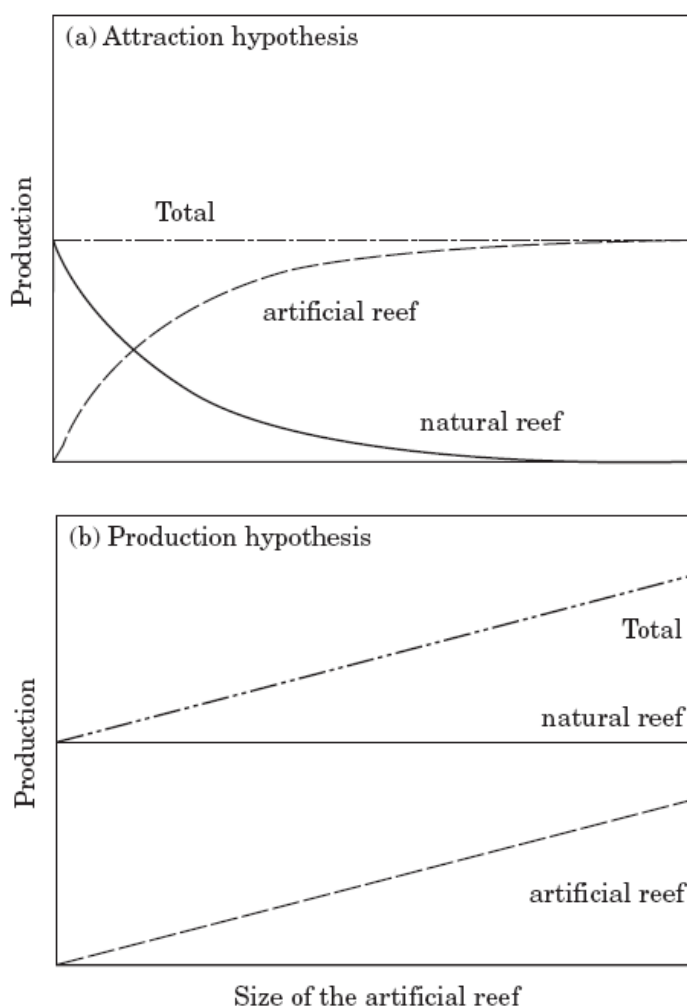


Figure 6- Représentation schématique de la production de poissons en fonction de la taille du RA du point de vue (a) de l'hypothèse d'attraction (b) de l'hypothèse de production (d'après Osenberg *et al.*, 2002)

Les travaux récents de Roa-Ureta<sup>12</sup> *et al.*, (2019), prouvent l'intérêt de RA conçu pour la production, dès lors que ces derniers sont gérés, sur la base d'une analyse de plus de 20 ans, mais ils soulèvent également la difficulté à distinguer l'effet de l'attraction par rapport à celui de la production, dans un contexte de pêche intensive au Portugal : « Le rôle principal des récifs artificiels (RA) est d'améliorer la productivité et la durabilité des pêcheries côtières en créant une nouvelle biomasse de poissons. Du point de vue de la modélisation, la création d'une nouvelle biomasse de poisson serait réalisée par un passage à un état de plus grande capacité de charge de l'environnement ( $K$ ) pour les populations et les communautés aquatiques. Cependant, il n'a pas été possible de démontrer une augmentation sans équivoque de  $K$  à la suite du déploiement de RA en raison de la difficulté à distinguer les améliorations dues à de simples changements de distribution (l'hypothèse d'attraction) par rapport à l'augmentation de l'abondance totale (l'hypothèse de production) ».

<sup>12</sup> Roa-Ureta R. H., Santos M. N. & Leitão F. (2019). Modelling long-term fisheries data to resolve the attraction versus production dilemma of artificial reefs. *Ecological Modelling*, 407, 108727.

### 3. DÉFINITION DES ENJEUX DU DÉVELOPPEMENT D'HABITATS ARTIFICIELS

Nous définirons l'intérêt écologique de développer de l'habitat artificiel, en nous basant sur les travaux réalisés pour les récifs artificiels en proposant 4 fiches. Il est intéressant de rappeler que les RA peuvent, en dehors de considérations écologiques, être des objets de médiation utiles (Pioch *et al.*, 2011). En effet, il a été démontré leur qualité d'outil transactionnel, à l'usage des gestionnaires d'aires marines protégées notamment (Pioch, 2008), pour renouer des négociations entre acteurs conflictuels : pêcheurs professionnels / réserve marine, plongeurs/pêcheurs récréatifs, plaisanciers / gestionnaires (ancrages sur RA servant de lest écologique). Le RA permet de « ramener à la table de négociation » un large public, pour discuter non pas des sujets créant polémique ou opposition (extension de réserve, limitation d'accès, quota...) mais d'un projet de RA, perçu positivement a priori, car ouvert à de nombreux objectifs recoupant ainsi divers intérêts : halieutiques, récréatif, protection des fonds, éducatif. Les RA « parlent » à de nombreux acteurs, pour reprendre la formule d'Eric Tessier lors des échanges pour la création de la réserve marine de la Réunion, qui étaient bloqués avant de proposer une réflexion sur un projet d'immersion (*Ibid*).

#### 3.1. POURQUOI CRÉER DE L'HABITAT ?

Pour offrir des fonctions écologiques adaptées à des espèces cibles (vérification par le suivi de l'atteinte, ou non des objectifs préétablis). Les finalités socio-écologique de gestion peuvent être de lutter contre la baisse des ressources marines ou de créer de nouveau site de plongée (délestage de sites saturés), dans l'AMAP de Port-Cros.

#### 3.2. COMMENT CRÉER DE L'HABITAT ?

En mimant les habitats naturels et une adaptation aux espèces des différentes catégories fréquentant les fonds ciblés.

**Principe de la démarche destinée à concevoir** des récifs permettant de créer des habitats adaptés aux espèces cibles.

#### 3.3. EN QUOI CRÉER DE L'HABITAT ?

En matériaux préparés spécifiquement pour développer la faune et la flore

#### Rappel de présentation des grandes familles de récifs artificiels

Récifs pour :

- Espèces pélagiques ;
- Espèces benthiques ;
- Espèces cryptiques ;
- Poissons plats ;
- Invertébrés ;
- Algues.

Rappel consulter aussi la :

**FICHE N°1 – Japon – Les récifs artificiels au Japon**



## FICHE N°10 - Pourquoi créer de l'habitat ?

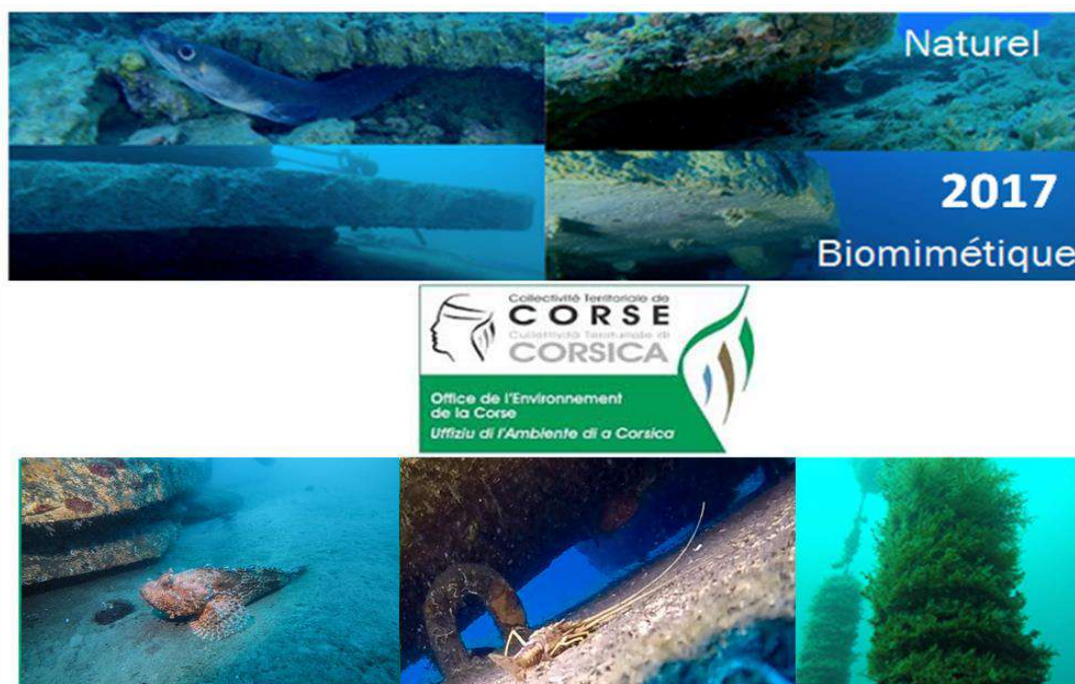
### Définition d'un récif artificiel :

« Toute construction humaine immergée, intégrée à l'écosystème dont l'objectif de conception est de protéger et de développer la faune et la flore aquatiques », FAO, 1989

Les RA pourraient être conçus avec un double objectif halieutique et récréatif (plongée) s'ils sont biomimétiques en mimant les fonctions écologiques des espèces cibles à Port-Cros et en s'intégrant dans le paysage naturel sous-marin (esthétique respectant les fonds marins, mimant le paysage cf. photo)

### L'objectif des récifs « double usage » pourrait se résumer à « Créer des beaux et bons coins de pêche et de plongée »

- Faciliter l'installation des espèces, pour augmenter les ressources pour la pêche
- Réhabiliter les fonds marins pour créer des nouveaux sites de plongées
- Maintenir et développer certains écosystèmes en créant de nouveaux habitats diversifiés
- S'intégrer dans la trame sous-marine des corridors écologiques sous-marins (flux trophiques, corridor de déplacement)



Exemple de RA bio-mimétiques installés à Ajaccio par l'Office de l'Environnement Corse (2018)

## FICHE N°11 - Comment créer de l'habitat ?

### Mimer la nature pour l'optimiser :

Mimer les habitats naturels colonisés sur les sites de projet et faciliter l'installation des espèces en augmentant l'habitat disponible.

Habitats naturels d'espèces cibles=> guide le design des habitats artificiels reproduisant l'habitat d'espèces cibles (nécessité de plonger)



### Recréer des habitats spécifiques :

- **Offrir des abris adaptés :** pour une espèce donnée, il existe une forme d'habitat adaptée et optimale répondant aux besoins d'abris, de nourricerie et de reproduction.
- **Notion de bio-mimétisme (allant jusqu'à l'intégration paysagère) :** intégration esthétique au sein d'un paysage sous-marin aux formes naturelles.



### Objectif de mimer la nature : recréer artificiellement les fonctions écologiques de l'habitat naturel

**Créer des fonctions vitales :** le but est d'assurer le renouvellement durable des ressources



## FICHE N°12 - En quoi créer de l'habitat ?

### Matériaux classiques :

- **Béton** : classe XS2 ou bétons déclassés
- **Acier** : non traité (en général, sauf épaves)
- **Autres matériaux** : pierres, pneumatiques, plastiques, céramiques, mâchefer (déchets de combustion du charbon, « ash »)

### Matériaux proactifs pour la biocolonisation :

- **Bétons décarbonaté** : les travaux de Hayek et al. (2020) montre que la biocolonisation peut être améliorée
- **Rugosité** : traitement, ajouts de granulats (coquilles d'huîtres)
- **Aciers proactifs** : bio-concrétions d'aragonite (calcium marin) formées par un courant électrolytique dirigé



1 - Déchets coquillés granulats



2 – Béton décarbonaté



3 – Béton rugueux et décarbonaté

**NB : l'ajout de granulats coquillés n'a pas démontré de plus valu, hormis le recyclage de ces déchets (com. pers. Souche)**

### Des matériaux adaptés

Tableau 1- Liste des différents matériaux utilisés comme RA. Les abréviations désignent dans l'ordre relatif d'importance les principales utilisations des structures : A pêche artisanale ; C pêche commerciale ; E expérimental ; H essai de création d'habitat ; M mesure compensatoire ; R récréatif.

Matériaux	Usages principaux des structures
<b>Naturels</b>	
Bambou	A
Fibres de cocotier	A
Coquilles compactées	H,E,M
Blocs de roche	R,H,M,E
Cordes	A
Roches en gabion	H
Bois d'élagage	H
Planches de bois	R
<b>Manufacturés</b>	
Préfabriqués en béton	R,C,H,A,E,M
Éléments de chantier	R,H
Fibre de verre	R,C
Algues	E,C
Mâchefer	R,C
Pneus	R,C,H,A,E
Métal	R,C,H,M
Carcasses de voiture	C
Citernes	R
Plateformes pétrolières déclassées	R
Tramway, wagons	R,H
Bateaux	A

Le choix des industriels s'est principalement porté sur deux possibilités techniques : le béton et l'acier. Ces matériaux inertes d'origine géologique (minéral) sont biodégradables dans le milieu naturel.

Les critères permettant d'apprécier la valeur de ces matières sont aussi biologiques, ce qui comprend la qualité du substrat offert pour la faune et la flore sessile et l'inertie vis-à-vis du milieu environnant. La rugosité et la porosité des surfaces sont aussi un élément important à prendre en compte pour l'ensemble des matériaux. Les caractéristiques principales de chaque matériau sont proposées dans le tableau ci-après.

Tableau 2- Synthèse des avantages et des inconvénients des principaux matériaux utilisés pour la réalisation de RA (adapté de Bell et al., 1997)

Matériaux	Avantages	Inconvénients	Commentaires
<b>Le béton</b>	Matériau « naturel » Surface adaptée à la fixation d'organismes, Solide et durable Non polluant dans l'eau Coût modéré Durabilité d'environ 50 ans	Manipulation et transport (poids) Faiblesse des bétons en zones tropicales (température et salinité)	Matériau le plus utilisé Nombreuses études disponibles et retour d'expériences positif Grande variété de composition et de texture Facilité de création de trous et cavités
<b>Le métal</b>	Bonnes qualités mécaniques Larges possibilités d'architecture Epaves « potentielles » disponibles Plasticité intéressante (grandes structures)	Oxydation Hétérogénéité de la corrosion, Plaques, soudures, rivets, boulons Coût des métaux importants Durabilité de 20 à 30 ans	Au Japon, les métaux sont parfois protégés par du béton Aspect " déchet " des structures après quelques années (rouille) L'électrodéposition peut être utilisée pour "naturaliser" la surface avec des carbonates naturels par électrolyse de l'eau (Hilbertz and W.H., 1978)
<b>La pierre</b>	Bon substrat de fixation Bonne résistance mécanique et chimique aux conditions marines Aspect paysager naturel Coût faible	Faibles possibilités architecturales. Manipulations peu aisées Pas de cavités intra-structurelles et surface développée réduite	Valorisation de l'aspect "naturel". Intégration esthétique et paysagère. Amas d'enrochements ressemblant aux éboulis naturels
<b>Epaves (1)</b>	Coût le plus faible Volumes importants Transport et pose simplifiés Recyclage économique une fois dépollué	Image de « déchet industriel » Habitat peu sélectif Corrosion importante, faible durée de vie Hétérogénéité des matériaux d'où risques accrus de pollution Carcasses de voitures peu adaptées	Durée de vie en milieu marin très variable selon matériaux, taille et site. Les épaves de bateaux sont plus recommandables. Les parties peintes sont d'abord recouvertes d'organismes sessiles, puis l'oxydation les fait se détacher en lambeaux, laissant à nu une surface oxydée peu favorable à la fixation et potentiellement polluant (peinture).
<b>Le bois</b>	Bonne surface pour la fixation d'organismes Matériau « naturel » Non polluant Coût modéré Facile à travailler (mise en forme, transport) Bonne résistance mécanique	Dégradé par les organismes ligniphages Faible tenue dans le temps et dégradation naturelle rapide Les essences résistantes sont des bois tropicaux coûteux Sensible aux contraintes hydro-sédimentaires Faible densité, lestage important	Usage ornemental éventuel pour des sentiers sous-marins par exemple. Bonne efficacité en eaux peu profondes.

Matériaux	Avantages	Inconvénients	Commentaires
<b>Les pneumatiques</b>	Disponibilité et faible coût Durabilité supérieure à 40 ans en milieu marin	Faible densité Mauvais substrat Risque de relargage de métaux lourds (Zn, Pb et autres micropolluants) Lestage et arrimage obligatoires mais sans assurance de tenue du récif Faible niveau de colonisation Image négative (déchets)	Les gros pneus peuvent favoriser la fixation de certains épibiontes (gommes naturelles, grosses stries accumulant des sédiments) Image trop négative pour être développé à grande échelle Pollution des sédiments (Daniel et al., 2014) Echec systématique des essais (Floride 1970, Cap Breton 1990, Antibes 2004)
<b>Le plastique</b>	Bonne résistance aux conditions marines Grandes possibilités architecturales	Coût en général très élevé Pollution par dégradation (micro plastique) Densité faible (ancrage en béton ou chainages) Surface lisse, colonisation plus lente	Son utilisation se limite souvent à la réalisation de dispositifs mobiles pour la conchyliculture ou à l'assemblage de modules d'un autre matériau.
<b>Le mâchefer (2)</b>	Disponible à faible coût Solution de recyclage potentielle bénéficiant d'une image positive Mêmes avantages que le béton	Il faut être sûr de la méthode de stabilisation pour éviter toute pollution ou relargage de métaux lourds Image parfois négative de "déchet"	Une part de ces déchets considérés comme impropres à l'utilisation dans le bâtiment est actuellement rejetée en mer, polluant ainsi le milieu marin côtier quand il n'est pas compacté

**(1) Les épaves :** Il s'agit d'un cas particulier, car leur immersion a été jusqu'à très récemment fortuite (cas de l'Antonio Lorenzo, à la Réunion). Elles ont pourtant constitué les premiers RA au sens strict de construction humaine immergée. Très en vogue sur les côtes d'Amérique du Nord, elles accueillent de nombreux amateurs de plongée.

## 4. COMMENT DÉFINIR UN RÉCIF ARTIFICIEL ADAPTÉ AUX OBJECTIFS DE PRODUCTION HALIEUTIQUE ET DE PLONGÉE LOISIR ?

Il convient ici de dégager la liste des espèces potentiellement bénéficiaires, leur habitat et d'identifier ce qui peut être fait au niveau fonctionnel (habitats et fonction), le tout avec une vision esthétique (intégré au paysage sous-marin) pour être également attractif à la plongée de loisir. Les espèces non bénéficiaires de la pose de RA sont celles n'ayant aucun contact, ni interaction bénéfique avec des substrats durs (espèces strictement inféodées aux fonds meubles, ou strictement pélagiques sans lien direct ou indirect avec des substrats durs : exportation trophiques, cycle de vie, *etc.*).

### 4.1. CARACTÉRISER LES HABITATS NATURELS ADAPTÉS À DES ESPÈCES CIBLES

#### 4.1.1. Quelles espèces cibles ?

Les fonds durs environnants existants (naturels et artificiels et les roches coralligènes) sont fréquentés par d'importantes populations :

- démersales et benthiques (cryptiques ou non) : mérous, corbs, sars, daurades, dentis, langoustes, chapons, rascasses, bogues, castagnoles, murènes, congres, *etc.* ;
- pélagiques : notamment pré-adultes ou juvéniles (sérieole, barracuda, pélamides, *etc.*) ;
- et de peuplements méditerranéens associés : faune et flore vagiles ou sessiles : algues encroûtantes, brunes, vertes, herbiers de Posidonie, cnidaires, hydriques, spongiaires, *etc.*

Les peuplements associés ne feront pas l'objet de réflexion spécifique, au-delà de faire un effort important au niveau de la rugosité des surfaces ou mieux du bio-mimétisme reproduisant les fonds naturels, réalisé avec des moules en silicone par exemple, ou à l'aide d'une technique d'impression 3D (Pioch *et al.*, 2018).

En ce qui concerne les espèces benthiques, démersales ou pélagiques (selon la classification proposée par la figure ci-après), nous proposons de nous baser sur les inventaires disponibles réalisés par le Parc national de Port-Cros.

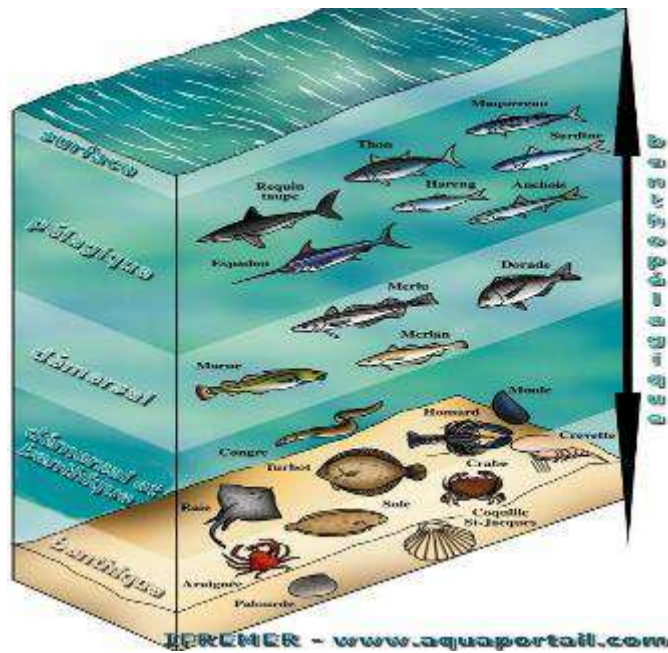


Figure 7- Définition des types d'espèces en fonction des compartiments occupés dans la colonne d'eau et le fond (Ifremer, aquaportail.fr)

Les espèces les plus communément rencontrées sur le secteur sont représentées dans la figure ci-après.

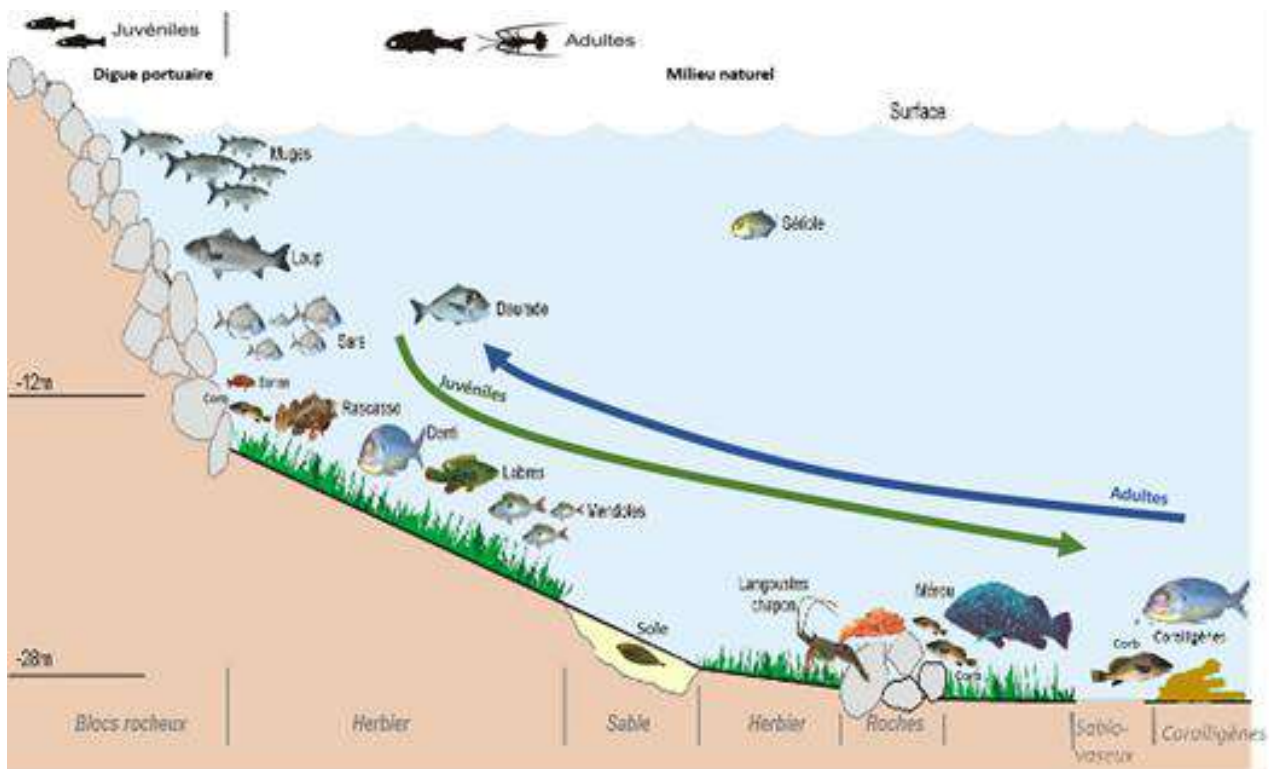


Figure 8-Principales espèces cibles de la pêche fréquentant les fonds côtiers orientaux méditerranéens français, selon la bathymétrie, le type de fond marin et les stades de développement (Pioch)

La pression anthropique sur certaines espèces côtières du secteur permet d'effectuer un **classement d'espèces cibles plus ou moins prioritaires du fait de leur prix de vente, de stocks en déclin fort ou surexploités**. Il est évident que toutes les espèces sont importantes pour le bon fonctionnement d'un milieu naturel, mais il est tout aussi évident que



certaines espèces sont sous de plus fortes pressions, du fait notamment de prélèvements liés à la pêche ou de croissances lentes. En gras, dans le tableau ci-après, la liste des espèces cibles est discutée en fonction du niveau de pression subi.

Tableau 3- Liste des espèces cibles issue des pressions anthropiques halieutiques subies (données CRPMEM PACA)

Compartiment (type éthologique)	Espèces	Pression
<b>Benthique</b>	<b>Langoustes</b>	+++
	<b>Poulpes</b>	++
	<b>Chapons</b>	+++
	Rascasses	+
	Murènes	-
	Congres	-
<b>Démersal</b>	<b>Rougets</b>	++
	<b>Calamars</b>	++
	Pageots	+
	<b>Sars</b>	++
	<b>Mérous</b>	Protection
	<b>Corbs</b>	Protection
	<b>Loups</b>	+++
	<b>Daurades (royales et grises)</b>	++
	<b>Dentis</b>	+++
	<b>Pagres</b>	++
<b>Pélagiques</b>	<b>Baraccudas</b>	-
	<b>Thons rouge</b>	+++
	<b>Pélamides</b>	++
	Maquereau	-
	<b>Séριοles</b>	+++

Les pressions les plus fortes, symbolisées par le signe « + », permettent d'identifier 15 espèces cibles : langouste (*Palinurus elephas*), poulpe (*Octopus vulgaris*), chapon (*Scorpaena scrofa*), rouget (*Mullus surmuletus*), calmar (*Loligo vulgaris*), sar (*Diplodus vulgaris*), mérou (*Epinephelus marginatus*), corb (*Sciaena umbra*), loup (*Dicentrarchus labrax*), daurade (*Sparus aurata*) et dorade grise (*Spondyliosoma cantharus*), denti (*Dentex dentex*), pagre (*Pagrus pagrus*), séριοle (*Seriola dumerili*), thon rouge (*Thunnus thynnus*), pélamide (*Sarda sarda*).

Ces 15 espèces cibles guideront la conception fonctionnelle des modules de RA.

Elles se répartissent selon 3 types :

- Benthiques : langouste, chapon, poulpe ;
- Démersaux : rouget, sar, mérrou, corb, loups, daurade et dorade grises, denti, pagre, calmar ;
- Pélagiques : sériole, thon rouge, pélamide.

Les espèces pélagiques comme le thon et les pélamides ne bénéficient pas des fonctions de protection liées à l'habitat, mais des fonctions nourricerie (grâce aux poissons fourrage) et pour les pélamides un effet non démontré sur l'amélioration de la reproduction (création de bancs favorisant le regroupement de mâles et femelles).

Le tableau suivant rappelle les stades concernés et les profondeurs optimales des espèces fréquentant les fonds marins côtiers orientaux méditerranéens français.

*Tableau 4- Trois catégories d'espèces cibles et stade de développement selon l'étage bathymétrique préférentiel, fréquentant les fonds marins côtiers orientaux méditerranéens français (données éthologique issues d'observation en plongée)*

Compartiment	Espèces	Stade de développement	Etage bathymétrique (mini – 20m)	Pression
Benthique	<i>langouste</i>	Juveniles (J) / Adulte (A)	- 20 à - 50	+++
	<i>poulpe</i>	A	- 20 à - 50	++
	<i>chapon</i>	A	-20 à - 50	+++
Démersal	<i>rouget</i>	Pré-adultes (PA) / A	-20 à - 30	++
	<i>calmar</i>	PA / A	- 20 à - 50	++
	<i>sar</i>	A	- 20 à - 35	++
	<i>mérrou</i>	PA / A	- 20 à - 45	Protection
	<i>corb</i>	PA / A	- 20 à - 45	Protection
	<i>loup</i>	A	- 20 à - 30	+++
	<i>daurade et dorade grise</i>	A	- 20 à - 45	++
	<i>denti</i>	PA / A	- 20 à - 50	+++
	<i>pagre</i>	PA / A	- 35 à - 50	++
Pélagique	<i>sériole</i>	PA / A	- 20 à - 50	+++
	<i>thon rouge</i>	A	- 20 à - 50	+++
	<i>pélamide</i>	PA / A	- 20 à - 35	++

#### 4.1.2. Quelles fonctions écologiques cibles ?

Les principales fonctionnalités (structurelles et fonctionnelles) écologiques de ce secteur sont de 3 ordres, répartis selon 7 indicateurs fonctionnels :

- habitat : nurserie, protection, frayère ;
- trophique : broutage (algues / mollusques), carnivores ;

- connectivité paysagère : cordon du trait de côte, connectivité substrats durs grands fonds entre 20 et 50 m.

Les zones occupées (c.-à-d. l'habitat) pour assurer ces différentes fonctions peuvent être différentes et évoluer également au cours des différents stades de développement, des juvéniles aux adultes (Cheminée *et al.*, 2014). La figure suivante schématise les différentes stratégies d'occupation de l'espace pour les espèces de poissons. Le processus majeur permettant cette alternance de milieu est bien évidemment la connectivité, soit à profondeur constante le long de la côte, soit selon un gradient de profondeur, perpendiculairement à la côte.

D'autres fonctionnalités écologiques assurées par les espèces peuvent exister (filtration, fixation sédiment, bio-construction, minéralisation de la matière organique, *etc.*), mais elles peuvent être considérées comme secondaires, par rapport aux objectifs d'un projet de récifs artificiels. Les fonctions essentielles ou élémentaires (reproduction, nurseries, nutrition, protection) sont liées à des habitats spécifiques, pour les espèces cibles listées. Elles correspondent aux catégories A, B et C (selon la disposition spatiale) évoquées ci-dessous.

La diversité des habitats impliqués dans le cycle de vie des espèces souligne l'importance d'une vision intégrée et paysagère (écologie des paysages), que cela soit pour affiner nos connaissances de la dynamique des espèces ou pour optimiser leur gestion. Un projet d'implantation de récifs artificiels, quels que soient leur nature, doit bien prendre en compte ces problématiques de répartitions spatiales des habitats élémentaires (structuration spatiale des habitats naturels et artificiels complémentaires).

#### 4.1.3. Fonctionnement écologique de la zone de projet

Dans cette zone, deux types de déplacements peuvent être mis en évidence : (i) des déplacements à l'échelle de la journée, essentiellement trophiques, et (ii) des déplacements à l'échelle du cycle de vie des espèces, plus étendus. Afin de mieux comprendre les déplacements, préalable à la pose de RA « intégré » à une trame écologique sous-marine (corridors), il conviendra de définir les secteurs ou mouvements liés aux :

- i. Migrations journalières trophiques ;
- ii. Zones de frayère (poissons démersaux et benthiques) ;
- iii. Nurseries ;
- iv. Lien entre nurseries et zones occupées par les adultes.

## 4.2. QUELS DESIGNS POUR QUELLES ESPÈCES ? DÉFINIR DES RÉCIFS ARTIFICIELS ADAPTÉS À LA PÊCHE ET À LA PLONGÉE

### 4.2.1. Design des récifs artificiels : partir des besoins des espèces cibles

Les études montrent que la satisfaction des besoins vitaux des espèces a une influence directe sur leur croissance et leur survie (voir notamment Kuroki, 1952).

Pour définir des habitats adaptés aux espèces cibles, il s'agit de les classer en fonction de leur groupe éthologique et de leurs habitats (figure suivante).

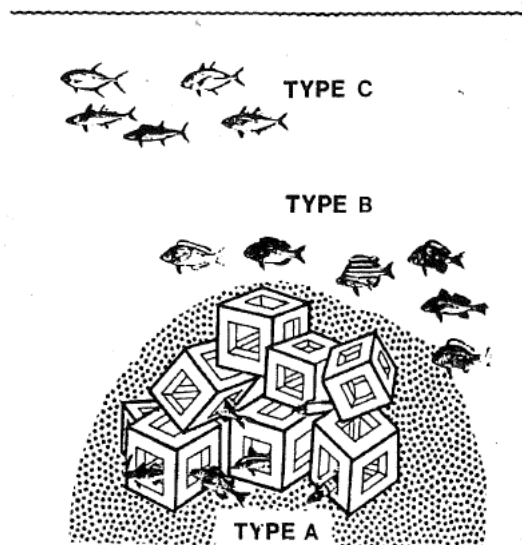


Figure 9- Types d'espèces cibles fonction de leur relation avec un habitat artificiel A, B ou C (d'après Nakamura, 1985)

Les espèces de type A (mostelles, rascasses, homards, congres, langoustes, chapon...) et de type B (loups, dentis, daurades...) sont les plus sensibles aux récifs artificiels. Les espèces de type 4 (poissons plats) et de type C (pélagiques) sont également positivement influencées par les récifs, mais de manière indirecte : pas de présence « sur » les récifs mais à proximité.

Afin de faciliter la conception de RA, les espèces sont définies d'un point de vue éthologique selon trois groupes homogènes appelés « **types d'espèces cibles** », déterminés en fonction de leur relation avec l'habitat artificiel (ou naturel) :

- **Espèces benthiques Type A (ou I)** ou cryptiques vivant sur le fond et dont l'habitat naturel est un substrat dur présentant généralement des cavités sombres et complexes, et avec lequel elles sont en contact ;
- **Espèces démersales Type B (ou II)** côtières vivant sur ou à proximité du fond, dont l'habitat naturel est un substrat dur ou meuble présentant dans le cas du substrat dur un relief et une ou des cavités de tailles moyenne à grande. Ces espèces restent en contact visuel ou sonore avec les substrats durs et à proximité du fond ;
- **Espèces pélagiques Type C (ou III)** vivant en pleine eau et recherchant la proximité des remontées abruptes du fond ou présentant un très fort relief (créant des courants d'upwelling ou micros upwelling).

Pour rappel, les principales fonctionnalités écologiques (structurelles et fonctionnelles) poursuivies par les RA à développer sont de 3 ordres : Habitat, Trophique et Connectivité paysagère.

La forme, ou « design », des RA doit prendre en compte les caractéristiques éthologiques de chaque espèce. Le tableau suivant permet de définir les formes des ouvrages adaptés aux besoins de ces 3 catégories d'espèces.

Tableau 5- Relation entre les types d'espèces cibles et les designs d'ouvrages éco-conçus

Types d'espèces cibles	Comportements	Habitats naturels recherché	Catégories d'HA adaptés	Complexité du module éco-conçu			Besoin des espèces
				Abris	Hauteur	Espaces internes	
A	Benthiques. Faible déplacement à l'échelle locale	Substrats durs présentant des cavités sombres et complexes.	1	Abris nombreux et complexes	Hauteur faible cavités > ou = espèces cibles	Espaces internes proches de la taille des espèces benthiques (cavités étroites et souvent cryptiques).	Majorité ou partie du corps en contact avec l'habitat artificiel.
B	Démersales. Déplacement moyen à important, à l'échelle régionale à nationale	Substrats durs présentant un relief et des cavités moyennes à grandes	2	Abris peu complexes	Hauteur moyenne Cavités > hauteur et largeur espèces cibles	Espaces internes suffisamment grands pour que les poissons demersaux puissent visuellement s'identifier entièrement et se déplacer dans les cavités sans entrer en contact avec l'HA.	Peu de contact physique avec l'habitat artificiel. Mais nage à proximité
C	Pélagiques. Grands déplacements migrateurs échelle internationale	La pleine eau et proximité des remontées du fonds abruptes ou présentant un très fort relief ( <i>upwelling</i> ).	3	Pas d'abris	Hauteur grande Cavités ou non	Forme créant des perturbations courantologiques et/ou une position entre la surface et la moitié de la colonne d'eau, au dessus de la thermocline moyenne.	Eloignée de l'HA et vivant en pleine eau

#### 4.2.2. Comment organiser un site d'immersion ? du module récifal au complexe de récifs artificiels

Tout d'abord, rappelons qu'un plan de récif artificiel s'organise selon 4 échelles représentées par la figure suivante.

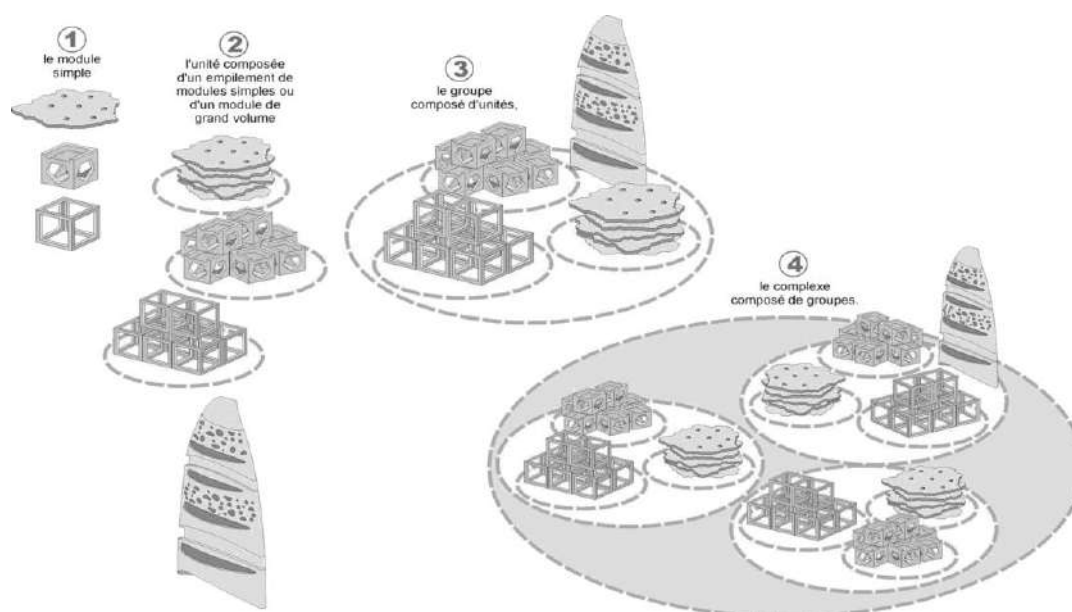


Figure 10- Les 4 échelles d'organisation d'un projet de récifs artificiels (Pioch, 2008)

Nous proposons d'aborder la construction du projet de récif artificiel en mettant en avant l'organisation de complexes récifaux sous forme de groupes, appelés aussi « villages » créant des complexes facilitant la densification et la complémentarité des habitats artificiels et naturels, comme cela a été développé avec succès par la ville de Marseille et le bureau d'étude BRL ingénierie sur le projet Récif Prado (Marseille) en 2007-2008.

##### 4.2.2.1. Périmètre et surface, distance entre les complexes récifaux

La **surface** (étendue de la zone de conservation) est le premier paramètre capable d'assurer efficacement la conservation des espèces (Ramade, 2005).

Selon Nakamura (1985), l'optimum serait de :

- pour des espèces benthiques et démersales : autour de 200 m ;
- pour les espèces pélagiques : autour de 300 m et jusqu'à 800 m.

Au-delà d'une certaine distance, les échanges biologiques (flux) entre deux unités sont faibles (Santos, 2007 ; Seaman, 2007). **Pour un écart de 1 000 m, on considère que deux unités sont quasi-indépendantes**, car les flux biologiques d'espèces adultes benthiques et pour certaines espèces démersales sont faibles, mais restent intéressantes pour les espèces pélagiques.

#### 4.2.2.2. Les volumes minimums des complexes de récifs artificiels

D'après Bohnsack et Sutherland (1985), la dimension minimale d'une unité de RA permettant d'abriter un écosystème viable (équilibre durable) devrait être de 400 m<sup>3</sup>.

La moyenne pour un **équilibre entre volume et production semble se situer autour de 1 000 m<sup>3</sup> ou plus (Pioch, 2008)**. Les modules destinés à la connectivité n'ont pas de réelle limite minimale pour leur volume, qui peut être bien inférieure, car ils sont utilisés « passagèrement » par les espèces.

La fonction est induite par la forme et la disposition de l'habitat naturel ou artificiel (Relini *et al.*, 2007). Nous proposons de regrouper les RA selon 5 groupes morphologiques représentant **les grands types d'habitats naturels des espèces cibles** identifiées au chapitre précédent :

- Un simple amas de pierres entassées, de faible hauteur, principalement pour les espèces de type A, (et B suivant les hauteurs et la taille des blocs), inférieur à 10% de la hauteur de la colonne d'eau ;
- Un entassement de petits modules de béton (blocs de 1,5 m ou de 2 m de côté, ou de forme cylindrique) formant un amas à cavités complexes et de faible hauteur, principalement pour les espèces de type A (et B suivant les hauteurs et la taille des blocs), égal à 10 % de la hauteur de la colonne d'eau ;
- Un assemblage de petits modules en béton, de hauteur variable moyenne à haute, principalement pour les espèces de type B (et C en fonction de la hauteur), supérieur ou égal à 10% de la hauteur de la colonne d'eau ;
- Un grand module en béton ou en acier, de hauteur moyenne, principalement pour les espèces de type B (et C si l'empilement est suffisant pour atteindre une hauteur importante), supérieur à 10 % de la hauteur de la colonne d'eau ;
- Un très grand module, de grand volume et de grande hauteur, en acier ou mixte, principalement pour les espèces de type C (et B dans le cas de RA mixtes), supérieur à 50 % de la hauteur de la colonne d'eau et/ou avec au moins une partie supérieure à la hauteur du niveau le plus bas de la thermocline.

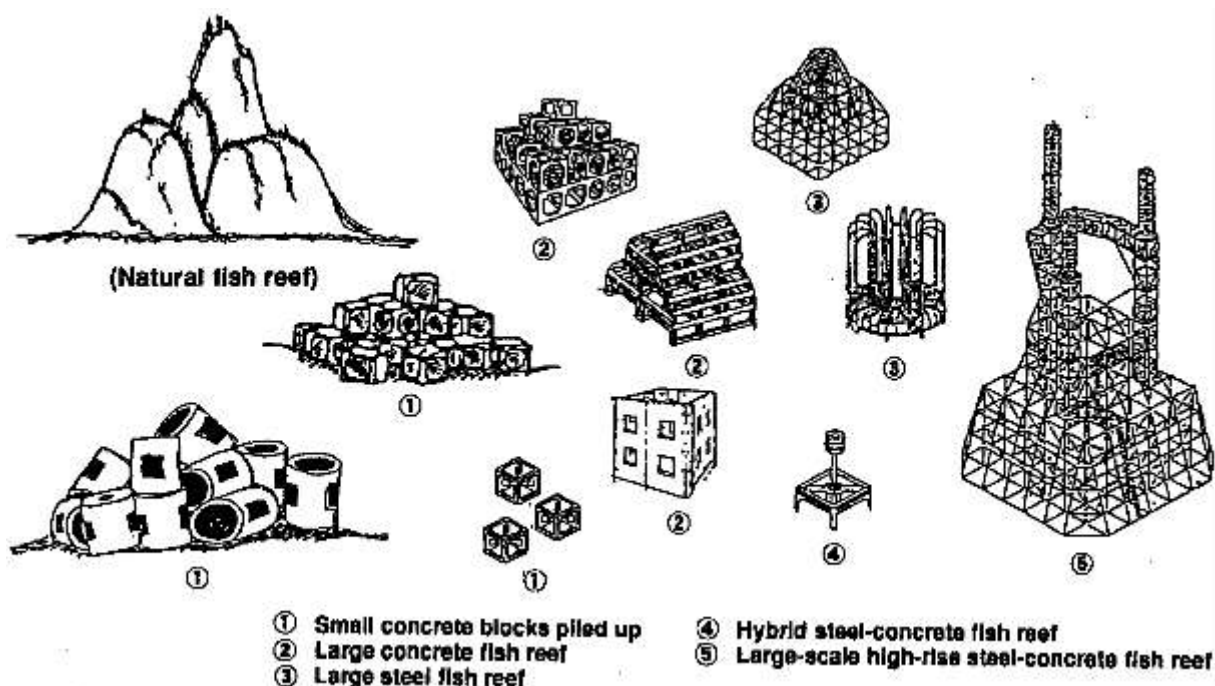


Figure 11- Design des RA utilisés, la forme 1 s'apparente à l'amas de pierres (NRIFE, « Fishing reef technology in Japan » Takagi et Takeuchi, 2006)

### 4.3. EXEMPLE DE DÉMARCHE DE CONCEPTION : DESIGN SPÉCIFIQUE DES RÉCIFS ARTIFICIELS PAR ESPÈCES CIBLES

En relation avec les fonctions essentielles, définissant les habitats essentiels, les 4 principales fonctions fournies par un RA ont été recensées par Susperregui et Soulier en 2009 :

- Reproduction (R) : lieu de reproduction et de ponte ;
- Nurserie (N) : nurserie de juvéniles ;
- Trophique (T) : lieu d'alimentation également appelé nourricerie ;
- Protection (P) : habitat permanent pour certaines espèces ou lieu d'abri, de dortoir ou de repos.

Ainsi, la démarche de réflexion suivie pour la conception des RA est basée sur une **connaissance fine du comportement des espèces cibles locales** (plongées, enquêtes, suivis scientifiques, etc.) quant à leurs besoins fonctionnels, notamment ceux liés à RNTP (reproduction (R), nurserie (N), besoins trophiques (T) et protection (P)).

A ce titre, la participation des acteurs et les enquêtes de terrain (plongée, interview, collecte d'information auprès des pêcheurs) permettra de valider et de guider les propositions de design, pour réaliser un projet véritablement co-construit. La figure suivante indique la méthodologie qui pourrait être préconisée, à partir de photo des habitats naturels fréquentés par les espèces cibles benthiques et démersales.

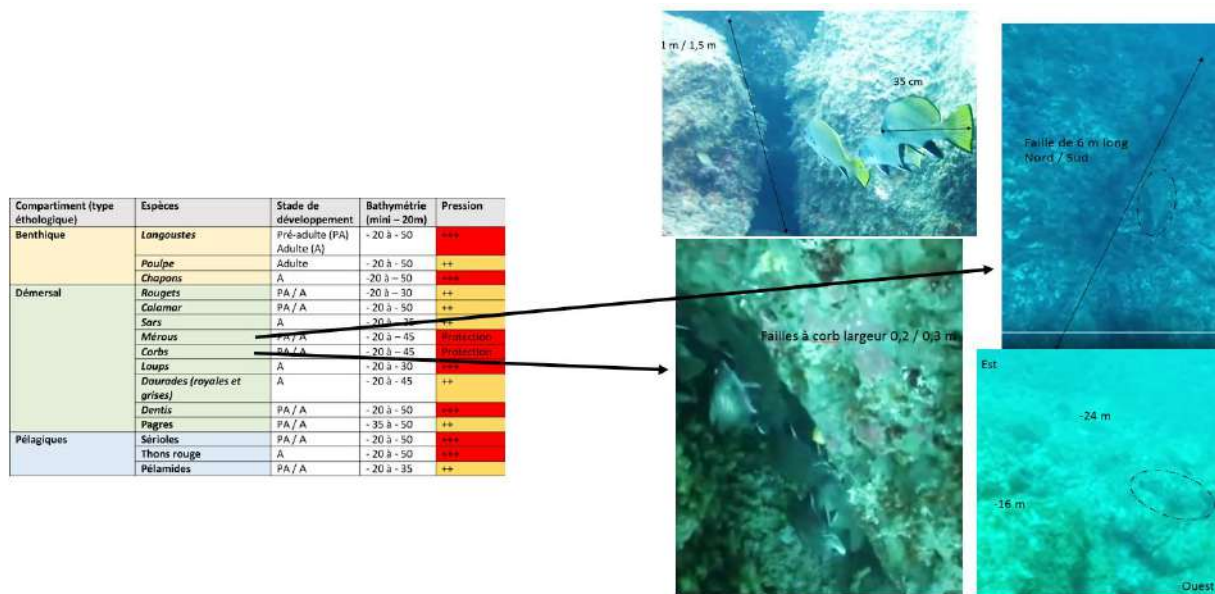


Figure 12- Méthodologie de travail pour le design, par espèce et par besoin fonctionnel (R, N, T, P), à partir de la connaissance des fonds et de l'éthologie spécifique

Le calmar (démersal) et le poulpe (benthique) ne sont pas repris dans le tableau pour le design des RA des espèces cibles. En effet, les modules qui sont proposés ci-après intègrent :

- Les fonctions trophiques et de reproduction des calmars avec des cordages flottants et des ragues ouvertes pour la ponte ;
- Les fonctions de protection et de reproduction des poulpes, avec des pots à poulpes en terre cuite à fixer aux pieds de chaque module, avant immersion (figure suivante).



Figure 13- Pots à poulpe en terre cuite (CRPMEM – LR)

Enfin, de nombreuses autres espèces vont bénéficier de ces ouvrages, mais n'ont pas été listées comme « cible » en raison de pressions faibles sur leurs stocks : chinchard, mendole, mullet, saupe, mostelle, rascasse brune, vérede, apogon, castagnolle, anthias, etc.

Leur présence est bien sûr importante et sera vraisemblablement un facteur améliorant la colonisation par les espèces désignées comme « cibles ».



### Exemple : Habitats naturels des homards



L'habitat naturel du homard est en général une cavité sombre, présentant une ouverture abritée du courant et d'une « issue de secours » appelée trou de fuite.

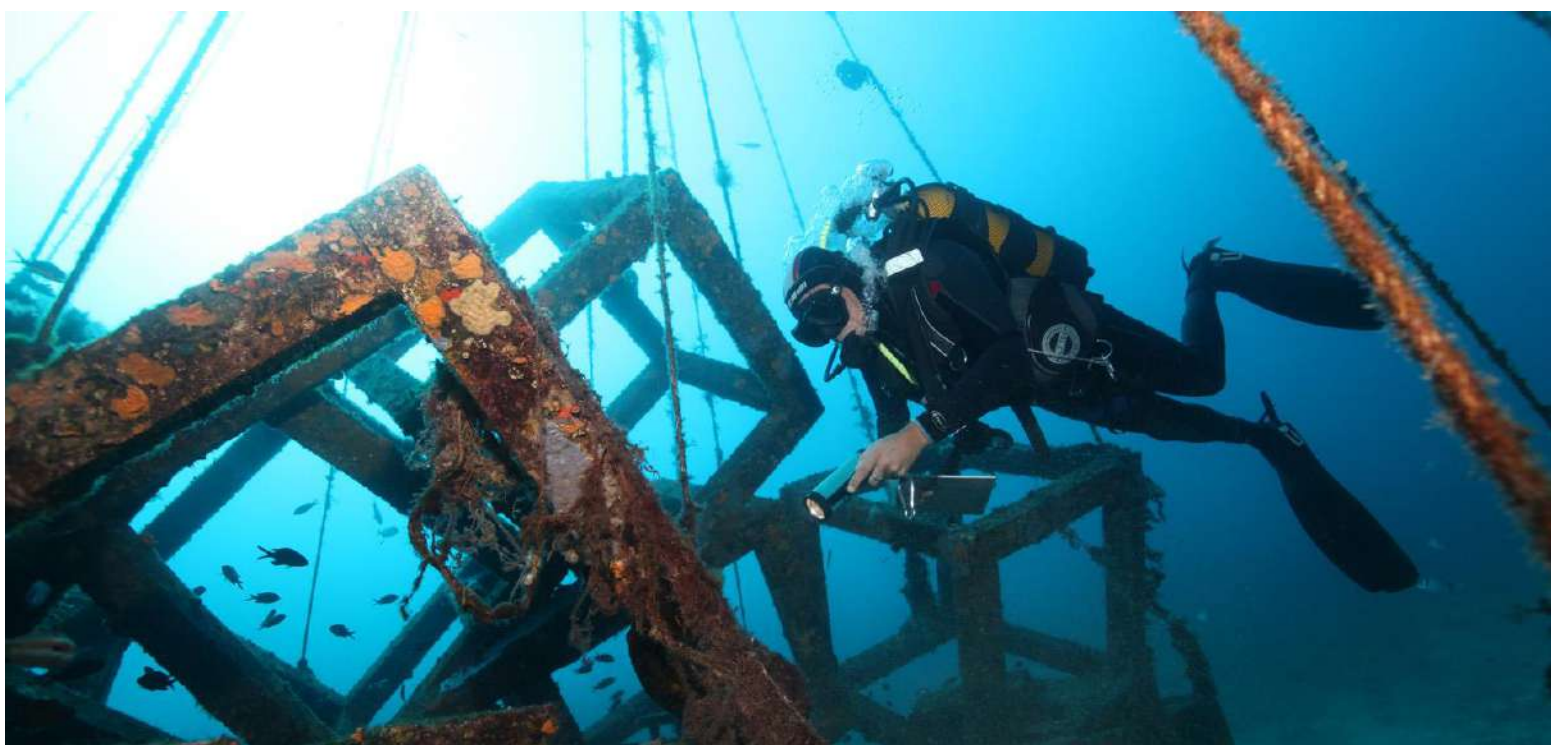
### Proposition de récif « homard »

Type d'espèce (classification relation habitat / espèces) : 1
Catégorie de récifs artificiels (forme) : 1
Récif type : « Homard » pouvant abriter les espèces congre, mostelle, rascasses.



NB : les **dimensions** sont à calculer très précisément au risque de créer des habitats artificiels trop « exigües » ou trop vastes totalement inefficaces pour le homard.





## B. ATLAS CARTOGRAPHIQUE



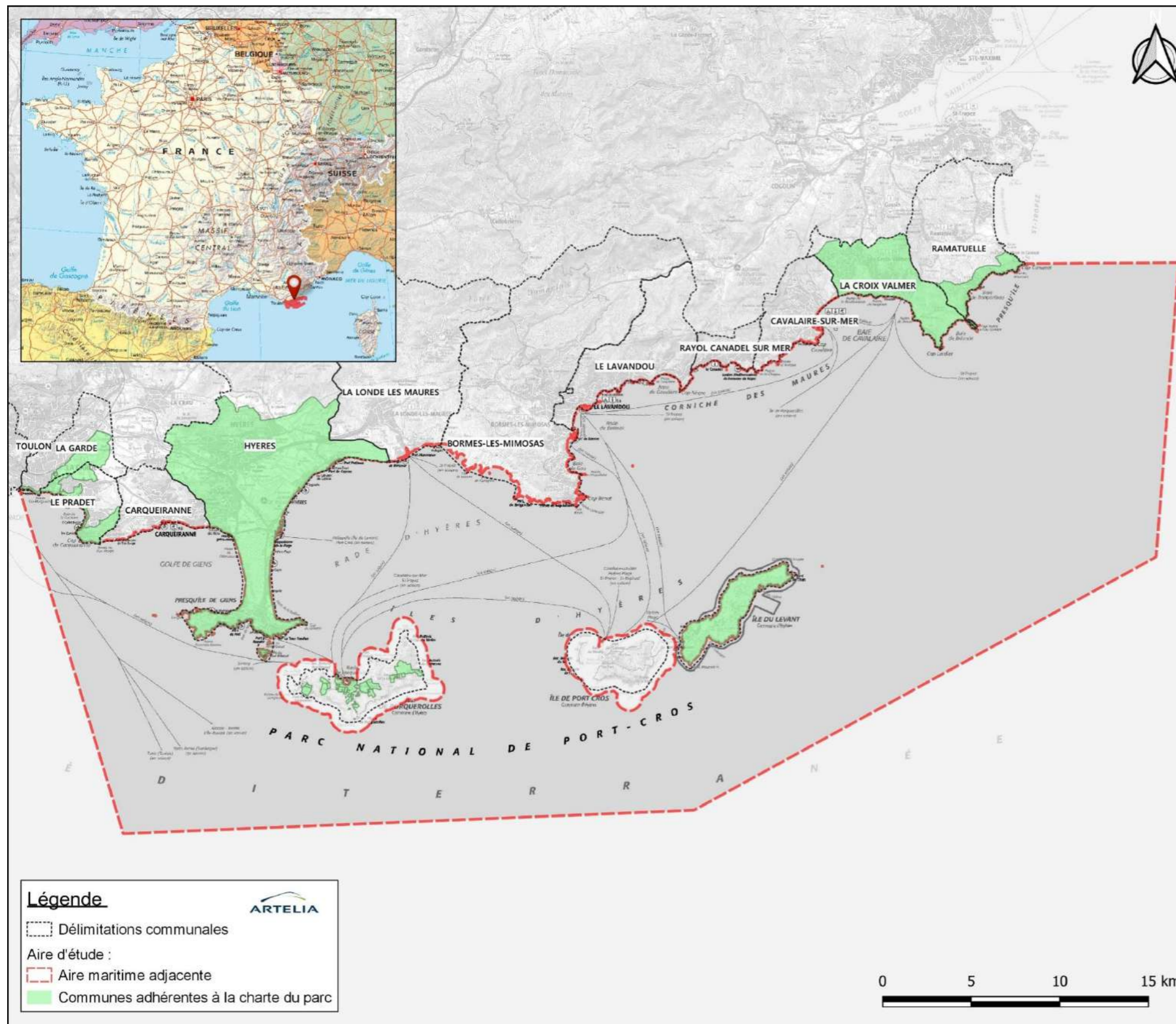


Figure 14-Présentation de la zone d'étude

## 1. INTRODUCTION

### 1.1. CONTEXTE

L'atlas cartographique a pour but de réaliser un diagnostic du territoire de l'aire marine adjacente du Parc national de Port Cros afin d'évaluer les potentialités du territoire pour le développement de récifs artificiels.

### 1.2. LA ZONE D'ÉTUDE

La zone d'étude correspond à l'aire marine adjacente (AMA) du Parc national de Port Cros. Elle s'étend sur 123 000 ha de La Garde à Ramatuelle et jusqu'à 3 milles marins au sud des îles d'Hyères. Elle n'inclut pas les cœurs de parcs constitués par deux des trois îles d'Or.

### 1.3. LA MÉTHODOLOGIE DE L'ÉTUDE

Dans un premier temps, les données bibliographiques en lien avec le projet seront recensées, celles-ci seront présentées en quatre grandes parties :

- Le milieu physique ;
- Le milieu biologique ;
- Le patrimoine naturel et culturel ;
- Les activités socio-économiques et les usages.

Dans un deuxième temps, les données seront hiérarchisées et regroupées sous trois niveaux de contraintes :

- Les contraintes fortes
- Les contraintes moyennes
- Les contraintes faibles

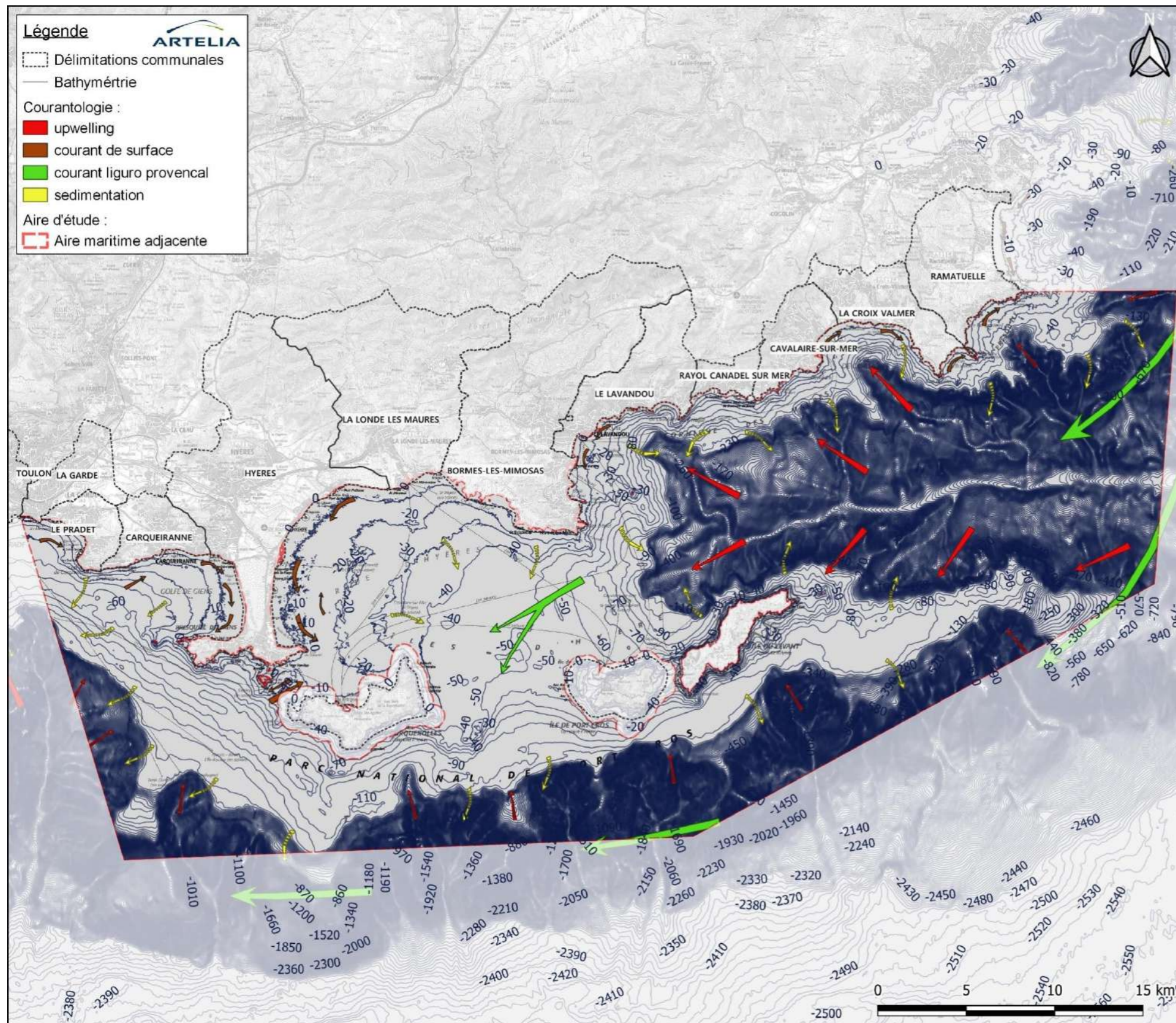


Figure 15- Bathymétrie et courants de la zone d'étude

## 2. CARACTÉRISTIQUES DU TERRITOIRE

### 2.1. LE MILIEU PHYSIQUE

#### 2.1.1. Bathymétrie

Sur l'AMA, les fonds marins s'étendent de 0 à plus de 1000 m de profondeur. Les pentes sont faibles entre La Garde et le cap Bénat alors qu'elles sont plus abruptes au niveau de la corniche des Maures jusqu'au cap Camarat. En effet, ce secteur présente un canyon au large du Lavandou, le canyon de Stoéchades. La ligne bathymétrique des 1 000 m se trouve à seulement 4 km des côtes au plus près dans ce secteur.

Autour des îles de Port-Cros et Porquerolles, les pentes sont plus faibles vers le nord que vers le sud. En revanche, autour de l'île du Levant, les pentes sont rapidement fortes.

#### 2.1.2. Courantologie

La carte des courants présente les courants de surface, les courants d'upwelling, le courant liguro provençal et des courants de sédimentation.

Les courants de surface sont situés essentiellement à la côte et suivent le littoral. Les vents dominants en sont à l'origine. Au niveau de la presqu'île d'Hyères, ils sont orientés vers le sud à l'est et à l'ouest de la presqu'île. Dans la rade de Bormes, ils sont orientés vers l'ouest et le sud et dans la baie de Cavalaire, ils sont orientés vers l'est et le large.

Les courants d'upwelling les plus importants sont essentiellement liés au canyon de Stoéchades. Les eaux en provenance du fond du canyon remontent vers la surface perpendiculairement aux lignes de pente. Elles favorisent le renouvellement et l'apport de matière organique. Elles sont très riches en nutriment et favorisent le développement de la diversité à la côte (Bellan-Santini *et al.*, 2018).

Le courant liguro-provençal provient quant à lui du nord-est et se dirige vers le sud-ouest dans ce secteur. Il est prédominant au large des îles mais s'engouffre également entre les îles et le continent.

Enfin, les courants de sédimentation constituent les courants de retour en réponse aux courants de surface et aux courants d'upwelling. Ils sont globalement orientés vers le sud et le large.

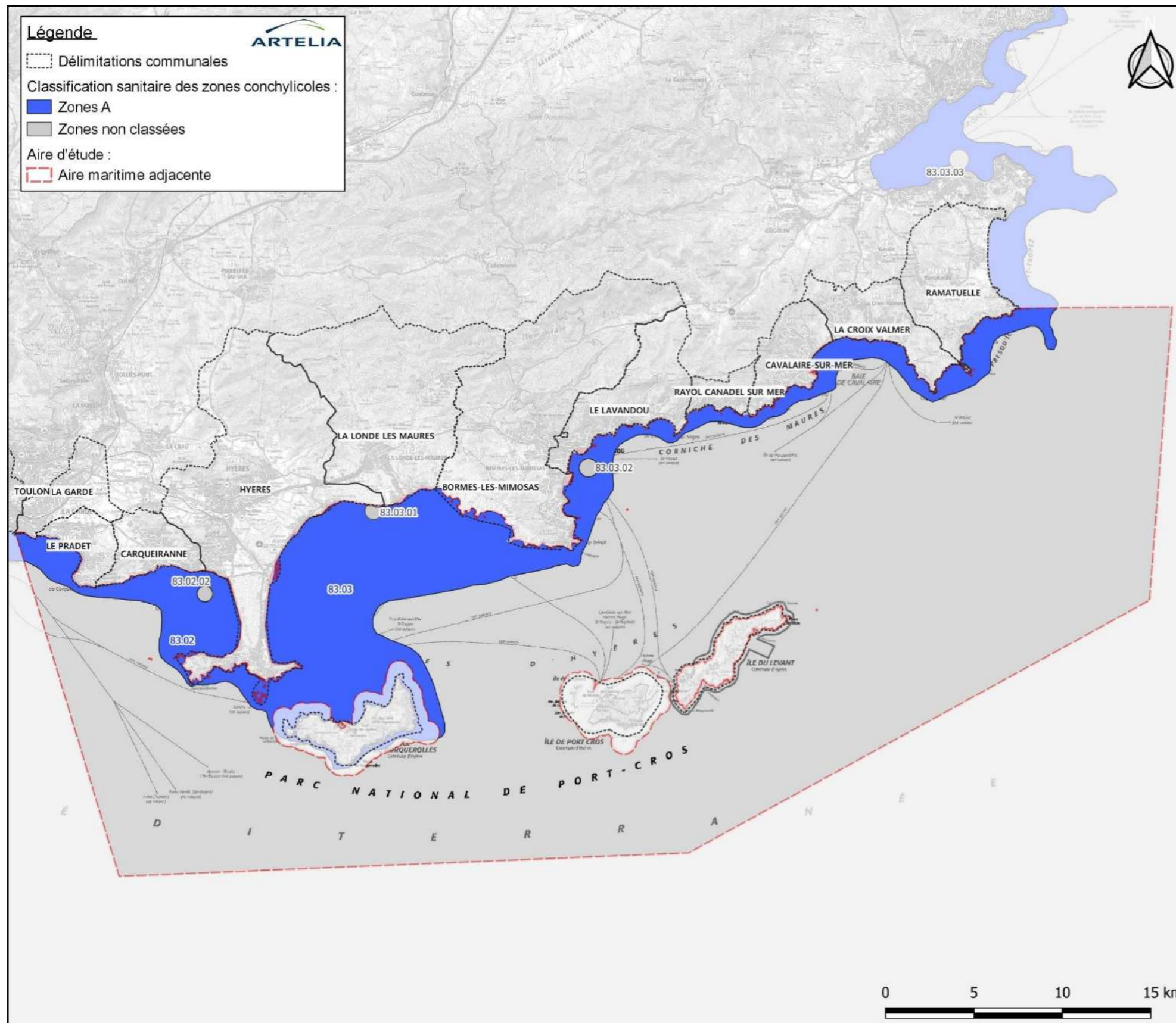


Figure 16- Qualité des eaux de la zone d'étude

### 2.1.3. Qualité des eaux

L'ensemble des zones professionnelles de production et de reparcage de coquillages vivants (zones d'élevage et de pêche professionnelle) fait l'objet d'un classement sanitaire, défini par arrêté préfectoral. Celui-ci est établi sur la base d'analyses microbiologiques des coquillages issus de ces zones, en utilisant *Escherichia coli* comme indicateur de contamination fécale. Les contaminants de l'environnement sont également recherchés : plomb, cadmium, mercure, hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP), dioxines et polychlorobiphényles (PCB).

Le classement des zones distingue 3 groupes de coquillages au regard de leur physiologie :

- Groupe 1 : les gastéropodes marins (bulots, bigorneaux, ormeaux, crépidules, etc.), les échinodermes (oursins, concombres de mer) et les tuniciers (violets) ;
- Groupe 2 : les bivalves fouisseurs, c'est-à-dire les mollusques bivalves filtreurs dont l'habitat est constitué par les sédiments (palourdes, coques, etc.) ;
- Groupe 3 : les bivalves non fouisseurs, c'est-à-dire les autres mollusques bivalves filtreurs (huîtres, moules, coquilles Saint-Jacques, etc.).

Les règles de classement sont définies dans le règlement (CE) n°854/2004 du 29 avril 2004 et prévoient trois classes de qualité.

Tableau 6- Classement des zones conchylicoles ([www.zones-conchylicoles.eaufrance.fr](http://www.zones-conchylicoles.eaufrance.fr))

CLASSE DE QUALITE	REPARTITION DES RESULTATS POUR 100 g DE CHAIR ET LIQUIDE INTERVALVAIRE (CLI)	CONSEQUENCES
Qualité A	80% ou plus des résultats ≤ 230 <i>E. coli</i> Aucun résultat > 700 <i>E. coli</i>	Mise à la consommation directe possible après la récolte
Qualité B	90% ou plus des résultats ≤ à 4 600 <i>E. coli</i> Et aucun résultat > à 4 6000 <i>E. coli</i>	Purification obligatoire en centre agréé ou reparcage avant mise à la consommation
Qualité C	Moins de 90% des résultats ≤ à 4 600 <i>E. coli</i> Et aucun résultat > à 46000 <i>E. coli</i>	Reparcage de longue durée obligatoire avant mise à la consommation ou traitement thermique

Le territoire de l'AMA est découpé en 2 zones conchylicoles principales : la zone 83-02, à l'ouest de la presqu'île d'Hyères, et le zone 83-03, à l'est. Ces secteurs sont classés par l'arrêté préfectoral du 30 décembre 2009 en zone A pour le groupe 1. Elles sont non classées pour les autres groupes. **Les eaux sont donc jugées de bonne qualité.**

En complément, on trouve de petits secteurs de forme ronde non classés pour les 3 groupes qui correspondent à des interdictions liées à la présence d'émissaires de stations de traitement d'eaux usées.

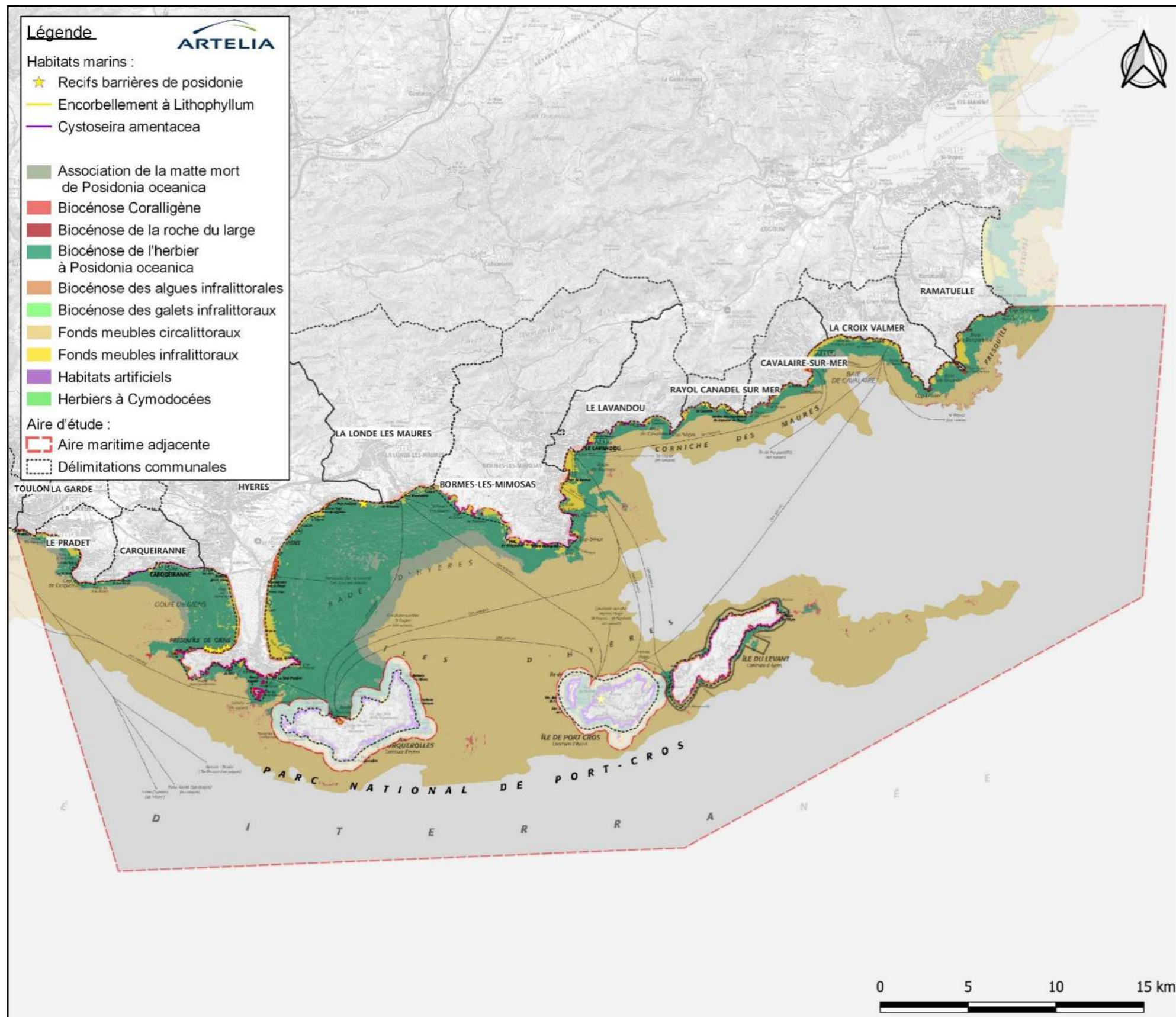


Figure 17- Habitats marins de la zone d'étude

## 2.2. LE MILIEU BIOLOGIQUE

### 2.2.1. Habitats marins

Les habitats marins majoritaires sur l'AMA sont :

- Les fonds meubles infralittoraux ;
- Les herbiers de posidonies ;
- L'association de matre morte de posidonie ;
- Les fonds meubles circalittoraux.

Globalement, les herbiers de posidonie s'étendent sur tous les fonds marins de l'AMA jusqu'à 30 m de profondeur. Cet habitat est très étendu dans la rade d'Hyères et couvre les fonds jusqu'à 6 km vers le large. Ils se développent également entre la presqu'île d'Hyères et Porquerolles et le golfe de Giens. Entre le cap Bénat et le cap Camarat, la bande où se développe cet habitat est plus étroite et mesure entre 200 m et 2 km.

Dans les petits fonds entre le rivage et l'herbier de posidonie, les fonds sont majoritairement meubles. En dehors des zones de plages de sable, le rivage est parsemé de l'habitat de substrat dur des algues infralittorales. On trouve également des herbiers de cymodocées essentiellement entre Cavalaire et le Rayol-Canadel, ainsi qu'au droit des vieux salins d'Hyères.

Les fonds meubles circalittoraux s'étendent quant à eux au-delà de 30 m de profondeur. Ils sont essentiellement constitués de sable. Les biocénoses des canyons ne sont pas caractérisées sur la carte. Elles sont constituées de faciès à vase compacte et de biocénoses originales à coraux d'eau froide.

On trouve de plus quelques tâches de biocénoses à coralligène sur l'aire d'étude. Ils sont localisés dans le golfe de Giens, au sud de Giens et de Porquerolles, autour de Port-Cros et du Levant, au large du cap Bénat et de la rade de Bormes et entre le cap Lardier et le cap Camarat, majoritairement autour de la profondeur de 40 m et au-delà.

L'encorbellement à *Lithophyllum* est essentiellement présente sur le rivage des îles et à la pointe ouest de Giens. Les cystoseires sont quant à elles recensées sur l'ensemble des rivages des îles, de Giens et entre le cap Loubé à Bormes-les-Mimosas et cap Nègre au Lavandou.

Enfin, on trouve des formations de récifs barrière de posidonie sur la commune de Hyères, dans le golfe de Giens sur le rivage de la Madrague, mais également au niveau de la plage de la Baume et le long des vieux salins.



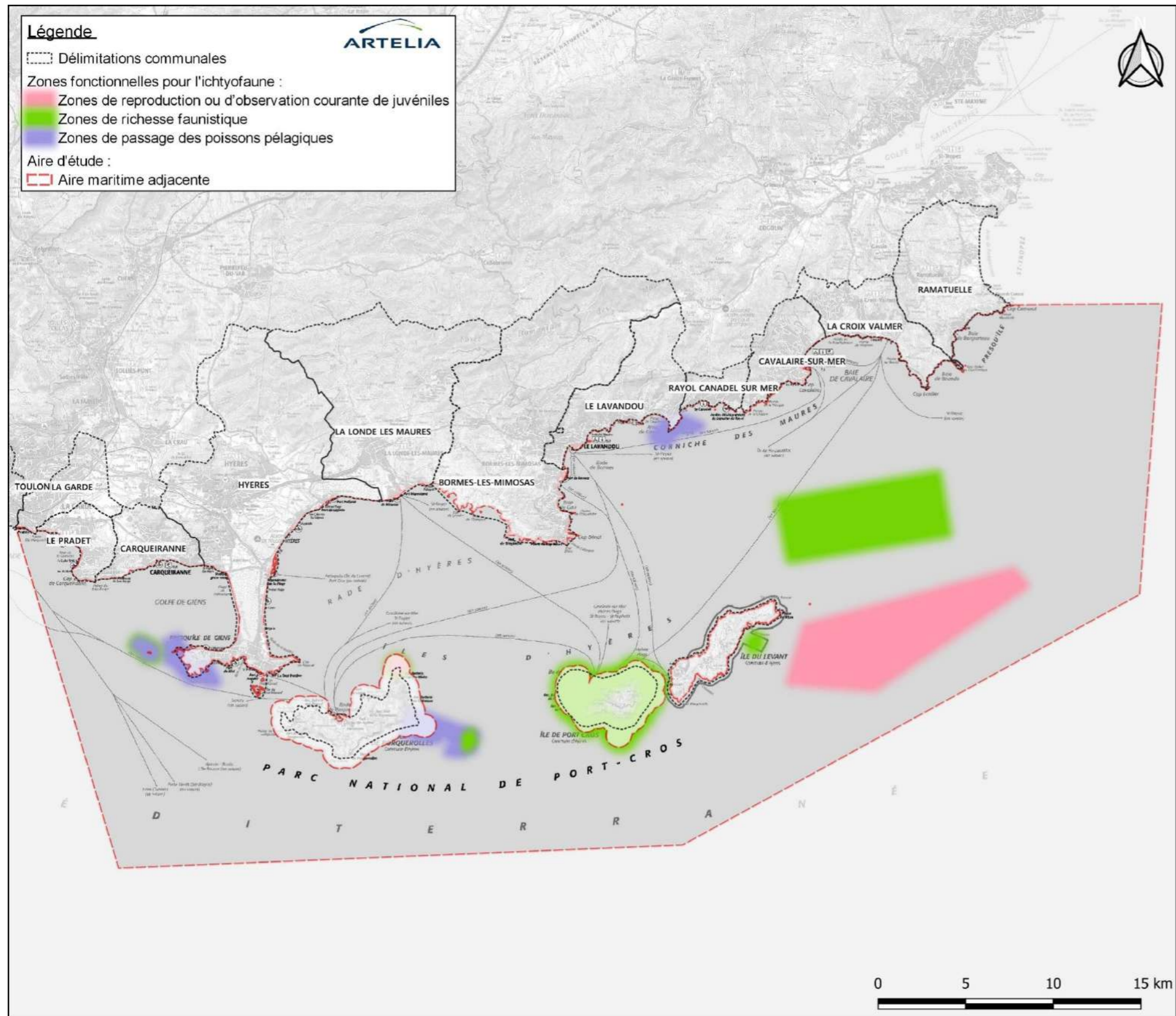


Figure 18- Zones fonctionnelles pour l'ichtyofaune de la zone d'étude

## 2.2.2. Ichtyofaune

A partir des informations collectées sur les ZNIEFF de l'AMA, il a été possible de mettre en évidence des zones d'intérêt pour l'ichtyofaune. Ces éléments ne sont pas exhaustifs mais apportent des informations intéressantes sur l'intérêt ichtyologique connu sur ces secteurs.

Il est distingué :

- Les zones de richesse faunistique : Ilots et sèche des Fourmiges, Parc national de Port-Cros, Sèche des Saraniers, Sèche du Titan, Cap des Mèdes, Tête de Canyon des Stoéchades ;
- Les zones de reproduction ou d'observation courante de juvéniles : Cap des Mèdes, Banc du Magaud ;
- Les zones de passage des poissons pélagiques : Pointe Escampobarou, Ilots et sèche des Fourmiges, Ilots des Saraniers, cap Nègre.

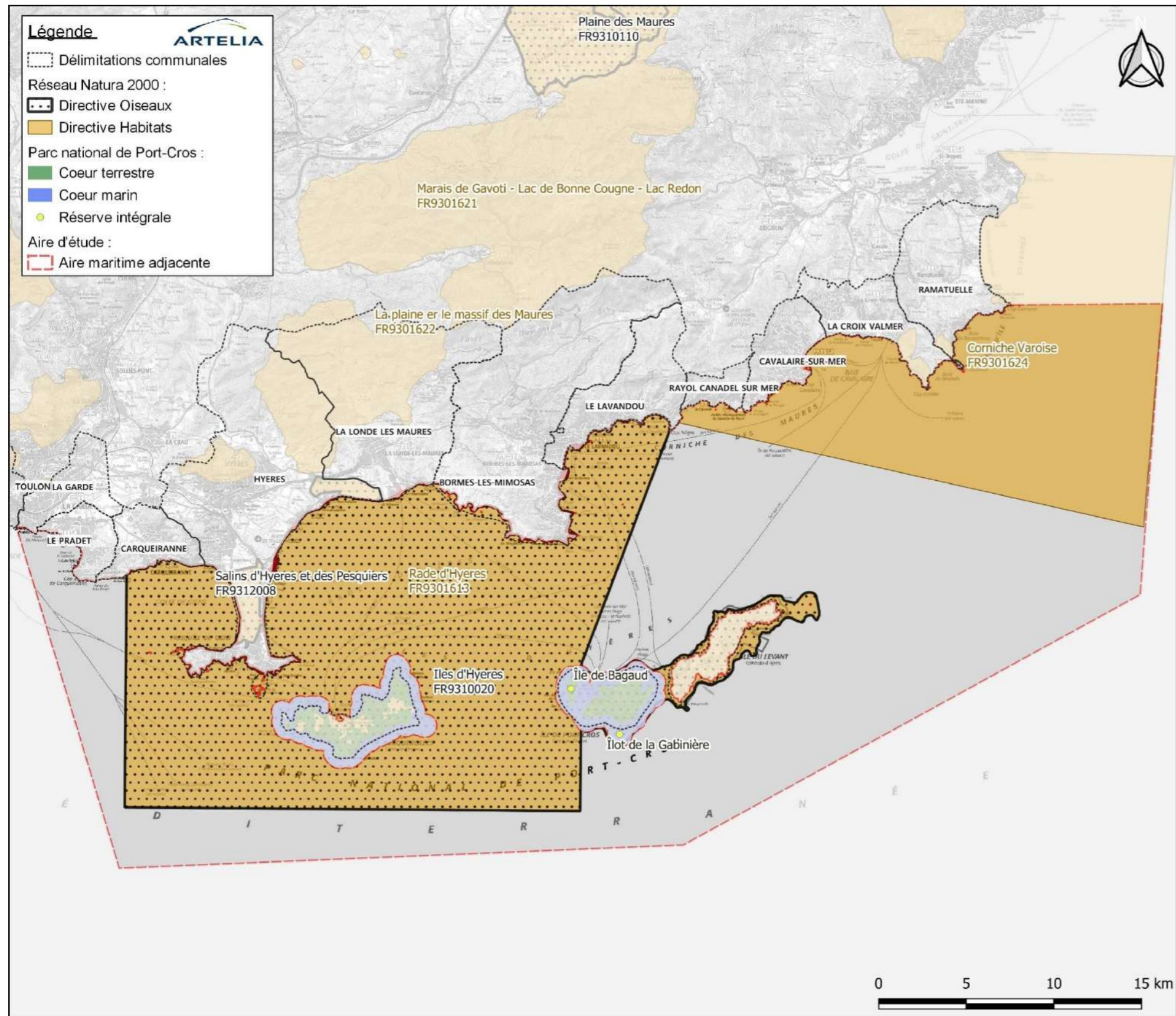


Figure 19- Sites Natura 2000 et Parc national de Port-Cros sur la zone d'étude

## 2.3. LE PATRIMOINE NATUREL ET CULTUREL

### 2.3.1. Sites Natura 2000

Les fondements du réseau Natura 2000 sont issus de deux directives européennes :

- La directive « Oiseaux » ;
- La directive « Habitats, faune, flore ».

Ces directives établissent la base réglementaire du réseau écologique européen. Les sites désignés au titre de ces deux directives forment le réseau Natura 2000.

Sur l'AMA, 4 sites Natura 2000 sont dénombrés en mer et à la côte. Ils sont décrits dans le tableau suivant :

TYPE	CODE	NOM	SURFACE	INTERETS
ZSC	FR9301613	Rade d'Hyères	48866 ha	Présence d'habitats et d'espèces remarquables en qualité excellente (nombreuses espèces rares)
ZSC	FR9301624	Corniche Varoise	28995 ha	Présence de faciès rocheux (coralligène, cystoseire et <i>Lithophyllum</i> ) et présence des biocénoses liées au canyon
ZPS	FR9310020	Îles d'Hyères	47905 ha	Zone de nidification pour le puffin yelkouan (90% des effectifs nationaux), le puffin cendré et le cormoran de Méditerranée
ZPS	FR9312008	Salins d'Hyères et des Pesquiers	961,77 ha	Présence de milieux rares en Provence en lien avec l'ancienne activité salicole Présence de 251 espèces d'oiseaux en halte migratoire, en hivernage et/ou en reproduction

### 2.3.2. Le Parc national de Port-Cros

Créé le 14 décembre 1963, le Parc national, dont les cœurs Port-Cros et Porquerolles occupent 1 700 ha de terres émergées et 2 900 ha de surfaces marines, est le second plus ancien parc marin d'Europe et de France. Le Parc national de Port-Cros est divisé en différentes aires :

- Les cœurs de parc à terre (1 700 ha) et en mer (2 900 ha) ;
- L'aire d'adhésion : 11 191 ha répartis sur 5 communes, Hyères-Les Palmiers (7 764 ha), la Croix-Valmer (2 147 ha), le Pradet (450 ha), Ramatuelle (446 ha) et la Garde (384 ha) ;
- L'aire maritime adjacente, qui constitue l'aire d'étude de la présente étude ;
- Les espaces protégés en réserves intégrales : îlots de Bagaud, la Gabinière et le Rascas.

Les cœurs de parc et les réserves intégrales ne font pas partis de l'AMA.

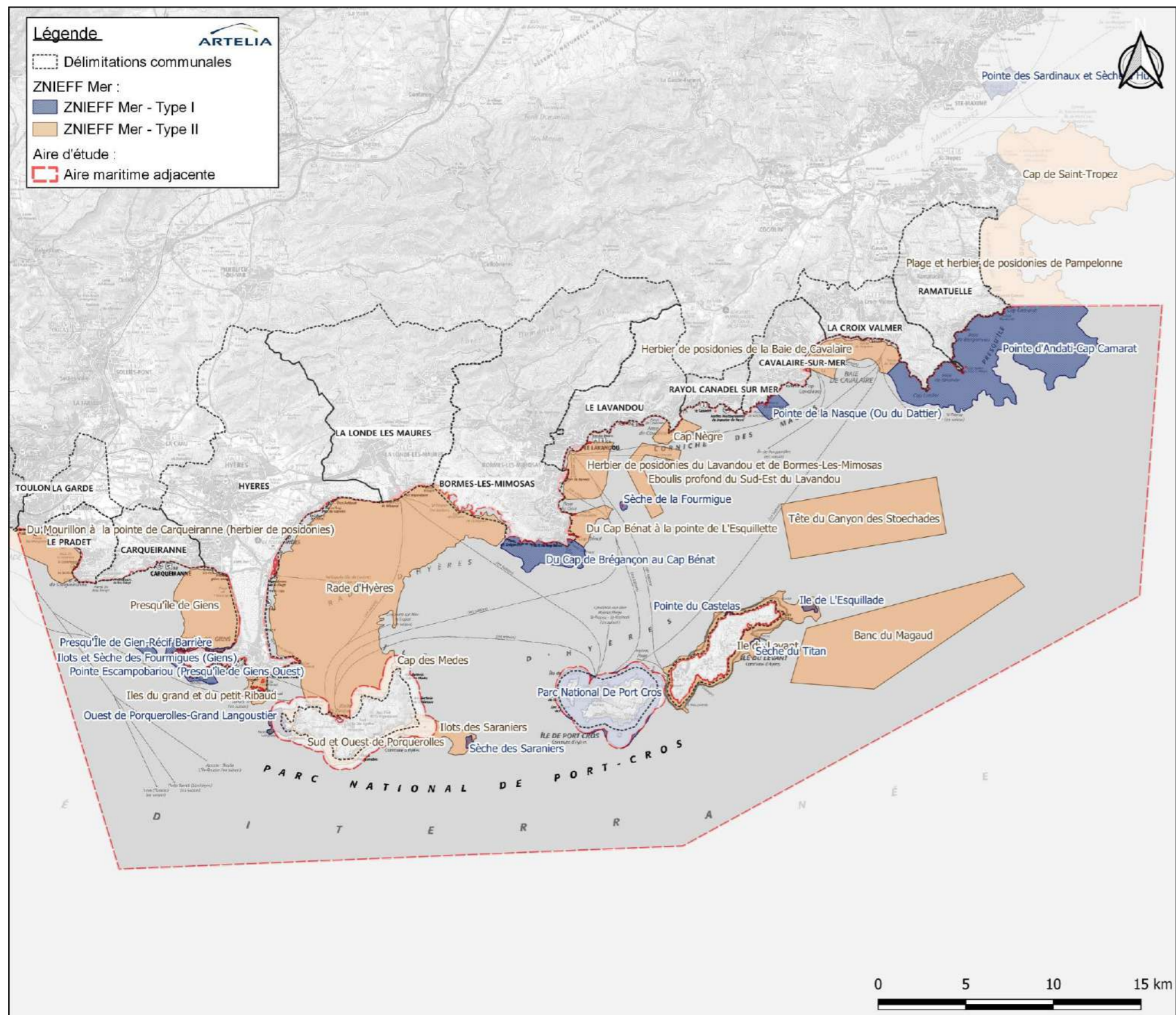


Figure 20- ZNIEFF de la zone d'étude

### 2.3.3. Les ZNIEFF

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Floristique et Faunistique (ZNIEFF) est un outil de connaissance du patrimoine naturel de la France. Ces inventaires sont des outils de connaissance et d'expertise de la biodiversité. Ils n'ont pas de valeur réglementaire.

Les ZNIEFF de l'AMA sont données dans le tableau suivant.

Type	Nom	Surface	Communes concernées
1	Pointe Escampobariou	257 ha	Hyères
1	Ilots et sèche des Fourmigues	69 ha	Hyères
1	Ouest de Porquerolles – Grand Langoustier	140 ha	Hyères
1	Presqu'île de Giens – Récif barrière	43 ha	Carqueiranne, Hyères
1	Du cap de Brégançon au cap Bénat	609 ha	Bormes-les-Mimosas
1	Parc national de Port-Cros	1281 ha	Hyères
1	Sèche de la Fourmigue	15 ha	-
1	Pointe de la Nasque	148 ha	Cavalaire-sur-Mer
1	Pointe d'Andati Cap Camarat	3734 ha	Croix-Valmer
1	Sèche des Saraniers	19 ha	Hyères
1	Sèche du Titan	25 ha	Hyères
1	Point de Castelas	7 ha	Hyères
1	Ile de l'Esquillade	33 ha	Hyères
2	Du Mourillon à la pointe de Carqueiranne	881 ha	La Garde, le Pradet, Toulon
2	Presqu'île de Giens	1420 ha	Carqueiranne, Hyères
2	Iles du grand et du petit Ribaud	154 ha	Hyères
2	Sud et ouest de Porquerolles	562 ha	Hyères
2	Ilots des Saraniers	454 ha	Hyères
2	Rade d'Hyères	8795 ha	Bormes-les-Mimosas, Hyères, La Londe-les-Maures
2	Cap des Mèdes	32 ha	Hyères
2	Ile du Levant	1050 ha	Hyères
2	Banc du Magaud	3946 ha	-
2	Du Cap Bénat à la pointe de l'esquillette	292 ha	Bormes-les-Mimosas
2	Herbier de posidonie du Lavandou à Bormes-les-Mimosas	708 ha	Bormes-les-Mimosas, Lavandou
2	Cap Nègre	174 ha	Lavandou
2	Herbiers de posidonies de la baie de Cavalaire	716 ha	Cavalaire-sur-Mer, Croix-Valmer
2	Eboulis profond du sud-est du Lavandou	459 ha	-
2	Tête de Canyon des Stoéchades	2903 ha	-

L'intérêt de ces sites réside essentiellement dans leur paysage très diversifiés, la présence de l'herbier de posidonies, de roches et de coralligène.

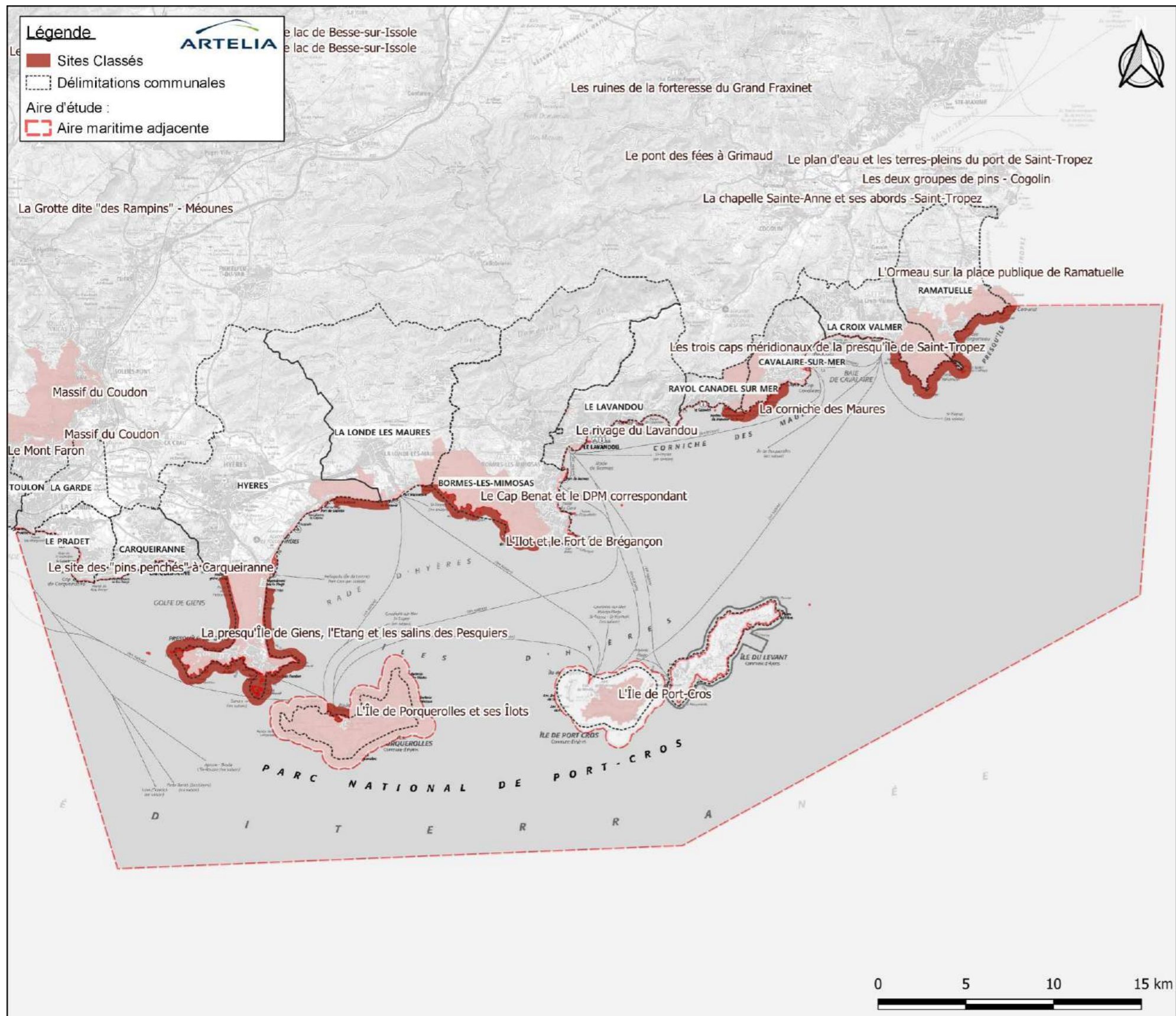


Figure 21- Sites classés de la zone d'étude

### 2.3.4. Les sites classés

Un site classé est un site à caractère artistique, historique, scientifique, légendaire ou pittoresque, dont la qualité appelle, au nom de l'intérêt général, la conservation en l'état et la préservation de toute atteinte grave. Le classement concerne des espaces naturels ou bâtis, quels que soit leur étendue.

Tous les travaux susceptibles de modifier l'état des lieux ou l'aspect des sites sont soumis à autorisation spéciale.

Le territoire de l'AMA présente des sites classés sur son littoral incluant des zones maritimes :

- La presqu'île de Giens, les îles et les îlots avoisinants, l'étang et les salins des Pesquiers et les vieux salins et le DPM correspondant ;
- L'île de Porquerolles et ses îlots ;
- Les îlots et fort de Brégançon ;
- Le cap Bénat et le DPM correspondant ;
- La Corniche des Maures ;
- Les trois caps méridionaux de la presqu'île de Saint-Tropez.

Les données cartographiques des sites archéologiques présents en mer ne sont pas disponibles. Elles ne sont donc pas représentées.

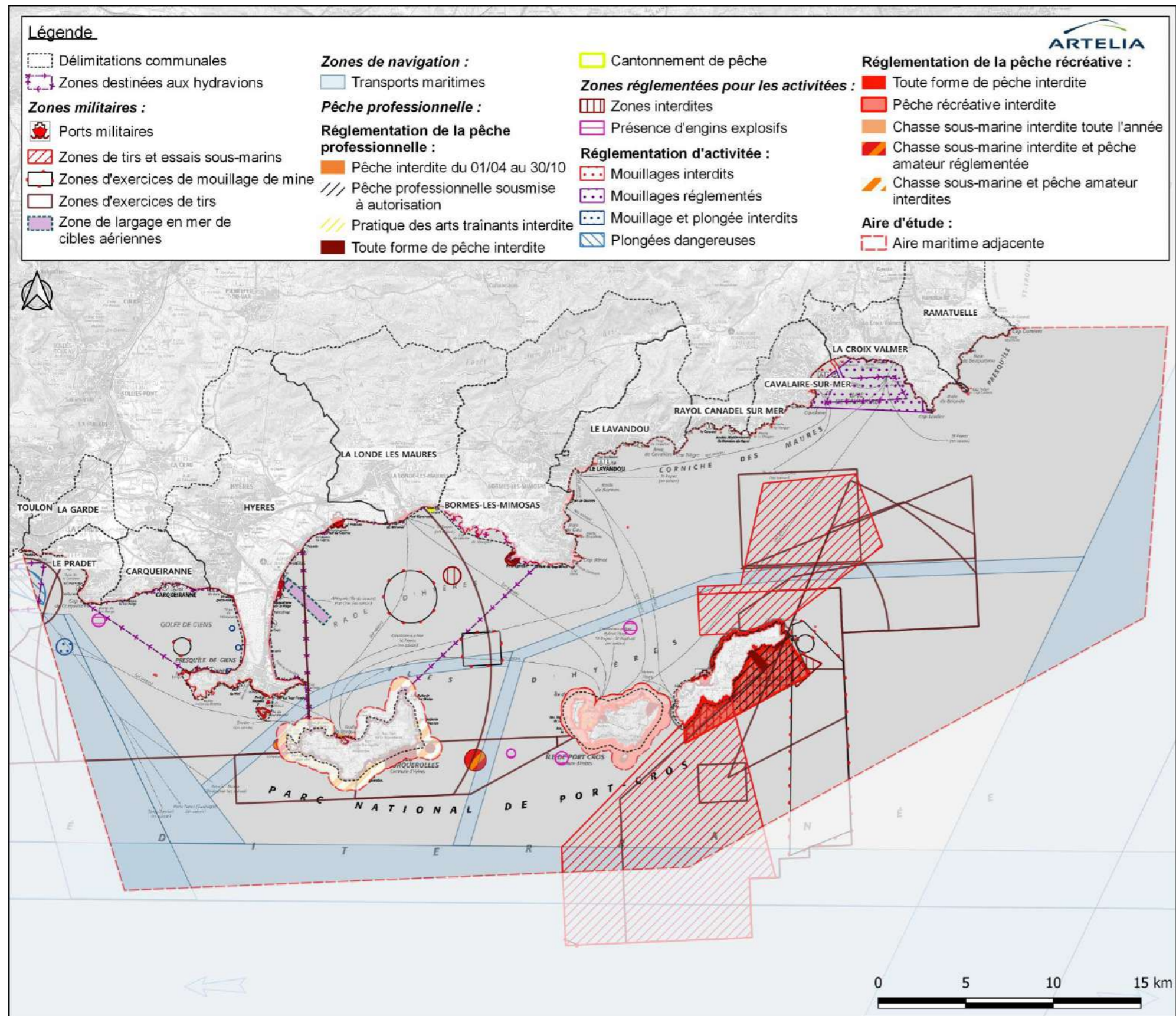


Figure 22- Zones réglementées de la zone d'étude

## 2.4. LES ACTIVITÉS SOCIO-ÉCONOMIQUES ET LES USAGES

### 2.4.1. Les zones réglementées en mer

Il existe différents types de zones réglementées sur le territoire de l'AMA :

- Des zones militaires :
  - Entre la presqu'île de Giens et le cap Camarat, la Marine nationale effectue en permanence des exercices et des essais mettant en jeu des sous-marins, des navires de surface et des avions et comportant souvent des tirs d'artillerie, de torpilles ou d'engins. Une telle zone existe également à l'ouest du cap de Carqueiranne.
  - Il existe également des zones d'exercice de mouillage de mines (au nord-ouest de la presqu'île de Giens, au centre de la rade d'Hyères, au nord de la grande passe entre Porquerolles et Port-Cros et autour du Levant) (arrêté 63-1998 du 11 août 1998 et 150/2018 du 29 juin 2018 ; arrêté 11/2000 du 20 avril 2000 du préfet maritime de la Méditerranée) ;
  - En raison du largage en mer de cibles aériennes dans le prolongement d'une des pistes de la base aéronavale, une zone est indiquée comme dangereuse aux abords de l'aérodrome de Hyères (arrêté 4/1987 du 19 février 1987 du préfet maritime de la Troisième Région) ;
- Des zones liées au transport maritime : Tous les navires civils de jauge supérieure ou égale à 300 doivent emprunter une route passant à 2 milles au sud des îles de Porquerolles, de Port-Cros et du Levant. Dans le cas où le vent est supérieur à 20 nœuds et la houle supérieure à 2 m, et en cas d'activation des zones d'exercices militaires engageant le sud des îles, les navires peuvent emprunter la petite passe, entre la tourle cardinal nord de la Jeune Garde et l'île du Grand Ribaud à vitesse réduite (arrêté 130/2013 du 15 juillet 2013 du préfet maritime de la Méditerranée) ;
- Des zones liées à la pêche professionnelle :
  - Elle est interdite à tout type d'engin dans un secteur au sud-est de Porquerolles, autour du petit Saranier, du rocher des Médes, à la pointe de l'Argentière à la Londe-les-Maures, autour du cap de Brégançon et sur différents sites autour de Port-Cros (Gabinrière, pointe du Sévereau, pointe du Vaisseau, baie de Port Man, pointe de la Galère, pointe de la Palud, la baie du port, anse de la Fausse Monnaie, anse de Janet, le cap nord de l'île de Bagaud et la pointe de Brégançonnet) et du Levant (le grand Cap, la seiche du Titan et le nord de la pointe de l'Arete) ;
  - Elle est soumise à autorisation autour de l'île du Levant ;
  - Elle est interdite du 1<sup>er</sup> avril au 30 octobre entre Port-Cros et l'île de Bagaud ;
  - La pratique des arts trainants est interdite sur le littoral à l'ouest de Porquerolles dans le cœur marin du Parc national de Port-Cros ;
  - On trouve enfin un cantonnement de pêche sur la commune de la Londe-les-Maures. L'exercice de la pêche sous toutes ses formes est interdit sur l'ensemble du cantonnement (arrêté du 14 avril 2005 du ministère de l'agriculture et de la pêche [modifié]) ;

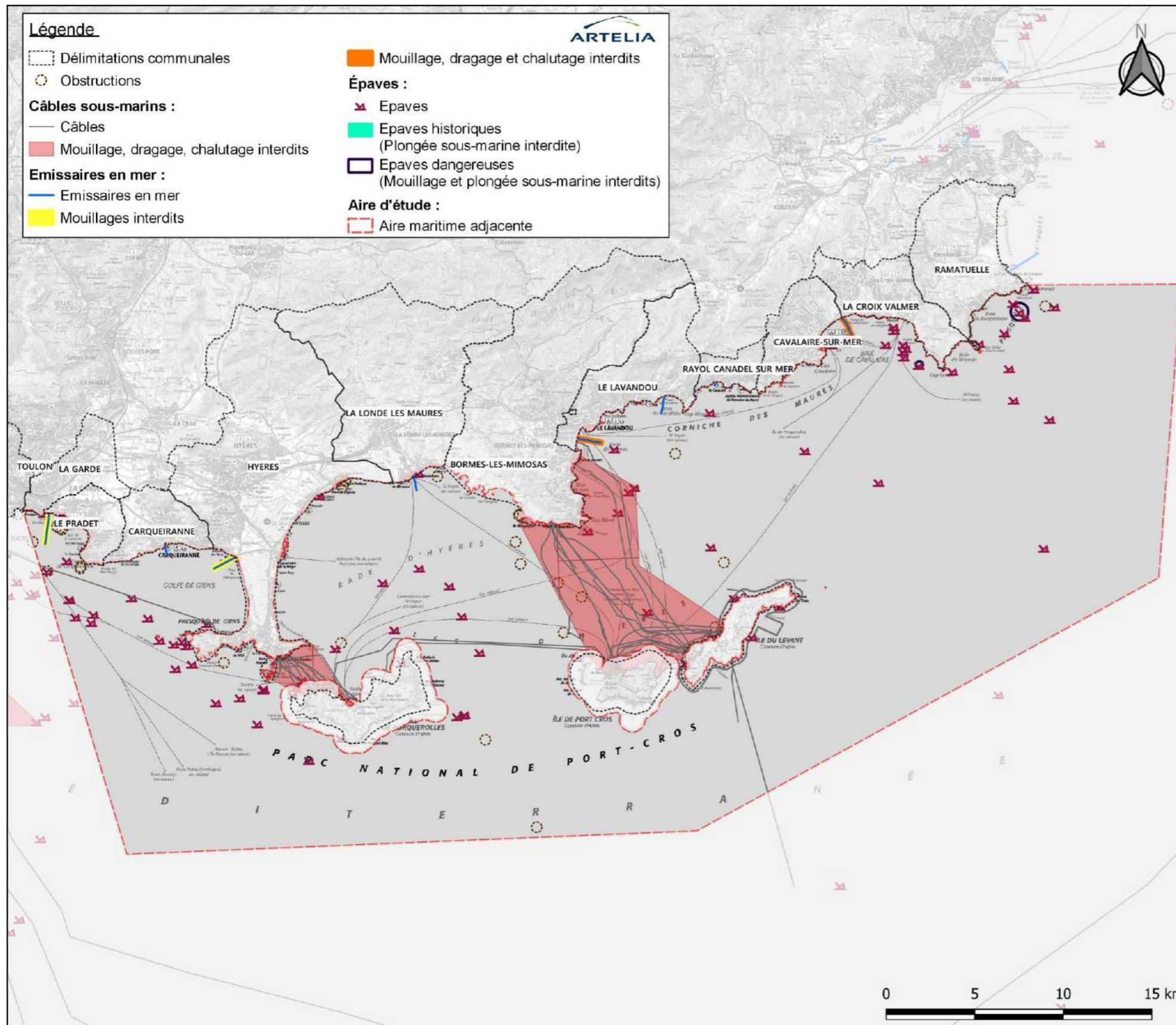


Figure 23- Obstacles et zones réglementées associées sur la zone d'étude

- Une réglementation spécifique s'applique pour la pêche dans les cœurs du Parc national de Port-Cros, situés en dehors de l'aire d'étude (chartes) ;
- Des zones destinées aux hydravions : Le golfe de Giens, la rade de Hyères, le nord de l'île de Porquerolles et la baie Cavalaire-sur-Mer sont susceptibles d'être utilisés par des hydravions de lutte contre les feux de forêts ;
- Des zones réglementées pour les activités :
  - Le mouillage est interdit à tous navires autour de l'île du Levant, du cap de Brégançon, au nord de Port-Cros, au sud de Porquerolles, autour du rocher des Mèdes
  - Afin de protéger les posidonies, le mouillage d'engins de toute nature, la baignade et la plongée sous-marine sont interdits dans quelques zones de 150 m de diamètre à proximité de la pointe de l'Ermitage (arrêté 2/1999 du 22 février 1999 du préfet maritime de la Méditerranée) ;
  - Autour de l'île de Porquerolles, de ses îlots et des sèches des Sarraniers et du Langoustier, la navigation, le mouillage des navires, la plongée sous-marine et la pratique des sports nautiques de vitesse sont réglementés dans la bande littorale des 600 mètres (arrêté 152/2020 du 28 juillet 2020 du préfet maritime de la Méditerranée) ;
  - Le mouillage, la plongée sous-marine, le dragage et toute activité de pêche maritime professionnelle comme de loisirs sont interdits au niveau de la pointe du Bau Rouge entre Le Pradet et Carqueiranne, entre Porquerolles et Port-Cros, au SW de la pointe de la Malalongue de l'île de Port-Cros et au nord-ouest de la pointe du Petit Avis, de l'île du Levant (arrêté 42/1994 du 26 septembre 1994 du préfet maritime de la Méditerranée) ;
  - Des zones réglementées pour la pêche de loisirs autour de l'île du Levant, de Port-Cros et Porquerolles et également entre ces 2 dernières îles ;
  - Le mouillage sur ancre est réglementé dans la baie de Cavalaire-sur-Mer (arrêté 157/2011 du 19 août 2011 du préfet maritime de la Méditerranée) ;
  - A la Garde, une zone de plongée dangereuse ;
- Des zones interdites à la navigation, la pêche, la plongée et toute autre activité au sud de Porquerolles, autour du petit Sarranier, dans plusieurs baies de Port-Cros, autour d'un un coffre pour grand bâtiment mouillé à 1,9 M à l'ouest-sud-ouest du cap de Brégançon, autour du cap de Brégançon et autour de l'île du Levant ;
- Des zones interdites pour cause de présence d'engins explosifs au nord de Port-Cros, entre Port-Cros et Porquerolles et au sud du cap de Carqueiranne (arrêté 68/2020 du 14 mai 2020 du préfet maritime de la Méditerranée).

On trouve également des obstacles constitués par :

- Les câbles sous-marins : Ils sont nombreux entre Giens et Porquerolles et entre Bormes-les-Mimosas et Port-Cros et le Levant. Il existe également des liaisons entre Porquerolles et Port-Cros, un câble dirigé vers le large depuis l'île du Levant et un câble reliant Giens à Saint-Mandrier. Le dragage et le chalutage sont interdits et le mouillage est réglementé dans les secteurs où les câbles sont nombreux (arrêté 36/1995 du 21 août 1995 du préfet maritime de la Méditerranée) ;

- Les émissaires : sur le littoral de l'AMA, on trouve 10 émissaires permettant le rejet des eaux usées traitées ou des eaux pluviales. La proximité de certains de ces émissaires est réglementée, notamment par l'interdiction de mouillage. Il existe également une canalisation d'eau potable au sud de la presqu'île de Giens (*arrêté 41/2005 du 7 juillet 2005 du préfet maritime de la Méditerranée ; arrêté 41/2005 du 7 juillet 2005 du préfet maritime de la Méditerranée ; arrêté 16/1999 du 10 mai 1999 du préfet maritime de la Méditerranée ; arrêté 9/1990 du 22 mars 1990 du préfet maritime de la Troisième Région*)
- Les épaves et obstructions : de nombreuses épaves sont présentes sur l'aire d'étude. La plongée sous-marine est interdite sur 2 épaves historiques, situées au nord-est de l'île de la Redonne et au sud-sud-ouest du cap Camarat, afin de les préserver (*arrêté 6/1998 du 26 février 1998 du préfet maritime de la Méditerranée ; arrêté 61/1987 du 10 septembre 1987 du préfet maritime de la Troisième Région*). Enfin, le mouillage et la plongée sous-marine sont interdits dans une zone de 200 m de rayon aux abords du cap Lardier, du fait de la présence d'une épave dangereuse (*arrêté 67/2000 du 6 septembre 2000 du préfet maritime de la Méditerranée*).

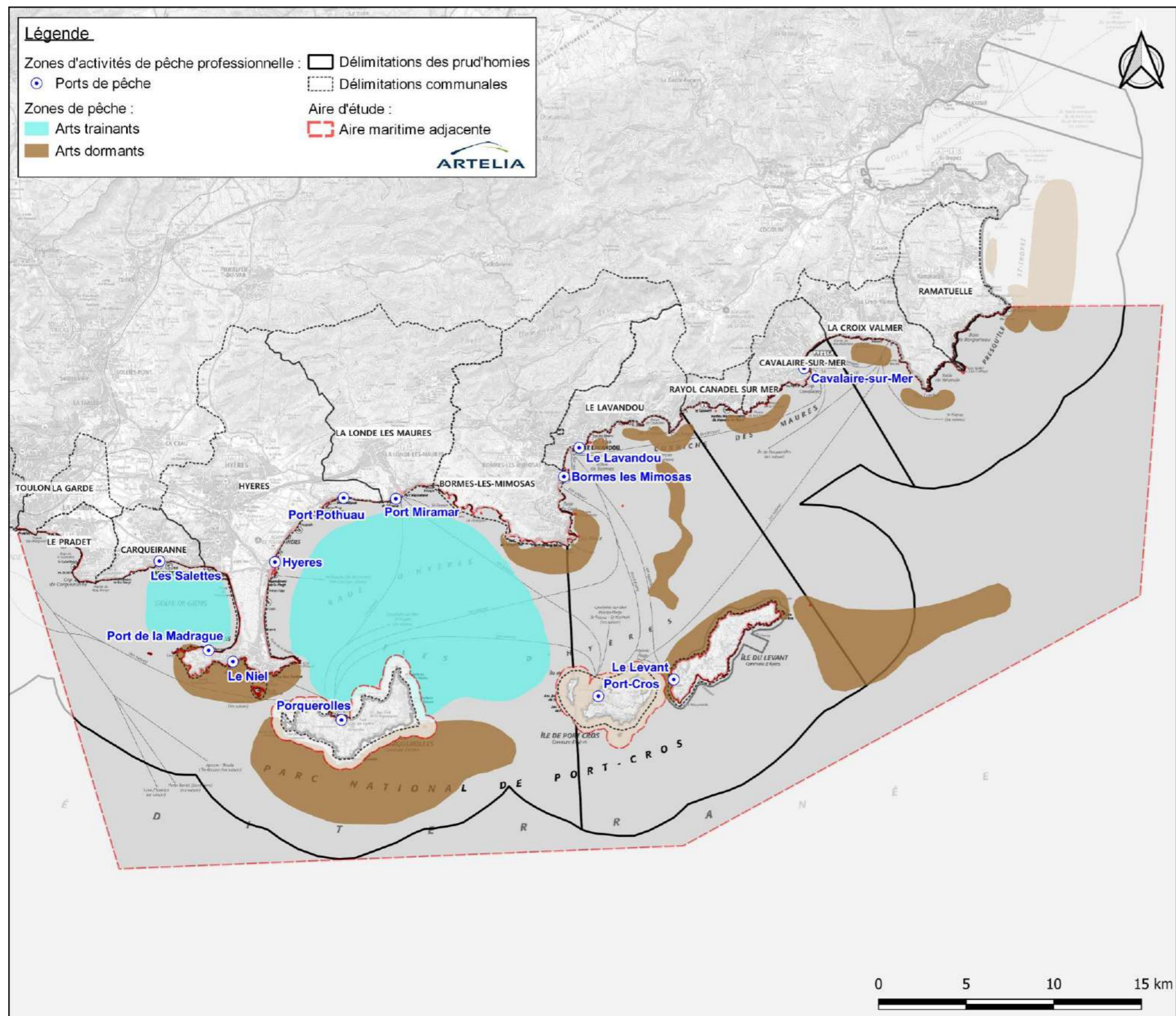


Figure 24- Zones d'activités de pêche professionnelles de la zone d'étude

## 2.4.2. Les zones d'activités de pêche professionnelle

La zone d'étude est incluse dans le quartier maritime de Toulon. Ce quartier compte 181 navires inscrits pour 157 navires actifs à la pêche (l'AMA compterait 57 navires) pour 185 marins. Elle compte 11 ports de pêche répartis sur le littoral.

La pêche professionnelle dans le Var est une petite pêche côtière pratiquée par des unités de dimension et de capacité réduite (majoritairement entre 6 et 10 m sur le quartier maritime de Toulon en 2019).

Dans le quartier de Toulon, 88% des navires actifs réalisaient leurs activités dans la bande des 3 milles nautiques en 2019. La quasi absence de plateau continental empêche la pratique du chalutage tel qu'il est connu dans les autres régions, et permet la survie et le développement d'activités traditionnelles. Le filet est l'engin le plus utilisé ainsi que la palangre. Les métiers pratiqués cibles les poissons démersaux et benthiques, les langoustes, les dorades royales, les thonidés, les céphalopodes, mais aussi les oursins, pêchés en apnée. La pratique des arts dormants est majoritairement mise en œuvre au niveau des côtes rocheuses de l'aire d'étude, mais aussi de la tête du canyon de Stoéchades.

La pêche au ganguis, technique traditionnelle qui se pratique dans l'herbier de posidonie pour cibler les poissons nécessaires à la réalisation de la soupe ou de la bouillabaisse, est encore pratiquée par 6 à 9 navires en fonction des saisons. Cette activité est mise en œuvre dans la rade d'Hyères et le golfe de Giens.

La gestion de la pêche en Méditerranée est menée à l'échelle locale par les Prud'homies. La zone d'étude en compte 3, celle de Toulon, qui comprend 4 sections en plus de celle de Toulon, Carqueiranne, Giens, Hyères-Porquerolles, Les Salins d'Hyères, celle du Lavandou et celle de Saint-Tropez.

D'après la fiche du SIH de l'Ifremer, les 15 espèces de poissons principales pêchées dans le quartier maritime de Toulon en 2019 sont :

Tableau 7- Les 15 espèces de poissons les plus pêchées dans le quartier maritime de Toulon en 2019 en valeur des ventes (Ifremer, 2020)

Espèce	Valeur (k€)	Tonnage (T)	Prix moyen calculé (€/kg)
Espadon	509 (15%)	46 (9%)	11,04
Rascasses	406 (12%)	56 (11%)	7,29
Langouste rouge	369 (11%)	9 (2%)	39,12
Dorade rose	347 (10%)	34 (7%)	10,30
Dorade royale	302 (9%)	29 (6%)	10,49
Rouget de roche	178 (5%)	18 (4%)	9,83
Bonite à dos rayé	132 (4%)	18 (4%)	7,30
Seiche commune	122 (4%)	15 (3%)	7,90
Merlu européen	105 (3%)	22 (5%)	4,75
Sar commun	103 (3%)	19 (4%)	5,34
Bar européen	100 (3%)	5 (1%)	18,31
Denté commun	66 (2%)	3 (1%)	23,55
Oursin	62 (2%)	5 (1%)	13,00
Serran	59 (2%)	20 (4%)	2,91
Calmars	38 (1%)	2 (0%)	16,16
Autres espèces	576 (17)	185 (38%)	3,12



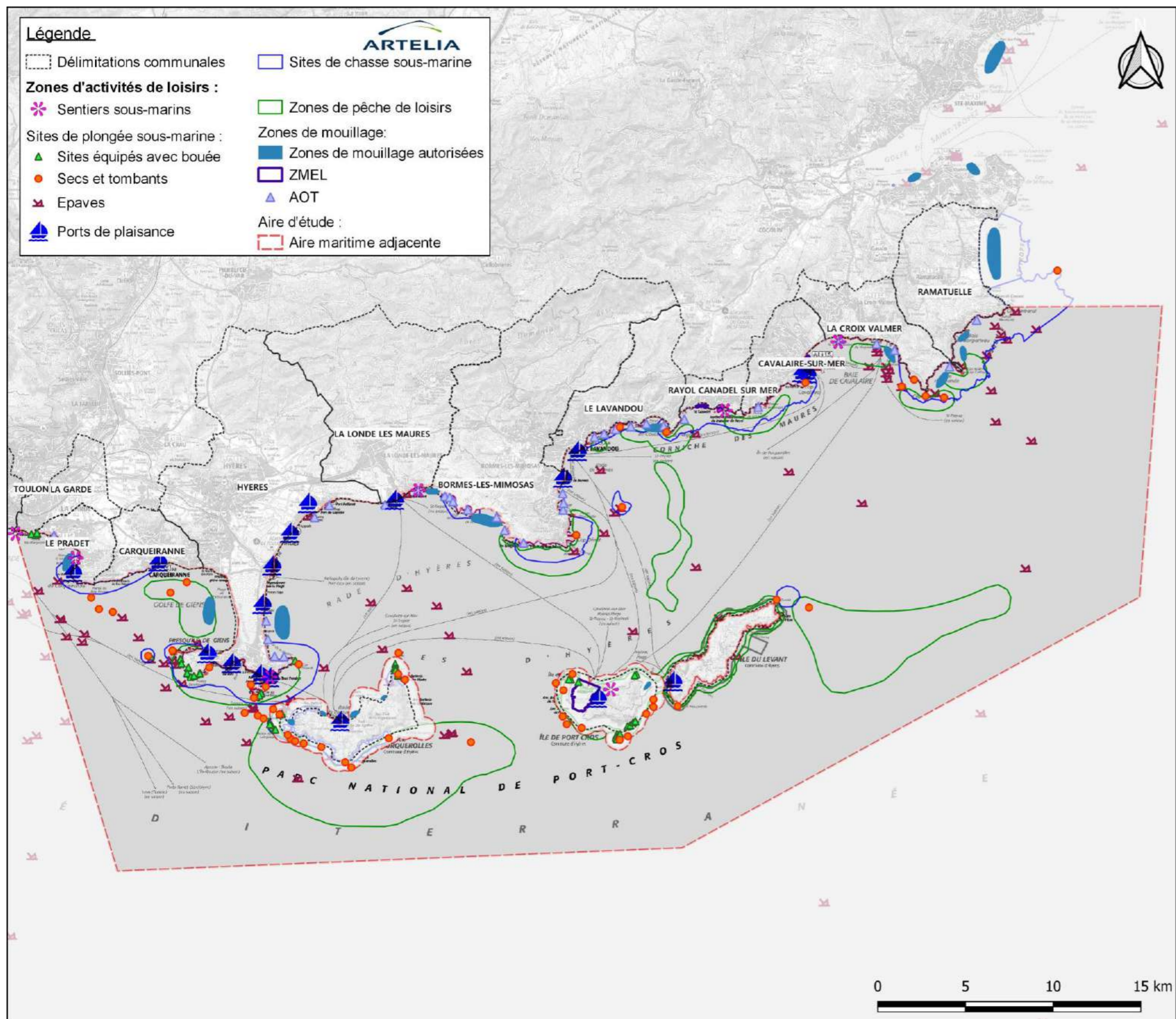


Figure 25- Activités de loisirs de la zone d'étude

## 2.4.3. Les zones d'activités de loisirs

### 2.4.3.1. Pêche de loisirs

La pêche de loisirs est une activité très présente sur la zone d'étude, liée à la plaisance de proximité. Elle contribue fortement aux prélèvements des ressources actuelles (poissons, oursins, etc.) et entre ainsi de manière indirecte en concurrence avec l'activité de pêche professionnelle.

Les zones privilégiées sont, comme pour les professionnelles, liées aux littoraux rocheux. Il en est de même pour la chasse sous-marine.

### 2.4.3.2. Mouillage

L'aire d'étude compte 18 ports de plaisance qui possèdent des capacités d'accueil importantes (plus de 1 000 places pour 3 d'entre eux). Ces plaisanciers naviguent généralement en été, dans le bassin proche de leur port d'attache. Ils privilégient généralement les sorties à la journée et le mouillage dans des zones abritées.

On trouve différentes catégories de zone de mouillage sur l'aire d'étude : des zones où le mouillage est autorisé, des zones réglementées par des AOT et des ZMEL. Elles sont réparties sur l'ensemble du littoral.

### 2.4.3.3. Sites de plongée sous-marine

L'aire marine compte une soixantaine de clubs de plongée. La fréquentation est très importante dans le secteur qui présente à la fois des paysages sous-marins d'exception et un patrimoine archéologique important.

Les sites les plus fréquentés correspondent à des zones de roches isolées, et des épaves. Certains sites ont été équipés de bouées de mouillage pour éviter les ancrages récurrents.

### 2.4.3.4. Sentiers sous-marins

La zone d'étude compte 9 sentiers sous-marins accessibles au plus grand nombre ([www.visitvar.fr](http://www.visitvar.fr)) :

- Le sentier sous-marin de l'Anse Magaud (La Garde) ;
- Le sentier sous-marin de la Baie de la Garonne (Le Pradet) ;
- Le sentier sous-marin de la Palud à Port-Cros (Hyères) ;
- Le sentier sous-marin de la Pointe du Bouvet (Hyères) ;
- Le sentier sous-marin du site Archéologique d'Olbia (Hyères) ;
- Le sentier sous-marin du jardin des Mattes (La Londe-Les-Maures) ;
- Le sentier sous-marin du domaine du Rayol, Le Jardin des Méditerranées (Rayol-Canadel) ;
- Le sentier sous-marin de l'îlot du Crocodile – plage de Jovat (la Croix-Valmer).

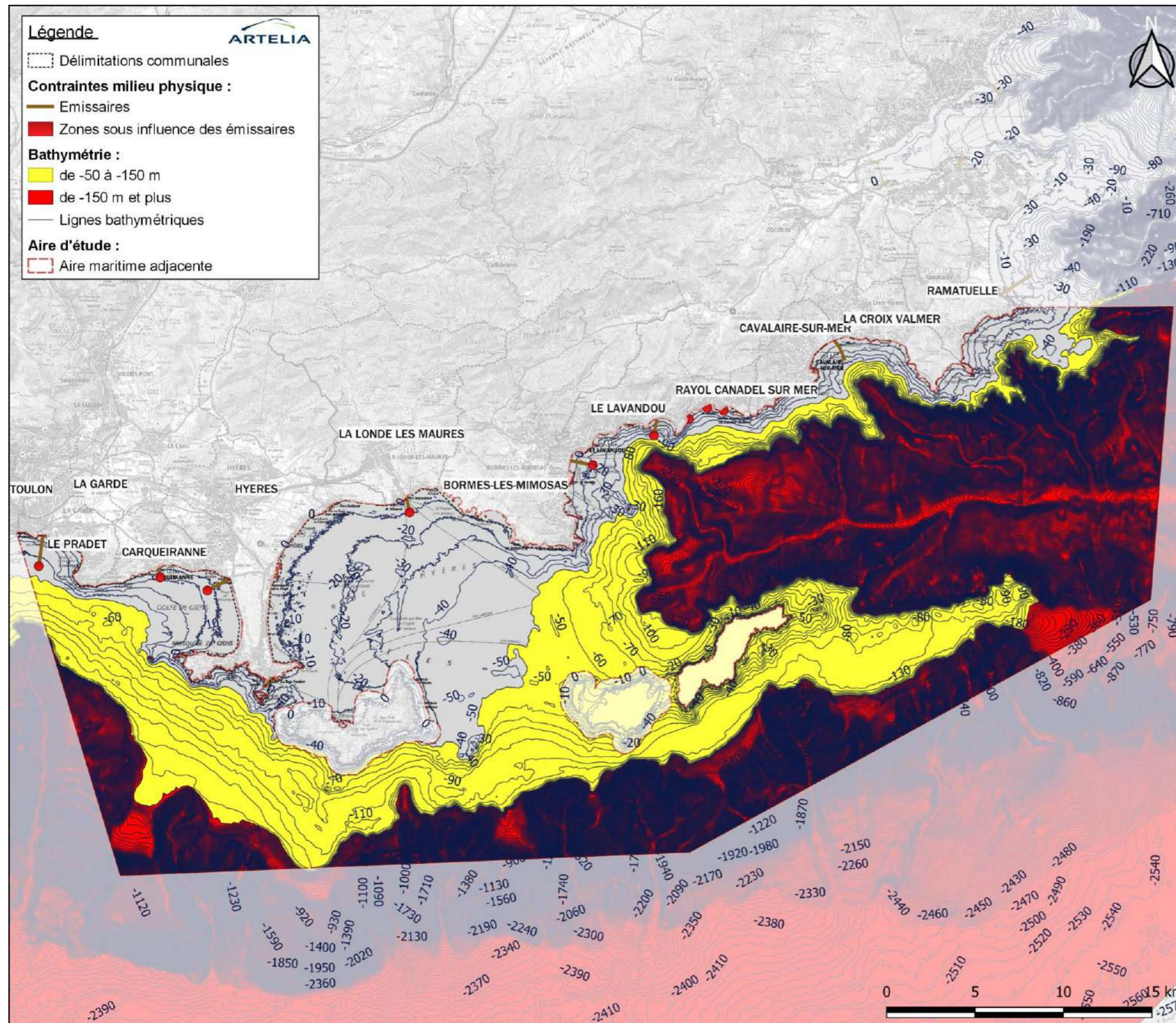


Figure 26- Contraintes du milieu physique

### 3. ANALYSE DES CONTRAINTES

A partir du diagnostic du territoire, il est possible de recenser les composantes qui présentent des contraintes faibles à fortes pour l'implantation de récifs artificiels. Les composantes qui ne constituent pas une contrainte ne sont pas reprises sur les cartes.

#### 3.1. CONTRAINTES DU MILIEU PHYSIQUE

Pour le milieu physique, 3 composantes ont été étudiées : la bathymétrie, les courants et la qualité des eaux.

Concernant la bathymétrie, l'analyse bibliographique a révélé que les espèces cibles qui guideront la conception fonctionnelle des RA ne vivent pas dans un étage plus profond que 50 m. Au-delà, la contrainte a été qualifiée de faible, car l'intérêt d'immerger des récifs serait limité.

Pour immerger des récifs, il faut de plus des fonds plats. Les zones de cayons ne sont donc pas adaptées et constituent des zones de contraintes fortes, au-delà de la ligne bathymétrique des 150 m.

Les courants ne génèrent pas de contrainte particulière pour l'implantation des récifs artificiels. Les courants d'upwelling sont source de nutriment et rendent les eaux côtières sous leur influence riches.

Enfin, la bonne qualité des eaux révélée par les classements des zones conchylicoles ne constituent pas une contrainte pour le projet.

En revanche, les émissaires présents à la côte, rejetant les eaux usées traitées ou les eaux pluviales des communes littorales, peuvent être source de contamination du milieu. Planter des récifs artificiels dans un secteur sous influence du panache de l'un de ces émissaires ne serait pas judicieux. Ainsi, une zone de 500 m de diamètre a été définie autour de chaque émissaire recensés à la côte dans le périmètre de l'AMA, conformément aux zones interdites par l'arrêté de classement des zones conchylicoles. Ces zones constituent une contrainte forte pour l'implantation des récifs artificiels.

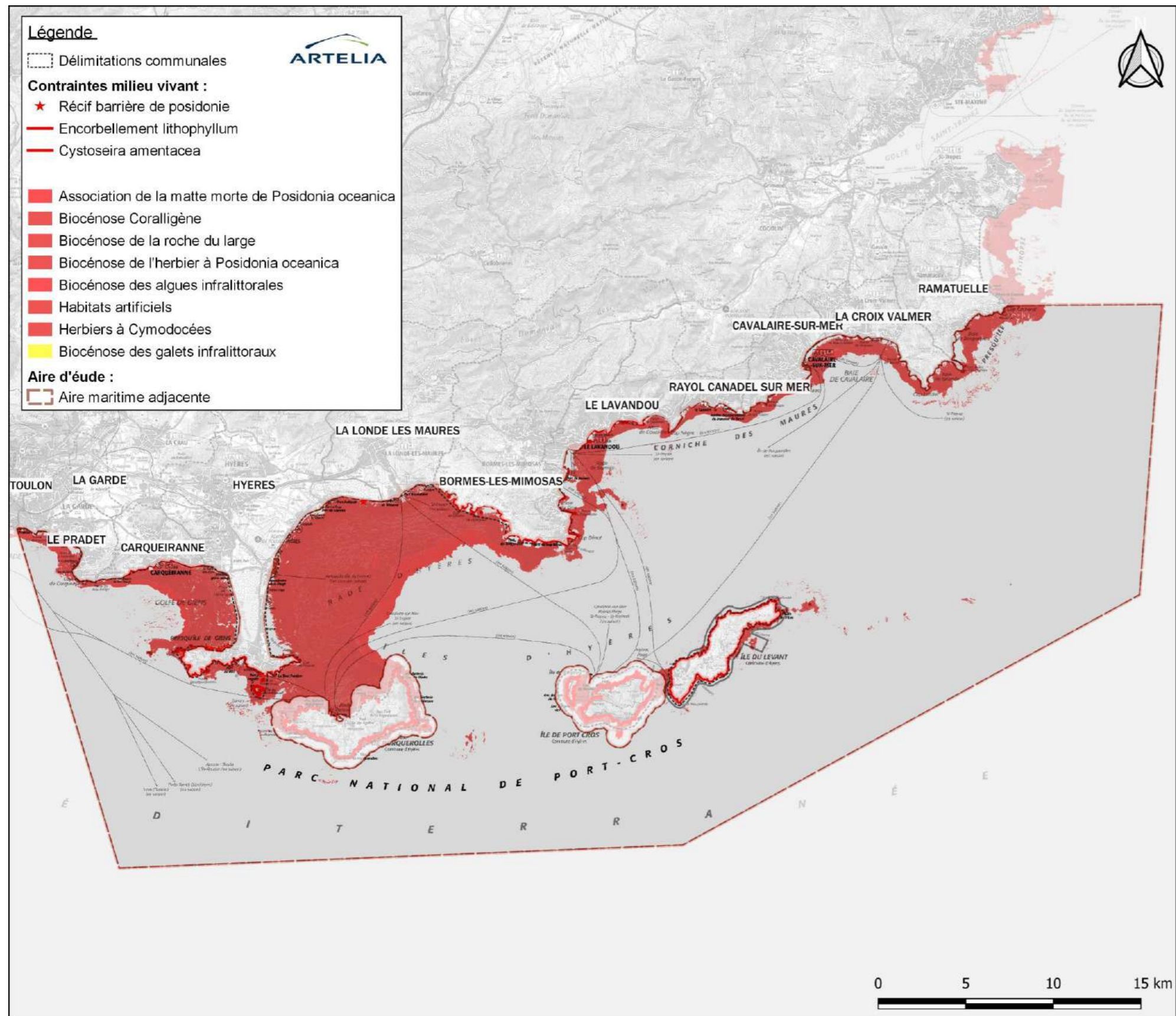


Figure 27- Contraintes du milieu vivant

### 3.2. CONTRAINTES DU MILIEU BIOLOGIQUE

Parmi les habitats présents sur l'aire marine adjacente, certains représentent des contraintes pour l'implantation de récifs artificiels.

- Les herbiers de posidonies et de cymodocées sont composés d'espèces protégées et constituent des habitats de grande valeur écologique. Aucune pression humaine ne doit y être exercée. La contrainte appliquée sur ces habitats est forte.
- Il en est de même pour les récifs barrières de posidonies, les encorbellements à *Lithophyllum*, les zones de développement de la cystoseire, les zones de matre morte et le coralligène. La contrainte appliquée sur ces habitats est également forte.
- Les autres habitats de substrats durs présents possèdent également un intérêt écologique et paysager et ne constituent pas des zones plates et stables nécessaire pour la mise en place des récifs artificiels. La contrainte est donc forte également pour les roches du large, la biocénose des algues infralittorales et le coralligène.
- Les habitats artificiels ne sont pas des zones adaptées à l'implantation de récifs. La contrainte est forte.
- Les substrats meubles présentant de faibles pentes sont adaptés au projet. Ils ne sont donc pas une contrainte.
- Il en est de même des zones de galets, en fonction de leur granulométrie. Leur niveau de contrainte est donc faible.

Enfin, les zones de richesse de l'ichtyofaune sont des zones intéressantes pour le projet pour favoriser la colonisation de nouvelles structures implantées dans le milieu.

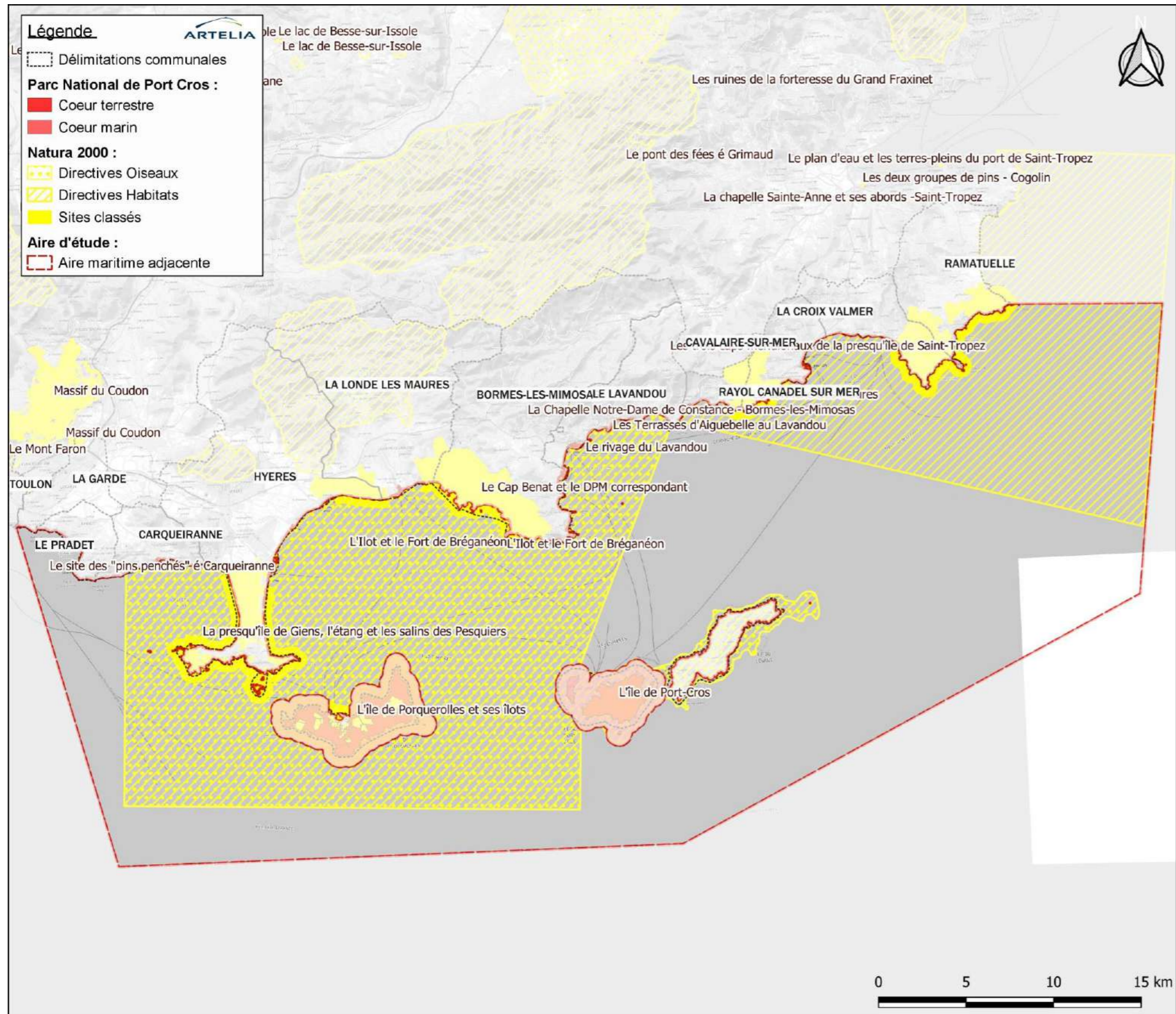


Figure 28- Contraintes du patrimoine naturel et culturel

### 3.3. CONTRAINTES DU PATRIMOINE NATUREL ET CULTUREL

Les sites patrimoniaux recensés sur le territoire de l'aire d'étude constituent tous des contraintes faibles pour le projet :

- Les sites Natura 2000 et les ZNIEFF constituent des zones d'intérêt écologiques qu'il ne faut pas dégrader mais le projet ne serait pas de nature à avoir des incidences sur ces milieux. Une évaluation des incidences au titre des sites Natura 2000 sera nécessaire si le projet concerne directement un site ou sa proximité.
- Les sites classés sont réglementés pour préserver leur intérêt paysager. Les récifs étant immergés, il n'y aura pas d'incidence sur ces sites du fait de la mise en œuvre du projet. En revanche, une demande d'autorisation spécifique devra être établie à ce titre.

Les sites archéologiques présents en mer ne sont pas cartographiés mais constitueront des zones de contraintes fortes, où tout aménagement sera exclu pour préserver le patrimoine culturel qu'ils constituent.

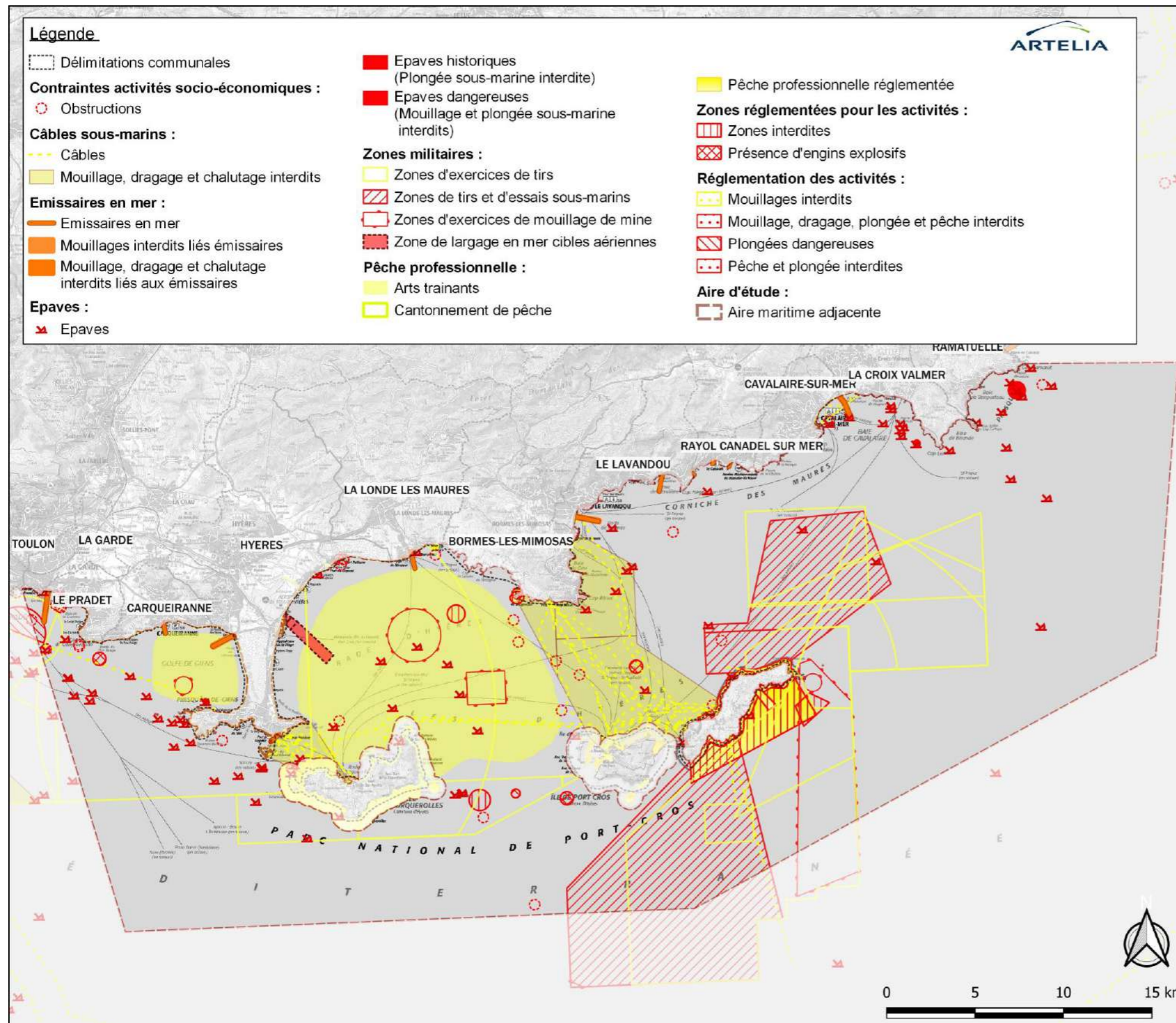


Figure 29- Contraintes socio-économiques

### 3.4. CONTRAINTES LIÉES AUX ACTIVITÉS SOCIO-ÉCONOMIQUES ET AUX USAGES

Pour les zones réglementées, le niveau de contraintes pour le projet sera fonction des motifs qui réglementent la zone :

- Les zones interdites, certaines zones militaires (zone d'exercice de mouillage de mine, zone de largage en mer de cibles aériennes, zone de tirs et d'essais sous-marins), les obstructions et les épaves, les zones de présence d'engins explosifs et les zones interdites aux activités représentent une contrainte forte. Il ne sera pas possible d'y intervenir ;
- Les émissaires et les zones réglementées associées sont équipables de structures éco-conçues mais présentent peu d'intérêt pour les plongeurs et les pêcheurs. La contrainte y est donc moyenne.
- Les zones d'exercices de tirs, les câbles et les zones réglementées associées, les zones de pêche interdites ou réglementées et le cantonnement de pêche, tous les secteurs où le mouillage est interdit sont des secteurs qui ne seront pas accessibles pour les usagers mais qui pourront être équipés dans l'objectif d'y produire de la biomasse de poissons qui, par effet réserve, pourra bénéficier aux sites alentours. La contrainte y est définie comme faible.

Les zones destinées aux hydravions, les zones de transport maritime, les zones de pêche de loisirs, les sites de plongées sous-marines, les zones de mouillage autorisé, les sentiers sous-marins ne constituent pas des contraintes pour le projet. Elles ne sont donc pas représentées.

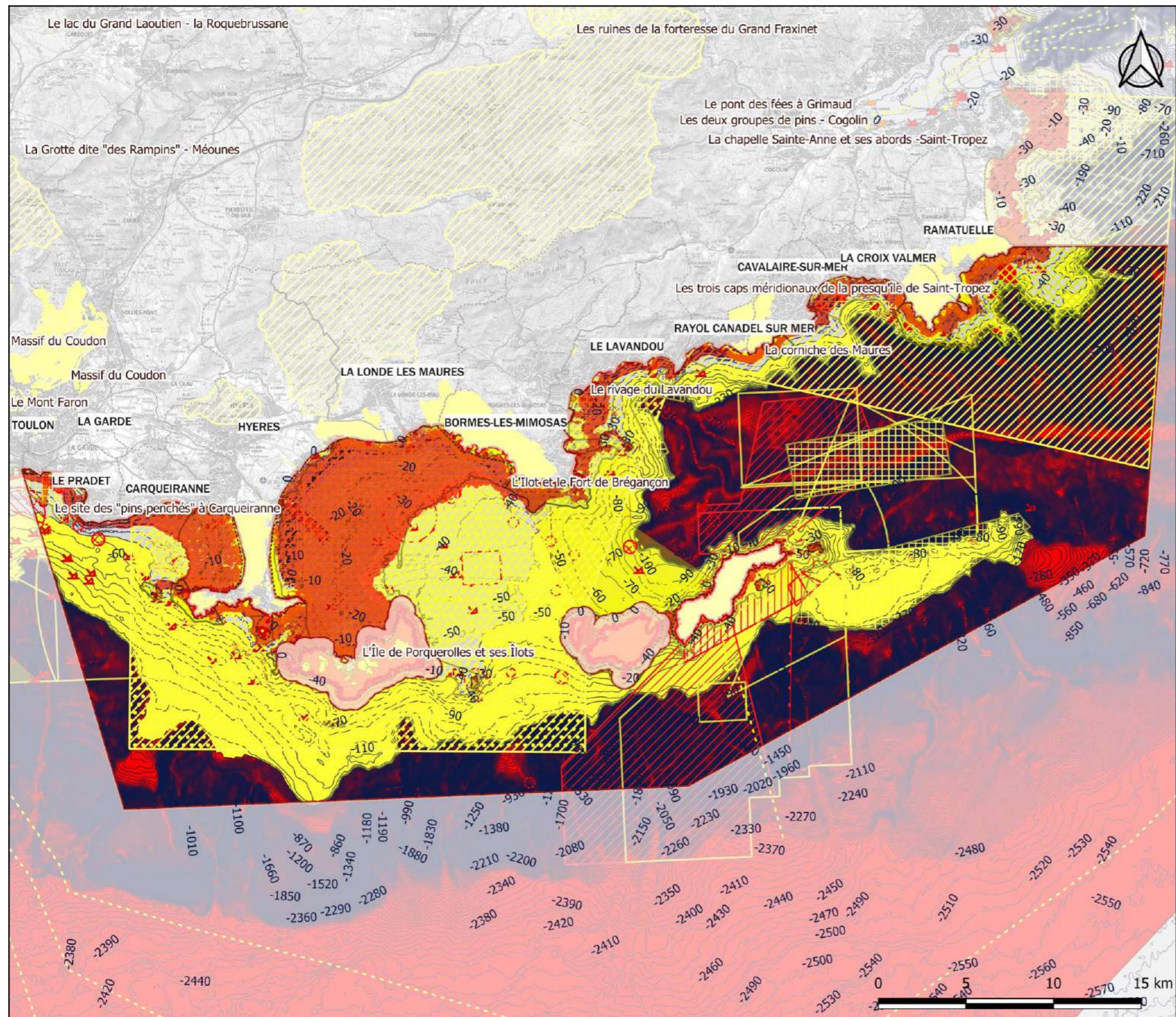


Figure 30- Bilan des contraintes sur la zone d'étude

### 3.5. BILAN DES CONTRAINTES

La carte ci-contre regroupe l'ensemble des contraintes identifiées sur la zone d'étude.

L'analyse des zones sans contrainte ou de contraintes faibles va permettre d'identifier les sites potentiels pour l'immersion de récifs artificiels.

## Légende

☐ Délimitations communales

### Contraintes milieu physique :

■ Zones d'influence des émissaires

— Emissaires

### Bathymétrie :

■ de -50 à 150 m

■ de -150 et plus

— Lignes de bathymétrie

### Contraintes milieu vivant :

★ Récif barrière de posidonie

— Encorbellement lithophyllum

— Cystoseira amentacea

■ Association de la matre morte de Posidonia oceanica

■ Biocénose Coralligène

■ Biocénose de la roche du large

■ Biocénose de l'herbier à Posidonia oceanica

■ Biocénose des algues infralittorales

■ Habitats artificiels

■ Herbiers à Cymodocées

■ Biocénose des galets infralittoraux

### Contrainte Patrimoine :

#### Parc National de Port Cros :

■ Coeur terrestre

■ Coeur marin

#### ZNIEFF :

■ ZNIEFF Mer Type I

■ ZNIEFF Mer Type II

#### Natura 2000 :

■ Directives oiseaux

■ Directives Habitats

■ Sites classés

### Contraintes activités socio-économiques :

○ Obstructions

### Câbles sous-marins :

--- Câbles

■ Mouillage, dragage et chalutage interdits

### Emissaires en mer :

— Emissaires en mer

■ Mouillages interdits liés aux émissaires

■ Mouillage, dragage et chalutage liés aux émissaires

### Epaves :

■ Epaves

■ Epaves historiques  
(Plongée sous-marine interdite)

■ Epaves dangereuses  
(Mouillage et plongée sous-marine interdits)

### Zones militaires :

■ Zones d'exercices de tirs

■ Zone de largage en mer cibles aériennes

■ Zones d'exercices de mouillage de mine

■ Zones de tirs et d'essais sous-marins

### Pêche professionnelle :

■ Arts trainants

■ Pêche professionnelle réglementée

■ Cantonnement de pêche

### Zones réglementées pour les activités :

■ Zones interdites

■ Présence d'engins explosifs

### Réglementation des activités :

■ Mouillages interdits

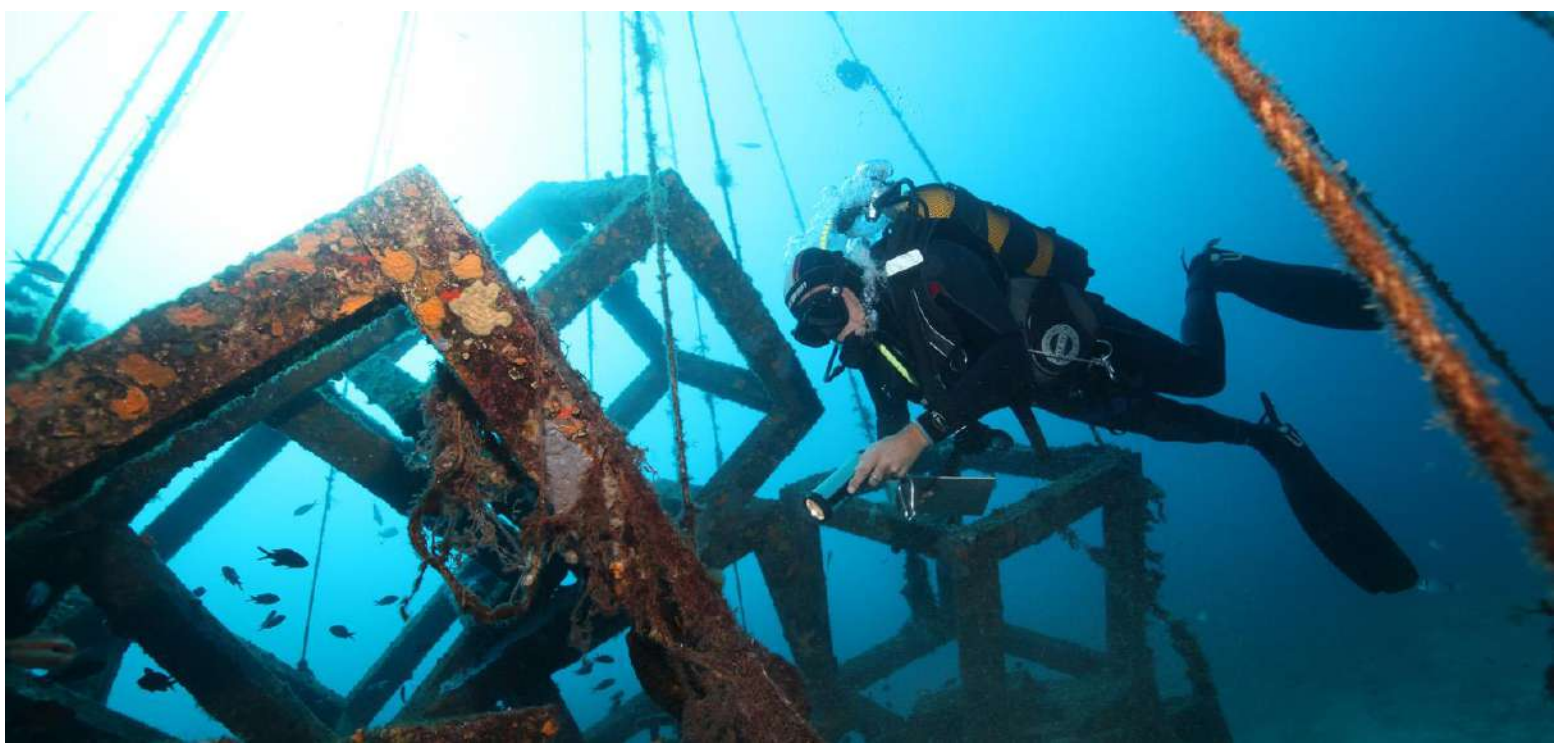
■ Mouillage, dragage, plongée et pêche interdits

■ Plongées dangereuses

■ Pêche et plongée interdites

### Aire d'étude :

☐ Aire maritime adjacente



## C. ETUDE APPROFONDIE





L'étude approfondie a pour objet de proposer une démarche de réflexion pour envisager l'immersion de récifs artificiels sur le territoire de l'AMA. Elle n'a pas vocation à donner des solutions clés en main, qui devront être issues d'études de terrain et d'une concertation aboutie avec les acteurs concernés.

## 1. EBAUCHE DE RÉFLEXION

Afin d'élaborer une réflexion sur l'implantation de récifs artificiels, il est nécessaire de répondre à ces questions : « Quelles espèces cibler ? » « Quelles fonctions cibler ? », en fonction des souhaits émis durant la concertation et des opportunités proposées par le territoire étudié, sachant que ces espèces et ces fonctions pourront autant répondre aux besoins des pêcheurs professionnels et des plongeurs de loisirs.

### 1.1. QUELLES FONCTIONS CIBLER ?

Comme vu précédemment, les récifs artificiels peuvent répondre à plusieurs fonctions pour l'ichtyofaune :

- Alimentation ;
- Abris ;
- Reproduction ;
- Nurseries.

En dehors de ces fonctions purement biologiques, d'autres fonctions peuvent également être visées :

- La connexion/complexification d'habitat ;
- La diversification du paysage et des habitats
- Le caractère esthétique ;
- Le caractère éducatif.

La fonction d'un site est induite par la forme et la disposition de l'habitat naturel ou artificiel (Relini *et al.*, 2007).

### 1.2. QUELLES ESPÈCES CIBLER ?

Il est proposé dans la partie bibliographique de cette étude des espèces cibles, définies comme subissant des pressions anthropiques fortes. D'autres types d'espèces peuvent également être ciblées et notamment, des espèces d'intérêt communicationnel et éducatif (espèces lisibles, espèces représentatives d'un processus écologique, représentatives d'une évolution culturelle (usages, lois, rapport à la nature), représentatives d'une mission du parc...)

Les zones de vie de ces espèces dépendent notamment de la bathymétrie. Elles sont précisées dans le tableau suivant pour les espèces ciblées ici.

Classe d'espèce	Espèces	Stade de vie	Aire de vie
<b>Espèces benthiques</b>	Langouste	Juvenile/adulte	20 à 50 m
	Chapon, poulpe	Adulte	
<b>Espèces démersales</b>	Rouget	Pré-adulte/adulte	20 à 30 m
	Loup	Adulte	
	Sar	Adulte	20 à 35 m
	Mérou, corb,	Pré-adulte/adulte	20 à 45 m
	Daurade et dorade grises	Adulte	
	Denti	Pré-adulte/adulte	
	Calmar	Pré-adulte/adulte	20 à 50 m
Pagre	Pré-adulte/adulte	35 à 50 m	
<b>Espèces pélagiques</b>	Pélamide	Pré-adulte/adulte	20 à 35 m
	Thon rouge	Adulte	20 à 50 m
	Sérieole	Pré-adulte/adulte	

Tableau 8- Répartition bathymétrique des zones de vie des espèces cibles

Ces zones de vie proposées ici correspondent essentiellement à celle des pré-adultes et adultes. L'identification d'habitat spécifique pour les juvéniles est complexe et nécessite une étude approfondie du territoire afin d'obtenir une connaissance fine du comportement des espèces cibles locales quant à leurs besoins fonctionnels.

Cependant, il est possible d'indiquer que, généralement la profondeur de la répartition des stades de vie des poissons s'étend ainsi :

- Entre 0 et 10 m : présence de juvéniles, de pré-adultes et d'adultes ;
- Entre 10 et 30 m : présence de pré-adultes et d'adultes ;
- Au-delà de 30 m : présence d'adultes.

Ainsi, en première approche, cette répartition bathymétrique pourra être prise en compte lors de la réflexion sur les opportunités de site.

### 1.3. QUELS RÉCIFS POUR QUELLES ESPÈCES ?

L'étude bibliographique a permis de définir le logigramme suivant :

Espèces	Stade de vie	Aire de vie	Classe d'espèce	Fonction écologique	Habitats naturels recherchés et besoins	Complexité des modules	Distance entre les modules/habitats naturels	Forme	Espace interne	Exemple de type de récifs	Hauteur dans la colonne d'eau	Volume total des villages
Langouste	Juvenile/adulte	20 à 50 m	<b>Espèces benthiques Type A</b>	<b>Alimentation/Abris</b>	Substrats durs présentant des cavités sombres et complexes majorité ou partie du corps en contact avec l'habitat artificiels	Abris nombreux et complexes	Autour de 200m maximum	Cavités de tailles > ou égale aux espèces cibles	Espaces internes proches de la taille des espèces cibles (cavité étroites et souvent cryptiques)	Un simple amas de pierres entassées de faible hauteur	Inférieure ou égale à 10 % de la hauteur de la colonne d'eau	
Chapon, poulpe	Adulte									Un entassement de petits modules de béton (blocs de 1,5 m ou de 2 m de côté, ou de forme cylindrique) formant un amas à cavités complexes et de faible hauteur		
Rouget	Pré-adulte/adulte	20 à 30 m								Un simple amas de pierres entassées de hauteur adaptée		
Loup	Adulte											
Sar	Adulte	20 à 35 m										
Mérou, corb,	Pré-adulte/adulte	20 à 45 m	<b>Espèces démersales Type B</b>	<b>Alimentation/Abris</b>	Substrats durs présentant un relief et des cavités moyennes à grandes peu de contact physique avec l'habitat artificiels mais nage à proximité	Abris peu complexes	Autour de 200m maximum	Cavités de taille > à l'espèce cible	Espaces internes suffisamment grands pour que les espèces puissent visuellement s'identifier entièrement et se déplacer dans les cavités sans touchés les bords	Un entassement de petits modules de béton de taille adaptée formant un amas à cavités complexes de hauteur adaptée	Supérieure ou égale à 10% de la hauteur de la colonne d'eau	400 m <sup>3</sup> minimum à 1 000 m <sup>3</sup> ou plus
Daurade et dorade grises	Adulte									Un assemblage de petits modules en béton de hauteur variable moyenne à haute		
Denti	Pré-adulte/adulte	20 à 50 m										
Calmar	Pré-adulte/adulte											
Pagre	Pré-adulte/adulte	35 à 50 m										
Pélamide	Pré-adulte/adulte	20 à 35 m	<b>Espèces pélagiques Type C</b>	<b>Alimentation/Abris</b>	La colonne d'eau et la proximité de remontées du fond abruptes ou avec un fort relief	Pas d'abris	Autour de 300 m et jusqu'à 800 m	Cavité non nécessaire	Forme créant des perturbations courantologiques	Un assemblage de petits modules en béton de grande hauteur	Supérieure à 50 % de la hauteur de la colonne d'eau et/ou avec au moins une partie supérieure à la hauteur du niveau le plus bas de la thermocline	
Thon rouge	Adulte	20 à 50 m								Un grand module en béton ou en acier de grande hauteur		
Sériole	Pré-adulte/adulte									Un très grand module, de grand volume et de grande hauteur, en acier ou mixte		

Tableau 9- Logigramme d'aide à la réflexion pour la conception de récifs artificiels

Ce logigramme présente différentes entrées : les espèces ou les types d'espèces ciblées et la zone bathymétrique concernées afin d'identifier leur besoin pour concevoir au mieux des récifs artificiels adaptés et favoriser leur colonisation.

Ce logigramme correspond à la mise en œuvre de récifs pour des fonctions d'abris et d'alimentation pour des adultes essentiellement. L'implantation de récifs à des fins de reproduction ou de nurseries nécessitera une étude fine du territoire pour améliorer les connaissances sur les besoins des espèces lors de ces différents stades de vie.

## 1.4. QUELLES ZONES CIBLER ?

Différents critères doivent être considérés pour identifier des zones potentielles d'immersion de récifs adaptés aux objectifs visés, et notamment :

- Des critères physiques :
  - La bathymétrie ;
  - L'hydrodynamisme : courant, agitation... ;
  - La nature des fonds ;
  - La pente ;
  - La qualité des eaux ;
  - La place disponible...
- Des critères biologiques :
  - Les habitats en présence ;
  - Les zones fonctionnelles connues...
- Des critères socio-économiques :
  - La réglementation sur le site ;
  - Les usages du site ;
  - La fréquentation du site
  - en regard du caractère du parc (paysagers, esthétiques, avec intervention artistique en accord avec le caractère / esprit du lieu du site possible) ;
  - ...
- Des critères d'ordre pratique :
  - L'accessibilité au site ;
  - La sécurité du site...

Les critères présentés ne sont pas exhaustifs et pourront être complétés au gré des souhaits et données collectées après des acteurs concernés notamment.

### 1.4.1. Eléments de réflexion

#### 1.4.1.1. Les critères physiques

De nombreux critères physiques du milieu conditionnent la fonctionnalité d'un habitat pour les poissons et notamment :

- Une zone de fond meuble et de pente faible permettra une meilleure stabilité des ouvrages lors de leur mise en place et dans le temps ;
- La courantologie pourra être la cause d'affouillements et d'ensablement des récifs, remettant en cause leur possibilité d'être fonctionnel dans le temps ;
- Les zones soumises aux courants d'upwelling seront plus riches en nutriment et favoriseront le développement de la faune et la flore sur les structures immergées ;
- La place disponible conditionnera le fait qu'un récif soit fonctionnel, la bibliographie indiquant que la dimension minimale d'une unité de RA permettant d'abriter un écosystème viable (équilibre durable) devrait être de 400 m<sup>3</sup> et que la moyenne pour un équilibre entre volume et production semble se situer autour de 1 000 m<sup>3</sup> ou plus (Pioc'h, 2008) ;

- De grandes zones monotones de sédiments meubles pourront être identifiées pour viser un objectif de diversification du paysage et/ou des habitats par la mise en place de structures immergées.

#### **1.4.1.2. Les critères biologiques**

Concernant les critères biologiques :

- Les habitats de posidonie et de roches sont des zones connues pour le développement de la faune et la flore marines, la proximité de ces habitats permettra une colonisation optimisée de structure ;
- La connectivité entre les habitats, ou modules artificiels, s'établit jusqu'à 200 m de distance pour les espèces démersales et benthiques, et autour de 300 m jusqu'à 800 m pour les espèces pélagiques. Au-delà de 1 000 m, on considère que deux unités sont quasi-indépendantes ;
- La limite bathymétrique de 30 m correspond à la limite inférieure des herbiers sur ce secteur et donc à la limite d'extension des végétaux marins et de productivité biologique optimales.

#### **1.4.1.3. Les critères socio-économiques**

Les critères socio-économiques doivent également être pris en considération dans le choix du site, et notamment :

- Un site inaccessible aux usagers permettra d'apporter des zones de calme favorables à la colonisation des structures. Il ne sera pas directement utilisable, mais pourra, par effet réserve, bénéficier à la productivité biologique des zones alentours qui pourront être ciblées par les pêcheurs notamment.
- Plus le site sera fréquenté pour différents usages, plus le dérangement y sera important pour la faune et la flore et plus il sera défavorable à une bonne colonisation. Il sera de plus soumis au risque d'être abimé.

#### **1.4.1.4. Les critères pratiques**

Parmi les critères d'ordre « pratiques », il est possible de noter :

- L'accessibilité depuis un port : plus le site sera proche d'un port, plus son accès sera facile pour les usagers ;
- La sécurité : un site abrité des vents dominants permettra un accès sécuritaire et plus fréquent aux usagers ;

Il est proposé de représenter cartographiquement certains de ces critères sur la zone d'étude afin d'apporter des éléments de réflexion préliminaires.

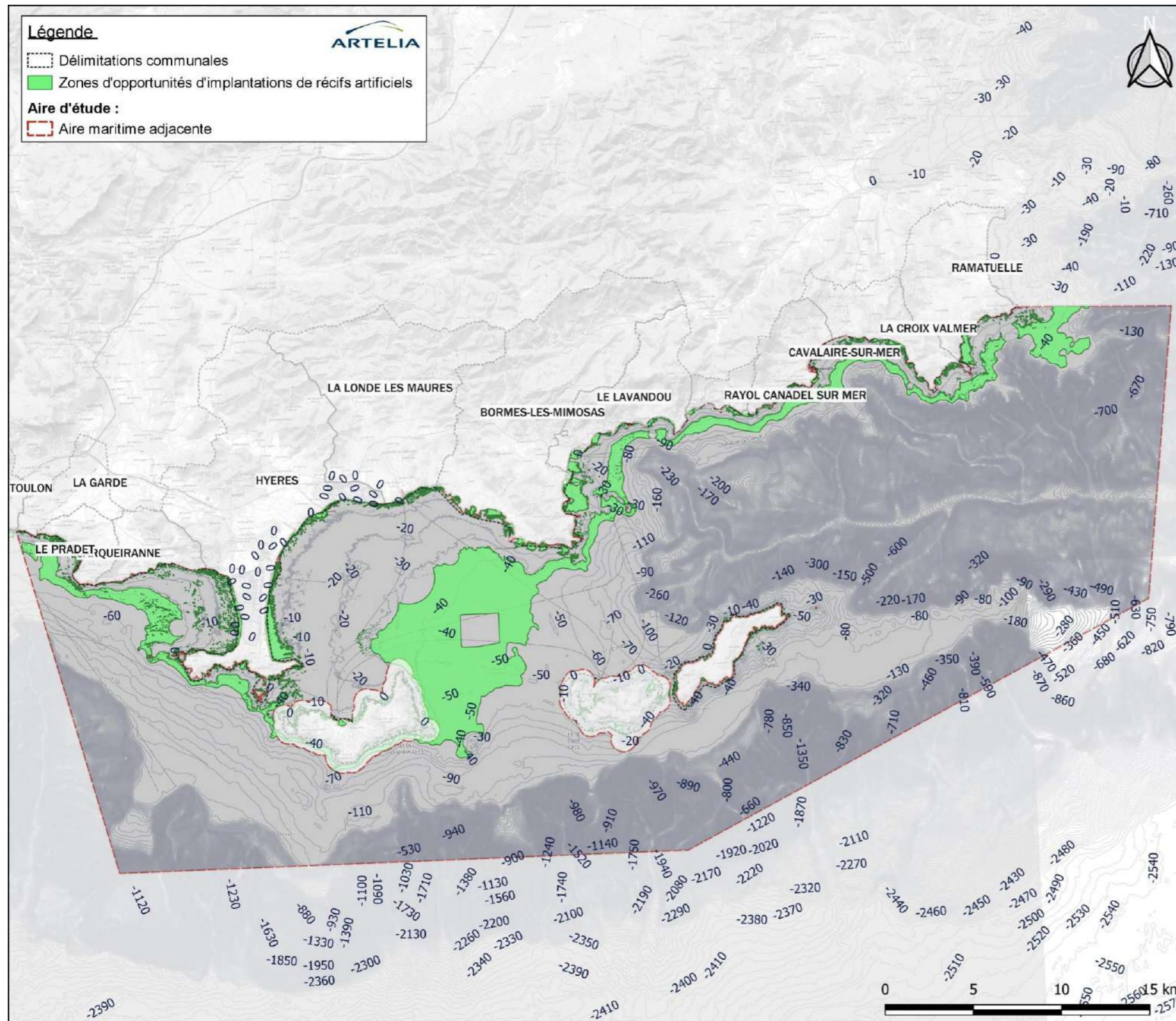


Figure 31- Les zones d'opportunités de la zone d'étude pour l'immersion de récifs artificiels

## 2. EBAUCHE DE RÉFLEXION ADAPTÉE AU TERRITOIRE DE L'AMA

### 2.1. CARTE DES OPPORTUNITÉS

A partir de la carte de bilan des contraintes, une carte des zones d'opportunités du territoire pour l'implantation de récifs artificiels a été réalisée.

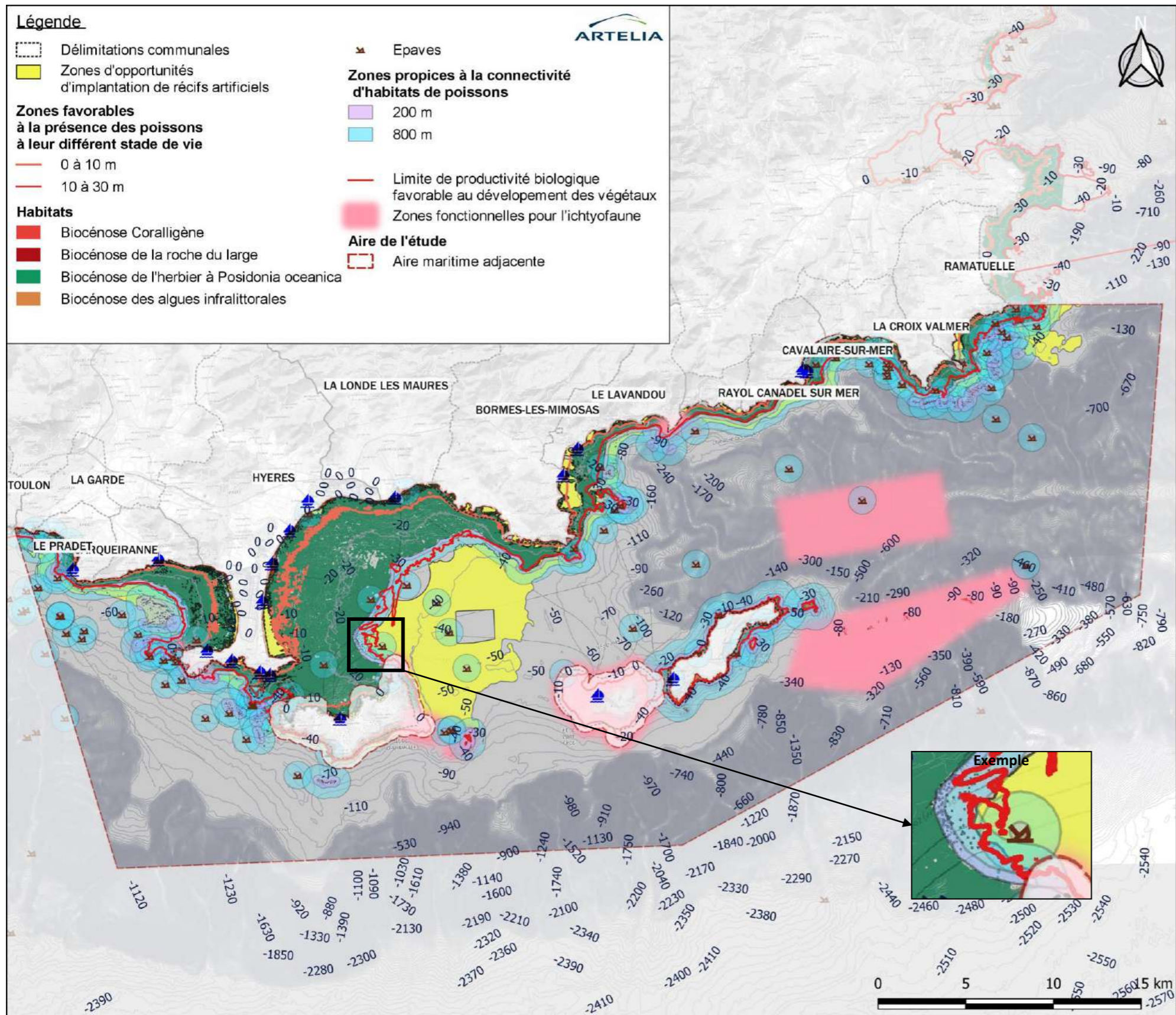
Cette carte met en évidence deux secteurs d'opportunités :

- Une bande située entre 30 et 50 m de profondeur sur quasiment l'ensemble de la zone d'étude. Cette zone est étendue dans la rade d'Hyères et plus étroite sur les autres secteurs de la zone d'étude ;
- De petites zones de substrat meuble entre 0 et 10 m réparties sur le littoral de la zone d'étude.

Il est possible, à partir des critères proposés, d'élaborer des cartes pour aider la réflexion sur l'implantation potentielle de récifs artificiels. Différents critères doivent être étudiés ici en fonction des objectifs recherchés :

- Des critères biologiques, afin d'identifier des secteurs favorables à la colonisation optimale des récifs par les espèces visées ;
- Des critères en faveur de l'utilisation par les pêcheurs professionnels ;
- Des critères en faveur de l'utilisation par les plongeurs de loisirs.

Ainsi, trois cartes sont proposées. Ces cartes n'ont pas vocation à être exhaustives dans les critères représentés et pourront être complétées par toutes données pertinentes qui permettront de faire avancer la réflexion, notamment à l'issue des concertations.



## 2.2. FONCTIONNALITÉS BIOLOGIQUES

Différents critères relatifs à la biologie des espèces ont été représentés sur la carte :

- Les zones favorables à la présence des poissons à leurs différents stades de vie :
  - Entre 0 et 10 m : zone favorable à la présence de juvéniles, de pré-adultes et d'adultes ;
  - Entre 10 et 30 m : zone favorable à la présence de pré-adultes et d'adultes ;
  - Au-delà de 30 m : zone favorable à la présence d'adultes.
- Les zones fonctionnelles identifiées pour l'ichtyofaune issues des données ZNIEFF ;
- La ligne bathymétrique des 30 m marquant la limite de productivité biologique favorable au développement des végétaux ;
- Les habitats de poissons constitués des habitats de substrats durs et des herbiers de posidonies :
  - Biocénose des roches du large ;
  - Biocénoses à coralligène ;
  - Biocénoses des algues infralittorales ;
  - Les épaves ;
  - Herbier de posidonies.
- Les zones propices à la connectivité d'habitats de poissons constitués par une zone de :
  - 200 m de rayon pour les espèces benthiques et démersales ;
  - 800 m de rayon pour les espèces pélagiques.

**Exemple :** la zone zoomée pour l'exemple montre un secteur proche des herbiers et d'une épave, tous deux habitats de nombreuses espèces de poissons, qu'il pourrait être intéressant d'équiper dans le but de créer une connexion entre ces habitats et de complexifier les habitats présents en proposant de plus nombreuses surfaces à coloniser.



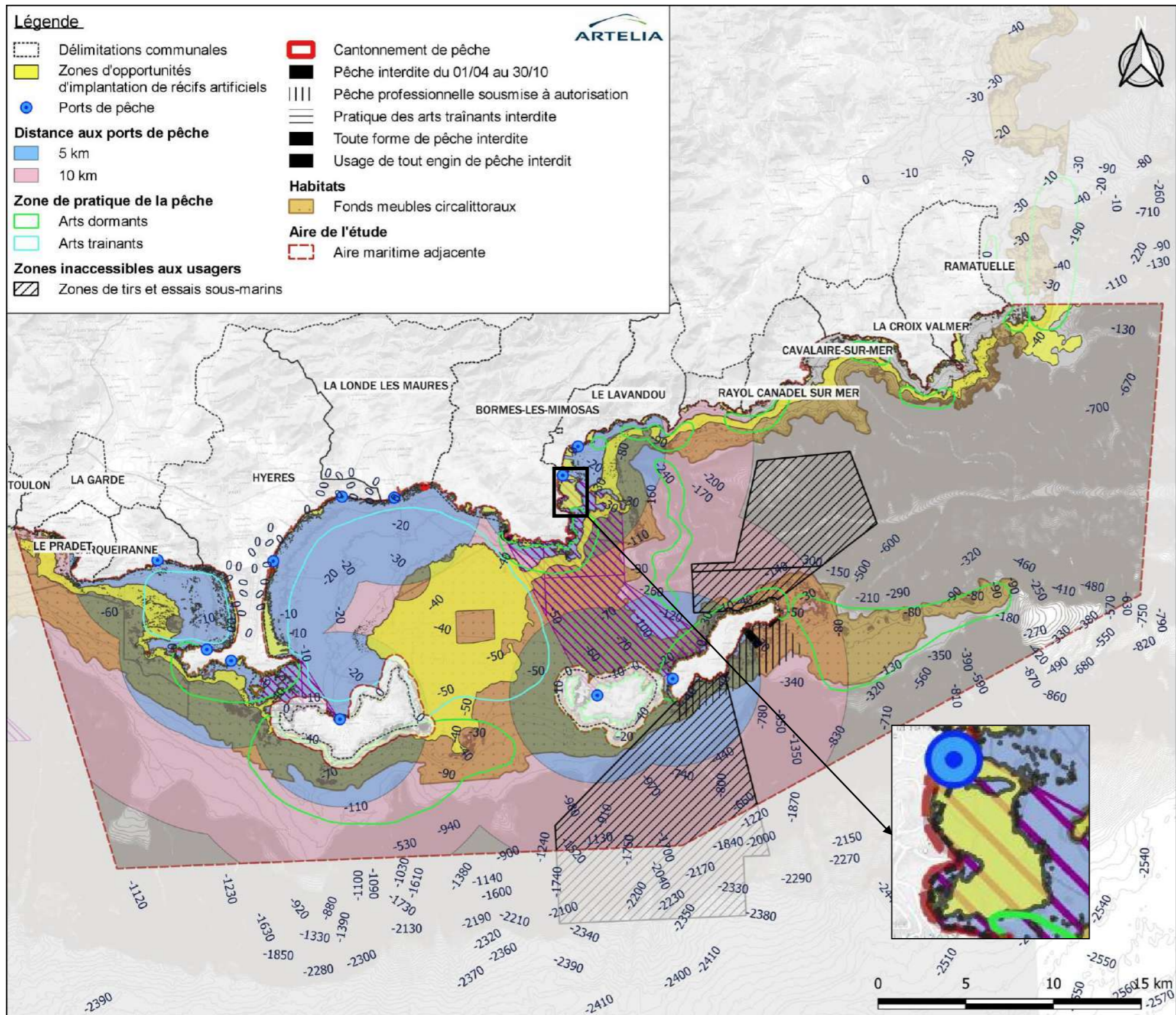


Figure 33- Critères favorables à l'usage pour les pêcheurs professionnels

## 2.3. FONCTIONNALITÉS POUR LES PÊCHEURS PROFESSIONNELS

Les critères représentés sont :

- La distance au port de pêche (vitesse 12 nœuds) :
  - 15 min de navigation (environ 5 km) ;
  - 30 min de navigation (environ 10 km) ;
  - Plus de 30 min de navigation (plus de 10 km) ;
- Les zones de pêches fréquentées ;
- Les zones inaccessibles aux usagers :
  - Les zones d'exercices de tirs ;
  - Les câbles et les zones réglementées associées ;
  - Les zones de pêche interdites ou réglementées et le cantonnement de pêche ;
  - Tous les secteurs où le mouillage est interdit ;
- Les fonds meubles circalittoraux : opportunité de diversification des habitats.

**Exemple :** la zone zoomée pour l'exemple montre un secteur de moins de 20 m de profondeur, proche d'un port de pêche et de zones de pratique de la pêche. Bien qu'interdite aux mouillages, elle permettrait, en l'équipant, d'augmenter la production biologique de la zone et pourraient bénéficier aux zones de pêche déjà fréquentées à proximité.

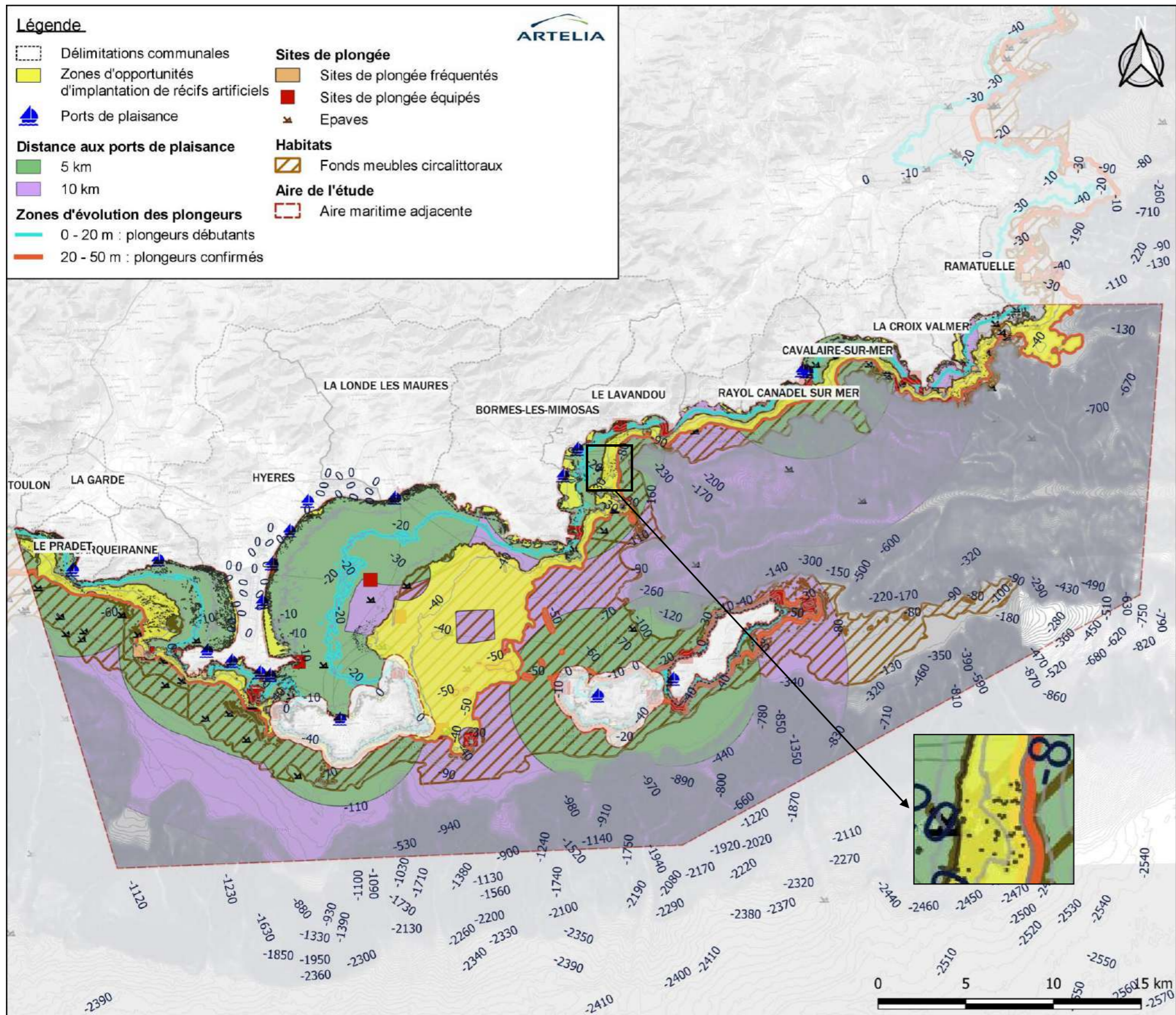
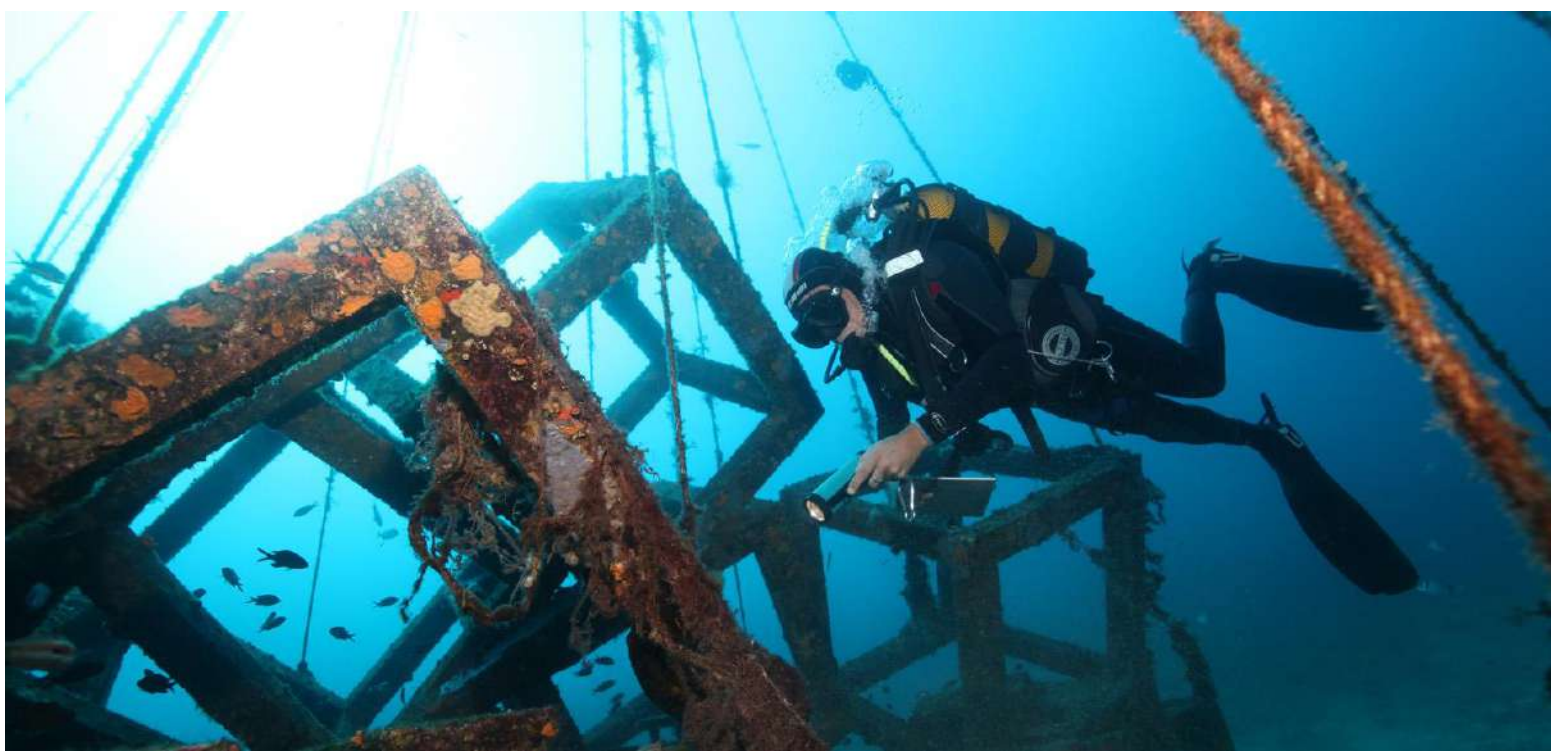


Figure 34- Critères favorables à l'usage par les plongeurs de loisirs

## 2.4. FONCTIONNALITÉS POUR LES PLONGEURS DE LOISIRS

- La distance au port de plaisance (vitesse 12 nœuds) :
  - 15 min de la navigation (environ 5 km) ;
  - 30 min de navigation (environ 10 km) ;
  - Plus de 30 min de navigation (plus de 10 km) ;
- Les zones d'évolutions des plongeurs en fonction de leur niveau :
  - 0-20 m : accessible aux plongeurs débutants ;
  - 20-50 m : accessible aux plongeurs confirmés.
- Les sites de plongées équipés ;
- Les épaves et les sites plongés identifiés comme fréquentés ;
- Les fonds meubles circalittoraux : opportunité de diversification du paysage

**Exemple :** la zone zoomée pour l'exemple montre un secteur proche de ports de plaisance, proche de zones déjà fréquentées par les plongeurs, et pourra permettre une diversification du paysage dans cet environnement de substrat meuble. En revanche, elle ne sera accessible qu'aux plongeurs confirmés.



## **D. GENERALITES SUR LA MISE EN ŒUVRE DES RECIFS**



# 1. ASPECTS RÉGLEMENTAIRES

## 1.1. AUTORISATIONS PRÉLABALES

Afin d'être le plus exhaustif possible, un cadrage réglementaire a été réalisé pour évaluer l'ensemble des dossiers réglementaires susceptibles d'être nécessaires pour l'implantation de récifs artificiels.

- **Occupation du domaine public maritime**

Conformément aux articles L2124-3 et R2124-1 du Code général de la propriété des personnes publiques, les projets mis en œuvre sur le domaine public maritime hors des limites administratives des ports doivent faire l'objet d'une demande de concession. Ces concessions sont conclues pour une durée qui ne peut excéder trente ans.

**L'immersion de récifs artificiels nécessitera la réalisation d'un dossier de demande de concession du domaine public maritime.** Pour les projets de récifs, ces demandes sont généralement d'une durée de 15 ans, conformément aux indications du document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels. Cette concession est soumise à redevance. Afin d'assurer la réversibilité effective des modifications apportées au milieu naturel et lorsque le porteur de projet est un acteur privé, la convention peut prévoir la constitution de garanties financières ou une consignation auprès de la Caisse des dépôts et consignations, dont le montant est établi compte tenu du coût estimé des opérations de remise en état, de restauration ou de réhabilitation du site (Article R2124-8 du CG3P).

- **Etude d'impact**

D'après le point 15 de l'annexe de l'article R122-2 du Code de l'environnement, la création de récifs artificiels est soumise à examen au cas par cas. Cette demande peut s'avérer nécessaire également dans le cas où le projet se trouverait dans un espace remarquable du littoral et mentionnés au 2 et au 4 de l'article R121-5 du Code de l'urbanisme.

**L'immersion de récifs artificiels sera soumise à la demande d'examen au cas par cas. La réalisation d'une étude d'impact est conditionnée par la réponse des services de l'Etat sur le projet.**

- **IOTA**

La rubrique 4.1.2.0. de l'article R.214-1 du Code de l'environnement indique que le projet est soumis à autorisation loi sur l'eau en cas de dépassement d'un montant TTC de 1,9 M d'€. Entre 160 000 € TTC et 1,9 M d'€, le projet sera soumis à déclaration.

**Le coût moyen d'un projet d'immersion de récifs artificiels étant estimé à 600 000 €, le projet sera généralement soumis à déclaration loi sur l'eau.**

**Cependant, dans le cas où le projet est soumis à étude d'impact après examen au cas par cas, ce dossier prendra alors la forme d'une autorisation environnementale conformément à l'article R181-13 du Code de l'environnement.**

- **Evaluation des incidences sur les sites Natura 2000**

Concernant l'évaluation des incidences sur le site Natura 2000, l'article R414-19 du Code de l'environnement précise que : « les projets soumis à évaluation environnementale au titre du tableau annexé à l'article R122-2 ou les installations, ouvrages, travaux et activités soumis à autorisation ou déclaration au titre des articles L214-1 à L214-11 » seront soumis à évaluation des incidences sur le site Natura 2000.

**L'AMA étant concernée par 4 sites Natura 2000, dont 2 vastes sites marins au titre de la directive « habitat, faune, flore », tout projet d'immersion de récifs sera soumis à une évaluation des incidences Natura 2000.**

- **Site classé**

En cas de projet mis en œuvre dans le périmètre d'un site classé, sa modification sera soumise à l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France. Cette demande appelée « autorisation spéciale » est généralement incluse dans le dossier environnemental réalisé, qui traite alors de l'impact du projet sur le paysage.

**En cas de projet mis en œuvre dans le périmètre d'un site classé, sa modification sera soumise à l'avis de l'Architecte des Bâtiments de France et fera l'objet d'une demande d'une autorisation spéciale de travaux en site classé**

- **Site archéologique**

Pour tout projet d'implantation de récifs artificiels, une demande d'avis devra être adressée à la DRAC dans le cadre de l'archéologie préventive. En fonction de la sensibilité de la zone vis-à-vis de la présence de sites archéologiques, cette demande peut ensuite entraîner la nécessité de réaliser un diagnostic anticipé. Si ce diagnostic est nécessaire, une demande de réalisation devra être émise auprès de la DRAC. Dans ce cas, le porteur du projet est alors redevable de la redevance d'archéologie préventive dès lors que la demande volontaire de réalisation de diagnostic porte sur une surface de terrain égale ou supérieure à 3000 m<sup>2</sup> ([www.culture.gouv.fr](http://www.culture.gouv.fr))

- **Dérogation à la destruction des espèces protégées**

Un projet d'immersion de récifs artificiels ne sera pas envisageable s'il implique l'atteinte à une espèce protégée. Aucun dossier de demande de dérogation ne sera nécessaire.

- **Enquête publique**

L'article L2124-1 Code général de la propriété des personnes publiques précise que « *tout changement substantiel d'utilisation de zones du domaine public maritime est préalablement soumis à enquête publique réalisée conformément au chapitre III du titre II du livre Ier du code de l'environnement.* ». Il en est de même pour tout projet soumis à étude d'impact.

**Pour tout projet d'immersion de récifs artificiels, une enquête publique conjointe aux deux procédures (dossier d'autorisation environnementale/dossier de concession du DPM) devra être menée.**

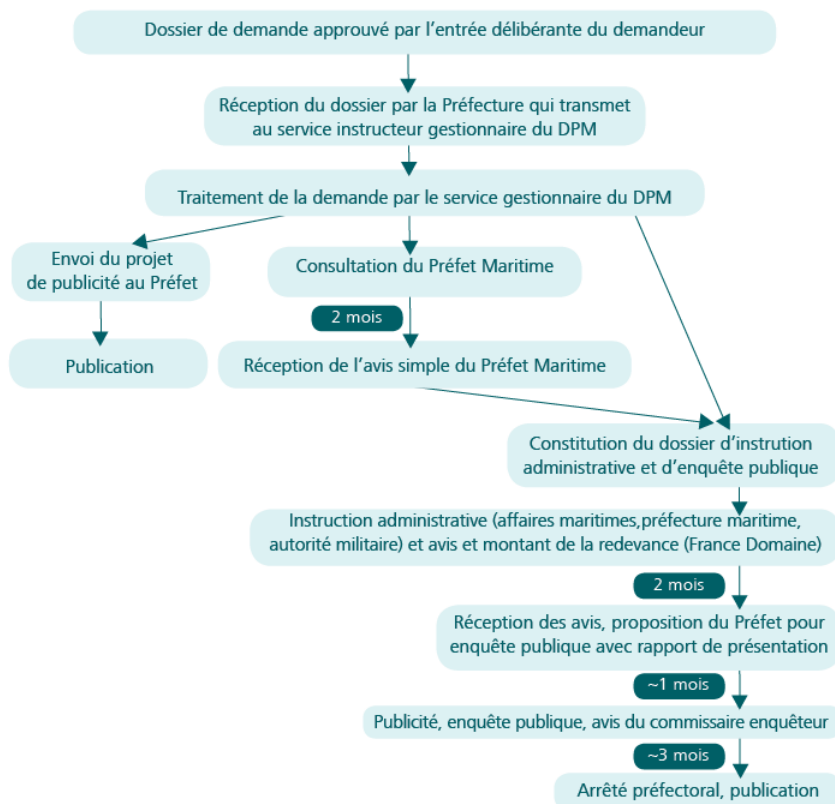


Figure 35- Logigramme de la procédure de demande de concession d'occupation du DPM

**Le délai d'obtention des autorisations est d'environ 1 an.**

## 1.2. MISE EN ŒUVRE

Le modèle de convention proposé dans le document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels indique des éléments réglementaires pour la mise en œuvre des récifs artificiels et notamment que :

- Le concessionnaire doit avoir commencé les travaux dans le délai de 12 mois à compter de l'approbation de la convention d'occupation du domaine public maritime. Sur justification, l'autorité concédante peut proroger ce délai. Toutefois, si les travaux d'immersion n'interviennent pas dans les 5 ans qui suivent la délivrance du titre de concession valant autorisation d'immersion, une nouvelle procédure d'autorisation et une nouvelle enquête publique peuvent être nécessaires en application de l'article L123-13 du Code de l'Environnement.
- Faute d'exécution à l'échéance du délai fixé, le concessionnaire est déchu de tous ses droits pour tout ou partie des ouvrages concédés.
- Les travaux de construction et d'entretien des ouvrages concédés sont exécutés sous le contrôle des représentants de l'autorité concédante. Dès l'achèvement des travaux, les ouvrages concédés feront l'objet de procès-verbaux de récolement, dressés par les représentants de l'autorité concédante sur la demande du concessionnaire et sur la base des éléments de recellement que ce dernier aura réunis.
- Au moment de la signature de la convention d'occupation du domaine public maritime, les orientations générales retenues au niveau de l'encadrement des usages doivent être fixées.
- Le concessionnaire doit présenter à l'autorité concédante des propositions de signalisation maritime. Ces propositions feront l'objet, à l'initiative de l'autorité concédante, d'un examen en commission nautique locale.
- Le concessionnaire est tenu de souscrire une assurance qui garantira tous les risques causés aux installations, ouvrages et matériels lui appartenant ou appartenant à ses mandants. Il garantira l'État contre le recours des tiers.

## 1.3. EXPLOITATION

De même, le modèle de convention proposé dans le document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels indique des éléments réglementaires pour l'exploitation des récifs artificiels et notamment que :

- Le concessionnaire s'engage à présenter à l'autorité concédante des propositions de régulation des usages. Ces propositions feront l'objet, à l'initiative de l'autorité concédante, d'un examen en commission nautique locale.
- Une période de 3 ans interdisant « tout usage extractif » peut être prononcée par voie d'arrêté afin d'optimiser la colonisation des récifs. Ces mesures doivent être proposées par le concessionnaire aux autorités compétentes avant l'immersion des récifs et sont formalisées par l'intermédiaire d'arrêtés signés et publiés par les autorités compétentes.
- Les mesures de police qui seraient nécessaires dans l'intérêt de la conservation des ouvrages, de la faune et la flore marine, de la sécurité publique, de l'encadrement des usages sur le site, et de l'ordre public, seront prises par les autorités compétentes.
- Le concessionnaire supportera les frais d'établissement, d'entretien, et de fonctionnement de la signalisation maritime.

## 1.4. DÉMANTÈLEMENT DES RÉCIFS

La concession d'utilisation du domaine public maritime implique l'engagement du porteur du projet dans sa réversibilité. En effet, en fin de concession, le porteur du projet doit être en mesure de remettre le site dans son état initial, avant la mise en œuvre du projet. Ainsi, le démantèlement des aménagements doit être possible.

La mise en œuvre de ces travaux sera soumise à la réalisation d'un dossier IOTA au titre de la rubrique 4.1.2.0. de l'article R214-1 du Code de l'environnement. Le montant de ces travaux de démantèlement définira le dossier à réaliser (autorisation ou déclaration). Dans le cas de récifs artificiels, le montant des travaux de démantèlement n'excédera pas celui de l'installation, et donc sera sans doute inférieur à 1,9 M d'€. Le dossier sera donc un dossier de déclaration.

Ce dossier devra donc évaluer l'impact du démantèlement des installations. En fonction de la réussite du projet, son démantèlement pourra être plus délétère à l'Environnement que de le laisser en place. C'est ce que le dossier devra évaluer. Les services de l'Etat en charge de l'instruction pourront alors se prononcer en faveur ou non du démantèlement.

Dans le cas où le porteur du projet souhaiterait poursuivre l'exploitation et la gestion des récifs, une demande de renouvellement de la concession sera alors réglementairement possible pour une durée équivalente. R2124-2 du Code Général de la Propriété des Personnes Publiques.

## 1.5. RETOUR D'EXPÉRIENCE SUR L'IMMERSION DES RÉCIFS EN CORSE EN 2018

En 2018, l'office de l'environnement de Corse a immergé des récifs artificiels dans la baie du Ricanto à Ajaccio. Pour cela, un comité de pilotage a été mis en place pour l'élaboration du projet. Les services de l'Etat (DDTM) ont été très tôt intégrés au projet et faisait partie de ce comité de pilotage.

Une fois établi, la demande d'immersion est passée par une demande d'autorisation d'occupation temporaire (AOT) du domaine public maritime pour 3 ans, dont les délais d'obtention sont courts (2 mois). Elle est en cours de renouvellement. Le dossier est passé sans réticence de la part des services de l'Etat.

Les motifs ont été la production halieutique, car le plateau continental étant restreint dans ce secteur de la Corse, les zones de pêche pour les petits métiers y sont restreintes et donc très fréquentées, la création d'habitat et la recherche et développement.

Un arrêté de la préfecture maritime interdit toute activités sur une zone de 100 m autour des récifs. Cette zone était déjà restreinte pour les activités car elle se trouve à proximité immédiate du couloir aérien de la piste d'atterrissage de l'aéroport d'Ajaccio et de la canalisation de rejet de la STEP. Les récifs sont de plus immergés sur 30 à 35 m de profondeur, ce qui limite leur fréquentation potentielle par des curieux.

Les suivis réalisés annuellement ont démontré de très bons résultats de colonisation et notamment par des espèces d'intérêt halieutique : chapon, sériole, denti, sar, langouste... (comm pers. Alexandra Agostini, Office de l'environnement de Corse).

## 2. RESPONSABILITÉS

La convention de la concession du domaine public maritime précise les points suivants quant à la responsabilité du concessionnaire :

- Le concessionnaire s'engage à prendre les dispositions nécessaires pour donner en tout temps libre accès en tout point de la concession aux agents de l'autorité concédante chargés du contrôle de la concession.
- Dans le cas d'une concession qui jouxterait le rivage, la continuité de la circulation du public sur ce dernier en tout temps doit être préservée par le concessionnaire.



- Sont à la charge du concessionnaire, sauf recours contre qui de droit, toutes les indemnités qui pourraient être dues à des tiers en raison de la présence des ouvrages concédés, des travaux de premier établissement, de modification et d'entretien ou d'utilisation de la concession.
- En aucun cas la responsabilité de l'autorité concédante ne peut être recherchée par le concessionnaire, pour quelque cause que ce soit, en cas de dommages causés à ses installations ou de gêne apportée à leur utilisation par des tiers.
- Le concessionnaire ne peut élever contre l'État et les collectivités locales aucune réclamation en raison du trouble qui peut résulter soit de mesures temporaires d'ordre et de police, soit de travaux exécutés par l'autorité concédante ou les collectivités locales sur le domaine public.
- Le concessionnaire est tenu de se conformer aux lois, règlements, et règles existantes ou à venir. Il doit obtenir les autres autorisations nécessaires résultant de ces lois, règlements et règles.
- Le concessionnaire est également tenu de se conformer aux prescriptions relatives :
  - à la lutte contre les risques de pollution et de nuisances de toutes sortes pouvant résulter non seulement de l'exécution des travaux mais de l'exploitation de ses installations,
  - aux mesures qui lui seront prescrites pour la signalisation des ouvrages maritimes,
  - aux règles de sécurité relatives à l'utilisation du plan et de la colonne d'eau.
- Le concessionnaire est également tenu de s'assurer qu'il ne porte atteinte ni à la gestion ou à la conservation d'une aire marine protégée telle que définie à l'article L. 334-1 du Code de l'Environnement, ni aux espèces protégées telles que définies à l'article L411-2 du Code de l'Environnement.

### 3. IDENTIFICATION DES FINANCEMENTS POTENTIELS

Différents organismes sont susceptibles d'apporter une aide financière pour la mise en place de récifs artificiels au niveau européen et au niveau national (cf. 3.2).

#### 3.1. DEMANDE DE FINANCEMENT AU NIVEAU EUROPÉEN

Jusqu'en 2020, différents fonds européens pouvaient apporter une aide financière aux projets de récifs artificiels et notamment :

- Le Fonds européen pour les affaires maritimes et la pêche (FEAMP) 2014-2020 : ce fonds est un instrument de la politique européenne de la pêche qui octroie une aide à ce secteur pour l'aider à s'adapter à l'évolution des besoins. Le FEAMP promeut une économie de la pêche et de l'aquaculture plus compétitive, fondée sur la connaissance et l'innovation, et créatrice d'emploi, et soutient le développement économique durable de la pêche et de l'aquaculture. Cet instrument financier a vocation à aider les pêcheurs et aquaculteurs à adopter des pratiques durables, aider les populations côtières à diversifier leurs activités économiques et financer des projets destinés à créer des emplois et à améliorer la qualité de vie le long du littoral européen. En France, le programme opérationnel FEAMP est géré par la Direction des Pêches Maritimes et de l'Aquaculture (DPMA) du ministère de l'Agriculture. La gestion d'une partie des mesures du FEAMP est déléguée aux régions littorales ([www.europe-en-france.gouv.fr](http://www.europe-en-france.gouv.fr)).
- L'Instrument financier pour l'environnement (LIFE) 2014-2020 : Le programme LIFE est un instrument financier de la Commission européenne entièrement dédié à soutenir des projets dans les domaines de l'environnement et du climat. Pour le prochain budget à long terme de l'UE correspondant à la période 2021-2027, la Commission propose d'augmenter de près de 60 % le financement du programme LIFE. La Commission a intégré l'action pour le climat dans tous les grands programmes de dépenses de l'UE, en particulier dans la politique de cohésion, le développement régional, l'énergie, les transports, la recherche et l'innovation, la

politique agricole commune, ainsi que dans la politique de développement de l'UE ([www.europedirectpyrenees.eu](http://www.europedirectpyrenees.eu)).

- Horizon 2020 est un programme cadre européen pour la recherche et l'innovation qui a démarré le 1<sup>er</sup> janvier 2014 pour 7 ans. Il finançait des projets interdisciplinaires scientifiques et industriels autour de trois priorités : l'excellence scientifique, la primauté industrielle et les défis sociétaux. Ce dernier axe pouvait permettre le financement des volets de recherche et de développement des projets de récifs artificiels ou aquacole à condition que plusieurs partenaires européens soient associés. Après la fin du programme-cadre « Horizon 2020 », l'Union européenne continuera à investir dans les nouvelles technologies avec « Horizon Europe », de 2021 à 2027. Le nouveau programme de recherche européen prévoit de promouvoir l'excellence de la recherche en mettant davantage l'accent sur l'innovation ([www.europe-bfc.eu](http://www.europe-bfc.eu)).

Tous les sept ans, l'Union européenne révisé la stratégie d'attribution des fonds européens pour répondre aux enjeux des territoires et des populations et aux nouveaux défis de l'Union européenne. Le budget européen 2021-2027 ne sera connu qu'à l'issue des négociations entre les États membres, la Commission européenne et le Parlement européen ([www.europe-en-france.gouv.fr](http://www.europe-en-france.gouv.fr)). Il n'est donc pas encore possible d'évaluer si ces fonds permettront encore d'apporter une aide pour le financement de projet d'immersion de récifs artificiels.

## 3.2. DEMANDE DE FINANCEMENT AU NIVEAU NATIONAL

### 3.2.1. Financement public

#### 3.2.1.1. L'agence de l'eau

L'agence de l'eau Rhône-Méditerranée-Corse permet l'attribution de financements pour un grand nombre de thématiques qui touchent à la biodiversité, la restauration des milieux, le changement climatique ou encore la recherche et le développement. L'une d'elles vise plus particulièrement à « préserver et restaurer les milieux marins côtiers ».

En phase avec la loi pour la Reconquête de la Biodiversité, de la Nature et des Paysages (RBNP), l'agence développe son action sur le milieu marin. Elle soutient les actions en faveur de l'organisation des mouillages et des usages maritimes pour lutter contre la dégradation des habitats marins en zone côtière ainsi que les actions de restauration des habitats et des fonctions écologiques des milieux marins (nurseries, frayères, habitats, continuité écologique) perdues ou altérées. Les opérations groupées et coordonnées au sein d'un schéma territorial de restauration écologique (STERE)\* sont privilégiées.

Définis par le programme de mesures du plan d'actions pour les milieux marins méditerranéens, le STERE correspond à une programmation opérationnelle d'actions de préservation des petits fonds côtiers, notamment via l'organisation des mouillages, et d'actions de restauration écologique des fonctions de ces petits fonds, à une échelle cohérente (à minima la masse d'eau). Ce schéma doit s'appuyer sur la connaissance existante de l'état écologique, des habitats côtiers et des pressions. Il peut se décliner dans les plans de gestion et les différents outils de planification, qu'ils soient de type contrat de baie ou Document d'Objectif Natura 2000.

Sont aidés :

- Les études d'élaboration ou d'évaluation des STERE ;
- Les études visant à définir les modalités d'organisation des usages en mer pour réduire la pression exercée par les mouillages ; les travaux programmés suite à ces études pour aménager les zones concernées par des dispositifs d'ancrage respectueux de l'environnement ;
- Les études et travaux de restauration écologique des petits fonds côtiers ;

- Les études post-travaux permettant d'apprécier l'efficacité des actions mises en œuvre et leur plus-value environnementale ;
- Les actions d'animation, de communication et de valorisation directement liées aux STERE et aux opérations aidées.

Le montant de ces aides peut-être de :

- Pour les études préalables ou d'évaluations post-travaux liées à la restauration écologique et à l'organisation des usages en mer dont l'élaboration des STERE → financement jusqu'à 70% dans le cadre du STERE ;
- Pour les travaux de restauration écologique (dont animation et études opérationnelles liées aux travaux, outils de communication spécifiques aux travaux, suivis efficacité) → financement jusqu'à 70% dans le cadre du STERE et pour les opérations pilotes ;
- Pour les travaux liés à l'organisation des mouillages (dont animation et études opérationnelles liées aux travaux, outils de communication spécifiques aux travaux, bilan d'utilisation et efficacité) → financement jusqu'à 70% dans le cadre du STERE et sur les secteurs prioritaires.

Cette aide ainsi, que d'autres pourront être obtenues dans le cadre d'un projet d'implantation de récifs artificiels ([www.eaurmc.fr](http://www.eaurmc.fr)).

### 3.2.1.2. La région et le département

Les collectivités distribuent chaque année de nombreux financements pour aider le développement de projets sur leur territoire. Pour la région PACA, ces aides peuvent être de différents types :

- La subvention d'exploitation, qui vise à financer le fonctionnement général du bénéficiaire sur un exercice comptable. Cette subvention n'est pas une subvention d'équilibre. La demande ne peut être effectuée qu'une fois par an ;
- La subvention pour action spécifique, qui est attribuée pour la réalisation d'un projet de fonctionnement (ex : manifestation sportive ou culturelle) ;
- La subvention d'investissement, qui concerne le financement d'un projet d'investissement (ex : acquisition de biens meubles et immeubles ou la réalisation de travaux).

L'obtention de ces aides passe par le dépôt d'un dossier pour demande et est votée. Le montant de la subvention ne pourra excéder 80% du montant total des dépenses ([www.maregionsud.fr](http://www.maregionsud.fr)).

### 3.2.2. Financement privé

Des financements privés peuvent être envisagés dans le cas où un projet est porté par une entreprise qui souhaite mettre en œuvre une technologie développée en propre à des fins de recherche et développement.

## REFERENCES (LITTERATURE GRISE)

Bellan-Santini D., Guillemain D., David R., Ruitton S., 2018. Fiche ZNIEFF n°93M000089 « Tête du canyon des Stoechades ». Extrait de l'inventaire des ZNIEFF de PACA disponible sur le site de la DREAL PACA : [www.paca.developpement-durable.gouv.fr](http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr). Document généré le 28/05/2019.

Ifremer, 2020. Activité des navires de pêche 2019 - Quartier maritime – Toulon. SIH - Réseau d'observation des ressources halieutiques et des usages. Ifremer, 13 p.

Document stratégique pour l'implantation des récifs artificiels, 2012. Régions Languedoc Roussillon et Provence Alpes Côte d'Azur, 102 p.

Sites internet consultés :

- [www.zones-conchylicoles.eaufrance.fr](http://www.zones-conchylicoles.eaufrance.fr)
- [www.visitvar.fr](http://www.visitvar.fr)
- [www.culture.gouv.fr/Regions/Drac-Pays-de-la-Loire/Politique-et-actions/Archeologie/En-pratique/Archeologie-preventive/Anticiper-une-prescription/Faire-une-demande-anticipée-de-diagnostic](http://www.culture.gouv.fr/Regions/Drac-Pays-de-la-Loire/Politique-et-actions/Archeologie/En-pratique/Archeologie-preventive/Anticiper-une-prescription/Faire-une-demande-anticipée-de-diagnostic)
- [www.europe-en-france.gouv.fr](http://www.europe-en-france.gouv.fr)
- [www.europedirectpyrenees.eu](http://www.europedirectpyrenees.eu)
- [www.europe-bfc.eu](http://www.europe-bfc.eu)
- [www.eaurmc.fr](http://www.eaurmc.fr)
- [www.maregionsud.fr](http://www.maregionsud.fr)

## BIBLIOGRAPHIE SCIENTIFIQUE

- Baine, M. (2001). "Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance." *Ocean and Coastal Management* 44: 241-259.
- Blouet, S., Chéré, E., de la Grandrive, R. D., Dalias, N., Tessier, A., Foulquié, M., & Lenfant, P. (2014). Bilan de 30 ans d'immersions de récifs artificiels sur la cote agathoise (Méditerranée, France). *Guide Cedralmar. January*, 1-8.
- Bohnsack, J. A., D. L. Sutherland (1985). "Artificial reef research: a review with recommendations for future priorities." *Bulletin of Marine Science* 37: 11-39.
- Bombace, G., G. Fabi, L. Fiorentini, S. Speranza (1994). "Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic Sea." *Bulletin of marine science* 55(2-3): 559-580.
- Bombace, G. (2000). "Artificial reefs in the Adriatic sea", A. P. M. A.C, Kluwer Academic Publisher, 31-63.
- Charbonnel, E., J. G. Harmelin, C. Serre, S. Ruitton, A. Jensen (2002). "Effects of increased habitat complexity on fish assemblages associated with large artificial reef units (French Mediterranean Coast)." *ICES Journal of Marine Sciences* 59: 208-213.
- Claudet, J. (2006). "Aires marines protégées, Récifs artificiels : Méthodes d'évaluation, protocoles expérimentaux et indicateurs". *Biologie, Environnement, et Sciences pour l'ingénieur*. Perpignan, Université de Perpignan. 257p.
- Collart, D., E. Charbonnel (1998). "Impact des récifs artificiels de Marseillan et d'Agde sur le milieu marin et la pêche professionnelle – Bilan du suivi 1996/1997. CEGEL & GIS Posidonie publ." *Contrat Conseil Régional Languedoc-Roussillon & Conseil Général de l'Hérault*. 168p.
- Consoli P., Martino A., Romeo T., Sinopoli M., Perzia P., Canese S., Andaloro F., (2015). The effect of shipwrecks on associated fish assemblages in the central Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 95(1), 17-24.
- Cresson, P. (2013). *Fonctionnement trophique des récifs artificiels de la baie du Prado (Marseille, France): Origine et devenir de la matière organique (Doctoral dissertation, Aix-Marseille)*.
- Daniel B., Lebon L., Serre C., (2014). *Projet pilote de réversibilité d'un aménagement en récifs artificiels. Enlèvement à titre expérimental de 2500 pneumatiques immergés dans le site Natura 2000 FR9301573 « Baie et cap d'Antibes - Iles de Lérins » AAMP, 52p. disponible en ligne : [http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/F09314P0092\\_EnlevementPneumatiques\\_cle5682ca-1.pdf](http://www.paca.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/F09314P0092_EnlevementPneumatiques_cle5682ca-1.pdf)*
- D'Itri, F. M. (1985). "Artificial reefs, Marine and freshwater applications". Chelsea, MI (USA), F. M. D'Itri, Lewis publishers, inc.: 589p.
- EARRN (European Artificial Reef Research Network), (2008). European AR development. Conference Palma de Mallorca, Spain*
- Grossman, G. D., P. J. Geoff, W. J. Seaman (1997). "Do Artificial Reefs Increase Regional Fish Production? A Review of Existing Data." *Fisheries Volume 22,(Issue 4): 17-23.*
- Hanski, T., Simberloff M. (1997). "The metapopulation approach. In Hanski and M. E. Gilpin metapopulation biology, ecology, genetics and evolution." Academic press. London 1: 512p.
- Harmelin, J. G., Bellan-Santini, D. (1996). Assessment of biomass and production of artificial reef communities. In *Proceedings of the 1st Conference of the European Artificial Reef Research Network, Ancona, Italy* (pp. 305-322).


- Hayek, M., Salgues, M., Habouzit, F., Bayle, S., Souche, J. C., De Weerd, K., & Pioch, S. (2020). In vitro and in situ tests to evaluate the bacterial colonization of cementitious materials in the marine environment. *Cement and Concrete Composites*, 113, 103748.
- Jensen, A. (2002). "Artificial reefs of Europe : perspective and future." *ICES journal of marine science* 59(S3-S13): 11p.
- Lacroix, D., E. Charbonnel, J. C. Dao, G. Véron, J. P. Lagardère, C. Mellon, D. Covès, D. Buestel (2002). "Les récifs artificiels. Aménagement du littoral marin et repeuplement", D. Lacroix, IFREMER (Non publié), 148p.
- Lenfant, P., Dalias, N., Pastor, J., Larenie, L., & Astruch, P. (2007). Suivi des récifs artificiels de Leucate et Le Barcarès, Année 2: Été 2006–Automne 2006. *Contrat SIVOM de Leucate et Le Barcarès & EPHE, Fr*, 1-68.
- Mac Arthur, R. H., E. O. Wilson (1967). "The theory of island biogeography." Princeton University press: 224p.
- Masuda, R., K. Tsukamoto (1998). "Stock enhancement in Japan: Review and perspective." *Bulletin of Marine Science* 62(2): 337-358.
- Nakamura, M. (1985). "Evolution of artificial fishing reef concepts in Japan." *Bulletin of marine science* 37: 271-278.
- Ody, D. (1987). "Les peuplements ichthyologiques des récifs artificiels de Provence (France, Méditerranée Nord Occidentale)". Aix Marseille II Université. France.
- Ody, D., J. G. Harmmelin (1994). "Influence de l'architecture et de la localisation de récifs artificiels sur leurs peuplements de poissons en Méditerranée." *Cybium* 18(1): 57-70.
- Osenberg, C. W., C. M. St Mary, J. A. Wilson, W. J. Lindberg (2002). "A quantitative framework to evaluate the attraction-production controversy." *ICES MARINE SCIENCE SYMPOSIA* 59(217): S214-221.
- Pioch, S. (2008). Les « habitats artificiels » : élément de stratégie pour une gestion intégrée des zones côtières? Essai de méthodologie d'aménagement en récifs artificiels adaptés à la pêche artisanale côtière (Doctoral dissertation, Université Paul Valéry-Montpellier 3; Tokyo University of Marine Science and Technology).
- Pioch, S., Raynal, J. C., Lasserre, C. G., Aliaume, C. (2011). An Integrated Coastal Area Management Strategy to Deploy Artificial reefs. In Bortone (ed.) *Artificial Reefs in Fisheries Management*. Springer Science. p. 65.
- Pioch, S., Relini, G., Souche, J. C., Stive, M. J. F., De Monbrison, D., Nassif, S., Kilfoyle, K. (2018). Enhancing eco-engineering of coastal infrastructure with eco-design: Moving from mitigation to integration. *Ecological Engineering*, 120, 574-584.
- Polovina, J. J., I. Sakai (1989). "Impacts of artificial reefs on fishery production in Shimamaki, Japan." *Bulletin of Marine Science* 44: 997 - 1003.
- Powers, S. P., J. H. Grabowski, C. H. Peterson, W. J. Lindberg (2003). "Estimating enhancement of fish production by offshore artificial reefs: uncertainty exhibited by divergent scenarios." *Marine ecology. Progress series* 264: 265-277.
- Relini, G., F. Tixi, M. Relini, G. Torchia (1998). "Settlement on concrete blocks immersed in the Ligurian Sea (N-W Mediterranean)." *International Biodeterioration & Biodegradation* 41: 57-65.
- Relini, G., M. Relini, G. Torchia, G. De Angelis (2002). "Trophic relationships between fishes and an artificial reef." *ICES Journal of Marine Science* 59: 36-42.
- Riera, E. (2020). Vers une construction raisonnée d'une nouvelle génération de récifs artificiels : Analyses comparatives des facteurs intrinsèques favorisant leur colonisation de la micro à la macro-échelle (Doctoral dissertation, Université Côte d'Azur).
- Roa-Ureta, R. H., Santos, M. N., & Leitão, F. (2019). Modelling long-term fisheries data to resolve the attraction versus production dilemma of artificial reefs. *Ecological Modelling*, 407, 108727

- Ruitton, S., Francour, P., & Boudouresque, C. F. (2000). Relationships between algae, benthic herbivorous invertebrates and fishes in rocky sublittoral communities of a temperate sea (Mediterranean). *Estuarine, coastal and shelf science*, 50(2), 217-230.
- Santos, M., C. Monteiro, G. Lasserre (1996a). "Finfish attraction and fisheries enhancement on artificial reefs: a review". First Conference of the European Artificial Reef Research Network, Ancona, Italy.
- Santos, M., C. Monteiro, G. Lasserre (1996b). "Faune ichtyologique comparée de deux récifs artificiels du littoral de la Ria Formosa (lagune du Portugal) : résultats préliminaires." *Oceanologica Acta* 19, (1): 88-97.
- Santos, M. (2007). "Design and Management of Artificial Reefs for Fisheries." Zaragoza, Spain.
- Santos, M. N., C. C. Monteiro (2007). "A fourteen-year overview of the fish assemblages and yield of the two oldest Algarve artificial reefs (southern Portugal)." *Hydrobiologia* 580(1): 225-231.
- Seaman, W. (2007). "Design and Management of Artificial Reefs for Fisheries". Zaragoza, Spain.
- Schwartz T., Genouville A. & Besnard A. (2020). Increased microclimatic variation in artificial nests does not create ecological traps for a secondary cavity breeder, the European roller. *Ecology and Evolution*.
- Tessier, A. (2013). *Caractérisation des récifs artificiels du Golfe du Lion : de l'écologie aux usagers* (Doctoral dissertation, Perpignan).
- 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), 1-29.

# ANNEXE







**ANNEXE 1**  
**ANALYSE DU CORPUS**  
**BIBLIOGRAPHIQUE RELIE A**  
**L'IMMERSION D'EPAVE**  
**SPECIFIQUEMENT PREPARES**  
**POUR DES OBJECTIFS DE**  
**RECIFS ARTIFICIELS**

# ANALYSE Du CORPUS BIBLIOGRAPHIQUE RELIE A L'IMMERSION D'ÉPAVE SPECIFIQUEMENT PREPARES POUR DES OBJECTIFS DE RECIFS ARTIFICIELS

Doc. 1 :

## Decision IG.24/12 Updated Guidelines Regulating the Placement of Artificial Reefs at Sea *The Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment*

**Immersion d'épaves en méditerranée, sous la convention de Barcelone (doc. 19ig24) :**

L'immersion d'épave a été interdite en méditerranée le 31/12/2000, par la convention de Barcelone de 1995 :

*"Stressing that, subject to the entry into force of the 1995 Dumping Protocol, the dumping of vessels in the Mediterranean Sea Area is prohibited since 31 December 2000, according to Article 4(2) (c) of the Protocol".*

En 2019, les pays contractants de la convention ont adopté une révision majeure portant sur l'actualisation des autorisations d'immersion de RA, en remplacement du guide spécifiques aux immersions de 2005 : *"Updated Guidelines Regulating the Placement of Artificial Reefs at Sea, set out in the Annex to the present Decision, which replace the 2005 Guidelines"*

Ainsi, aux p. 669 et 670, l'objectif de la révision de la convention de Barcelone, autorisant, sous certaines conditions l'immersion d'épaves et justifié, selon :

*"7. Data and information provided by national authorities, in the framework of reporting exercise to IMO and MAP based on the respective London and Barcelona Conventions, indicate that the placement of vessels is, besides dredging, one of the major dumping activities in the Mediterranean coastal zones. In addition, considering the scientific findings which indicate a number of drawbacks in the placement of matter, and specifically of vessels, for reefs development and the resulting risks for tourist and ecosystems purpose and working in the framework of precautionary principle, the basic concept of these updated Guidelines is to provide instructions on the placement of artificial reefs for ecosystems enhancement and recommendations to ensure the stability of barges, small fishing boats, tow and tug boats, small ferry boats etc. and, in general all vessels, under 30 m long which are placed at depth of less than 40 m, due to their possible human risks. These updated Guidelines provide as well ample information on placement of vessels in general, and clean-up procedures, which should be implemented before placement of all types of vessels to prevent pollution of the marine ecosystems and to contribute in achieving/maintaining GES in line with the Ecological Objectives 1, 2, 6, 7, 8, 9, and 10 and related GES definitions and targets."*

A la p.671, il est précisé que :

*"PART-B- ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF PLACEMENT OPERATIONS AT SEA  
1. Requirements for Construction and Placement  
1.1 Materials*

*...15. Materials used for the construction of permanent artificial reefs will of necessity be bulky in nature, for example geological material (i.e. rock), concrete or steel. Vessel structures could be placed, under the provisions of the Protocol, provided that the instructions of these updated Guidelines are properly implemented."*

La partie "PART-C- PLACEMENT OF VESSELS HULL AND SUPERSTRUCTURE" détaille le protocole exigé pour immerger des épaves, en accord avec la révision de la Conv de Barcelone, entérinant l'autorisation d'immersion, depuis 2020.

Doc. 2 :

### **Intereg AdriReef**

WP 3\_Act. 3.3 Mapping of Adriatic reef from different perspectives

Ce programme de recherche fait un état de l'art des immersions de RA en mer adriatique. A la p. 16 il est indiqué que l'Albanie a eu recours en 2010, après la ratification de la convention de Barcelone au sujet de l'interdiction d'immersion d'épave (31/12/2000), à l'immersion d'épave pour des objectifs de RA :

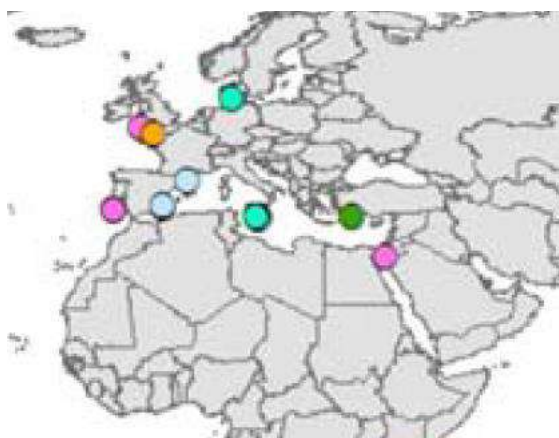
*"In the Mediterranean sea there are 844 wrecks (Strauss, 2013). Most of them are ships that sunk during a battle or because of natural events or technical problems, while others were purposely sunk to create ARs. For example, the southern Albanian coastline hosts diverse and valuable marine habitats, threatened by rapidly increasing coastal development and tourism. To protect the natural habitats from excessive pressure and improve the variety of diving opportunities, the immersion of vessels was forecasted within the Pilot Fishery Development Project. Five decommissioned Albanian Navy vessels were purposely sunk in 2010 in the Ksamil Bay with the support of the United States Navy ship Grapple (Fabi et al., 2015; Fig. 7)."*

Doc. 3 :

Article valorisé dans "Data in brief"

### **"A global data base of intentionally deployed wrecks to serve as artificial reefs"**

Il s'agit d'une compilation de données sur l'immersion de 1907 épaves en tant que RA au niveau mondial, publié en 2019, par data mining (exploration bibliographique). Ce travail permet d'identifier 15 publications scientifiques recensant l'utilisation d'épaves à objectif de RA immergées en méditerranée (carte) : 11 à Malte, 3 en Espagne et 1 en Turquie



## The Use of Artificial Reefs for Recreational Diving (2017)

*Turkish Journal of Maritime and Marine Sciences*

Cet article fait une liste des immersions, après ratification de la convention de Barcelone par la Turquie.

Le tableau suivant dresse la liste exhaustive de ces données :

**Table 1.** Ships and vessel wrecks used as artificial reefs for recreational diving in Turkey.

Location	Date	Design	Number	Depth (m)
İzmir inner Bay	1989	trolleybus	10	16-20
Alanya, Damlataş Beach	June, 2006	ship	1	26
Bodrum, Karaada	May, 2007	ship	2	18-30
Kemer, Üçadalar	May, 2007	ship	1	18-20
Bodrum, Paçoz Bright	July, 2008	airplane (C47)	1	16-33
Düzce, Akçakoca	June, 2009	airplane (C47)	1	29
Kaş, İnceboğaz	June, 2009	airplane (C47)	1	18-22
Seferihisar, Sığacık	Sep, 2010	ship	1	20
Mordoğan	May, 2011	airplane	1	18
Kaş, Çukurbağ Peninsula	June, 2011	ship	1	18
Didim	Oct, 2011	ship	1	20
Fethiye	Apr, 2012	ship	1	28
Samsun, Kurupelit	Dec, 2012	ship	1	20
Kemer, Üçadalar	Sept, 2013	airplane (C47)	1	23-31
Edirne, Saros Bay	Sept, 2014	ship	1	-
Mersin, Silifke	Jan, 2015	ship	1	-
Karaburun	Apr, 2016	ship	1	25-35
Dikili, Beylikçeşmesi	May, 2016	ship	1	35
Karaburun	May, 2016	ship	1	25-35
Kuşadası	June, 2016	airplane (Airbus)	1	-

Cet article indique que la Turquie immerge des RA à partir d'épave tout en essayant de convenir à la convention de Barcelone :

« Le déploiement des récifs artificiels est une activité couverte par plusieurs instruments juridiques internationaux, dont ceux sur la protection de la mer. La « Convention de Londres » est l'une des premières conventions mondiales concernant la protection du milieu marin contre les activités humaines. La Convention de Barcelone a remplacé le Plan d'action méditerranéen du Programme des Nations Unies pour l'environnement de 1975 de la Convention de Barcelone, un effort de coopération régionale lancé en 1975 impliquant la Communauté européenne et 21 pays riverains de la mer Méditerranée (Fabi et al., 2015). Les structures utilisées, les plus couramment utilisées pour la construction de récifs artificiels, sont des navires. **Dans de tels cas, l'objet doit être nettoyé avant son placement.** La Convention de Londres et **les Directives spécifiques au Protocole** pour l'évaluation des navires constituent un point de départ utile pour ce processus. Aux États-Unis, les récifs artificiels ont été utilisés à des fins récréatives. En Méditerranée, en revanche, les gouvernements ont davantage utilisé les récifs artificiels comme outil de conservation et de restauration. »

Il précise toutefois que « Although many countries comply to the London Convention and Protocol in Mediterranean, while especially Italy, France and Greece, which have a lot of sanctuary areas as compared to Turkey, avoid sinking vessels as artificial reefs for diving tourism, Turkey continue to sink ships and airplanes particularly during the last years. »

## EN CONCLUSION

L'actualisation de la convention de Barcelone, publiée et ratifiée en 2020, permet désormais l'immersion d'épave. Par contre, les législations régionales et les doctrines, n'ont pas encore intégrés cette actualisation.



Data Article

# A global database of intentionally deployed wrecks to serve as artificial reefs



Igljika Ilieva<sup>a</sup>, Lionel Jouvét<sup>a,b,c</sup>, Lars Seidelin<sup>a</sup>,  
Benjamin D. Best<sup>d</sup>, Sofia Aldabet<sup>e</sup>, Rita da Silva<sup>a,b,c</sup>,  
Dalia A. Conde<sup>a,b,c,\*</sup>

<sup>a</sup> *Biology Department, University of Southern Denmark, Campusvej 55, 5230 Odense, Denmark*

<sup>b</sup> *Interdisciplinary Centre on Population Dynamics, University of Southern Denmark, Campusvej 55, 5230 Odense, Denmark*

<sup>c</sup> *Species360 Conservation Science Alliance, 7900 International Drive, Suite 1040, Bloomington, MN 55425, USA*

<sup>d</sup> *EcoQuants LLC, 508 E Haley St, Santa Barbara, CA 93103, USA*

<sup>e</sup> *Department of Physical Geography and Ecosystem Science, Lund University, Sölvegatan 12, S-223 62 Lund, Sweden*

## ARTICLE INFO

### Article history:

Received 6 July 2018

Received in revised form

3 December 2018

Accepted 6 December 2018

Available online 02 February 2019

### Keywords:

Artificial reef

Shipwreck

Sunken vessels

Wrecks as reefs

Biodiversity

Conservation

## ABSTRACT

This paper contains data on intentionally deployed wrecks to serve as artificial reefs from 1942 to 2016. The deployment of decommissioned vessels and other available wrecks is a common practice in many coastal countries, such as the USA, Australia, Malta, and New Zealand. We obtained data of georeferenced sites of wrecks from the scientific literature, local databases, and diving web sites published in the English language. Furthermore, we included information regarding the type of structure, location, depth, country, year of deployment and estimated life span. Moreover, we provide information on whether the wreck is located inside one of the World's Protected Areas, key biophysical Standard Level Data from the World Ocean Database, distance to reefs from the Coral Trait Database, and distances to 597 aquariums that are members of the Species360 global network of Aquariums and Zoological institutions, in the Zoological Information Management System (ZIMS). We provide data for wrecks with monitoring surveys in the peer-review literature, although these only comprise 2% of the records (36 of 1907 wrecks). The data we provide here can be used for research and evaluation of already deployed reefs, especially if

\* Corresponding author.

E-mail address: [dalia.conde@species360.org](mailto:dalia.conde@species360.org) (D.A. Conde).

combined with additional spatial information on biodiversity and threats.

© 2019 The Authors. Published by Elsevier Inc. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

### Specifications table

Subject area	<i>Biology</i>
More specific subject area	<i>Fisheries, artificial reefs, corals, aquariums, wrecks, conservation</i>
Type of data	<i>Tables, graphs, figures</i>
How data was acquired	<i>From published literature and websites in the English language</i>
Data format	<i>csv file, digitalized, standardized, and analysed data</i>
Experimental factors	<i>The data were compiled, digested and standardized from diverse sources, including local artificial reef databases, scientific publications, diving web sites and the Species360's ZIMS. We estimated age of wrecks based on the material from 39 studies. Associated key biophysical Standard Level Data and estimates of distances to the World Protected Areas and Aquariums</i>
Experimental features	<i>We built the database in R based on currently available online data, including published literature and websites in the English language</i>
Data source location	<i>The data include 34 countries globally.</i>
Data accessibility	<i>The data will be placed in Species360's Conservation Science Alliance data repository <a href="https://www.species360.org/serving-conservation/ship-wrecks-as-reefs/">https://www.species360.org/serving-conservation/ship-wrecks-as-reefs/</a></i>

### Value of the data

- A standardized database of worldwide intentionally deployed wrecks, from diverse information sources in a spatially explicit format including the type, material, year of deployment and estimates of the life span for each wreck.
- It can be used to analyse the potential of wrecks as artificial reefs under different conditions since each wreck's record has associated key Standard Level Data, such as pH, chlorophyll A concentration, calcite, and sea surface temperature from the World Ocean Database [1].
- It can provide key information to assess the role of wrecks as artificial reefs to conserve marine biodiversity, because each wreck's record is provided with the Euclidean distance with respect to: i) the Worlds Protected Areas [2], ii) the closest Coral Reef from the Coral Trait Database [3], and to each of the 597 aquariums member institution of the Species360 network [4].
- These data can help the prioritization of key areas for artificial reef monitoring or deployment.

## 1. Data

The data have a total of 1907 records from 88 sources (Table 1 [5]). Most of them (1739 or 91%) correspond to the USA locations, while the other 9% (168) were distributed around the rest of the world (Table 2 [6]). The majority of the wrecks (1118 or 71%) were vessels (Fig. 1). For 21% (408) of the records, we do not have information on the year of deployment. Of all the deployed wrecks' analyzed worldwide, 1739 are from the USA (Table 2 [6]).

**Table 1**

Sources of wrecks' location and depth. The sources include existing databases, diving guides and scientific publications.

**Wrecks Data Sources**

- 1 F.D. Amaral, C.M.R. Farrapeira, S.M.A. Lira, C.A.C.Ramos. Benthic macrofauna inventory of two shipwrecks from Pernambuco Coast, Northeastern of Brazil. 2010. *Revista Brasileira de Zoologia*
- 2 Y. von Armin, O. Tyack. First observations on fish recruitment on artificial reef "Hoi Siong". MMCS. 2003.
- 3 P.T. Arena, L.K.B. Jordan, R.E. Spielerl, R.E. Fish assemblages on sunken vessels and natural reefs in southeast Florida, USA. 2007. *Hydrobiologia* 580, 157–171
- 4 Australian Government, Department of the Environment and Energy, Australian National Shipwreck Database. 2009. <http://www.environment.gov.au/heritage/historic-shipwrecks/australian-national-shipwreck-database>
- 5 J. Brown. Artificial reefs. Document: EMD-MC-RPT-2014-0002. 2014. Environmental Management Division. Saint Helena Government.
- 6 D.H. Cavalcanti dos Santos, M.G.G. Silva-Cunha, M.F. Santiago, J.Z. de Oliveira Passavante. Characterization of phytoplankton biodiversity in tropical shipwrecks off the coast of Pernambuco, Brazil. 2010. *Acta bot. bras.(Online)* 24(4): 924–934. Available from: ([http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0102-33062010000400007&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-33062010000400007&lng=en&nrm=iso)). ISSN 0102–3306. <http://dx.doi.org/10.1590/S0102-33062010000400007>. Accessed 20.10.2017
- 7 S. Chidgey, P. Crockett. The Canberra Marine Ecosystem Monitoring Program 6-Months Post Scuttling. 2010.
- 8 E.B. Fagundes-Netto, L.R. Gaezler, R. Coutinho, I.R. Zalmon. Influence of a shipwreck on a nearshore-reef fish assemblages off the coast of Rio de Janeiro, Brazil. 2011. *Lat. Am. J. Aquat. Res. (Online)*, 39(1), 103–116. Available from: ([http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-560X2011000100010&lng=es&nrm=iso](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-560X2011000100010&lng=es&nrm=iso)). ISSN 0718–560X. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-560X2011000100010>. Accessed 20.10.2017
- 9 A.F. Fischer. Afundamento dos Naufrágios Mercurius, Saveiros e Taurus, caracterização e comportamento de simbiose alimentar da Ictiofauna na plataforma de Pernambuco Brasil. 2009. Universidade Federal de Pernambuco
- 10 A. Fukunaga, J.H. Bailey-Brock. Benthic infaunal communities around two artificial reefs in Mamala Bay, Oahu, Hawaii. 2008. *Marine Environmental Research (2007)*. doi: 10.1016/j.marenvres.2007.11.003.
- 11 G. Genzano, D. Giberto, C. Bremec. Benthic survey of natural and artificial reefs off Mar del Plata, Argentina, southwestern Atlantic. 2011. *Lat. Am. J. Aquat. Res.*, 39(3), 553–566. doi: 10.3856/vol39-issue3-full text-15.
- 12 N. McDaniel. A management plan for artificial reef development in British Columbia Provincial Marine Parks. 1993. Unpublished draft report prepared for British Columbia Ministry of Environment, Lands and Parks, North Vancouver, B.C. 25p. in: B.D. Smiley. The intentional scuttling of surplus and derelict vessels: Some effects on marine biota and their habitats in British Columbia waters. 2006.
- 13 P.F. Morrison. Geographe Bay Artificial Reef Society Inc & Australia. Biological Monitoring of the former HMAS Swan: fifth annual report, submitted to Environment Australia. 2003. The Society, (Bunbury, W.A.).
- 14 E. Parnell. Ecological Assessment of the HMCS Yukon Artificial Reef off San Diego, CA (USA). 2005.
- 15 S. Robertson. SS Taioma and SS Taupo: An analysis of fish assemblages at two artificial reefs in the Bay of Plenty, testing survey methodology and impacts of structures on sea floor sedimentology. 2012. University of Waikato. <https://docs.google.com/file/d/0BxsciNHvcwTvblDdFpacW1Z20U/edit>. Accessed 20.10.2017
- 16 [9] G. Plunkett., Sea Dumping in Australia: Historical and Contemporary Aspects (1<sup>st</sup> ed.). Canberra: Defence Publishing Service, Department of Defence.
- 17 M.A. Schlacher-Hoenlinger, S.J. Walker, J.W. Johnson, T.A. Schlacher, J.N.A. Hooper, M. Ekins, I.W. Banks, P.R. Sutcliffe. Biological monitoring of the ex-HMAS Brisbane artificial reef: phase II - habitat values. Technical report for the Queensland Museum. 2009.
- 18 M.A. Schlacher-Hoenlinger, S.J. Walker, J.W. Johnson, T.A. Schlacher, J.N.A. Hooper. Biological baseline survey of the ex-HMAS Brisbane artificial reef. Technical report for the Queensland Museum. 2006.
- 19 D. Stephan, D.G. Lindquist. A comparative analysis of the fish assemblages associated with old and new shipwrecks and fish aggregating devices in Onslow Bay, North Carolina. 1989. *Bulletin of Marine Science*, 44(2): 698–717
- 20 Subsea Enterprise. A biological assessment of the "G.B. Church" artificial reef at Princess Margaret Provincial Park. Unpublished report for the Ministry of Environment, Lands and Parks, Province of British Columbia, North Vancouver, B.C. 1994. 17p. in: B.D. Smiley. The intentional scuttling of surplus and derelict vessels: Some effects on marine biota and their habitats in British Columbia waters. 2006.
- 21 C. Valkenier. Unpublished survey data for the *Columbia* artificial reef, 29 August 1998, provided courtesy to Fisheries and Oceans Canada, Sidney, BC. 1998a. 1p. in: B.D. Smiley. The intentional scuttling of surplus and derelict vessels: Some effects on marine biota and their habitats in British Columbia waters. 2006.
- 22 C. Valkenier. Unpublished survey data for the *Saskatchewan* artificial reef, 5 September 1998, provided courtesy to Fisheries and Oceans Canada, Sidney, BC. 1998b. 1p. in: B.D. Smiley. The intentional scuttling of surplus and derelict vessels: Some effects on marine biota and their habitats in British Columbia waters. 2006.
- 23 C. Valkenier. Unpublished survey data for the *Mackenzie* artificial reef, 7 April 2001, provided courtesy to Fisheries and Oceans Canada, Sidney, BC. 2001. 1p. in: B.D. Smiley. The intentional scuttling of surplus and derelict vessels: Some effects on marine biota and their habitats in British Columbia waters. 2006.
- 24 C. Valkenier. Unpublished survey data for the *Church* artificial reef, 23 February 2002, provided courtesy to Fisheries and Oceans Canada, Sidney, BC. 2002. 1p. in: B.D. Smiley. The intentional scuttling of surplus and derelict vessels: Some effects on marine biota and their habitats in British Columbia waters. 2006.



Table 1 (continued)

Wrecks Data Sources	
25	S.J. Walker, T.A. Schlacher. Assessing the habitat and conservation value of a young artificial reef.
26	L. Wantiez, P. Thollot. Colonization of the F/V;Caledonie Toho 2 Wreck by a Reef-Fish Assemblage Near Noumea (New Caledonia). 2000. <i>Atoll Research Bulletin</i> (485). <a href="http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.507.5400&amp;rep=rep1&amp;type=pdf">http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.507.5400&amp;rep=rep1&amp;type=pdf</a> . Accessed 20.10.2017.
27	P.H. Wendt, D.M. Knot, R.F. van Dolah. Community structure of the sessile biota on five artificial reefs in different ages. 1989. <i>Bulletin of Marine Science</i> , 44(3): 1106–1122 <a href="http://adventuredivers-spain.com/index.php/en/dive-sites/wreck-dives">http://adventuredivers-spain.com/index.php/en/dive-sites/wreck-dives</a> . Accessed 10.04.2016.
28	<a href="http://artificialreefsocietybc.ca/annapolis.html">http://artificialreefsocietybc.ca/annapolis.html</a> . Accessed 05.09.2016.
29	<a href="http://artificialreefsocietybc.ca/boeing-737.html">http://artificialreefsocietybc.ca/boeing-737.html</a> . Accessed 05.09.2016.
30	<a href="http://artificialreefsocietybc.ca/cape-breton.html">http://artificialreefsocietybc.ca/cape-breton.html</a> . Accessed 05.09.2016.
31	<a href="http://artificialreefsocietybc.ca/chaudiere.html">http://artificialreefsocietybc.ca/chaudiere.html</a> . Accessed 05.09.2016.
32	<a href="http://artificialreefsocietybc.ca/columbia.html">http://artificialreefsocietybc.ca/columbia.html</a> . Accessed 05.09.2016.
33	<a href="http://artificialreefsocietybc.ca/g-b-church.html">http://artificialreefsocietybc.ca/g-b-church.html</a> . Accessed 05.09.2016.
34	<a href="http://artificialreefsocietybc.ca/mackenzie.html">http://artificialreefsocietybc.ca/mackenzie.html</a> . Accessed 05.09.2016.
35	<a href="http://artificialreefsocietybc.ca/saskatchewan.html">http://artificialreefsocietybc.ca/saskatchewan.html</a> . Accessed 05.09.2016.
36	<a href="http://british-virgin-islands.greatestdivesites.com/cooper_island/mv_inganess_bay">http://british-virgin-islands.greatestdivesites.com/cooper_island/mv_inganess_bay</a> . Accessed 06.09.2016.
37	<a href="http://coastalgadnr.org/sites/uploads/crd/images/Reef/GeorgiaOffshoreReefWeb.pdf">http://coastalgadnr.org/sites/uploads/crd/images/Reef/GeorgiaOffshoreReefWeb.pdf</a> . Accessed 10.09.2016.
38	<a href="http://diveadvisor.com/jersey/mauve-(la)-ss">http://diveadvisor.com/jersey/mauve-(la)-ss</a> . Accessed 10.09.2016.
39	<a href="http://diveadvisor.com/sub20/now-thats-a-huge-aircraft-diving-the-dakota-dc3-in-southern-turkey">http://diveadvisor.com/sub20/now-thats-a-huge-aircraft-diving-the-dakota-dc3-in-southern-turkey</a> . Accessed 10.09.2016.
40	<a href="http://dlnr.hawaii.gov/dar/files/2014/04/ARCoords.pdf">http://dlnr.hawaii.gov/dar/files/2014/04/ARCoords.pdf</a> . Accessed 12.09.2016.
41	<a href="http://myfwc.com/media/131585/reefs.pdf">http://myfwc.com/media/131585/reefs.pdf</a> . Accessed 12.09.2016.
42	<a href="http://oceantribe.com/mv-dania-east-africas-number-1-wreck-dive-site/">http://oceantribe.com/mv-dania-east-africas-number-1-wreck-dive-site/</a> . Accessed 12.09.2016.
43	<a href="http://portal.ncdenr.org/c/document-library/get-file?uuid=24160156-4b96-49e6-9126-4fa488b49cbb&amp;groupId=38337">http://portal.ncdenr.org/c/document-library/get-file?uuid=24160156-4b96-49e6-9126-4fa488b49cbb&amp;groupId=38337</a> . Accessed 15.09.2016.
44	<a href="http://portal.ncdenr.org/c/document-library/get-file?uuid=b70dfce-9e83-40fd-9a33-dcf6d1a13990&amp;groupId=38337">http://portal.ncdenr.org/c/document-library/get-file?uuid=b70dfce-9e83-40fd-9a33-dcf6d1a13990&amp;groupId=38337</a> . Accessed 15.09.2016.
45	<a href="http://scubaclubcozumel.com/index.php/felipe-xicotencatl">http://scubaclubcozumel.com/index.php/felipe-xicotencatl</a> . Accessed 10.09.2016.
46	<a href="http://thailandliveaboards.com/thailand-dive-sites/krabi-diving/">http://thailandliveaboards.com/thailand-dive-sites/krabi-diving/</a> . Accessed 10.09.2016.
47	<a href="http://thedecostop.com/wrecks/db/form.php?table_name=wrecks">http://thedecostop.com/wrecks/db/form.php?table_name=wrecks</a> . Accessed 10.04.2016.
48	<a href="http://www.adiscuba.com/dive-sites/199/south+africa/south+africa/durban/">http://www.adiscuba.com/dive-sites/199/south+africa/south+africa/durban/</a> . Accessed 10.04.2016.
49	<a href="http://www.aquaexplorers.com/artificialreefprogramny.htm">http://www.aquaexplorers.com/artificialreefprogramny.htm</a> . Accessed 13.09.2016.
50	<a href="http://www.aquaexplorers.com/gpsnynjartificialreef.pdf">http://www.aquaexplorers.com/gpsnynjartificialreef.pdf</a> . Accessed 13.09.2016.
51	<a href="http://www.capescuba.co.za/dive-the-mv-aster-with-cape-scuba-club/">http://www.capescuba.co.za/dive-the-mv-aster-with-cape-scuba-club/</a> . Accessed 10.04.2016.
52	<a href="http://www.cawreckdivers.org/wrecks/yukon.htm">http://www.cawreckdivers.org/wrecks/yukon.htm</a> . Accessed 10.04.2016.
53	<a href="http://www.cita.ky/capt-keith-tibbetts">http://www.cita.ky/capt-keith-tibbetts</a> . Accessed 10.09.2016.
54	<a href="http://www.dive365cayman.com/doc-poulson-wreck">http://www.dive365cayman.com/doc-poulson-wreck</a> . Accessed 10.09.2016.
55	<a href="http://www.dive365cayman.com/kittiwake-cayman">http://www.dive365cayman.com/kittiwake-cayman</a> . Accessed 10.09.2016.
56	<a href="http://www.dive365cayman.com/oro-verde">http://www.dive365cayman.com/oro-verde</a> . Accessed 10.09.2016.
57	<a href="http://www.diveboard.com/explore/spots/reunion/saint-leu-L54ihjW/antonio-lorenzo-S2SNhfl">http://www.diveboard.com/explore/spots/reunion/saint-leu-L54ihjW/antonio-lorenzo-S2SNhfl</a> . Accessed 10.09.2016.
58	<a href="http://www.diveboard.com/explore/spots/russian-federation/central-LM8puM/gran-roque-SuESLz">http://www.diveboard.com/explore/spots/russian-federation/central-LM8puM/gran-roque-SuESLz</a> . Accessed 10.09.2016.
59	<a href="http://www.divebuddy.com/divesite.aspx?DiveSiteID=5157">http://www.divebuddy.com/divesite.aspx?DiveSiteID=5157</a> . Accessed 15.09.2016.
60	<a href="http://www.divebuddy.com/divesite/3766/franjack-guadeloupe/">http://www.divebuddy.com/divesite/3766/franjack-guadeloupe/</a> . Accessed 15.09.2016.
61	<a href="http://www.divebuddy.com/divesite/3900/theos-wreck-bahamas">http://www.divebuddy.com/divesite/3900/theos-wreck-bahamas</a> . Accessed 15.09.2016.
62	<a href="http://www.divebuddy.com/divesite/5501/mv-hildur-grenada/">http://www.divebuddy.com/divesite/5501/mv-hildur-grenada/</a> . Accessed 15.09.2016.
63	<a href="http://www.divesitedirectory.co.uk/dive_site_the_cook_islands_rarotonga_wreck_mataora.html">http://www.divesitedirectory.co.uk/dive_site_the_cook_islands_rarotonga_wreck_mataora.html</a> . Accessed 10.09.2016.
64	<a href="http://www.divesitedirectory.co.uk/dive_site_uk_england_southwest_wreck_hms_scylla.html">http://www.divesitedirectory.co.uk/dive_site_uk_england_southwest_wreck_hms_scylla.html</a> . Accessed 10.09.2016.
65	<a href="http://www.dmr.state.ms.us/index.php/marine-fisheries/artificial-reef/74-offshore-reefs">http://www.dmr.state.ms.us/index.php/marine-fisheries/artificial-reef/74-offshore-reefs</a> . Accessed 17.09.2016.
66	<a href="http://www.dnr.sc.gov/artificialreefs/docs/ReefGuide2015.pdf">http://www.dnr.sc.gov/artificialreefs/docs/ReefGuide2015.pdf</a> . Accessed 17.09.2016.
67	<a href="http://www.dnrec.delaware.gov/fw/Fisheries/Documents/2015-16%20DELAWARE%20REEF%20GUIDE.pdf">http://www.dnrec.delaware.gov/fw/Fisheries/Documents/2015-16%20DELAWARE%20REEF%20GUIDE.pdf</a> . Accessed 17.09.2016.
68	<a href="http://www.dyk-sydfyn.dk/2-dive-spot-m-f-%C3%A6r%C3%B8sund.html?mcat=-1&amp;caction=showspot&amp;itemid=22">http://www.dyk-sydfyn.dk/2-dive-spot-m-f-%C3%A6r%C3%B8sund.html?mcat=-1&amp;caction=showspot&amp;itemid=22</a> . Accessed 17.09.2016.
69	<a href="http://www.famouspublishing.co.za/ridge/wreck-dive-off-umhlanga/">http://www.famouspublishing.co.za/ridge/wreck-dive-off-umhlanga/</a> . Accessed 17.09.2016.
70	<a href="http://www.mmcs-ngo.org/en/projects/artificial-reefs.aspx">http://www.mmcs-ngo.org/en/projects/artificial-reefs.aspx</a> . Accessed 08.09.2016.
71	<a href="http://www.mytobago.info/diving01b.php">http://www.mytobago.info/diving01b.php</a> . Accessed 08.09.2016.
72	<a href="http://www.navsource.org/archives/10/14/14469.htm">http://www.navsource.org/archives/10/14/14469.htm</a> . Accessed 08.09.2016.
73	<a href="http://www.navsource.org/archives/11/02255.htm">http://www.navsource.org/archives/11/02255.htm</a> . Accessed 08.09.2016.
74	<a href="http://www.nj.gov/dep/fgw/pdf/reefs/reef_guide.pdf">http://www.nj.gov/dep/fgw/pdf/reefs/reef_guide.pdf</a> . Accessed 10.09.2016.

**Table 1** (continued)

<b>Wrecks Data Sources</b>	
76	<a href="http://www.oceanrevival.org/en/projecto/local-mergulho.html">http://www.oceanrevival.org/en/projecto/local-mergulho.html</a> . Accessed 10.09.2016.
77	<a href="http://www.outdooralabama.com/artificial-reefs">http://www.outdooralabama.com/artificial-reefs</a> . Accessed 10.09.2016.
78	<a href="http://www.pattayadivers.com/2012/10/26/htms-mataphon/">http://www.pattayadivers.com/2012/10/26/htms-mataphon/</a> . Accessed 11.09.2016.
79	<a href="http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/72-mv-imperial-eagle">http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/72-mv-imperial-eagle</a> . Accessed 11.09.2016.
80	<a href="http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/75-tugboat-p31">http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/75-tugboat-p31</a> . Accessed 11.09.2016.
81	<a href="http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/77-mv-xlendi">http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/77-mv-xlendi</a> . Accessed 11.09.2016.
82	<a href="http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/78-karwela">http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/78-karwela</a> . Accessed 11.09.2016.
83	<a href="http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/79-mv-cominoland">http://www.pdsa.org.mt/index.php/component/content/article/11-diving-locations-content/79-mv-cominoland</a> . Accessed 11.09.2016.
84	<a href="http://www.scubadivingmalta.co.uk/assets/Maltainserttugboat2.pdf">http://www.scubadivingmalta.co.uk/assets/Maltainserttugboat2.pdf</a> . Accessed 12.09.2016.
85	<a href="http://www.scubastevediving.com/dive-sites#!">http://www.scubastevediving.com/dive-sites#!</a> . Accessed 12.09.2016.
86	<a href="http://www.scubatravel.co.uk/americas/diving-brazil.html">http://www.scubatravel.co.uk/americas/diving-brazil.html</a> . Accessed 12.09.2016.
87	<a href="http://www.smsepub.com/article/Dive%3A_Wreck_Diving/801592/77284/article.html">http://www.smsepub.com/article/Dive%3A_Wreck_Diving/801592/77284/article.html</a> . Accessed 10.09.2016.
88	<a href="http://www.statiapark.org/parks/marine/img/statia_dive_map.pdf">http://www.statiapark.org/parks/marine/img/statia_dive_map.pdf</a> . Accessed 11.09.2016.
89	<a href="http://www.tablebaydiving.com/dive-site-sas-pietermaritzburg.shtml">http://www.tablebaydiving.com/dive-site-sas-pietermaritzburg.shtml</a> . Accessed 11.09.2016.
90	<a href="http://www.tablebaydiving.com/dive-site-smitswinkel-bay-wrecks.shtml">http://www.tablebaydiving.com/dive-site-smitswinkel-bay-wrecks.shtml</a> . Accessed 17.09.2016.
91	<a href="http://www.thaiwreckdiver.com/htms-chang-1st-2-uss-lincoln-county-1st-898.htm">http://www.thaiwreckdiver.com/htms-chang-1st-2-uss-lincoln-county-1st-898.htm</a> . Accessed 17.09.2016.
92	<a href="http://www.touria.nl/bestanden/malta/Wrakken_Malta.pdf?1824951652">http://www.touria.nl/bestanden/malta/Wrakken_Malta.pdf?1824951652</a> . Accessed 11.09.2016.
93	<a href="http://www.wannadive.net/spot/Central_America/Guadeloupe/L_Augustin_Fresnel_II/index.html">http://www.wannadive.net/spot/Central_America/Guadeloupe/L_Augustin_Fresnel_II/index.html</a> . Accessed 11.09.2016.
94	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/HMNZS_Canterbury_(F421)">https://en.wikipedia.org/wiki/HMNZS_Canterbury_(F421)</a> . Accessed 13.09.2016.
95	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/HMNZS_Tui_(1970)">https://en.wikipedia.org/wiki/HMNZS_Tui_(1970)</a> . Accessed 13.09.2016.
96	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/HMNZS_Waikato_(F55)">https://en.wikipedia.org/wiki/HMNZS_Waikato_(F55)</a> . Accessed 13.09.2016.
97	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/HMNZS_Wellington_(F69)">https://en.wikipedia.org/wiki/HMNZS_Wellington_(F69)</a> . Accessed 13.09.2016.
98	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Maltese_patrol_boat_P29">https://en.wikipedia.org/wiki/Maltese_patrol_boat_P29</a> . Accessed 13.09.2016.
99	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/MV_Rozi">https://en.wikipedia.org/wiki/MV_Rozi</a> . Accessed 13.09.2016.
100	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Rainbow_Warrior_(1955)">https://en.wikipedia.org/wiki/Rainbow_Warrior_(1955)</a> . Accessed 13.09.2016.
101	<a href="https://en.wikipedia.org/wiki/Um_El_Faroud">https://en.wikipedia.org/wiki/Um_El_Faroud</a> . Accessed 13.09.2016.
102	<a href="https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=30217&amp;inline=true">https://nrm.dfg.ca.gov/FileHandler.ashx?DocumentID=30217&amp;inline=true</a> . Accessed 10.09.2016.
103	<a href="https://tpwd.texas.gov/publications/pwdpubs/media/pwd_br_v3400_0424.pdf">https://tpwd.texas.gov/publications/pwdpubs/media/pwd_br_v3400_0424.pdf</a> . Accessed 10.09.2016.
104	<a href="https://tpwd.texas.gov/publications/pwdpubs/media/pwd_rp_v3400_0491.pdf">https://tpwd.texas.gov/publications/pwdpubs/media/pwd_rp_v3400_0491.pdf</a> . Accessed 10.09.2016.
105	<a href="https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/migrated/deepwaterhorizon/adminrecord/upload/ENVIRONMENTAL-REMEDICATION-OF-THE-USTS-TEXAS-CLIPPER-FOR-USE-AS-AN-ARTIFICIAL-REEF-IN-THE-GULF-OF-MEXICO-prepared-by-Texas-Parks-and-Wildlife-Dept-Sept-7-2007-2.pdf">https://www.doi.gov/sites/doi.gov/files/migrated/deepwaterhorizon/adminrecord/upload/ENVIRONMENTAL-REMEDICATION-OF-THE-USTS-TEXAS-CLIPPER-FOR-USE-AS-AN-ARTIFICIAL-REEF-IN-THE-GULF-OF-MEXICO-prepared-by-Texas-Parks-and-Wildlife-Dept-Sept-7-2007-2.pdf</a> . Accessed 11.09.2016.
106	<a href="https://www.scubacrowd.com/dive-site/palamos/pecio-boreas/107">https://www.scubacrowd.com/dive-site/palamos/pecio-boreas/107</a> . Accessed 10.03.2016.

**Table 2**

Overview of the distribution of intentionally deployed wrecks in the USA and rest of the world.

<b>Location</b>	<b>Total</b>	<b>Dry bulk carrier</b>	<b>Dry cargo vessel</b>	<b>Fishing vessel</b>	<b>Land item</b>	<b>Off-shore vessel</b>	<b>Other</b>	<b>Passenger ship</b>	<b>Service vessel</b>	<b>Special purpose vessel</b>	<b>Tanker</b>	<b>Warship</b>	<b>Yacht</b>
USA	1739	12	126	71	548	2	118	8	604	23	39	183	5
Rest of the world	168	18	9	16	3	0	27	8	45	13	1	27	1
Total	1907	30	135	87	551	2	145	16	649	36	40	210	6

### 1.1. Distribution of wrecks in the USA

More than half of the wreck's records (68%) in the USA are vessels. Subway cars/boxcars, automobile bodies, battle tanks, aircrafts, and submarines constitute the remaining 548 wrecks in the

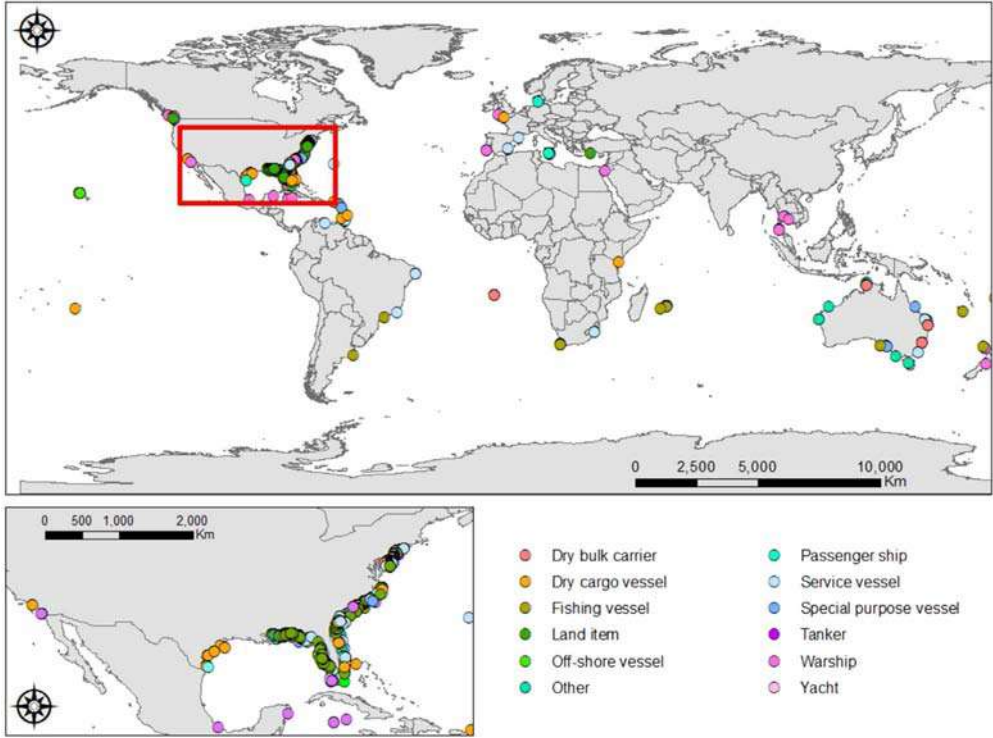


Fig. 1. Types of intentionally deployed vessels in the dataset. Colors indicate different types of vessels.

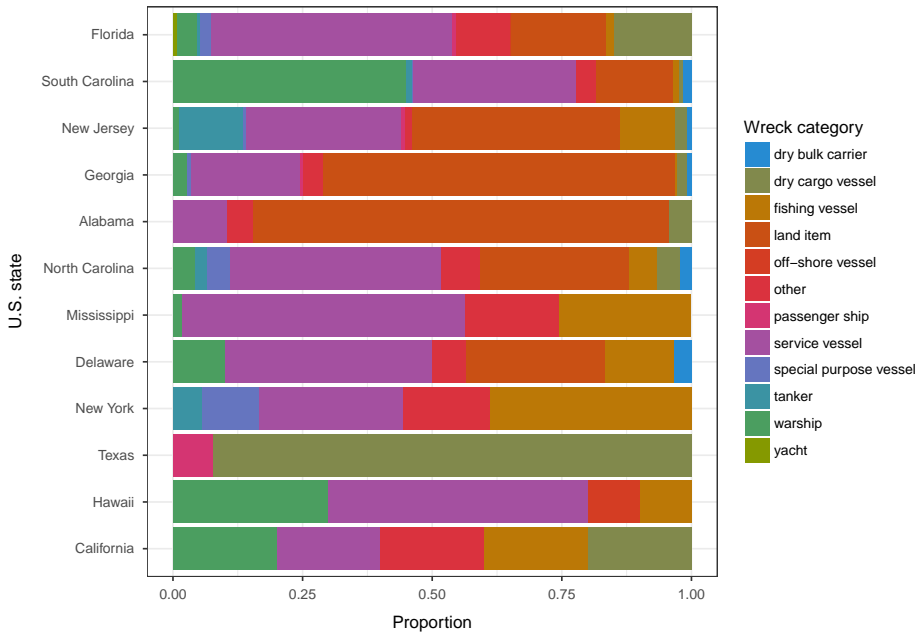


Fig. 2. Types of intentionally deployed wrecks in 12 of the American states.

data. Florida has the highest number of wreck records (43%). The dominant type of wreck data in all states, except Georgia and Alabama, was a vessel (Fig. 2 [5]). In Texas, North Carolina, California, Virginia and South Carolina more wrecks were sunk in the period before 1990 (Fig. 3 [6]).

## 1.2. Distribution of wrecks in the rest of the world

The data contain 168 wreck records distributed in 32 countries around the world (Tables S1 and 3, Fig. 4 [7]). Most of the deployed vessels (38% of the 168) are in Australia (Fig. 5 [2]).

**Table 3**  
Number of deployed wrecks by country.

Location	Total	Dry bulk carrier	Dry cargo vessel	Fishing vessel	Land item	Other	Passenger ship	Service vessel	Special purpose vessel	Tanker	Warship	Yacht
Argentina	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Australia	64	16	0	2	0	14	2	21	7	0	1	1
Barbados	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bermuda	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Island												
Brazil	7	0	0	1	0	0	0	6	0	0	0	0
British	2	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Virgin												
Islands												
Canada	8	0	1	0	1	0	0	1	0	0	5	0
Cayman	4	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	0
Islands												
Cook	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Islands												
Denmark	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Fiji	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Great	2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Britain												
Grenada	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Guadeloupe	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Israel	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Kenya	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Malta	11	0	0	0	0	0	4	6	0	1	0	0
Mauritius	13	0	0	1	0	12	0	0	0	0	0	0
Mexico	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0
New	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Caledonia												
New	6	0	0	1	0	0	0	2	0	0	3	0
Zealand												
Portugal	4	0	0	0	0	0	0	2	0	0	2	0
Reunion	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Saint	6	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
Helena												
Saint Lucia	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0
South	10	0	0	5	0	0	0	1	1	0	3	0
Africa												
Spain	3	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0
St.	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0
Eustasius												
Island												
Thailand	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0
The	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bahamas												
Trinidad	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
and												
Tobago												
Turkey	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Venezuela	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0

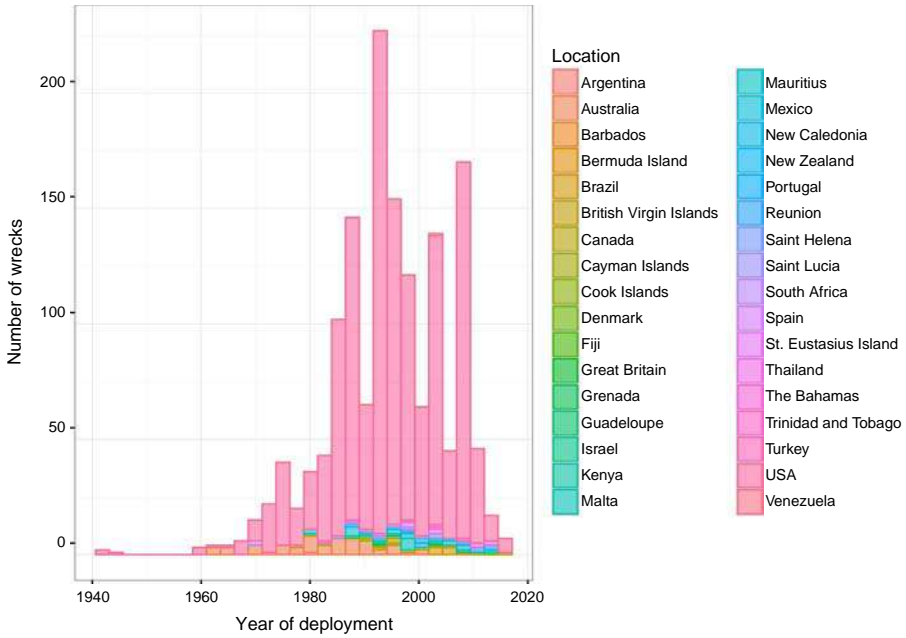


Fig. 3. Number of intentionally deployed wrecks by location and year.

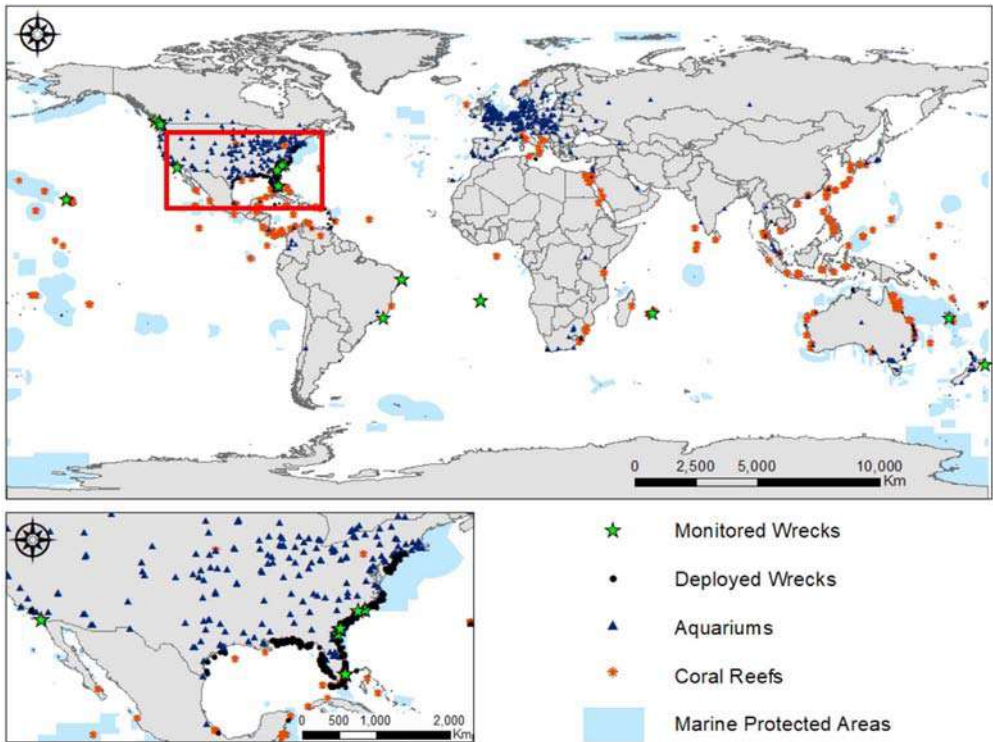
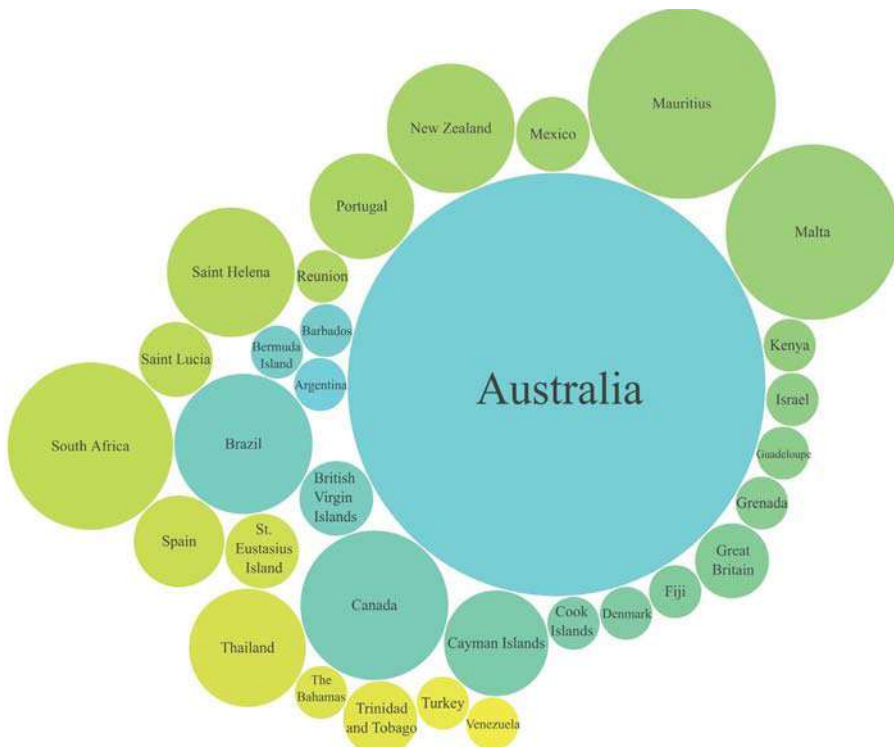


Fig. 4. Global distribution of monitored and deployed wrecks, aquariums, coral reefs and marine protected areas.

## 2. Experimental Design, Materials and Methods

We compiled data of 1907 intentionally deployed wrecks to serve as artificial reefs from diverse sources, including local artificial reef databases, scientific publications, and diving web sites (Table 1). Publications include scientific articles, monitoring reports, student theses and dissertations. The initial search for websites or publications with wrecks included mainly the use of the *Google* search engine, including *Google Scholar* and *PubMed*, with one or a combination of the following key words and expressions: shipwreck, artificial reef, sunken vessels, intentionally deployed. Later, we specified the search by adding a location, e.g., artificial reefs Europe, intentionally deployed vessels USA, shipwrecks as artificial reefs Australia, etc. Regarding wrecks located in the USA, the search was further specified using the key expression artificial reef with an addition of the particular state, e.g. artificial reefs Florida, artificial reefs Georgia, etc. In the majority of cases, the result of this search led to an official web page of the artificial reef program in the state in question. Furthermore, these web sites contained lists of all artificial reefs in the state. From these lists, we extracted information regarding only vessels and other types of wrecks. Regarding wrecks as artificial reefs in Australia, we used two main sources of information: 1) the Australian National Shipwreck Database [8], and 2) a report regarding sea dumping in Australia, prepared for the Australian Government, Department of Environment and Heritage [9]. We obtained data regarding wrecks as artificial reefs in the rest of the world from diving websites and scientific publications. We also gathered information about 1901 sites of wrecks of various types intentionally deployed globally as artificial reefs. The main fields included in the database were: name of the wreck and/or the reef site, year of deployment, type of wreck, location, coordinates, depth, accuracy of the coordinates (when provided), last update of the



**Fig. 5.** Comparison of the number of intentionally deployed wrecks globally, excluding the USA. The size of the circles is proportional to the number of sunken wrecks, with a minimum of 1 and maximum of 64.

**Table 4**

Description of the variables in the main dataset.

ID	Description
Name	Name of the wreck
Year.of.deployment	Year of deployment
Type.of.wreck	High detail level of wreck category
Location.Country	Name of the country
Location.City.State.Province	Name of the City
Location.Water.Body	Name of the water bodies
Depth	Recorded depth of the wreck, in meters
Latitude	Latitude ISO 6709, in decimal degrees
Longitude	Longitude ISO 6709, in decimal degrees
Accuracy	Level of position accuracy
Last.update	Last wreck information update
Source	Internet reference link
Notes	Complementary information on the wreck location
ISO.Country.Code	ISO 3166, 3 characters code of country or territory
ISO.Country.Code.1	ISO Numeric Code UN M49 Numerical Code
ISO.Country.Code.state.province.ID	ISO 3166, 3 characters code of country and province Wreck ID
Wreck.Category	General category of the wreck
Protected.Area	Boolean value, 0 = not in a protected area, 1 = in a protected area
Name.Protected.Area	Name of the protected area
Near.Coral.ID	Identification of the nearest coral reef according to [3].
Distance.Coral	Distance, in km, to the nearest coral reef.
Near.Aquarium.Name	Institution name of the nearest aquarium part of Species360 [4].
Distance.Aquarium	Distance, in km, to the nearest aquarium.
Last.update.Year	Year of the last update
Last.update.Month	Month of the last update
Last.update.Day	Day of the last update
Purpose.of.deployment	Published purpose of the deployment
Method.of.sinking	Method of wreck sinking
Baseline.survey	Boolean value
Monitoring	Monitored parameters details
Method.of.monitoring	Monitored parameters method
Research.outcome	Result from monitoring
Life.span.years	Estimated lifespan of the wreck
Source.1	Reference of the monitoring
Min.Est.Lifespan	Minimum estimated wreck lifespan
Max.Est.Lifespan	Maximum estimated wreck lifespan

**Table 5**Aggregated wreck categories, based on Knud E. Hansen<sup>a</sup>.

Category	Example of artefact
passenger ship	ferry, passenger/cargo ship
dry cargo vessel	cargo ship, freighter, liberty ship
tanker	oil tanker, fuel barge, oil field supply vessel
dry bulk carrier	iron lighter, steel barge, wooden lighter
special purpose vessel	cable ship, buoy tender, cable layer vessel
service vessel	hydrographic ship, push boat, fireboat
fishing vessel	fishing trawler, clam boat, shrimp boat
off-shore vessel	submarine
yacht	yacht
land item	army tank, bus, aircraft, railroad boxcar
warship	destroyer, aircraft carrier, armoured personnel carrier
other	drydock, sailboat, powerboat, tour boat

<sup>a</sup> Knud E. Hansen: <http://www.knudehansen.com/key-services/general-naval-architecture/vessel-types/>

information, source of the information and notes (Table 4). The coordinates were given in decimal degrees to allow the direct use of these data with other spatial information.

The data contain records of 130 types of wrecks, as described in the source, which we aggregated into 12 categories (Table 5). Each wreck record contains the citation, the latitude and longitude, the

**Table 6**

Detailed description of the biophysical marine factor variables on the location of wrecks from Feldman & MacClain [10] and from Levitus [1].

ID	Variable name (unit)	Original Spatial Resolution	Sensor	Data	Temporal range	Brief description
calcite	Calcite concentration (mol/m <sup>3</sup> )	5 arcmin (9.2 km)	Aqua-MODIS	Seasonal climatologies	2002 - 2009	Calcite concentration indicates the concentration of calcite (CaCO <sub>3</sub> ) in oceans
chlomax	Chlorophyll A concentration (mg/m <sup>3</sup> )	5 arcmin (9.2 km)	Aqua-MODIS	Monthly climatologies	2002–2009	Chlorophyll A concentration indicates the concentration of photosynthetic pigment chlorophyll A (the most common "green" chlorophyll) in oceans. Please note that in shallow water these values may reflect any kind of autotrophic biomass.
chlomean						Mean value of chlorophyll
chlomin						Minimum value of chlorophyll
chlorange						Range of values of chlorophyll
cloudmax	Cloud fraction (%)	6 arcmin (11 km)	Terra-MODIS	Monthly images	2005–2010	Maximum cloud fraction. It indicates how much of the earth is covered by clouds.
cloudmean						Mean cloud fraction
cloudmin						Minimum cloud fraction
damax	Diffuse attenuation coefficient at 490 nm (m <sup>-1</sup> )	5 arcmin (9.2 km)	Aqua-MODIS	Monthly climatologies	2002–2009	The diffuse attenuation coefficient is an indicator of water clarity. It expresses how deeply visible light in the blue to the green region of the spectrum penetrates in to the water column.
damean						Mean diffuse attenuation coefficient
damin						Minimum diffuse attenuation coefficient
parmax	Photosynthetically Available Radiation (Einstein/m <sup>2</sup> /day)	5 arcmin (9.2 km)	SeaWiFS	Monthly climatologies	1997–2009	Photosynthetically Available Radiation (PAR) indicates the quantum energy flux from the Sun (in the spectral range 400–700 nm) reaching the ocean surface.
parmean						Mean Photosynthetically Available Radiation (PAR)
sstmax	Sea Surface Temperature (°C)	5 arcmin (9.2 km)	Aqua-MODIS	Monthly climatologies	2002–2009	Sea surface temperature is the temperature of the water at the ocean surface. This parameter indicates the temperature of the topmost meter of the ocean water column.
sstmean						Mean Sea surface temperature
sstmin						Minimum Sea surface temperature
sstrange						Range Sea surface temperature

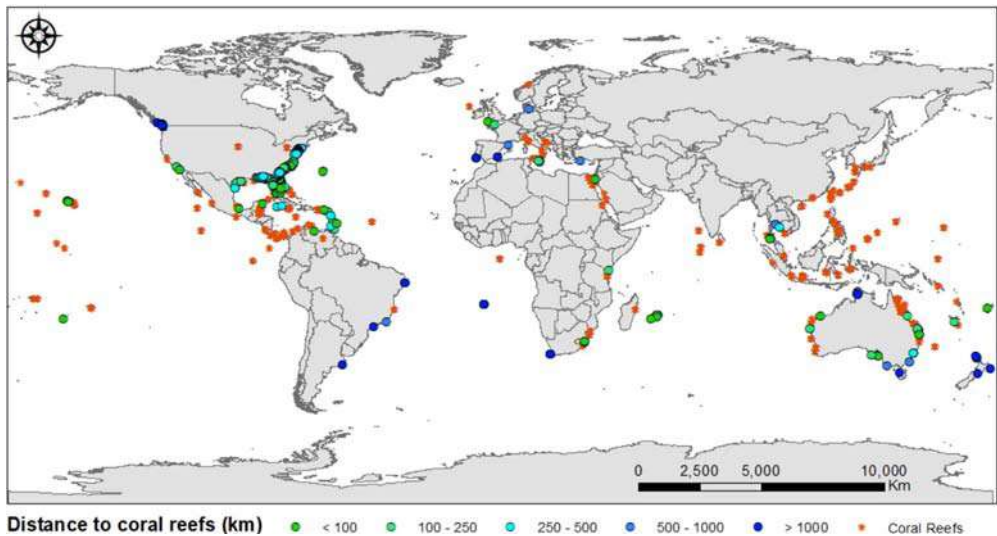


type of structure and the lifespan of the wreck to serve as an artificial reef (Table S1 & S2). We calculated the wrecks lifespan based on the type of structure and material by using the estimates provided by 36 studies that monitor the colonization of the artificial reefs (see Table 1 for the source of those studies). For these 36 wrecks we included the following information: estimates of lifespan as artificial reefs, purpose of deployment, method of sinking, baseline study before monitoring, the purpose of monitoring, the method of monitoring, and a brief summary of monitoring outcomes.

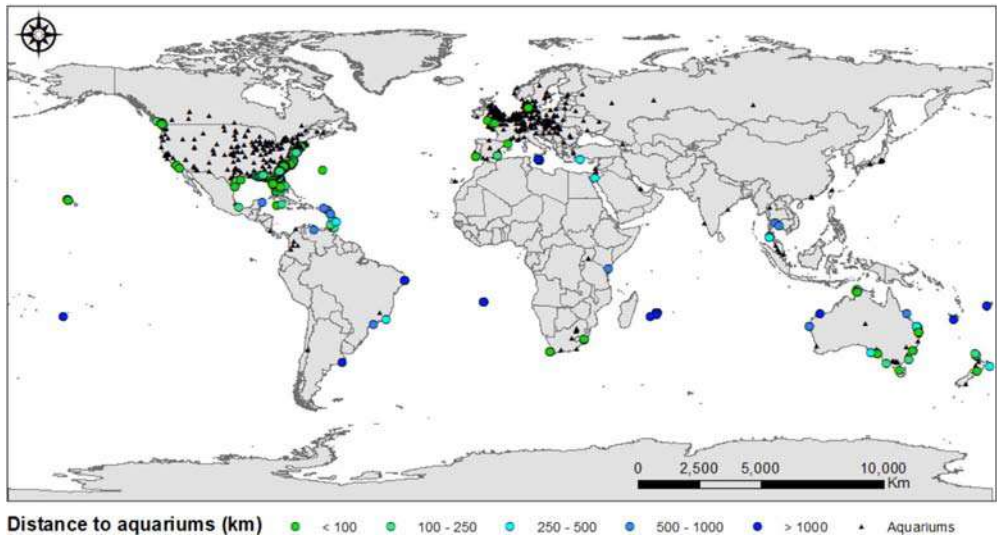
We extracted biophysical marine factors in each wreck location from Feldman & McClain [10] and from the World Ocean Database [1] (Table 6). This information includes key Standard Level Data, such as pH, chlorophyll A concentration, calcite, and sea surface temperature. We used ArcGIS version 10.5.1. [11] to:

- i) Calculate the Euclidean distance between coral reefs and deployed wrecks by using the data on corals' location from the Coral Traits Database [3], which contain species-specific biogeographic locations (Fig. 6).
- ii) Indicate if the wreck is located within a protected area, from the World Database on Protected Areas [2] (Table S1).
- iii) Estimate the distance of wrecks to aquariums and zoological institutions members of Species360. The Species360 global network is a non-governmental organization that manages the Zoological Information Management System (ZIMS) [4]. ZIMS is a real-time database with standardized and shared information of 21000 species from more than 1100 zoos and aquariums institutions, of which 54% report having aquatic species (Fig. 7).

The data presented here do not cover all existing, deliberately sunken wrecks; the selection is based mainly on the availability of data either online or in publications in the English language. The quality and accuracy of the presented data entirely depend on the accurate, up-to-date information contained in the source documents. For quality control, we checked all data entries by at least one person who was not the main responsible for data input. For that, two people had access to the dataset at the same time: one person attributed a random record number to the other one, who was responsible to find the relevant data from the source person (such as: coordinates, name, year of deployment, depth). The two persons cross-referenced the data with the source to check for errors. To provide visualization of the data in the presented database we generated maps using ArcGIS [11].



**Fig. 6.** Global distribution of coral reefs (orange dots), as reported in Madin et al. [3] and its distance from deployed wrecks in kilometers. Each blue and green colored dot represents a range of distance.



**Fig. 7.** Global distribution of aquarium members of the Species360 network (black dots) and their distance from deployed wrecks in kilometers. Each blue and green colored dot represents a range of distance.

## Acknowledgements

Authors would like to thank the work of more than 1100 members across 96 countries of Species360 for registering their animals in the ZIMS shared database. This project was possible thanks to the financial support of the sponsors and partners of the Species360 Conservation Science Alliance: World Association of Zoos and Aquariums, Copenhagen Zoo and Wildlife Reserves of Singapore.

## Transparency document. Supporting information

Transparency data associated with this article can be found in the online version at <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.12.023>.

## Appendix A. Supporting information

Supplementary data associated with this article can be found in the online version at <https://doi.org/10.1016/j.dib.2018.12.023>.

## References

- [1] S. Levitus, World Ocean Database. 2009. In AGU Fall Meeting Abstracts.
- [2] U. Man, World Database on Protected Areas WDPA, 2011.
- [3] J.S. Madin, K.D. Anderson, M.H. Andreasen, T.C. Bridge, S.D. Cairns, S.R. Connolly, E.S. Darling, M. Diaz, D.S. Falster, E. C. Franklin, The Coral Trait Database, a curated database of trait information for coral species from the global oceans, *Sci. Data* 3 (2016) 160017.
- [4] Species360. 2018. ([www.Species360.org](http://www.Species360.org)).
- [5] F. Leitão, Artificial reefs from ecological processes to fishing enhancement tools, *Braz. J. Oceanogr.* 61 (1) (2013) 77–81.
- [6] A.M. Fowler, A.-M. Jørgensen, J.C. Svendsen, P.I. Macreadie, D.O.B. Jones, A.R. Boon, D.J. Boots, R. Brabant, E. Callahan, J. T. Claisse, T.G. Dahlgren, S. Degraer, Q.R. Dokken, R. Quenton, A.B. Gill, D.G. Johns, R.J. Leewis, H.J. Lindeboom, O. Linden, R. May, A.J. Murk, G. Ottersen, D.M. Schroeder, S.M. Shastri, J. Teilmann, V. Todd, G. Van Hoye, J. Vanaverbeke, J.W.P. Coolen,

- Environmental benefits of leaving offshore infrastructure in the ocean, *Front. Ecol. Environ.* (2018), <https://doi.org/10.1002/fee.1827>.
- [7] J.A. Sanabria-Fernandez, N. Lazzari, R. Riera, M.A. Becerro, Building up marine biodiversity loss: artificial substrates hold lower number and abundance of low occupancy benthic and sessile species, *Mar. Environ. Res.* (2018).
  - [8] Australian Government, Department of the Environment and Energy, Australian National Shipwreck Database, 2000 (<http://www.environment.gov.au/heritage/historic-shipwrecks/australian-national-shipwreck-database>).
  - [9] G. Plunkett, *Sea Dumping in Australia: Historical and Contemporary Aspects*, Australian Government, 2003.
  - [10] G. Feldman, C. McClain. Ocean Color Web, SeaWiFS Reprocessing. 2010. NASA Goddard Space Flight Center. Eds. Kuring, N., Bailey, SW (<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>).
  - [11] ESRI, ArcGIS Desktop: Release 10.5.1, Environmental Systems Research Institute, Redlands, CA, 2011.

**Decision IG.24/12**

**Updated Guidelines Regulating the Placement of Artificial Reefs at Sea**

*The Contracting Parties to the Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean and its Protocols at their 21<sup>st</sup> Meeting,*

*Recalling* the outcome document of the United Nations Conference on Sustainable Development, entitled “The future we want”, endorsed by the General Assembly in its resolution 66/288 of 27 July 2012, in particular those paragraphs relevant to the sound management of chemicals and waste,

*Recalling* United Nations General Assembly resolution 70/1 of 25 September 2015, entitled “Transforming our world: the 2030 Agenda for Sustainable Development”,

*Recalling also* the United Nations Environment Assembly resolutions UNEP/EA.4/Res.7 of 15 March 2019, entitled “Environmental sound management of waste” and UNEP/EA.4/Res. 21 of 15 March 2019, entitled “Towards a pollution-free planet”,

*Having regard to* the 1995 Protocol for the Prevention and Elimination of Pollution of the Mediterranean Sea by Dumping from Ships and Aircraft or Incineration at Sea, and in particular Article 3(4) (b) thereof, which excludes from the definition of dumping the placement of matter for a purpose other than mere disposal, provided that such placement is not contrary to the aims of the 1995 Dumping Protocol,

*Recalling* the 2005 Guidelines for the Placement at Sea of Matter for Purpose other than the Mere Disposal (Construction of Artificial Reefs), adopted by the Contracting Parties at their fourteenth meeting (COP 14) (Portoroz, Slovenia, 8-11 November 2005), and noting the progress made and key lessons learnt in their implementation,

*Recalling also* Decision IG.22/20, adopted by the Contracting Parties at their 19<sup>th</sup> Meeting (COP 19) (Athens, Greece, 9-12 February 2016), by which the Contracting Parties mandated the update of the 2005 Guidelines,

*Stressing* that, subject to the entry into force of the 1995 Dumping Protocol, the dumping of vessels in the Mediterranean Sea Area is prohibited since 31 December 2000, according to Article 4(2) (c) of the Protocol,

*Taking into account* that the placement of matter for a purpose other than the mere disposal in the Mediterranean Sea Area is not contrary to the aims of the 1995 Dumping Protocol, and that, in line with the object and purpose of the 1995 Dumping Protocol and of the Barcelona Convention, placement activities must not be used to legitimize the dumping of waste or other matter that is prohibited under the 1995 Dumping Protocol,

*Taking note of* the most recent developments regarding placement of artificial reefs, in particular under the International Maritime Organization Convention on the Prevention of Marine Pollution by Dumping of Wastes and Other Matter (1972) and the Protocol thereto,

*Recognizing* that where national legislation does not prohibit the placement of vessels as artificial reefs in the Mediterranean Sea area, such placement may only be considered, if all appropriate regulatory and other measures are taken to prevent, abate and eliminate any possible pollution of the Mediterranean Sea from such placement in accordance with the provisions of relevant domestic, regional and international regulations,

*Stressing* that the placement of artificial reefs is a deliberate alteration of marine ecosystems and habitats that should be considered in accordance with the precautionary principle,

*Mindful* of the urgent need to update the 2005 Guidelines to respond to the increasing development of artificial reefs in the Mediterranean Sea Area, combined with its potential adverse impacts on marine and coastal ecosystems and other legitimate uses of the sea, and to further encourage greater awareness of the importance of well planned, adequately managed, properly assessed and monitored artificial reefs in the Mediterranean Sea Area and the benefits for the marine environment that they can generate,

*Committed* to further streamlining the Mediterranean Action Plan Ecological Objectives, in particular those related to pollution, litter, biodiversity, coast and hydrography and associated Good Environmental Status targets, as well as the relevant provisions of the Regional Plan on Marine Litter Management in the Mediterranean, in the scope of application of the 1995 Dumping Protocol,

*Having considered* the reports of the MED POL Focal Points Meeting of May 2017 and of the Thematic Focal Points Meeting for Specially Protected Areas and Biological Diversity held in June 2019,

1. *Adopt* the Updated Guidelines Regulating the Placement of Artificial Reefs at Sea, set out in the Annex to the present Decision, which replace the 2005 Guidelines;
2. *Request* the Contracting Parties to make every effort to ensure their effective implementation, keeping in mind that the updated guidelines shall be without prejudice to stricter provisions with respect to the placement of artificial reefs in the Mediterranean Sea Area contained in other existing national or international instruments and/or programmes;
3. *Urge* the Contracting Parties to timely report on placement activities in the Mediterranean Sea Area using the Mediterranean Action Plan (MAP) online Barcelona Convention Reporting System;
4. *Request* the Secretariat to facilitate the work of the Contracting Parties for the implementation of the Updated Guidelines, by further strengthening cooperation and synergies in this area with the London Convention and its Protocol and other relevant International Maritime Organization instruments; and by sharing information with global and regional agreements and programmes on the achievements and progress of the MAP-Barcelona Convention system in this area.

**Annex**

**Updated Guidelines for Regulating the Placement of Artificial Reefs at Sea**

## Table of Contents

### Annex

#### PART -A- REQUIREMENTS OF THE DUMPING PROTOCOL AND BARCELONA CONVENTION

1. Introduction
2. Scope
3. Definitions and Purpose

#### PART-B- ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF PLACEMENT OPERATIONS AT SEA

1. Requirements for Construction and Placement
2. Requirements for the authorization of placement at sea of matter

#### PART-C- PLACEMENT OF VESSELS HULL AND SUPERSTRUCTURE

1. Benefits
2. Limitations and drawbacks
3. Recommendations and Considerations
4. Vessels Clean up

#### PART -D- MONITORING OPERATIONS FOR PLACEMENT AT SEA OF MATTER FOR A PURPOSE OTHER THAN MERE DISPOSAL

1. Definition
2. Objectives
3. Quality control
4. Quality assurance

**List of Abbreviations / Acronyms**

<b>BEP</b>	Best Environmental Practice
<b>CFCs</b>	Chlorofluorocarbons
<b>CPs</b>	Contracting Parties
<b>COP</b>	Conference of the Parties
<b>FAO</b>	<a href="#">Food and Agriculture Organization</a> of the United Nations
<b>GFCM</b>	<a href="#">General Fisheries Commission for the Mediterranean</a>
<b>GES</b>	Good Environmental Status
<b>IMAP</b>	Integrated Monitoring and Assessment Programme
<b>IMO</b>	International Maritime Organization
<b>MAP</b>	Mediterranean Action Plan
<b>MED POL</b>	Programme for the Assessment and Control of Marine Pollution in the Mediterranean Sea
<b>OSPAR</b>	<a href="#">Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic</a>
<b>PCBs</b>	Polychlorobiphenyls
<b>RAC/SPA</b>	<a href="#">Regional Activity Centre for Specially Protected Areas</a>
<b>SPAMIs</b>	Specially Protected Areas of Mediterranean Importance
<b>UNEP</b>	<a href="#">United Nations Environment Programme</a>
<b>UNEP/MAP</b>	<a href="#">United Nations Environment Programme</a> /Mediterranean Action Plan



## **PART -A- REQUIREMENTS OF THE DUMPING PROTOCOL AND BARCELONA CONVENTION**

### **1. Introduction**

1. Under Article 4.1 of the Dumping Protocol, the dumping of wastes or other matter into the sea, with the exception of those listed in Article 4.2, is prohibited. Article 3(4b) of the amended Dumping Protocol excludes from the definition of “dumping” the placement of matter for a purpose other than the mere disposal provided that such placement is done in accordance with the relevant provisions of the Protocol.

2. In this regard the ‘relevant provisions of the Convention’ include the general obligations in Article 4, in particular the obligation that Contracting Parties shall, in accordance with the provisions of the Convention, take all possible steps to prevent and eliminate pollution and to protect the marine area against the adverse effects of human activities so as to safeguard human health and to conserve marine ecosystems and, when practicable, restore marine areas which have been adversely affected (Article. 4.2, 4.3). More specifically, the provisions of Article 5 of the Convention, requires that: “The Contracting Parties shall take all appropriate measures to prevent, abate and to the fullest possible extent eliminate pollution of the Mediterranean Sea Area caused by dumping from ships and aircraft or incineration at sea”.

3. Moreover, and at the outset of the adoption of Ecosystem Approach for the conservation of the marine ecosystems of the Mediterranean Sea, the CP’s shall consider in their placement activities the Operational objectives and Good Environmental Status definitions relating to trace metals and selected organics, as included in the Decision IG.21/3, adopted by the COP18, in 2013.

4. Furthermore, in accordance with Article 6 of the Dumping Protocol, the permit referred to in Article 5 shall be issued only after careful consideration of the factors set forth in the Annex to the Dumping Protocol.

5. These updated Guidelines are prepared in pursuance to Article 3(4, b) of the amended Dumping Protocol of 1996. Their purpose is to assist Contracting Parties in:

- (a) Considering the consequences for the marine environment of the placement of artificial reefs on the seabed. Construction of artificial reefs is one example of ‘placement’ and the Guidelines that follow contain elements that are relevant for a wide range of other coastal and offshore developments that have potential to cause adverse effects in the marine environment and that, therefore, should fall under the control of appropriate national authorities.
- (b) Fulfilling their obligations relating to the issue of permits for the placement of matter
- (c) Transmitting to the Organization reliable data on the input of matter covered by the Dumping Protocol.

6. The Updated Guidelines on Placement for Artificial Reefs shall be without prejudice to stricter provisions with respect to the placement for artificial reefs in the Mediterranean Sea Area contained in other existing or future national or international instruments or programmes.

7. Data and information provided by national authorities, in the framework of reporting exercise to IMO and MAP based on the respective London and Barcelona Conventions, indicate that the placement of vessels is, besides dredging, one of the major dumping activities in the Mediterranean coastal zones. In addition, considering the scientific findings which indicate a number of drawbacks in the placement of matter, and specifically of vessels, for reefs development and the resulting risks for tourist and ecosystems purpose and working in the framework of precautionary principle, the basic concept of these updated Guidelines is to provide instructions on the placement of artificial reefs for ecosystems enhancement and recommendations to ensure the stability of barges, small fishing boats,

tow and tug boats, small ferry boats etc. and, in general all vessels, under 30 m long which are placed at depth of less than 40 m, due to their possible human risks. These updated Guidelines provide as well ample information on placement of vessels in general, and clean-up procedures, which should be implemented before placement of all types of vessels to prevent pollution of the marine ecosystems and to contribute in achieving/maintaining GES in line with the Ecological Objectives 1, 2, 6, 7, 8, 9, and 10 and related GES definitions and targets.

## **2. Scope**

8. Artificial reefs are used in coastal waters in many regions of the world for a range of coastal management applications. The development of artificial reefs in the maritime area is growing. Among the uses being examined by the scientific community are:

- (a) reduction of flooding and coastal erosion due to tidal waves;
- (b) providing sheltered anchorages for shipping and small boats;
- (c) development of habitat for crustaceans' fisheries (e.g. lobsters), particularly in conjunction with juvenile restocking;
- (d) providing substrate for algae or mollusc cultivation;
- (e) providing means of restricting fishing in areas where stocks or ecosystems are in need of protection;
- (f) creating fish aggregation areas for fisheries, sport anglers and diving;
- (g) replacing habitats in areas where particular substrates are under threat;
- (h) mitigation for habitat loss elsewhere (e.g. consequence of land reclamation);
- (i) production of marine resources.

## **3. Definitions and Purpose**

9. An artificial reef is a submerged structure deliberately constructed or placed on the seabed to emulate some functions of a natural reef such as protecting, regenerating, concentrating, and/or enhancing populations of living marine resources.

10. Objectives of an artificial reef may also include the protection, restoration and regeneration of aquatic habitats, and the promotion of research, recreational opportunities, and educational use of the area.

11. The term does not include submerged structures deliberately placed to perform functions not related to those of a natural reef - such as breakwaters, mooring, cables, pipelines, marine research devices or platforms even if they incidentally imitate some functions of a natural reef.

12. These Guidelines address those structures specifically built for protecting, regenerating, concentrating and/or increasing the production of living marine resources, whether for fisheries or nature conservation. This includes the protection and regeneration of habitats.

13. Any authorization for the creation of an artificial reef should identify clearly the purposes for which it may be created.

## **PART-B- ASSESSMENT AND MANAGEMENT OF PLACEMENT OPERATIONS AT SEA**

### **1. Requirements for Construction and Placement**

#### **1.1 Materials**

14. Artificial reefs should be built from inert materials. For the purpose of these Guidelines, are considered those which do not cause pollution through leaching, physical or chemical weathering and/or biological activity. Physical or chemical weathering of structures may result in increased exposures for sensitive organisms to contaminants and lead to adverse environmental effects.

15. Materials used for the construction of permanent artificial reefs will of necessity be bulky in nature, for example geological material (i.e. rock), concrete or steel. Vessel structures could be placed, under the provisions of the Protocol, provided that the instructions of these updated Guidelines are properly implemented.

16. No materials should be used for the construction of artificial reefs which constitute wastes or other matter whose placement at sea is otherwise prohibited.

#### **1.2 Design**

17. Modules for artificial reefs are generally built on land unless they consist solely of natural materials placed in an unmodified form. The materials chosen for the construction of artificial reefs will need to be of sufficient engineering strength, both as individual units and as an overall structure to withstand the physical stresses of the marine environment and not break up, potentially causing serious interference problems over a wide area of the seabed. Artificial reefs must also be constructed and installed in such a way as to ensure that the structures are not displaced or overturned by force of towed gears, waves, currents or erosion processes for their objectives to be fulfilled at all times.

18. Artificial reefs should be designed and built in such a way that they could be removed, if required. The design of the artificial reef should strive to achieve its objectives with minimum occupation of space and interference with the marine ecosystems.

#### **1.3 Placement**

19. The placement of artificial reefs should be done with due regard to any legitimate activity underway or foreseen in the area of interest, such as navigation, tourism, recreation, fishing, aquaculture, nature conservation or coastal zone management.

20. Prior to placement of an artificial reef, all groups and individuals who may be affected or interested, should be informed on the characteristics of the artificial reef as well as on its location and depth of placement. They should be given the opportunity to make their views known in due time prior to its placement.

21. The location of a proposed artificial reef and the timing of its construction/placement should be carefully considered by the competent body at an early stage in the planning, especially with regard to:

- (a) distance to the nearest coastline;
- (b) coastal processes including sediment movement;
- (c) recreational areas and coastal amenities;
- (d) spawning and nursery areas;
- (e) known migration routes of fish or marine mammals;
- (f) sport and commercial fishing areas;

- (g) areas of natural beauty or significance cultural, historical, or archaeological importance;
- (h) areas of scientific or biological importance;
- (i) maritime safety, maritime traffic density and ship's routing systems;
- (j) designated marine placement sites;
- (k) old military exclusion zones, including closed dumpsites;
- (l) engineering uses of the seafloor (e.g. potential or ongoing seabed mining, seabed pipelines; undersea cables, desalination or energy conversion sites).
- (m) previous dumping sites in the area

22. While in many cases the aim should be to avoid conflict with the above interests, the management objectives for an artificial reef could be directed specifically at interference, such as discouraging the use of certain types of fishing gear. It will also be important to consider information on the following:

- (a) water depths (maximum, minimum, mean);
- (b) influence on stratification;
- (c) meteorological, oceanographic and hydrographic features of area, based on official data information;
- (d) impact on coastal protection;
- (e) influence of the structure on local suspended solid concentrations.

23. Special attention will be paid to the technical possibility for future physical access to the reef in case of need, notably with regard to its maximum depth, to allow removing or reforming it once placed. In relation to this, placement of artificial reefs in deep sea beds should be avoided.

24. The competent authority to issue the permit should ensure that the position surveyed, depth and dimensions of the artificial reef is indicated on nautical charts. In addition, the authority should ensure that advance notice is issued to advise mariners and hydrographic surveying services of the placement.

#### **1.4 Assessment of potential effects-impact hypothesis**

25. Assessment of potential effects should lead to a concise statement of the expected consequences on the marine environment, i.e., the "Impact Hypothesis". It provides a basis for deciding whether to approve or reject the proposed placement option and for defining environmental monitoring requirements.

26. The assessment for placement should integrate information on matter characteristics, conditions at the proposed placement-site(s), proposed placement techniques and specify the potential effects on human health, living resources, amenities and other legitimate uses of the sea. It should define the nature, temporal and spatial scales and duration of expected impacts based on reasonably conservative assumptions.

27. In constructing an impact hypothesis, particular attention should be given to, but not limited to, potential impacts on amenities, sensitive areas (e.g., spawning, nursery or feeding areas), habitat (e.g. biological, chemical and physical modification), migratory patterns and marketability of resources. Consideration should also be given to potential impacts on other uses of the sea including: fishing, navigation, engineering uses, areas of special concern and value, and traditional uses of the sea.

28. All matter may have a variety of physical, chemical and biological effects. Impact hypotheses cannot attempt to reflect them all. It must be recognized that even the most comprehensive impact hypothesis may not address all possible scenarios such as unanticipated impacts. It is therefore, imperative that the monitoring programme be linked directly to the hypothesis and serve as a feedback mechanism to verify the predictions and review the adequacy of management measures applied to the placement operation and at the placement-site. It is important to identify the sources and consequences of uncertainty. The only effects requiring detailed consideration in this context are physical impacts on

biota.

29. The expected consequences of placement should be described in terms of affected habitats, processes, species, communities and uses. The precise nature of the predicted effect (e.g., change, response, or interference) should be described. The effect should be quantified in sufficient detail so that there would be no doubt as to the variables to be measured during field monitoring. In the latter context, it would be essential to determine "where" and "when" the impacts can be expected. Emphasis should be placed on biological effects and habitat modification as well as physical and chemical change. The following factors should be addressed:

- (a) physical changes and physical effects on biota; and
- (b) effects on sediment transport.

30. Whenever an artificial reef placement is intended to be done within the limits of an MPA (either its core or buffer area), a detailed impact assessment specifically intended for that case has to be done.

31. Where the impact hypothesis indicates any transboundary impacts a consultation procedure should be initiated in accordance with Section 2.5.

## **1.5 Scientific Experiments**

32. Trials involving smaller scale<sup>1</sup> placement for scientific purposes may be required before proceeding with a full-scale deployment in order to evaluate the suitability of artificial reef and to assess the accuracy of the predictions of its impact on the local marine environment. As the use of artificial reefs develops, scientific experiments may be carried out. In these cases, full justification referred to under section 3 of Part A "Definitions and Purposes" may not be possible or necessary.

## **1.6 Management and Liabilities**

33. Authorisations for constructing artificial reefs should:

- (a) specify the responsibility for carrying out any management measures and monitoring activities required and for publishing reports on the results of any such monitoring;
- (b) specify the owner of the artificial reef and the person liable for meeting claims for future damage caused by those structures and the arrangements under which such claims can be pursued against the person liable.

## **2. Requirements for the authorization of placement at sea of matter**

### **2.1 Requirements for a permit application**

34. Any application for a permit has to contain data and information specifying:

- (a) the purpose for the placement of the artificial reefs,
- (b) the impact hypothesis, including health and safety considerations,
- (c) the types, amounts and sources of the matter to be placed;
- (d) the design – which includes selecting appropriate materials and designing the detailed structure, based both on the purpose of the reef
- (e) the location of the placement site(s) and distance from MPAs and fishing shoals;
- (f) the history of previous placement operations and/or past activities with negative

<sup>1</sup> In the planning phase for a full-scale artificial reef, scientists usually carry out small scale placement experiments before proceeding with a full-scale deployment in order to evaluate the suitability of the artificial reef and to assess the accuracy of the impacts' hypothesis on the local marine environment

- environmental impacts;
- (g) risk assessment that includes at least meteo-oceanographic and hydrographic features of the area, maritime safety, environment protection and procedures in case of incidents related to exploitation of the object;
- (h) the method of placement;
- (i) the proposed monitoring and reporting arrangements; and
- (j) the proposed corrective and mitigating measures.

## 2.2 Criteria for the evaluation of a permit application

35. Artificial reefs should only be established if, after due consideration of all environmental costs and socio-economic aspects (e.g. undesirable impacts or alteration), a net benefit can be demonstrated, in relation to the defined objectives. In such assessment of potential effects (which may have to be a formal environmental impact assessment if major impacts cannot be ruled out) the following steps should be followed:

- (a) Studies should be carried out that yield the information required to assess:
  - i. Possible impacts of the installation of an artificial reef on the indigenous fauna and flora, marine key habitats and the environment of the site and the wider surroundings;
  - ii. The benefits expected to be obtained from the installation of an artificial reef;
- (b) The best alternatives for the design and placement of the artificial reef should be identified. At this stage, the benefits of all options including that of no action should be assessed in relation to their environmental costs and socio-economic aspects;
- (c) Before installing an artificial reef, baseline studies should be conducted to provide benchmark data for the subsequent monitoring of the effects of an artificial reef on the marine environment.

36. Where the comparative assessment reveals that adequate information is not available to determine the likely effects of the proposed placement option, including the potential long-term harmful consequences, then this option should not be considered further. In addition, where analysis of the comparative assessment shows that the placement option is less preferable than other option, a permit should not be issued for the placement.

37. Each assessment should conclude with a statement in support of a decision to either issue or refuse a permit for placement. Opportunities should be provided for public review and participation in the permit evaluation process.

## 2.3 Conditions for issuing a permit

38. A decision to issue a permit should be based on the elements provided by the preliminary survey. If the characterisation of these conditions is insufficient for the formulation of an impact hypothesis, additional information will be required before any final decision is made with regard to issuing a permit.

39. A decision to issue a permit should only be made where all the impact assessments are complete, taking into account the defined criteria, and where the monitoring requirements have been determined. The conditions set out in the permit should be such as to ensure, in so far as practicable, that environmental disturbance and detriment are minimized, and that benefits are maximized. In this regard, the permit should specify preventive or mitigating and corrective measures aiming at preventing or mitigating a potential impact.

40. Regulators should strive at all times to enforce procedures which ensure that environmental changes are as far below the limits of allowable environmental change as practicable, taking into account technological capacities and economic, social and political considerations. The authority

responsible for issuing the permit should take into consideration relevant research findings when specifying permit requirements.

#### **2.4 Supplemental conditions for issuing a permit for an existing placement site**

41. The issuing of a permit for placement at a site where past placement activities were carried out should be based on a comprehensive review of results and objectives of existing monitoring programmes. The review process provides an important feedback and informed decision-making regarding the impacts of further placement activities, and whether a permit may be issued for further placement on site. Furthermore, such a review will indicate whether the field-monitoring programme needs to be continued, revised or terminated.

#### **2.5 Consultation procedure in case of transboundary impacts**

42. With reference to Section 1.4 of Part B and in case the impacts hypothesis indicates any transboundary impacts a consultation procedure should be initiated at least 32 weeks before any planned date of a decision on that question by sending to the Secretariat a notification containing:

- (a) an assessment prepared in accordance with Part B to this Guidelines, including the summary in accordance with Part B of these Guidelines;
- (b) an explanation why the relevant Contracting Party considers that the requirements of Section 1.4 of Part B of these Guidelines may be satisfied;
- (c) any further information necessary to enable other Contracting Parties to consider the impacts and practical availability of options for re-use, recycling and placement.
- (d) MAP Secretariat shall immediately send copies of the notification to all Contracting Parties.

43. If a Contracting Party wishes to object to, or comment on, the issue of the permit, it shall inform the Contracting Party which is considering the issue of the permit not later than the end of 16 weeks from the date on which the MAP Secretariat circulated the notification to the Contracting Parties, and shall send a copy of the objection or comment to the MAP Secretariat. Any objection shall explain why the Contracting Party which is objecting considers that the case put forward fails to satisfy the requirements of Section 1.4 of Part B of these Guidelines. That explanation shall be supported by scientific and technical arguments. MAP Secretariat shall circulate any objection or comment to the other Contracting Parties.

44. Contracting Parties shall seek to resolve by mutual consultations any objections made under the previous paragraph. As soon as possible after such consultations, and in any event not later than the end of 22 weeks from the date on which the MAP Secretariat circulated the notification to the Contracting Parties, the Contracting Party proposing to issue the permit shall inform the MAP Secretariat of the outcome of the consultations. The MAP Secretariat shall forward the information immediately to all other Contracting Parties.

45. If such consultations do not resolve the objection, the Contracting Party which objected may, with the support of at least two other Contracting Parties, request the MAP Secretariat to arrange an ad hoc meeting as appropriate to discuss the objections raised. Such a request shall be made not later than the end of 24 weeks from the date on which the MAP Secretariat circulated the notification to the Contracting Parties.

46. The Secretariat shall arrange for such an ad hoc meeting to be held within 6 weeks of the request for it, unless the Contracting Party considering the issue of a permit agrees to an extension. The meeting shall be open to all Contracting Parties, the operator of the installation in question and all observers to MAP Secretariat. The meeting shall focus on the information provided in accordance with section 1 of Part B of these Guidelines.

47. The chairman of the meeting shall be the MAP Coordinator, or a person appointed by MAP

Coordinator. Any question about the arrangements for the meeting shall be resolved by the chairman of the meeting.

48. The chairman of the meeting shall prepare a report of the views expressed at the meeting and any conclusions reached. That report shall be sent to all Contracting Parties within two weeks of the meeting.

49. The competent authority of the relevant Contracting Party may take a decision to issue a permit at any time after:

- (a) the end of 16 weeks from the date of dispatch of the copies under paragraph 43 (d) of the consultation procedure, if there are no objections at the end of that period;
- (b) the end of 22 weeks from the date of dispatch of the copies under paragraph 43 (d) of the consultation procedure, if any objections have been settled by mutual consultation;
- (c) the end of 24 weeks from the date of dispatch of the copies under paragraph 43 (d) of the consultation procedure, if there is no request for an ad hoc meeting;
- (d) receiving the report of the ad hoc meeting from the chairman of that meeting.

50. Before making a decision with regard to any permit, the competent authority of the relevant Contracting Party shall consider both the views and any conclusions recorded in the report of the ad hoc meeting, and any views expressed by Contracting Parties in the course of this procedure.

51. Copies of all the documents which are to be sent to all Contracting Parties in accordance with this procedure shall also be sent to those observers who have made a standing request for this to the Secretariat.



## **PART-C- PLACEMENT OF VESSELS HULL AND SUPERSTRUCTURE**

52. For the purpose of these updated Guidelines, the term vessel applies to the vessel's hull, which is the main body of the vessel and its superstructure, which consists of parts of the vessel that project above her main deck.

53. Placement of vessels should not be permitted by competent national authorities before securing that cleaning has been completed, in accordance with requirements under section 4 of the Part C of these updated Guidelines.

54. Placement of vessels for the creation of artificial reefs is practiced by growing numbers of Contracting Parties in the Mediterranean region. This practice has, in principle, many ecosystems, economic and recreational benefits. Nevertheless, experiences from the Mediterranean region and other part of the world revealed several limitations and drawbacks which make vessels placement practices non beneficial to the marine ecosystems, the economy of coastal municipalities, maritime traffic and creating human health risks. Taking into consideration these facts, these updated Guidelines provide recommendations to the CPs to be consider by national relevant authorities before granting a vessel placement permit. It should be read in conjunction with the Art. 3(4b) of Dumping Protocol and offer guidance, based on observation and experience, on how to perform vessels placement. In this respect it is highly recommended to consider the provision of other relevant international Conventions (such as Hong Kong Convention, Basel Convention etc.).

### **1. Benefits**

55. Benefits could be summarized, among others, as follows:

- (a) Vessels make interesting diving locations for both recreational divers and technical deep diving mixed-gas users. Vessels are also regularly utilized as angling sites by recreational fishermen and the charter fishing industry.
- (b) Vessels used as artificial reefs, can, alone, or in conjunction with other types of artificial reefs, generate reef-related economic contributions to coastal municipalities.
- (c) Steel-hulled vessels are considered durable artificial reef material when placed at depths and orientations that insure stability in major storm events. Large vessels have life spans as artificial reefs that may exceed 60 years, depending on vessel type, physical condition, location of deployment, and storm severity.
- (d) Reuse of large steel-hulled vessels as artificial reefs may be more economical than scrapping the vessels domestically.
- (e) Vessels, due to high vertical profile, attract both pelagic and demersal fishes. Vertical surfaces produce upwelling conditions, current shadows, and other current speed and direction alterations that are attractive to schooling forage fishes, which in turn attract species of commercial and recreational importance, resulting in increased catch rates for fishermen.
- (f) Vessels, like other artificial reef material, can augment benthic structure which locally increases shelter opportunities and reef fish carrying capacity in locations where natural structure is sparse, or create structure which is more preferable or attractive to certain fish species than locally less complex hard bottom.
- (g) Steel-hulled vessel reefs that are not well publicized, located far offshore, or otherwise difficult to access for fishing and diving because of depth and currents may, if properly sited, provide important refuge for reef fish species. Such vessels can provide important aggregation, shelter, and residence sites for reef fish species that have been traditionally over-fished.
- (h) Vessels under certain conditions may provide habitat for spawning aggregations of some managed reef fishes.

- (i) Vessels may provide extensive surface area for epibenthic colonization. This colonization results in the enhancement of lower trophic level biomass at the vessel site.
- (j) Under some circumstances, depending on location and season, some vessels may hold greater abundances and higher biomass of fish species, including some recreationally important species (i.e. snappers), than nearby natural reefs.
- (k) Vessels may reduce anchor damage and other physical damage by directing a proportion of the reef users away from nearby natural reefs. Similarly, vessels provide diving alternatives to natural reef sites where physical damage to natural reefs through anchor damage, grounding, handling, crawling on, specimen collecting, and spear fishing have accelerated deterioration of natural reefs and their associated fauna.

## 2. Limitations and drawbacks

56. The literature highlighted number of limitations and drawbacks related to placement of vessels for artificial reefs:

- (a) Vessels were originally designed and utilized for purposes other than artificial reef construction. They can be contaminated with pollutants, including: PCBs, radioactive control dials, petroleum products, lead, mercury, zinc, and asbestos. Hazardous wastes and other pollutants are difficult and expensive to remove from ships. Hazardous material itself, once removed must be disposed of under proper Guidelines without any damage to the environment.
- (b) Damage to private and public property during cleaning operations or subsequent towing, vessels sinking outside of the designated site creating hazards to navigation, and ships damaging natural habitats due to improper deployment or subsequent movement.
- (c) Vessel stability during storms is variable. Vessels placed in shallow depths (less than 50 m) are more susceptible to movement during major storm events than vessels placed at greater depths and local oceanographic characteristics should be taken into account.
- (d) Damage to the structural integrity of vessels sunk as artificial reefs can also occur from storms. However, it should be noted that natural reefs, and some other less durable types of artificial reef structures have also experienced storm damage. Some vessels that may resist significant hull movement in a storm can still experience substantial structural damage. Loss of structural integrity can increase hazards to divers on artificial reefs by creating a disorienting environment or increasing potential for snagging equipment or for physical injury from jagged metal, etc.
- (e) Removal of hazardous materials, pollutants, and other material not authorized for artificial reef disposal under the permit requires additional expense, time, and in some cases special equipment and expertise. The cost to safely place a vessel in the sea as an artificial reef increases as the size of the vessel, number of compartments, void spaces, and overall complexity increase.
- (f) Vessels typically provide proportionately less shelter for demersal fishes and invertebrates than other materials of comparable total volume. This is because the large hull and deck surfaces provide few, if any, holes and crevices. This lack of shelter from predation greatly reduces the usefulness of a ship as nursery for the production of fishes and invertebrates. Also, while a high vertical profile can be attractive to pelagic fish species, unless a vessel hull is extensively modified to allow for access, water circulation and light penetration, most of the interior of the vessel is not utilized by marine fishes and macro invertebrates.
- (g) Use of vessels for artificial reef can result in conflicts between divers and fishermen and any other legitimate use of the sea. Although such conflicts can occur on natural reefs, there is often preferential use of vessels by divers resulting in domination of some vessel reef sites by

diving user groups. This is particularly true in areas with large tourist and resident diving populations that are selectively attracted to vessels sunk in shallow, clear and warm water environments.

- (h) The surface of a steel hull is a less ideal surface for colonization by epibenthos than rocks or concrete. Sloughing of steel, due to corrosion, results in loss of epibenthic animals.
- (i) The placement of vessels has an impact on the integrity of seabed, during the placement operations and their movement during storms.

### 3. Recommendations and Considerations

57. On the basis of the benefits, limitations and drawbacks it is highly advisable to:

- (a) The applicant for a vessel placement should ensure the stability of barges, small fishing boats, tow and tug boats, small ferry boats etc. and, in general all vessels under 30 m long which are placed at depth of less than 40 m due to their possible human risks.
- (b) Recommend a buffer zone of about 450 m between any natural hard and soft bottom occupied by protected species or habitats and vessels deployed as artificial reef material in depths less than 50 m. This safety buffer is based upon documented movement of vessels, or parts thereof, in storm events. At depths below 50 m but less than 100 m, a buffer distance of a least 100 m is recommended. For the purposes of these Guidelines, hard bottom includes living natural reefs such as coral reefs, oyster reefs, worm reefs, and areas of naturally occurring hard bottom or rocky outcrops to which are attached well developed varying biological assemblages such as perennial algal species, and/or such invertebrates as sea fans, bryozoans, sea whips, hydroids, ascidians, sponges, or corals.
- (c) Literature and regional experiences have demonstrated that it is possible to have a viable artificial reef program without vessels. It is important for managers to assess their objectives when securing a vessel, since cleaning and towing costs, especially when transboundary transport is involved, can be prohibitive.
- (d) With the rapid increase in recreational sport diving activities in some areas, ship deployment in certain areas may have greater value to the diving industry than to the recreational hook and- line fishery. Vessels deployed in shallow water (18-30 m) are especially attractive to recreational SCUBA divers. If the funding source is fishing license revenues, and the site is dominated by divers, this issue should be considered.
- (e) If the intent of developing an artificial reef is to provide recreational fishing opportunities with some level of fishing success, while at the same time avoiding user conflict, the combined effect of spear fishing and hook-and-line harvest and liability associated with diver accidents during wreck diving, may lead to a recommendation to sink vessels at greater depths (40 to 100 m).
- (f) Consider using only those steel hulled vessels which are designed for operating in heavy sea conditions, such as sea tugs, oil rig re-supply vessels, trawlers, and small freighters, which are all structurally sound, the focus should be on structural and habitat complexity of vessels, rather than strictly vertical height or sheer overall length.
- (g) Some contractors or other organizations tasked with cleaning vessels, or their hired laborers and volunteers have historically not always followed proper hazardous materials and other waste handling and disposal, and/or clean up instructions, including in these updated Guidelines, due to lack of expertise or training, inadequate facilities, equipment and manpower, desire to reduce project time and expenses, or insufficient guidance or oversight provided by the contract or project manager, and focus on removal of salvageable material to the detriment of meeting other cleaning and preparation objectives.
- (h) All petroleum products, both liquid and semi-solid must be removed from tanks on ships with

follow-up inspection. It is not sufficient to draw the tanks down and then weld the hatch closed. Experience has demonstrated that corrosion of the metal of the ship will eventually release residual fuel into the environment and that relatively small quantities can trigger regulatory and public relations consequences.

- (i) Resistance to a 20-year storm event is a minimum acceptable level of stability. For vessels deployed within approximately 900 m of natural coral reefs, well developed hard bottom communities, or oil and gas infrastructures recommend that the vessel stability requirement at the depth placed increase to resistance to movement in a 50-year storm event.
- (j) Avoid the use of explosives to the extent possible in sinking vessels under 45m in length where alternate sinking methods (opening sea cocks, flooding with pumps, opening up temporarily sealed pre-cut holes, etc.) are feasible. If explosives must be used for sinking larger vessels with many watertight compartments, there should be careful placement by experts of the minimal amount of structural cutting explosives necessary to sink the vessel safely and efficiently. The minimization of vessel damage and the avoidance of harm to marine life are important vessel sinking objectives. Potential impacts to marine mammals, turtles, and fishes should be considered.
- (k) It is important to develop and implement cleaning standards for pollutants known to occur on ships; require testing for PCBs on boats and ships constructed prior to 1975 (when PCB manufacture ended); require an asbestos inspection. Identified asbestos that is secured or encased may be left undisturbed, and in place prior to sinking.
- (l) Liability issues must be recognized and addressed by permittees who are required to provide long-term responsibility for materials on their permitted artificial reef sites, including ships. Demonstration of this responsibility could include liability insurance, posting a bond or other indemnifying instrument to ensure resolution of liability issues associated with the towing, cleaning and sinking of ships on state submerged lands. This liability includes damages caused by movement of the materials during storm events.
- (m) All constraints that may be placed on sinking a ship (i.e. minimum depth, distance from shore, complexity of vessel that may require additional technical assistance, stability requirements, vessel orientation, cost, time involved in project, etc.) should be reassessed, in order to decide early on whether one or more of these constraints will result in a final outcome that will not be successful in achieving the project's objectives.
- (n) It is recommended to establish a national coordinated reefing plan. Prior to the release of any ships under such a program, the national authority should be encouraged to the maximum extent possible to take all necessary steps to ensure the funding of the cleaning, preparation, towing and sinking of vessels in their entirety as a turnkey project, at a location selected by the state reef program designated to obtain the vessel.

#### **4. Vessels Clean up**

58. Suggestions for planning work:

*a) Gather Information About the Vessel, ship and Boat*

59. Several parts of these Guidelines require that information concerning the vessel, ship and boat be provided to the Designated Authority. If this information is not available, the clean-up organization or the permit applicant will have to develop some or all of the information, which typically come at a significant cost. As a condition of purchase of the vessel, ship and boat, permit applicants should collect from the owner of the vessel, ship and boat the following information and certificates (issued by competent authorities):

- (a) asbestos certificates, indicating that the vessel, ship and boat is asbestos-free, or detailing the location of asbestos remaining in the vessel, ship and boat;
- (b) PCB certificates, indicating that the vessel, ship and boat is PCB-free, or detailing the location of PCBs remaining in the vessel, ship and boat;
- (c) for warships and naval auxiliaries, an “ammunition-free” certificate issued by defence authorities;
- (d) for warships, naval auxiliaries, vessel, ship and boats that have been engaged as research ships, and other vessel, ship and boats that may have carried radioactive materials, a radiation inspection certificate;
- (e) a certificate that refrigerants and halons have been removed from shipboard systems;
- (f) other certificates relating to removal/addition of equipment, components or products;
- (g) information on hazardous materials left in the vessel, ship and boat;
- (h) information on exterior hull paint including paint type, detailed technical information on the paint, and date of application;
- (i) information on machinery, compartment and tank layout, ideally in the form of a general arrangement drawing or firefighting compartment diagram;
- (j) information on the fuels carried and used by the vessel ship and boat;

*b) Develop a Work Plan to Reduce Costs*

60. The two main operations (salvage and clean-up) will typically overlap and may proceed in parallel in different sections of the vessel, ship and boat. Experience has shown that it is critical, from an economic perspective, to have a comprehensive plan detailing the activities to be undertaken. Failure to develop and use a plan has in the past, led to several repetitions of the same cleaning operations, or inability to salvage certain components due to access issues or lack of time. As funding for projects is usually finite, it is important for the viability of the project that efforts are not being wasted or opportunities missed to generate funds through salvage. The Designated Authority will not weaken the requirements as set forth in the Guidelines because the applicant or clean-up contractor has not adequately organized the work. Salvage and clean-up operations that could be considered a success from an economic as well as environmental perspective have required an extensive planning effort.

61. In general terms, salvage operations should come first, aiming to minimize debris and contamination with oils or other products that will have to be cleaned-up at a later stage. Experience indicates that a close link is required between the salvage and clean-up effort. Previous salvage operations that have not considered subsequent clean-up operations have resulted in massive cleaning requirements.

62. Clean-up would typically be the last operation in the continuum of activity. In any given section, clean-up would normally start at the highest part of the compartment or tank and proceed downwards to the bilge.

63. The following general principles have been developed from previous efforts:

- (a) deal with the large concentrations of oil and hazardous products early in the operation;
- (b) keep compartments clean and make concerted efforts to avoid spillage during salvage and clean-up;
- (c) consider removing, instead of cleaning, heavily contaminated machinery and piping;
- (d) removal is typically far quicker and allows for less overall effort in clean-up as access is improved and ongoing contamination from drips and seepage is minimized;
- (e) maintain a strong project management presence at the site.

*c) Maintain Security During Clean-up*

64. Security of the vessel, ship and boat and the surrounding site should be addressed in the clean-up and salvage plan. Experience indicates that security issues are not static and need constant attention over the life of the project. However, to assist applicants and ensure the safety, it is recommended that the following issues be addressed:

- (a) public safety: Vessel, ship and boat undergoing salvage operations are dangerous sites. The public must be prevented from accidentally or casually accessing the interior of the vessel, ship and boat and the clean-up site.
- (b) salvage security: This is closely linked to the public safety issue. Inevitably, some members of the public will actively seek to gain illegal entrance to the site and vessel, ship and boat. This security issue requires constant vigilance and repeated assessment.
- (c) -liability insurance should also be considered
- (d) -environmental liability: Some of the material removed from the vessel, ship and boat could become a significant environmental liability if it were to be mishandled, disturbed or spilled. Material should not be allowed to accumulate at the site. Personnel involved in clean-up and salvage operations must be aware of environmental due diligence responsibilities.
- (e) It is highly recommended that a secure lock-up (for tools, valuable salvage items, items that are potentially hazardous, etc.) be made available.

*d) Prepare for Inspections*

65. Under normal circumstances the responsible of the Designated Authority will require a minimum of three weeks' notice to arrange an inspection. It is expected that two inspections will be conducted, with all deficiencies being corrected for the second and final inspection. If subsequent inspections are required these will likely involve further expenses being charged directly to the permit applicant.

66. The inspection team will consist of the responsible of the Designated Authority, plus any necessary specialist support staff. The permit applicant should ensure that the senior personnel from the clean-up team, and the salvage team, if it is a different organization, are onsite for the inspection(s). These personnel should accompany the Designated Authority during the inspection to allow full insight into any findings. The Designated Authority may, but is not obliged to, make suggestions concerning the clean-up effort. Where it is possible to correct minor findings during the course of the inspection, the Designated Authority may, if time allows, re-inspect the particular finding.

67. Special attention needs to be given to questions of access and personnel safety. The Designated Authority needs to inspect every part of the vessel, ship and boat without incurring undue personal risk.

*e) General notes on salvage and recycling*

68. A notable portion of most vessel, ship and boats is normally economically salvageable. Items that have been salvaged and sold intact in previous clean-up and salvage projects include diesel generators and associated equipment, various types of lockers, anchors and chain, watertight hatches and doors, furniture, and certain galley equipment. Valves, especially those of large diameter, are a further potential source of revenue. Depending on the rated voltage and frequency employed in the vessel, ship and boat, motors may be a further source of revenue. The difference between "used" value and scrap value can be significant. Salvage and clean-up contractors are encouraged to actively seek markets for used equipment and outfit items.

69. Equipment that has no current market may still have scrap value based on the raw material.

Commonly found metals that are salvageable include:

- (a) **Bronze:** This metal is typically cast, and is found in propellers, valve bodies, cooler bodies, and various machinery castings.
- (b) **Brass:** Brass is typically found in machined form. Items likely to be found in a vessel, ship and boat include tube plates in coolers, small valves, decorative fittings, flush-deck covers for valves, and various machinery components.
- (c) **Copper-nickel:** Copper-nickel is used extensively in seawater piping systems and is commonly used as tubing material in coolers and condensers. Both 90-10 (most common) and 70-30 grades have been in use in the marine industry.
- (d) **Aluminum:** Most aluminum is in sheet, plate or stiffener form. It may be found in a wide variety of outfit items including lockers, desks, bunks and shelving. Structural aluminum has been used in some vessel, ship and boats to minimize top weight, and is commonly found in masts and deck-houses.
- (e) **Copper:** Copper is found in electrical cables, small diameter tubing (pressure gauges), motors, generators, and miscellaneous electrical fittings. Copper salvage is generally a break-even process in economic terms.
- (f) **Stainless Steel:** Stainless steel is most commonly employed in sheet or plate form and is found in food preparation and serving areas, medical facilities, upper deck lockers, and some exterior fittings.

Although steel is not generally economical to salvage, in many instances it will be cheaper and more effective overall to remove and recycle steel piping and equipment. This is a particularly effective strategy where the effort to clean the material in-situ is significant, or the material would cause access problems for the clean-up effort.

*f) General notes on personnel safety during clean-up and inspections*

70. Clean-up and salvage contractors are advised that their activities in the vessel, ship and boat and at the surrounding site will be subject to national requirements.

*g) Notes on vessel, ship and boat stability during clean-up and transits*

71. Operations associated with salvage, clean up and diver access have the potential to adversely impact vessel, ship and boat stability. This can be an important issue, especially if the vessel, ship and boat have to be moved to its sinking location. Failure to consider intact and damaged stability during operations could result in premature and uncontrolled capsizing and/or sinking of the vessel, ship and boat. This situation is entirely preventable.

72. Organizations embarking on SCUBA diving attraction projects are advised to obtain the services of a naval architect who is provincially registered to practice as a Professional Engineer, to review salvage plans and serve as a stability consultant.

73. Issues that need to be considered during the planning phase include, inter alia:

- (a) **Weight Removal:** Weight removal will impact on the center of gravity, and hence the stability, of the vessel, ship and boat. In general terms, weight removed low in the ship (ballast bars, bilge piping, etc.) has an adverse impact on stability while weight removed high in the ship has a positive impact on stability.
- (b) **Hull Openings:** Hull openings are often required for salvage efforts, but they do present a risk of flooding. Hull openings should be well above the water line. Permit applicants must consider carefully hull breaches, especially if the vessel, ship and boat must be moved after hull openings are made.

- (c) Natural roll, list, loll, and the possibility of encountering higher sea states must be borne in mind by the permit applicant.
- (d) Watertight Integrity: Internal watertight integrity may not be at initial design Guidelines at the time of vessel, ship and boat disposal and is often further compromised by salvage activity.
- (e) Free Surface Effects: Free surface may be an issue if fluids are allowed to accumulate in bilges, or if tanks are kept in a partially full condition. Stability of the vessel, ship and boat should be considered as an integral part of the salvage and clean-up plan. The permit applicant must continuously be aware of vessel, ship and boat stability conditions and be prepared to take action to improve vessel, ship and boat stability when required.

*h) Tank cleaning*

74. Here are several accepted and widely used methods to clean fuel and oil tanks. The best method to use will depend on the type of hydrocarbon in the tank, the amount of residue in the tank, and the extent of any hard or persistent deposits and residues. In general, lower quality fuels will require more cleaning effort. Similarly, tanks for dirty or water-contaminated oil will require more cleaning effort.

75. When cleaning tanks, the factors that need to be considered are the Guidelines requirements, the machinery and resources available, and the method or facilities available to deal with cleaning residues. It may be necessary to experiment with several cleaning methods to find one that will work in the particular circumstances. Where cleaning is expected to be complex or difficult the permit applicant should consider securing the services of a professional tank cleaning contractor. Options for cleaning tanks include, inter alia:

(a) mechanical cleaning

76. Mechanical cleaning involves mechanical removal of sludge and remaining fluids and wiping down all surfaces with oil absorbent material. Although costly in terms of manpower, it does limit the spread of contamination and minimize production of fluids which are expensive to dispose of.

(b) steam or hot water washing

77. This method is quite effective, although it requires special equipment and generates large volumes of oily water. If this method is contemplated, the organization should have a plan to deal with the oily water that complies with local regulations and the National Shipping Act. Surfactants (or soaps) are not recommended, as they tend to emulsify any oil present and make the oily water exceptionally difficult to treat. This would likely drive disposal costs higher than necessary. In tanks where deck heads and sides are reasonably free of contamination, pressure washing can cause significant contamination of these otherwise clean surfaces through splashing, misting, and carry-over.

(c) solvent washing

78. Solvent washing may be an option where exceptionally tenacious deposits or films are encountered. Note that the used solvent will require subsequent removal and all of the liquid product generated will require special handling and disposal. In isolated cases, especially where low grade fuels have been stored, it may be necessary to resort to more advanced tank cleaning methods such as ultrasonic or special solvents.

79. It may be advantageous to employ all three methods in any given vessel, ship and boat, depending on the nature and location of the contamination. In general, mechanical cleaning would be the first method to try, followed by steam/hot water washing, then solvent washing in exceptionally difficult cleaning situations.

80. Whichever method is employed, the effluent and waste must be collected and treated. Large



volumes will require the services of a pumper truck while smaller quantities may be handled in barrels. Care must be exercised in transfer operations to avoid spills. If large quantities of oil or oil-contaminated liquids are to be transferred the use of a boom around the vessel, ship and boat should be considered.

*i) Cleaning compartments with bilges*

81. Cleaning bilges is frequently complicated by poor access caused by piping, gratings, and equipment. During the planning phase the clean-up contractor should consider the access issue carefully. In many cases it is cheaper and easier to remove interference items (especially when they themselves are dirty or contaminated) than it is to attempt to clean the items and the adjacent bilge.

82. Bilges, once clean, are very vulnerable to recontamination. Contractors should be aware of the following types of situations which have given rise to problems in the past:

- (a) Piping, valves and fittings in hydrocarbon systems will continue to weep for some time after initial draining. These drips can - over a quite short period of time - lead to a significant rework effort. Drips should be captured whenever possible;
- (b) Containers used for clean-up are vulnerable to tipping, especially in the uncertain footing and poor lighting conditions often found in vessel, ship and boats undergoing sinking preparation. Buckets should be removed as they are used, or if they are employed for catching drips, emptied regularly;
- (c) Water should not be allowed to enter bilges unless it is part of a planned clean-up campaign. Water generally complicates clean-up of bilges as the water must be handled as oily wastewater. In general, the approach and methods for cleaning bilges is the same as for cleaning tanks.

*j) Dealing with piping and fittings*

83. Contractors should identify those pipes and fittings that contain fuels, oils and oily water as part of the planning activity. If ship's drawings are not available, it will be necessary to develop this information on site. Authority will generally assume that piping has contained hydrocarbons unless the piping is clearly identified as being part of a non-hydrocarbon system, or there is clear evidence to indicate that the piping was not part of a hydrocarbon system (e.g. sea water piping to coolers, fresh water piping to domestic spaces). As per the Guidelines, piping in the bilge will be assumed to be contaminated with oil until proven clean.

*k) Cleaning fitted machinery*

84. Cleaning fitted machinery is a lengthy and difficult process. Whenever possible, fitted machinery should be sold into the used machinery market or removed for recycling.

85. The general approach to cleaning diesel engines/generators, gearboxes, compressors, etc. is similar. The clean-up plan should identify the fluids and other contaminants in the machine to be removed. Care should be exercised to capture fluids to avoid further clean-up effort. Fluid types should not be mixed, as this may increase disposal costs. Large reservoirs of fluids should be drained first, followed by smaller accumulations in machinery housings, piping, and fittings. The force of gravity will assist in collecting the fluids over a period of time, and the clean-up plan should allow for an adequate drainage period. The precise period required will vary with internal machinery clearances, length and size of piping, fluid viscosity and temperature. As weeping of oils and fuels will continue for several days or weeks, clean-up plans should recognize the requirement to catch the seepage during this period so as to minimize collateral contamination of bilges, decks, piping bundles, etc. General guidance for specific equipment follows.

*l) Combustion Engines*

86. External Oil System: Drain the sump. Identify all external oil lines, coolers and other fittings. Open and drain these items. After draining, consideration should be given to removing these items from the vessel, ship and boat to prevent oil weeping from connections. Remove all oil filter and strainer elements, pressure gauges and gauge lines.

87. Fuel System: Remove fuel injectors. Identify all external fuel pressure lines, return lines and fittings. Open and drain these items. After draining, consideration should be given to removing these items from the vessel, ship and boat to prevent fuel weeping from connections. Remove all fuel filters and strainers, pressure gauges and gauge lines. Open and drain any governors.

88. Engine Internals: Open all explosion doors, hand-hole doors, maintenance access panels, etc. On some engines it may be desirable to cut further access openings. Remove heads and clean thoroughly, or drain and remove from vessel, ship and boat—note that heads may have salvage value depending on engine type and condition. Open all internal oil lines and galleries. Remove oil pump or open it and clean it for inspection. Open bearing pedestals and clean. Open turbo charger or supercharger bearings. At this point it is generally desirable to cut open the main oil sump for better access. Wipe out internal surfaces of engine. Persistent weeping indicates an oil or fuel accumulation that requires investigation.

89. Cooling System: Drain all treated water.

*m) gearboxes*

90. Gearboxes may be stand-alone items of equipment or integrated into a piece of machinery. The feature in common is a lubricating oil system. Treat initially as for “external oil system” covered under combustion engines. Open all covers and access panels. In most cases it will be necessary to cut further access holes to allow for the interior of the gearbox to be adequately cleaned. Open all internal oil lines. Open bearing pedestals (especially those in a horizontal plane) if there are oil accumulation pockets. The Designated Authority will need to see at least one bearing open to assess construction. Remove or drain gearing sprayers. Wipe down all surfaces.

*n) other Machinery*

91. Other machinery, often termed *auxiliary machinery*, can be considered in two broad classifications for clean-up purposes. The first group is machinery that does not employ oil lubrication and does not contain grease other than within sealed rolling element bearings. These machines do not generally require hydrocarbon clean-up unless they were employed pumping fuel or oil or have large grease reservoirs. Typical pieces of machinery that would usually not require clean-up include small water pumps and ventilation fans.

92. The second broad classification of machinery is equipment that utilizes lubricating oil or contains greases outside of sealed bearings. While auxiliary machinery (air compressors, refrigerant compressors, circulating pumps, steam turbines, etc.) varies considerably in purpose and construction detail, the individual pieces can be dealt with in a similar manner during clean-up. Any working fluids that are hydrocarbon-based or otherwise hazardous (e.g. CFCs) should be removed first, and the pump-end left open. Fitted lubricating oil systems should be cleaned as noted under the heading “external oil system” in the combustion engine section. If a gearbox is fitted, it should be treated as for the section on gearboxes.

93. Experience indicates that oil sumps in small pieces of machinery will almost always need to be cut open to allow adequate access for cleaning. Wipe down all internal oiled surfaces. Grease packed couplings, stuffing boxes, chain sprockets, worm drives, etc. must generally be opened,

unless they meet the restrictive “small quantities” exemption in the Guidelines.

94. The grease is usually best removed by mechanical means, although in some cases of very limited access (such as gun rings), it may be necessary to resort to steam or solvent washing.

95. Basic knowledge of machines and an understanding of the purpose of the specific equipment typically allow the clean-up effort to proceed more efficiently.

*o) Suggestions on handling debris*

96. Salvage and clean-up operations will generate a large quantity of material that needs to be removed from the vessel, ship and boat.

*p) Salvage*

97. The salvage and clean-up plan must address separating various types of salvage and debris. Care should be exercised in separating metals for recycling, as contamination with other metals, or with debris, will significantly lower the salvage value. Bins may be considered for salvage materials, but access should be controlled. Material that is placed in salvage bins should be clean and free of oils or other products. Failure to observe this guideline may lead to difficulties with control of contaminated run-off at the site.

*q) Waste and debris*

98. Hazardous material must be carefully segregated from the normal waste stream to avoid contaminating the normal stream, thus incurring large costs to dispose of the whole amount as hazardous material.

99. Liquid waste presents special handling problems for clean-up crews. Recovered oils and fuels may be employed for site or vessel, ship and boat heating purposes if suitable, but other liquids will typically need to be processed through licensed hazardous waste contractors. To keep disposal costs in check, waste liquids should not be mixed, and containers should be labelled with all available information on the product. Liquid storage and movement around the site must be tightly controlled. Spills will generate significant clean-up costs. Control of run-off from temporary storage sites is an issue and must be addressed in the clean-up plan. A covered area with an impermeable floor and berm is highly recommended and may be required by local authorities.

100. Solid waste requirements vary by province and sometimes by municipality. Local requirements and restrictions must be determined during the planning phase. Items that should be addressed include disposal of used oil absorbent materials, non-asbestos insulation, wallboard, tile, linoleum and underlayment, carpet, and furniture.

101. An area will need to be set aside for oil and fuel pipes, fittings, etc. to drain. This must be done in a covered area and is often best accomplished in a compartment in the vessel, ship and boat set aside for this purpose.

## **PART-D- MONITORING OPERATIONS FOR PLACEMENT AT SEA OF MATTER FOR A PURPOSE OTHER THAN MERE DISPOSAL**

### **1. Definition**

102. For the purposes of assessing and regulating the environmental impacts of placement operations, monitoring is defined as the repeated measurement of an effect, whether direct or indirect, on the marine environment and/or of interferences with other legitimate uses of the sea.

103. The monitoring programme should also be aimed at establishing and assessing the environmental impacts and/or conflicts of the artificial reef with other legitimate uses of the maritime area or parts thereof and be in line with IMAP for relevant Ecological Objectives. Depending on the outcome of such monitoring, it may be necessary to carry out alterations to the structure or to consider its removal. In the case of placements taking extended periods of time (years), monitoring should be concurrent with the construction in order to influence modification of the reef, as required.

### **2. Objectives**

104. In order to carry out the monitoring programme in a resource-effective manner, it is essential for the objectives of the programme to be clearly defined. The monitoring observations required at a placement site tends to fall into two basic categories:

- (a) pre- placement investigations designed to assist in the selection of the site or to confirm that the selected site is suitable; and
- (b) post-placement studies intended to verify that: the permit conditions have been met; this process is referred to as compliance monitoring; and, the assumptions made during the permit issuing and site selection processes were valid and adequate to prevent adverse human health and environmental effects as a consequence of placement; this process is referred to as field monitoring, with the results of such reviews providing the basis for modifying the criteria for issuing a new permit for future placement operations at existing and proposed placement sites.

105. Whenever possible, the monitoring programme should be aligned with the current MED POL monitoring programmes and IMAP for the Ecological Objectives 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 and 10 in line with the Integrated Monitoring and Assessment Programme (IMAP) of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria set out in Decision IG. 22/7 of the COP 19.

### **3. Quality control**

106. Quality control is defined as the operational techniques and activities that are used to fulfil requirements relating to quality. These include monitoring criteria and Guidelines, sampling methods, sample locations and frequency, and reporting procedures.

107. Before any monitoring programme is developed and implemented, the following quality control issues have to be addressed:

- (a) What testable hypotheses can be derived from the impact hypothesis?
- (b) What exactly should be measured?
- (c) What is the purpose of monitoring a particular variable or physical, chemical or biological effect?
- (d) In what compartment and at which locations can measurements be made most effectively?
- (e) For how long should the measurements be carried out to meet the defined aim?
- (f) With what frequency should measurements be carried out?
- (g) What should be the temporal and spatial scale of the measurements made to test the impact hypothesis?

(h) How should the data from the monitoring programme be managed and interpreted?

108. Monitoring observations are typically concerned with the physical, chemical and biological characteristics of the placement site.

- (a) Physical observations consist of hydrological surveys of water mass properties, such as temperature, salinity and density, over the entire water column and extending horizontally over the entire region likely to be affected by the placement of matter.
- (b) Chemical observations conducted in and around the placement site need to be related to the type of matter involved. Generally, where it is not possible to remove all potentially contaminating material before placement and where chemical effects may therefore be expected, proper analyses need to be carried out of the surface microlayer of sea, which constitutes an extremely active biological zone in which a wide range of chemicals, such as heavy metals and oil soluble substances, tend to accumulate. Chemical observations also need to be conducted on sea where substances, although not present in the matter placed in major quantities or concentrations may, because of their persistent nature, accumulate either on the seabed or in benthic communities in the vicinity of the placement site.
- (c) The frequency of biological observations should depend on the scale of the placement operation and the degree of risk to potential resources. Where physical effects on the seabed are expected, it may be necessary to conduct an assessment of the phytoplankton and zooplankton biomass and productivity prior to placement to establish a general picture of the area. Observations of the plankton immediately following placement can help to determine whether acute effects are occurring. Monitoring of the benthic and epibenthic flora and fauna is likely to be more informative because they tend to be subjected not only to the influence of the overlying water column and any changes that occur in it.

109. Post-placement monitoring should be designed to determine:

- (a) Whether the impact zone differs from the zone predicted; and
- (b) Whether the extent of changes outside the impact zone differs from those predicted.

110. The former can be ascertained by designing a sequence of measurements in space and time with a view to ensuring that the projected spatial scale of change is not exceeded. The latter can be shown through measurements which provide information on the extent of the change occurring outside the impact zone as a result of the placement operation. These measurements are often based on a null hypothesis, i.e. that no significant change can be detected. The spatial extent of sampling depends on the size of the area designated for placement.

111. However, it must be recognised that long-term variations arise as a result of purely natural causes and that it may be difficult to distinguish them from changes which are induced artificially, particularly in relation to populations of organisms.

112. Where it is considered that effects are likely to be largely physical, monitoring may be based on remote methods (e.g. acoustic measurements, side-scan sonar). It must be recognized, however, that certain ground measurements will always remain necessary for the interpretation of the remote sensing images.

113. Concise reports on monitoring activities should be prepared and made available to relevant stakeholders and other interested parties. Reports should detail the measurements made, the results obtained and the manner in which these data relate to the monitoring objectives and confirm the impact hypothesis. The frequency of reporting will depend on the scale of the placement operation, the intensity of monitoring and the results obtained.

#### **4. Quality assurance**

114. Quality assurance may be defined as all planned and systematic activities implemented to provide adequate confirmation that monitoring activities are fulfilling requirements related to quality.

115. The results of monitoring activities should be reviewed at regular intervals in relation to their objectives in order to provide a basis for:

- (a) modifying or terminating the field monitoring programme;
- (b) amending or revoking the placement permit;
- (c) redefining or closing the placement site; and
- (d) modifying the basis for assessing placement permit in the Mediterranean Sea.

116. The results of any reviews of monitoring activities should be communicated to all Contracting Parties involved in such activities. The licensing authority is encouraged to take relevant research findings into consideration with a view to the modification of monitoring programmes.

## References

- Basel Convention (2008) Decision OEWG-7/12 on Environmentally Sound Dismantling of Ships. Convention on the Control of Transboundary Movements of Hazardous Wastes and their Disposal, Basel, 22 March 1989.
- EU DIRECTIVE 2008/56/EC establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive).
- Fabi G. & al. (2011) Overview of artificial reefs in Europe. *Brazilian Journal of Oceanography*. Vol. 59.
- IMO (2001) Revised Guidelines for the identification and designation of particularly sensitive sea areas.
- IMO (2001) Waste Assessment Guidelines under the London Convention and Protocol: 2014 edition.
- IMO (2009), Hong Kong International Convention for the Safe and Environmentally Sound Recycling of Ships.
- IMO/UNEP (2009) Guidelines for the placement of artificial reefs.
- OSPAR Commission (2009) Assessment of construction or placement of artificial reefs. London: Biodiversity Series, publ. no. 438/2009. 27 pp.
- OSPAR Guidelines on Artificial Reefs in relation to Living Marine Resources 1. Reference 2012.3.
- UNEP/MAP (2013) Decision IG.21/3 on the Ecosystems Approach including adopting definitions of Good Environmental Status (GES) and targets UNEP(DEPI)/MED IG.21/9.
- UNEP/MAP (2013) Proposed GES and Targets regarding Ecological Objectives on Pollution and Litter Cluster UNEP(DEPI)/MED WG. 379/11, 23 May 2013.
- UNEP/MAP (2013) Decision IG.22/7 on the Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast and Related Assessment Criteria.
- UNEP/MAP-RAC/SPA, 2016. Mapping of marine key habitats in the Mediterranean and promoting their conservation through the establishment of Specially Protected Areas of Mediterranean Importance. By Habib LANGAR, Cyrine BOUAFIF, Yassine Ramzi SGHAIER, Atef OUERGHI, Dorra MAAOUI. Ed. RAC/SPA - MedKeyHabitats Project, Tunis: 20 pp + sheets.
- USEPA, MARINE PROTECTION, RESEARCH, AND SANCTUARIES, ACT OF 1972, December 2000.
- US Atlantic and Gulf States Marine Fisheries Commissions (2004) Guidelines for Marine artificial reef materials Second Edition.

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/322099882>

# The Use of Artificial Reefs for Recreational Diving

Article · November 2017

CITATIONS

3

READS

455

3 authors:



**Tuğçe Şensurat Genç**

Izmir Katip Celebi Universitesi

30 PUBLICATIONS 56 CITATIONS

SEE PROFILE



**Aytaç Özgül**

Ege University

65 PUBLICATIONS 193 CITATIONS

SEE PROFILE



**Altan Lök**

Ege University

59 PUBLICATIONS 447 CITATIONS

SEE PROFILE

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



HydroMediT 2021 [View project](#)



Ege Denizindeki ticari deniz patlıcanı popülasyonunun incelenmesi, avcılık ve uygulanan ön işlem tekniğine bağlı ürün kalitesinin belirlenmesi [View project](#)



## The Use of Artificial Reefs for Recreational Diving

### Yapay Resiflerin Rekreatif Dalış için Kullanımı

Türk Denizcilik ve Deniz Bilimleri Dergisi

Cilt: 3 Sayı: 1 (2017) 27-33

Tuğçe ŞENSURAT GENÇ<sup>1,2\*</sup>, Aytaç ÖZGÜL<sup>3</sup>, Altan LÖK<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Fatsa Faculty of Marine Sciences, Ordu University, 52400, Ordu, Turkey

<sup>2</sup>Faculty of Fisheries, İzmir Katip Çelebi University, 35620, İzmir, Turkey

<sup>3</sup>Faculty of Fisheries, Ege University, 35040, İzmir, Turkey

#### ABSTRACT

Scuba diving has become a burgeoning branch of the tourism service. Various activities of recreational diving do not especially necessitate natural reefs-any varied vehicle such as ship, plane and other large structures may be adequately attractive. Coastal groups are turning to these structures by the way of supplying new locations for scuba diving tourists. Despite the lack of a global database, our literature review indicated extensive use of artificial reefs for recreation in the United States, currently viewed as the pioneering puissance and professional in the field. Moreover, the Canadian and Australian governments have both promoted several "ships to reef" programs focused on

recreation. However, the used of three-dimensional structures (ships, planes etc.) as artificial reefs in sensitive ecosystems such as the Mediterranean and Red Sea is not a common practice. Although scuba divers are interested in such type of structures, ships to reef is a matter of debate especially in the Mediterranean region. In Turkey, a National Artificial Reef Program was drafted in 2008, however there is no regulation at present about intentionally sinking a ship for the creation of recreational diving destinations. The aim of this review was to investigate the use of man-made structures as artificial reefs for recreational diving around the world.

**Keywords:** Ships to reef, diving tourism, artificial reef, Mediterranean Sea, Turkey.

#### Article Info

Received: 22 March 2017

Revised: 23 September 2017

Accepted: 29 September 2017

\* (corresponding author)

E-mail: sensurat@gmail.com

## ÖZET

Aletli dalış, turizm sektörünün gelişen bir kolu haline gelmiştir. Çoğu rekreasyonel dalış aktivitesi özellikle doğal resiflere gereksinim göstermemekte, gemi, uçak ve diğer büyük yapılar da dalış için yeterince cazip olabilmektedir. Kıyasal alan kullanıcıları dalış yapan turistlere yeni yerler sağlamak için bu yapılara yönelmektedirler. Küresel bir veri tabanı olmamasına rağmen, literatür incelememiz günümüzde bu alanda öncü ve uzman olarak görülen ABD'nin rekreasyonel dalış için yapay resifleri yaygın şekilde kullandığını göstermiştir. Ayrıca Kanada ve Avustralya hükümetleri rekreasyon üzerine odaklanan “gemi resifi” programlarını geliştirmişlerdir. Ancak Akdeniz ve Kızıldeniz gibi hassas ekosistemlerde üç boyutlu yapıların (gemi, uçak vb.) yapay resif olarak kullanılması yaygın bir uygulama değildir. Her ne kadar dalğışlar bu tür yapılara ilgi duyuyor olsalar da, gemi resifleri özellikle Akdeniz’de tartışma konusudur. Türkiye’de bir “Ulusal Yapay Resif Programı” 2008 yılında hazırlanmıştır, fakat programda rekreasyonel dalış alanları oluşturmak için kasten gemi batırma hakkında bir düzenleme bulunmamaktadır. Bu derlemenin amacı, dünya çapında rekreasyonel dalış için insan yapımı yapıların yapay resif olarak kullanımını araştırmaktır.

**Anahtar sözcükler:** Gemi resifi, dalış turizmi, yapay resif, Akdeniz, Türkiye

### 1. INTRODUCTION

The nautical environment do the honours a series of tourism and a recreational pursuit represented by a variety of activities including angling, surfing, marine viewing, snorkeling and scuba diving (Dimmock, 2007; Musa and Dimmock, 2013). Recreational scuba divers have soaked up the marine environment since the mid-1940s when secure and dependable equipment became commercially convenient (Dimmock, 2009). During 1980s and 1990s recreational scuba diving was one of the world’s fastest growing recreational activities, and carries on to be an important and favorable business (Edney and Spennemann, 2015), with an estimated number between 3 (Lew, 2013) and 28 million (Garrod and Gossling, 2008) worldwide active divers present. Many components play a role in the fast development of this sport, particularly; transportation to distant diving sites,

technological developments in equipment, a raise in spare time as well as an increasing of social attention in nature protection and environmental mindfulness (Garrod and Wilson, 2003; Musa and Dimmock, 2013).

There is a direct correlation between growing numbers of divers and the environmental pressure on diving areas. Keep on development in reef-based tourism connected with an increasing request for suitable diving areas may disagree with the environmental values of various coastal regions inducing reef deterioration (Kirkbride-Smith, 2014). Higher effects on the marine ecosystem are mostly based to poor buoyancy control and common diver inexperience (Harrioult *et al.*, 1997; Barker and Roberts, 2004; Hawkins *et al.*, 2005; Shackleton, 2010).

An artificial reef (AR) is a submerged (or partially exposed to tides) formation purposely placed on the sea floor to imitate certain properties of a natural reef, such as

defending, regenerating, gathering and/or augmenting populations of living marine resources. This involves the conservation and regeneration of environments. It will service as habitat that function as partial of the nature while doing 'no harm'. Artificial reefs are used in seas around the world for many purposes, eg. conservating fragile habitats from fishing activities, renovating depleted regions, reducing habitat loss, increasing biodiversity, enhancing populations of aquatic organisms by providing shelter for all species during sensitive life stages, giving new substratum for algae and mollusc, improving professional and recreational fisheries, making satisfactory areas for diving, providing a mean to manage coastal activities and decrease disagreements, promoting research and educational studies, creating potential networks of marine protected areas (MPAs) to manage the life cycles of fish and connectivity (Fabi *et al.*, 2015).

At present for purposes of shoreline protection, habitat creation for fish and marine life, and attraction of recreational diving tourism, a number of ships, planes and other large man-made structures have been intentionally sank in the seabed along North American, European, Australian and other coasts (Pendleton, 2005). These structures are placed deliberately as a recreational source, such as angling, surfing or diving and for other aims worldwide (Edney and Spennemann, 2015). The use of vessels as recreational artificial reefs for divers is supportive in habitats where natural reefs are missing, to decrease the human being pressure on natural, fragile areas. As a rising apply, the utilize of artificial reefs is being progressively identified as an efficient administration plan to support minimise user pressure on natural fragile environments (Van Treeck and Schuhmacher, 1999; Zakai and Chadwick-Furman, 2002; Hasler and Ott, 2008; Van Treeck and Eisinger, 2008; Polak and Shashar, 2012). ARs have been largely utilized to serve diving activities in

numerous areas around the world and are their use is growing (Johns *et al.*, 2003; Pendleton, 2005). Artificial habitats also stand for a potentially large financial source, even in sites where many users are probable to live close by. Native users make use of the advantages provided by the recreational chances of ARs (Pendleton, 2005). Additionally, these reefs might be thought to give shipwreck diver occasions for instruction and expertise progress than ancient wrecks, as many of recreational artificial reefs are adapted and pre-cleaned to their sinking to make them safer for divers and the marine environment (Edney and Spennemann, 2015). Recreational diving is a quickly developing business and more artificial habitats are being fixed, submerged and serviced for the recreational scuba diving.

In this paper we have reviewed that use of ships-to-reefs for the creation of new diving sites around the world and will compare with practices of Turkey and other Mediterranean countries' artificial reefs for diving tourism.

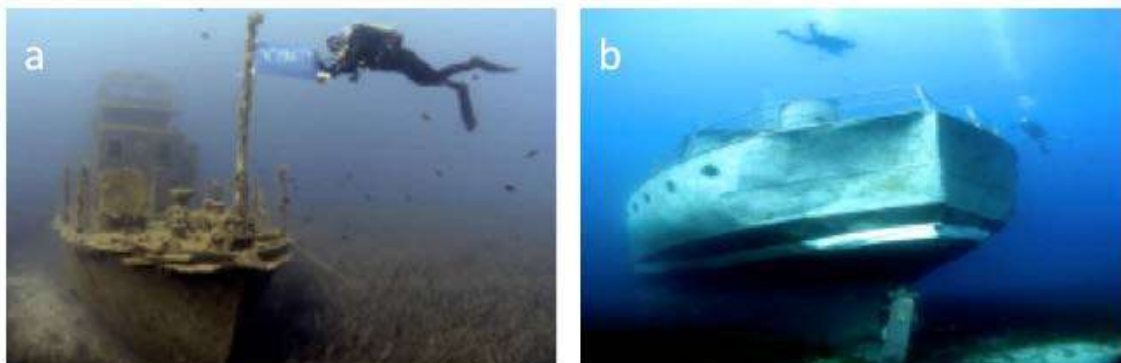
### **1.1. Ships-to-Reef for Diving Tourism Worldwide**

Deployment and investigation of operation seems to have been focused on waters of Florida, Texas and Louisiana, where structures are used by growing recreational quests such as surfing, diving (Leeworthy *et al.*, 2006) and fishing. Besides America, the Canadian and Australian governments have both backed up a number of successful "ships to reef" programs aimed at recreational activities (Jones and Welsford, 1997; Dowling and Nichol, 2001; Schaffer and Lawley, 2007).

The first governmental efforts to provide ships as artificial reefs began with the Liberty ship program in U.S.A. Federal and state government participation in the procurement of steel vessels for use as artificial reefs. The project started with Alabama's initiative to secure Liberty ships from the U.S. Maritime Administration's

(MARAD) Reserve fleet in the Alabama River. There were 36 Liberty ships available in Texas, Alabama, Virginia and California. The majority of the ships were sunk between 1974-1978, with 26 of 36 Liberty ships available in 1972 sunk off four Gulf coast sites, including Alabama with five, Texas with 12, Mississippi with five, and Florida Gulf coast with four. During the period 1986-95, in Florida alone, 28 projects have involved vessel procurement, cleaning and sinking (Lukens, 1997). To date, over 700 ships serve as artificial reefs in the waters off the continental U.S. coastline. The majority of these ships are found off the coast of Florida (380), New Jersey (129), South Carolina (100), and New York (65) (Pendleton, 2005). In the Mediterranean Sea, There are applications of recreational artificial reefs in Albania, Cyprus, Israel, Malta and Turkey. A diving survey performed in the last decade showed that there was large potential for diving tourism in the Karaburuni peninsula in Albania (Fig. 1a). The immersion of several ex-naval vessels was predicted within the Pilot Fishery Development Project (Government of Albania and World Bank, 2006). In 2010, five decommissioned Albanian Navy ships were intentionally submerged in the

Ksamil Bay with the help of the United States Navy vessel Grapple. Malta has occasionally used ships for scuba diver since the late 1980s (Jensen, 2002). In U.K., there are interests in creating reefs for diving tourism. The first scuba diving reef was licensed in 2001 close to the port of Plymouth. In Turkey, the Bodrum peninsula is one of the most impressive touristic and recreational areas for scuba diving in Turkey. In 2007, two old vessels and one plane was sunk as artificial reefs in the south of Karaada (Fig. 1b), After the immersion of them, half of the 400 000 dives transfered to these ARs. Therefore, half of the diving pressure and stress on natural environments were moved away thanks to the artificial reefs. Although Turkey has the National Artificial Reef Program, there is no regulation about using ships to create artificial reefs for diving destinations and a lot of vessels (often using decommissioned military ships and airplanes), which are sunk by the collaboration of municipalities, coast guard and associations without any procedure, have been sunk almost in the last decade in all Turkish Seas. A list of vessels used as artificial reef in Turkey are summarized in Table 1.



**Figure 1.** (a) Ship wreck submerged as artificial reefs for diving in Kamil Bay, Albania (courtesy of the Albanian Center for Marine Research), (b) Ship wreck sunk as artificial reefs in south of Karaada, Turkey.

**Table 1.** Ships and vessel wrecks used as artificial reefs for recreational diving in Turkey.

Location	Date	Design	Number	Depth (m)
İzmir inner Bay	1989	trolleybus	10	16-20
Alanya, Damlataş Beach	June, 2006	ship	1	26
Bodrum, Karaada	May, 2007	ship	2	18-30
Kemer, Üçadalar	May, 2007	ship	1	18-20
Bodrum, Paçoz Bright	July, 2008	airplane (C47)	1	16-33
Düzce, Akçakoca	June, 2009	airplane (C47)	1	29
Kaş, İnceboğaz	June, 2009	airplane (C47)	1	18-22
Seferihisar, Sığacık	Sep, 2010	ship	1	20
Mordoğan	May, 2011	airplane	1	18
Kaş, Çukurbağ Peninsula	June, 2011	ship	1	18
Didim	Oct, 2011	ship	1	20
Fethiye	Apr, 2012	ship	1	28
Samsun, Kurupelit	Dec, 2012	ship	1	20
Kemer, Üçadalar	Sept, 2013	airplane (C47)	1	23-31
Edirne, Saros Bay	Sept, 2014	ship	1	-
Mersin, Silifke	Jan, 2015	ship	1	-
Karaburun	Apr, 2016	ship	1	25-35
Dikili, Beylikçeşmesi	May, 2016	ship	1	35
Karaburun	May, 2016	ship	1	25-35
Kuşadası	June, 2016	airplane (Airbus)	1	-

## 1.2. Legislations of Ships-to-Reef

Artificial reef deployment is an activity covered by several international legal instruments, including those on the protection of the sea. The “London Convention” is one of the first worldwide conventions concerning the protection of marine environmental from human activities. The Barcelona Convention replaced the 1975 United Nations Environmental Programme Mediterranean Action Plan of the Barcelona Convention, a regional cooperative effort launched in 1975 involving the European Community and 21 countries bordering the Mediterranean Sea (Fabi *et al.*, 2015). The structures used, which are most commonly used for artificial reef construction, are vessels. In such cases, the vessel must be cleaned prior to placement. The London Convention and Protocol Specific Guidelines for Assessment of Vessels serve as a useful starting point for this process. In the U.S. artificial reefs have been utilized for recreational purposes. In the Mediterranean, by contrast, governments

have used artificial reefs more as a conservation and restoration tool.

## 1.3. Economic Values of Ships-to-Reef

Producing an artificial reef can be costly. The cost to get ready a ship for reefing can range from \$ 56 000 to \$ 2.4 million, depending on the size of the vessel (Pendleton, 2005). Johns *et al.* (2003) and Milon (1998) evaluate values for recreational diving in Florida ranging from \$ 5.45 to \$46.76 per person-day. Artificial reefs also represent a potentially large economic. Native users, especially local divers, benefit from the recreational possibilities provided by artificial reefs.

## 2. CONCLUSIONS AND OUTLOOK

Recent projects to sink ships as artificial reefs have taken up to twenty years with the growth in popularity of artificial reef wrecks. The right site location for artificial reef creation is vital to their ecological, physical and economic success. The location chosen for the reefs placement

(from a biological perspective), is important since natural reef habitat can provide an important source of transient fishes and juvenile fish to the recruitment of artificial reefs. Additionally, following vessel deployment, artificial reefs provide ecological benefits to the surrounding natural reefs. Yet, initially its cleanup standards still are not well defined worldwide. These standards should be reasonable, environmentally sound, and repeatable and have quantifiable methods especially in vulnerable ecosystems such as the Mediterranean.

Although many countries comply to the London Convention and Protocol in Mediterranean, while especially Italy, France and Greece, which have a lot of sanctuary areas as compared to Turkey, avoid sinking vessels as artificial reefs for diving tourism, Turkey continue to sink ships and airplanes particularly during the last years.

### 3. REFERENCES

- Dimmock, K. (2007). Scuba diving, snorkeling, and free diving. In: G. Jennings (Ed.), *Water-based Tourism, Sport, Leisure, and Recreation Experiences*, pp. 128-147, Amsterdam, Elsevier.
- Musa, G. & Dimmock, K. (2013). Introduction: scuba diving tourism. In: *Scuba Diving Tourism*, (G. Musa & K. Dimmock eds), pp. 1-13, London, Routledge.
- Dimmock, K., (2009). *Comfort in adventure: the role of comfort and negotiation in recreational scuba diving*, Doctor of Philosophy, Southern Cross University, Lismore, NSW.
- Edney J., Spennemann, D. H. R., (2015). Can artificial wrecks reduce diver impacts on shipwreck? The management dimension. *J. Mari. Arch.* 10: 141-157.
- Lew, A. A. 2013. World geography of recreational scuba diving. In: Musa, G. & Dimmock, K. (Eds) *Scuba diving tourism (Contemporary geographies of leisure, tourism and mobility)*. Routledge, Abington, Oxon, pp. 29-51.
- Garrod, B. & Gössling, S. (2008). Introduction. In: *New Frontiers in Marine Tourism: Diving Experiences, Sustainability, Management*, (B. Garrod & S. Gössling eds), UK.
- Garrod, B. & Wilson, J. C. (2003). *Marine Ecotourism: Issues and Experiences*. UK.
- Kirkbride Smith, A. E. (2014). *The economic, Social and Conservation Benefits of Recreational-orientated Artificial Reefs*, PhD Thesis, School of Biological Sciences in the University of Hull, U.K.
- Harrioult, V. J., Davis, D., Banks, S. A., (1997). Recreational diving and its impact in marine protected areas in eastern Australia. *Ambio.* 26(3): 173-179.
- Barker N. H. L., Roberts, C. M., (2004). Scuba diver behaviour and the management of diving impacts on coral reefs. *Biological Conservation* 120(4), 481-489.
- Hawkins J.P., Roberts, C. M., Kooistra, D., Buchan, K., White, S., (2005). Sustainability of scuba diving tourism on coral reefs of Saba. *Coastal Management* 33: 373-387.
- Shackleton, M., (2010). *Kenyan reefs: loving them to bits, a coral reef community and diver behavior assessment*, University of Hull, Scarborough.
- Fabi, G., Scarcella, G., Spagnolo, A., Bortone, S.A., Charbonnel, E., Goutayer, J.J., Haddad, N., Lök, A., Trommelen. M., (2015). *Studies and Reviews: Practical guidelines for the use of artificial reefs in the Mediterranean and the Black Sea*. FAO-GFCM, Rome.
- Pendleton, L.H., (2005). Understanding the potential economic impacts of sinking ships for scuba recreation. *Marine Technology Society Journal* 39(2): 47-52.
- Van Treeck, P., Schuhmacher, H., (1999). Mass diving tourism – a new dimension calls for new management approaches. *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12): 499-504.
- Zakai, D., Chadwick-Furman, N.E., (2002). Impacts of intense recreational diving on reef corals at Eilat, Northern Red Sea. *Biol. Conserv.* 105: 179-187
- Hasler, H., Ott, J. A., (2008). Diving down the reefs? Intensive diving tourism threatens the reefs of the northern Red Sea. *Marine Pollution Bulletin* 56: 1788-1794.
- Van Treeck, P. & Eisinger, M. (2008). Diverting pressure for coral reefs: artificial underwater parks as a means of integrating development and reef conservation. In: *New Frontiers in Marine Tourism*, (B. Garrod & S. Gössling eds), UK.
- Polak O., Shashar, N., (2012). Can a small artificial reef reduce diving pressure from a natural coral reef? Lessons learned from Eilat, Red Sea. *Ocean*

and *Coastal Management* 55: 94-100.

Johns, G.M., Leeworthy, V.R., Bell, F.W. & Bonn, M.A., (2003). *Socioeconomic Study of Reefs in Southeast Florida: Final Report 2001*. Report prepared for Broward County, Palm Beach County, Miami-Dade County, Monroe County, Florida Fish and Wildlife and Conservation Commission: Hazen and Sawyer, p. 348.

Leeworthy, V.R., Maher, T., Stone, E.A., (2006). Can artificial reefs alter user pressure on adjacent natural reefs? *Bulletin of Marine Science* 78(1): 29-37.

Jones, A. T., Welsford, R. W., 1997. Artificial reefs in British Columbia, Canada. *Oceans 97, MTS/IEEE Conference Proceedings*, 6-9 October 1997 Halifax, NS, Canada.

Dowling, R. K., Nichol, J., (2001). The HMAS swan artificial dive reef. *Annals of Tourism Research* 28(1): 226-229.

Schaffer, V., Lawley, M., 2007. *Sink it: but who will come? Economic value of artificial reef tourism and who benefits*. Working paper presented at CAUTHE Conference, Gold Coast.

Lukens-Ronald, R. 1997. *Guidelines for Marine Artificial Reef Materials*. Final report of the Artificial Reef Subcommittee of the Technical coordinating committee Gulf States Marine Fisheries Commission.

Government of Albania & World Bank 2006. *Pilot fishery development project*. Marine Eco-tourism planning&development (phase 1)-wreck Evaluator's report, p. 18.

Jensen, A. C., (2002). Artificial reefs of Europe: perspective and future. *ICES Journal of Marine Science* 59: 3-13.

Milon, J.W. 1998. *The economic benefits of artificial reefs: An analysis of the Dde county, Florida reef system*. Gainesville, Fla.: Sea grant extension program, University of Florida, Report Florida Sea Grant College; no. 90.

# WP 3\_Act. 3.3 Mapping of Adriatic reef from different perspectives

## Deliverables 3.3.1-3.3.2-3.3.3

D 3.3.1 Definition of the list of the reefs to be considered in this case study identification phase. Minutes of the web meeting;

D 3.3.2 In-depht analysis of the identified case studies;

D3.3.3 Final report of the activities



Deliverables 3.3.1, 3.3.2, 3.3.3

Titles:

D. 3.3.1 - Definition of the list of reefs to be considered in this Case Study identification phase. Minutes of the web- meeting;

D3.3.2 - In-depth analysis of the identified Case Studies;

D3.3.3 - Final report of the activities.

Due date of deliverable: M7

Actual submission date: M7

Name of Activity Leader: CNR – IRBIM

Contributors: CNR – IRBIM, ARPAE Emilia-Romagna, SUNCE, University of Zadar, ARPA Apulia, OGS,

Dissemination level:

PU	Public (must be available on the website)	<input type="checkbox"/>
PP	Restricted to other programme participants (including the Commission Services)	<input type="checkbox"/>
RE	Restricted to a group specified below by the consortium (including the Commission Services)	<input type="checkbox"/>
CO	Confidential, only for members of the consortium (including the Commission Services)	<input type="checkbox"/>

Specified group (if applicable):

## Table of Contents

1. EXECUTIVE SUMMARY .....	5
2. REVIEW OF INTERNATIONAL PRACTICES ON ARTIFICIAL AND NATURAL REEFS .....	6
2.1. Introduction.....	6
2.2. Human use of the reefs in the view of Blue Economy .....	8
2.2.1 Tourism .....	8
2.2.2 Diving and snorkelling.....	9
2.2.3 Citizen science .....	18
2.2.4 Fishing activity .....	19
2.2.5 Mussels farming.....	21
3. DEFINITION OF THE LIST OF REEFS TO BE CONSIDERED IN THE CASE STUDY IDENTIFICATION .	23
3.1 Introduction.....	23
3.2 Description of the identification process .....	23
4. CASE STUDY PRESENTATION .....	29
4.1. Paguro wreck.....	29
4.1.1 General Data .....	29
4.1.2 Geographical location, physical and ecological features .....	29
4.1.3 Assessment of <i>status quo</i> .....	31
4.1.4 Description of the potential activities .....	34
4.1.5 Relevant stakeholders .....	34
4.2. Plić Lagnjići .....	35
4.2.1 General Data .....	35
4.2.2 Geographical location, physical and ecological features .....	35
4.2.3 Assessment of <i>status quo</i> .....	37
4.2.4 Description of the potential activities .....	40
4.2.5 Relevant stakeholders .....	41
4.3. Porto Recanati-Porto Potenza Picena .....	41
4.3.1 General Data .....	41
4.3.2 Geographical location, physical and ecological features .....	41

4.3.3 Assessment of <i>status quo</i> .....	43
4.3.4 Description of the potential activities .....	45
4.3.5 Relevant stakeholders .....	45
4.4. Torre Guaceto Marine Protected Area .....	47
4.4.1 General Data .....	47
4.4.2 Geographical location, physical and ecological features .....	47
4.4.3 Assessment of <i>status quo</i> .....	49
4.4.4 Description of the potential activities .....	53
4.4.5 Relevant stakeholders .....	53
4.5. Trezza San Pietro .....	54
4.5.1 General Data .....	54
4.5.2 Geographical location, physical and ecological features .....	54
4.5.3 Assessment of <i>status quo</i> .....	56
4.5.4 Description of the potential activities .....	58
4.5.5 Relevant stakeholders .....	58
4.6. Plić Seget .....	60
4.6.1 General Data .....	60
4.6.2 Geographical location, physical and ecological features .....	60
4.6.3 Assessment of <i>status quo</i> .....	62
4.6.4 Description of the potential activities .....	65
4.6.5 Relevant stakeholders .....	65
4.7. Plićina Konjsko .....	66
4.7.1 General Data .....	66
4.7.2 Geographical location, physical and ecological features .....	66
4.7.3 Assessment of <i>status quo</i> .....	67
4.7.4 Description of the potential activities .....	70
4.7.5 Relevant stakeholders .....	70
5. ANNEX 1: Template “Case Study Proposal” .....	72
6. ANNEX 2: Case Study Form .....	73
7. REFERENCES .....	76

## 1. EXECUTIVE SUMMARY

In the Adriatic Sea there is a large number of marine ecosystems available for Blue Economy purposes. In the Blue Innovation concept, the attractiveness of existing marine resources is relevant in order to promote economic development. Therefore, the recognition of less known and appreciated natural areas, together with the implementation of artificial reefs, which could become suitable substrata for new sustainable ecosystems (e.g. platforms, wrecks, posing of concrete structures), could be a successful way to pursue Blue Growth. In fact, both natural (NRs) and artificial reefs (ARs) are interesting not only for scientific community but, furthermore, are places where it is possible to practice several activities such as sport fishing, nautical tourism, diving and aquaculture.

An overview of best practices on the sustainable use of NRs and ARs around the world was conducted to get examples on the possible economic activities that can be implemented at the reef sites and their management.

“Good governance” examples are more common for ARs, although they globally cover a smaller area than NRs. In fact, ARs are often designed and built for specific purposes, which means they are conceived to be a service and as part of a managed framework. Conversely, NRs originate from slow natural processes and often represent vulnerable ecosystems. Because of this, management concerns of the NRs have so far focused on conservation issues, whereas sustainable economic exploitation examples are scarce.

Here we present examples of application of Blue Economy, with the aim of identifying the benefits obtainable by the proper use of different reef typologies.

Based on this overview and the experience of ADRIREEF partners, natural and artificial reefs were then selected as Case Studies representative of the different typologies of reefs existing in the Adriatic sea. The decision-making process leading partners to the definition of the CSs, is reported in detail.

The locations were chosen in favour of representativeness in terms of ecological features, levels of exploitation and presence/absence of facilities in the surroundings areas, trying to cover all the project area. In the overall, seven CSs were selected: three natural reefs, two artificial reefs and a mixed one.

Each CS will be subjected to a monitoring programme lasting at least one year (WP4), aimed to assess the biogeochemical features of each site, compliant with human activities.

## 2. REVIEW OF INTERNATIONAL PRACTICES ON ARTIFICIAL AND NATURAL REEFS

### 2.1. Introduction

Building on top of traditional sectors like shipping and energy, Blue Economy focuses on the potential of new sectors to seize the new opportunities that are already available today, and pave the way for those to come. Under such light, it currently highlights five strategic areas: renewable energies, seabed mining, biotechnology, aquaculture, and maritime and coastal tourism.

The goal of the Blue Economy is therefore not to invest more in the safeguard of the environment. Conversely, it aims to make minor investments, to create more employment and to achieve greater proceeds thanks to innovations in the five strategic areas using resources already available in nature. In this perspective, one of the targets will be to identify potential marine locations where to enhance innovative activities that could be attractive for economic sectors.

In a monotonous seabed like the Adriatic sea, mostly characterized by silty-sand sediments, rocky substrates and biogenic concretions arising from the seafloor become a real “oasis in a desert”, suitable for the settlement and development of special assemblages of flora and fauna.

In addition, over the years, further marine areas so called Artificial Reefs (ARs) have been built, which are structures often respondent to multiples purposes. In the majority of cases, the main functions of ARs around the world are (Fabi *et al.*, 2015):

- protection, restoration, concentration and/or enhancement of aquatic resources;
- enhancing biodiversity, providing new substrates for algae and mollusc culture;
- enhancing professional and recreational fisheries;
- creating suitable areas for diving;
- providing a means to manage coastal activities and reduce conflicts;
- implementing research and educational activities;
- creating potential networks of marine protected areas (MPAs) to manage the life cycles of fish and connectivity.

Protection of aquatic resources, enhancing biodiversity, supporting small-scale fisheries, reduction of conflicts among coastal activities, research and education have been the main goals for ARs deployment along the Italian Adriatic coast up to date. However, also in this basin these structures may be seat of further comprehensive, innovative and competitive productive activities such as diving and sport fishing.

Nevertheless, the exploitation of the marine environment for commercial purposes not always gets along with sustainability.

Maintaining a sustainable ecosystem relies on the interaction of 4 elements:

- Productivity: the growth rate of each living part of an ecosystem, affects the basic level of resources that an ecosystem can provide;
- Diversity: number of habitats, kinds of species, amount of genetic variability, influence productivity;
- Resilience: ability of an ecosystem to resist and recover from disturbance events, influenced by both productivity and diversity (Commonwealth of Australia, 2015);
- Disturbance: natural or anthropogenic; ecosystems can balance disturbance with regrowth.

Ecosystem sustainability is determined by the relationship between these elements, and together they determine the level of resources that can be taken from an environment and still maintain it sustainable (Fig. 1).

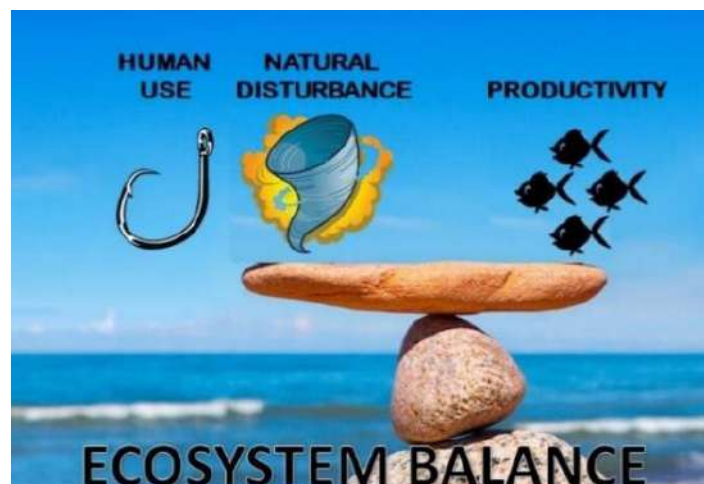


Figure 1. Ecosystem balance: ecosystems are sustainable when they are in balance between disturbance, use and productivity.

One of the purposes of ADRIREEF project is, in the Adriatic sea context, try to harmonize:

- sustainable management;
- research and monitoring;
- capacity building.

The first of the above three central elements, sustainable management, refers to actual on-the-ground efforts to manage people and their activities in and around reefs, particularly in the context of an Integrated Coastal Management (Commission of the European Communities, 2002). The second element, research and monitoring, refers to the research and monitoring programs, projects, and/or activities necessary to understand and manage reef ecosystems, including regional monitoring networks. The third element, capacity building, includes, *inter alia*, training in management practices and monitoring, information exchange, educational programs,

improvement in access to financial and technical support for management, and development of infrastructures within governments or local jurisdictions to manage the activities in and around NRs and ARs.

The goal of the project is to try to create a synergy between reefs uses and activities, in both public and private sectors, according to an agreed upon set of resource management policies and practices. However, it is not so simple.

In the case of coral reefs, the high vulnerability of corals to disturbances and the great variety of natural and anthropogenic stressors affecting them make the sustainable management of this diverse ecosystem both complicated and necessary (Uyarra *et al.*, 2009). Commercial activities performed around coral reef areas should be environmentally compatible with the corals but should also be socially compatible with the traditional activities of coastal inhabitants (Zertuche-Gonzalez, 1998).

While federal and state agencies have sought to manage and protect natural habitats from an “ecocentric” perspective, state agencies have also been active in developing and maintaining purposefully placed AR habitats using *ad hoc* materials to produce largely anthropocentric benefits (Oh *et al.*, 2008). Moreover, ARs are seen as a way to mitigate productivity losses in NRs and to divert human pressure from sensitive or heavily used natural areas (Osenberg *et al.*, 2002). To maximise the benefits from the construction of an AR and reduce costs, the reef is often planned to achieve more than one purpose (“multipurpose artificial reef”) (Fabi *et al.*, 2015).

## 2.2. Human use of the reefs in the view of Blue Economy

The environment, particularly the marine and coastal ones, provides numerous ecosystem services. Man has learned how to benefit from these and how to gain profit from the natural resources they provide. Indeed, nowadays several sectors interact with the marine environment, and several of them are even dependent from the marine resources. However, as already mentioned before, in order to achieve benefits from an ecosystem, it is important to exploit it in a sustainable way, trying to maintain its conservation status. Particularly, reef-dependent industries, such as tourism and fishing, rely on a healthy environment for their economic sustainability. These industries, once realized their “business relationship” with the environment, in many cases implement practices to minimise harm, adapt methods and community to the effects of climate change, and promote understanding and appreciation of the reef’s values.

### 2.2.1 Tourism

Going into detail, surely the nature-based tourism sector is one of those that mostly interact with all reefs’ typologies. A good environmental status, an elevate biodiversity or the presence of a flagship species is what attracts the attention of visitors. Then, a reef in a good state of

preservation may attract tourism, and its implications (e.g., visitors and the deal of money they bring). It could provide important benefits to conservation that could be achieved by promoting sustainable tourism. However, sustainable tourism development at reefs' areas will only provide benefits if certain conditions are met (Hawkins, 1998):

1. the natural attractions of the region must be competitive with those of other international destinations;
2. management organisations capable of implementing conservation policies and managing tourism impacts must exist;
3. long-term financing support for reef monitoring and management must be ensured.

In fact, tourism itself may include various activities that develop different pressures on an ecosystem. Because of this, environmental associations make big efforts in order to educate all the reefs' users. One example is the Green Fins initiative.

**Green Fins** (<http://greenfins.net/en>) (Fig. 2), internationally coordinated by Reef-World, is the only recognised environmental set of standards with a comprehensive management approach to provide guidance and support for business owners and national authorities to promote best practices within the use of reefs (practical example at the link <https://www.youtube.com/watch?v=AzThAlkmitQ>). The most suitable target industries to implement good practices described in Green Fins are diving and snorkelling.



Figure 2. Green Fins initiative logo with graphic indication of "best-practices" promoted (from <https://www.pattaya-scuba-adventures.com>)

## 2.2.2 Diving and snorkelling

One of the biggest incomes from the touristic sector insisting on NRs and ARs comes from diving and snorkelling. These activities are some of the best ways to take in the spectacular underwater



views that the NRs, in particular the corals ones, offer, and to come face-to-face with their captivating marine life. Over the past three decades, recreational scuba diving has become a mass leisure activity engaging around 20 million divers worldwide. Essentially based on the observation of aquatic life and seascapes, it has been praised as a sustainable activity that can provide economic resources not only for local communities (e.g., offering a profitable alternative to extractive businesses such as fishing) but also for the implementation of conservation policies. Nonetheless, it is now clear that unregulated diving can produce serious environmental impacts too.

Although divers and snorkelers have had minimal impact upon the NRs so far, there are times when some of them can get a little too close and may stress the marine life or crush and break something. These include the abrasion or breakage of long-lived sessile organisms, disturbance of fish and mammals, and altered microscale sedimentation patterns that eventually, can lead to community shifts. Most damage occurs as a result of those who are unable to maintain good control in the water (for example, through fighting a current, or trying to get a closer look, or taking photographs).

However, if effectively engaged, divers may contribute to science, territorial management and more sustainable local economies (Cerrano *et al*, 2017).

Australian government produced a list of suggestions for diving at NRs (Table 1), in order that, by having practices, everybody will be able to preserve this special world for others to experience (<http://www.gbrmpa.gov.au/access-and-use/responsible-reef-practices/diving-and-snorkelling>).

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wearing a wet suit when snorkelling or diving will help to protect from the sun burn and jellyfish's stings</li> <li>• Enhance the quality of the dive experience by learning about the environment you'll visit</li> <li>• Practice buoyancy control over sand patches before approaching a reef - test buoyancy whenever you're using new equipment such as new wetsuits, buoyancy control devices (BCDs) and cameras</li> <li>• Make sure of properly weighted before diving near a reef</li> <li>• Check that all the dive gear is secure before getting into the water so that it doesn't dangle and catch on the reef</li> <li>• Avoid feeding fish</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avoid making sudden or loud noises underwater</li> <li>• Avoid leaning on, holding onto or touching any part of the reef</li> <li>• Avoid kicking up and disturbing the sand if you're over a sandy area</li> <li>• Avoid touching any animals or plants</li> <li>• Stay more than one metre away from giant clams</li> <li>• Keep clear of free-swimming animals (such as turtles, whales and sea snakes).</li> <li>• Avoid relocating any marine life, particularly when taking photos and filming.</li> <li>• Move slowly and deliberately in the water, relax and avoid rapid changes in direction</li> </ul>
---	--

Table 1: list of the responsible reef practices for diving and snorkelling.

To dive at NRs could seem a better experience in respect to the ARs. Many studies on relationships between reefs and scuba diving have been site specific and have never focused on differentiating

the “value” of NRs and ARs in a same area. Oh *et al.* (2008), using interviews-based questionnaires, found that scuba diving at ARs, instead of a less valuable experience, appears to be a suitable substitute for such experiences, compared to the NRs. In other case studies, following the deployment of an AR, the diver and snorkeler use of the NRs in the surroundings declined by 13.7%, relieving the human pressure on the natural environment. Incomes within the local economy increased and additional jobs were created. Thus, it was considered a win-win situation for both the natural reef environment and the local economy (Adams *et al.*, 2006). Hence, substantial value from recreational diving use of ARs suggests they serve as potential substitutes and thus may alleviate pressures on NR areas for conservation purposes (Oh *et al.*, 2008).

In many cases, some ARs designed for other purposes (e.g., finfish enhancement, etc.) have demonstrated to be also attractive from the divers’ point of view. Some best practice examples are described hereafter.

- **“La Casa dei Pesci”** (namely: “The House of Fishes”) is the realization of the dream of an Italian fisherman and environmentalist, whose passion for the sea has animated many battles for the protection of the marine environment, empathically involving hundreds and hundreds of people worldwide. His dream was to create a space of sustainability between nature and fishing, natural beauty and art, sea protection and usability (Fig. 3).

The aim was to protect the environment, increase fishery resources, and promote culture and sustainable tourism bringing everyone to "look into the sea" to discover that there is so much nature and beauty that we normally neglect - as invisible - and to understand that the sea is every day robbed by illegal fishing, polluted with toxic waste, and cemented.



Figure 3. How it works: (1) you make a donation, (2) the artist sculpts, (3) we create an underwater art museum, (4) they repopulate the sea (from: <https://www.casadeipesci.it/>)

The project started from an initiative funded by the Tuscany Regional Authority in 2006 and consisting in the deployment of an anti-trawling artificial reef in the coastal area at North of Monte Argentario, Grosseto (Italy) to contrast the illegal trawl fishing within the 5.6 km (3 nautical miles) from the coast. After which, the fisherman, who was the responsible of the local small-scale fishermen association, was able to get further funds to implement the area directly involving local

Authorities, environmental associations, sport fishing and diving clubs, and private companies, as well as several citizens both at national and international level through a spontaneous web whip round. More than 100 marble blocks spontaneously sculptured by artists, have been deployed up to date in the area to implement fish repopulation and create an “underwater art gardens” as part of educational pathways including land and sea (Fig. 4).



Figure 4. 'La Casa dei Pesci' underwater sculptures (from: <https://www.casadeipesci.it/>)

- **Underwater museums** - A similar synergy between these purposes has been also implemented in the Oceanic context (Table 2).

**Jason deCaires Taylor** (<https://www.underwatersculpture.com/>), a sculptor, environmentalist and professional underwater photographer, is the first of a new generation of artists to shift the concepts of the land art movement into the realm of the marine environment.

The sculptures (Fig. 5) are individually designed using safe pH neutral materials with textured surfaces to create homes, breeding areas and protective spaces for marine organisms. Sited away from natural healthy reef systems on barren stretches of sea beds, they provide a crucial role in drawing visitors away from natural areas allowing them space and time to recover on their own accord. Some projects have seen marine biomass to increase by over 200% on once deserted sections of sea bed.



Figure 5. Jason deCaires Taylor Underwater art museum examples (from: [https://www.underwatersculpture.com/works/recent/?doing\\_wp\\_cron=1563204970.7339780330657958984375](https://www.underwatersculpture.com/works/recent/?doing_wp_cron=1563204970.7339780330657958984375)).

On a local level, through his works he obliges local governments to consider their coastlines. In Grenada (Caribbean sea), the sculpture park was instrumental in the creation of a large scale marine protected area and in the Bahamas an oil refinery which had been leaking oil into the sea for over 10 years, was forced into preventative measures, following the complaint of some tourists. They attracted international media because during their visit at the “Ocean Atlas”, they literally swam into an oil slick.

Entrance fees are charged to visitors, this crucial revenue is then put towards Conservation projects and help fund marine park rangers who monitor and protect the coastlines. Admissions and donations for entering the museums have not only a crucial role in providing revenue for marine conservation initiatives, but also represent an alternative employment for local fishermen.

NAME	LOCATION	DEPTH	INTALLATION DATE
M.U.S.A. Museo Subacuático de Arte	Cancun / Isla Mujeres, Mexico	4-8m	2009
Ocean Atlas	Nassau, Bahamas	5m	2014
Molinere Underwater Sculpture Park	Molinere Beauséjour Marine Protected Area, Grenada	5m	2006
Museo Atlántico	Las Coloradas, Lanzarote, Canary islands	14m	2016

Alluvia	The River Stour, Canterbury, England	1.5m to 80cm	2008
Nexus	Oslo, Norway	2m	2018
Coralarium	Sirru Fen Fushi, Maldives	3-5m	2018
Nest	BASK Gili Meno, Indonesia	4m	2017

Table 2: list of the Jason deCaires Taylor underwater museums.

- Shipwrecks** may become ARs when preserved on the sea floor. Shipwrecks offer unique, spectacular and fascinating diving experiences. Many shipwrecks are important recreational resources for scuba divers, and the recreational value of shipwrecks has been well recognised among them (Edney, 2006). Governments also recognise the dive tourism value of shipwrecks. For example, the Queensland Government scuttled the decommissioned HMAS Brisbane on the 31<sup>st</sup> July 2005 off the Sunshine Coast to create a dive tourism attraction and artificial reef (Figure 6).



Figure 6. Brisbane wrecks, Mooloolaba Queensland. (from: <https://www.tangalooma.com/moreton-island/tangalooma-wrecks>)

Certain items were removed, however, in a minimum way, to maintain the ship's integrity and to ensure it provides interesting diving opportunities without being a threat of harm to the visitors and the marine environment. In addition to the cultural heritage, recreation and tourism values discussed above, wrecks have scientific, educational and monetary values. Since that, the sustainable use of these sites is important not only for the protection of cultural heritage and

recreational dive values, but also to protect the industries and communities that depend on the revenue from these values.

Although the marine environment may, to some extent, preserve shipwrecks and their contents (Delgado 1988), no wreck is completely stable in its environment. All wrecks are to varying extents subject to deterioration and damage from the effects of the marine environment. The extent of deterioration of shipwrecks is determined by depth, topography and composition of the seabed, temperature, salinity, oxygen content, sea conditions, water movement, and the type of material used in the ships construction (Kenderdine, 1997). Natural deterioration and disintegration processes of wrecks are accelerated by a wide range of human activities associated with the use of the marine environment (Kenderdine, 1997), including recreational diving, dredging operations, extractive industries, beach nourishment, fishing activities including damage from nets, anchors, dredging and explosives, marina developments, etc. (Edney, 2006).

Shipwrecks are protected in Australia by the Commonwealth Historic Shipwrecks Act 1976, which recognises and protects the historic, scientific, education and recreation values of this particular sites; there are historical records of over 7 000 shipwrecks off the Australian coastline, and at least 925 states with physical evidence of these wrecks have been located. Section 13 of the Act makes it an offence to do any of the following, unless the person has a permit:

- damage or destroy an historic shipwreck or historic relic;
- interfere with an historic shipwreck or historic relic;
- dispose of an historic shipwreck or historic relic; or
- remove an historic shipwreck or historic relic from Australian waters or from waters above the continental shelf of Australia;
- moor or use ships within a protected zone.

Because of the legislation, public access guidelines were developed, together with a research plan, by the Australian government to enable wrecks to be better managed and to develop a more consistent approach across the states. For example, in Australia, it is illegal to anchor on a historic shipwreck and mooring buoys have been installed, or recommended to be installed at certain wreck sites, to prevent anchor damage. Underwater interpretive wreck trails have been developed, and include concrete plinths on shipwreck sites with information plaques attached as well as published information. Their aim is to attract divers to the site and to increase appreciation and protection of the cultural heritage values of the wrecks. Permit systems are another approach used to manage divers' impacts on shipwrecks. Education is the principle strategy used to protect the underwater heritage, and includes community awareness and involvement programs, publications, exhibitions, posters and contacts with the dive industry and dive organisations. Education and involvement lead to increased awareness of the value and importance of wrecks, and education is required to modify attitudes.

There is no uniform approach to the protection and management of shipwrecks arising from the diversity of environment, political systems, cultures and economic development of the various nations.

In the Mediterranean sea there are 844 wrecks (Strauss, 2013). Most of them are ships that sunk during a battle or because of natural events or technical problems, while others were purposely sunk to create ARs. For example, the southern Albanian coastline hosts diverse and valuable marine habitats, threatened by rapidly increasing coastal development and tourism. To protect the natural habitats from excessive pressure and improve the variety of diving opportunities, the immersion of a number of ex-naval vessels was forecasted within the Pilot Fishery Development Project. Five decommissioned Albanian Navy vessels were purposely sunk in 2010 in the Ksamil Bay with the support of the United States Navy ship Grapple (Fabi *et al.*, 2015; Fig. 7).



*Figure 7. Ship wrecks sunk as artificial reefs for diving in Ksamil Bay, Albania. (from Fabi et. Al., 2015)*

Decommissioning is the process of ending operations at an offshore oil and gas platform. Usually, the platform is completely removed; however there are options that entail reefing the submerged section of the platform structure. Rigs-to-reefs is the practice of converting decommissioned oil and gas platforms into ARs.

- **Rigs-to-reefs.** In the Gulf of Mexico about 200 structures forming some 10% of the decommissioned platforms, have been used for reefing practices. The warm subtropical waters and the good visibility of the Gulf of Mexico made these structures popular among divers (Fig. 8). A good example is the platform “High Island A389” installed about 185 km off Galveston, Texas. High Island A389 is no longer operational - all drilling for oil ceased in the early 1990s when the Flower Garden Banks National Marine Sanctuary, a site encompassing three underwater salt domes protected by the National Oceanic and

Atmospheric Administration's Office of National Marine Sanctuaries, was designated a protected site. The rig was decommissioned since it was within the site's boundaries. In the time since, local diving tour operators have begun bringing divers to the area to experience what it is like to dive a manmade reef (<https://www.smithsonianmag.com/travel/gulf-mexicos-hottest-diving-spots-are-decommissioned-oil-rigs-180971728/>).



*Figure 8. Rig-to-reefs in the Gulf of Mexico. (from <https://www.smithsonianmag.com/travel/gulf-mexicos-hottest-diving-spots-are-decommissioned-oil-rigs-180971728/>.)*

Another example of Rig-to-reefs converted to diving activity can be found in the Adriatic sea. The Natura 2000 site named "Paguro" is a gas platform wreck that collapsed in 1965, located 22 km off the coast of the Emilia Romagna Region. The NGO "Associazione Paguro" is in charge for diving authorisation and managing recreational activities. The NGO acts to promote the site's cultural and natural heritage. It is connected with several diving schools and organises educational events (e.g. diving days to the site). The association is also in connection with the National Museum of Underwater Activities in Marina di Ravenna, where historical, cultural and educational activities are carried out (AAVV, 2018).



### 2.2.3 Citizen science

Citizen Science refers to the population participating in scientific activities and research projects related with the environment and its biodiversity, taking advantage of new technologies such as the Internet and mobile phones with recording capabilities for an easy data collection and sharing. This participatory approach, in some cases, focuses on reefs.

Founded in 1996, the **Reef Check Foundation** exists to help preserve the oceans and reefs that are critical to our survival, yet are being destroyed. With headquarters in Los Angeles and volunteer teams in more than 90 countries and territories, Reef Check works to protect tropical coral reefs and California rocky reefs through education, research and conservation. Reef Check programs provide ecologically sound and economically sustainable solutions to save reefs, by creating partnerships among community volunteers, government agencies, businesses, universities and other non-profits. Every year, the Foundation trains thousands of citizen scientist divers to voluntarily survey the health of coral reefs around the world, and rocky reef ecosystems along the entire coast of California. The results are used to improve the management of these critically important natural habitats. The involvement of citizens (whether members of the general public or dedicated volunteers) to undertake data collection for regional scale scientific studies is a key tool to achieve shared decisions in the field of biological conservation as well as to increase awareness of the large public towards the sustainable use of marine ecosystems. Reef Check Italia onlus is applying fast and effective protocols since 2008 involving both young students and recreational divers to collect data on abundance and distribution of target species along beaches and underwater (Cerrano *et al.*, 2013).

Another way to directly involve people in the monitoring of marine environment, and then make them aware of possible best practices in the use of a reef, are webcams that broadcast in live streaming.

For instance, nowadays, most deployed cabled observatories bear video cameras, which may truly represent the first innovative and multifunctional sensors to monitor life activities at different levels of complexity (i.e. from the individual animals to population, species up to the level of the whole community). The **OBSEA** underwater observatory ([www.obsea.es](http://www.obsea.es)), placed at a depth of 20 m in a fishing protected area, is connected with 4 km of cable to the coast of Vilanova i la Geltrú (Barcelona, Spain). The implemented solution is an optical ethernet network that continuously transmits data from the connected oceanographic instruments. It works as a useful platform for the measurement of oceanographic and environmental parameters. It is composed of a video surveillance camera and a weather station with GPS that measures wind direction, wind speed, barometric pressure, air temperature among other parameters. The CTD records temperature, salinity and pressure at different sampling intervals, providing information on flows and blends and their seasonal variations. A broadband hydrophone (7 Hz to 100 kHz) characterizes acoustically

ambient noise and discriminates coherent signals from natural sources from anthropogenic signals. For information about the evolution of seawater acidification, they designed a pH sensor permanently connected to the observatory. It is well known that the increase in CO<sub>2</sub> content in the atmosphere due to human activities is causing, through the greenhouse effect, global warming. The oceans and seas are absorbing a lot of the CO<sub>2</sub> emitted by human activities, causing a progressive acidification of the water. This shift toward more acidic conditions is associated with a number of adverse effects on marine organisms, especially for those who calcify, such as corals, mussels, coccolithophore algae or pteropods. All the metadata are in a publicly accessible online database, directly available on the website. Every user can have a look at the data and detect natural or anthropogenic effects on the environment. The research group produces papers and relations about this data, making theme intelligible to non-expert users. Similar installations have been realized in other areas such as, for example, in 1988 at the Cesano AR in the northern Adriatic Sea (Totti *et al.*, 2019).

#### 2.2.4 Fishing activity

One of the main purposes for deployment of ARs is to enhance fisheries and improve fisheries management. Not only recreational, but also commercial fishers are potential as users of ARs in several areas (Sutton & Bushnell, 2007). Along the Italian coast of the Adriatic Sea, an important clam fishery (*Chamelea gallina*) operates with hydraulic dredges on the sandy-mud bottoms located in shallow water up to around 11 m depth. Small-scale fisheries have conflicts both with illegal trawling for resources competition and damage to the set gears and with hydraulic dredges for space competition and, again, damages to the gears. Anti-trawling structures associated with production units or mixed modules were employed (Bombace *et al.*, 2000; Fabi, 2006; Fabi *et al.*, 2006). These ARs led to a reduction in conflicts between fishers as they created suitable areas where small-scale fishermen can carry out their seasonal activities on the basis of the eco-ethology of the different species inhabiting the reef, often joining together in cooperatives which manage the reef areas and their resources (Fabi *et al.*, 2015). From the ecological point of view, shifting a part of fishing effort towards the exploitation of the reefs' resources leads to reduce fishing pressure on the fish species usually targeted, contributing in this way to recover overexploited stocks (Fabi *et al.*, 2010; Fig. 9). It also contributes to diversify the offer to the local market.

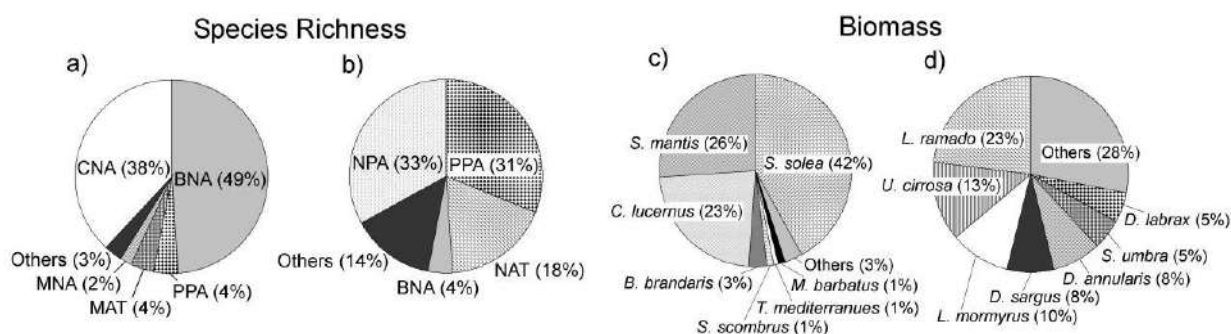


Figure 9. Composition in terms of species and biomass of the catches obtained with set nets at the natural habitat (a, c) and at ARs (b, d). CNA = crustaceans not attracted, MNA = molluscs not attracted, MAT = molluscs attracted, PPA = pelagic fish partially attracted, BNA = benthic fish not attracted, NPA = nekto-benthic fish partially attracted, NAT = nekto-benthic fish attracted. Attraction is referred to the reefness towards natural and/or artificial hard substrates (from Fabi et al., 2010).

Recreational fishery also targets other typologies of ARs worldwide, such as Rigs-to-reefs. In 1985, NOAA produced the National Artificial Reef Plan that outlines the respective roles of federal state and local governance in the permitting, oversight and ongoing management of this kind of ARs.

A virtuous example comes from the Louisiana State. Here the construction of ARs started in 1987 (Louisiana Artificial Reef Plan) and more than 80 sites have been created up to date. Louisiana has designated 9 approved sites for the disposition of oil and gas structures and in the period 1987-2006 about 147 structures have been reefed. The Artificial Reef Council oversees the Artificial Reef Development Program and gives guidance on policy-making, site selection, procedures and allocation of funds, while the Department of Wildlife & Fisheries is in charge of monitoring and managing the Artificial Reef Development Plan. Louisiana operators that leave their structures offshore donating them to the Artificial Reef Trust Fund (Bull & Love, 2019). Moreover, the Mississippi Department of Marine Resources (DMR) is responsible for AR development in Mississippi's marine waters and adjacent federal waters. Since the establishment of the Artificial Reef Program, 67 inshore reefs, 15 offshore reefs, and 8 Rigs-to-reef sites have been created to enhance and support important marine species. The DMR, Mineral Management Service (MMS), and petroleum companies are working together to utilize decommissioned oil and gas platforms for offshore AR development. The program commonly known as "Rigs to Reef" uses these abandoned structures for enhancing fish and invertebrate habitat, together with the advertisement of recreational fishery (<http://www.dmr.ms.gov/index.php/recreational-fishing/reef-locations>).

Regarding recreational fishery on NRs, a list of best practices related to fishing activity have been produced by the Australian Government to safeguard the Australian Great Barrier Reef (Table 3; <http://www.gbrmpa.gov.au/access-and-use/responsible-reef-practices/fishing>). These practices help to protect the natural environment, maintain the ecological balance of the Reef and

contribute to improve its general health, especially at a time when the Reef is under increasing pressure.

<b>BEST PRACTICE FISHING GUIDELINES FROM THE AUSTRALIAN GREAT BARRIER REEF</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Actively attend your fishing gear at all times while fishing.</li> <li>• Take only what you need – do not necessarily fish to the bag limit.</li> <li>• Do not use pest or non-native fish for bait. Never release introduced species into the water.</li> <li>• Do not fish where fish feeding takes place, for example as part of a tourist program.</li> <li>• Do not fish near a commercial dive site or pontoon.</li> <li>• Do not fish at known or suspected fish spawning aggregation sites.</li> <li>• Fish a safe distance from marine animals (such as dolphins, whales, turtles, and dugongs) and bird roosting or nesting areas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• If you're unsure of the fish identity or size, release the fish immediately.</li> <li>• Return all undersized and unwanted fish quickly to minimize injury.</li> <li>• If you're keeping the fish, remove it from the hook or net immediately and kill it humanely.</li> <li>• Do not litter – clean up all fishing gear (such as discarded tackle and line, and bait bags) and take it back to shore to dispose of it properly.</li> <li>• After filleting fish, avoid disposing of the frames at boat ramps and popular areas.</li> <li>• Participate in fish monitoring and research programs where available.</li> </ul>

Table 3. Example of Best practice fishing guidelines of the Australian great barrier reef. (from: <http://www.gbrmpa.gov.au/access-and-use/responsible-reef-practices/fishing>)

By following these simple guidelines, the users are helping to ensure that the Great Barrier Reef continues to be one of the best spots on Earth to fish (<http://www.gbrmpa.gov.au>).

### 2.2.5 Mussels farming

It is well known that hard substrata in coastal areas provide variable surfaces and microhabitats for settlement and growth of benthic organisms (Petersen & Malm, 2006). In case of AR construction, the biomass and species composition of these communities will depend on the material of the AR, depth, slope, and wave exposure, but also on the oceanographic features and the unique biodiversity of the area.

In the central and northern Adriatic Sea the vertical walls are mainly colonized by hard-bottom, filter-feeders such as bivalves (e.g. *Mytilus galloprovincialis*, *Ostrea edulis*, *Crassostrea gigas*), hydroids, and barnacles (Spagnolo *et al.*, 2004). In particular, the highest settlement density of mussels (*M. galloprovincialis*) represents a good opportunity for professional fishermen. Indeed, small-scale fishermen can partially shift, from spring to fall, from fishing activity to the collection of mussels on the artificial substrates (Fabi *et al.*, 1989). In order to facilitate mussel harvesting by professional scuba divers a few ARs were placed close to the coast and in shallow waters (approximately 10 m depth).

In this context, an example of a good and sustainable practice can be found in the Portonovo bay (Conero promontory, Italy) where an AR was deployed within the coastal area by the local small-scale fishermen association to improve their activity by creating suitable habitats for reef-dwelling fish and macroinvertebrates and favouring the development of wild mussel populations. The reef sets were composed by two types of mixed modules: a) protection and production; b) production and aquaculture (Fabi *et al.*, 2015). The cooperative carries out limited harvesting to ensure natural reproduction and safeguard the survival of mussel populations on the AR and, in parallel, harvest mussels on the nearby NRs (e.g., Trave rock). This wild product is recognized with the establishment of the brand “Mosciolo di Portonovo”. The trend mark implies the indication of the date and place of fishing, while the sale in sealed bags ensures strict compliance with the supply chain from the production to the consumer.

The culture of seaweed on reef flats is also proposed as an ecologically and commercially viable alternative that could divert destructive fishing activities to an environmentally friendly endeavour. Seaweed culture in reef flat areas has been practiced since 1971 in the Philippines. For over 25 years, reef flats have continuously produced tons of seaweed, while coral, other invertebrates, wild algae, sea grasses, and fish lived and flourished there. Seaweed cultures can absorb the excess of nutrients produced by terrestrial farming and local villages or from tourist development, thereby preventing the growth of opportunistic plants that often kill corals. As a sustainable livelihood, seaweed farming prevented migration to urban areas and helps development in the province (Zertuche-Gonzalez, 1998).

## 3. DEFINITION OF THE LIST OF REEFS TO BE CONSIDERED IN THE CASE STUDY IDENTIFICATION

### 3.1 Introduction

A series of meetings were held between January and May 2019 to discuss on the Activities of WP3 and especially on the choice of the sites to be used as Case Studies within the ADRIREEF project. They were web meetings to save time and funds.

In this chapter, the minutes of all meetings related with the CSs selection have been reported in order to describe the process that led to their final identification.

### 3.2 Description of the identification process

#### **Virtual KoM (4<sup>th</sup> December 2018)**

This Skype meeting was organized by the Project Leader (PL; Municipality of Ravenna) to inform all the PPs on the technical and financial managements of the project and provided a clear explanation of them.

PL also illustrated the KoM program and communicated which documents/presentations each PPs had to prepare for that meeting. Among other duties, all PPs were asked to propose possible CSs to be carry out inside the project.

#### **Skype Meeting on WPs 3-4 (8<sup>th</sup> January 2019)**

The Skype call was organized by PL with the participation of CNR-IRBIM and ARP AE, WP3LP and WP4LP, respectively. The aim of the meeting was to discuss about the mapping of the natural and artificial reefs existing along the Adriatic coasts (Act. 3.3) and how to organize the work.

A focal point on natural reefs was to identify the different typologies of reefs to make possible their classification. This activity was considered very priority and propaedeutic for the CS identification as the CSs should have been as much as possible representative of the reef typologies occurring in the Adriatic Sea basing on available literature and/or the PPs' experience.

#### **Skype Meeting on KoM and WPs 3-4 (11<sup>th</sup> of January 2019)**

Basing on the previous meeting held on the 8<sup>th</sup> January, a further Skype meeting involving all the PPs was organized by LP to discuss on KoM and WPs 3-4. Only PP7 (OGS) did not attend the meeting. With regard to Act. 3.3 "Identification of relevant case studies" a preliminary consultation among the PPs on possible CSs was done during the Skype call. PP8 (RERA) described some possible Croatian sites to be taken into account being very important for tourism. PP6 (ARPA PUGLIA) also proposed possible CSs in its Region.

### **Skype Meeting on Activity 3.3 - possible Italian CSs (14<sup>th</sup> January 2019)**

The aim of this Skype meeting organized by CNR-IRBIM (WP3 Leader) was to start a deeper discussion on the selection of the Italian CSs. All the Italian PPs were involved: LP (Municipality of Ravenna), PP1 (ARPAE Emilia Romagna), PP6 (ARPA Puglia), and PP7 (OGS).

WP Leader (WPR) gave an introduction on the on the possible aspects which had to take into account to select the CSs. Particular emphasis should be given to replicability, economic aspects and the possibility of applying innovative and low impact technologies in the monitoring phase.

All PPs proposed their own CS describing the relevant aspects of each area from the ecological and economical point of view, also pointing out the possible exploitation of the site in order to strengthen the Blue Economy.

ARPAE Emilia Romagna and CNR-IRBIM proposed as CSs artificial habitats: the first one is an offshore rig sunk in 1960s in the northern Adriatic Sea that become a Biological Protected Area in 1995 (Paguro platform), a Site of Community Importance in 2012 and finally a Special Area of Conservation in 2019. The second CS, proposed by CNR-IRBIM, is an AR located in the central Adriatic Sea made of concrete structures (pyramids and poles) purposely deployed for finfish repopulation and to protect the coastal area from illegal trawling. Both ARPA Puglia and OGS proposed as possible CSs either an artificial reef or a natural reef. Taking into account that two already identified artificial habitat CSs could be considered as fully representative for the Italian Adriatic coast, it was agreed to select the two natural reefs: an MPA with coralligenous reefs in the South Adriatic (Torre Guaceto) and a natural reef made of biogenic concretions (Tegnue) in the northern Adriatic, respectively.

The WPL informed the PPs that a template for the CSs description (e.g., location, available data, current and possible exploitation) would have been produced and distributed to all PPs.

This template was prepared and then distributed to the PPs (Ref. to Annex 1).

### **Skype Meeting on Activity 3.3 - possible Italian CSs (2<sup>nd</sup> of April 2019)**

The scope of the Skype Meeting organized by WP3L was to finalize the selection of the Italian CSs and to start discussing a common strategy on the monitoring plan and dissemination of results. All the Italian PPs involved in the Activity 3.3 attended the meeting: PP1 (ARPAE Emilia Romagna); PP6 (ARPA Puglia), and PP7 (OGS).

The “Porto Recanati - Porto Potenza Picena” AR and the “Paguro” platform were confirmed by CNR-IRBIM and ARPAE Emilia Romagna, respectively, as CSs representative for the artificial habitats along the Italian Adriatic coast.

A “low profile” natural reef made of coralligenous within the Marine Protected Area “Torre Guaceto”, was announced as Apulian CS.

Finally, OGS described its CS representing the typical NRs of the northern Adriatic Sea so called “Tegnue”. These reefs are rocky outcrops extending from a few to several hundred meters and characterized by different substrata (clastic sedimentary, sedimentary sediments, organogenic).

All CSs are representative of different relevant contexts occurring in the Adriatic Sea and in line with the scope of the ADRIREEF project, hence approved.

WPL announced that a new template for the description of all CSs, to be used for Deliverable 3.3.2, would have been distributed in order to get a similar format (Ref. to Annex 2).

### **Skype Meeting on Activity 3.3 – Croatian CSs (12<sup>th</sup> March 2019)**

The Skype call involved all the Croatian PPs, WP3L, and PL.

The Croatian PPs proposed 7 possible sites of natural reefs to be considered as CSs:

- Plićinia Konjsko, close to the island Krk, a low profile reef and ledges in the northern Adriatic Sea (PP10, University of Rijeka);
- Sika od Kormata, close to the island Krk, a high profile reef in the northern Adriatic Sea (PP10, University of Rijeka);
- Rt Letavica, close to Simuni od in the south-western side of Pag island, a patch reef and a nearby amphora site in the northern Adriatic Sea (PP3, SUNCE and PP4, University of Zadar);
- Plić Lagnjići, close to Dugi Otok island, a low profile reef with a ship wreck in the central Adriatic Sea (PP4, University of Zadar);
- plić Seget, close to the Vis island, a high profile reef in the central Adriatic Sea (PP8, RERA);
- Sika od Stupišta, close to the Vis island, a high profile/low profile reef with wrecks in the central Adriatic Sea (PP8, RERA);
- Pokrivena sika, close to the Vis island, in the central Adriatic Sea (PP8, RERA).

In order to collect the available information about the proposed CSs and to have a comprehensive background knowledge to support the selection of maximum 3 CSs on the Croatian sites the PPs decide to carry out a preliminary study, by an external expert appointed by SUNCE PP3, in agreement with the budget allocation. The study will include an in depth analysis of the sites, as part of deliverable D.3.3.2.

Following the SM the following agreed information were shared by the WPL with the PPs:

- Basic criteria to select case studies
- monitoring protocol for CSs



- draft list of some equipment identified up to date for their possible application in the Italian CSs.

Basic criteria to select the case studies, agreed and shared by the Project Partners are the following:

- 1) The Case Studies should be as much as possible representative of all the natural reef typologies listed in the “Reefs definitions and categories” (refer to Deliverable 3.1.1) as well as of different artificial reefs typologies.
- 2) Geographical position of the CSs in order to have at least one CS in the northern Adriatic, one in the central and another one in the southern part of the basin either along the Croatian and the Italian side.
- 3) Scope of the CS in terms of activities that could be developed/implemented there taking also into account eventual already existing human activities and related land activities.
- 4) Monitoring activities that can be implemented in the CS paying attention to innovative and low impacting methodologies.

### **Skype Meeting on Activity 3.3 – Croatian CSs (7<sup>th</sup> May 2019)**

A further meeting with the Croatian PPs was held on May 7, to get an update on the process of CSs identification and to discuss their decision of performing a methodological study to select the most suitable sites whose end had been forecasted at the end of June. All Croatian PPs, LP and WP3L attended the meeting.

SUNCE explained that the main objectives of the case study analysis committed to the external expert are the following:

- collect and analyze all existing data on specified areas;
- Identify the ecosystem services of each of these areas using the definition and categorization within the Millennium Ecosystem Assessment (MA);
- analyze the "blue economy" postulates and examples of good practice in the world that include marine reefs;
- analyze the application of the "blue economy" postulate in selected areas in terms of identifying new economic activities and their potential.

In order to fulfill the deadlines it was then agreed with SUNCE to share the first two parts of the study by end of May, so that Croatian PPs could finalize the selection of their CSs.

Following this three Croatian CSs were definitely proposed in June by Croatian PPs. One of them is located in the northern Adriatic Sea (Plićina Konjsko; PP10, University of Rijeka), while the other two are placed in the central Adriatic Sea (Plić Seget; PP8, RERA and Plić Lagnjići; PP4, University of Zadar).

The sites are representative of the different reef typologies occurring along the Adriatic Croatian coast and thus considered significant within the project.

In the overall the 7 CSs, listed in Table 4, were selected for the implementation of monitoring programmes to be conducted within WP4 (Activities 4.1 and 4.2) with the aim of investigating their suitability for developing sustainable activities according to the principles of the Blue Economy (Table 4 and Figure 10).

Indeed, they are representative of different reef typologies occurring in the Adriatic Sea therefore the results obtained during the project could be expanded to a wide range of Adriatic reefs.

A detailed description of each CS is provided in Chapter 4.

CASE STUDY NAME	PP RESPONSIBLE	TYPE OF REEF	REEF CATEGORY
Paguro wreck	ARPAE Emilia Romagna – PP01	Artificial Reef	Sunken jackup drilling rig + additional iron structures
Plić Lagnjići	University of Zadar – PP04	Natural reef with a ship wreck	Sand bottom with reef structures protruding from the sediment
Porto Recanati-Porto Potenza Picena	CNR-IRBIM Ancona – PP05	Artificial Reef	Specifically designed concrete modules geometrically assembled to form structures and concrete poles
Torre Guaceto Marine Protected Area	ARPARP - PP06	Natural Reef	Low profile reef and Patch reef
Trezza San Pietro	OGS – PP07	Natural Reef	Patch reef (sand bottom with small reef structures protruding from the sediment)
Plić Seget	Institut Ruđer Bošković – PP09	Natural Reef	Patch reef (sand bottom with small reef structures protruding from the sediment)
Pličina Konjsko	University of Rijeka, Faculty of Maritime Studies – PP10	Natural Reef	Low profile reef (the reef protrudes less than 20 meters from the base substratum)

*Table 4. list of the Case Studies.*



Figure 10. Map of the Case Studies in the project area.

## 4. CASE STUDY PRESENTATION

### 4.1. Paguro wreck

#### 4.1.1 General Data

CASE STUDY NAME	Paguro wreck
PP RESPONSIBLE	ARPAE Emilia-Romagna – PP01
TYPE OF REEF	Artificial Reef
REEF CATEGORY	Sunken jackup drilling rig + additional iron structures

#### 4.1.2 Geographical location, physical and ecological features

The “Paguro” drilling platform, owned by AGIP Mineraria, was built by the company “Nuova Pignone” of Porto Corsini in 1962 and for three years was used in numerous perforations in the Adriatic Sea. It was a self-elevating platform, with a drilling tower consisting of a floating triangular-shaped pontoon with three legs placed at the vertices. The pontoon housed powerful engines, pumps and machinery, while its surface was equipped with a lodging module consisting of 5 decks. The heliport was placed at the top of the bow leg, while the drilling tower of about 40 m was located at the stern, between the other two legs. On the 29<sup>th</sup> September 1965, the platform was located 12 nm offshore Ravenna and sank as a result of a fire caused by methane leaking from the well. Currently it leans on the seabed with the starboard side buried several metres deep in the sediment. The main identifiable structures are the pontoon, the lodging module, including the five decks, and the leg of prow connecting the cylindrical base to the remains of the heliport (Fig. 11). The bottom consists of sandy silt and has an average depth of 24 m, but the gas eruption excavated a crater to a depth of about 34 m. The wreck extends over a depth range between 10 and 34 m.

In the years 1990-1991 and 1999-2000 additional iron structures, once used for off-shore activities, were sunk at the same site and now dominate several parts of the original wreck (Fig. 12).

Water temperatures in the area vary between 26 °C and 28 °C in summer and 8 °C and 10 °C in winter. Vertical profiles show a sharp seasonal thermocline that reaches an average depth of 16 m in August. Below the thermocline, the temperature never exceeds 14-16 °C. In spring and autumn, turbid plumes from Po river floods dilute surface waters, reducing the salinity and raising nutrient concentrations. These phenomena contribute to dystrophic conditions that occasionally cause hypoxic crises in the area of the wreck. Prevailing currents around the wreck flow to South-East direction.

The flora colonizing the wreck consists essentially of 3 species of macroalgae: *Bryopsis hypnoides* (Chlorophyceae), *Ceramium diaphanum* (Rhodophyceae) and *Aglaothamnion tenuissimum* (Rhodophyceae). Their presence can be observed in the upper part of the structure which is more exposed to light.

Sponges tend to be more abundant in the upper part of the wreck and they are mostly represented by *Haliclona mediterranea*. The sessile Cnidarians can be detected on the entire wreck even if they are most common in the upper part. These include *Epizoanthus arenaceus*, *Aiptasiogeton hyalinus* and *Corynactis viridis*.

Sessile bivalve molluscs such as mussels (*M. galloprovincialis*) and oysters (*Ostrea* spp.) inhabit the upper part of the wreck although oysters can be observed also in deeper waters. Comb pen shells (*Atrina pectinata*) are found both in the surrounding muddy bottoms and in the fine sediments deposited in the cavities of the wreck itself. Scallops of the genus *Chlamys* prefer deeper waters and are more abundant during the spring season. Gastropods are mainly represented by Nudibranchs. The most common are *Jorunna tomentosa*, *Facelina bostoniensis*, *Flabellina lineata* and *Polycera quadrilineata*.

Among the Echinoderms, the genus *Ophiothryx* shows a clear dominance, followed by some Holothurians with the species *Holothuria poli*, *Holothuria tubulosa* and *Ocnus planci*.

Polychaete annelids are present on the metallic infrastructures of the wreck and on the shells of bivalves; those belonging to the genus *Serpula* and *Pomatoceros* are generally abundant.

Crustaceans are mainly represented by barnacles with the species *Balanus perforatus* and *Balanus amphitrite*. Shrimps of the genus *Lysmata* are also quite common. Crabs are represented by the species *Dromia personata*, *Eriphia verrucosa* and the genus *Maja*. The lobster *Homarus gammarus* can also be observed. Tunicates (*Ascidia mentua* and *Pjura microcosmus*) can be found in the shaded areas of the wreck (Ponti *et al.*, 1998).

Fishes are those typical of rocky bottoms and difficult to find in other parts of the north-western Adriatic: brown meagre (*Sciaena umbra*), saddled seabream (*Oblada melanura*), striped seabream (*Lithognathus mormyrus*), black scorpionfish (*Scorpaena porcus*), seabass (*Dicentrarchus labrax*) and conger eel (*Conger conger*).

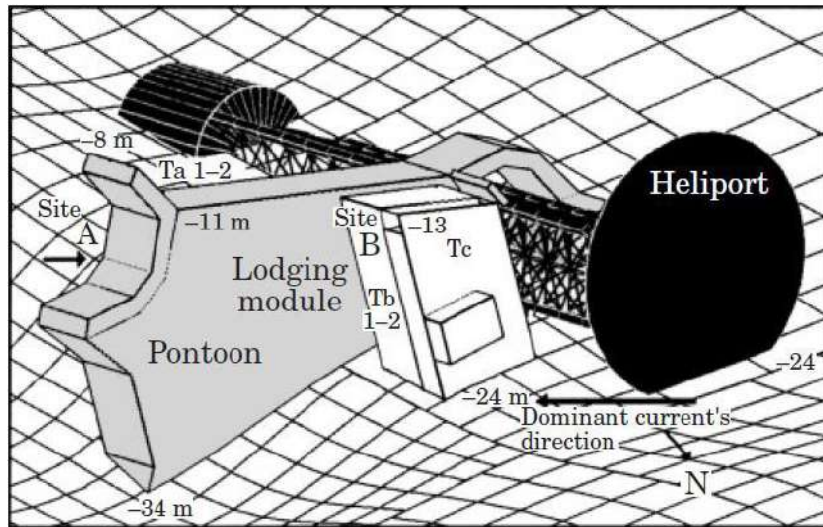


Figure 11. Three-dimensional reconstruction of the wreck showing relevant structures and their orientation. (From: Ponti et al., 2002)

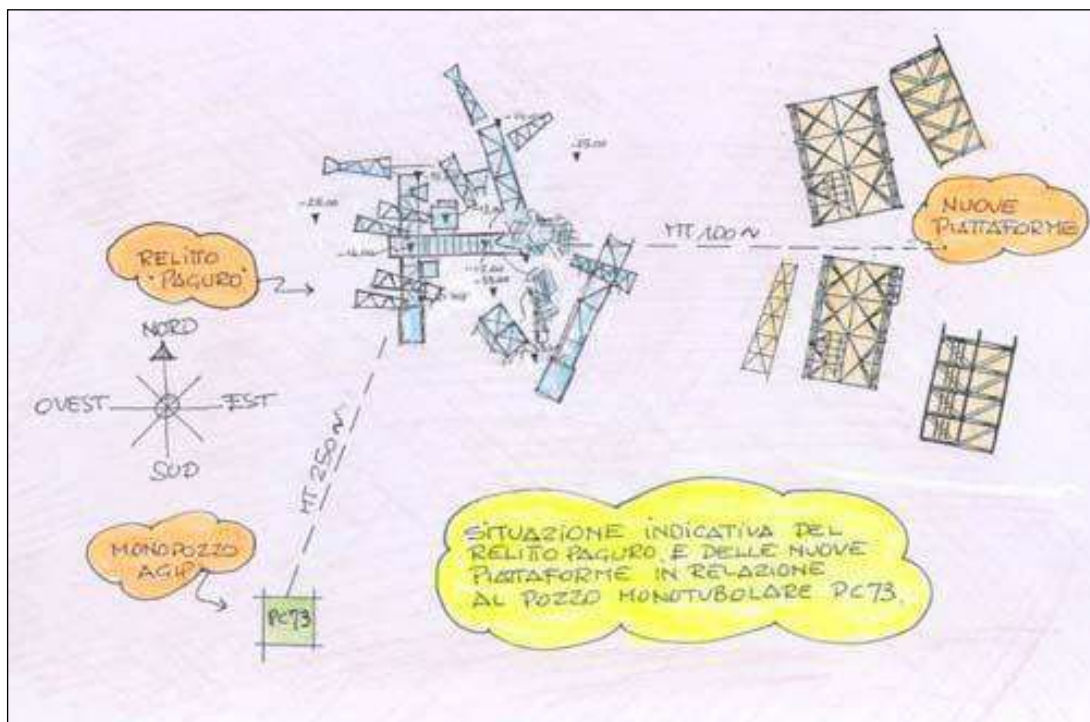


Figure 12. Approximate map of the AR including the original wreck and the additional iron structures. (Drawing by F. Rambelli)

### 4.1.3 Assessment of status quo

Emilia-Romagna is a top European tourism destination, welcoming more than 11.5 million visitors annually and generating 50 million overnight stays. The “Paguro” wreck is located 12 nautical miles offshore Ravenna, a province that covers the southern part of Romagna and extends from the sea to the gently rolling foothills of the Apennines.

Ravenna, the city of mosaics, has been recognized as a world heritage by UNESCO and eight historic buildings are on the World Heritage List. It is a treasure chest of art, history and culture of the highest order with ancient origins and a glorious past; it was a capital three times: of the Western Roman Empire, of Theodoric King of the Goths, and of the emperor of Byzantium. It houses the mortal remains of Dante Alighieri and keeps his memory alive with important events.

The countryside offers many different landscapes with beaches, pinewoods, lagoons and farmland plains. Just 10 km from Ravenna, at Sant'Alberto, there is NatuRa, a Natural Science Museum which is also the point of departure for guided tours in the Po Delta Natural Park. The historic salt-pans of Cervia are located at a distance of only about 20 km.

The "Paguro" wreck, after its sinking, saw an explosion of marine flora and fauna, thus becoming a destination for divers and enriching the tourist offer of the territory.

In July 1995 it was declared "Biological Protection Zone" by the Ministry of Agricultural Resources. This recognition, together with the establishment of the Paguro Association in 1996, contributed to the safeguard of marine life in the protected area. With Commission Decision 2012/14/EU, the "Paguro" wreck was also designated as Site of Community Importance (SCI code: IT4070026) and a management plan was redacted, delineating further conservation constraints (Fig. 13). Finally, in 2019, the site was confirmed as Special Area of Conservation (SAC) by Ministry Decree 3 April 2019, thus ensuring the conservation measures of the natural habitat. The primary objective is therefore the conservation and protection of the wreck area, where all sporting and professional fishing activities are prohibited, whilst recreational and educational dives are authorized, as well as those dedicated to scientific research. The Paguro Association, among its tasks, has the duty to manage all underwater visits in the wreck area, as defined by the Port Authority of Ravenna in 1997.

The current state of conservation of the "Paguro" wreck shows elements of satisfactory quality mainly due to the regulated access to the site. Restrictions are generally respected and dissemination activities have catalyzed a different positive attitude towards the sea and its resources. However, the wreck is endangered by climatic phenomena acting at regional scale such as the water eutrophication caused by freshwater inputs (i.e. Po river delta), by the dispersion of allochthonous species and, at local scale, by illegal fishing activities (i.e. ghost nets).

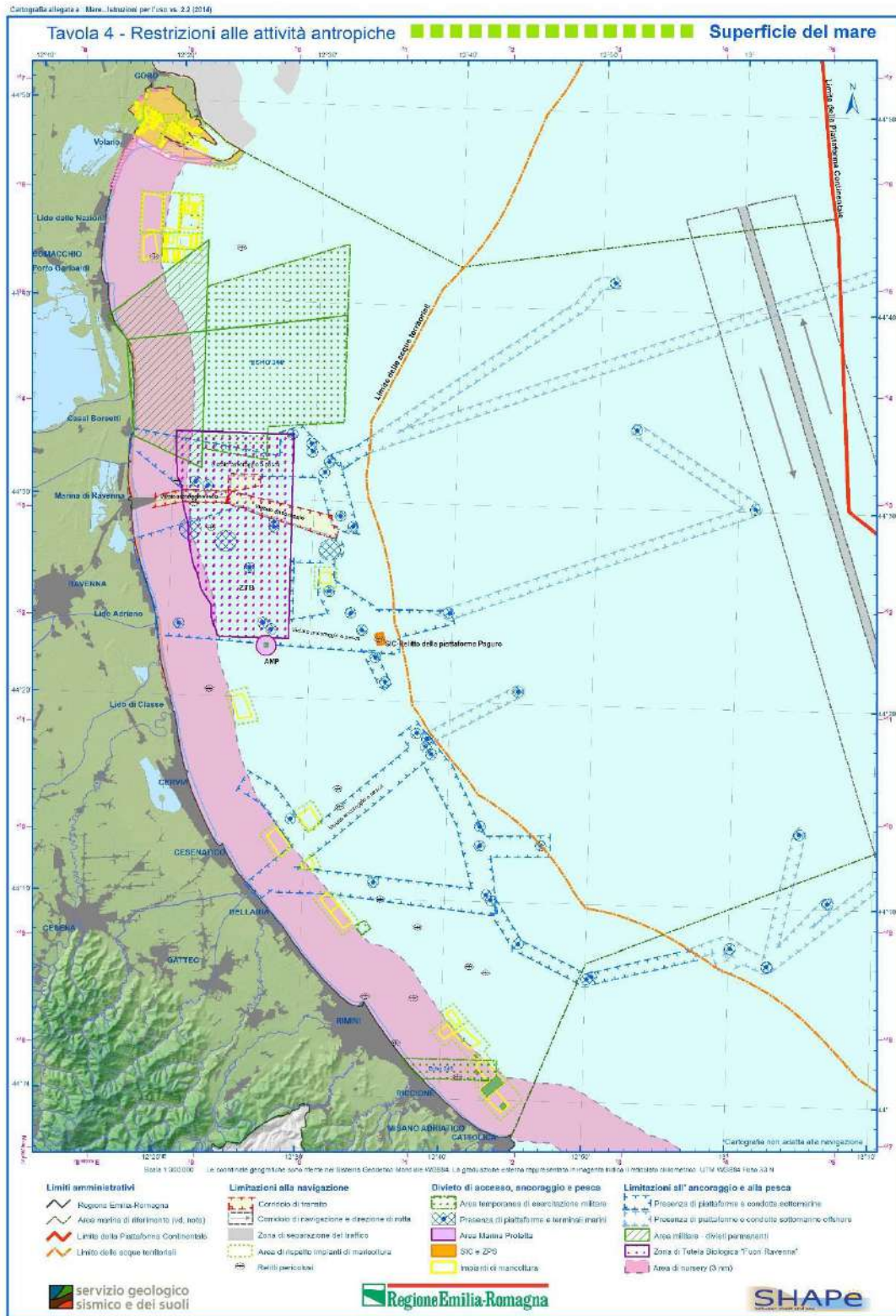


Figure 13. Map of sea-uses along the Emilia-Romagna coast. Areas with restrictions to anthropic activities are indicated, including the “Paguro” wreck protected area (SIC - Paguro platform wreck). (Source: [http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/en/geologia/publicazioni/cartografia-geo-tematica/mare...-istruzioni-per-l2019uso-versione-2.0?set\\_language=en](http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/en/geologia/publicazioni/cartografia-geo-tematica/mare...-istruzioni-per-l2019uso-versione-2.0?set_language=en))



#### 4.1.4 Description of the potential activities

Taking into account that conservation and protection are primary objectives of the wreck area, future potential envisaged activities could be aimed to implement recreational and educational dives, as well as scientific research.

Specific security and surveillance measures are also envisaged by the Management Plan (AAVV, 2018).

#### 4.1.5 Relevant stakeholders

Since the CS in Emilia-Romagna is a Site of Community Importance, where a Management Plan (AAVV, 2018) has been redacted specifying the activities allowed in the area, two main groups of stakeholders can be identified.

The first group comprises public institutions, research institutes and associations that are responsible for the correct implementation of the Management Plan and that are involved in the environmental conservation of the site: Emilia-Romagna regional office “Protected Areas, Forests and Mountain Development Service”, ARPAE Emilia-Romagna – “Daphne” Oceanographic Unit, the Marine Research Centre in Cesenatico, Association “Paguro” in Marina di Ravenna, the local Coast Guard in Porto Corsini (Ravenna).

A second group of stakeholders includes scuba diving associations/clubs and SMEs (boat rentals, scuba diving equipment stores, dive centers), that will be engaged during the dissemination of data and will benefit from an enlarged tourist offer. SMEs may also receive indirect benefits from the achievement of project results. In this perspective, the involvement of other public institutions, such as the Emilia-Romagna regional office “Tourism and trade service” and similar offices at local level, represent a key point to develop valid proposals for an increased tourist attraction potential.

## 4.2. Plić Lagnjići

### 4.2.1 General Data

CASE STUDY NAME	Plić Lagnjići
PP RESPONSIBLE	University of Zadar – PP04
TYPE OF REEF	Natural reef with a ship wreck
REEF CATEGORY	Low profile reef (the reef protrudes less than 20 m from the base substratum)

### 4.2.2 Geographical location, physical and ecological features

Plić Lagnjići is located northwest of the Dugi Otok island, covering a large area from the Suhi Rt cape on Dugi Otok, in the direction of northwest, and all around the uninhabited islets of Mali Lagan (surface 1 ha) and Veli Lagan (2 hectares), around 1.5 km away from the cape mentioned above (Fig. 14). At a distance of about 400 m from the Veliki Lagan islet, on the western side, there is the shallowest part of Plić, 4 m deep, and nearby is the shipwreck of the Italian cargo ship Michelle, stranded in 1983, whose hull parts are still visible on the surface.

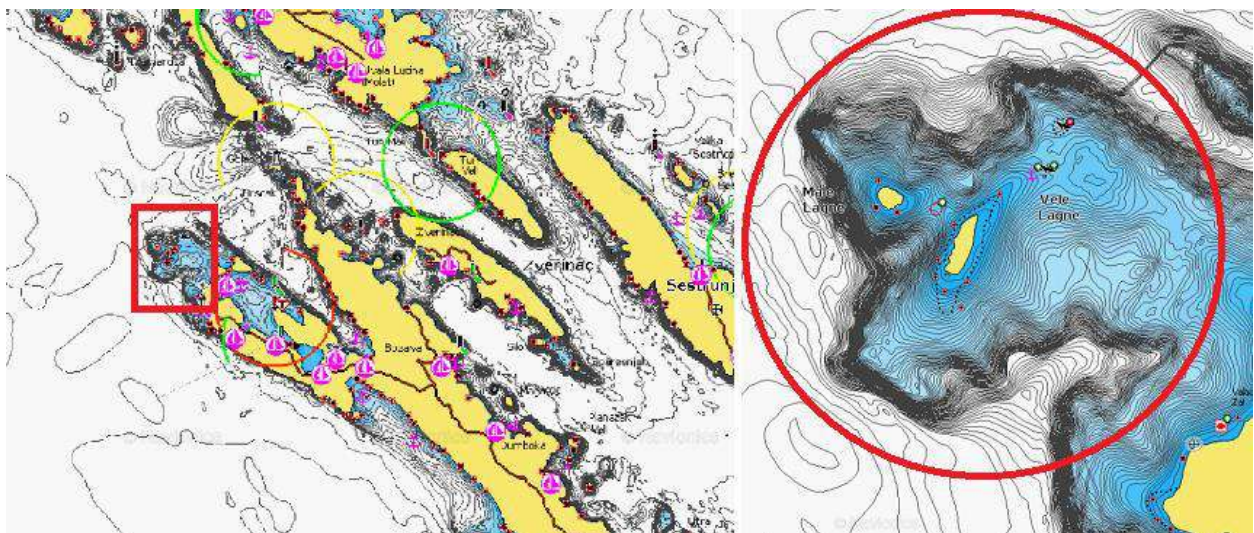


Figure 14. Location of the "Lagnjići" reef.

From its shallowest part Plič spreads irregularly towards the open sea, and at different distances, but on average at a depth of about 15 m, it begins to descend abruptly, with smaller or larger slopes, to the bottom up to 30 m depth. Towards East the reef gradually descends to a greater depth, and towards Molat it reaches a depth of 67 m. This gentle transition is also shown by the alteration of characteristic habitats, ranging from the infralittoral algae community, through the *Posidonia* meadows to the coastal detritus.

In 2009, the Sunce Association (Udruga Sunce, Morska bioraznolikosti akvatorija uz značajni krajobraz na sjeverozapadnom djelu Dugog otoka, 2009) carried out a detailed exploration of underwater habitats in the western part of Pliči, the results of which are shown below (Fig. 15).

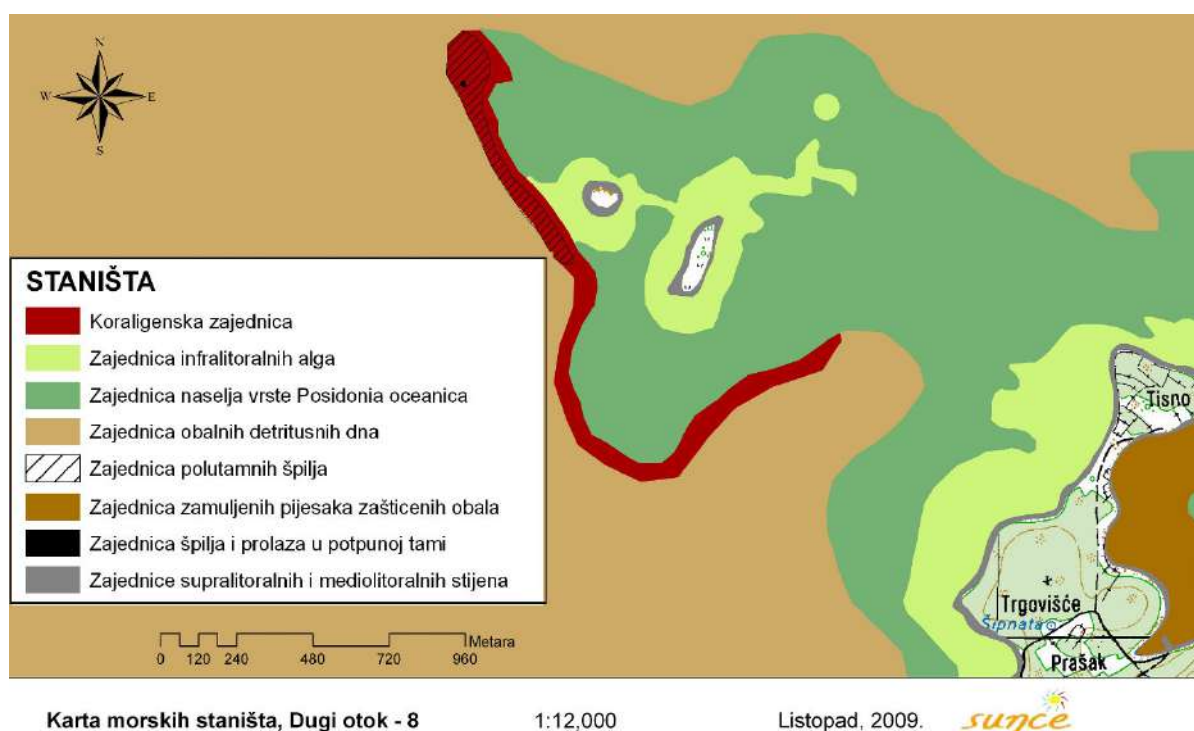


Figure 15. Marine habitats in the Lagnići area.

The bottom near the island is rocky with a developed community of infralittoral algae. With the increase of the depth between the rocks, the proportion of the sedimentary bottom increases inhabited by *Posidonia oceanica*, which gradually develops with depth increase from the crumpled community, intersected with rocks, in a thick, continuous meadow having an average density of 321.38 shoots per square meter. The meadows extend from 3 m to a maximum depth of 27 m.

On the western side of the island, at about 20 m depth, the seabed drops down in a form of a "wall" that extends up to 45-50 m depth. At the beginning of the "wall" the *Posidonia* meadow ceases, and a community of infralittoral algae dominates up to about 25-30 m, followed by a

coralligenous community characterized by a *Eunicella cavolini* facies. The walls in the wider area, and especially on the islet of Mali Lagan, are rich in large holes where a community of semi-dark caves is well developed. A large number of *Aplysia cavernicola* sponge specimens were recorded there, as well as the crustacean *Maja squinado*. At 20 m depth, which is the beginning of the wall, there is a dense settlement of species similar to *Cladocora caespitosa*. Between 30 m and 40 m depth, several species of *Palinurus elephas* (lobster) were found, and a large number of arborescent bryozoans were recorded on the wall. North of the islet of Mali Lagan, at 40 m depth, there is a cave with a community of caves and passages in total darkness.

On the "wall" and at its base a significant amount of abandoned fishing gear can be found, evidencing the issue of fishing influence on coralligenous "walls" in the open sea. That is the reason why a proposal was made to forbid all forms of fisheries in some small areas.

The area of Plić Lagnići is within the scope of a slightly larger area of the ecological network HR3000067 Luka Soliščica; Dugi Otok, proclaimed to protect habitats of sandbanks which are slightly covered by sea water all time, *Posidonia* beds, large shallow inlets and bays. Also, the islets Mali and Veli Lagan are included in the wider area of the ecological network HR1000034 which covers the northern part of the Zadar archipelago, important for birds and designated for the purpose of protecting 10 species, among which three species of terns, Mediterranean Shag and black-throated loon. It is also close to the protected landscape Northwestern Dugi Otok Island, whose protection derives primarily from the features of the coastline that is exceptionally indented, creating a unique panorama of bays, coves, peninsulas and narrow coves. A particular attraction is one of our most beautiful beaches, Saharun. The Act on Protection (Official Gazette of the Municipal Assembly of Zadar No. 10/67) also highlights indented coastline that continues under the sea, making numerous shallows, reefs, etc., which condition the specific and rich biocenosis (ichthyofauna, shells etc.). The protected areas of nature and the ecological network in the area are managed by the Public Institution of Natura-Jadera of Zadarska County, headquartered in Zadar, which in 2013 developed the Management Plan for the Northwestern Part of Dugi Otok Protected Landscape.

#### 4.2.3 Assessment of *status quo*

Plić Lagnići administratively belongs to the municipality of Veli Rat. The nearest urbanization is located on the inner side of the peninsula which closes the Velar bay, named Pantera in geographic maps. There is a lighthouse on the shore towards the shoal. Built in 1845, it is the highest lighthouse in the Republic of Croatia and serves for long-haul navigation. On the opposite side of the coast, i.e. bay, there is Verunić. The above mentioned Saharun beach is largely part of Verunić urbanization, and is oriented towards the southern part of the island, 6 km of air-distance from Plić Lagnići.

Approximately 4 km northwest of the island, the unpopulated island of Molat is located, which belongs to the City of Zadar. Molat is a small fishing village located on the southwestern part of the island. During the summer season it transforms into tourist village and diving centre of the whole area. On the Bonaster peninsula there are the remains of a military camp with tunnels and bunkers.

Relating to sea traffic, the shoal itself is avoided because of the danger of stranding, but between it and Dugi Otok there is a high traffic route running from Zadar, between the islets Golac and Brščak, towards the open sea (Fig. 16).

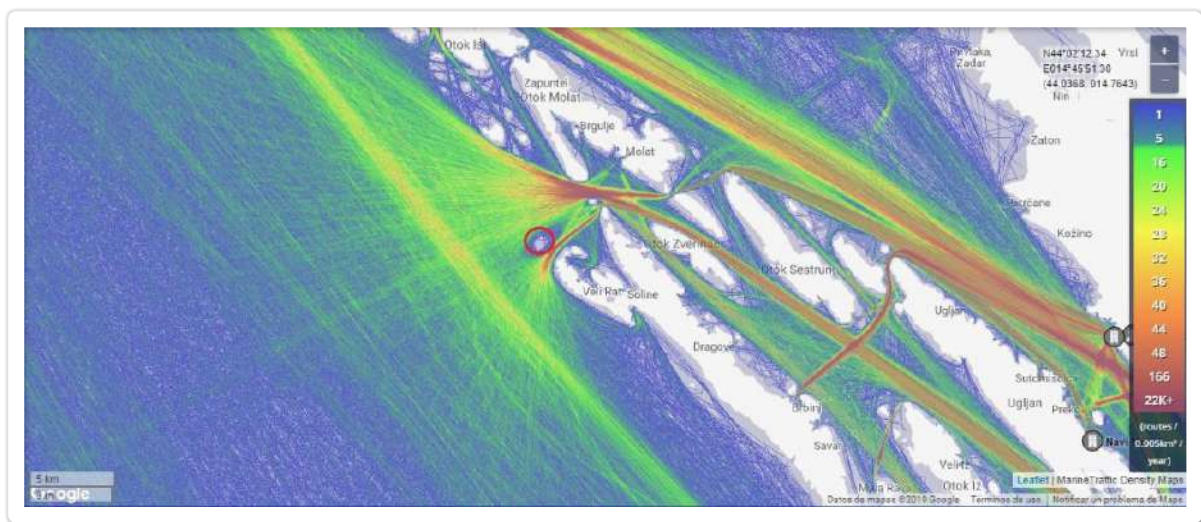


Figure 16. Maritime traffic density map of the wider impact zone on Plić Lagniči (Source: <https://www.marinetraffic.com>)

The most significant business by income as well by the number of employees is the seafood processing industry which is mostly concentrated on the southeastern side of the island.

Tourism is one of the leading economic industries on the island, and there is a marked polarity in the tourist use of the northwestern and southeastern parts of the island, primarily determined by the position of the Telašćica Nature Park. The municipality of Sali has developed excursions, nautical and sport tourism, and the group of Dugi Otok islands is very attractive as a nautical and diving destination with the necessary amenities and services.

At the western part of the island (settlements of Božava, Dragova, Soline, Veli Rat, Verunić, Zverinac) in 2018 the accommodation capacities were 342 beds (hotel), 770 beds (Private and other accommodation) and nautical marina with a capacity of 199 berths, and 107.097 overnight stays were achieved. Three new tourist settlements with a capacity of 600 beds and 2 camps with a capacity of 200 beds are planned in the villages of Veli Rat and Verunić in the future. The main concern is the majority of arrivals are in the summer months, therefore the highest environmental

pressure is in this short period. Significant constraint on tourism development represents the lack of water being Dugi Otok not connected to the regional water supply system.

In the immediate zone of influence of the Plič Lagniči most of the berths are located in the wide Pantera bay, which is connected to the bay of Čuna by a narrow canal (Table 5).

The entire area is appealing to divers, especially due to the vicinity of Telašćica Nature Park and the Kornati National Park. Fig. 17 shows that Plič Lagniči is being promoted as a dive site.

After the activity of seafood processing and preserving and the provisioning of touristic services, the most important activity is fishing. On the eastern side commercial fishing is much better represented than in the west, where on the other hand, the number of licenses for small scale coastal fishing is higher.

No.	City/ Municipality	Location	Type	Name	Capacity
1.	Sali	Pantera bay	Nautical anchorage	NS Pantera	61 buoys
2.	Sali	Pantera bay	Nautical anchorage	NS Lučina 1	9 buoys
3.	Sali	Čuna bay	Nautical anchorage	NS Čuna	19 buoys
4.	Sali	Sakarun bay	Nautical anchorage	NS Sakarun	15 buoys
5.	Sali	Pantera bay	Nautical marina	Marina Nautika Veli Rat	199 berths

Table 5. Number of buoys and berths in the immediate zone of the Plič Lagniči (Source: Nautical Information Service-nIS; Ministry of Maritime Affairs, Transport and Infrastructure)

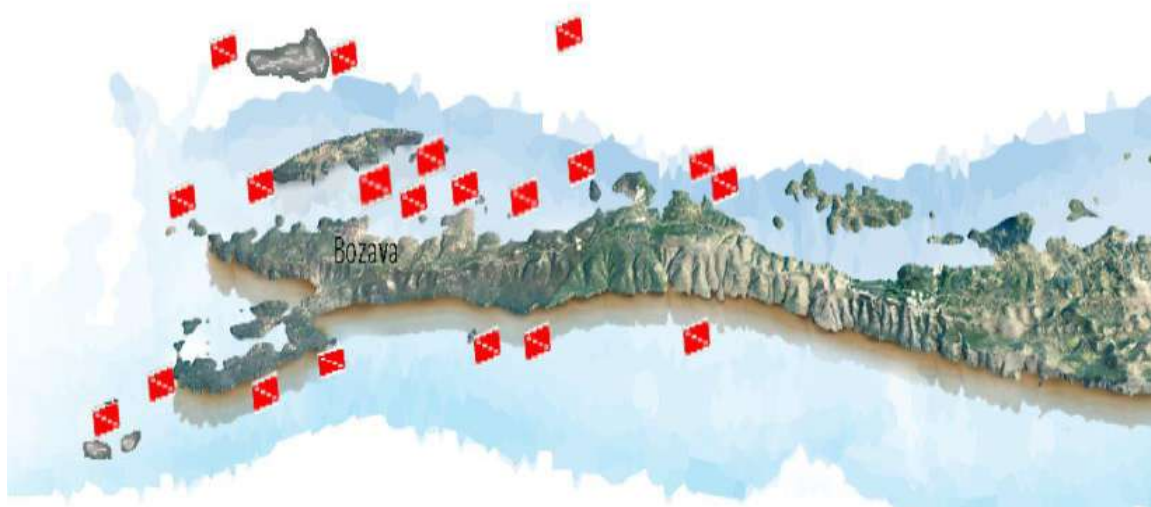


Figure 17. Diving locations of one of the diving centres from Dugi Otok island

Fishing with a traditional technique called “Tramata” is allowed in several locations, including around the islet of Lagnići. “Tramata” is a common name for fishing with special gears “ludra”, “fružata” and “zagonica”. It is a technique based on frightening the fish. A sea area is surrounded (fenced) with ordinary or decorated rope (with colored strips that fright the fish), which is drawn towards the part of the coast or the bay where the fish is to be cornered. “Tramata” is a sophisticated fishing method specialized for fishing sparids: common dentex, gilthead sea bream, sharop snout seabream, common two banded seabream, salema, etc.. It is considered one of the most selective fishing methods in the Adriatic Sea because it hunts the smallest percentage of inadequate size or sexually immature fish (Cetinić and Pallaoro, 1993). Also, on the Plič Lagnići location from November 1st to March 31st it is possible to fish with a traditional shore seine “migavica”, used to catch picarels (*Spicara smaris*).

The tuna farming is carried out at the location in the North-East of Zverinac island, which is more than 7 km away of the location of Plič Lagnići.

#### 4.2.4 Description of the potential activities

In general, the reef is not explored so it offers many potential opportunities for developing sustainable commercial activities in line with the principles of the Blue Economy. One of these could be the “fish watching”. Being the reef shallow with a ship wreck on the top, it could be ideal for this activity. There are a lot of species that can be seen on the site like *Chromis chromis*, *Epinephelus marginatus*, *Serranus scriba*, *Sparus aurata*, *Phycis phycis*, *C. conger*, *Muraena helena* and others. It could be even possible to implement scuba diving schools which could use the site like a “polygon” for advanced diving inside the wreck. Other activities could include cliff diving because on the southwestern side of the reef there is a cliff characterized by a coralligenous biocenosis with many gorgonians and cryptic fish like *Scorpaena scrofa*.

Other activities that could be implemented are fishing tours for tourists and some sport fishing. Indeed, in all villages on the islands of Dugo otok and Molat the tourist offer does not include any fishing activity at present. Boats that could be rented for this activity can only be found in county capital of Zadar and in Biograd na Moru city which are around 20nm far from this site and these islands. If the tourist offices would encourage the local inhabitants to implement this activity it would be a bonus for the resident community besides beaches and clean sea.

Furthermore, archeology students and students from underwater science in Department of Agronomy, Ecology and Aquaculture, University of Zadar, could learn activities on the ship wreck and could also perform teaching activities.

## 4.2.5 Relevant stakeholders

Currently the activities related to the reef are mainly managed by the local fishermen, while safety around the reef as well as safety of navigation is controlled by the Harbor master office. Considering that potentially, in the future, fishing tourism, scuba-diving and research activities could be developed, the stakeholders which could be involved are research organizations, universities, and local tourism agencies.

## 4.3. Porto Recanati-Porto Potenza Picena

### 4.3.1 General Data

CASE STUDY NAME	Porto Recanati-Porto Potenza Picena
PP RESPONSIBLE	CNR-IRBIM, Ancona – PP05
TYPE OF REEF	Artificial reef
REEF CATEGORY	Specifically designed concrete modules geometrically assembled to form structures and concrete poles

### 4.3.2 Geographical location, physical and ecological features

The artificial reef is located 5.6 km offshore between Porto Recanati and Porto Potenza Picena (central Adriatic Sea), facing the coastal plain shaped by the Potenza river (Figure 18). The site is approximately 10 km at South of the Conero Promontory, and lies in the first portion of a flat and sandy coastline that continues uninterruptedly southwards until Pedaso (Figure 18). The area is mainly exposed to SE and NE winds and receives nutrient-rich fresh water input from the Potenza and the Musone rivers. The AR, deployed in spring 2001, lies at 12.5 m depth. It covers an area of about 54.5 ha and consists of 222 pyramids positioned at a distance of 80 m from each other and of 444 concrete poles. Each pyramid is made of five cubic concrete blocks (2x2x2 m), four at the bottom and one at the top (height: 4 m), having rough surfaces to promote the settlement of sessile organisms and holes of different dimensions to provide shelter and habitat for various marine organisms. The concrete poles have a height of 4 m and are placed at regular intervals of 20 m from each other, between the pyramids and along the reef perimeter (Figure 18).

Fine sediments with the presence of coarser fractions characterize the sea bottom, which lacks of any natural rocky outcrops or seagrasses. Indeed, before the posing of the AR, soft-bottom species (mainly molluscs and polychaetes) dominated the benthic assemblage of the seabed, while low occurrences of crustaceans and echinoderms were registered.



Results obtained within the monitoring carried out over five years after the reef deployment have shown qualitative and quantitative changes in benthic and fish communities. In particular, an assemblage dominated by the mussel *M. galloprovincialis* and with presence of barnacles (*Balanus ssp.*) and anemones (*Actinia equina*) soon colonized the walls of the blocks, and the occurrence of hard bottom species, such as *Athanas nitescens*, *Alpheus dentipes*, and *Eualus cranchii*, has been observed few years after the deployment. This community represents a valuable food source for reef-dwelling fishes, and might justify the increased amount in terms of both number of individuals and biomass of benthic and nekton-benthic carnivorous species such as brown meagre *S. umbra*, annular seabream *Diplodus annularis*, and striped seabream *L. mormyrus*.

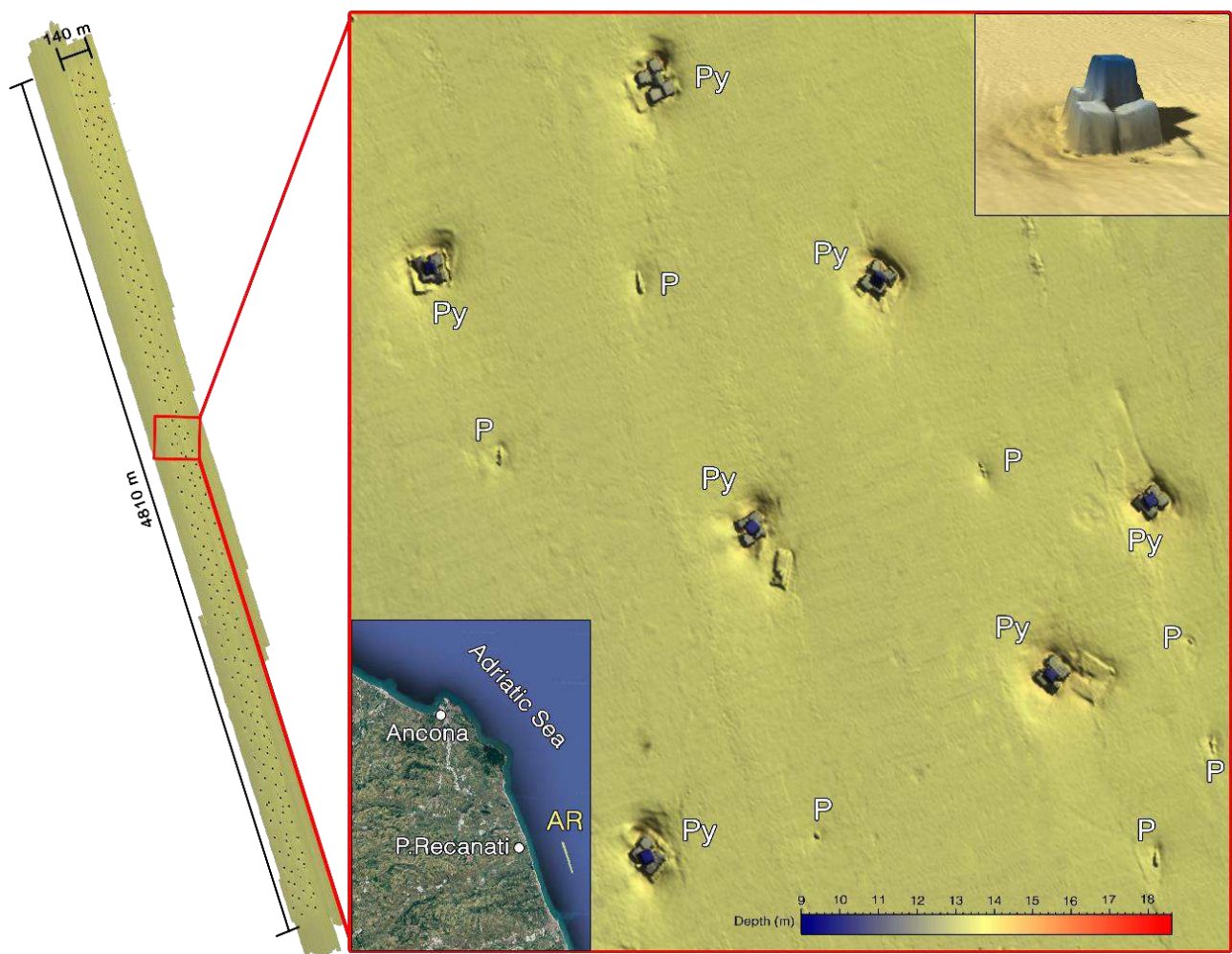


Figure 18. Location and map of the AR obtained with multibeam echo sounder. A view of a pyramid is also reported. Py: concrete pyramid; P: Pole

These observations rely on studies conducted when the AR was still a “young” reef, where all the biological and ecological processes were likely to be ongoing. It is well-known that on artificial reefs, like any hard substrata, a series of progressive modifications in the structure of benthic and epibenthic communities might occur, leading to sequences of colonization, the presence of

steady-states, and even possible “regression phases” characterized by a reduced amount of species.

From an ecological point of view, this consideration underlines the importance of assuming the Porto Recanati AR as a Case Study, as this would imply a renewed interest in the monitoring of the *biocoenosis* inhabiting the area. Thus, specific studies on the ecological state after 20 years of deployment could be useful either to gain a better understanding of the ecological role of the AR and to obtain useful information for maximizing the effectiveness of future installations. In addition, updating information on the ecological status would be useful to better identify the possible optimal utilization of the reef.

### 4.3.3 Assessment of *status quo*

The Marche region offers a diversified natural environment, combined with a remarkable artistic and architectural heritage, reminiscent of its historical and cultural past. In particular, the countryside of Porto Recanati contains a rich heritage of fascinating medieval villages, archaeological sites and towns awarded with orange flags, surrounded by protected areas (such as the Conero regional park) and Natura 2000 sites (Fig. 19). In addition, the area offers a wide range of accommodation, sea-related facilities (divings, beach resorts) and equipped marinas from which it is possible to book boat trips, fishing tourism trips or to rent recreational crafts. The economic dynamism coupled with the outstanding surrounding environment acts as a pooling factor for tourism. However, at present some touristic activities such as recreational fishing and diving are mostly concentrated on the natural rocky bottoms of the Conero Promontory and, with specific regard to diving, on the ship wreck Nicole which sunk in 2003 in the coastal area in front of Numana beach. Instead, it seems that tourism scarcely interacts directly with the AR environment by reason of scarce information and promotion of the AR as a diving or fishing site. Other commercial maritime activities that generate larger interactions with the AR are aquaculture and fishing (recreational and professional) carried out in the area by the resident people. In fact, within the range of 3 nm from the AR there are aquaculture facilities involved in mussels farming (*M. galloprovincialis*), and the area is regularly interested by fishing activities carried out by artisanal fishermen (who mostly use set nets, pots and traps) and local recreational anglers.

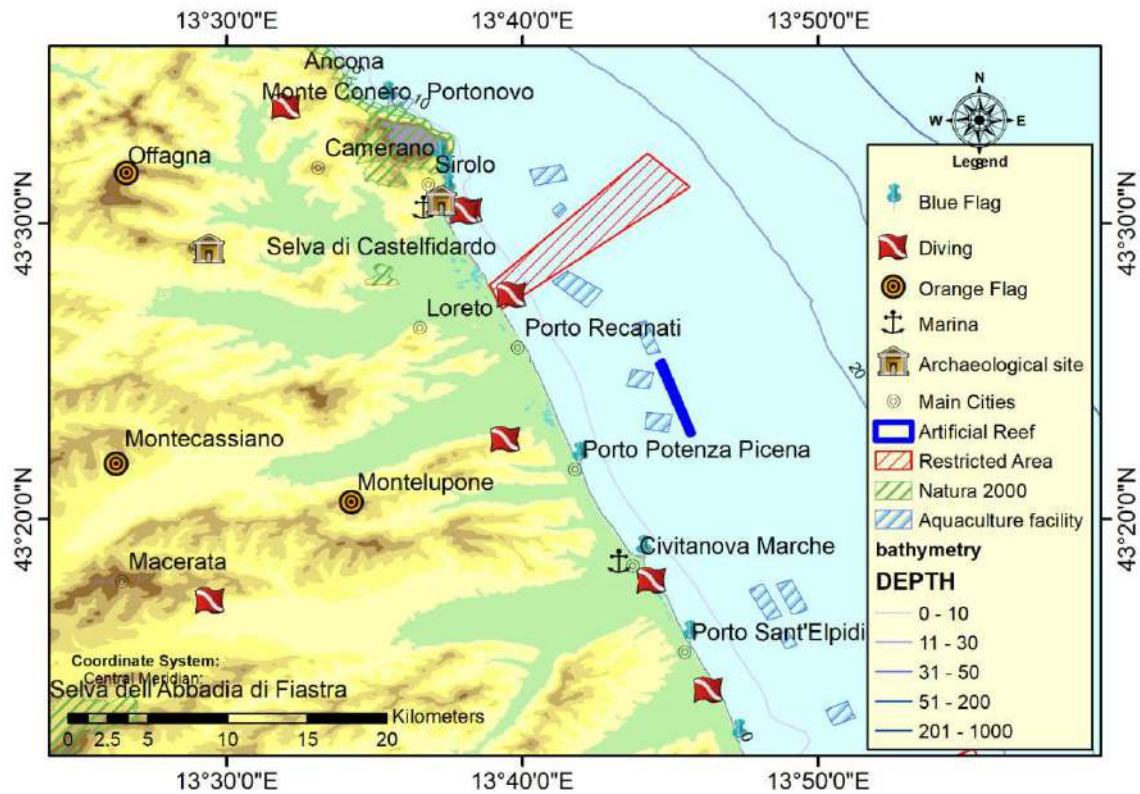


Figure 19. Map of the countryside showing points of interest for tourism.

Regarding the administrative point of view, the AR was realised by the Marche Regional Authority and funded by the Financial Instrument for Fisheries Guidance, CR (EC) n. 1263/1999. The monitoring programme carried out during the first 5 years from deployment was aimed to observe the environmental effects of the reef, in concordance with the requirements of the CE Re. 94/3346 of the 6<sup>th</sup> December 1994 and C (94) 3760/6 of the 22<sup>nd</sup> December 1994. Then, the Marche Regional Authority started in 2004 to consider the role of ARs in the context of Fisheries and Aquaculture management within the Regional law n. 11 of the 13<sup>th</sup> May 2004, which centres on the use of ARs as anti-trawling device. In the following years, ARs were concerned in several regional laws and resolutions falling within the context of dumping, European funding, and activities affecting state-owned maritime properties. However, these laws mostly aim to define the presence of ARs in the maritime legal framework, rather than protect or trying to take advantages from them. The regional body neither promoted laws for a regulated use of the reef, nor established any vigilance programme, just limiting itself to not authorize any activity within the reef area. However, despite the reef should be a closed area, the lack of a specific security and surveillance programme makes the site virtually unregulated.

Actually, the major threatens for the reef are the fishing pressure occurring within its perimeter and in the surrounding area, and the deterioration of the concrete modules that may cause a reduction of the reef bulk volume. The fishing pressure, if unregulated and unreported, causes

resource reduction while preventing managers from capturing the ecosystem status. The deterioration of the AR, in turn, may play an important role in the decrease of fish abundance. Indeed, the absence of detailed information on the biotic communities inhabiting the reef may hampers the sustainable and ecologically responsible management of future fishery systems in the area.

Considering that the information on the structural and ecological status of the Porto Recanati AR have been lacking for 15 years, it is crucial to re-establish a monitoring plan for assessing the current status in the optic of an increased sustainable use of the AR within the contexts outlined above.

#### 4.3.4 Description of the potential activities

Basing on the available data regarding the AR, on the economic activities occurring in the area as well as on the CNR-IRBIM experience in the AR field the reef, if appropriately monitored and managed, could have a great potential for several activities in line with the Blue Economy.

From the touristic point of view it could be seat of recreational fishing and diving, allowing to diversify the local offer and to decrease the current pressure on the natural rocky bottoms of the Conero Promontory.

On the other side, the occurrence of reef-dwelling fish species which are uncommon in the natural soft-bottom environment of the western Adriatic sea and of a great biomass of mussels settled on the artificial substrates could also represent a valuable opportunity for the local small-scale fishermen as it occurs in other AR sites of the northern and central Adriatic sea. Although fishery does not represent a strategic area in the Blue Economy, the EU policies tend to support the development of small-scale fisheries as considered less impacting and more sustainable in respect to other fishing activities. With regard to the AR, allowing the small-scale fishermen to operate within the reef under specific management measures would mean to shift part of the fishing effort from the usually exploited resources of the natural soft seabed to alternative species and/or mussel harvesting.

#### 4.3.5 Relevant stakeholders

Implementable activities in the CS fall into different legal contexts but have like common ground the involvement of a number of stakeholders linked to the use of state-owned maritime properties and to maritime safety. Such bodies are the Port Authority of the Central Adriatic Sea, the local Coastguard offices and the Marche Region office “Servizio Tutela, Assetto e Gestione del Territorio”.

In addition, it is possible to identify two groups of stakeholders related to the possible activities which might be implemented at the reef site. The first group comprises stakeholders linked to tourism (diving and recreational fishing). In this case, the Marche Region - Tourism department, Municipality of Numana - Tourism Office, Municipality of Porto Recanati - Tourism Office, Municipality of Potenza Picena - Tourism Office and Associazione Riviera del Conero e Colli dell'Infinito will play an important role for direct the tourist flow. In addition, diving associations and companies involved in craft rental will be engaged for the dissemination of data and will collaborate with above-mentioned public bodies for creating an integrated touristic offer.

The second group regards the professional fishing activities (small-scale fisheries and mussel harvesting). In this context, the Marche Region - Fishery department, CISP-FLAG Marche Centro, FLAG GAC Marche Sud, and fishermen associations will be engaged to create a common framework for the sustainable exploitation of the reef resources. Considering that, in case the reef would be suitable for the implementation of such activities, it would be necessary to establish a management exploitation plan, the collaboration among stakeholders is crucial to maximize their compliance, assure an optimal distribution of fishing permissions, and minimize the possibilities of illegal catches.

## 4.4. Torre Guaceto Marine Protected Area

### 4.4.1 General Data

CASE STUDY NAME	Torre Guaceto Marine Protected Area
PP RESPONSIBLE	ARPA Puglia - PP06
TYPE OF REEF	Natural Reef
REEF CATEGORY	Low profile reef and Patch reef

### 4.4.2 Geographical location, physical and ecological features

The Case Study selected from the Regional Agency for the Environmental Prevention and Protection of Puglia (ARPA Puglia) is the Marine Protected Area (MPA) of Torre Guaceto (SE Italy, Puglia Region, province of Brindisi) in the southern Adriatic Sea. The Torre Guaceto MPA was formally established in 1991, but entered into force in 2001.

The total surface of the MPA is around 2,227 ha. It is divided into two no-take/no-access zones, called A zones according to the Italian law and covering 179 ha. Within A zones all the fishing activities are banned and access is forbidden, except for the MPA's staff, scientists and police forces (e.g. coast guard). The general reserve zone (B zone) covers 163 ha, access (i.e. swimming) is allowed, but fishing banned. The partial reserve zone (C zone, hereafter called 'buffer zone', as it is the real buffer towards the exterior of the MPA), covers 1,885 ha, access and regulated navigation are permitted (Figure 20).

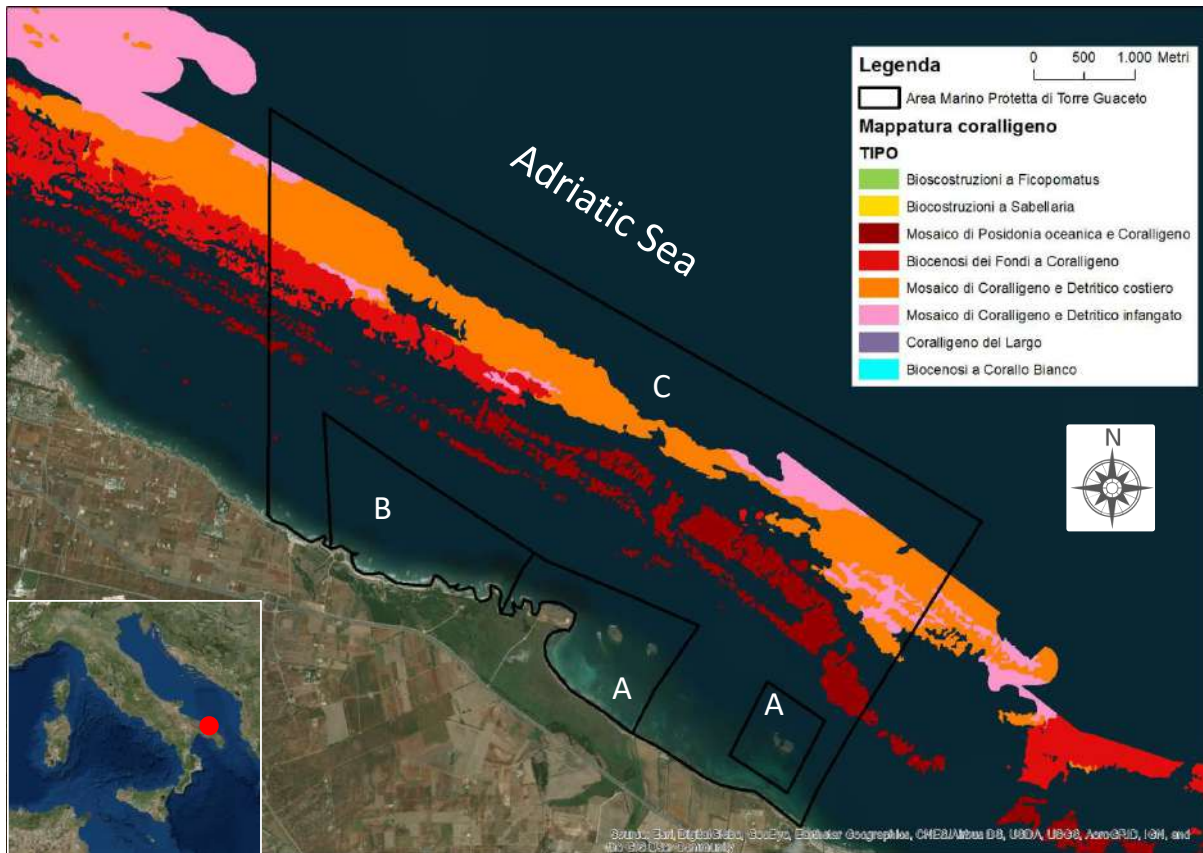


Figure 20. Marine Protected Area of Torre Guaceto. Boundaries of protection regime and Coralligenous reefs classification. (from BIOMAP Project)

The coast, mainly rocky with pocket beach, is characterized by a sloped rocky plateau, declining from the water surface to ~10–12 m depth over coarse sand. Rocky bottoms alternate with sand and *P. oceanica* seagrass beds. From around 25 m to 35–40 m depth, coralligenous formations alternate with sand, and sandy–mud bottoms widely dominate at deeper stands (Guidetti *et al.*, 2010). The coralligenous reefs are among the richest and most characteristic marine habitats of the Mediterranean Sea, ranging from about 10 to 120 m depth (UNEP-MAP-RAC/SPA, 2003; Longo *et al.*, 2017). They are among the most important biogenic structures in the basin, usually characterized by a well-defined community. However, due to their peculiarities and great structural, biological and geographical heterogeneity, it seems more appropriate to consider them as a puzzle of communities rather than a single community. The main bioconstructors of the coralligenous substrate are coralline algae growing at low light levels; the shallower coralligenous habitats are dominated by erect and foliaceous forms which, as the water deepens, are progressively replaced by encrusting species. Regarding the associated fauna, the abundance of suspension feeders depends on the average current intensity and availability of food. Gorgonians dominate the community in areas rich in suspended organic matter, while sponges, bryozoans and scleractinian corals are the dominant suspension feeders in more oligotrophic waters. With respect to their position, role and ecological functioning, distinguishes four different categories of

invertebrates in the coralligenous habitats, all of them contributing to the turnover of the calcareous concretion: fauna contributing to build up, cryptofauna, epifauna and endofauna, and eroding species (Ballesteros, 2006; Longo *et al.*, 2017). Most of the coralligenous reefs of Apulia region were mapped and classified by the BIOMAP Project (BIOcostruzioni MARine in Puglia), promoted by the Puglia Regional Authority as a part of the program “PO FESR 2007/2013 – AXIS IV – line 4.4: intervention for the ecological network”. In particular, for the specific area of the Case Study, the BIOMAP project identifies four subtypes of coralligenous habitat, namely Mosaic of Coralligenous and *P. oceanica*, Coralligenous, Mosaic of Coralligenous and coastal detritic, Mosaic of Coralligenous and muddy detritic.

From the ADRIREEF project point of view the selected Case Study, being a natural reef under a high level of protection regime (Marine Protected Area), could be used both as a reference point but also as an example of how potentially implement some activities in an environmentally sustainable way.

#### 4.4.3 Assessment of *status quo*

The Torre Guaceto MPA protects the coastal waters in a wider contest, the regional terrestrial park (Torre Guaceto State Natural Reserve, Fig. 21) protects the adjacent territory. The MPA integrates the management responsibilities of both the terrestrial park and the marine protected area. The management structure for the park and marine protected area lies with a consortium of the City of Carovigno (principal management responsibility), the City of Brindisi and the World Wildlife Fund. The MPA manager works for both the park and the marine protected area, as well as for the Ministry of Environment in Rome who directs the overall MPA program for Italy. The pilot project area includes both terrestrial and marine zones designated as protected for the conservation of species, habitats and biodiversity:

- Wetland of International Importance (Ramsar Convention) "Torre Guaceto" instituted by the Italian National Government in the year 1981;
- “Torre Guaceto” Marine Protected Area (MPA, 2 227 ha), instituted by the Italian National Government in 1991;
- “Torre Guaceto” State Natural Reserve (SNR, 1 120 ha), instituted by the Italian National Government in 2000;
- ZPS "Torre Guaceto" (545 has), Natura 2000 code IT9140008;
- SIC "Torre Guaceto e Macchia S. Giovanni" (318 ha), Natura 2000 code IT9140005.

All the protected areas have been instituted according to the HABITAT EC Directive, BIRD EC Directive as well as the NATURA 2000 project, the Berna Convention and the Barcelona Convention.



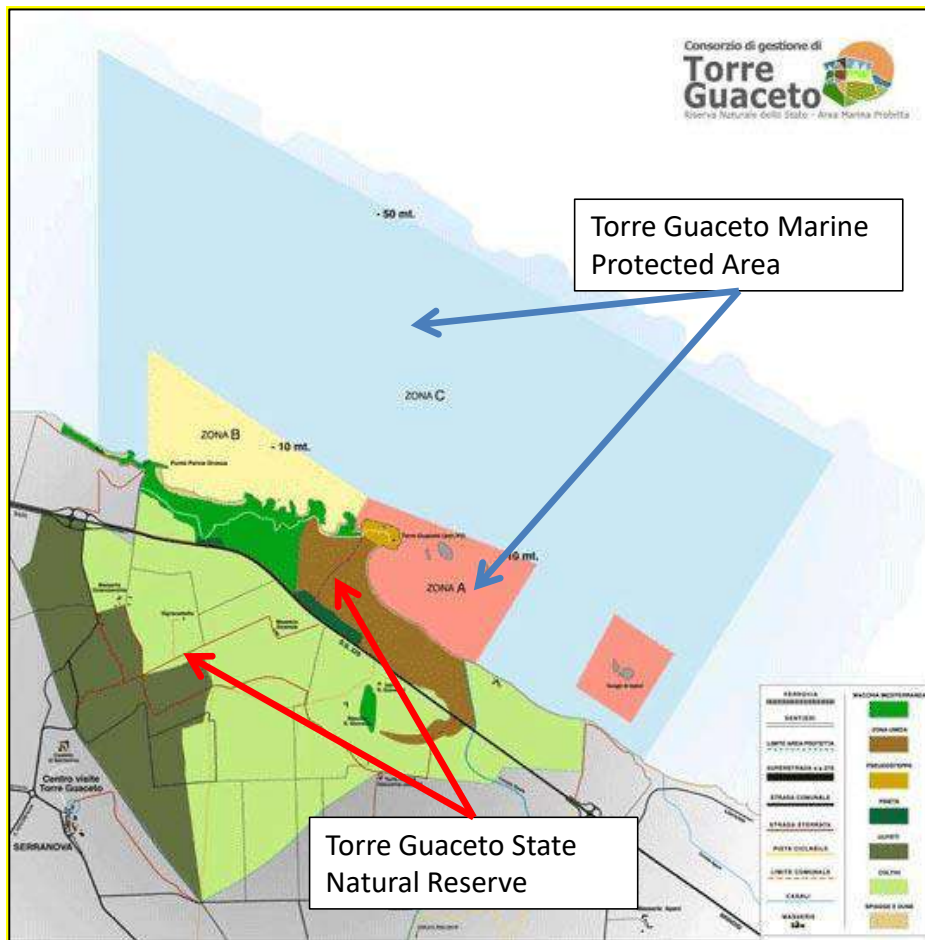


Figure 21. Marine Protected Area of Torre Guaceto and Torre Guaceto State Natural Reserve.

The major threats for the Case Study area are linked to human activities like illegal fishing, tourism, water discharges, etc. In zone C of the MPA, the small-scale fishermen living in the Municipalities of Brindisi and Carovigno practice their activity. The latter, in collaboration with the Park Authority, have drawn up sustainable fishing specifications in order to avoid negative impacts on the fish population. These specifications enabled to obtain greater fishing results with respect to those got in the marine areas outside the MPA, still preserving the richness of the fish fauna.

The use of maritime national properties and adjacent areas may induce impacts on natural resources such as: impact on aquatic populations deriving from the collection of coastal benthic organisms by visitors of the Reserve; impact on the abiotic compartment of the aquatic environment, etc. Non controlled discharges of undetermined organic and inorganic pollutants have impact on the soil compartment of the coastal zone. Marine pollution due to the stranding of solid inorganic reject and to the organic charge that are transported along the littoral from the northern Adriatic Sea and Albania due to winds and currents, causing their accumulation near the Promontory in the no-take zone.

Fig. 22 shows the results of the Interreg Project SHAPE (Shaping an Holistic Approach to Protect the Adriatic Environment between coast and sea), where the results of a multivariate and cumulative analysis of Driver and Pressure like population density, soil used for agriculture, population density, fishing fleet, presence of allochthonous species, etc., were analysed. Among all considered areas, the case study site is one of those with the lowest Driver/Pressure cumulative values.

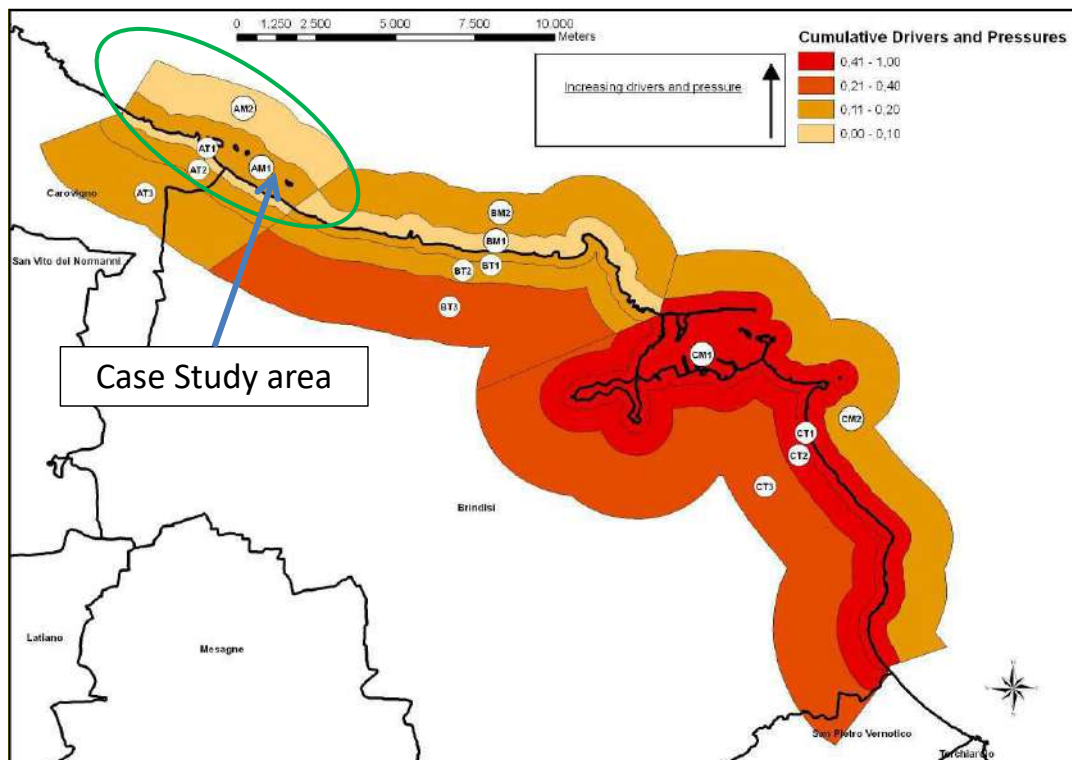


Figure 22. Map of the Driver-Pressure cumulative values in the 15 sectors of the study area. In the green oval the Case Study Area, the Marine Protected Area of Torre Guaceto.

Among the specific aquatic pressure, Figure 23 and Figure 24 show respectively the pressure due to small-scale fishery and the spatial distribution of vessels in the study area during the year 2012 (data source: Marine Traffic.com).

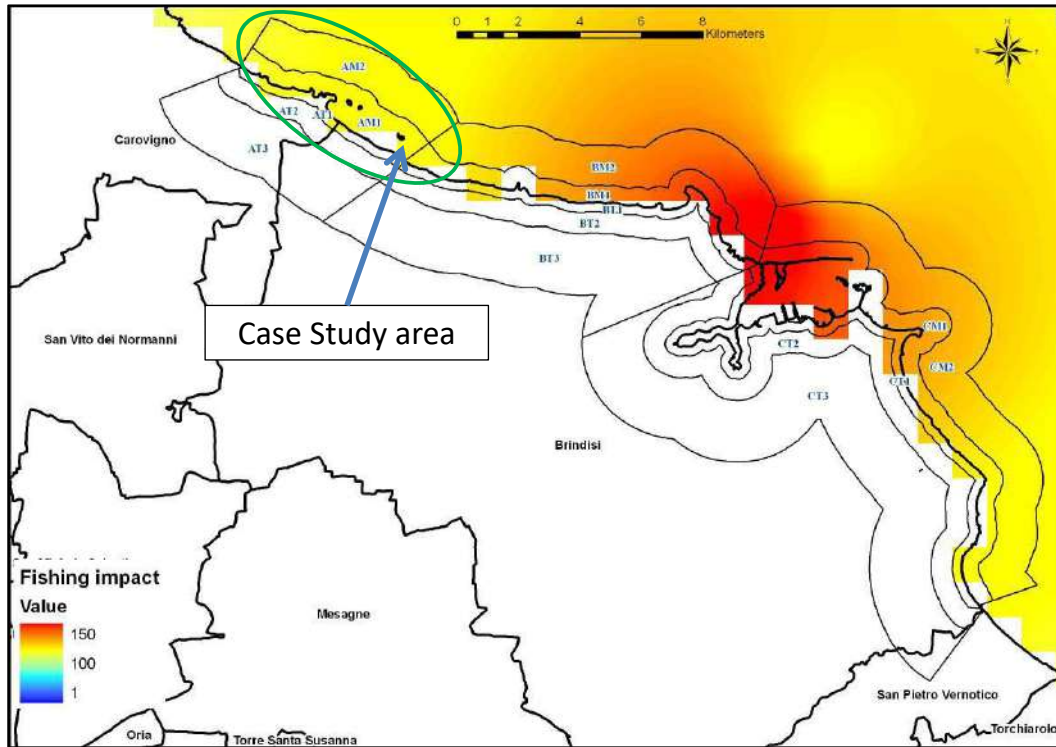


Figure 23. Distribution probability of the small scale fishery pressure in the study area.

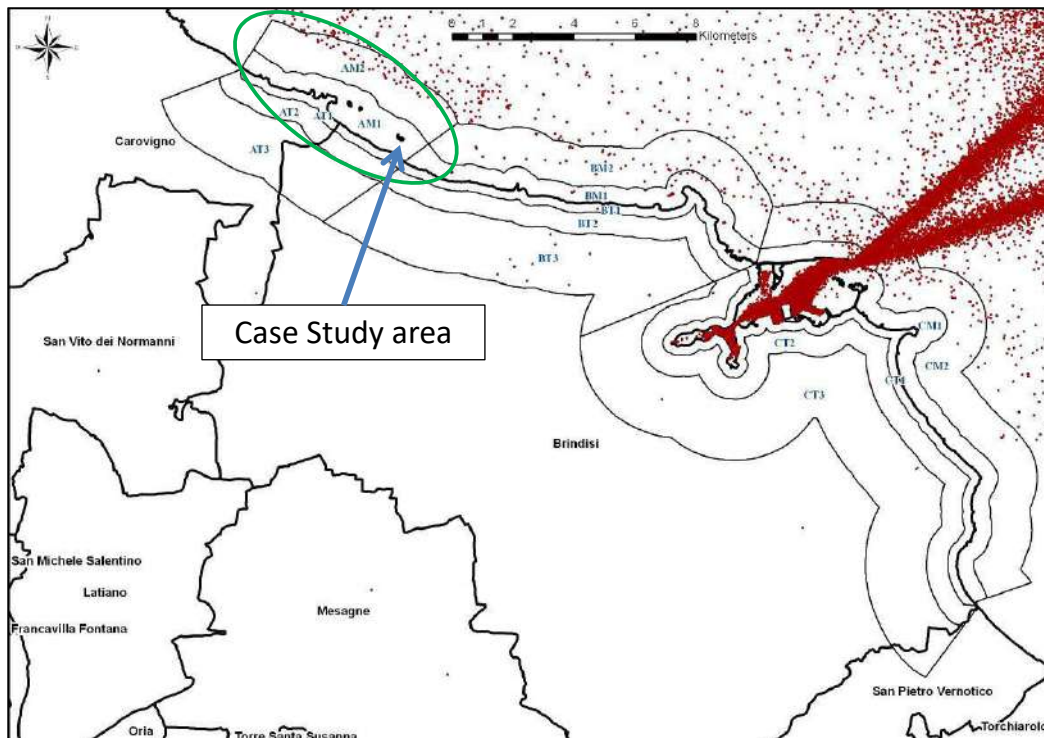


Figure 24. Distribution of vessels in the study area during the year 2012. (data source: Marine Traffic.com)

#### 4.4.4 Description of the potential activities

In the Case Study area, based on the previous available information as well as on the results of the environmental monitoring which will be implemented within the ADRIREEF project and could highlight the naturalistic peculiarities of the area, activities aimed to the sustainable exploitation of the natural reef might be implemented, according to the rules of the MPA. The potential activities to be implemented are:

1. Create underwater paths for divers. Currently, no underwater recreational activities take place in the MPA, however these activities can represent an accelerator for the local economy, given the high number of tourists who frequent the site. Being the MPA a biodiversity hotspot, the possibility of performing recreational diving could increase the number of tourists.
2. Create activities of citizen sciences, in order to involve divers in the collection of sensitive data on the species of interest. In this way an increase in scientific information would be obtained through the involvement of the large public.
3. Implementation of an underwater laboratory for Universities and Research Centre where they can conduct experiments, environmental monitoring practices (University of Bari - Biology Department, University of Salento - Department of Biological and Environmental Science), and test new opportunities for eco-sustainable tourism (University of Salento, Department of Economic Science).

#### 4.4.5 Relevant stakeholders

The relevant stakeholders performing and/or managing current and future activities in the area belong to different categories. First of all there are the Public authorities, since the Case Study area is a Marine Protected Area aimed to the environmental protection of the marine habitats. Among these, the Regional Department of Tourism will play an important role for directing the tourist flow, while the Regional Department of Environment can provide useful directions and develop administrative measures for the sustainable use of natural resources. The Universities and the Research Centre (University of Bari - Biology Department, University of Salento - Department of Biological and Environmental Science; University of Salento, Department of Economic Science) could be involved in the new activities. Among the Small-Medium Enterprises (SMEs), diving associations and craft rental companies will be involved to collaborate with the above-mentioned public bodies for creating an integrated tourist offer.

## 4.5. Trezza San Pietro

### 4.5.1 General Data

CASE STUDY NAME	Trezza San Pietro
PP RESPONSIBLE	OGS, Trieste – PP07
TYPE OF REEF	Natural Reef
REEF CATEGORY	Patch reef (sand bottom with small reef structures protruding from the sediment)

### 4.5.2 Geographical location, physical and ecological features

The Natural reef (NR) is located 8.7 km from the coast, offshore Grado harbour (northern Adriatic Sea), facing the coastal plain shaped by the Isonzo river at East and the Grado and Marano Lagoons at the West (Fig. 25). The area is mainly exposed to SE and NE winds and receives nutrient-rich fresh water input from the Isonzo and Tagliamento rivers. The NR is located at a bottom depth between 15 m and 16 m, with a reef edge of 0.2-0.9 m.

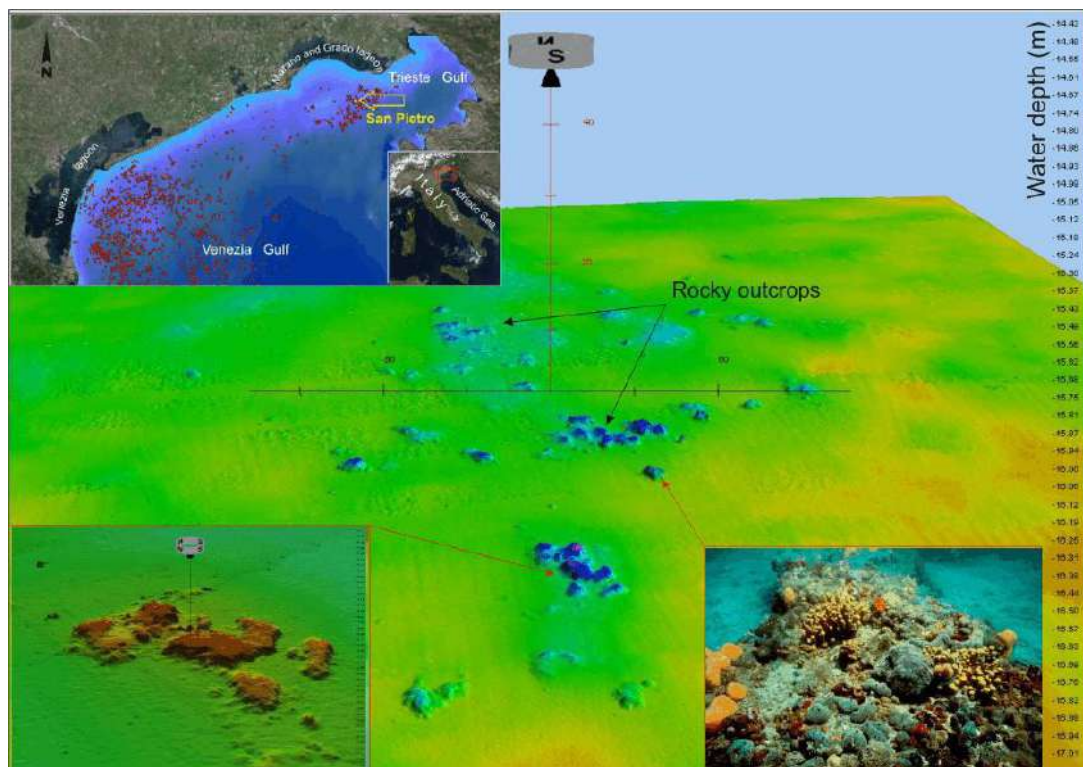


Figure 25. Map of the natural reef and 3D representation of the Multibeam relief realized at the rocky outcrop called "trezza di San Pietro". (from: Gordini, 2010)

It covers an area of about 9,850 m<sup>2</sup>, comprising small reef structures protruding from the sediment (patch reef). The surrounding sediments are mainly detritic and sandy.

The site that has been chosen as representative of a vast series of rocky outcrops extending all over the northern Adriatic, approximately from offshore Grado to the offshore area of the Po river delta. Similar structures have also been documented offshore the western coast of Istrian peninsula. From recent investigations about 250 outcrops have been identified only in the Gulf of Trieste, between Punta Sdobba and Punta Tagliamento; the most widespread range of these outcrops is on the seabed in front of the lagoons of Grado and Marano at a distance from the coastline between 2 km and 17 km, and a depth varying between 8.3 and 21.5 m. These rocky outcrops are locally known as *trezze* in Friuli Venezia Giulia, *tegnùe* in Veneto and *bromboli* in the Istrian region. They extend from a few to several hundred meters and are characterized by different substrata (clastic sedimentary, sedimentary sediments, organogenic). Their origin has not yet been completely clarified, since not all of them can be assimilated to bioconstructions, and in some cases they are constituted by slabs deriving from the cementation of sand or rocks by methane gas. The calcareous concretions are attributable to Corallinaceous algae and secondly to Briozoans, Molluscs (especially *Arca noae* and *Chama gryphoides*), Anthozoans (*C. caespitosa*) and Serpulid polychaeths.

The rocky outcrops called *trezze* represent authentic natural reserves for the reproduction and settlement both of sessile organisms, which live firmly anchored to the substrate, and of organisms that need shelter. They are also favorable environments for the reproduction and development of juvenile stages of many fish species. Thanks to the cavities and interstices present, these sites enhance a significant increase in marine environmental biodiversity. Taken together, these environments host benthic populations recognized as *coralligenous platform*, but the large variability of conditions and ecological gradients that are observed makes it difficult to adopt a unique classification.

The *trezze* environment, of high environmental, ecological and productive value, gained the attention of the scientific world as well as of numerous categories of stakeholders, since these are sites much sought by divers and fishermen. Nevertheless, this kind of environment is extremely delicate and vulnerable: the same hard substrate is fragile due to its calcareous and porous nature. Indiscriminate anchoring, unsuitable trawl fishing gears and even the passage of unruly divers can cause serious damage both to the sessile species and to the substratum itself. The anchoring bans, fishing with selective and non-impacting tools, the creation of underwater routes and the spread of a greater culture of respect are the tools to be adopted to protect these areas, a great reservoir of biodiversity in order to respond to the threat of environmental degradation and reduction of common natural ecosystems. The protection and conservation measures must also take into account the strong anthropic pressures attributable to some types of fishing (in particular hydraulic dredging for the harvesting of edible bivalve molluscs) and to the quality of the water column, which is affected by the waters coming from the Isonzo and Tagliamento rivers and from the neighboring lagoons of Grado and Marano.

### 4.5.3 Assessment of *status quo*

Friuli Venezia Giulia is a region in the extreme North-East of Italy, extending on a surface of 7,845 km<sup>2</sup>, that overlooks the Adriatic Sea and borders with Austria and Slovenia. The region has a special statute and hosts 1,230,000 inhabitants.

The region offers a widely diversified natural environment, ranging from Dolomites and Carnic Alps to the Grado and Marano Lagoons. To the West of Isonzo river the coast is low and sandy with large lagoons (where Grado and Lignano Sabbiadoro represent famous seaside resorts), while to the East of the river the coast is rocky up to the border with Slovenia. The provinces of Gorizia and Trieste include a portion of the Karst, characterized by significant geological phenomena such as sinkholes, numerous caves and underground rivers such as the Timavo.

This region is a border land, where at least four different languages are traditionally spoken (Italian, Friulian, German and Slovenian) and where even more cultural traditions can be found. This is due to the fact that the region was a place of passage where different ethnic groups met

between the Alps and the sea, between Eastern Europe and the West, creating an unparalleled cultural panorama. The remarkable historical events have left a great wealth of remains, which range from pre-roman fortifications, to the roman harbor of Aquileia, to the over three hundred medieval fortifications scattered throughout the territory, to the remains of the First World War. Friuli Venezia Giulia counts 2 National Reserves, 2 Regional Parks, 12 Regional Reserves, 1 Marine Protected Area and more than 16 protected biotopes.

Both the surrounding natural and the cultural environment act as a unique pooling factor for tourism. The seaside tourism is very well developed, with an ancient tradition, offering a wide range of accommodations, sea-related facilities (diving, beach resorts) and equipped marinas from which it is possible to book boat trips or to rent recreational crafts. However, at the moment it seems that the tourism scarcely interacts directly with the NR environment by reason of scarce information and promotion of the reefs as diving sites. Other commercial maritime activities largely interacting with the NR are recreational and professional fishing carried out in the area by the resident people. The main professional fishing activities include harvesting the smooth clam *Callista chione* with hydraulic dredges and artisanal fishing with a wide variety of set nets.

From the administrative point of view, in 2012 the NR site was proposed by the Council Resolution 1623, pursuant to Regional Law 7/2008, art. 7, as the new site of community importance it3330009 "Trezze San Pietro e Bardelli" (Figure 26).

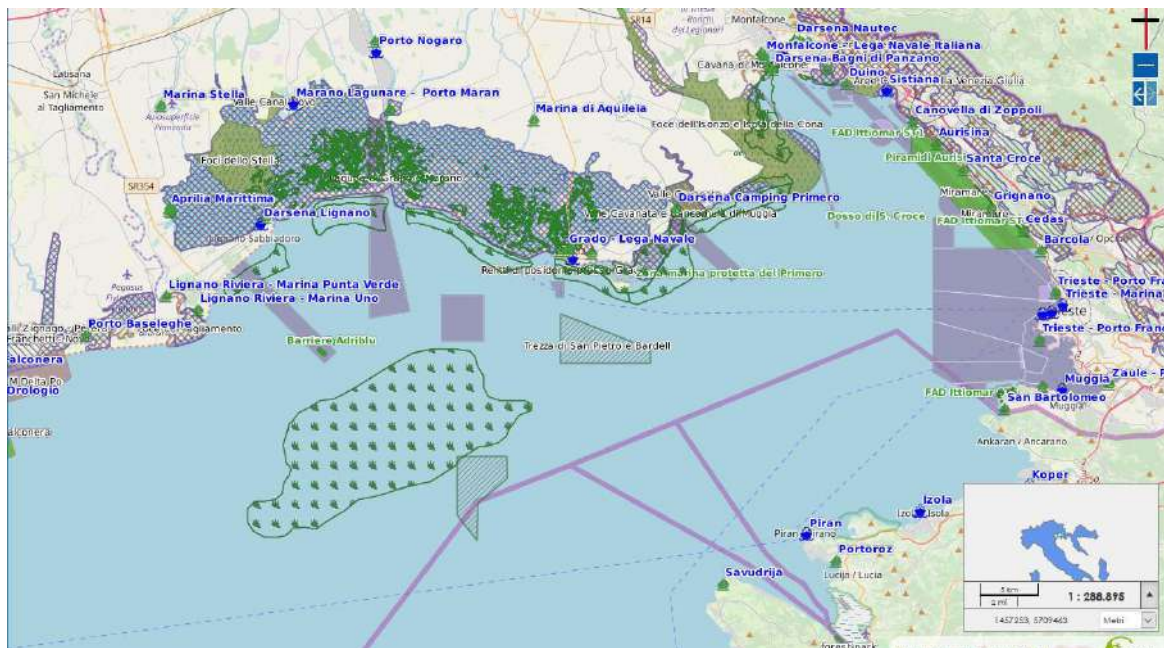


Figure 26. Map of the natural reef "Trezza di San Pietro" showing socio-economic features of the countryside: harbours, seagrass meadows, restocking zone (written with green characters), protected areas (areas indicated with green lines at sea and purple squares at lagoons and on the continent), regulated areas (grey areas, mainly regulated for maritime traffic). (from: <http://lizmap.arpa.fvg.it/index.php/view/map/?repository=europrojects&project=ecosea>)



Nevertheless, it was necessary to await the European Commission Decision 2015/69/EU of 03.12.2014 which ratified the inclusion of the site in the list of SCI of the continental biogeographical region. The process that has been virtuously since 2015, however, has not come to an end and the SIC is part of the Natura 2000 Network but is not currently equipped with specific measures.

Actually, the major threaten for the reef is the fishing pressure exerted by trawling gears which could heavily deteriorate the reef and its sensitive habitat. The deterioration of the NR, in turn, may play an important role in the decrease of fish and other resource abundances.

Considering the discontinuity of information on the structural and ecological status of the “Trezza San Pietro”, it is crucial to establish a monitoring plan for assessing the current status in the optic of an increased sustainable usage of this kind of reefs within the contexts outlined above.

#### 4.5.4 Description of the potential activities

The efforts for a correct and updated description of the site are justified by the potential to develop underwater tourism. The considered site is only an example of the numerous sites of similar nature found in the waters of the northern Adriatic Sea. This means that the tourist package for divers designed for the “San Pietro” site could be replicated on other sites. The underwater tourism can act as a driving force for the development of related activities such as boating, hotel offers, centers for sales and rental of diving equipment. Nevertheless, any kind of economic development and use of the natural reefs should take account of the fishing activities occurring on the same sites. The different economic activities should be managed in order not to compete but, rather, to reinforce each other. As example, fishermen could be involved to craft the divers on the sites or to offer a “double package”: diving and fishing touring. The direct involvement of the fishing sector would make it possible to lighten the fishing effort on these natural sites without damaging the fishermen' income. Another positive aspect could be the increase of fishermen' conscience and sense of responsibility inducing them to become a sort of guardians of the sites. In this framework the natural reefs could become a virtuous example of Blue Economy.

#### 4.5.5 Relevant stakeholders

Implementable activities in the CS fall into different legal contexts but have like common ground the involvement of a number of stakeholders linked to the use of state-owned maritime properties and to maritime safety. Such bodies are the Port Authority of the Northern Adriatic Sea, the local Coastguard offices and the Friuli Venezia Giulia Regional office “Direzione centrale risorse agroalimentari, forestali e ittiche. Servizio biodiversità”.

In addition, it is possible to individuate two groups of stakeholders. The first group is linked with tourism (diving and recreational fishing). In this case, Friuli Venezia Giulia Region - Direzione

centrale attività produttive - Servizio Turismo, Municipality of Grado - Tourism Office, Municipality of Marano Lagunare - Tourism Office, Municipality of Lignano Sabbiadoro - Tourism Office, and the non-profit association “Progetto-Trezza-Lignano-Sabbiadoro” can play an important role to direct the tourist flow. In addition, diving associations and companies involved in craft rental can be engaged for the dissemination of data and can collaborate with above-mentioned public bodies for creating an integrated touristic offer.

The second group regards the professional fishing activities (artisanal fishing and mollusc harvesting). In this context, Friuli Venezia Giulia Region - Direzione centrale risorse agroalimentari, forestali e ittiche. Servizio caccia e risorse ittiche, and fishermen associations will be engaged to create a common framework for the reef resources exploitation. Considering that, the establishment of a management exploitation plan would be needed in case the area would result suitable for implementing such activities, the collaboration among stakeholders is crucial to maximize their compliance, assure an optimal distribution of fishing permissions and minimize the possibilities of illegal catches or fishing attitudes which are dangerous for the environment.

## 4.6. Plić Seget

### 4.6.1 General Data

CASE STUDY NAME	Plić Seget
PP RESPONSIBLE	Institut Ruđer Bošković – PP09
TYPE OF REEF	Natural reef
REEF CATEGORY	Patch reef

### 4.6.2 Geographical location, physical and ecological features

“Plić” in Croatian language means “shallow” and refers to an underwater isolated structure, which extends up to shallow water, surrounded by deeper sea.

Plić Seget is a natural reef located 1.5 nm from the coast of Vis island, in the central Adriatic Sea, at 10.8 m depth (Figs. 27-28). The closest urban centre is the city of Komiža, 3.5 nm away. The nearest continental land (Vinišće near Trogir) is 24.4 nm far; for this reason, according to local standards, Vis is classified as outer or pelagic island (together with islands Biševo, Sveti Andrija, Brusnik, Jabuka, Ravnik, Budikovac, Galiola, Palagruža etc.). The area is only exposed to N-NW-W winds.

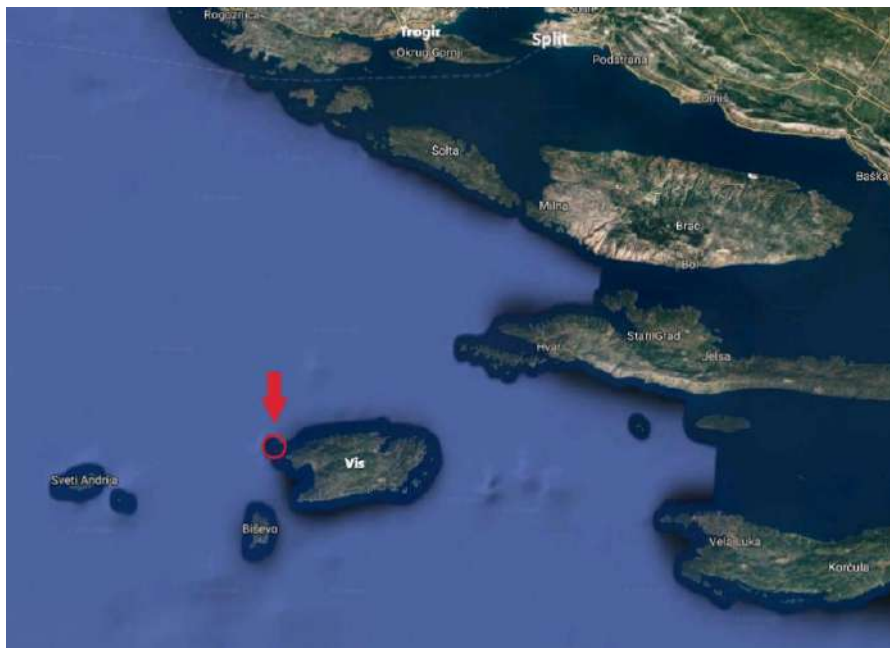


Figure 27. Vis island and the Location of the reef.

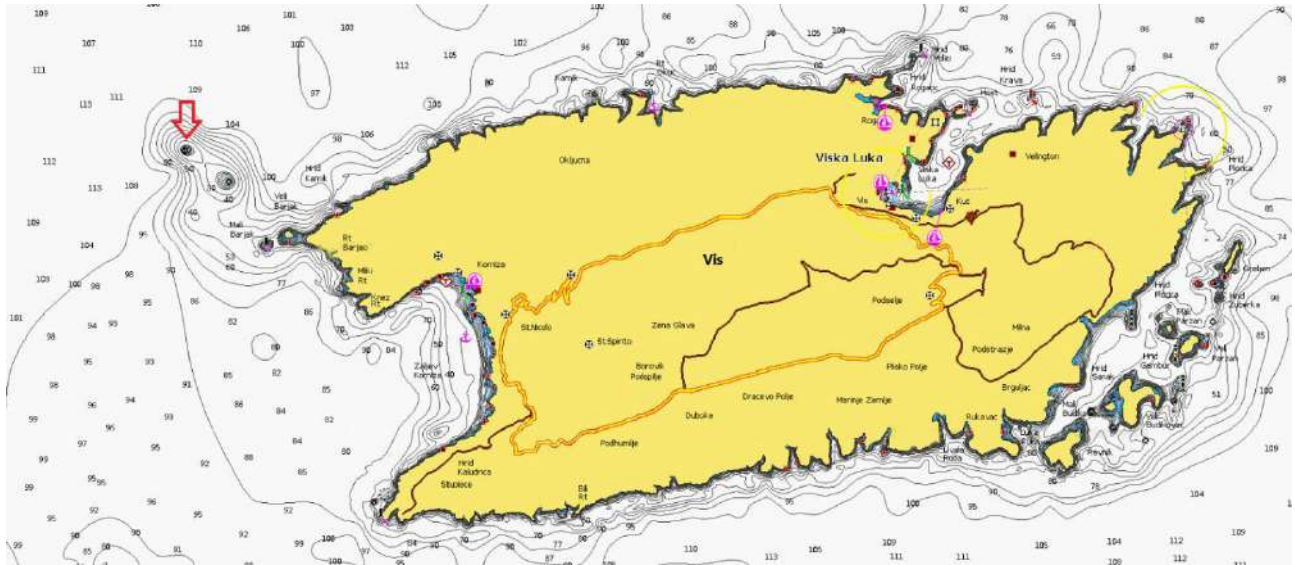


Figure 28. Case study location.

Plić Seget belongs to the Geopark Vis archipelago, a member of UNESCO's Global Geoparks Network. This area is geologically between the most attractive of the basin being composed of old and young rock formations, including volcanic rocks, which are unique in the Adriatic sea. Plić Seget is one of those submarine volcanoes. It represents a series of interconnected reefs built from eruptive rock that goes down from 10.8 m, with a great slope, reaching a first flatbed placed at about 30 m, and going down again up to over 100 m depth.

The flora and fauna of the reef have been not officially studied, but 181 macroalgae families, 2 seagrass species, 269 invertebrate's species, 347 of phytoplankton and 100 zooplankton families have been recorded in the waters of nearby Vis islands and Biševo. In the wider area of the Vis archipelago 114 fish species have been recorded, and 1,017 is the total of the registered families. On the seabed of Vis archipelago, where there are limited visibility and strong currents (such as Plić Seget), a heterogenous coralligenous biocenosis has developed, with gorgonians, stony corals, bryozoans, lobsters, starfish and other numerous organisms ([https://issuu.com/undphr/docs/morska\\_bioraznolikost](https://issuu.com/undphr/docs/morska_bioraznolikost)).

In this part of the Adriatic sea many megafauna species are even recorded: fin whale (*Balaenoptera physalus*), Cuvier's beaked whale (*Ziphius cavirostris*), Risso's dolphin (*Grampus griseus*), striped dolphin (*Stenella coeruleoalba*), common dolphin (*Delphinus delphis*), sperm whale (*Physeter macrocephalus*; rare visitor). Other megafauna recorded in the area includes giant devil ray (*Mobula mobular*), blue-fin tuna (*Thunnus thynnus*), swordfish (*Xiphias gladius*), monk seal (*Monachus monachus*) and the great white shark (*Carcharodon carcharias*) (<https://www.blue-world.org/what-we-do/where-we-operate/vis-archipelago/>). One of the most characteristic marine mammal species inhabiting the archipelago is the bottlenose dolphin. The bottlenose dolphin population size estimates report a minimum of 250 mature adults, and due to newborns

and calves frequently seen, the Vis archipelago is considered to be their breeding area (<http://www.blue-world.org/conservation/species/cetaceans/>).

The archipelago of Vis is also recognized as an important bird area, especially for marine birds like yellow shearwater (*Puffinus yelkouan*), Scopoli's shearwater (*Calonectris diomedea*), and European shag (*Phalacrocorax aristotelis*), which use these waters as feeding ground.

Natural structures like the Blue cave and the Monk Seal cave on Biševo island, the Green cave and the Stiniva beach (which was voted for the most beautiful European beach in 2016, on web portal "European Best Destinations") on Vis island contribute to enhance the area as a very attractive and unique destination.

Vis is considered to be the oldest city both in Croatia and in the eastern Adriatic coast. Ancient Vis, named "Polis Issa", is considered to be founded in 397 B.C. by Syracuse Greeks under the leadership of Dionysius. A lot of different successive cultures occurred along history: Illyrians, Greeks, Romans, Venetians, French (Napoleon) and Austro-Hungarians. This cultural heritage and the contemporary history after World War II are particularly fascinating for tourists.

Komiža city has a long sailing and fishing tradition and is famous for its "gajeta falkuša". This is a traditional Dalmatian fishing sailboat made of wood; it is the symbol of a thousand-year fishermen tradition not only in Komiža, but of the Croatian maritime heritage. In fact, the Ministry of Culture of the Republic of Croatia has protected the "gajeta falkuša" as an Intangible heritage of national cultural property. Its design was adapted to specific needs of Komiža fishermen, who went to long fishing expeditions in the open seas, providing them sailing speed and practical characteristics for fish transport. It was designed also for sailing to the distant island of Palagruža, known as the oldest off-shore regatta in Mediterranean (<https://alternatura.hr/activities/sailing-gajeta-falkusa>).

Komiža had a rising fishing industry in early 16th century and was known to export large quantities of salted fish to Venice. After the foundation of the first Adriatic canning factory in 1870 (39 years before the beginning of industrial fish processing in the United States), this fishing town became, in a short while, the centre of fishing industry in Dalmatia. Komiža's fishermen also spread their businesses beyond the Adriatic Sea – they started fish processing facilities on the Atlantic coast, near Cape Finisterre in Galicia (Spain).

There are around twenty locations with sunken sailing ships, warships, submarines and planes, which make the area the most attractive in this part of the Adriatic Sea for diving tourism.

#### 4.6.3 Assessment of *status quo*

Plić Seget is included in the area HR3000469 Vis archipelago of the ecological network Natura 2000, which is important for preserving common bottlenose dolphin (*Tursiops truncatus*). At the

distance of 1.5 nm there is the island Vis, whose underwater area is designated as a part of the NATURA 2000 ecological network (Fig. 29), under the code HR3000097. The ecological network is managed by the Public Institution Sea and Karst of the Split-Dalmatia County with headquarters in Split. The wider marine area of the island Vis, including the Plić Seget reef, is covered by the scope of the Vis Archipelago Geopark which belongs to the UNESCO Global Geoparks Network.

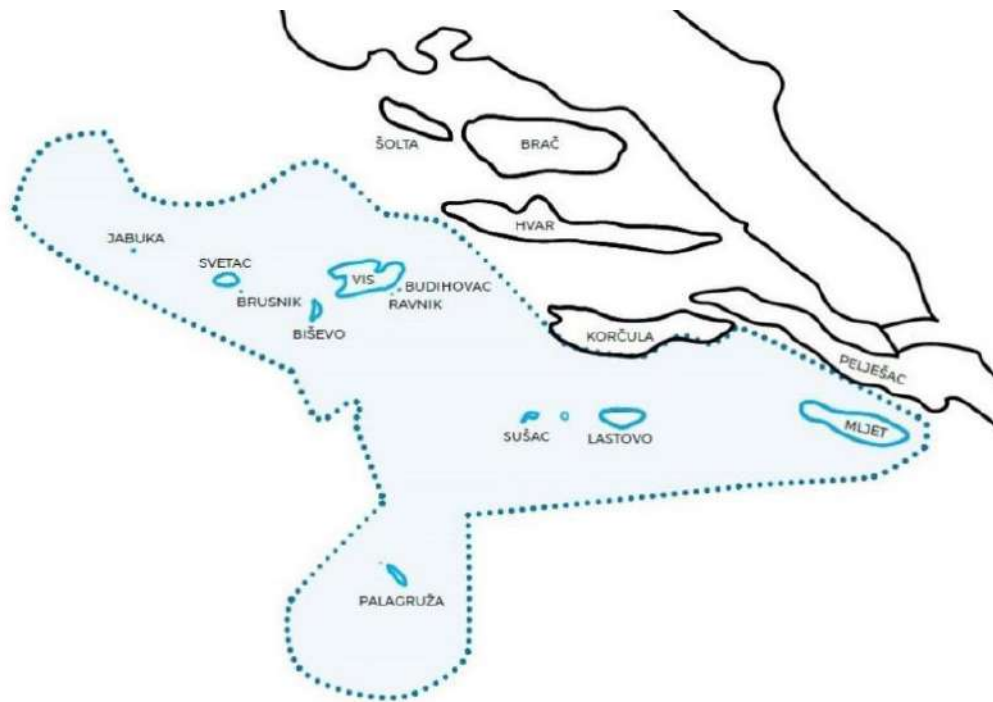


Figure 29. Natura 2000 network (Source: <https://geopark-vis.com/en/heritage/naturale-heritage/natura-2000>)

In 2003 the international ecological organization World Wildlife Fund (WWF) has declared Vis archipelago as “one of the 10 last paradise oases of the Mediterranean”, including it, together with the islands Mljet and Lastovo, in the “Adriatic Blue Corridor“, based on scientific research which revealed that this maritime zone has the largest biodiversity in the Mediterranean basin.

In the Tourism Development Master Plan of Split-Dalmatia County the island of Vis is recognized as an area of top quality natural, cultural and historical resource-attractiveness. The primary tourist products of the island are identified as the sun and sea, yachting, scuba diving and hiking.

Plić Seget is known as a rich fishing spot, where fishing occurs through the whole year around (recreational and professional, with various fishing techniques). In 2018 3 activities with 60 employees were registered in fishing industry in the area of Komiža and, according to the craft register, there were 6 crafts with fishing as a predominant activity. The number of licenses issued on the island of Vis is constant. Regarding the use of fishing gears, it should be noted that the reef Plić Seget is located along the edge of the coastal zone where the Spatial plan restricts the use of the gill-nets “psara” (for cartilaginous fishes) and “prostica” (for bottom and pelagic species). Two

fishermen are also registered for fishing tourism in Komiža, and one more in Vis, all equipped with a registered small-scale fishing gear.

According to the Register for the Cultivation of Fish and Other Marine Organisms, in the wider area of influence there are no issued aquaculture concessions nor locations for farming are planned by the Spatial plan.

There are 5 dive centres on the Island Vis: 3 in Komiža and 2 in the town Vis. Plić Seget is being promoted as an attractive scuba dive location on the websites of three dive centres. It is mainly visited during June, July and August, however, sporadically (approx. once per month), as it is considered *“extremely demanding for diving due to strong currents, constant sea traffic and rapid weather changes, which is why it is recommended only to well-trained and prepared dive teams”* (<https://diving-croatia.hr/diving-locations-komiza-vis/seget-reef+pers.com>). In general, the area surrounding Vis island is one of the frequently listed among “top locations” for diving in Europe. It is especially famous for its walls, caves and numerous wrecks, interesting for different levels – from beginners to experienced divers. Due to numerous attractive dive sites in closer proximity to the island, also available to mid- and beginner levels, Plić Seget is not frequently visited. Also, experienced divers usually come to dive on wrecks and are taken to the walls and caves closer to the island.

The island Vis is connected to Split by boat and catamaran lines. According to the [marinetraffic.com](http://marinetraffic.com) webpage, average shipping traffic in the area is of moderate intensity.

In the immediate impact zone of Plić Seget reef, berth facilities for nautical tourism refer mostly to the city of Komiža, while only one smaller anchorage is located in the city of Vis (Table 6), and all other capacities are placed within the port open for public transport.

No.	City/ Municipality	Location	Type	Name	Capacity
1.	Komiža	Zaliv Komiža	Nautical anchorage	NS Komiža, Lučica	20 buoys
2.	Komiža	Zaliv Komiža	Nautical anchorage	NS Komiža, Jastožera	8 buoys
3.	Komiža	Zaliv Komiža	Nautical anchorage	NS Komiža, Pol Guspu	40 buoys
4.	Komiža	Mezuporat Biševo	Nautical anchorage	NS Uvala Mezuporat	20 buoys
5.	Vis	Uvala Stončica	Nautical anchorage	NS Uvala Stončica	6 buoys

Table 6. Number of buoys and berths in the immediate zone of impact on reefs Plić Seget

According to the data of the Komiža Tourist Board, since 2016 tourist arrivals have constantly increased, while the trend of overnight stays is variable. At the same time the city of Vis has seen a continuous increase in both arrivals and overnight stays.

Threats, pressures and activities with possible impacts on the site are: disposal of household/recreational facility waste, fishing, illegal taking/removal of marine fauna, scuba diving, garbage and solid waste, invasive non-native species, temperature changes (i.e. rise of temperature & extremes), noise pollution.

There is no specific monitoring programme of the Plić Seget reef in place.

#### 4.6.4 Description of the potential activities

Regarding potential commercial activities and following the Blue Economy principles and project objectives, the reef may be exploited in many different ways and undoubtedly can contribute to the development of economic activities in the area. As for the majority of coral reefs the potential activities are connected to tourism, specifically diving activities, and possible recreational fishing. Tourist activities could be also linked with boat excursion and history spots description.

It could also be a location of an interest for geological and biological studies, as it is one of rare volcanic formations in the Adriatic.

Implementation of touristic activities can act as a driving force for the development of related activities such as boating, hotel offers, centers for sales and rental of diving and fishing equipment.

However, an increased tourism could lead to a higher environmental impact, hence it is crucial to establish a monitoring plan for assessing the current status of the site in the optic of an increased sustainable usage of the reef within the context outlined above.

#### 4.6.5 Relevant stakeholders

Currently the activities related to the reef are mainly managed by the local diving centres. However, other stakeholders could be interested such as: Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode na području Splitsko-dalmatinske županije More i krš; Turistička zajednica Grada Komiže; Turistička zajednica Grada Visa; Turistička zajednica SDŽ; Hrvatski ronilački savez; Split Dalmatia County -department for Tourism and Maritime affairs; Ministry of Tourism RH; Ministry of environmental protection and energy; Grad Vis.

The most important for sure are: Grad Vis and Komiža and the Turistička zajednica Grada Komiže; Turistička zajednica Grada Visa for the development of the touristic activities. The Harbor Master's Office is responsible for the safety around the reef as well as the safety of navigation. Research activities would be realized in cooperation with different Institutes and Universities.



## 4.7. Plićina Konjsko

### 4.7.1 General Data

CASE STUDY NAME	Plićina Konjsko
PP RESPONSIBLE	University of Rijeka, Faculty Of Maritime Studies - PP10
TYPE OF REEF	Natural reef
REEF CATEGORY	Low profile reef (the reef protrudes less than 20 meters from the base substratum)

### 4.7.2 Geographical location, physical and ecological features

The Natural reef (NR) Plićina Konjsko is located in the northern part of the Adriatic Sea close to the north-eastern shore of Krk island on the western side of Vinodolski Kanal, 2.4 km offshore from Crikvenica and about 150 m from the shoreline (Fig. 30). Reef Konjsko, with a depth of 5.8 m, lies between Rt Konjska and Rt Šilo, about 8 km SE of the Rt Šilo (Fig. 31). This point is the termination of a narrow and low tongue of land which projects from the eastern side of Otok Krk, area exposed only to North winds.

Plićina Konjsko is a shoal that drops with a vertical wall to the bottom from the depth of 7 to 18 m, 200 m from the mainland (Rt Šilo). The area is extremely shallow, and in the wider area it does not exceed 18 m. The wall is solidly covered with typical coralligenous communities. Further from the reef, a sedimentary bottom is spread, with a typical detritus biocenosis. There is no flow and the visibility is really clear.



Figure 30. Location of the “Konjska” reef. (Source: <http://www.bioportal.hr/gis/>)

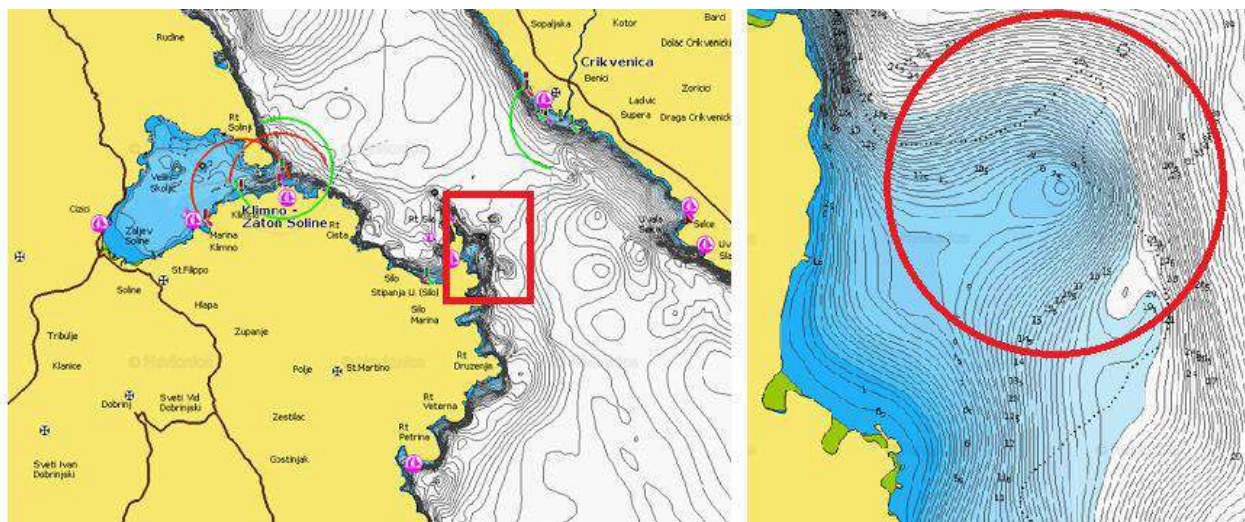


Figure 31. Location and bathymetry of the “Konjska” reef. (Source: <https://webapp.navionics.com/>)

### 4.7.3 Assessment of *status quo*

Near the Plićina Konjsko there are three areas of the Natura 2000 ecological network. The area is significant for the preservation of habitats and species HR2001357 Otok Krk, which covers almost the entire island of Krk (mainland), and HR3000029 Obala između rta Šilo i Vodotoč (the eastern end of the area ends in the Dobrinj municipality), whose aim is to protect the sandy bottoms permanently covered by sea and reefs. Also, Plićina is partially included in the area of importance

for bird conservation HR1000033 Kvarnerski otoci, whose aim is to preserve 40 species of birds, among which griffon vulture and Mediterranean shag. In this area, it is planned to set up a monitoring of the populations of griffon vulture. The mentioned ecological network areas are managed by the public institution Nature of the Primorsko-goranska County, based in Rijeka.

The nearest place to the location of the reef is Šilo. Šilo is dominantly a small tourist town located on the north-eastern part of Krk island, in front of the Crikvenica Riviera (26 km from the Krk bridge). Although Šilo is today the tourist center of the area Dobrinj on island of Krk, it used to be a fishermen' and seamen' village. Except for the fact that it boasts the longest tradition in tourism in this region, the tourist center of Dobrinj area is significant on a wider historical scale as well. Crikvenica is a town with a hundred-year-old tourist tradition. It is located in the Kvarner bay, the most beautiful part of the Croatian littoral. The entire town is actually a Riviera with a series of almost connected urban places.

The impact zone refers mainly to the coastal area of the Vinodolski canal, within a radius of about 15 km, which includes the cities of Crikvenica, Novi Vinodolski, Omišalj, Vrbnik and Dobrinj. The entire area of the Vinodolski kanal, and in particular the Crikvenica-Vinodol Riviera, is clearly intended for the intensive development of high-standard tourist facilities (Figure 32).

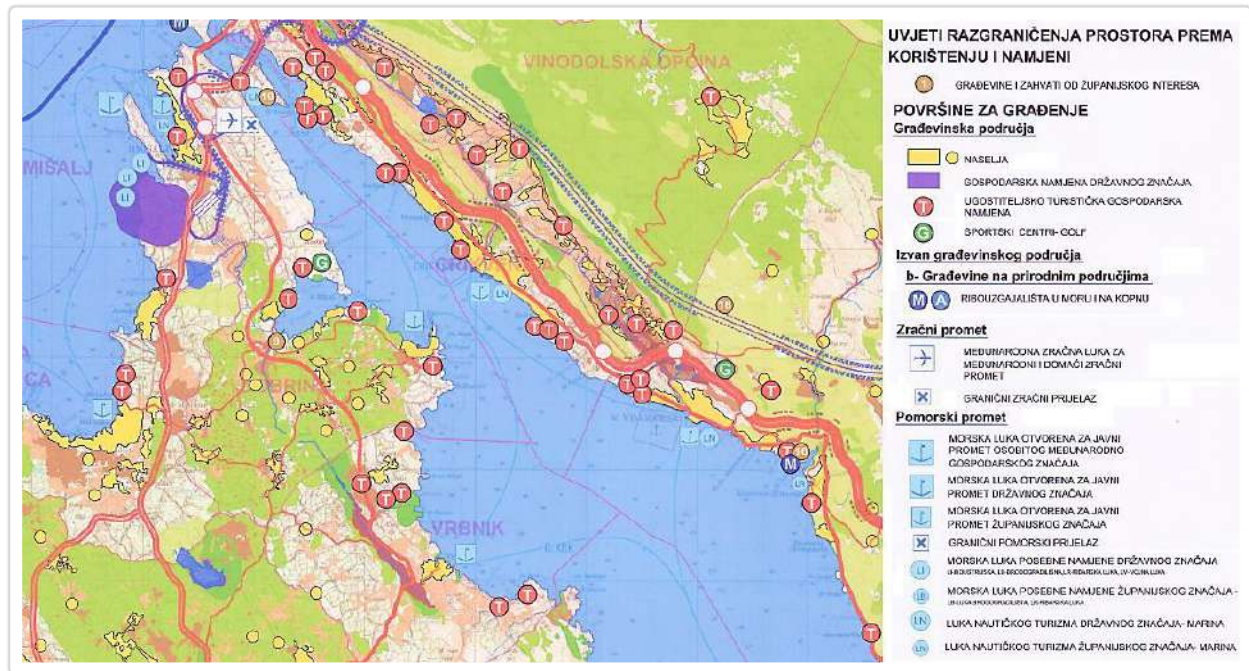


Figure 32. Layout of tourist zones and other purposes in relation to the Plićina Konjsko (Source: clips from CR 1. Land use of SP PGC and SP of Dobrinj municipality).

The site of the reef is located outside commercial waterway areas and marine traffic is of low density (Figure 33).

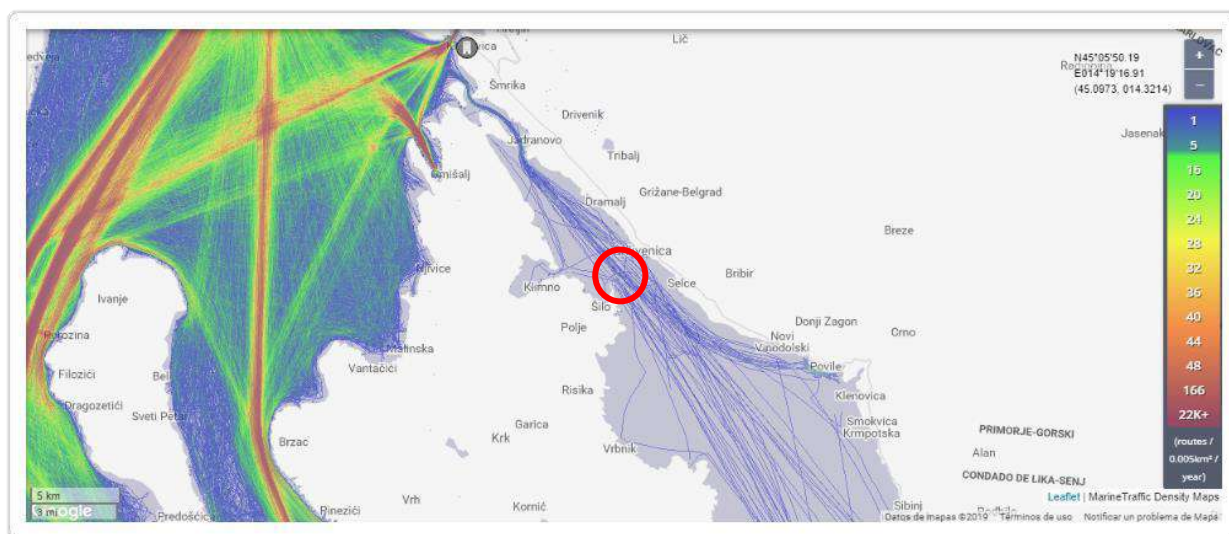


Figure 33. Maritime traffic density map of the wider impact zone on Plićina Konjsko (source: <https://www.marinetraffic.com>).

The reef is already subject to exploitation by SMEs offering recreational diving (Figure 34) and local tourism, however those activities are not intensive and are limited to the summer season. Actually, the major threatens for the reef are recreational diving and local tourism pressure occurring within the reef perimeter and in the surrounding area. Eight diving centers are located within 20 Km from Plićina Konjsko: two in Šilo, two in Crikvenica, and one each in Vrbnik, Selce, Novi Vinodolski and Kostrena.



Figure 34. Diving locations of diving centers at Crikvenica (Source: [http://www.divecity.net/html/eng/dive\\_sites.htm](http://www.divecity.net/html/eng/dive_sites.htm))

In Figure 34 it is visible that cape Šilo, where Plićina Konjsko is located, is being promoted as a dive site. The coastal area of the Municipality of Dobrinj abounds in underwater caves, which are

recognized by the Spatial plan as a significant resource in the sense of natural monuments and the underwater caves in the coastal part of the municipality are marked for detailed systematic research and classification. In order to assure a lasting protection of caves, in addition to other protection measures, it is necessary to forbid any construction activity in the area of underwater caves, and to allow divers to enter only in limited numbers and under expert supervision.

In the observed zone of influence in the Vinodolski kanal, 35 licenses were issued for commercial fishing in 2018 and the number is decreasing. The number of licenses issued for small scale coastal fishing was small in 2018, 8 licenses were issued and the number is slowly rising. In the entire area of influence, there has been no license issued for fishing tourism.

Those activities represent significant recreational load especially because they happen close to the important tourist centre (Crikvenica and Šilo). For that reason, monitoring implementation of the reef would significantly contribute to the appropriate exploitation of the reef and to its protection.

#### 4.7.4 Description of the potential activities

Generally, the reef has been not explored hence it offers potential development for different commercial activities, as long as these are in line with the Blue Economy and project objectives, contributing to the development of the whole area.

The major potential activities are connected with the tourism developed in the coastal area close to the reef, namely diving activities and recreational fishing. Tourist activities could be also linked to boat excursion that could offer reef itself as one of the best spots. The CS location is also recommended for underwater photo exhibitions exposure, competitions and other activities allowing to diversify the local tourist offer.

In order to promote potential commercial activities linked to the exploitation of the reef, dissemination of information should be locally and regionally performed, it could be carried out by installing interactive video screens on the relevant tourists' "hotspots": on Krka island and in the Crikvenica riviera area. Additionally, promotion will be done using adequate social networks (Facebook, twitter, etc.) and via official web pages of the local tourist's panel.

#### 4.7.5 Relevant stakeholders

Currently the activities related to the reef are mainly managed by the local diving centres. For the development of fishing tourism around the reefs (diving and recreational fishing), and the implementation of other events, it could be necessary to involve the Dobrinj Municipality Tourist Board, which would represent a key point to develop valid proposals for an increasing potential touristic attraction and its promotion. In addition, diving associations and companies involved in

rental, as well as local tourist agencies, could be engaged for the dissemination and could collaborate with above-mentioned public body, in order to create an integrated touristic offer.

Looking at the potential development of research activities around the reef, stakeholders which could be involved are research organizations and universities. The Harbor Master's Office is responsible for the safety around the reef as well as the safety of navigation.

## 5. ANNEX 1: Template “Case Study Proposal”

### CASE STUDY PROPOSAL PP.....



- ✓ **Where?** Description of the site and map
- ✓ **What is?** natural reef, artificial reef (in this case explain which kind of AR, e.g. concrete, wreck, sunk platform....)
- ✓ **Current uses/activities of the site:** (e.g: diving, mariculture, fishing, tourism,.....)
- ✓ **Which are the main economic activities in the area (land and sea)?**
- ✓ **Why?** (please, explain why the site should be chosen as a Case Study, which is the potential of the area, etc.)
- ✓ **Which are the activities that you want to develop/implement within the project?**
- ✓ **Which useful data could be collected to develop/implement/?**
- ✓ **Are there available data?:** (environmental - *water column, sediment features, geomorphological maps..*) - and biological - *benthic communities, finfish population..* – dataset and literature). Please list the available data
- ✓ **Are monitoring programs already in place? If yes, which?**
- ✓ **Do fixed stations exist for monitoring?** (if not, is it possible to install them?)
- ✓ **Can you propose for this CS an innovative monitoring system/technology to be tested during the project?**
- ✓ **And a testing technology with low environmental impact?**

## 6. ANNEX 2: Case Study Form



CASE STUDY..... (name)

PP RESPONSIBLE:

MAP OF THE CASE STUDY (.tif or .jpg)

TYPE OF REEF: Specify if it is natural or artificial reef

REEF CATEGORY: indicate the category of the reef on the base of the document "Reef definition" circulated by Damir Zec

1. DESCRIPTION OF THE CS

1.1 Geographical location, physical and ecological features

(max 4000 characters)

1.2 Assessment of status quo (activities, legislation, management, threatens, human pressure)

(max 4000 characters)

1.3 Description of the potential activities that could be implemented in the CS

(max 4000 characters)

1.4 Monitoring programme (describe eventual already existing information and/or monitoring programmes in place and the low environmental **impact** monitoring methodologies that will be employed to verify the suitability of the CS to implement the activities indicated at point 1.3)

(max 4000 characters)

1.5 Who are the relevant stakeholders having major powers to influence the use of the CS? (Identify the main stakeholders – e.g. companies, authorities, NGOs, etc. performing and/or managing the current and future activities in the area and explain their role)

(max 2000 characters)

## 7. REFERENCES

AAVV (2018) SIC IT4070026. Relitto della piattaforma Paguro. Management Plan. 66 pp. <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/it4070026>

Adams C., Lindberg B., Stevely J. (2006) The economic benefits associated with Florida's artificial reefs. EDIS Document FE649, Food and Resource Economics Department, Florida Cooperative Extension Service, Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida, Gainesville, FL. 6 pp.

Ballesteros E. (2006) Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge. *Oceanogr Mar Biol Annu Rev* 44, 123– 195.

Bombace G., Fabi G., Fiorentini L. (2000) Artificial reefs in the Adriatic Sea. Pages 31-63 in Jensen A.C., Collins K.J., Lockwood A.P.M. (eds.), *Artificial Reefs in European Seas*. Kluwer Academic Publ., Dordrecht, The Netherlands.

Bull A. S., Love M. S. (2019) Worldwide oil and gas platform decommissioning: A review of practices and reefing options. *Ocean & Coastal Management* 168, 274-306.

Cerrano C., Milanese M., Mioni E., Palma M., Pantaleo U., Previati M., Rossi G., Scinto A., Turicchia E., Ponti M. (2013) Reef Check Italia onlus, a network to improve civil participation in marine environment assessment Ecology for a sustainable blue and green growth, Riassunti del XXIII Congresso della Società Italiana di Ecologia. S.It.E., Ancona, 16-18 September 2013.

Cerrano C., Milanese M., Ponti M. (2017) Diving for science - science for diving: Volunteer scuba divers support science and conservation in the Mediterranean Sea. *Aquat Conserv* 27, 303–323 <http://dx.doi.org/10.1002/aqc.2663>

Cetinić P. & Pallaoro A. (1993) Eksploatacijske karakteritike, značenje i ocjena djelovanja ribolova tramatom. *Pomorski zbornik*, 31 (1): 605-626.

Commission of the European Communities (2002) Council Recommendation of the European Parliament and of the Council of 30 May, 2002 concerning the implementation of Integrated Coastal Zone Management in Europe, Brussels L 148/24, 2002.

Commonwealth of Australia (2015) Reef 2050 long-term sustainability plan. Commonwealth of Australia, 102 pp.

Delgado J.P. (1988) Historical review. Pages 11-20 in *Historic shipwrecks: Issues in management, Partners for Livable Places and the National Trust for Historic Preservation*, Washington DC.

Edney J. (2006) Impacts of recreational scuba diving on ship-wrecks in Australia and the Pacific a Review. *Micronesian Journal of the Humanities and Social Sciences* 5 (1-2), 201-233.

Fabi G. (2006) Le Barriere artificiali in Italia. Pages 20-34, in *Campo Sperimentale in mare: prime esperienze nel Veneto relative a elevazioni del fondale con materiale inerte*. ARPAV, Padova, Italia.

Fabi G., Fiorentini L., Giannini S. (1989) Experimental shellfish culture on an artificial reef in the Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.* 44 (2), 923–933.

Fabi G., Grati F., Scarcella G. (2010) Artificial reefs as fisheries management tool in the northern Adriatic Sea. French-Japanese Symposium “How minimizing the footprint of aquaculture and fisheries on the ecosystem?” Ifremer, Sète, France, 1-3 Sept. 2010. Yamane T., Sacchi J., Poisson F. (Eds), *Proceedings*, 164-167.

Fabi G., Manoukian S., Spagnolo A. (2006) Feeding behaviour of three common fishes at an artificial reef in the northern Adriatic Sea. *Bull. Mar. Sci.* 78(1), 39-56.

Fabi G., Scarcella G., Spagnolo A., Bortone S.A., Charbonnel E., Goutayer J.J., Haddad N., Lök A., Trommelen M. (2015) Practical Guidelines for the use of artificial reefs in the Mediterranean and the Black sea. General Fisheries Commission for the Mediterranean. *Studies and Reviews*, (96), I. 84 pp.

Gordini E. (2010) Progetto Le trezze dell'alto Adriatico: Studio di alcune aree di particolare pregio ambientale ai fini della valorizzazione delle risorse alieutiche locali. Relazione tecnico-scientifica finale N. 103 / 2010 RIMA 17 GEA, 19-39.

Guidetti P., Bussotti S., Pizzolante F., Ciccolella A. (2010) Assessing the potential of an artisanal fishing co-management in the Marine Protected Area of Torre Guaceto (southern Adriatic Sea, SE Italy). *Fish. Res.* 101, 180–187.

Hawkins D. E. (1998) The relationship of tourism-related revenue generation to coral reef conservation. *Coral Reefs. Challenges and Opportunities for Sustainable Management*. World Bank, Washington DC, 93-95.

Kenderdine S. (1997) Culture and heritage: shipwrecks and associated objects. *Environment Australia*, 29 pp

Longo C., Cardone F., Pierri C., Mercurio M., Mucciolo S., Marzano C. N., Corriero G. (2017) Sponges associated with coralligenous formations along the Apulian coasts. *Mar. Biod.* 48(4), 2151-2163.

Oh C. O., Ditton R. B., Stoll J. R. (2008) The economic value of scuba-diving use of natural and artificial reef habitats. *Society and Natural Resources* 21(6), 455-468.

Osenberg C. W., St. Mary C. M., Wilson J. A., Lindberg W. J. (2002) A quantitative framework to evaluate the attraction production controversy. *ICES J. Mar. Sci.* 59, S214–S221.

Petersen J. K., & Malm T. (2006) Offshore windmill farms: threats to or possibilities for the marine environment. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* 35(2), 75-81.

Ponti M., Abbiati M., Ceccherelli V.U. (2002) Drilling platforms as artificial reefs: distribution of macrobenthic assemblages of the “Paguro” wreck (northern Adriatic Sea). *ICES J. Mar. Sci.* 59, S316-S323.

Ponti M., Capra A., Gabbianelli G., Ceccherelli V.U. (1998) Environmental characterization and macrobenthic communities on the Northern Adriatic “Paguro” wreck. *Rapp. Comm. int. Mer Médit.* 35, 478.

Spagnolo A., Fabi G., Manoukian S., Panfili M. (2004) Benthic community settled on an Artificial Reef in the Western Adriatic Sea (Italy). *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* 37, 552.

Strauss J. (2013) Shipwrecks Database. Version 1.0. Accessed (date): [oxrep.classics.ox.ac.uk/databases/shipwrecks\\_database/](http://oxrep.classics.ox.ac.uk/databases/shipwrecks_database/)

Sutton S. G., Bushnell S. L. (2007) Socio-economic aspects of artificial reefs: Considerations for the Great Barrier Reef Marine Park. *Ocean & Coastal Manag.* 50(10), 829-846.

Totti C., Romagnoli T., Accoroni S., Coluccelli A., Pellegrini M., Campanelli A., Grilli F., Marini M. (2019) Phytoplankton communities in the northwestern Adriatic Sea: Interdecadal variability over a 30-years period (1988–2016) and relationships with meteorological drivers. *Journal of Marine Systems*, 193, 137-153.

UNEP-MAP-RAC/SPA (2003) The coralligenous in the Mediterranean Sea. Regional Activity Centre for Specially Protected Areas, Tunis, 82 pp.

Uyarra M. C., Watkinson A. R., Cote I. M. (2009) Managing dive tourism for the sustainable use of coral reefs: validating diver perceptions of attractive site features. *Environ. Manag.* 43(1), 1-16.

Zertuche-Gonzalez J. A. (1998) Macroalgal Culture as a Sustainable Coastal Livelihood in Coral Reef Areas. Pages 53-54 in *Coral Reefs: Challenges and Opportunities for Sustainable Management: Proceedings of an Associated Event of the Fifth Annual World Bank Conference on Environmentally and Socially Sustainable Development*. Washington, D.C.: World Bank Group, 1998.

[http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/en/geologia/pubblicazioni/cartografia-geotematica/mare...-istruzioni-per-l2019uso-versione-2.0?set\\_language=en](http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/en/geologia/pubblicazioni/cartografia-geotematica/mare...-istruzioni-per-l2019uso-versione-2.0?set_language=en) Access date: 22/06/2019

<http://greenfins.net/en> Access date: 22/07/2019

<http://lizmap.arpa.fvg.it/index.php/view/map/?repository=europrojects&project=ecosea> Access date: 22/07/2019

[http://peljar.cvs.hr/show\\_place\\_map](http://peljar.cvs.hr/show_place_map) Access date: 22/06/2019

<http://www.bioportal.hr/gis/> Access date: 22/06/2019

<http://www.blue-world.org/conservation/species/cetaceans/>. Access date: 05/09/2019

[http://www.divecity.net/html/eng/dive\\_sites.htm](http://www.divecity.net/html/eng/dive_sites.htm) Access date: 05/09/2019

<http://www.dmr.ms.gov/index.php/recreational-fishing/reef-locations> Access date: 22/06/2019

<http://www.emiliaromagnaturismo.com/en/locations/ravenna-ra/details?ID=1441> Access date: 22/06/2019

<http://www.gbrmpa.gov.au/access-and-use/responsible-reef-practices/fishing> Access date: 22/06/2019

<https://alternatura.hr/activities/sailing-gajeta-falkusa> Access date: 05/09/2019

<https://diving-croatia.hr/diving-locations-komiza-vis/seget-reef> Access date: 05/09/2019

<https://geopark-vis.com/en/heritage/nature-heritage/natura-2000> Access date: 05/09/2019

[https://issuu.com/undp/hr/docs/morska\\_bioraznolikost](https://issuu.com/undp/hr/docs/morska_bioraznolikost) Access date: 05/09/2019

<https://obsea.es/about/overview.php> Access date: 22/06/2019

<https://webapp.navionics.com> Access date: 05/09/2019

<https://www.marinetraffic.com> Access date: 05/09/2019

<https://www.marinetraffic.com/en/ais/home/centerx:-12.0/centery:25.0/zoom:4> Access date: 22/06/2019

<https://www.pattaya-scuba-adventures.com> Access date: 22/06/2019

<https://www.regione.emilia-romagna.it/en/tourism-and-culture> Access date: 22/06/2019

<https://www.smithsonianmag.com/travel/gulf-mexicos-hottest-diving-spots-are-decommissioned-oil-rigs-180971728/> Access date: 22/06/2019

<https://www.underwatersculpture.com/environment/environment-threats/>  
22/06/2019

Access date:

# 1. FICHES « RETOUR D'EXPÉRIENCE »

## 1.1. MONDE

### Fiche 0 :

- Présentation des récifs dans le monde
- Diversité architecturale
- Trois grands objectifs des récifs artificiels

### Pour le Japon

### Fiche 1 :

- Approche politique et aménagement des fonds avec des habitats à poissons (« cultiver la mer »)
- Diversité des structures en béton et en acier / objectifs
- Nombre de récifs artificiels / pêcheurs concernés

### Fiche 2 :

- Effets halieutiques visés et production moyenne (à partir de l'analyse de plus de 400 sites aménagés)
- Bénéfices socio-économiques pour les pêcheurs

## 1.2. EUROPE

### Fiche 3 :

- Présentation des récifs européens
- Diversité architecturale
- Objectifs des RA par pays européen

### Pour le Portugal

### Fiche 4 :

- Présentation du projet portugais, plus grand site européen de RA
- Présentation des types de récifs utilisés au Portugal (en béton) et des bénéfices halieutiques avec la synthèse du suivi des récifs artificiels halieutiques portugais (exemple de l'Algarve)

### Fiche 5 :

- Bilan socio-économique
- Retour d'expérience



## 1.3. FRANCE

### Fiche 6 :

- Différents types de récifs français
- Nombre et localisation des sites
- Évolutions récentes (réglementation, technologie et morphologie)

### Fiche 7 :

- Potentiel de production de biomasse
- Effet halieutique
- Enquêtes de satisfaction auprès des pêcheurs sur l'effet des récifs (disponibles)
- Bilan coût / efficacité de projets de RA halieutique disposant d'un suivi des pêches, en méditerranée

### Pour les trois projets de récifs « atlantiques »

### Fiche 8 :

- Types de récifs utilisés
- Effets halieutiques et (si pas de pêche expérimentale) écologique
- Photos des espèces cibles effectivement attirées

**Fiche 9 : Retour d'expérience du projet de RA méditerranéen le plus proche de Port-Cros situé à Golfe-Juan**

## 2. FICHES « DÉFINITION DES ENJEUX DU DÉVELOPPEMENT D'HABITATS ARTIFICIELS »

**Fiche 10 : Pourquoi créer de l'habitat ?**

**Fiche 11 : Comment créer de l'habitat ?**

**Fiche 12 : En quoi créer de l'habitat ?**

## FICHE N°0 – Monde - Les récifs artificiels dans le monde

### Définition mondiale d'un récif artificiel

« Toute construction humaine immergée, intégrée à l'écosystème dont l'objectif de conception est de protéger et de développer la faune et la flore aquatiques », FAO, 1989.



Pays concernés et nombre de projets en 2001 (d'après Baine)

### Diversité architecturale



Modèle béton



Modèle acier



Modèle acier/béton



### Trois grands objectifs des récifs artificiels

1. **Production** de ressources ou restauration de certains écosystèmes
2. **Protection** des fonds marins (lutte anti chalutage, pêche non autorisée)
3. **Récréatif - Loisir** pour la pêche et la plongée récréatives (éco-tourisme, espaces ludiques)

NB : L'objectif de « recherche et étude » peut être relié, selon les projets, à l'un de ces 3 objectifs : expérimentation de RA récréatifs, de RA de restauration, etc.

Modèles de protection européens (1) et récréatifs américains (2,3 et 4) :



**1 - Protection**

**2, 3 et 4 - Loisir**

Modèles de production halieutique (5) Japon et de Restauration écologique « bio-mimétique » (6) France :



**5 Production halieutique (Japon)- 6 Solution fondée sur la nature - Restauration écologique (France)**

**FICHE N°1 – Japon – Les récifs artificiels au Japon**

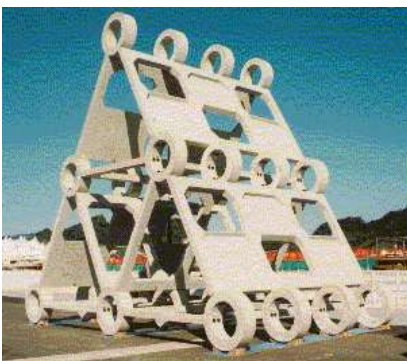
**Approche politique et aménagement : « cultiver la mer »**

Le « Marine-Ranching » est un choix de société : développer les ressources en aménageant les fonds avec des habitats artificiels. Ces actions sont souvent associées à du repeuplement (réensemencement). L'objectif est d'assurer l'auto-suffisance alimentaire à 60% grâce à la pêche locale.

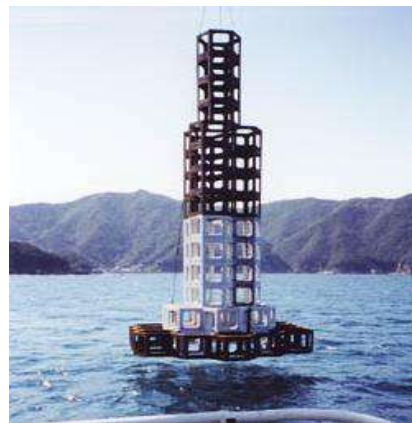
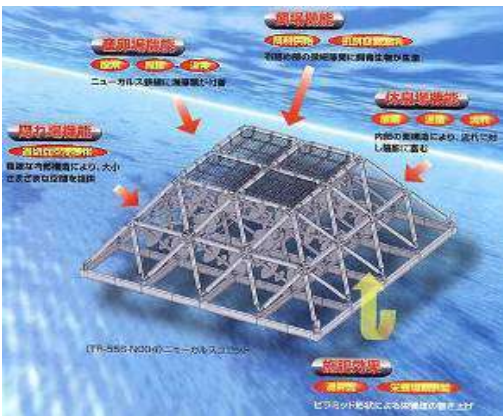
**Diversité des structures en béton et en acier / objectifs**

Il existe plus de 300 modèles, très diversifiés.

Objectifs : algues, juvéniles, adultes, pélagiques, mollusques, etc.



Pour espèces benthiques (lours, sars...)    Pour algue, organismes sessiles



Pour juvéniles (crustacés, esp. benthiques)    Pour espèces pélagiques (thons, sérioles, etc.)

**Nombre de récifs artificiels / pêcheurs concernés**

Ils concernent ~500 000 pêcheurs, utilisés en majorité par les pêcheurs côtiers, à la journée, pour filet, palangre / casier.


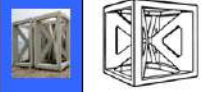
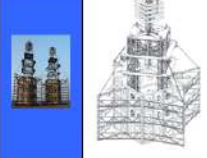
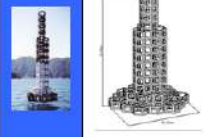
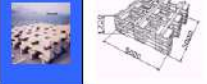


(S. Pioch)

**Effets halieutiques visés et production moyenne**

Les effets halieutiques sont liés aux **espèces cibles et/ou aux stades visés** (juvéniles / adultes) : poissons, coquillages, crustacés.

La production halieutique (prélèvement) moyenne est **de 5 à 50 kg / an / m<sup>3</sup>**, de poissons pêchés.

Modèles	Dimensions (m)				Volume total m <sup>3</sup>	volume disponible m <sup>3</sup>	Poids T	Catégorie / espèces cibles	Juvéniles	Adulte
	L	I	ø	h						
	8	5		7,6	304	211	25	2 / B	-	X
	5	5		5	125	100	43	2 / B	X	-
	17,5	17,5		20		1 285	79	3 / C	-	X
	12	11		21		405	49	3 / C	-	X
	5	5		1,7	42,5	32	19,5	1 / A	X	-

**Bénéfices socio-économiques pour les pêcheurs**

La part de production issue d'aménagement en récifs artificiels adaptés aux pêcheurs et au milieu (volume, forme et gestion) varie **de 5 à 35 % des débarquements**.

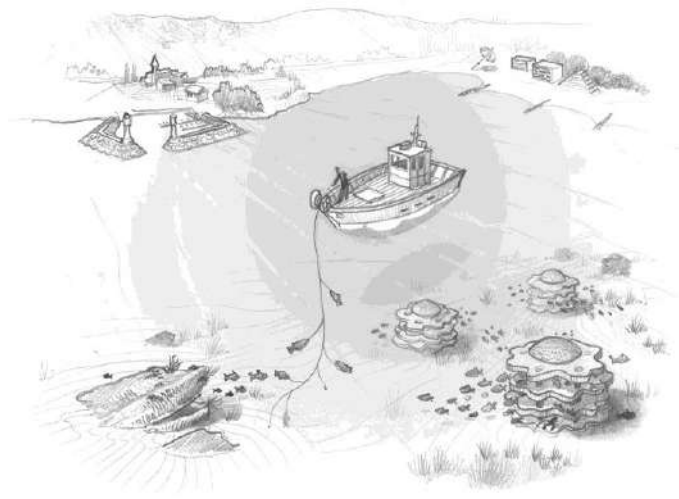
Le rapport coût / bénéfice est variable, mais est en général **supérieur à un facteur 3**.

Globalement les débarquements de pêche **se sont stabilisés** depuis les années 1970 (1,4 million de t./an). La mise en place de récifs artificiels s'est également accompagnée d'une importante réflexion par les pêcheurs au niveau **de la gestion des sites, à long terme**.

La gestion (mise en place par les pêcheurs) et l'aménagement des fonds marins en récifs artificiels, ont **permis de stabiliser la production**, sans baisse, depuis 50 ans (Pioc, 2008).

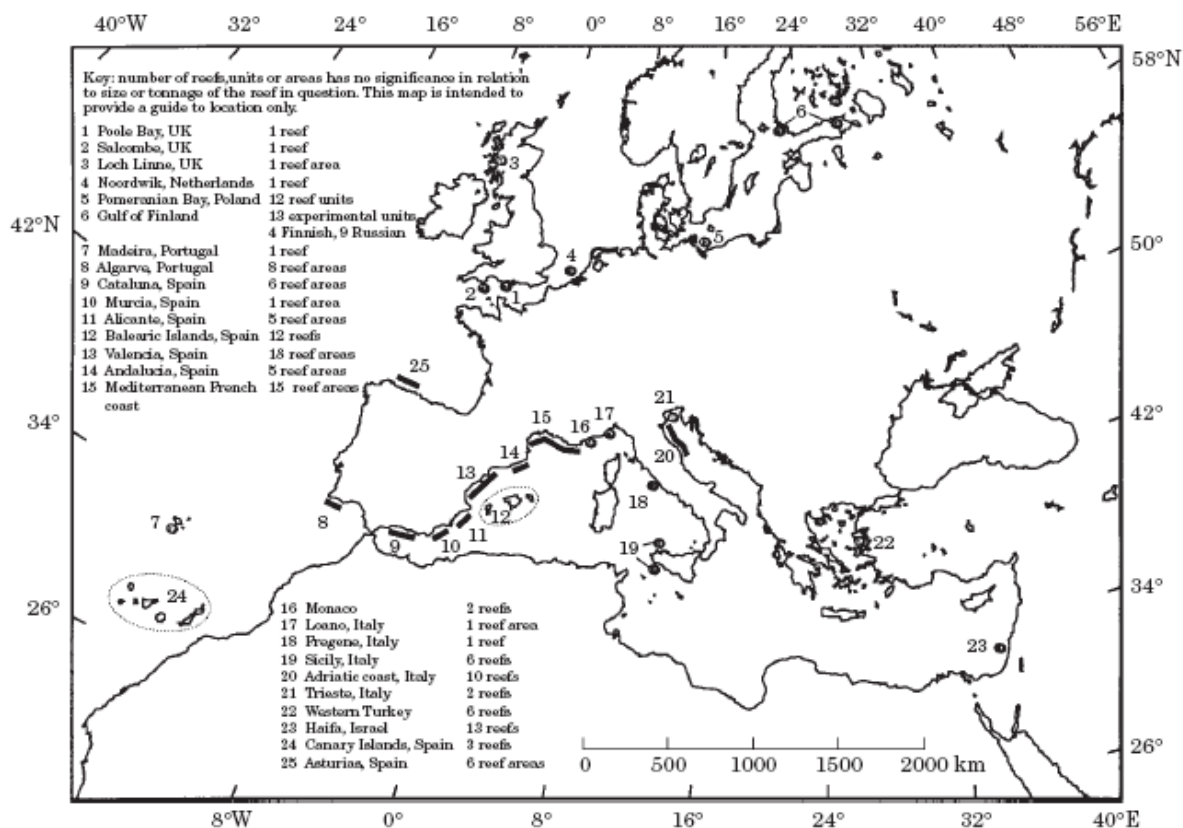
Avec la mise en place de récifs artificiels, les facteurs de risques ont diminué :

- ✓ **Limiter les « mauvaises » journées de pêche (il y a plus souvent des poissons sur les RA)**
- ✓ Distance au port réduite car sites organisés à proximité, ce qui **diminue les risques liés à la navigation**
- ✓ Localisation des sites propices à la pêche en **créant des corridors** avec les zones naturelles (herbiers, coralligènes, etc.)



## FICHE N°3 – Europe - Les récifs artificiels en Europe

### Présentation des récifs européens



Principales zones aménagées en RA en Europe en 2001 (Jensen *et al.*)

### Diversité architecturale

Jusqu'aux années 2000, la diversité architecturale des RA européens est peu développée en comparaison à celle des japonais, et se rapproche de formes simples (préfabriqués), sans objectif de mimer la nature : cubes, tuyaux, cylindres. Depuis les années 2010, de nombreux projets fondés sur la nature et bio-inspirés se développent.

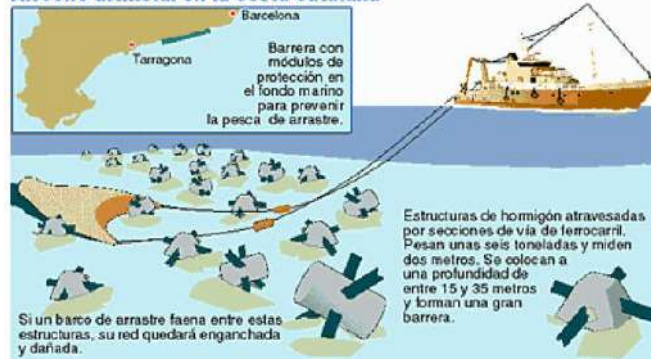
### Objectifs des RA par pays européen

En Europe, l'Espagne a aménagé plusieurs centaines de sites avec des **récifs de protection** (récifs « agressifs »). La France a suivi l'exemple espagnol mais en développant à la manière de l'Italie, de l'Angleterre ou de la Suède, **des récifs halieutiques** de type japonais, en zones marines protégées ou en accès libre, dans les années 1980 à 2000. Le Portugal quant à lui est le pays leader en Europe pour la **création des RA dédiés à la pêche** et leur gestion.

Depuis les années 2010, la France, le Portugal, l'Angleterre, l'Italie et Monaco développent **des projets de restauration écologiques**.

Les nouveaux modules composant les récifs artificiels développent des **fonctionnalités de nurseries** (France, Portugal, Angleterre), pour le plus grand nombre, mais également **de nourriceries** (France, Monaco) ou de **frayères** (France) et **d'abris** (Monaco, France). Certains de ces RA sont imprimés en 3D (Monaco, 2017, France 2019).

### Arrecife artificial en la costa catalana



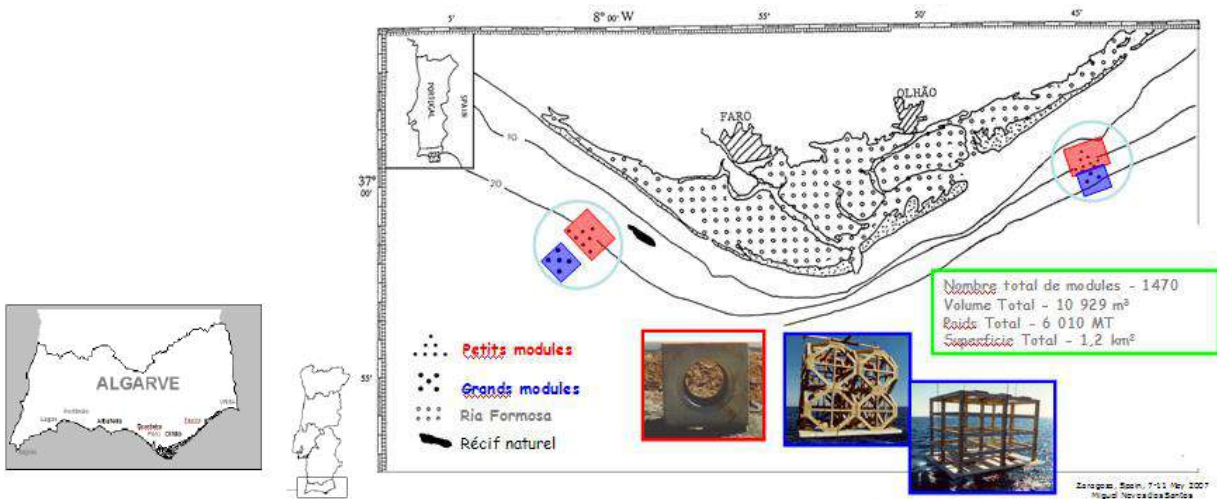
Récifs de protection en Espagne



**FICHE N°4 – Europe - le Portugal**

**Présentation du projet portugais**

Lancé en 1990, pour soutenir et développer la pêche artisanale, avec des RA jouant le rôle de nurseries installés près des lagunes côtières **et** des RA pour poissons matures au large. L'association de ces deux types de RA permet de répondre aux besoins des espèces aux phases juvéniles et adultes, assurant leur renouvellement et le développement. Le suivi scientifique réalisé durant 17 ans a montré que la pêche **avait été multipliée par 2,2** grâce à la mise en place de ces RA.



**Présentation des types de récifs utilisés au Portugal (en béton)**



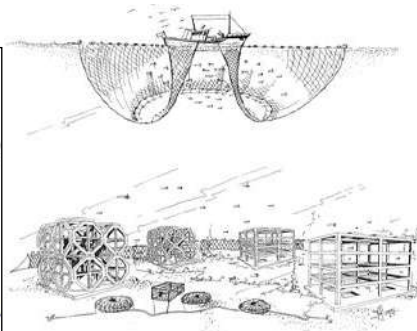
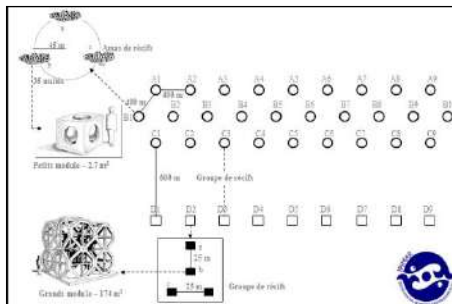
**Characteristics:**  
 Size: 6.2m x 5.2m x 5.4m  
 Volume: 174m<sup>3</sup>  
 Weight: ± 40 ton  
 No. modules/ reef group: 4



**Caractéristiques:**  
 Taille: 1.4m x 1.4m x 1.4m  
 Volume: 2,7m<sup>3</sup>  
 Poids: ± 3 MT  
 No. modules/ amas de récifs: 35  
 No. d'amas de récifs/ groupe de récifs: 3



**Characteristics:**  
 Size: 6m x 5.4m x 4m  
 Volume: 130m<sup>3</sup>  
 Weight: ± 30 ton  
 No. modules/ reef group: 4



### **Bilan socio-économique**

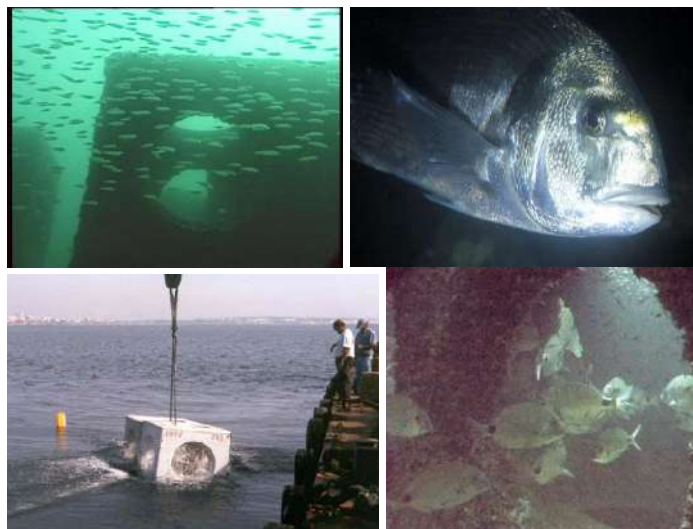
Après 17 ans de suivi et 256 pêches expérimentales, sur les habitats artificiels et sur les sites témoins **le nombre d'espèces capturées** et la **CPUE en poids** apparaissent comme étant en moyenne **2,2 fois supérieurs aux sites témoins naturels**.

Le programme relève les points suivants :

1. **Aucune opposition des acteurs locaux**
2. **Perception positive par les pêcheurs et usagers habitants de la zone côtière (plaisance, plongée...)**
3. Les RA sont devenus un **outil de gestion des pêcheries**
4. **Captures qui augmentent**
5. **L'accès à la ressource est facilité**
6. **Diminution des coûts d'exploitation** (distance faible, gasoil moins limitant)
7. **Éco-tourisme en complément de la pêche** (plongée sur les sites)

Critiques et effets négatifs :

1. Problèmes liés à des **pertes d'engins de pêche** qui **s'accrochent** sur les RA
2. **Conflits d'usage** (zones des RA productives donc convoitées)
3. **Règles de gestion du site à améliorer** (augmentation du nombre de pêcheurs sur les sites)
4. **Risque d'augmenter la capturabilité en agrégeant<sup>1</sup> les espèces en un lieu (gestion obligatoire)**



Photos des types des RA portugais et de leurs effets (juvéniles dorades royales, en haut et sars communs en bas)

<sup>1</sup> NB : ce risque, relevé en 2005 par Santos et Monteiro (2007), n'a toutefois pas été confirmé 20 ans plus tard car un plan de gestion associant les pêcheurs, les scientifiques et les usagers a été mis en place et respecté. Le suivi d'une espèce, le sar commun, (quand ? pendant combien de temps ? où ?) démontre la régularité des prises et leur maintien, avec une augmentation de la CPUE de 200% par rapport à la production halieutique du site avant la pose de RA et au suivi des prélèvements sur les zones rocheuses adjacentes préexistantes (cf. article de Roa-Ureta<sup>1</sup>, *et al.*, 2019 présenté en infra).

## FICHE N°6 – France - Exemples en France

Le design des RA français a évolué selon 2 périodes :

- de 1968 à 2010 des RA de protection et/ou de production « classiques » (cubes, déchets recyclés, etc.)
- après 2010 des RA de restauration écologique, éco-conçus et/ou biomimétiques (esthétique, imprimé 3D, texture rugueuse, matériaux bio-colonisateurs) :



## Quelques modèles de récifs halieutiques français

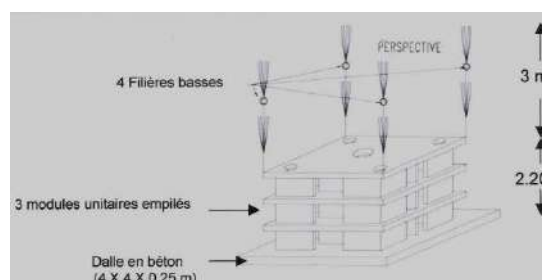


**Design « classique »** : Panier Fakir, Marseille (2007), **buse**, Carnon (2002) et **cube**, Carry le Rouet (1995)



**Design « éco-conçu »** : éco-récif en béton coquillé, Agde (2009)

Certaines formes de récifs artificiels permettent d'empêcher des pratiques déclarées interdites, selon les zones. Leurs formes et leurs accessoires disposés avant immersion, aident à lutter contre la pêche au filet ou le chalutage, par exemple. En Méditerranée, il existe des récifs « chicanes », créés par Eric Charbonnel lors du programme d'immersion de RA de Marseille. Ces RA permettent d'empêcher le braconnage par pêche sous-marine en bouteille, en rendant inaccessible les poissons à la vue. Ces types de RA sont appelés des RA « gendarmes »



récifs chicane - Marseille

**La restauration écologique : regain des projets depuis 2010**



Diversité des designs et des objectifs de RA de restauration écologique développés depuis 2010 en France (© Seaboost, Safège, P2A et BRLi).

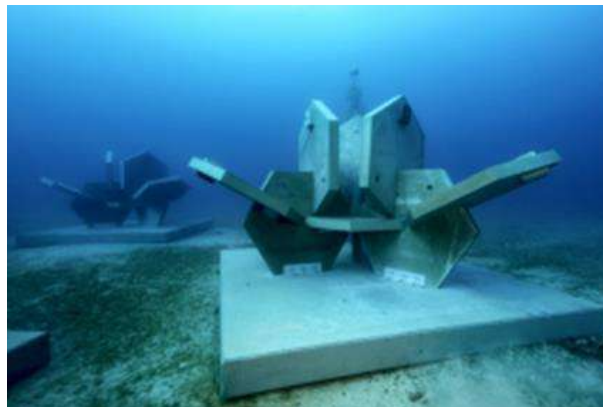
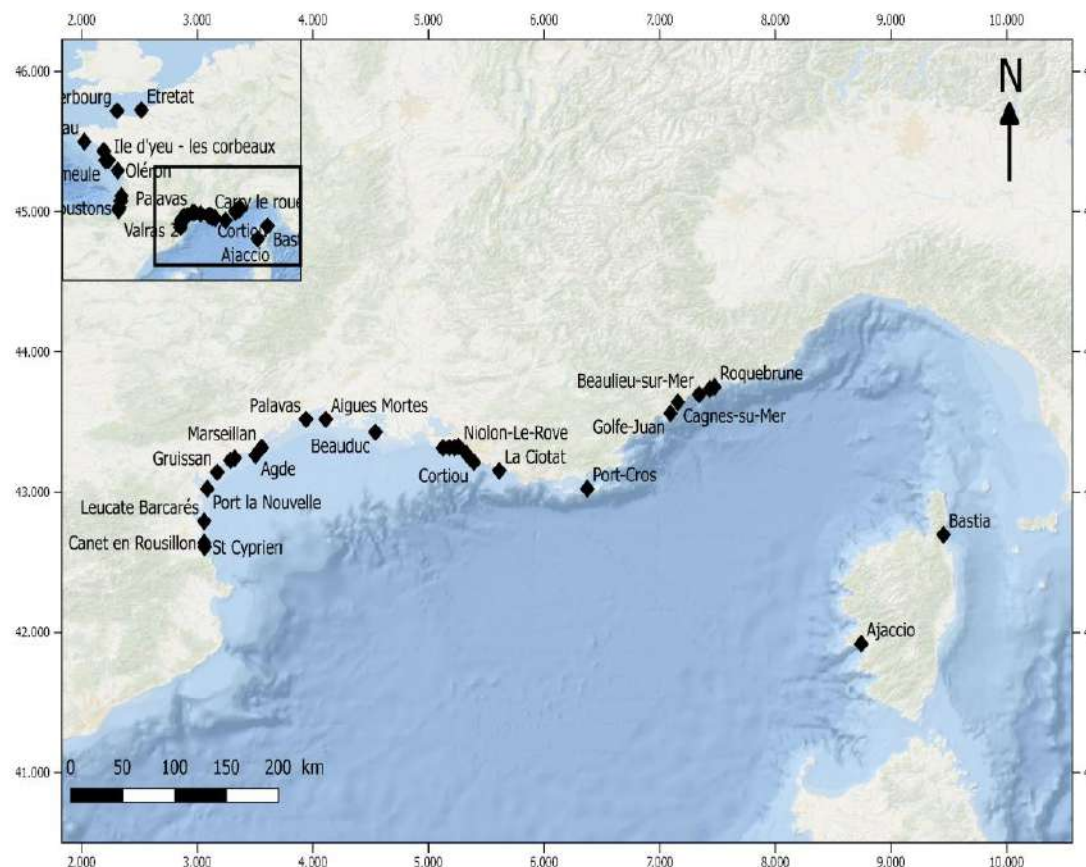
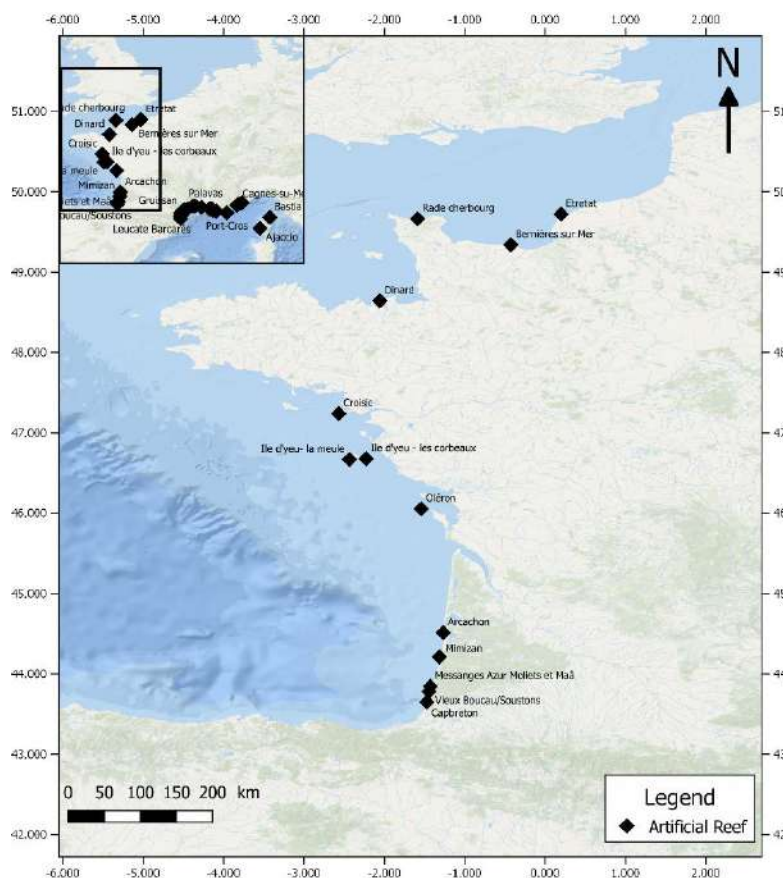


Photo de « Fractal », RA pour espèces filtreurs et tenter de dépolluer les eaux de l'émissaire de Cortiou immergés à Marseille (©Parc National des Calanques)



Photo de RA imprimé en 3D immergés à Agde (© Seaboost / Julien Dalle)

## Nombre et localisation des sites (actualisation J. Salaün, 2020)



- En 2020, on dénombre environ **50 sites aménagés en récifs artificiels** sur les 3 façades maritimes soit environ **100 000 m<sup>3</sup> posés**.

- La **Méditerranée est la zone sur laquelle les RA sont les plus nombreux**, le plus grand projet étant situé à **Marseille avec 30 000 m<sup>3</sup> de récifs**.

Les services de l'Etat imposent un suivi scientifique et une meilleure **définition des objectifs**. L'Autorisation d'Occupation Temporaire du DPM a une **durée de 30 ans**.

## FICHE N°7 – France – Potentiel de production

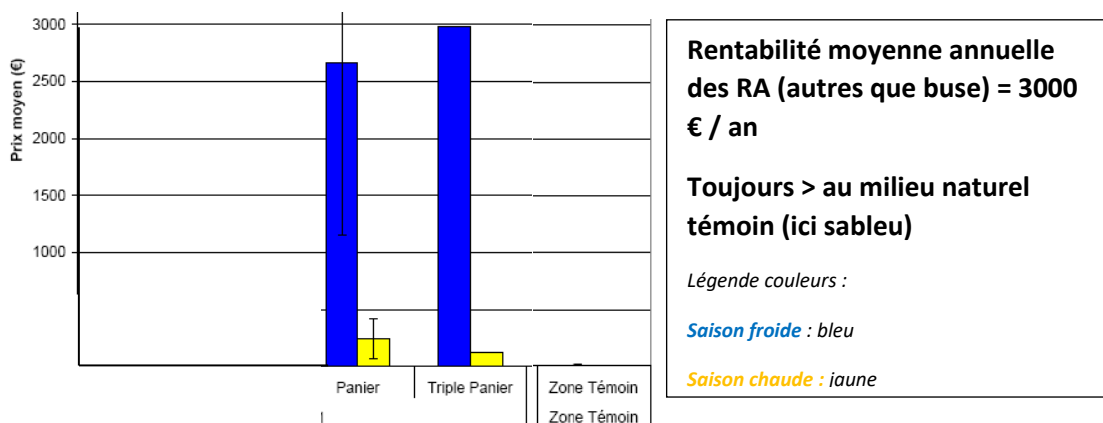
### Potentiel de production halieutique

Le potentiel de production halieutique est très important car le paramètre « habitat » est un des facteurs clés du développement des ressources avec la reproduction (frayère, nurserie), la nourriture et la prédation.

### Effet halieutique

Il n'y a pas eu d'étude scientifique de longue durée sur le sujet en France. Deux suivis ont été réalisés en Méditerranée depuis 2006 (site de Valras-Plage par Blouet *et al.*, 2014 ; et site de Leucate / Le Barcarès par Lenfant *et al.*, 2007) Ces suivis indiquent que les récifs artificiels :

- auraient un **impact positif sur la concentration de plusieurs espèces**
- joueraient un **rôle de protection de l'habitat** pour les espèces des fonds meubles : **soles et rougets** en grande quantité autour des récifs
- **assureraient le maintien d'écosystèmes cibles** : les zones de récifs présentent une grande diversité spécifique



### Enquêtes de satisfaction auprès des pêcheurs sur l'effet des récifs

Les RA sont **demandés et plébiscités par la majorité des pêcheurs professionnels (étude réalisée par les travaux de thèse de Tessier publiés en 2014 sur les RA de Méditerranée française occidentale).**

Réservés aux petits métiers, **les chalutiers commencent à les utiliser (projet « BIODIREEF » qui avait été soutenu par les pêcheurs chalutier en 2011 CRPMEM Occitanie).**

### Bilan des quantités de poissons pêchées sur des RA en Méditerranée

Exemple de Gruissan : immersion en 2004, 4000 m<sup>3</sup>, suivi année 3 et 4 après immersion (4 pêches/an)

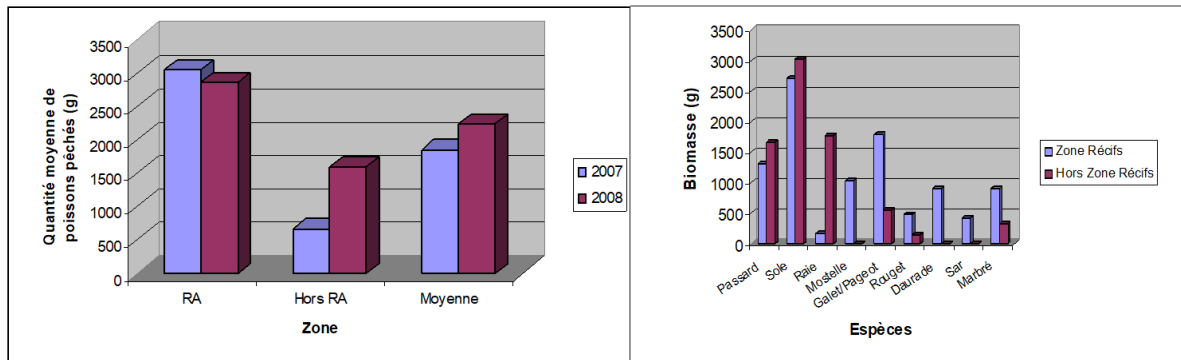


Figure : Comparaison de la quantité moyenne de poissons pêchés entre les zones récifs et hors récifs en 2007 et 2008 Et des espèces pêchées (Andromède Océanologie).

L'opération est positive pour les pêcheurs de Gruissan (travaux de thèse d'Anne Tessier, 2013).

Notamment d'un point de vue des quantités régulières de poissons pêchés sur site (*Ibid*).

### **Coût bénéfique des projets contemporains d'immersion**

Cette étude porte sur des RA dont l'objectif est halieutique, situés en méditerranée, pour un volume > 900 m<sup>3</sup> (minimum exploitable) avec un suivi halieutique indépendant.

**Les coûts des 6 derniers aménagements** réalisés dans un objectif halieutique en méditerranée depuis 1999 et supérieurs à 900 m<sup>3</sup> (exploitation potentielle) sont reportés ici à titre indicatif (*cf.* CEPALMAR *in* Blouet) :

1. Aigues-Mortes en 1999 et 2005 (1 600 m<sup>3</sup> et 1 400 m<sup>3</sup>, 457 000€ + 500 000€),
2. Gruissan 2002 et 2004 (2 000 m<sup>3</sup> et 2 000 m<sup>3</sup>, 448 200€ + 448 200€),
3. Valras-Plage en 2006 (900 m<sup>3</sup>, 327 000€),
4. Agde en 2009 (1083 m<sup>3</sup>, 1 543 995€)

Sans le projet marseillais hors norme par son volume et son coût (30 000 m<sup>3</sup> et 6 m€), le :

- **coût moyen est de ~600 k€**
- **volume moyen est de ~1 500 m<sup>3</sup>**
- **ratio coût/volume est de 400€/m<sup>3</sup> (conception, fabrication, immersion, suivi)**

**Durée de vie moyenne des ouvrages immergés : 50 ans** (plus ancien RA immergés en 1968 à Palavas-Les-Flots encore productifs).

**Bénéfices annuels** pour le service écosystémique lié à la production de ressources alimentaires (pêche), en Méditerranée :

- Suivi réalisé à Gruissan (2008 – 2009) : 10 000 g pendant 4j, pour 400 m linéaire de filets de pêche, soit une CPUE de 5g/m.l./j. Estimation de la valeur 12€/kg, soit 120€ au total, 30€/j, soit 0,07€/m.l./j. => pour 252j de pêche, et 2000m.l. de filets posés (moyenne observée pour les petits métiers du site) = 35,2 k€/an
- Suivi réalisé à Agde (2009, 2010, 2011 et 2012) : 2,8 k€/an/pêcheur / RA (panier / triple panier), soit pour les 39 RA 109 k€/an

**Retour sur investissement pour 1 pêcheur et chiffre d'affaire (CA) par pêcheur pendant 50 ans d'exploitation :**

- Gruissan : pour 1 pêcheur, 25 ans. CA pour 50 ans d'exploitation par 1 pêcheur : 1,75 millions d'€
- Agde : pour 1 pêcheur, 14 ans. CA pour 50 ans d'exploitation par 1 pêcheur : 5,45 millions d'€

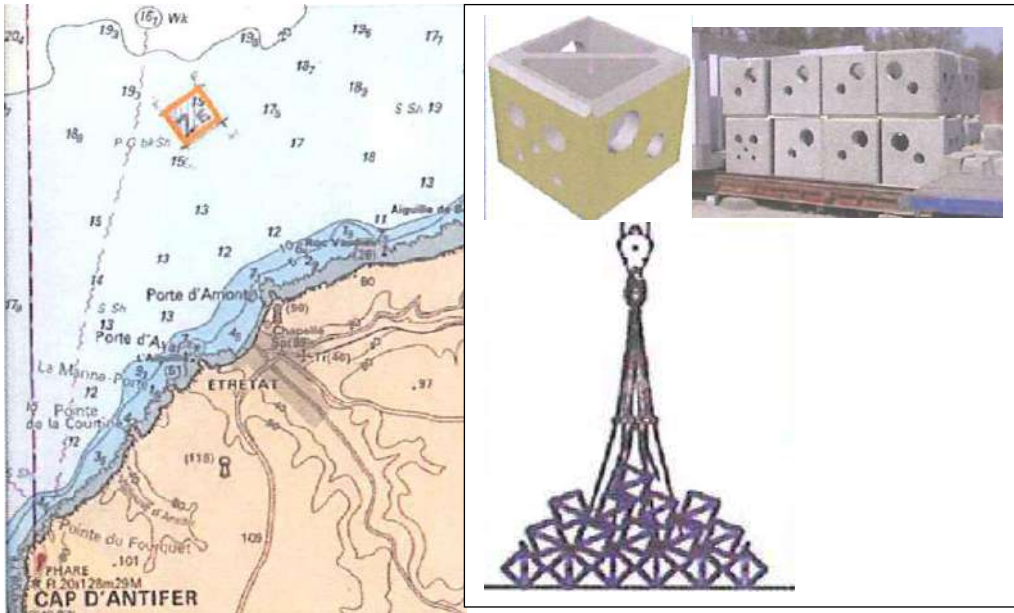
NB 1 : seule l'aménité halieutique est calculée ici, tourisme, culturel ou préservation d'écosystèmes ne le sont pas.

NB 2 : le seuil d'exploitation moyen d'un RA de 1000 m<sup>3</sup>, en méditerranée occidentale (Occitanie) est estimé à 5 pêcheurs.

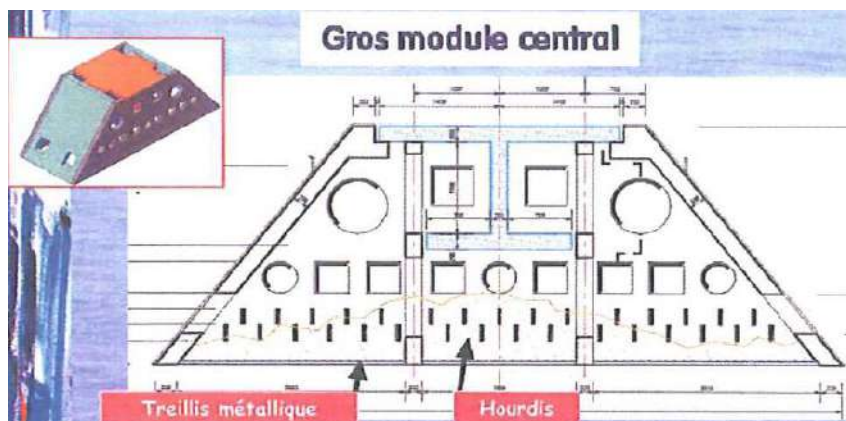


**Types de récifs utilisés**

**Zone d'Etretat en Manche : pose en 2008 avec 450 m<sup>3</sup> immergés pour une surface totale de 5 000 m<sup>2</sup>**



**Moules unitaires** : 1,75 tonnes ; 1,12 m de côté. Certains sont posés en grappe (figure de droite en bas) ou de manières dispersées.

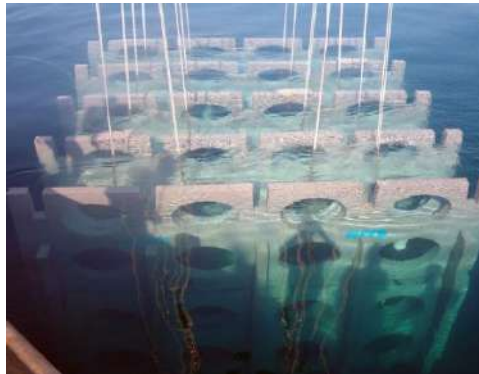


**Gros module central** : 40 tonnes.



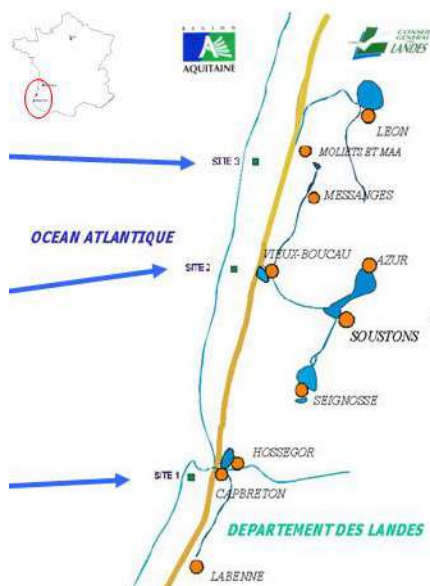
« Gros module central »

**Zone de Yeu / Le Croisic : posés en 2003, 840 m<sup>3</sup> au large du Croisic par 20 m de fond et au large de l'île d'Yeu dans une zone à 20 m et dans une autre zone à 40 m.**



Des modules géants en béton (type « Bonna » sur la photo) et des modules cubiques plus petits disposés en amas organisés ou en amas chaotiques pour un volume total de 840 m<sup>3</sup>.

**Zone de Cap Breton (Aquitaine Landes récifs) : posé en 1999 et 2015, sur 20 m de fond, pour ~2000 m<sup>3</sup>**



Trois sites de pose : Moliets, Vieux Boucau et Cap Breton



**1° immersion : buses, regards d'égouts    2° immersion : récifs de deuxième génération dits récifs « TYPI »**

## Effets halieutiques

**Etretat** : Colonisation jugée normale, quelques espèces d'intérêt commercial sont présentes (mulets, vieilles et congres).

**Yeu / Le Croisic** : Peuplements de poissons **peu diversifiés** (tacauds et congres en majorité), plusieurs espèces observées ont un intérêt halieutique certain : araignées, étrilles, tourteaux, lieus.

**Cap Breton (ALR) :**



Prises effectuées sur le site des RA d'ALR (Cap Breton), **nombreuses prises d'intérêt commercial très important** : bars, saint-pierre, maigre, bonites, marbrés, rougets, raies, etc.



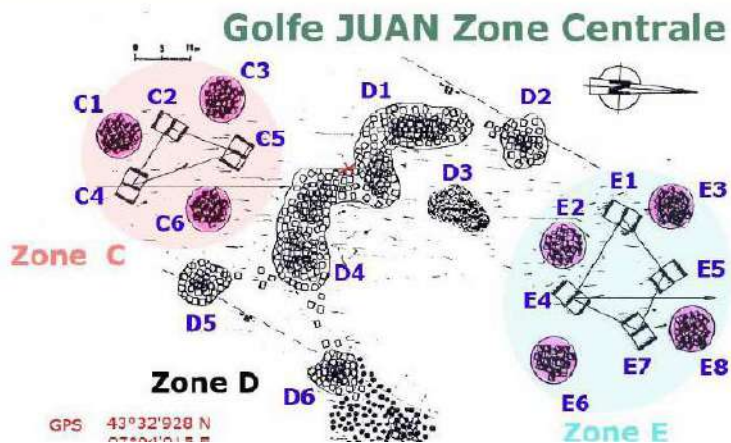
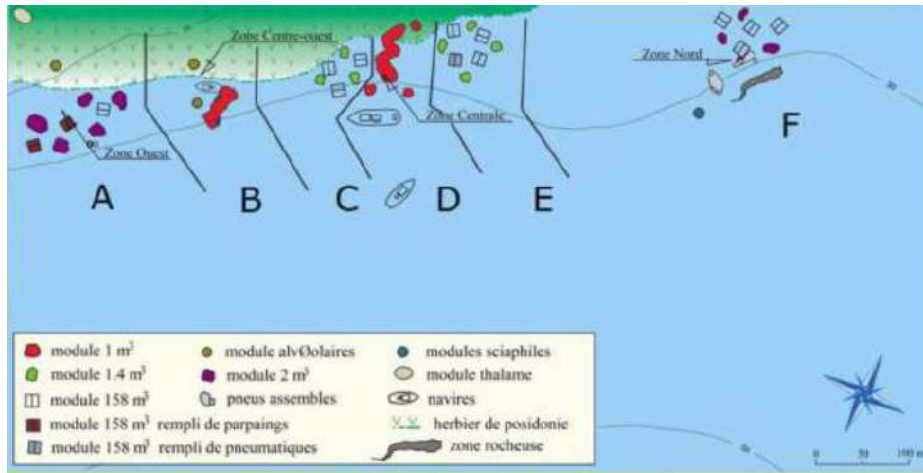
Effets halieutiques sur la zone de Cap Breton : **385 kg / j pêchés** (une journée de test), pour une valeur de ~ **800 € / j de pêche** (ALR, 2008)

NB : Autres expériences réalisées avec des récifs artificiels, dans la zone Manche :

1. À Cherbourg, l'immersion de 3 types de récifs expérimentaux réalisés avec des coquilles d'huîtres, ou « bio-mimétiques », dans le cadre des projets de recherche RECIFS et MARINEF (2020) ;
2. Un essai a été réalisé à Boulogne-sur-Mer en 1996 avec l'immersion d'une barge : le projet Bora. L'observatoire marin de Wimereux est en charge du suivi de la colonisation du site (Observatoire de Wimereux, 1996) ;
3. Sur la côte ouest du Cotentin, un programme d'immersion d'habitats à homards a été mis en œuvre de 1976 à 1996. L'objectif était double : diminuer la mortalité naturelle des juvéniles en leur fournissant des abris supplémentaires et créer de nouvelles zones de pêche sur des fonds dépourvus d'abris naturels. Les conditions expérimentales réduites n'ont pas permis d'obtenir des observations suffisamment fiables pour conclure à l'efficacité de cette expérience (Lacroix *et al.*, 2002).

**FICHE N°9 – Retour d'expérience du programme de récifs artificiels le plus proche de Port-Cros : Golfe Juan, intérêt de son suivi et de sa complexité**

4 zones d'immersion : Golfe-Juan, Beaulieu-sur-Mer et Roquebrune-Cap-Martin et Cagnes-sur-Mer pour 16 000 m<sup>3</sup> de récifs artificiels.



Plan du site de récifs artificiels immergés au large de Golfe-Juan, associant récifs cubiques, épaves et pneus (Daniel *et al.*, 2014)

Au début des années 80, les récifs artificiels immergés étaient des récifs expérimentaux construits « artisanalement » avec des matériaux de récupération (**pneus**, bornes, *etc.*) ou de construction (brique, tuiles, *etc.*).

À partir de 1985, des récifs standardisés en béton marin (modules cubiques de 1 à 2 m<sup>3</sup>, et modules géants de 158 m<sup>3</sup>) ont été immergés pour former des amas chaotiques.

Dans les années 90 des épaves (3) ont pour la première fois été immergées en Méditerranée, dans la zone marine protégée de Golfe-Juan, après avoir été nettoyées de toutes sources polluantes : « l'Espadon » en 1993, remorqueur de 17 m en acier, « le Moana » en 1996, chalutier en bois de 14 m et « le Valérie » en 1999, voilier de 11 m).

**Bilan de 20 années de suivis scientifiques :**

- (i) le retour d'espèces rares, d'intérêt commercial (sars, daurades, pagres, denti) ou patrimonial et protégés (mérrou, corbs) ;
- (ii) l'accroissement de la densité des populations ;
- (iii) l'augmentation des tailles moyennes et maximales des poissons.

### **Les espèces d'intérêt commercial :**

Les espèces cibles de la pêche, recherchées par la pêche artisanale locale, contribuent à la moitié du peuplement observé (49 %).

On note la présence **d'espèces à forte valeur patrimoniale comme le corb et le mérrou** qui sont à nouveau observées régulièrement sur le site de RA.

**En 20 ans de suivis, les résultats montrent une augmentation entre 1987/1989 et 1998, suivie d'une diminution en 2008, de(s) :**

1. La Richesse spécifique (nombre moyen d'espèces observées) : 1987/1989 (12,7) et 1998 (14,2), 2008 (13,2) ;
2. Densités (nombre d'individus/m<sup>3</sup>) : 1987/1989 (1,07), 1998 (1,87) et 2008 (1,24) ;
3. Biomasses (g/m<sup>3</sup>) : 1998 (370,5) et 2008 (118,4).

Cette évolution paradoxale peut s'expliquer par la réouverture de la zone aux usages (notamment la pêche) due aux délais de renouvellement des arrêtés de concession et d'interdiction en 2004.



Photo des modules cubiques de Golfe-Juan (Daniel *et al.*, 2014)

## FICHE N°10 - Pourquoi créer de l'habitat ?

### Définition d'un récif artificiel :

« Toute construction humaine immergée, intégrée à l'écosystème dont l'objectif de conception est de protéger et de développer la faune et la flore aquatiques », FAO, 1989

Les RA pourraient être conçus avec un double objectif halieutique et récréatif (plongée) s'ils sont biomimétiques en mimant les fonctions écologiques des espèces cibles à Port-Cros et en s'intégrant dans le paysage naturel sous-marin (esthétique respectant les fonds marins, mimant le paysage cf. photo)

**L'objectif des récifs « double usage » pourrait se résumer à « Créer des beaux et bons coins de pêche et de plongée »**

- Faciliter l'installation des espèces, pour augmenter les ressources pour la pêche
- Réhabiliter les fonds marins pour créer des nouveaux sites de plongées
- Maintenir et développer certains écosystèmes en créant de nouveaux habitats diversifiés
- S'intégrer dans la trame sous-marine des corridors écologiques sous-marins (flux trophiques, corridor de déplacement)



Exemple de RA bio-mimétiques installés à Ajaccio par l'Office de l'Environnement Corse (2018)

## FICHE N°11 - Comment créer de l'habitat ?

### Mimer la nature pour l'optimiser :

Mimer les habitats naturels colonisés sur les sites de projet et faciliter l'installation des espèces en augmentant l'habitat disponible.

Habitats naturels d'espèces cibles=> guide le design des habitats artificiels reproduisant l'habitat d'espèces cibles (nécessité de plonger)



=>



### Recréer des habitats spécifiques :

- **Offrir des abris adaptés :** pour une espèce donnée, il existe une forme d'habitat adaptée et optimale répondant aux besoins d'abris, de nurricerie et de reproduction.

- **Notion de bio-mimétisme (allant jusqu'à l'intégration paysagère) :** intégration esthétique au sein d'un paysage sous-marin aux formes naturelles.



### Objectif de mimer la nature : recréer artificiellement les fonctions écologiques de l'habitat naturel

**Créer des fonctions vitales :** le but est d'assurer le renouvellement durable des ressources





## FICHE N°12 - En quoi créer de l'habitat ?

### Matériaux classiques :

- **Béton** : classe XS2 ou bétons déclassés
- **Acier** : non traité (en général, sauf épaves)
- **Autres matériaux** : pierres, pneumatiques, plastiques, céramiques, mâchefer (déchets de combustion du charbon, « ash »)

### Matériaux proactifs pour la biocolonisation :

- **Bétons décarbonaté** : les travaux de Hayek et al. (2020) montre que la biocolonisation peut être améliorée
- **Rugosité** : traitement, ajouts de granulats (coquilles d'huîtres)
- **Aciers proactifs** : bio-concrétions d'aragonite (calcium marin) formées par un courant électrolytique dirigé



1 - Déchets coquillés granulats



2 – Béton décarbonaté



3 – Béton rugueux et décarbonaté

**NB** : l'ajout de granulats coquillés n'a pas démontré de plus valu, hormis le recyclage de ces déchets (com. pers. Souche)

## **Des matériaux adaptés**

Liste des différents matériaux utilisés comme RA. Les abréviations désignent dans l'ordre relatif d'importance les principales utilisations des structures : A pêche artisanale ; C pêche commerciale ; E expérimental ; H essai de création d'habitat ; M mesure compensatoire ; R récréatif.

<b>Matériaux</b>	<b>Usages principaux des structures</b>
<b>Naturels</b>	
Bambou	A
Fibres de cocotier	A
Coquilles compactées	H,E,M
Blocs de roche	R,H,M,E
Cordes	A
Roches en gabion	H
Bois d'élagage	H
Planches de bois	R
<b>Manufacturés</b>	
Préfabriqués en béton	R,C,H,A,E,M
Éléments de chantier	R,H
Fibre de verre	R,C
Algues	E,C
Mâchefer	R,C
Pneus	R,C,H,A,E
Métal	R,C,H,M
Carcasses de voiture	C
Citernes	R
Plateformes pétrolières déclassées	R
Tramway, wagons	R,H
Bateaux	A

Le choix des industriels s'est principalement porté sur deux possibilités techniques : le béton et l'acier. Ces matériaux inertes d'origine géologique (minéral) sont biodégradables dans le milieu naturel.

Les critères permettant d'apprécier la valeur de ces matières sont aussi biologiques, ce qui comprend la qualité du substrat offert pour la faune et la flore sessile et l'inertie vis-à-vis du milieu environnant. La rugosité et la porosité des surfaces sont aussi un élément important à prendre en compte pour l'ensemble des matériaux. Les caractéristiques principales de chaque matériau sont proposées dans le tableau ci-après.

Synthèse des avantages et des inconvénients des principaux matériaux utilisés pour la réalisation de RA (adapté de Bell et al., 1997)

Matériaux	Avantages	Inconvénients	Commentaires
<b>Le béton</b>	Matériau « naturel » Surface adaptée à la fixation d'organismes, Solide et durable Non polluant dans l'eau Coût modéré Durabilité d'environ 50 ans	Manipulation et transport (poids) Faiblesse des bétons en zones tropicales (température et salinité)	Matériau le plus utilisé Nombreuses études disponibles et retour d'expériences positif Grande variété de composition et de texture Facilité de création de trous et cavités
<b>Le métal</b>	Bonnes qualités mécaniques Larges possibilités d'architecture Epaves « potentielles » disponibles Plasticité intéressante (grandes structures)	Oxydation Hétérogénéité de la corrosion, Plaques, soudures, rivets, boulons Coût des métaux importants Durabilité de 20 à 30 ans	Au Japon, les métaux sont parfois protégés par du béton Aspect " déchet " des structures après quelques années (rouille) L'électrodéposition peut être utilisée pour "naturaliser" la surface avec des carbonates naturels par électrolyse de l'eau (Hilbertz and W.H., 1978)
<b>La pierre</b>	Bon substrat de fixation Bonne résistance mécanique et chimique aux conditions marines Aspect paysager naturel Coût faible	Faibles possibilités architecturales. Manipulations peu aisées Pas de cavités intra structurelles et surface développée réduite	Valorisation de l'aspect "naturel". Intégration esthétique et paysagère. Amas d'enrochements ressemblant aux éboulis naturels
<b>Epaves (1)</b>	Coût le plus faible Volumes importants Transport et pose simplifiés Recyclage économique une fois dépollué	Image de « déchet industriel » Habitat peu sélectif Corrosion importante, faible durée de vie Hétérogénéité des matériaux d'où risques accrus de pollution Carcasses de voitures peu adaptées	Durée de vie en milieu marin très variable selon matériaux, taille et site. Les épaves de bateaux sont plus recommandables. Les parties peintes sont d'abord recouvertes d'organismes sessiles, puis l'oxydation les fait se détacher en lambeaux, laissant à nu une surface oxydée peu favorable à la fixation et potentiellement polluant (peinture).

Matériaux	Avantages	Inconvénients	Commentaires
<b>Le bois</b>	Bonne surface pour la fixation d'organismes Matériau « naturel » Non polluant Coût modéré Facile à travailler (mise en forme, transport) Bonne résistance mécanique	Dégradé par les organismes ligniphages Faible tenue dans le temps et dégradation naturelle rapide Les essences résistantes sont des bois tropicaux coûteux Sensible aux contraintes hydro-sédimentaires Faible densité, lestage important	Usage ornemental éventuel pour des sentiers sous-marins par exemple.  Bonne efficacité en eaux peu profondes.
<b>Les pneumatiques</b>	Disponibilité et faible coût Durabilité supérieure à 40 ans en milieu marin	Faible densité Mauvais substrat Risque de relargage de métaux lourds (Zn, Pb et autres micropolluants) Lestage et arrimage obligatoires mais sans assurance de tenue du récif Faible niveau de colonisation Image négative (déchets)	Les gros pneus peuvent favoriser la fixation de certains épibiontes (gommes naturelles, grosses stries accumulant des sédiments) Image trop négative pour être développé à grande échelle Pollution des sédiments (Daniel et al., 2014) Echec systématique des essais (Floride 1970, Cap Breton 1990, Antibes 2004)
<b>Le plastique</b>	Bonne résistance aux conditions marines Grandes possibilités architecturales	Coût en général très élevé Pollution par dégradation (micro plastique) Densité faible (ancrage en béton ou chainages) Surface lisse, colonisation plus lente	Son utilisation se limite souvent à la réalisation de dispositifs mobiles pour la conchyliculture ou à l'assemblage de modules d'un autre matériau.
<b>Le mâchefer (2)</b>	Disponible à faible coût Solution de recyclage potentielle bénéficiant d'une image positive Mêmes avantages que le béton	Il faut être sûr de la méthode de stabilisation pour éviter toute pollution ou relargage de métaux lourds Image parfois négative de " déchet "	Une part de ces déchets considérés comme impropres à l'utilisation dans le bâtiment est actuellement rejetée en mer, polluant ainsi le milieu marin côtier quand il n'est pas compacté

**(1) Les épaves :** Il s'agit d'un cas particulier, car leur immersion a été jusqu'à très récemment fortuite (cas de l'Antonio Lorenzo, à la Réunion). Elles ont pourtant constitué les premiers RA au sens strict de construction humaine immergée. Très en vogue sur les côtes d'Amérique du Nord, elles accueillent de nombreux amateurs de plongée.