



**Suivi scientifique
des récifs artificiels**

Capbreton

Soustons / Vieux-Boucau

Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ

Année 2018



Suivi scientifique des récifs artificiels

Capbreton

Soustons / Vieux-Boucau

Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ

Année 2018

SEANEO
Agence Atlantique – Siège social

65 Rue du Lieutenant Lumo

40000 MONT DE MARSAN

France

Tél. / Fax : +33 (0)4 67 65 11 05

Mobile : +33 (0)6 76 09 03 95

Courriel : thomas.scourzic@seaneo.com

www.seaneo.com



Responsables de l'étude : Thomas SCOURZIC

Rédacteur du rapport : Julia MARTIN

Crédits photographiques : Mathieu FOULQUIE

Rédacteur		Vérificateur		Approbateur	
Date	Nom/Visa	Date	Nom/Visa	Date	Nom/Visa
27/02/2019	Martin	01/03/2018	Soulat	03/06/2019	Scourzic
REVISIONS					
Date	Nature de la modification	Auteurs de la modification		Version	

Avertissement : Les documents rendus par SEANEO dans le cadre de cette étude, engagent sa responsabilité et sa crédibilité scientifique. Ils ne peuvent, pour cette raison, être modifiés sans son accord.

Ce document doit être cité de la manière suivante :

Martin J., 2019. Suivi scientifique des récifs artificiels – Capbreton -Soustons / Vieux-Boucau – Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ - 2018. Contrat ALR & SEANEO. SEANEO. : 83p.

Table des matières

Introduction	9
Contexte et objectifs de l'étude	10
1. Récifs artificiels	10
2. Récifs artificiels d'Aquitaine Landes Récifs	11
2.1. Aquitaine Landes Récifs actuellement	11
2.2. Implantation des récifs artificiels	11
2.3. Caractéristiques physiques des zones étudiées	16
2.4. Suivi scientifique	19
2.5. Objectifs des récifs artificiels d'ALR	22
Matériels et méthodes	23
1. Embarcation utilisée	23
2. Equipe d'intervention	23
3. Matériels	24
3.1. Matériel de plongée	24
3.2. Matériel de mesure	26
3.3. Matériel de prise de vue	27
4. Méthodologie	29
4.1. Période et fréquence d'échantillonnage	30
4.2. Etude des paramètres physiques	31
4.3. Etude des paramètres biologiques	34
4.4. Analyse des données	37
Résultats	39
1. Paramètres physiques	39
1.1. Capbreton Buse – site 2	39
1.2. Capbreton - Typi	40
1.3. Capbreton – Babel	41
2. Paramètres biologiques toutes concessions - 2018	42
2.1. Faune pionnière	42
2.2. Vertébrés	45

3. Comparaisons historiques pour la concession de Capbreton	54
3.1. Faune pionnière	54
3.2. Vertébrés	61
Discussion	70
1. Paramètres physiques	70
2. Paramètres biologiques	70
2.1. Année 2018	70
2.2. Comparaisons historiques	72
2.3. Limite de la démarche	72
2.4. Propositions	73
Conclusion	74
Bibliographie	76

Liste des figures

Figure 1 : Historique de l'association de l'association Aquitaine Landes Récifs.....	9
Figure 2 : Localisation des trois zones de récifs artificiels (ALR, com. pers.).....	12
Figure 3 : Présentation des récifs artificiels Buse, Typi et Babel de gauche à droite.	12
Figure 4 : Représentation schématique des récifs artificiels de Capbreton (ALR, com. pers.).....	14
Figure 5 : Représentation schématique des récifs artificiels de Soustons / Vieux-Boucau (ALR, com. pers.).....	15
Figure 6 : Représentation schématique des récifs artificiels de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ (ALR, com. pers.).....	16
Figure 7 : Rides de sables observées à proximité des récifs (Mathieu Foulquié ©SEANEO).....	16
Figure 8 : Le Barracuda III (©ALR).....	23
Figure 9 : Suivi scientifique des récifs artificiels en plongée sous-marine (ALR).....	30
Figure 10 : Différentes mesures utilisées pour calculer l'indice d'enfouissement d'un récif quelconque.	32
Figure 11 : Différentes mesures utilisées pour calculer l'indice d'effondrement d'un récif.	33
Figure 12 : Vue d'ensemble des récifs artificiels (Mathieu Foulquié ©SEANEO).....	34
Figure 13 : Représentation schématique de la première phase du comptage, les espèces mobiles et difficile d'approche.....	35
Figure 14 : Représentation schématique de la deuxième phase du comptage, les espèces à proximité immédiate du récif.	35
Figure 15 : Représentation schématique de la troisième phase du comptage, les espèces vivant à l'intérieur du récif.	36
Figure 16 : Paramètres physiques des récifs artificiels de type Buse – site 2 de Capbreton.....	39
Figure 17 : Paramètres physiques du récif artificiel Typi de Capbreton.	40
Figure 18 : Paramètres physiques du récif artificiel Babel de Capbreton.....	41
Figure 19 : Anémone encroûtante brune (<i>Epizoanthus couchii</i>) et Anémone marguerite (<i>Actinothoe sphyrodeta</i>) (Mathieu Foulquié ©SEANEO).....	43
Figure 20 : Ponte de poulpe et ponte de nudibranche (Jean Celestrino ©ALR).....	43
Figure 21 : Poulpe (<i>Octopus vulgaris</i>) (Mathieu Foulquié ©SEANEO).....	44
Figure 22 : Dromie (<i>Dromia personata</i>) (Antoine Desbordes ©ALR).....	45
Figure 23 : Nombre moyen de familles de vertébrés par suivi pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.....	46
Figure 24 : Abondance moyenne pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.	50
Figure 25 : Abondance moyenne en fonction des classes de taille pour chaque zone de récif artificiel en 2018.....	51
Figure 26 : Abondance moyenne de chinchards en fonction des classes de taille pour chaque zone de récif artificiel en 2018.....	52

Figure 27 : Abondance moyenne de tacauds en fonction des classes de taille pour chaque zone de récif artificiel en 2018.	53
Figure 28 : Clione jaune (<i>Cliona celata</i>) (©ALR).	54
Figure 29 : Chartelle (<i>Chartella papyracea</i>) (Jean Celestrino ©ALR).	55
Figure 30 : Crimora à papilles (<i>Crimora papillata</i>) (Jean Celestrino ©ALR)	58
Figure 31 : Nombre moyen de familles pour chaque zone de récifs artificiels.	61
Figure 32 : Abondance moyenne pour chaque zone de récifs artificiels.	67
Figure 33 : Abondance moyenne par classe de taille pour le récif artificiel Buse – site 2.	68
Figure 34 : Abondance moyenne par classe de taille pour le récif artificiel Typi.	69

Liste des tableaux

Tableau 1 : Synthèse des avantages et des inconvénients des méthodes par pêche et par plongée pour l'évaluation des peuplements de poissons sur les récifs artificiels (Charbonnel <i>et al.</i> , 1995, 1997). ...	20
Tableau 2 : Type de matériel de plongée utilisé.....	24
Tableau 3 : Type d'ordinateur de plongée utilisé.	27
Tableau 4 : Type de matériel de prise de vue photographique.....	28
Tableau 5 : Type de matériel de prise de vue vidéo	28
Tableau 6 : Echantillonnage des sites de plongées en 2018.....	31
Tableau 7 : Invertébrés fixés observés en 2018 sur l'ensemble des concessions.	42
Tableau 8 : Invertébrés mobiles et pontes observés sur l'ensemble des concessions en 2018.	44
Tableau 9 : Nombre moyen de familles de vertébrés par suivi pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.....	46
Tableau 10 : Fréquences d'occurrences des vertébrés rencontrés sur les récifs artificiels en 2018. ..	48
Tableau 11 : Abondance moyenne pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.....	49
Tableau 12 : Abondance moyenne par classe de taille et par campagne pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.....	51
Tableau 13 : Abondance moyenne de chinchards par classe de taille pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.....	52
Tableau 14 : Abondance moyenne de tacauds par classe de taille et par campagne pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.	53
Tableau 15 : Liste des invertébrés fixés observés sur le récif artificiel Buse – site 2.	56
Tableau 16 : Liste des invertébrés fixés observés sur le récif artificiel Typi.	57
Tableau 17 : Liste des invertébrés mobiles observés sur le récif artificiel Buse - site 2.....	59
Tableau 18 : Liste des invertébrés mobiles observés sur le récif artificiel Typi.	60
Tableau 19 : Nombre moyen de familles pour chaque zone de récifs artificiels.....	61
Tableau 20 : Liste des vertébrés rencontrés sur le récif artificiel Buse – site 2 -1/2.....	63
Tableau 21 : Liste des vertébrés rencontrés sur le récif artificiel Buse – site 2 -2/2.....	64
Tableau 22 : Liste des vertébrés rencontrés sur le récif artificiel Typi.	65
Tableau 23 : Abondance moyenne pour chaque zone de récifs artificiels.....	66
Tableau 24 : Abondance moyenne par classe de taille pour le récif artificiel Buse – site 2.	68
Tableau 25 : Abondance moyenne par classe de taille pour le récif artificiel Typi.	69

INTRODUCTION

En 1996, suite au constat alarmant de l'appauvrissement des ressources halieutiques sur la côte Aquitaine, l'association Aquitaine Landes Récifs (ALR) est créée par Gérard Fourneau, pêcheur de surf casting, afin de proposer des solutions concrètes pour la conservation de la biodiversité et de la ressource naturelle tout en permettant une exploitation durable et économiquement viable (Figure 1).

Le projet d'implantation de récifs artificiels mené par l'association a mobilisé dès le départ les pêcheurs professionnels, les pêcheurs de surf casting, les plaisanciers, les biologistes, les plongeurs, les collectivités territoriales ou encore des entreprises et des fondations privées.

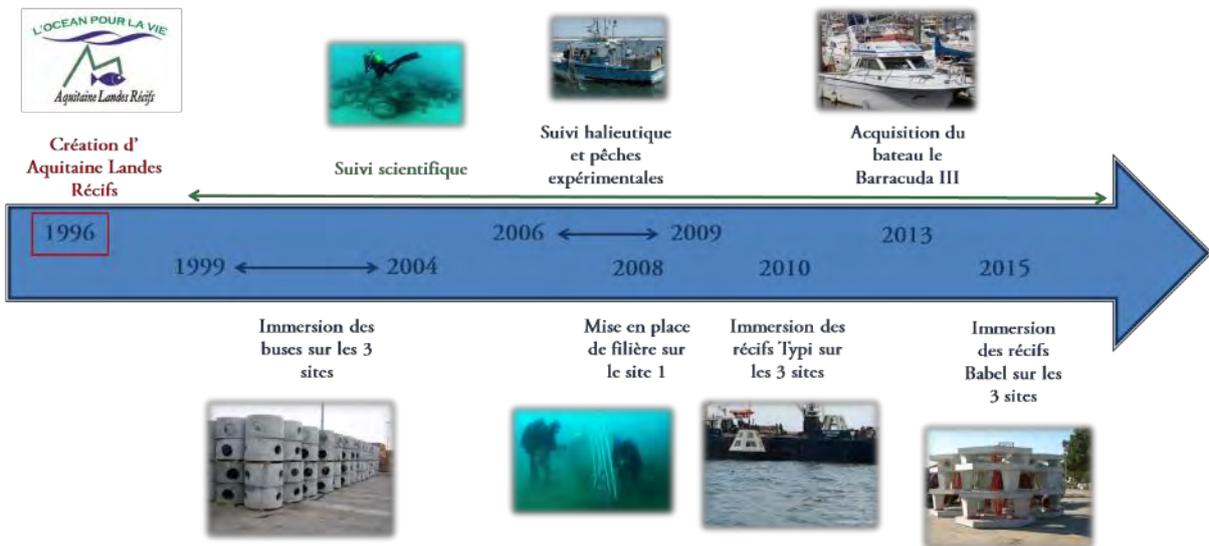


Figure 1 : Historique de l'association de l'association Aquitaine Landes Récifs.

Entre 1996 et 2015, l'association s'est centrée sur l'immersion de récifs artificiels et leur suivi scientifique. Au total, 2 600 m³ de récifs artificiels ont été immergés entre 1999 et 2015 sur 3 concessions de cultures marines (Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau et Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ). Les implantations successives de récifs artificiels ont permis une augmentation de la richesse spécifique des eaux adjacentes, démontrée par le suivi scientifique ainsi que par l'augmentation des prises par les pêcheurs professionnels et amateurs.

Ce document présente les résultats obtenus lors des campagnes de suivis scientifiques de 2018 menés par les plongeurs de l'association Aquitaine Landes Récifs et SEANEO sur l'ensemble des concessions. Une comparaison avec les données antérieures est également réalisée sur le récif artificiel Typi et sur le récif artificiel Buse - site 2 de Capbreton.

CONTEXTE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

1. Récifs artificiels

Les récifs artificiels sont utilisés depuis plusieurs décennies dans le monde entier, les tous premiers ayant été installés par les japonais dès 1952 (Lefevre *et al.*, 1984). Leur but général est la protection locale de la faune et de la flore marines via la restauration de leurs habitats dégradés (Baine, 2001).

Le concept des récifs artificiels est lié à l'observation faite par les pêcheurs que la pêche était bien plus importante au voisinage d'épaves ou de structures volontairement immergées. Dans un premier temps, les poissons et les invertébrés mobiles sont attirés par ces nouvelles structures, puis, dans un second temps, une véritable production de biomasse peut se réaliser. Des réseaux trophiques complexes peuvent alors s'installer et un nouvel écosystème peut se développer.

Les récifs artificiels sont fréquemment utilisés comme un outil de gestion intégrée de la zone côtière, au même titre que d'autres outils tels que les Aires Marines Protégées (Claudet, 2006). En effet, les zones côtières sont des habitats soumis à de fortes pressions anthropiques (pêche, activités nautiques, tourisme, urbanisation, etc.) et ce, depuis de nombreuses années. Cela a été tout particulièrement observé sur les côtes du Golfe de Gascogne (Lorance *et al.*, 2009 ; Léauté et Caill-Milly, 2003).

Or, ces zones côtières, frontières entre le milieu marin et le milieu terrestre, constituent des habitats primordiaux pour certaines espèces, jouant un rôle clé dans leur cycle biologique (Planes *et al.*, 2000). En imitant la structure de certains récifs rocheux naturels, les récifs artificiels procurent de nombreuses cachettes et niches. Les poissons utilisent ces cavités pour se protéger de leurs prédateurs mais aussi comme lieu de ponte et de nutrition.

Elles sont soumises à une forte pression anthropique à travers de nombreux usages qui ont profondément évolué ces dernières décennies (Bretagnolle *et al.*, 2000 ; Rogers et Beets, 2001 ; Léauté et Caill-Milly, 2003) et les écosystèmes côtiers s'en trouvent profondément affectés.

Cette pression sans cesse croissante peut être, à terme, préjudiciable à la pérennité de ces milieux riches du point de vue biologique, et dont les écosystèmes assurent un renouvellement des ressources vivantes exploitées tant sur place que vers le large ou l'intérieur des terres (Léauté et Caill-Milly, 2003).

Le littoral aquitain, comme bon nombre de zones côtières, a souffert d'une exploitation intensive (Léauté et Caill-Milly, 2003) et les ressources halieutiques ont été parfois mal gérées (capture d'individus trop jeunes, pêche en période de reproduction, etc.) avec, pour conséquence, une diminution des stocks pour de nombreuses espèces. Cette situation de mauvaise exploitation, voire de surexploitation, entraîne des difficultés non seulement pour la conservation des ressources vivantes, mais aussi pour le maintien de certaines activités économiques. En quelques années, le littoral aquitain a connu de nombreux bouleversements concernant les activités halieutiques (Léauté, 2000).

Face aux pressions constantes exercées par les activités humaines sur le littoral et aux dégradations de l'environnement marin et de ses ressources, les récifs artificiels peuvent représenter un des outils de gestion intégrée de la bande côtière et des ressources littorales, au même titre que la mise en place d'Aires Marines Protégées.

Les récifs artificiels sont une réponse aux problèmes concernant les ressources côtières, les écosystèmes et les pêches. Actuellement, ils forment un élément important des plans de gestion intégrée de nombreux pays (Seaman et Hoover, 2001 ; Anon, 2003 ; Wilson *et al.*, 2003). Les récifs artificiels ont maintenant de plus larges applications, principalement au niveau écologique, contribuant entre autres à la production biologique pour favoriser la biodiversité, la protection de juvéniles et la revitalisation des écosystèmes (Santos et Monteiro, 1997, 1998 ; Pondela *et al.*, 2002 ; Stephens et Pondela, 2002).

2. Récifs artificiels d'Aquitaine Landes Récifs

2.1. Aquitaine Landes Récifs actuellement

En 2017, suite au décès de Gérard Fourneau, le président et le fondateur de l'association, il apparaît essentiel de démontrer l'utilité de ces structures et leur rôle tant au niveau environnemental que sociétal. C'est pourquoi l'association a choisi de réfléchir avec les bénévoles, les salariées et les différents partenaires sur la redéfinition de ses orientations stratégiques avec le soutien d'un cabinet d'expertise, Ellyx dans le cadre d'un Dispositif Local d'Accompagnement.

ALR souhaite élargir ses partenariats scientifiques sur différentes thématiques s'appliquant au milieu marin et aux récifs artificiels tels que l'ichtyofaune, le benthos, la sédimentologie, l'hydrodynamisme, les variations climatiques. ALR propose, à ses partenaires, ses concessions comme stations de suivis ainsi que ses moyens matériels et logistiques.

En 2018, Aquitaine Landes Récifs compte 75 adhérents, dont 6 administrateurs et 15 plongeurs bénévoles. L'association emploie deux salariées à temps plein :

- Elodie Zaccari, responsable de projet salariée depuis 2009, en CDI ;
- Jessica Salaün, chargée de missions salariée depuis octobre 2017, en CDD, dont le poste a vocation à être pérennisé. Une thèse au sein de l'association lui a été proposée.

2.2. Implantation des récifs artificiels

Les récifs artificiels de l'association Aquitaine Landes Récifs ont été implantés sur le plateau continental, au large des communes de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau et Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ.

Ils sont immergés sur un fond plat, sableux à une vingtaine de mètres de profondeur, à environ 2 milles de la côte (Figure 2).

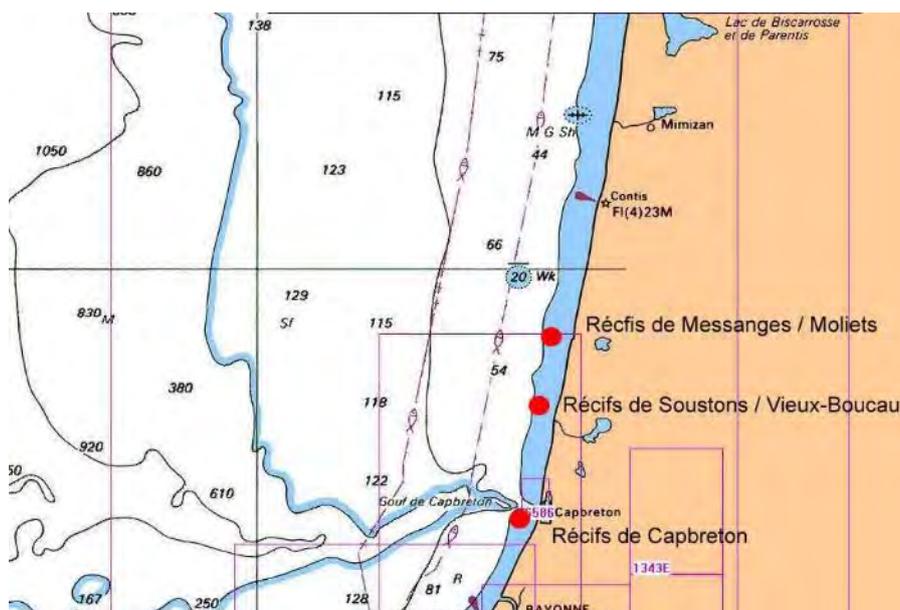


Figure 2 : Localisation des trois zones de récifs artificiels (ALR, com. pers.).

Les zones de récifs artificiels sont constituées de module type Buses, Typi et Babel (Figure 3).



Figure 3 : Présentation des récifs artificiels Buse, Typi et Babel de gauche à droite.

Les buses sont des modules en béton de forme cylindrique. Leur diamètre moyen est de 120 cm, pour une longueur de 1 m et pour un poids compris entre 0,9 et 1,6 tonne. Chaque buse a un volume d'environ 1 m³.

Le Typi a une forme pyramidale. Cette structure de 13 tonnes pour 2,6 m de haut représente non seulement un réel obstacle au chalutage mais vient aussi augmenter le volume et la diversité des récifs artificiels déjà en place.

Le module Babel mesure 2,5 m de haut pour 2,7 m de large et un poids de 10 tonnes.

Les chaluts de fond et pélagiques sont interdits dans la zone des 3 milles nautiques du fait de l'importance écologique (zone de reproduction et de recrutement de nombreuses espèces, zone de migration, etc.) et de la sensibilité de cette zone géographique (surexploitation halieutique, pollution, etc.). Les récifs artificiels représentent un obstacle à ces pratiques et limitent cette pêche illégale au chalut et les dégradations des fonds associées. Une régénération du potentiel de production biologique des fonds meubles aménagés est envisageable. Fang (1992) a montré que la présence de récif artificiel permettait d'augmenter la production primaire locale mais que celle-ci restait proportionnelle à la productivité initiale de la zone.

2.2.1. Capbreton

Sur la zone de Capbreton, les buses, disposées en amas chaotique, ont été immergées le 9 août 1999 depuis une barge. Cette méthode a eu pour conséquence de former une structure d'ensemble peu élevée et étalée sur une grande surface.

La zone de Capbreton, d'environ 800 m³, comporte trois sites de buses plus ou moins distincts (Figure 4) :

- Site 1 : le substrat sur lequel sont implantés les récifs artificiels est constitué de sable. Le fond est plat. La profondeur est d'environ 18 m. La superficie de ce récif est d'environ 418 m² ;
- Site 2 : ce site est distant de 200 m du site 1. La profondeur du site est d'environ 20 m. Le fond est plat et sableux. La superficie de ce récif est d'environ 300 m².
- Site 3 : ce site est distant d'une quinzaine de mètres du site 2. La profondeur du site est d'environ 20 m. Le fond est plat et sableux. La surface du site est d'environ 160 m².

En 2010, une autre immersion a eu lieu à l'aide du baliseur Gascogne pour un nouveau type de module nommé Typi (un seul module immergé d'un volume de 70 m³).

En 2015, le récif nommé Babel a été immergé à l'aide du baliseur Gascogne, en même temps qu'une structure métallique appelée Néréïde.



Figure 4 : Représentation schématique des récifs artificiels de Capbreton (ALR, com. pers.).

2.2.2.Soustons / Vieux-Boucau

Cette zone a été mise en place entre août 2001 et avril 2002. Elle comporte 7 amas de buses en béton disposés de manière circulaire. Le site 5 a été emporté par un chalut. Dans cette zone, les buses ont été liées par 5 et empilées sur environ 3 mètres de haut (Figure 5).

En 2010, une autre immersion a eu lieu à l'aide du baliseur Gascogne pour un nouveau type de module nommé Typi (un seul module immergé d'un volume de 70 m³) et formant un site nommé Typi.

En 2015, le récif nommé Babel a été immergé à l'aide du baliseur Gascogne et forme un site nommé Babel.

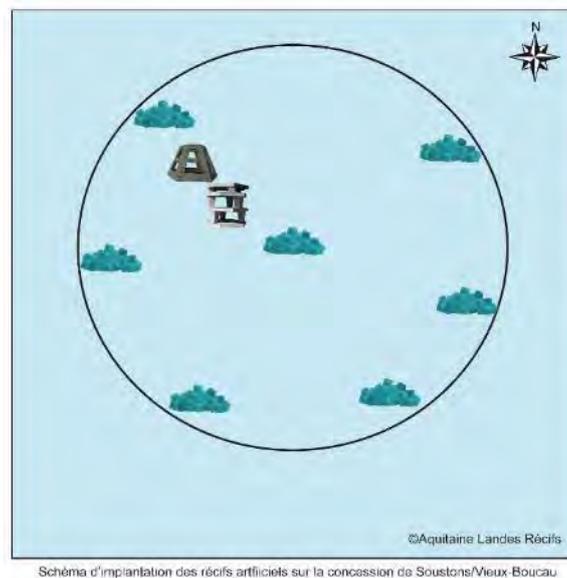


Figure 5 : Représentation schématique des récifs artificiels de Soustons / Vieux-Boucau (ALR, com. pers.).

2.2.3.Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ

Les modules de cette zone ont été immergés en novembre 2003. Le site est composé de trois amas d'environ 200 buses (Figure 6). Chaque amas représente environ 200 m³. Le substrat est un fond sableux. La profondeur est d'une vingtaine de mètres.

En 2010, une autre immersion a eu lieu à l'aide du baliseur Gascogne pour un nouveau type de module nommé Typi (un seul module immergé d'un volume de 70 m³) et formant un site nommé Typi. En 2015, le récif nommé Babel a été immergé à l'aide du baliseur Gascogne et forme un site nommé Babel.

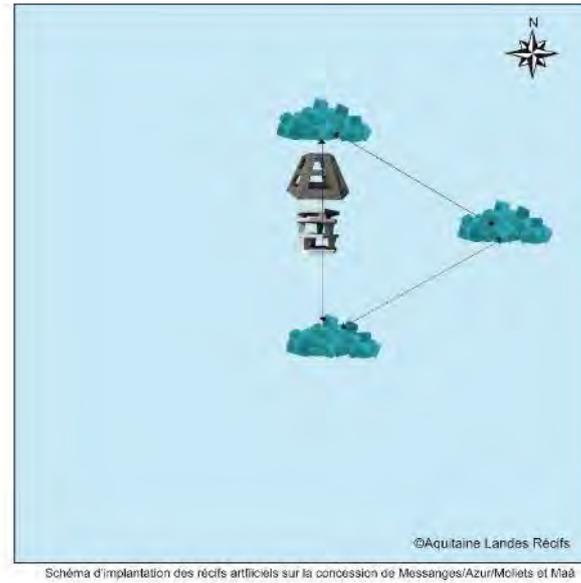


Figure 6 : Représentation schématique des récifs artificiels de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ (ALR, com. pers.).

2.3. Caractéristiques physiques des zones étudiées

De Vieux-Boucau à Capbreton, la côte est orientée globalement Nord-Sud et de 8° vers l'Est, comme pratiquement l'ensemble du littoral aquitain. La côte est oblique par rapport à la direction de la houle dominante de Nord-Ouest. La plage sous-marine (limitée à 20 mètres de profondeur) subit l'action de cette houle, qui se traduit par des rides de sable (ripple-marks) observées en plongée (Figure 7).



Figure 7 : Rides de sables observées à proximité des récifs (Mathieu Foulquié ©SEANEO).

Au-delà de 20 mètres de profondeur et jusqu'à 40 mètres, la houle n'agit que de façon périodique, notamment lors des tempêtes. Au niveau de Capbreton, la rupture de pente près du rivage se situe entre 6 et 11 mètres de profondeur avec une pente qui peut aller jusqu'à 2,5% ce qui provoque le déferlement de la houle.

La pente moyenne du plateau continental est de 0,8% entre les isobathes 20 et 25 mètres.

Dans cette zone, les courbes isobathes sont parallèles entre elles et aussi globalement parallèles au trait de côte (Biosub, 2001).

2.3.1.Vents

Le Golfe de Gascogne est largement ouvert aux vents marins de Nord-Ouest, d'Ouest et de Sud-Ouest qui soufflent sur de longues distances (Bernon *et al.*, 2016). Deux régimes secondaires de vent se distinguent, l'un de secteur Sud, l'autre de secteur Est à Sud Est (SIEE, 2006). Ces vents se distinguent des précédents par de faibles fréquences et de faibles intensités (Voisin Ingénieur Conseil Environnement, 2002).

Les vents génèrent des courants superficiels par leur action à la surface de la mer. Ainsi ils peuvent déplacer de grandes masses d'eau. Cela se traduit par des mouvements verticaux lorsque ces masses heurtent la côte ou s'en éloignent entraînant des variations de température.

2.3.2.Courants

Il existe un courant général dans le Golfe de Gascogne qui longe la côte landaise dans le sens Nord-Sud puis incurve sa trajectoire vers l'Ouest en rencontrant la côte basque pour longer ensuite la côte espagnole (Biosub, 2001).

La houle induit un courant de dérive en rencontrant la côte. Ce courant suit la trajectoire du courant général, mais localement (quelques centaines de mètres), il peut y être opposé.

2.3.3.Marée

La marée de type semi-diurne pénètre dans le Golfe de Gascogne par le Sud-Ouest. Les courants de marée vont aussi participer à la remise en suspension et au transport des sédiments. Des mesures ont montré que la vitesse des courants de marée près du fond est plus faible à proximité de la côte qu'au large (Barthe et Castaing, 1989).

La côte sableuse (du Nord Biarritz au Sud de Royan) possède un marnage en marée semi-diurne qui varie de 4,3 m en morte-eau, à 5,5 m en vive-eau. Ce marnage augmente du sud vers le nord, de 4,3 m à l'embouchure de l'Adour jusqu'à 5,5 m en Gironde (Bernon *et al.*, 2016).

La différence de hauteur entre une basse mer et une pleine mer est de 3,1 m en moyenne (Bernon *et al.*, 2016).

2.3.4.Houle

Le Golfe de Gascogne est ouvert aux influences marines d'Ouest et de Nord-Ouest sur une longueur pratiquement infinie, pouvant favoriser le développement d'une houle très importante. Cette dernière est générée par des flux dépressionnaires de l'Atlantique Nord. C'est pourquoi le littoral aquitain est particulièrement réputé pour sa puissante houle. Cependant, sur l'ensemble de l'année, le climat de houle du Golfe de Gascogne se caractérise par une prédominance des vagues de faible amplitude (Bernon *et al.*, 2016). Ainsi, au large du Cap-Ferret entre 2001 et 2013 :

- 70 % de vagues sont inférieures ou égales à 2,0 m ;
- 25% de vagues sont entre 2,0 et 4,0 m ;
- 5% de vagues sont supérieures à 4,0 m.

C'est en hiver qu'on recense le plus de vagues supérieures à 2,0 m (40% en hiver, contre 25% en été).

2.3.5.Température

Durant la saison estivale, avec un vent dominant orienté Nord à Nord-Ouest, les couches superficielles de la mer le long du littoral se réchauffent (entre 19 et 20°C en 2010) et voient leur épaisseur augmenter (jusqu'à 3 mètres). Mais, quelques jours de vent de terre (en général de secteur Sud) peuvent repousser ces masses chaudes causant la remontée de couches profondes en général plus froides (17°C jusqu'à 15 mètres de profondeur puis 11°C environ). Il faut noter que des masses d'eau de température ou de salinité différentes ne se mélangent pas car elles n'ont pas la même densité (Vendermeirsch, 2010).

2.3.6.Dynamique sédimentaire

De par la direction de la houle dominante par rapport à la position de la côte, le transport de sable peut être considéré comme parallèle à la côte, du Nord vers le Sud par la dérive littorale. Cependant, ce phénomène de transit sédimentaire est plus complexe en raison de la présence du Gouf de Capbreton.

Une étude sur la mobilisation des sédiments par l'action des courants et de la houle du plateau du Golfe de Gascogne a montré que (Barthe et Castaing, 1989) :

- Les houles de faibles périodes (inférieures à 10 secondes) ont peu d'action sur les sédiments. Lors de la période estivale, les sables de la plage sous-marine ne seront pas remis en mouvement ;
- Pour des périodes moyennes de 12 secondes (houle hivernale supérieure à 2 mètres de hauteur), les sédiments peuvent être remobilisés jusqu'à 30 mètres de profondeur. Ces conditions peuvent correspondre à 30 jours par année ;

- Les houles de tempêtes (périodes supérieures à 15 secondes) sont capables de remobiliser les sédiments sur tout le plateau. Dans de telles conditions, l'impact des houles se fait sentir à des profondeurs plus importantes que lors des conditions moyennes. Ces conditions peuvent être assimilées à 15 jours par année.

La zone de Capbreton se situe à proximité du lac marin d'Hossegor. Le ruisseau du Boudigot qui se jette dans le port de Capbreton est susceptible d'apporter des éléments nutritifs, minéraux et organiques qui pourraient être utilisés par la faune voisine. A Soustons / Vieux Boucau, la proximité avec le lac de Port d'Albret permet de garantir ces apports et la zone de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ se trouve à proximité du courant d'Huchet. Toutes les concessions sont localisées au Sud de ces points d'eau, afin de bénéficier des courants marins Nord Sud pour charrier les éléments nutritifs, minéraux et organiques vers les 3 concessions.

2.4. Suivi scientifique

L'évaluation des peuplements ichtyologiques peut être réalisée de deux manières différentes :

- Utilisation de méthodes destructives, avec des engins de pêche traditionnels (trémail, filet maillant, chalut, palangre, canne, hameçons, etc.) ou d'autres engins (fusil-harpon, divers poisons, etc.) ;
- Utilisation de méthodes conservatrices, directes (évaluation en plongée par des comptages visuels, enregistrement vidéo et/ou photo) (Tessier *et al.*, 2005) ou indirectes (ROV ou caméra téléguidé depuis la surface, station hydroacoustique) (Fabi et Sala, 2002).

Les avantages et les inconvénients des deux méthodes pour le suivi scientifique des peuplements ichtyologiques ont été analysés par Charbonnel *et al.* (1995, 1997) (Tableau 1).

Tableau 1 : Synthèse des avantages et des inconvénients des méthodes par pêche et par plongée pour l'évaluation des peuplements de poissons sur les récifs artificiels (Charbonnel et al., 1995, 1997).

	Pêche expérimentale	Plongée sous-marine
Avantages	<p>Données précises sur tailles et poids des individus ; Spécimens disponibles pour d'autres analyses (alimentation, reproduction) ; Nombre d'espèces échantillonnées, en théorie, plus important ; Evaluation de l'impact bénéfique des récifs sur la pêche professionnelle ; Possibilité d'échantillonner les espèces nocturnes.</p>	<p>Surface et volumes échantillonnés connus (calculs d'abondance et de biomasses) ; Caractéristiques du site connues ; Pas de prélèvement dans le peuplement étudié (comparaisons répétées et suivi à long terme possible) ; Données sur les espèces vivant à l'intérieur et autour du récif ; Evaluation plus efficace des espèces craintives et bonnes nageuses (Sparidae) ; Possibilité d'observation sur le comportement.</p>
Inconvénients	<p>Pas d'accès à l'intérieur des récifs et accès limité entre les récifs ; Méthode aveugle, pas de contrôle des caractéristiques de la zone échantillonnée ; Evitement des poissons devant l'engin de pêche, sous-estimation des biomasses ; Suivi régulier à long terme du peuplement impossible sur des petits récifs.</p>	<p>Comptages impossibles si turbidité importante ; Obligation d'un entraînement régulier et d'une intercalibration des observateurs ; Interactions entre plongeur / poisson ; Temps d'intervention limité (problème d'étude des variabilités spatiales et temporelles).</p>

Les méthodes par pêche ont été largement utilisées en Europe sur les récifs de la Mer Adriatique (Bombace *et al.*, 1994 ; Fabi et Fiorentini, 1994) et sur les anciens récifs du Languedoc- Roussillon (immergés en 1985) par l'IFREMER (Duval-Mellon, 1987 ; Duclerc et Bertrand, 1993).

Les pêches expérimentales (filets trémails, chalutage) et les enquêtes sur les débarquements, menées par l'IFREMER, ont été effectuées sur des zones trop éloignées des récifs pour pouvoir montrer l'impact halieutique bénéfique attendu (Duval-Mellon, 1987 ; Duclerc et Bertrand, 1993). De plus, une technique de pêche classique comme le chalutage sous-échantillonne fortement les *Sparidae* (Harmelin-Vivien et Francour, 1992). En Méditerranée et en Atlantique, les *Sparidae* représentent la principale famille de poissons d'intérêt commercial rencontrée sur les récifs.

Le suivi réalisé par l'IFREMER a été vivement critiqué sur le plan scientifique (Ody, 1990 ; Marinaro, 1995 ; Jensen et Collins, 1995) mais également sur le plan politique. En effet, les conclusions de ce suivi ont conduit la France, leader dans le domaine de l'immersion de récifs artificiels dans les années 1980, à adopter une attitude prudente, alors que les pays voisins (Italie et Espagne) développaient d'importants programmes d'aménagement de leur bande côtière en récifs, financés par l'Europe.

Les évaluations visuelles en plongée sous-marine comportent également un certain nombre de biais, synthétisés par Harmelin-Vivien *et al.* (1985). Les sources d'erreurs proviennent à la fois de l'observateur, du sujet observé et des interactions qu'ils peuvent établir entre eux. Néanmoins, cette méthode non destructive ne perturbe pas les peuplements en place et n'entraîne pas un biais d'échantillonnage trop important contrairement aux méthodes destructives qui laissent croire à une plus grande précision (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). Les comptages en plongée permettent d'échantillonner les espèces à domaine vital étendu (sars, bars), les espèces à plus faible déplacement spatial, inféodées au récif (labres, serrans, tacauds, ombrines) ou les espèces cryptiques du récif (congres, rascasses, blennies, gobies). Les relevés visuels constituent toutefois une estimation car la totalité du peuplement ne peut pas être pris en compte.

Chaque méthode présentant des avantages et des inconvénients, l'utilisation complémentaire de ces deux techniques d'échantillonnage (pêche et plongée sous-marine) a donc été choisie pour le suivi des récifs artificiels de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau, Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ, comme ce fut le cas en Italie (Fabi et Fiorentini, 1994), au Portugal (Nevès-Santos, 1997) et en France (Collart et Charbonnel, 1998 ; Dalias *et al.*, 2006a et b ; Lenfant *et al.*, 2007 ; Scourzic et Dalias, 2007 ; Dalias et Scourzic, 2008 ; Dalias *et al.*, 2008 ; Lenfant *et al.*, 2008 ; Dalias *et al.*, 2009). Ces méthodes de suivis permettent d'évaluer les récifs artificiels et de répondre à l'objectif d'obtenir une vision plus globale des diverses fonctions et des rôles biologiques et écologiques qu'assurent les récifs artificiels au sein de l'écosystème côtier.

Cependant, les difficultés technique et financière de ce double suivi ont contraint l'association à ne l'effectuer qu'en 2007 et qu'en 2008. Seul le suivi scientifique visuel en plongée sous-marine a été réalisé les autres années.

2.5. Objectifs des récifs artificiels d'ALR

L'association Aquitaine Landes Récifs poursuit le suivi scientifique des récifs dans le but de déterminer s'ils répondent bien aux objectifs de leur mise en place. Ces objectifs sont d'offrir un habitat propice au développement et au maintien de la faune et de la flore marine.

Plus particulièrement, l'objectif du suivi est d'étudier la colonisation des récifs artificiels installés par l'association Aquitaine Landes Récifs afin d'obtenir une vision plus globale des diverses fonctions et des rôles biologiques et écologiques qu'assurent les récifs artificiels au sein de l'écosystème côtier.

MATERIELS ET METHODES

1. Embarcation utilisée

Le Barracuda III est une vedette hauturière de type ARCOA 1080, à l'origine utilisée pour la pêche sportive en Méditerranée. D'une longueur de 10,8 m et d'une largeur de 3,3 m, il est constitué de deux moteurs de 270 cv et d'une plage arrière de 10 m². L'association Aquitaine Landes Récif a acquis ce navire en 2013. Cela lui permet d'être indépendante dans le cadre des différents suivis scientifiques et d'assurer une surveillance régulière des récifs artificiels.

La surface de pont, la taille et l'aménagement du bateau permettent d'accueillir au moins 4 plongeurs, une équipe de surface, ainsi que tout le matériel nécessaire au suivi scientifique (Figure 8).



Figure 8 : Le Barracuda III (©ALR).

2. Equipe d'intervention

Dans le cadre de la présente étude, les opérations de terrain ont été conduites par des équipes de plongeurs de l'association Aquitaine Landes Récifs, encadrés par Jessica Salaün (chargée de missions) et par la société de conseil et d'expertise en environnement marin SEANEO (Julia Martin IIB, Mathieu Foulquié IIB et Thomas Scourzic IB).

3. Matériels

3.1. Matériel de plongée

Afin de plonger dans les conditions optimales de sécurité et de confort, le matériel de plongée est adapté à l'environnement de la plongée réalisée. L'ensemble du matériel de plongée est conforme avec la réglementation en vigueur. Il permet l'évolution en toute sécurité de l'équipe intervenante (prévention du froid, du manque de visibilité, surveillance des paramètres, lestage et air de secours) (Tableau 2).

Tableau 2 : Type de matériel de plongée utilisé.

Description	Image produit
<p>Combinaison étanche Nordeck Origin Trilaminé</p> <ul style="list-style-type: none">• Fermeture frontale• Système télescopique• 1 poche cuisse• Chaussons "Hyper Sole"• Protection genoux et cuisses• Cagoule• Tube inflateur	
<p>Gilet X-FORCE de Scubapro</p> <p>Grâce à sa vessie enveloppante préformée, le X-FORCE est très confortable même gonflé au maximum. Il est Doté d'une coupe hydrodynamique et du nouvel inflateur compensé progressif (PBI).</p>	
<p>Combinaison de plongée sous-marine semi-étanche Scubapro NOVA SCOTIA 6.5mm</p> <p>NovaScotia est entièrement en néoprène Everflex 6,5 mm.</p> <p>Cette combinaison semi-étanche associe les avantages de la combinaison humide à ceux de la combinaison étanche.</p> <p>Il présente un faible encombrement, une forte étanchéité et une bonne protection dans l'eau.</p> <p>Entièrement confectionnée en néoprène Everflex 6,5 mm, coupé près du corps, pour un confort et une isolation optimum.</p>	

<p>Détendeur Aqualung XTX 200</p> <p>Le deuxième étage XTX 200 est 25% plus léger que les séries ATX. Il permet de modifier l'injection grâce à un volet de venturi et bénéficie d'un bouton de réglage de sensibilité. Le premier étage est équipé d'une chambre sèche qui rend le détendeur particulièrement adapté à la plongée en eaux froides. Toutes les sorties sont parfaitement placées et assurent un positionnement idéal des flexibles.</p> <ul style="list-style-type: none">• 1^{er} étage : Chambre sèche, 4 sorties MP, 2 sorties HP, Siège HP amovible, Finition chromée, DIN.• 2^{ème} étage : Système compensé, Échangeur thermique, Réglage de sensibilité, Contrôle venturi Indexé.	 A black and silver scuba regulator with a prominent second stage and a first stage with a dry chamber. It has several ports for hoses and a control knob on the second stage.
<p>Eclairage Barbolight U15</p> <p>Une source de lumière compact et robuste. Tout ce dont le plongeur a besoin pour une immersion en toute sécurité. Le spot principal le plus approprié, alliant précision à longue distance et vision périphérique.</p> <p>Plus de 112 minutes d'autonomie, alerte de décharge et flash de secours visibles à des kilomètres de distance.</p>	 A cylindrical dive flashlight with a black body and a clear lens. It has a lanyard attached to the handle and a tail cap.

3.2. Matériel de mesure

3.2.1. Inventaire faunistique

Pour noter et conserver les relevés visuels des espèces présentes, l'équipe de plongeurs dispose de planches de notes immergeables et d'une fiche de terrain. Cette dernière est directement issue du protocole de suivi mis en place par l'association Aquitaine Landes Récifs en 2007. Elle permet un relevé rapide et instinctif des différentes espèces relevées par le plongeur chargé de l'observation, de leur taille et de leur abondance. En effet, la fiche de terrain se divise en trois grandes parties :

- Une première partie qui recueille les paramètres de la plongée : observateur, date, heure de mise à l'eau et de sortie, température, profondeur, visibilité et type de récif ;
- Deux autres parties qui pré-recensent 22 espèces de poissons, 14 espèces d'invertébrés mobiles, 8 espèces d'invertébrés fixés ou de végétaux. Des cases sont laissées libres pour ajouter des espèces présentes non indiquées sur la fiche. Ensuite, une colonne permet de renseigner la taille des individus observés. Pour les invertébrés fixes et les végétaux on parle de taux de recouvrement (<25% ; 25-75% ; >75%). Différentes classes d'abondance sont également associées aux poissons et aux invertébrés mobiles. Pour les poissons, naturellement plus abondants, on retrouve 6 classes (<10 ; 10-30 ; 30-50 ; 50-100 ; >500). En revanche les classes sont réduites pour les invertébrés, naturellement moins abondants. On en recense 4 (<10 ; 10-20 ; 20-30 ; >30). Cette organisation permet au plongeur d'avoir directement accès à un panel d'espèces recensées, avec différents ordres de grandeurs pour la taille ou l'abondance. Ainsi, il n'a rien à écrire et n'a qu'à cocher des cases pour relever des informations précises sur la faune présente sur le récif. Ce gain de temps lui permet de rester constamment en contact visuel avec son environnement ;
- Une dernière partie permet de relever des observations diverses sur le récif étudié : nature du substrat, pontes présentes, état du récif, et d'autres observations (sur le déroulement de la plongée par exemple). Cette fiche est généralement remplie sur le bateau, à l'issue de la plongée.

3.2.2. Paramètres physiques

Pour prendre en compte les paramètres physiques SEANEO est doté d'ordinateurs de plongée et de profondimètres digitaux (Tableau 3).

Les ordinateurs de plongée permettent de disposer des mesures de températures, de profondeur et de temps de comptage. Afin de calculer les profondeurs d'enfouissement, de cuvette, d'effondrement, et d'émergence des modules de façon précise, le profondimètre digital donne des mesures en mètres à dix centimètres près.

Tableau 3 : Type d'ordinateur de plongée utilisé.

Description	Image produit
<p>Ordinateur de plongée Aladin 2G</p> <p>L'ordinateur Aladin 2G possède un algorithme prédictif multigaz qui prend en compte tous les changements de gaz planifiés lors de la plongée. Cela signifie que le programme de décompression affiché à l'écran vous donne la durée totale réelle de la remontée. Parallèlement, l'algorithme calcule également la décompression théorique pour le gaz « actif » (respiré).</p> <ul style="list-style-type: none">• Mode profondimètre : fonctionne en mode profondimètre jusqu'à une profondeur de 120 m, avec fonction chronomètre par simple pression d'un bouton. Ce mode exclusif affiche une information de profondeur moyenne actualisée en permanence et qui peut être remise à zéro à tout moment par le plongeur.• Fonction Apnee• Fonction « repère » en plongée : elle permet de marquer des moments particuliers par simple pression sur un bouton puis d'ajouter des commentaires après téléchargement de la plongée par SmartTRAK.	

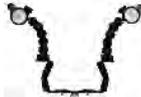
3.3. Matériel de prise de vue

Pour les différentes prises de vue (de l'opération de comptage et de la faune en présence), SEANEO dispose d'un matériel comprenant appareil photo (avec caisson étanche et objectifs), caméra go-pro, et divers éléments d'éclairage. Les différents objectifs permettent de prendre des images de plus ou moins grands angles (10,5 à 200mm), à des vitesses plus ou moins réduites. Cela permet de disposer de photographies de qualité pour un poisson nageant au loin comme pour les invertébrés fixes. L'ensemble du matériel est listé page suivante (Tableau 4 et Tableau 5).

Tableau 4 : Type de matériel de prise de vue photographique

Désignation	Nombre	Image produit
Boitier professionnel réflex numérique D810 NIKON, full frame, 36 Mp	1	
Boitier réflex numérique Nikon D7100 (24 Mp)	1	
Caisson SEACAM pour Nikon D7100	1	
Eclairages vidéo Keiko 1700 Artek	2	

Tableau 5 : Type de matériel de prise de vue vidéo

Désignation	Nombre	Image produit
Caméra GoPro Hero3+ Black Edition	1	
Boîtier de plongée (60 m)	1	
Kit Keiko II - Artek	2	

4. Méthodologie

Depuis leur mise au point par Brock (1954) sur les récifs coralliens d'Hawaii, les comptages visuels en plongée sous-marine sont largement utilisés à travers le monde.

En Méditerranée, la plupart des travaux réalisés concernent les zones naturelles comme les substrats rocheux et l'herbier de Posidonie (Harmelin-Vivien *et al.*, 1985 ; Harmelin, 1987 ; Francour, 1990 ; Garcia-Rubies et Mac Pherson, 1995). Plusieurs équipes de recherche ont adapté ces techniques de comptage à l'étude des récifs artificiels (Charbonnel *et al.*, 1997 ; Charbonnel *et al.*, 2001 ; Dalias *et al.*, 2006a et b ; Dalias et Scourzic, 2006 ; Lenfant *et al.*, 2007 ; Scourzic et Dalias, 2007 ; Dalias et Scourzic, 2008 ; Dalias *et al.*, 2008 ; Lenfant *et al.*, 2008 ; Dalias *et al.*, 2009).

Une stratification de l'échantillonnage est nécessaire (Charbonnel *et al.*, 1997 ; Dalias *et al.*, 2006a et b ; Dalias et Scourzic, 2006 ; Lenfant *et al.*, 2007 ; Scourzic et Dalias, 2007 ; Dalias et Scourzic, 2008 ; Dalias *et al.*, 2008 ; Lenfant *et al.*, 2008a ; Dalias *et al.*, 2009).

Chaque récif artificiel est un cas particulier, du fait de sa taille et de son hétérogénéité structurale. Il faut donc adapter la méthode d'étude à chaque récif (Dalias *et al.*, 2006a et b ; Dalias et Scourzic, 2006 ; Lenfant *et al.*, 2007 ; Scourzic et Dalias, 2007 ; Dalias et Scourzic, 2008 ; Dalias *et al.*, 2008 ; Lenfant *et al.*, 2008a ; Dalias *et al.*, 2009).

Lors de ce suivi, de nombreux facteurs limitants (vent, houle, froid, turbidité des eaux et manque de visibilité) doivent être pris en compte pour les différents échantillonnages (pêches expérimentales et plongée sous-marine).

Les différentes mesures ont été consignées sur une plaquette en PVC immergeable. Des clichés photographiques et des séquences vidéo ont été réalisés.

Depuis 2001, le suivi scientifique des récifs artificiels de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau, Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ est effectué principalement pendant la période chaude mais quelques suivis pendant la période froide ont également été réalisés (Figure 9).

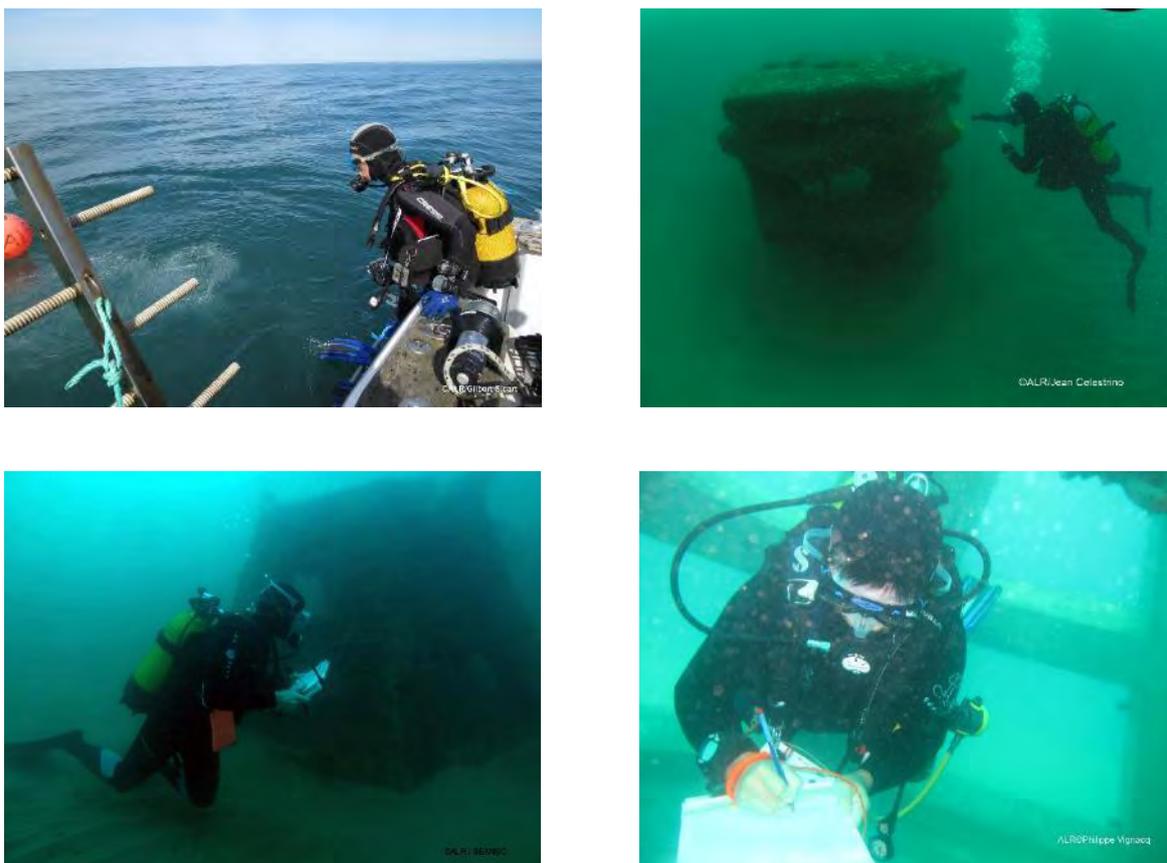


Figure 9 : Suivi scientifique des récifs artificiels en plongée sous-marine (ALR).

4.1. Période et fréquence d'échantillonnage

Les échelles de temps de l'échantillonnage doivent être compatibles avec les taux de renouvellement et les cycles de vie des espèces considérées. Les communautés et les populations biologiques évoluent dans le temps au sein d'un récif artificiel. Les variations diurnes de la composition des assemblages de poissons et des abondances des espèces sont importantes (Santos *et al.*, 2002). La succession d'espèces colonisatrices est plus rapide durant la période suivant l'immersion du récif que plusieurs années après. Les suivis scientifiques sont préconisés tous les 3 ans pendant 12 ans (durée de la concession) avec si nécessaire une augmentation de la fréquence durant la phase initiale de colonisation (Cépralmar, 2015).

Différentes études (Relini *et al.*, 2002b ; Perkol-Finkel et Benayahu, 2004 ; Dalias et Scourzic, 2006 ; Scourzic et Dalias, 2007 ; Dalias et Scourzic, 2008) ont démontré qu'après 5 ans de suivi d'un récif artificiel, les communautés présentes n'avaient toujours pas atteint un équilibre et continuaient d'évoluer.

Les récifs artificiels sont le plus souvent positionnés dans des zones côtières et sont donc sujets aux changements saisonniers de la température, de la salinité et de la clarté de l'eau. Les facteurs pouvant avoir une influence sur l'échantillonnage sont l'heure de la journée, la saison et l'année. Il est recommandé de choisir des horaires aléatoires et non réguliers afin que l'échantillonnage ne coïncide pas avec une quelconque structure cyclique au sein d'une population (Underwood, 1981, 1994). Pour comparer des récifs artificiels entre différentes localités, il est important de réaliser les suivis pendant la même saison. En revanche, il est préférable de réaliser des suivis sur toutes les saisons pour appréhender les variations saisonnières de la structure des assemblages des populations.

En 2018, 33 suivis ont été réalisés sur les 3 concessions et 14 sorties en bateau ont eu lieu pour le suivi des récifs (Tableau 6).

En mai et en juin, seuls les récifs artificiels de la concession de Capbreton ont été échantillonnés. Puis, en juillet, en août et en septembre, les 3 concessions ont été suivies tous les mois à raison de 2 sites minimum par mois.

Tableau 6 : Echantillonnage des sites de plongées en 2018.

	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Total des suivis
Capbreton						
Babel	1		1	1	1	4
Site 2	1	2			2	5
Site 3	1					1
Typi	1	1	1	1	1	5
Nombre de suivi récifs	4	3	2	2	4	15
Soustons / Vieux Boucau						
Babel			1		1	2
Site 7				1	2	3
Typi			1	1	2	4
Nombre de suivi récifs	0	0	2	2	5	9
Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ						
Babel			1	1	1	3
Site 1			1	1	1	3
Typi			1	1	1	3
Nombre de suivi récifs	0	0	3	3	3	9
Nombre de suivi total	4	3	7	7	12	33
Nombre de sorties	2	3	3	2	4	14

4.2. Etude des paramètres physiques

Les premiers paramètres mesurés servent à décrire l'évolution de la structure générale des récifs, ainsi que celle des modules unitaires. Cette évolution est estimée avec plusieurs indices : l'enfouissement, l'effondrement, les chocs et les déplacements de modules.

4.2.1. Profondeur d'enfouissement (I_E)

La profondeur d'enfouissement correspond à la hauteur du récif qui se trouve sous le sédiment.

Trois paramètres sont mesurés pour pouvoir calculer l'indice d'enfouissement (Figure 10) :

- Profondeur maximale (prof. max., en mètres) : profondeur mesurée au point le plus profond à proximité du récif, généralement au fond de la cuvette formée près du récif ;
- Profondeur minimale (prof. min. en mètres) : profondeur mesurée au point le moins profond du récif, généralement la partie supérieure de celui-ci ;
- Hauteur du récif (h, en mètres) : hauteur ou diamètre du récif.

Les profondeurs sont estimées à l'aide d'un profondimètre digital donnant la mesure en mètres à dix centimètres près.

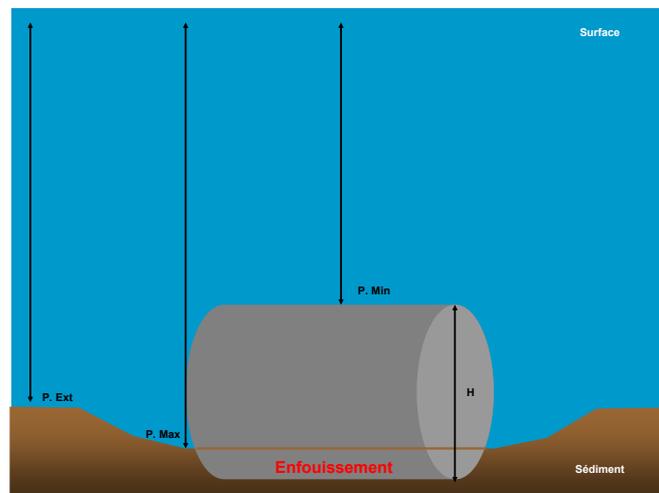


Figure 10 : Différentes mesures utilisées pour calculer l'indice d'enfouissement d'un récif quelconque.

4.2.2. Profondeur de la cuvette

La profondeur de la cuvette correspond à la profondeur du creux qui s'est formé au pied des récifs.

Deux paramètres sont mesurés pour pouvoir calculer la profondeur de la cuvette :

- Profondeur maximale (prof. max., en mètres) : profondeur mesurée au point le plus profond à proximité du récif, généralement au fond de la cuvette formée près du récif ;
- Profondeur extérieure (prof. ext., en mètres) : profondeur observée à une dizaine de mètres de distance du récif et supposée ne pas être affectée par les perturbations courantologiques induites par le récif.

Les profondeurs sont estimées à l'aide d'un profondimètre digital donnant la mesure en mètres à dix centimètres près.

4.2.3. Indice d'effondrement (I_{Ef})

L'indice d'effondrement correspond à l'affaissement du récif sur lui-même.

L'indice d'effondrement (I_{Ef}) est calculé seulement au niveau des récifs susceptibles de s'effondrer. Pour cela, deux paramètres sont mesurés (Figure 11) :

- Profondeur extérieure (prof. ext., en mètres) : profondeur observée à une dizaine de mètres de distance du récif et supposée ne pas être affectée par les perturbations courantologiques induites par le récif ;
- Profondeur minimale (prof. min. en mètres) : profondeur mesurée au point le moins profond du récif, généralement la partie supérieure de celui-ci.

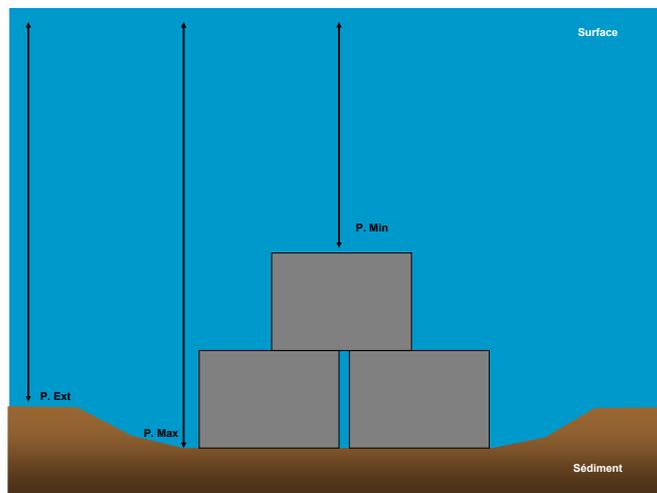


Figure 11 : Différentes mesures utilisées pour calculer l'indice d'effondrement d'un récif.

4.2.4. Emergence des modules

L'émergence des modules correspond à la hauteur du récif qui se trouve au-dessus du sédiment.

Deux paramètres sont mesurés pour pouvoir calculer l'émergence du récif :

- Profondeur minimale (prof. min. en mètres) : profondeur mesurée au point le moins profond du récif, généralement la partie supérieure de celui-ci ;
- Profondeur extérieure (prof. ext., en mètres) : profondeur observée à une dizaine de mètres de distance du récif et supposée ne pas être affectée par les perturbations courantologiques induites par le récif.
- Les profondeurs sont estimées à l'aide d'un profondimètre digital donnant la mesure en mètres à dix centimètres près.



Figure 12 : Vue d'ensemble des récifs artificiels (Mathieu Foulquie ©SEANEO).

4.3. Etude des paramètres biologiques

4.3.1. Espèces étudiées

Une attention particulière, mais non exclusive, est portée aux espèces commercialisables et à leur cycle de vie (présence des différentes classes d'âge des alevins aux géniteurs, etc.).

4.3.1.1. *Espèces sessiles (macroflore et invertébrés)*

L'évaluation est réalisée en scaphandre autonome. Lors de la plongée, l'observateur étudie les principales espèces fixées sur le récif. En complément, quand les conditions météorologiques le permettent, des prises de vue sont réalisées pour une analyse d'images à terre.

La présence d'espèces caractéristiques peut éventuellement permettre d'identifier les différents stades de colonisation du récif artificiel (espèces pionnières comme les moules, certaines ophiures, etc.).

4.3.1.2. *Espèces vagiles (poissons et invertébrés)*

Afin de ne pas perturber les peuplements ichthyologiques des récifs, un seul observateur de la palanquée réalise les comptages. L'approche et le déplacement sont réalisés strictement de la même façon à chaque inventaire.

Quatre types de distribution des espèces mobiles ont été choisis :

- Les espèces très mobiles et difficiles d'approche (sars, bars, pageots, daurades) sont comptées en premier (Figure 13) ;

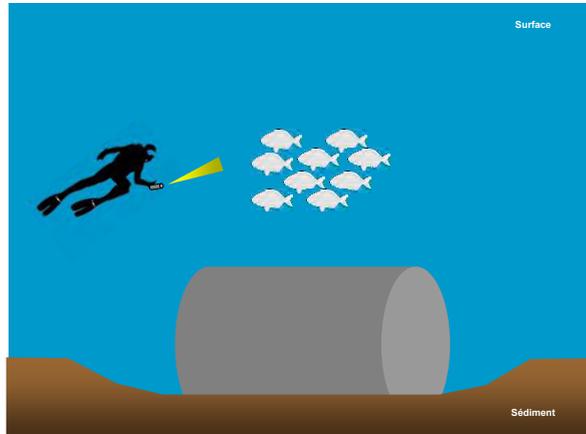


Figure 13 : Représentation schématique de la première phase du comptage, les espèces mobiles et difficile d'approche.

- Les espèces à proximité immédiate du récif (poissons : labres, serrans ; invertébrés : calmars, seiches) sont dénombrées en suivant (Figure 14) ;

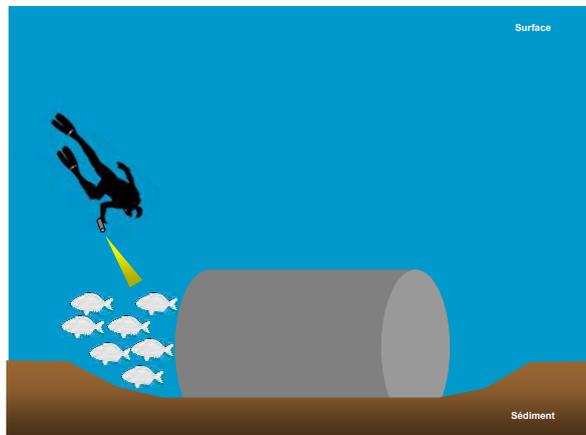


Figure 14 : Représentation schématique de la deuxième phase du comptage, les espèces à proximité immédiate du récif.

- Les espèces inféodées aux récifs (poissons : congres, rascasses, blennies, gobies ; invertébrés : poulpes, crustacés, etc.) sont répertoriées en explorant consciencieusement toutes les cavités ainsi que les zones internes à l'aide de phares sous-marins (Figure 15) ;

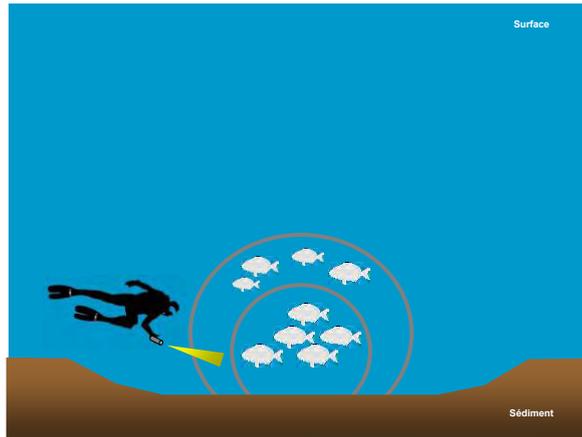


Figure 15 : Représentation schématique de la troisième phase du comptage, les espèces vivantes à l'intérieur du récif.

- Les espèces grégaires de pleine eau, peu craintives, souvent très abondantes (chinchards, tacauds, ombrines) sont estimées en dernier.

Des enregistrements vidéo et/ou des photographies sont réalisés sur chaque récif par le deuxième plongeur lorsque la visibilité le permet.

La difficulté de l'observation est directement liée aux conditions météorologiques (visibilité faible, fort vent, courant). Une estimation ou une mesure de la visibilité est réalisée. La méthodologie de comptage est adaptée en fonction des sites et des conditions environnementales.

Cette méthodologie de comptage a été reprise dans un protocole rédigé en 2007 par l'association. Ce protocole, distribué à tous les plongeurs de l'association est appliqué sur tous les suivis des récifs artificiels.

Enfin, afin d'uniformiser les données avec d'autres suivis sur la Région Nouvelle Aquitaine, un suivi supplémentaire de type point fixe est réalisé sur les récifs Typi. Installé sur le point du plus haut du récif, l'observateur note la présence des espèces dans une sphère de 2,0 m de rayon autour de lui pendant 3 minutes.

4.4. Analyse des données

4.4.1. Paramètres biologiques étudiés

4.4.1.1. *Richesse par famille*

Lors de cette étude, le nombre de familles différentes est évalué. Une attention particulière est portée sur les espèces d'intérêt commercial. En général, les individus ont été identifiés jusqu'à l'espèce mais ce n'est pas toujours le cas, c'est pourquoi la richesse est exprimée par famille.

4.4.1.2. *Fréquence d'occurrence*

La fréquence d'occurrence d'une espèce est le rapport exprimé en pourcentage, du nombre d'observations où cette espèce est notée au nombre total de prélèvements effectués.

4.4.1.3. *Abondance des espèces en fonction des classes de taille*

L'abondance est exprimée en nombre d'individus par récif. Le nombre d'individus présents sur chaque récif est dénombré de façon directe jusqu'à 10 individus. Pour les espèces regroupées en bancs, le nombre d'individus est estimé selon une cotation d'abondance proche d'une progression géométrique de base 2 : 10-30 / 31-50 / 51-100 / 101-200 / 201-500 / plus de 500. Cette cotation correspond généralement aux abondances des différents groupements de poissons les plus souvent observés en plongée (Harmelin-Vivien et Harmelin, 1975). Les abondances sont calculées à partir de la moyenne arithmétique de chaque limite de classe (ex : 31-50 = 40).

L'emploi de classes d'abondance préfixées a l'avantage d'augmenter la rapidité de comptage et minimise les pertes d'informations qui découleraient de toute perte de temps lors de l'estimation d'un groupe de poissons. Malgré tout, plusieurs auteurs ont démontré que le nombre d'individus comptabilisés est généralement sous-estimé (Harmelin-Vivien et Harmelin, 1975 ; Frontier et Viale, 1977). Les expériences réalisées par Harmelin-Vivien *et al.* (1985) ont montré qu'au-delà de 20 à 30 poissons, la numération directe était difficile. D'ailleurs, l'existence d'un seuil maximal de dénombrement possible, sans sous-estimation importante, a déjà été démontrée en psychologie humaine par Brevan *et al.* (1963). Ce seuil se situe aux alentours de la vingtaine d'objets.

Pour l'estimation de la taille du poisson, trois catégories sont généralement retenues : petit, moyen, gros (Bayle-Sempere *et al.*, 1994 ; Charbonnel et Francour, 1994). Ces catégories, adaptées à chaque espèce, sont déterminées par rapport à la taille maximale (L. max) atteinte citée dans la littérature (Bauchot et Pras, 1980 ; Whitehead *et al.*, 1986 ; Fisher *et al.*, 1987) : petit (0 à 1/3 de L. max), moyen (1/3 à 2/3 de L. max) et gros (2/3 à L. max).

4.4.1.4. *Biomasse des espèces d'intérêt commercial*

A partir des données de comptage *in situ*, il est possible d'estimer la biomasse (en grammes de poids humide) en utilisant une relation Taille - Poids par espèce. Pour chaque classe de taille (petit, moyen et gros), un poids moyen est calculé. Ce poids correspond à la moyenne arithmétique des poids calculés pour les tailles limites de la classe de taille (Devaux et Millerioux, 1976 ; Harmelin-Vivien *et al.*, 1985). La plupart des relations Taille - Poids disponibles proviennent des espèces de la région Provence-Alpes-Côte d'Azur, où la majorité des études sur les récifs artificiels ont été effectuées (Charbonnel, 1989 ; Charbonnel et Francour, 1994 ; Ody, 1987 ; Ody et Harmelin, 1994). Certaines relations ne reflètent pas le contexte local. Certaines données seront également extraites de la base Fishbase.

RESULTATS

1. Paramètres physiques

1.1. Capbreton Buse – site 2

Selon Biosub (2001), certaines buses du site 2 de Capbreton, immergées en août et en septembre 1999, étaient empilées sur trois niveaux. Mais suite à la tempête de décembre 1999, ces empilements ont disparu et les buses ne sont plus disposées qu'en une seule couche de 1,0 m de haut maximum.

En 2001, le site abritant les modules s'est enfoncé de 1 mètre en moyenne et les modules en périphérie des sites sont fortement ensablés et certains ont même totalement disparu (Biosub, 2001).

Suite aux mesures effectuées en 2007, en 2008 et en 2010 (> 1,2 m), il apparaît que la profondeur de la cuvette a diminué depuis 2012 (<1,2 m). La présence de cette dépression autour des récifs artificiels immergés sur des fonds sablo-vaseux s'explique par les actions hydrodynamiques assez intenses. La circulation de l'eau autour des modules est perturbée par leur présence. Les lignes de courant sont déviées et s'accroissent à proximité de la structure. Cette accélération a tendance à remettre en suspension le sédiment et à le déposer plus loin (Dalias et Scourzic, 2008).

Les récifs artificiels sont faiblement enfouis. L'indice d'effondrement semble diminuer au cours des années, ainsi la structure semble stabiliser. L'émergence a augmenté jusqu'en 2012, depuis la valeur fluctue entre 0,3 m et 1,7 m (Figure 16).

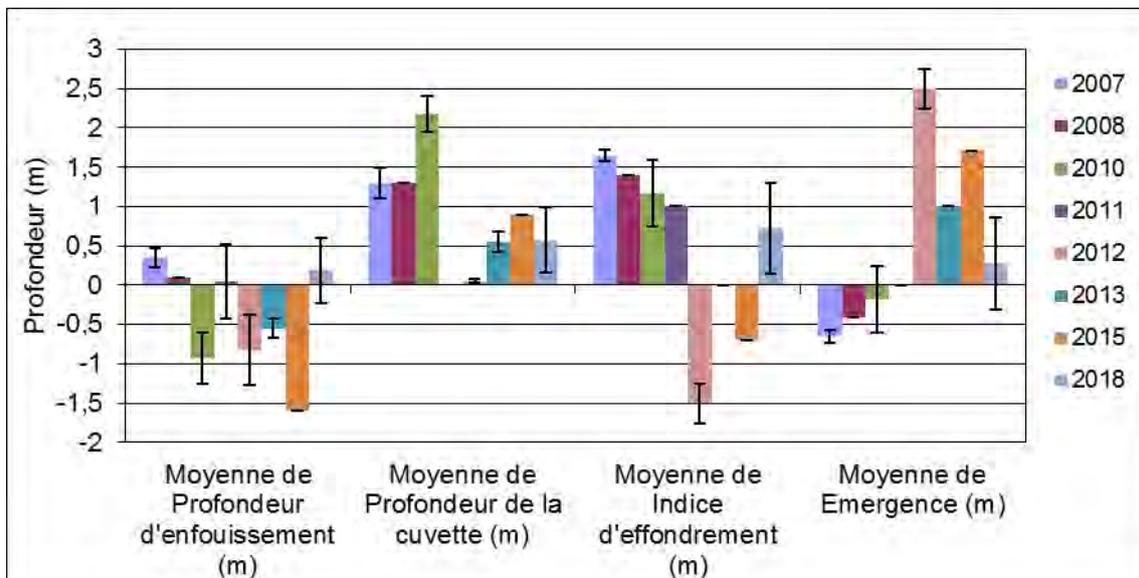


Figure 16 : Paramètres physiques des récifs artificiels de type Buse – site 2 de Capbreton.

1.2. Capbreton - Typi

Le récif Typi est de forme pyramidale. Cette structure de 13 tonnes pour 2,6 m de haut représente non seulement un réel obstacle au chalutage mais vient aussi augmenter le volume et la diversité des récifs artificiels déjà en place. Transportés le 30 juin 2010 grâce aux moyens techniques du baliseur océanique Gascogne (propriété des Phares et Balises de Gironde), les trois récifs Typi ont été immergés sur les trois concessions de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau et Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ.

L'écart type n'est pas représenté pour l'année 2016 car un seul jeu de données a été analysé.

La profondeur d'enfouissement sur ce récif est faible à nulle. La profondeur de la cuvette est en moyenne de 0,9 m et la moyenne d'émergence est d'environ 1,2 m (Figure 17).

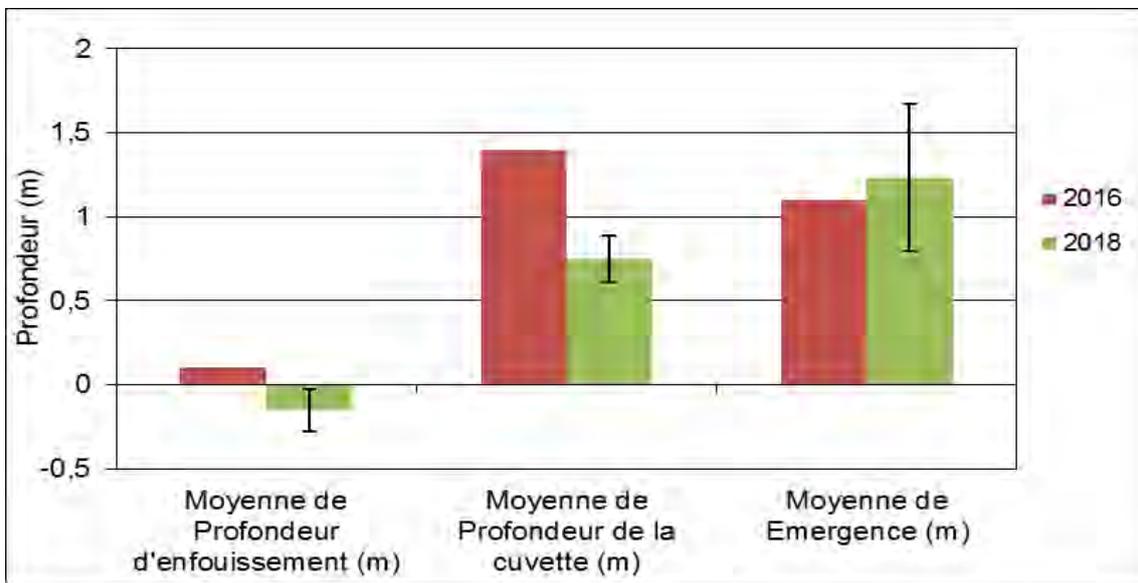


Figure 17 : Paramètres physiques du récif artificiel Typi de Capbreton.

1.3. Capbreton – Babel

En 2015, le récif nommé Babel a été immergé à l'aide du baliseur Gascogne. Il mesure 2,5 m de haut pour 2,70 m de large et un poids de 10 000 kg. Les premiers paramètres physiques ont été acquis en 2018 (Figure 18).

L'enfouissement moyen mesuré du récif Babel en 2018 est faible (25 cm). La profondeur de la cuvette est en moyenne de 50 cm. L'émergence moyenne du récif est de 1,1 m.

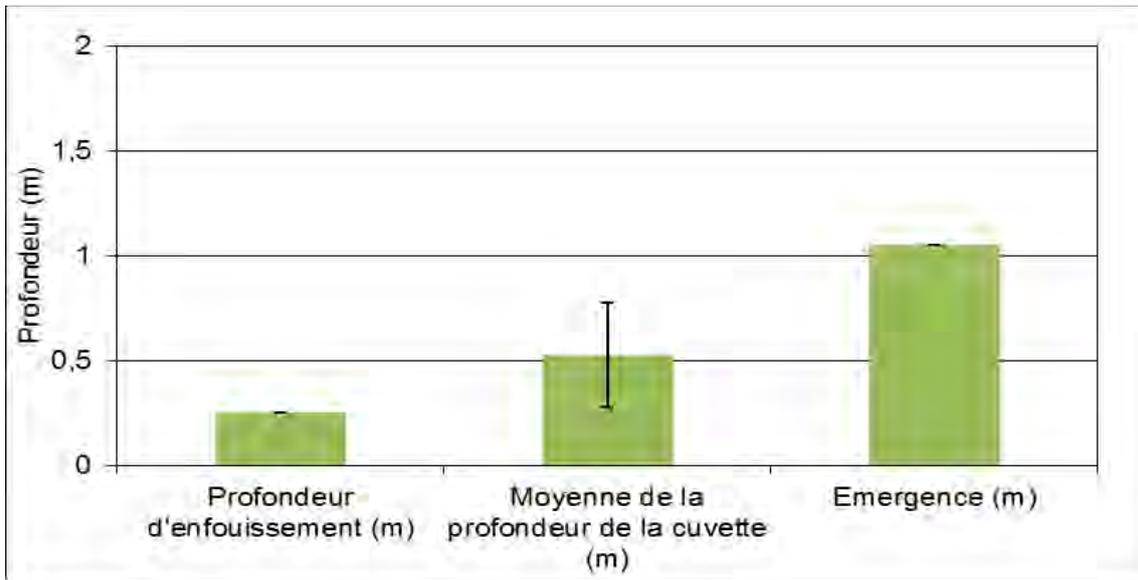


Figure 18 : Paramètres physiques du récif artificiel Babel de Capbreton.

2. Paramètres biologiques toutes concessions - 2018

2.1. Faune pionnière

2.1.1. Invertébrés fixés et pontes observées

Lors du suivi scientifique des récifs artificiels gérés par Aquitaine Landes Récifs, une attention toute particulière est apportée aux espèces présentant un intérêt commercial. Il convient néanmoins de signaler la présence des espèces sans importance commerciale mais dont le rôle écologique est primordial dans l'établissement de la chaîne trophique (Tableau 7, Figure 19).

Tableau 7 : Invertébrés fixés observés en 2018 sur l'ensemble des concessions.

Embranchement	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique
Annélides	Sabellariidae	Hermelles	<i>Sabellaria alveolata</i>
		Sabelle	<i>Sabella sp</i>
	Serpulidae	Serpule	<i>Serpula sp</i>
		Serpule commune	<i>Serpula vermicularis</i>
Arthropodes	Balanidae	Balane commune	<i>Perforatus perforatus</i>
Bryozoaires	Flustridae	Chartelle	<i>Chartella papyracea</i>
Cnidaires	Aglaopheniidae	Plumaire	<i>Aglaophenia sp</i>
		Plume d'or	<i>Gymnangium montagui</i>
	Alcyoniidae	Alcyon jaune	<i>Alcyonium digitatum</i>
	Corallimorphidae	Anémone bijou	<i>Corynactis viridis</i>
	Epizoanthidae	Anémone encroûtante brune	<i>Epizoanthus couchii</i>
	Gorgoniidae	Gorgone	<i>Leptogorgia sp</i>
	Parazoanthidae	Anémone encroûtante blanche	<i>Parazoanthus anguicomus</i>
	Sagartiidae	Anémone marguerite	<i>Actinothoe sphyrodeta</i>
	Sertularellidae	Hydraire	<i>Tamarisca tamarisca</i>
Spongiaires	Clionidae	Clione jaune	<i>Cliona celata</i>
Mollusques	Mytilidae	Moule commune	<i>Mytilus edulis</i>
	Ostreidae	Huître creuse	<i>Crassostrea gigas</i>
Pontes	Octopodidae	Poulpe	<i>Octopus vulgaris</i>
	Sepiidae	Seiche commune	<i>Sepia officinalis</i>
		Nudibranche	
		Calamar	

Ces invertébrés peuvent parfois constituer de véritables faciès et donnent un aspect paysager particulier aux structures.

L'observation s'étant limitée aux individus aisément déterminables *in situ*, le nombre total d'espèces présentes est potentiellement plus important.

Cette diversité en invertébrés fixés, plus spécialement l'abondance en organismes filtreurs et suspensivores, traduit la richesse du milieu en matières organiques et particulaires en suspension, engendrant une importante turbidité.



Figure 19 : Anémone encroûtante brune (*Epizoanthus couchii*) et Anémone marguerite (*Actinothoe sphyrodeta*) (Mathieu Foulquié ©SEANEO).

Des pontes d'organismes ont été observées sur les récifs artificiels de Capbreton sur l'ensemble des modules. Ces observations ont eu lieu uniquement sur les buses pour les récifs artificiels de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ et de Soustons / Vieux Boucaux. Les espèces concernées par ces pontes sont les nudibranches, les calamars, les poulpes et les seiches communes (Figure 20).



Figure 20 : Ponte de poulpe et ponte de nudibranche (Jean Celestrino ©ALR).

2.1.2. Invertébrés mobiles

Plusieurs invertébrés mobiles, directement observables et évoluant sur ou à proximité des récifs artificiels ont été répertoriés (Tableau 8, Figure 21).

Tableau 8 : Invertébrés mobiles et pontes observés sur l'ensemble des concessions en 2018.

Embranchement	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique
Arthropodes	<i>Dromidae</i>	Dromie	<i>Dromia Personata</i>
	<i>Paguridae</i>	Bernard l'hermite commun	<i>Pagurus bernhardus</i>
	<i>Palaemonidae</i>	Crevette bouquet	<i>Palaemon serratus</i>
	<i>Palinuridae</i>	Langouste rouge	<i>Palinurus elephas</i>
	<i>Portunidae</i>	Etrille	<i>Necora puber</i>
Echinodermes	<i>Asteriidae</i>	Etoile de mer commune	<i>Asteria rubens</i>
		Etoile de mer glaciale	<i>Marthasterias glacialis</i>
Mollusques	<i>Calliostomatidae</i>	Calliostome /troque	<i>Calliostoma zizyphinum</i>
	<i>Chromodorididae</i>	Doris canthabrique	<i>Felimare cantabrica</i>
		Doris tricolore	<i>Felimare tricolor</i>
	<i>Flabellinidae</i>	Coryphelle mauve	<i>Edmundsella pedata</i>
<i>Nassariidae</i>	Nasse réticulée	<i>Nassarius reticulatus</i>	
	<i>Octopodidae</i>	Poulpe	<i>Octopus vulgaris</i>
	<i>Polyceridae</i>	Crimora à papilles	<i>Crimora papillata</i>
	<i>Sepiidae</i>	Seiche commune	<i>Sepia officinalis</i>



Figure 21 : Poulpe (*Octopus vulgaris*) (Mathieu Foulquié ©SEANEO).

En 2018, 3 nouvelles espèces ont été observées :

La dromie (*Dromia personata*) sur le récif artificiel Typi de la concession de Moliets-et-Maâ (Figure 22) ;

La crimora à papilles (*Crimora papillata*) sur le récif artificiel Typi de la concession de Capbreton ;

La langouste rouge (*Palinurus elephas*) sur le récif artificiel Babel de la concession de Capbreton.



Figure 22 : Dromie (*Dromia personata*) (Antoine Desbordes ©ALR).

2.2. Vertébrés

2.2.1. Nombre de familles

En 2018, plusieurs familles de vertébrés ont été observées sur les récifs artificiels. En général, les individus ont pu être identifiés jusqu'à l'espèce mais ce n'est pas toujours le cas, c'est pourquoi la richesse est exprimée par famille.

Pour les trois concessions, le nombre moyen de familles de vertébrés présents sur les récifs artificiels a été étudié sur les différentes zones (Tableau 9, Figure 23).

En 2018, les récifs de type Buse sont ceux pour lesquels le nombre moyen maximum de famille a été observé quel que soit la concession (Capbreton site 2 : 8,4 familles ; Capbreton site 3 : 8,0 familles ; Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ : 9,3 familles ; Soustons / Vieux Boucau : 7,0 familles).

Le nombre de familles observées est proche pour le récif Typi et le récif Babel pour les concessions de Capbreton et Soustons / Vieux Boucau.

Pour la concession de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ, les disparités les plus importantes sont observées entre type de récif. Sur le récif Buse site 1, 9,3 familles ont été observées en moyenne et sur le module Babel, 5,3 familles ont été observées en moyenne.

D'une manière plus générale, la concession de Capbreton présente un nombre de familles (7,5) observées supérieur aux autres modules.

Tableau 9 : Nombre moyen de familles de vertébrés par suivi pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.

	Capbreton				Soustons / Vieux Boucau			Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ		
	Babel	Buse S2	Buse S3	Typi	Babel	Buse S7	Typi	Babel	Buse S1	Typi
Moyenne	7,0	8,4	8,0	7,0	6,5	7,0	6,5	5,3	9,3	7,0
Écart type	1,3	1,2	0,0	2,3	0,5	3,6	1,1	1,3	2,9	0,8
Moyenne	7,5				6,7			7,2		
Écart type	1,7				2,2			2,5		

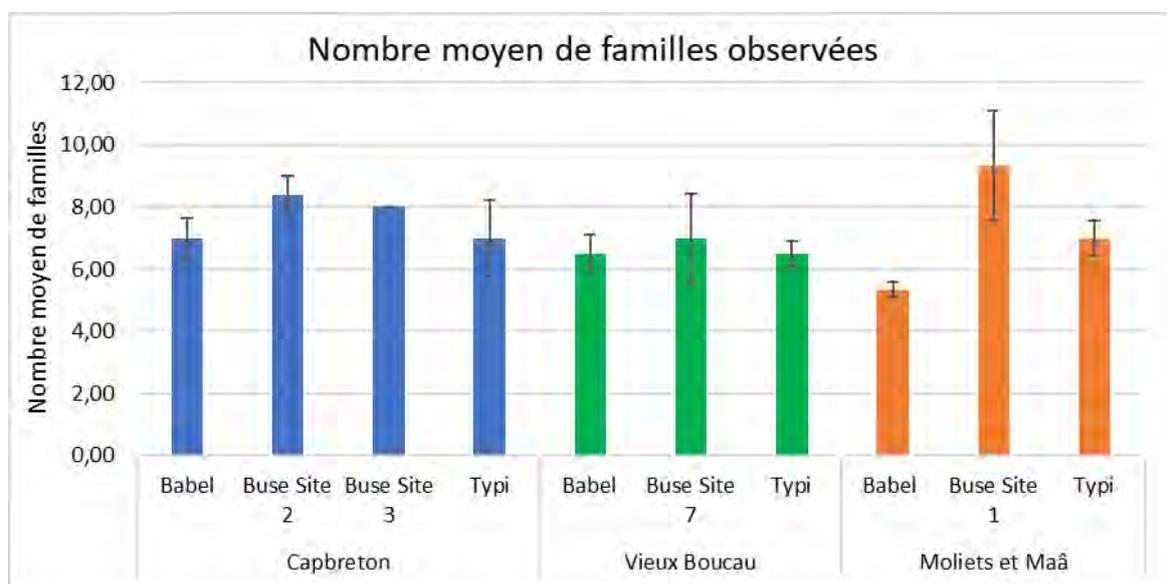


Figure 23 : Nombre moyen de familles de vertébrés par suivi pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.

2.2.2. Fréquences d'occurrences

A Capbreton, les espèces les plus fréquentes ne sont pas les mêmes d'un récif artificiel à l'autre. Par exemple, sur le récif artificiel Babel, le serran chèvre et le bogu ont été systématiquement observés. Sur le récif artificiel Buse site 2, le tacaud et la rascasse ont une fréquence d'occurrence de 100 % et le chinchard, le congre, le rouget, l'ombrine bronze et le sar à tête noire ont une fréquence d'occurrence de 80%. Enfin, sur le récif artificiel Typi, les espèces les plus fréquentes sont le sar à tête noire et le serran chèvre.

A Soustons / Vieux boucau, le chinchard présente une fréquence d'occurrence de 100 % sur tous les récifs artificiels. Sur le récif artificiel Babel, 5 espèces ont été constantes sur le récif (blennie pilicorne, chinchard, congre, tacaud et serran chèvre). Sur le récif artificiel Buse, la blennie pilicorne et le chinchard sont des espèces constantes. Sur le récif artificiel Typi, le chinchard et le tacaud sont 2 espèces constantes.

A Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ, le tacaud et le serran chèvre sont constants sur les 3 types de récifs suivis. Sur le récif artificiel Babel, 2 espèces ont été constantes sur le récif (blennie pilicorne, chinchard, congre, tacaud et serran chèvre). Sur le récif artificiel buse, le chinchard, le congre le tacaud, l'ombrine bronze et le serran chèvre sont des espèces constantes. Sur le récif artificiel Typi, la blennie pilicorne, l'ombrine bronze, le tacaud et le serran chèvre sont 4 espèces constantes.

Le tacaud et le serran chèvre sont les 2 espèces les plus représentées parmi les différents types de récifs artificiels et les différents sites.

En 2018, la petite roussette (*Scyliorhinus canicula*) a été observée pour la première fois sur le récif Buse site 3 de Capbreton.

La raie brunette (*Raja undulata*) a été observée à proximité du récif artificiel Babel de Capbreton (Tableau 10).

Tableau 10 : Fréquences d'occurrences des vertébrés rencontrés sur les récifs artificiels en 2018.

Famille	Espèce		Capbreton				Soustons / Vieux Boucau			Messanges / Azur /Moliets-et-Maâ		
			Babel	Buse S2	Buse S3	Typi	Babel	Buse S7	Typi	Babel	Buse S1	Typi
Balistidae	Baliste	<i>Balistes capriscus</i>	33%			60%		33%			33%	
Blennidae	Blennie	<i>Parablennius sp</i>		60%					75%	33%		
	Blennie de roux	<i>Parablennius pilicornis</i>				20%						
	Blennie pilicorne	<i>Parablennius pilicornis</i>	67%	60%		60%	100%	100%	50%	33%	67%	100%
Carangidae	Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	33%	80%	√	60%	100%	100%	100%	33%	100%	33%
Congridae	Congre	<i>Conger conger</i>	33%	80%	√	40%	100%	67%	25%		100%	67%
Gadidae	Capelan	<i>Trisopterus minutus</i>		20%								
	Tacaud	<i>Trisopterus luscus</i>		100%	√	20%	100%	67%	100%	100%	100%	100%
Gobidae	Gobie	<i>Gobius sp</i>				20%						
Labridae	Crénilabre baillon	<i>Symphodus bailloni</i>		20%				33%				
	Cténolabre	<i>Ctenolabrus rupestris</i>									67%	
	Grande Vieille	<i>Labrus bergylta</i>		20%							33%	
	Vieille coquette	<i>Labrusmixtus</i>									33%	
Molidae	Poisson lune	<i>Mola mola</i>	33%	20%		20%					33%	
Moronidae	Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>		20%		20%			25%		67%	
Mullidae	Rouget	<i>Mullus non spécifié</i>		80%	√						33%	
	Rouget de roche	<i>Mullus surmuletus</i>	67%	40%		40%	50%	67%	75%	33%	33%	67%
	Rouget de vase	<i>Mullus barbatus</i>		20%					25%			33%
Sciaenidae	Ombre bronze	<i>Umbrina canariensis</i>	33%	80%		40%	50%	67%	75%	33%	100%	100%
Scorpaenidae	Petite rascasse rouge	<i>Scorpaena notata</i>		40%		60%						33%
	Rascasse	<i>Scorpaena non spécifié</i>	33%	100%	√							
	Rascasse brune	<i>Scorpaena porcus</i>	67%	20%		40%		33%	25%	33%	33%	
Serranidae	Serran chèvre	<i>Serranus cabrilla</i>	100%	40%	√	100%	100%	67%	25%	100%	100%	100%
Sparidae	Bogue	<i>Boops boops</i>	100%	20%		20%			50%		33%	33%
	Dorade Griset	<i>Spondyllosoma cantharus</i>		20%								
	Marbré	<i>Lithognathus mormyrus</i>								33%		
	Sar à tête noire	<i>Diplodus vulgaris</i>	67%	80%	√	80%			25%	67%	33%	33%
	Sar commun	<i>Diplodus sargus sargus</i>	33%	40%		40%	50%	33%	50%	67%		33%
Trachinidae	Grande vive	<i>Trachinus draco</i>	33%					33%	25%	33%		
Zeidae	Saint-Pierre	<i>Zeus faber</i>	67%	40%		40%						
Scyliorhinidae	Petite roussette	<i>Scyliorhinus canicula</i>			√							

2.2.3. Abondance des individus

L'abondance moyenne par récifs artificiel a été étudiée sur les différentes zones (Tableau 11, Figure 24).

Pour l'année 2018, la concession de Capbreton présente en moyenne l'abondance la plus élevée d'individus (461,4 individus), puis sur la concession de Soustons / Vieux Boucau, 427,3 individus en moyenne ont été observés. Enfin, la concession de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ présente une moyenne de 377,8 individus.

Chaque concession présente des caractéristiques particulières :

- La concession de Capbreton présente le nombre d'individus le plus élevé observé sur les récifs artificiels du type Typi (614,2 individus) ;
- La concession de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ présente, pour le récif Buse, le plus grand nombre d'individus observés (727,0).

Tableau 11 : Abondance moyenne pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.

Concession	Site	Abondance
Capbreton	Babel	196,8
	Site 2	394,5
	Site 3	640,0
	Typi	614,2
Soustons / Vieux Boucau	Babel	333,8
	Site 7	541,8
	Typi	406,3
Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ	Babel	131,3
	Site 1	727,0
	Typi	275,0

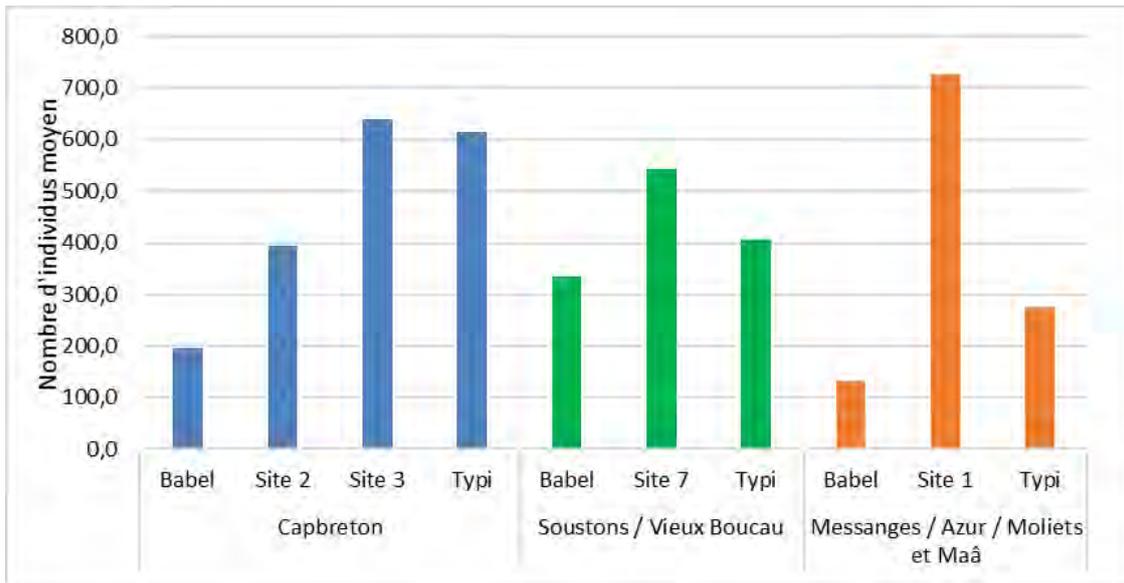


Figure 24 : Abondance moyenne pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.

2.2.4. Abondance des espèces en fonction des classes de taille

L'abondance moyenne par récif artificiel en fonction des classes de taille (nombre d'individus par type de récif artificiel) est une valeur à prendre avec précaution, car la mention « Taille » n'a pas été renseignée systématiquement.

Les tableaux et les graphiques réalisés minimisent en effet les abondances réelles car les tailles renseignées qui regroupent plusieurs classes de taille (exemple « gros et petits » ou « 10 à 30 cm » ou « >30 ») n'ont pas pu être exploitées. Les observations où aucune estimation de taille n'a été faite ne sont également pas prises en compte. Cela entraîne donc un biais relativement important qui diffère d'une campagne et d'une année à l'autre, suivant les observateurs.

De manière générale en 2018, les individus de taille moyenne sont les plus représentés. Le site 3 et le site Typi de Capbreton font exception puisque les « petits » individus sont les plus représentés. A l'inverse, le site Typi de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ semble colonisé majoritairement par des gros individus (Tableau 12, Figure 25).

Tableau 12 : Abondance moyenne par classe de taille et par campagne pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.

Concession	Site	Petit	Moyen	Gros
Capbreton	Babel	10,0	27,0	20,0
	Site 2	19,8	189,4	109,0
	Site 3	500,0	21,0	0,0
	Typi	160,4	196,4	36,6
Soustons / Vieux Boucau	Babel	0,0	249,3	16,0
	Site 7	6,7	384,4	12,0
	Typi	10,0	133,0	49,8
Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ	Babel	0,0	67,0	61,3
	Site 1	0,0	456,3	153,3
	Typi	0,0	20,0	177,0

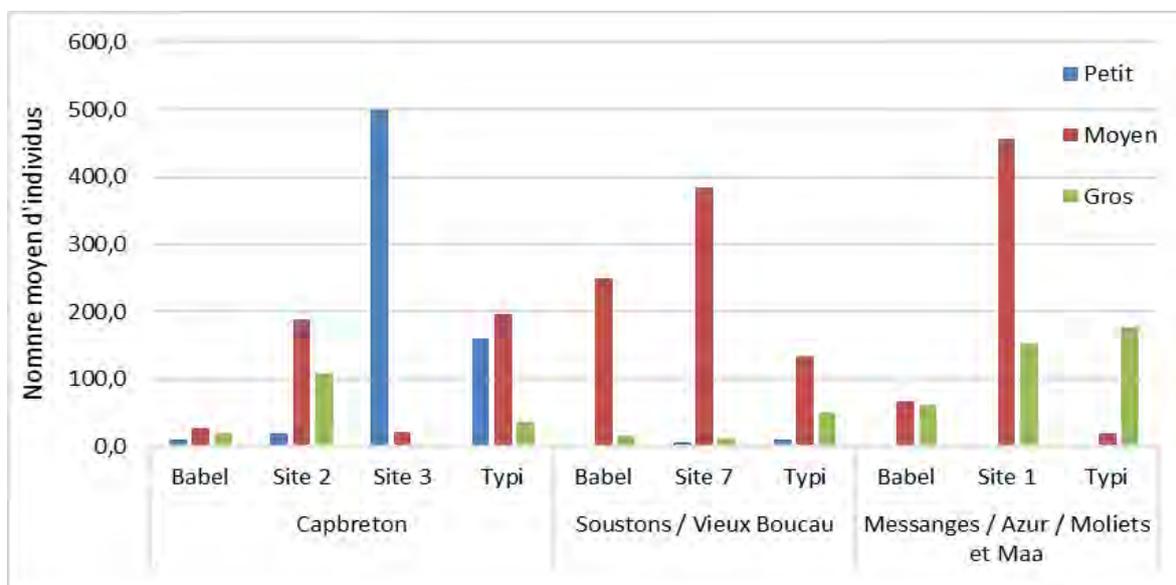


Figure 25 : Abondance moyenne en fonction des classes de taille pour chaque zone de récif artificiel en 2018.

2.2.5. Abondance du chinchard en fonction des classes de taille

Le chinchard fait partie des espèces les plus représentés sur l'ensemble des sites. Sur la totalité des sites de Soustons / Vieux Boucau (Babel, site 7 et Typi), ainsi que sur le site Babel et le site 1 de Messanges/ Azur / Moliets-et-Maâ, les chinchards sont majoritairement, voir uniquement, représentés par des individus de taille moyenne (Tableau 13 ; Figure 26). En revanche, sur les sites de Capbreton, les chinchards de petite taille sont plus abondants (excepté sur le site 2). Les seuls « gros » chinchards comptabilisés ont été observés sur le site 2 de Capbreton et sur le site Typi de Messanges/ Azur / Moliets-et-Maâ. Le site 2 de Capbreton est le seul site où les trois classes de tailles ont fait l'objet d'une observation.

Tableau 13 : Abondance moyenne de chinchards par classe de taille pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.

Concession	Site	Petit	Moyen	Gros
Capbreton	Babel	10,0	0,0	0,0
	Site 2	15,2	115,0	100,0
	Site 3	500,0	0,0	0,0
	Typi	100,0	100,0	0,0
Soustons / Vieux Boucau	Babel	0,0	243,8	0,0
	Site 7	0,0	225,0	0,0
	Typi	10,0	93,8	0,0
Messanges/ Azur / Moliets-et-Maâ	Babel	0,0	25,0	0,0
	Site 1	0,0	205,0	0,0
	Typi	0,0	0,0	166,7

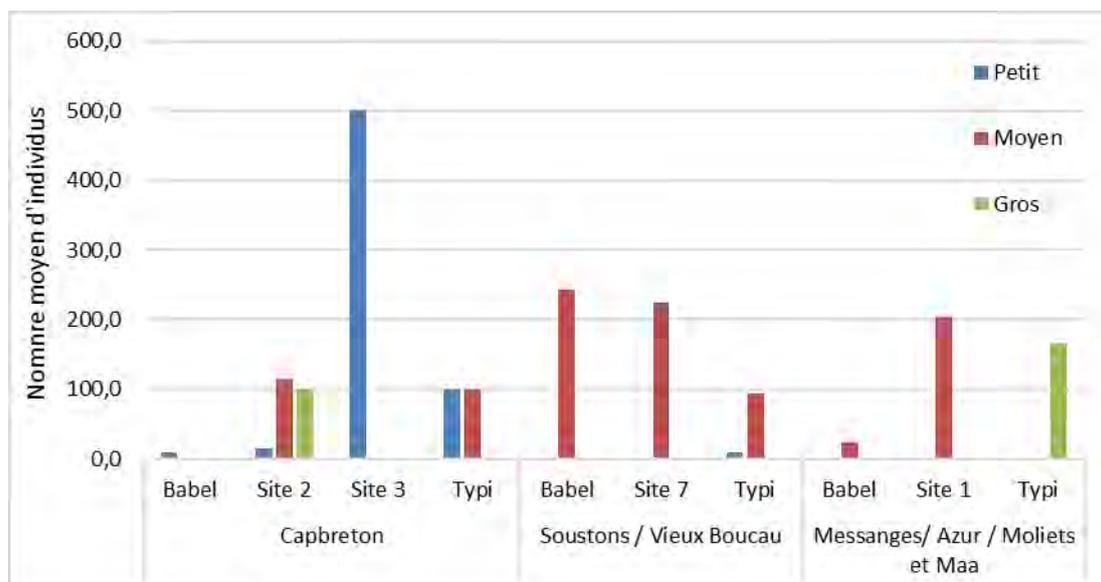


Figure 26 : Abondance moyenne de chinchards en fonction des classes de taille pour chaque zone de récif artificiel en 2018.

2.2.6. Abondance du tacaud en fonction des classes de taille

Concernant les tacauds, les individus de taille moyenne sont les plus fréquemment rencontrés. Cette classe de taille domine sur le site 2 de Capbreton et le site 7 de Soustons / Vieux Boucau. Sur la totalité des récifs artificiels de Messanges/ Azur / Moliets-et-Maâ, les gros individus dominent. Le seul site où de petits individus ont été comptabilisés est le récif Typi de Capbreton (Tableau 14 ; Figure 27). Sur les récifs artificiels Babel de Capbreton et de Soustons / Vieux boucau, ainsi que sur le site 3 de Capbreton, aucune donnée exploitable n'a été enregistrée.

Tableau 14 : Abondance moyenne de tacauds par classe de taille et par campagne pour chaque zone de récifs artificiels en 2018.

Concession	Site	Petit	Moyen	Gros
Capbreton	Site 2	0,0	60,0	0,0
	Typi	100,0	0,0	0,0
Soustons / Vieux Boucau	Site 7	0,0	38,3	0,0
	Typi	0,0	18,8	18,8
Messanges/ Azur / Moliets-et-Maâ	Babel	0,0	25,0	38,3
	Site 1	0,0	13,3	33,3
	Typi	0,0	0,0	6,7

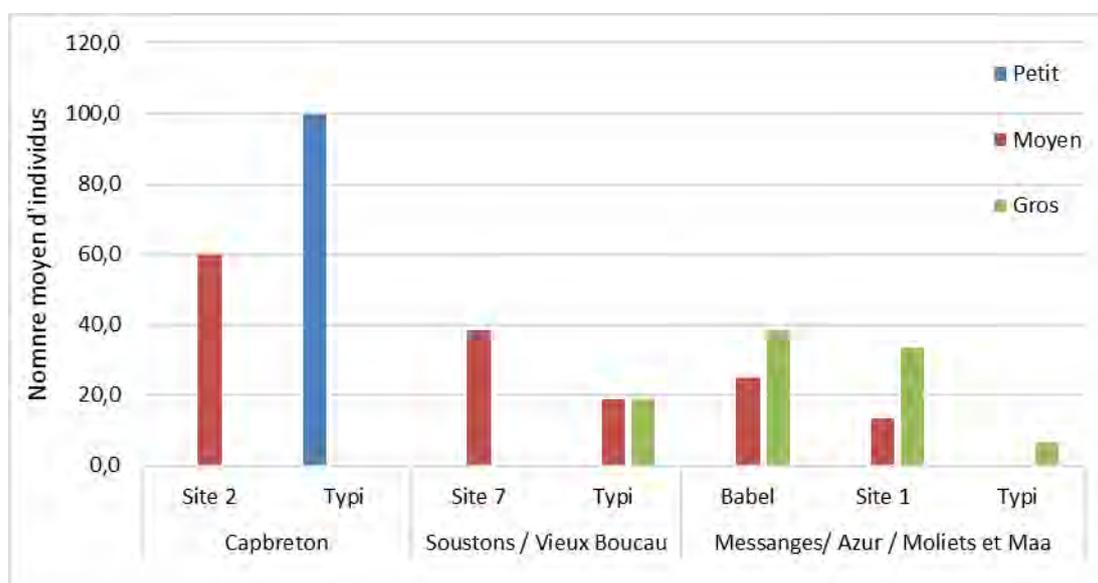


Figure 27 : Abondance moyenne de tacauds en fonction des classes de taille pour chaque zone de récif artificiel en 2018.

3. Comparaisons historiques pour la concession de Capbreton

Les comparaisons historiques sont réalisées pour la concession de Capbreton car il s'agit du jeu de données le plus complet, sur le récif artificiel Buse - site 2 et le récif artificiel Typi. Ces 2 récifs ont été retenus car leur échantillonnage a été le plus régulier au cours des dernières années.

3.1. Faune pionnière

3.1.1. Invertébrés fixés et pontes observées

Lors du suivi scientifique des récifs artificiels gérés par Aquitaine Landes Récifs, une attention toute particulière est apportée aux espèces présentant un intérêt commercial. Il convient néanmoins de signaler la présence des espèces sans importance commerciale mais dont le rôle écologique est primordial dans l'établissement de la chaîne trophique. Ces invertébrés peuvent parfois constituer de véritables faciès et donnent un aspect paysager particulier aux structures (Tableau 15, Tableau 16).

En 2018, sur le récif artificiel Buse – site 2, trois nouvelles espèces ont été observées :

- Sabelle, *Sabella sp.* ;
- Anémone encroûtante blanche, *Parazoanthus anguicomus* ;
- Clione jaune, *Cliona celata* (Figure 28).

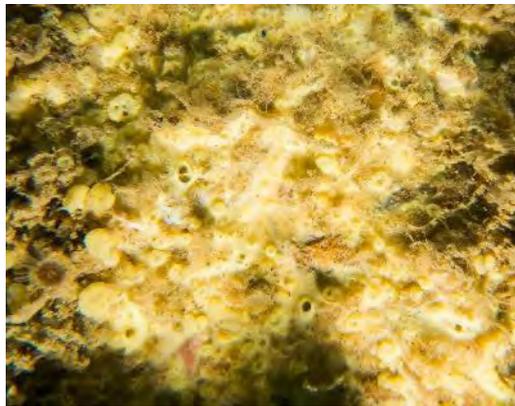


Figure 28 : Clione jaune (*Cliona celata*) (©ALR).

En 2018, sur le récif artificiel Typi, deux nouvelles espèces ont été observées :

- Chartelle, *Chartella papyracea* (Figure 29) ;
- Plume d'or, *Gymnangium montagui*.



Figure 29 : Chartelle (*Chartella papyracea*) (Jean Celestrino ©ALR).

La diversité d'espèces observée est plus importante sur le récif artificiel Buse – site 2, mais en 2018 le nombre de familles observées est plus important sur le récif artificiel Typi.

La chartelle (*Chartella papyracea*) est la seule espèce observée uniquement sur le récif artificiel Typi. A l'inverse, de nombreuses espèces ont été observées uniquement sur le récif artificiel Buse – site 2 (hermelles, sabelle, anémone dahlia, anémone fraise, alcyon jaune, gorgone, anémone encroûtante blanche, grande tubulaire, comatule, clione jaune, clathrine blanche et botryloïde).

Cette diversité en invertébrés fixés, et plus spécialement l'abondance en organismes filtreurs et suspensivores, traduit la richesse du milieu en matières organiques et particulaires en suspension, engendrant une importante turbidité.

Tableau 15 : Liste des invertébrés fixés observés sur le récif artificiel Buse – site 2.

Embranchement	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	2001	2002	2003	2005	2006	2008	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2018	
Annélides	<i>Sabellariidae</i>	Hermelles	<i>Sabellaria alveolata</i>										✓				
		Sabelle	<i>Sabella sp</i>														✓
		Spirographe	<i>Sabella spallanzanii</i>		✓											✓	
	<i>Serpulidae</i>	Serpule	<i>Serpula sp</i>							✓		✓	✓	✓	✓		
Arthropodes	<i>Balanidae</i>	Balane commune	<i>Perforatus perforatus</i>							✓	✓	✓	✓				
Cnidaires	<i>Actiniidae</i>	Anémone dalhia	<i>Urticina eques</i>	✓													
Cnidaires Echinodermes	<i>Actiniidae</i>	Anémone fraise	<i>Actinia fragacea</i>							✓		✓	✓				
		<i>Aglaopheniidae</i>	Anthopleure sanguine	<i>Bunodosoma biscayense</i>							✓		✓	✓			
		Plumaire	<i>Aglaophenia sp</i>							✓		✓	✓				✓
	<i>Aglaopheniidae</i>	Plume d'or	<i>Gymnangium montagui</i>							✓	✓	✓	✓	✓			
	<i>Alcyoniidae</i>	Alcyon jaune	<i>Alcyonium digitatum</i>							✓		✓	✓				
	<i>Corallimorphidae</i>	Anémone bijou	<i>Corynactis viridis</i>			✓			✓	✓		✓	✓				✓
	<i>Epizoanthidae</i>	Anémone encroûtante brune	<i>Epizoanthus couchii</i>	✓		✓				✓		✓	✓	✓			✓
	<i>Gorgoniidae</i>	Gorgone	<i>Leptogorgia sp</i>								✓	✓	✓	✓			✓
	<i>Gorgoniidae</i>	Gorgone sarmenteuse	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>										✓				
	<i>Parazoanthidae</i>	Anémone encroûtante blanche	<i>Parazoanthus anguicomus</i>														✓
	<i>Sagartiidae</i>	Anémone marguerite	<i>Actinothoe sphyrodeta</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓
	<i>Sertulariellidae</i>	Hydraire	<i>Tamarisca tamarisca</i>	✓									✓				
	<i>Tubulariidae</i>	Grande tubulaire	<i>Tubularia indivisa</i>									✓					
	<i>Antedonidae</i>	Comatule	<i>Antedon bifida</i>									✓					
Mollusques	<i>Mytilidae</i>	Moule commune	<i>Mytilus edulis</i>	✓	✓					✓		✓				✓	
Mollusques	<i>Ostreidae</i>	Huître creuse	<i>Crassostrea gigas</i>												✓		
Spongiaires	<i>Clionidae</i>	Clione jaune	<i>Cliona celata</i>													✓	
Spongiaires	<i>Leucaliidae</i>	Clathrine blanche	<i>Ascandra contorta</i>									✓					
Tuniciers	<i>Styelidae</i>	Botrylloïde	<i>Botrylloides leachii</i>							✓		✓	✓				

Tableau 16 : Liste des invertébrés fixés observés sur le récif artificiel Typi.

Embranchement	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	2012	2013	2015	2016	2018
Annélides	<i>Sabellariidae</i>	Hermelles	<i>Sabellaria alveolata</i>					
		Sabelle	<i>Sabella sp</i>					
	<i>Serpulidae</i>	Serpule	<i>Sabella spallanzanii</i>				✓	
			<i>Serpula sp</i>	✓	✓	✓		✓
Arthropodes	<i>Balanidae</i>	Balane commune	<i>Perforatus perforatus</i>	✓	✓	✓		✓
Bryozoaires	<i>Flustridae</i>	Chartelle	<i>Chartella papyracea</i>					✓
	<i>Aglaopheniidae</i>	Plumaire	<i>Aglaophenia sp</i>		✓			✓
		Plume d'or	<i>Gymnangium montagui</i>					✓
	<i>Alcyoniidae</i>	Alcyon jaune	<i>Alcyonium digitatum</i>					
Cnidaires	<i>Corallimorphidae</i>	Anémone bijou	<i>Corynactis viridis</i>	✓	✓	✓		✓
	<i>Epizoanthidae</i>	Anémone encroûtante brune	<i>Epizoanthus couchii</i>		✓			✓
	<i>Sagartiidae</i>	Anémone marguerite	<i>Actinothoe sphyrodeta</i>	✓	✓	✓	✓	✓
	<i>Sertularellidae</i>	Hydraire	<i>Tamarisca tamarisca</i>	✓				✓
Mollusques	<i>Mytilidae</i>	Moule commune	<i>Mytilus edulis</i>	✓	✓	✓		✓
	<i>Ostreidae</i>	Huître creuse	<i>Crassostrea gigas</i>	✓			✓	✓

3.1.2. Invertébrés mobiles

Plusieurs invertébrés mobiles, directement observables et évoluant sur ou à proximité des récifs artificiels ont été répertoriés sur le récif artificiel Buse – site 2 et sur le récif artificiel Typi (Tableau 17 ; Tableau 18).

Sur le récif artificiel Buse – site 2, la diversité maximale a été observée, en 2010, avec 15 familles différentes observées.

Sur le récif artificiel Typi, la diversité maximale a été observée en 2012 et en 2013 avec 5 familles différentes observées.

La crimora à papilles (*Crimora papillata*) est la seule espèce observée uniquement sur le récif artificiel Typi (Figure 30).



Figure 30 : Crimora à papilles (*Crimora papillata*) (Jean Celestrino ©ALR)

A l'inverse, de nombreuses espèces ont été observées uniquement sur le récif artificiel Buse – site 2 (tourteau, crabe vert, galathée, araignée de mer, homard, cigale, petite cigale de mer, oursin commun, ophiure fragile, doris canthabrique, doris tricolore et polycère des féroé).

Tableau 17 : Liste des invertébrés mobiles observés sur le récif artificiel Buse - site 2.

Embranchement	Famille	Espèce	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2018	
Arthropodes	Cancridae	Tourteau		✓	✓					✓			✓	✓			
	Carcinidae	Crabe vert								✓							
	Galatheidae	Galathée	✓	✓	✓												
	Majidae	Araignée de mer			✓			✓		✓							
	Nephropidae	Homard			✓		✓	✓									
	Paguridae	Bernard l'hermite commun	<i>Pagurus bernhardus</i>								✓		✓	✓			✓
	Palaemonidae	Crevette bouquet	<i>Palaemon serratus</i>	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
	Portunidae	Etrille	<i>Necora puber</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓			✓
	Scyllaridae	Cigale	<i>Scyllarides latus</i>					✓	✓		✓						
	Petite cigale de mer	<i>Scyllarus arctus</i>								✓							
Cnidaires	Pelagiidae	Pélagie											✓				
Echinodermes	Asteriidae	Etoile de mer commune								✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
		Etoile de mer glaciale								✓	✓	✓	✓			✓	
	Echinidae	Oursin								✓	✓	✓					
		Oursin commun		✓	✓	✓		✓	✓	✓							
	Ophiothricidae	Ophiure fragile								✓							
Mollusques	Buccinidae	Buccin commun	✓	✓						✓							
	Chromodorididae	Doris canthabrique								✓						✓	
		Doris tricolore								✓	✓	✓	✓			✓	
	Nassariidae	Nasse réticulée	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	✓			✓	
	Octopodidae	Poulpe	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	
	Polyceridae	Polycère des féroé									✓						
	Sepiidae	Seiche commune	✓	✓	✓			✓	✓						✓		

Tableau 18 : Liste des invertébrés mobiles observés sur le récif artificiel Typi.

Embranchement	Famille	Espèce	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2018
Arthropodes	<i>Paguridae</i>	Bernard l'hermite commun <i>Pagurus bernhardus</i>				✓	✓		
	<i>Palaemonidae</i>	Crevette bouquet <i>Palaemon serratus</i>		✓	✓				
	<i>Portunidae</i>	Etrille <i>Necora puber</i>	✓						
Cnidaires	<i>Pelagiidae</i>	Pélagie <i>Pelagia noctiluca</i>				✓			
Echinodermes	<i>Asteriidae</i>	Etoile de mer commune <i>Asteria rubens</i>		✓	✓	✓			
		Etoile de mer glaciale <i>Marthasterias glacialis</i>				✓			
	<i>Echinidae</i>	Oursin <i>Paracentrus sp.</i>			✓				
Mollusques	<i>Buccinidae</i>	Buccin commun <i>Buccinum undatum</i>			✓				
	<i>Nassariidae</i>	Nasse réticulée <i>Nassarius reticulatus</i>				✓	✓		
	<i>Octopodidae</i>	Poulpe <i>Octopus vulgaris</i>	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
	<i>Polyceridae</i>	Crimora à papille <i>Crimora papillata</i>							✓
	<i>Sepiidae</i>	Seiche commune <i>Sepia officinalis</i>						✓	

3.2. Vertébrés

3.2.1. Nombre de familles

Au niveau de la concession de Capbreton, le nombre moyen de familles de vertébrés présents sur le récif artificiels « Buse » site 2 et sur le récif Typi a été étudié (Tableau 19, Figure 31).

Le nombre de familles moyen observé depuis 2001 est de 8,8 familles sur le récif Buse site 2 et de 7,0 familles pour le récif Typi.

Pour le récif Buse, le nombre maximum moyen de familles a été observé en 2010 (13,0 familles) et pour le récif Typi, le nombre maximum moyen de familles a été observé en 2015 (9,5 familles).

Tableau 19 : Nombre moyen de familles pour chaque zone de récifs artificiels.

Année	Buse - Site 2		Typi	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
2001	9,3	2,1		
2002	9,5	2,7		
2003	8,6	3,9		
2005	7,0	0		
2006	9,5	2,5		
2007	7,6	2,7		
2008	10,0	0		
2010	13,0	1,8	8,0	2,7
2011	7,0	3	4,0	0
2012	9,0	2,5	5,0	1,6
2013	8,7	2,1	7,0	3,3
2015	6,0	0	9,5	0,5
2016	9,0	0	9,0	0
2018	8,4	1,2	7,0	2,3
Moyenne	8,8	1,8	7,1	1,5

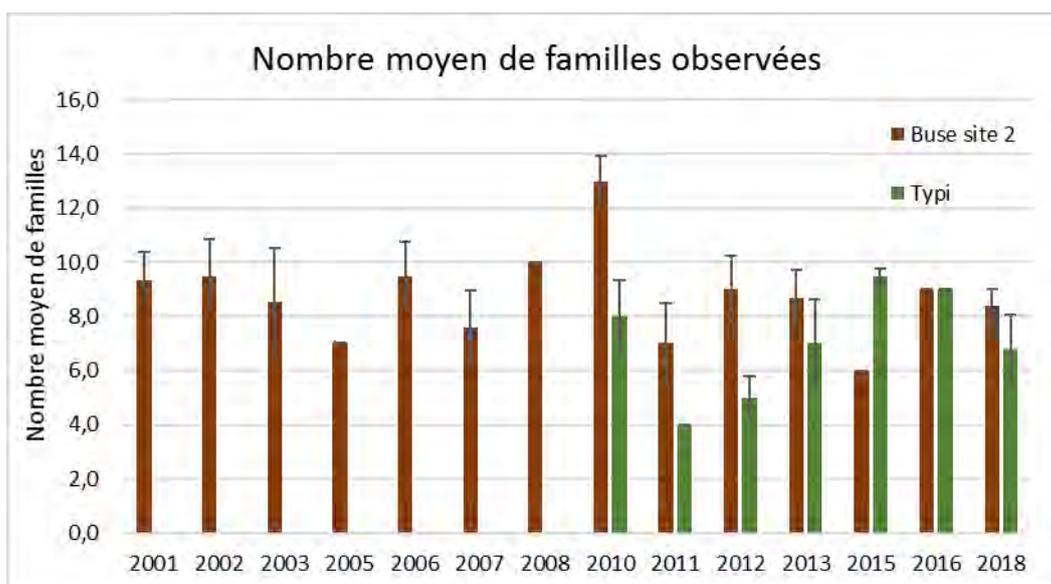


Figure 31 : Nombre moyen de familles pour chaque zone de récifs artificiels.

3.2.2. Fréquences d'occurrences

Au cours de ces différentes années de suivi scientifique, plusieurs familles de vertébrés ont été observées sur les récifs artificiels. En général, les individus ont pu être identifiés jusqu'à l'espèce mais ce n'est pas toujours le cas (Tableau 20, Tableau 21 et Tableau 22).

Le sar à museau pointu (*Diplodus puntazzo*) est la seule espèce observée uniquement sur le récif artificiel Typi.

A l'inverse, de nombreuses espèces ont été observées uniquement sur le récif artificiel Buse – site 2 (blennie gattorugine, dragonnet lyre, anchois, motelle commune, crénilabre baillon, crénilabre mélops, cténolabre, vieille, ombrine côtière, maquereau, barbue, targeur, turbot, rascasse brune, sole commune, marbré, pageot et saupe).

Sur le récif artificiel Buse, les espèces présentant les fréquences d'occurrences les plus élevées toutes les années confondues sont : la blennie ; le chinchard ; le congre ; le tacaud ; l'ombrine bronze ; le sar à tête noire.

Pour le récif artificiel Typi, les résultats sont plus contrastés et les fréquences d'occurrences varient d'une année sur l'autre quelle que soit l'espèce. La blennie est l'espèce présentant les fréquences d'occurrences les plus élevées toutes années confondues.

Tableau 20 : Liste des vertébrés rencontrés sur le récif artificiel Buse – site 2 -1/2.

Embranchement	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2018	
Chondrichthyens	Torpedinidae	Torpille	<i>Torpedo marmorata</i>			33%												
	Balistidae	Baliste	<i>Balistes capriscus</i>	67%	25%	33%			60%	50%	63%	13%	75%			✓		
Ostéichthyens	Blennidae	Blennie sp	<i>Parablennius sp</i>	100%	100%	67%	✓	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	✓	✓	60%	
		Blennie de Roux	<i>Parablennius rouxi</i>	33%		22%												
		Blennie gattorugine	<i>Parablennius gattorugine</i>	17%		22%			20%					25%	33%			
		Blennie pilicorne	<i>Parablennius pilicornis</i>			11%			20%	50%	75%	50%		67%				60%
	Callionymidae	Dragonnet lyre	<i>Callionymus lyra</i>								13%							
	Carangidae	Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	67%	100%	78%	✓	100%	60%	100%	100%	100%	75%	100%		✓	80%	
	Clupeidae	Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>								38%							
	Congridae	Congre	<i>Conger conger</i>	100%	100%	100%	✓	100%	100%	100%	88%	100%	100%	100%	✓	✓	80%	
	Engraulidae	Anchois	<i>Engraulis encrasicolus</i>	33%	25%				20%	50%	13%							
	Gadidae	Capelan	<i>Trisopterus minutus</i>		100%	78%	✓		20%	50%	63%	50%	50%	33%	✓			20%
		Lieu jaune	<i>Pollachius pollachius</i>														✓	
		Motelle commune	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>									13%						
		Tacaud	<i>Trisopterus luscus</i>	100%	100%	89%	✓	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	✓	✓	100%	
	Gobidae	Gobie	<i>Gobius sp</i>	50%	25%	67%		100%		100%	38%			33%				
		Gobie buhotte	<i>Pomatoschistus minutus</i>	17%					20%	50%								
	Labridae	Crénilabre	<i>Symphodus sp</i>									88%			100%			
		Crénilabre à cinq taches	<i>Symphodus roissali</i>	33%	25%			50%		50%					33%			
		Crénilabre baillon	<i>Symphodus bailloni</i>			22%												20%
		Crénilabre mélops	<i>Symphodus melops</i>											25%				
		Cténolabre	<i>Ctenolabrus rupestris</i>			11%		50%	20%	50%								
Molidae	Vieille	<i>Labrus bergylta</i>	33%										33%				20%	
Moronidae	Poisson lune	<i>Mola mola</i>		25%	11%		50%			38%	50%	25%					20%	
Moronidae	Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>	17%	25%	22%			20%		38%						✓	20%	
	Rouget de roche	<i>Mullus surmuletus</i>	100%	100%	89%	✓	100%	60%	100%		50%	25%	33%		✓	✓	40%	
	Rouget de vase	<i>Mullus barbatus</i>														✓	20%	
Mullidae	Rouget sp	<i>Mullus sp</i>									100%	50%	75%	67%	✓	✓	40%	
	Muraenidae	Murène	<i>Muraena helena</i>					20%										

Tableau 21 : Liste des vertébrés rencontrés sur le récif artificiel Buse – site 2 -2/2.

Embranchement	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2018		
Ostéichtyens	Sciaenidae	Ombrine bronze	<i>Umbrina canariensis</i>	100%	100%	78%	✓	100%	60%	100%	100%	50%	100%	67%	✓		80%		
		Ombrine côtière	<i>Umbrina cirrosa</i>												33%				
	Scombridae	Bonite à dos rayé	<i>Sarda sarda</i>									13%							
		Maquereau	<i>Scomber scombrus</i>		25%														
	Scophthalmidae	Barbue	<i>Scophthalmus rhombus</i>			11%													
		Targeur	<i>Zeugopterus punctatus</i>			33%			50%			38%							
		Turbot	<i>Scophthalmus maxima</i>	17%															
	Scorpaenidae	Petite rascasse rouge	<i>Scorpaena notata</i>									38%						40%	
		Rascasse sp	<i>Scorpaena sp</i>									75%		50%	67%		✓	100%	
		Rascasse brune	<i>Scorpaena porcus</i>									38%		25%				20%	
	Serranidae	Serran chèvre	<i>Serranus cabrilla</i>							20%		50%	50%	25%				40%	
	Soleidae	Sole commune	<i>Solea solea</i>	17%											33%				
	Sparidae	Bogue	<i>Boops boops</i>	50%	25%	22%				20%						✓		20%	
		Dorade Grisét	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	67%	50%	44%			50%			25%	50%	25%			✓	20%	
		Dorade sp										25%							
		Dorade royale	<i>Sparus aurata</i>											25%					
		Marbré	<i>Lithognathus mormyrus</i>	50%	25%	11%	✓					13%							
		Pageot	<i>Pagellus erythrinus</i>	17%															
		Sar à grosses lèvres	<i>Diplodus cervinus cervinus</i>			22%					50%						✓		
		Sar à tête noire	<i>Diplodus vulgaris</i>	67%	100%	89%	✓	50%	60%	100%	75%	50%	50%	67%			✓	80%	
		Sar commun	<i>Diplodus sargus sargus</i>	67%	75%	11%				40%	50%	88%	50%	75%					40%
		Saupe	<i>Sarpa salpa</i>	33%	50%	11%													
	Trachinidae	Grande vive	<i>Trachinus draco</i>	33%	50%	22%			50%	40%		63%		25%					
Zeidae	Saint-Pierre	<i>Zeus faber</i>		25%							50%		50%	33%		✓	40%		

Tableau 22 : Liste des vertébrés rencontrés sur le récif artificiel Typi.

Embranchement	Famille	Nom vernaculaire	Nom scientifique	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2018	
Ostéichtyens	Balistidae	Baliste	<i>Balistes capriscus</i>	75%	100%			100%	✓	60%	
	Blennidae	Blennie sp	<i>Parablennius sp</i>	100%	100%	75%	100%	50%	✓	60%	
		Blennie de Roux	<i>Parablennius rouxi</i>								20%
		Blennie pilicorne	<i>Parablennius pilicornis</i>			25%	67%				60%
	Carangidae	Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	100%	50%	50%	100%	100%	✓	60%	
	Clupeidae	Sardine	<i>Sardina pilchardus</i>	50%							
	Congridae	Congre	<i>Conger conger</i>	50%	50%	100%	100%	100%			40%
	Gadidae	Capelan	<i>Trisopterus minutus</i>		50%				50%		
		Lieu jaune	<i>Pollachius pollachius</i>							✓	
		Tacaud	<i>Trisopterus luscus</i>	100%	50%	100%	67%	100%	✓	20%	
	Gobidae	Gobie	<i>Gobius sp</i>				33%			20%	
	Labridae	Crénilabre	<i>Symphodus sp</i>				67%	50%			
		Crénilabre à cinq taches	<i>Symphodus roissali</i>				33%				
	Molidae	Poisson lune	<i>Mola mola</i>	25%							20%
	Moronidae	Bar commun	<i>Dicentrarchus labrax</i>							✓	20%
	Mullidae	Rouget de roche	<i>Mullus surmuletus</i>							✓	40%
		Rouget de vase	<i>Mullus barbatus</i>							✓	
		Rouget sp	<i>Mullus sp</i>	100%		50%	33%		✓		
	Sciaenidae	Ombre bronze	<i>Umbrina canariensis</i>		50%	25%	33%	100%			40%
	Scombridae	Bonite à dos rayé	<i>Sarda sarda</i>	25%							
	Scorpaenidae	Petite rascasse rouge	<i>Scorpaena notata</i>				33%				60%
		Rascasse sp	<i>Scorpaena sp</i>	25%		25%		100%			80%
		Rascasse brune	<i>Scorpaena porcus</i>			25%				✓	40%
	Serranidae	Serran chèvre	<i>Serranus cabrilla</i>								100%
	Sparidae	Bogue	<i>Boops boops</i>					50%			20%
		Dorade Griset	<i>Spondyliosoma cantharus</i>							✓	
		Dorade royale	<i>Sparus aurata</i>				33%				
Sar à grosses lèvres		<i>Diplodus cervinus cervinus</i>							✓		
Sar à museau pointu		<i>Diplodus puntazzo</i>			25%						
Sar à tête noire		<i>Diplodus vulgaris</i>	25%		50%	67%	50%	✓	80%		
Sar commun		<i>Diplodus sargus sargus</i>			50%		100%		40%		
Trachinidae	Grande vive	<i>Trachinus draco</i>	75%			33%	50%				
Zeidae	Saint-Pierre	<i>Zeus faber</i>	50%			33%	100%	✓	40%		

3.2.3. Abondance des individus

Chaque année, l'abondance des récifs artificiels (nombre moyen d'individus) a été étudiée sur les différentes zones (Tableau 23).

Pour le récif Buse, un déclin des abondances est observé entre les années 2001 et 2005, puis l'abondance augmente de nouveau en 2006 et en 2010. Depuis 2010, les abondances observées ont varié : en 2012 et en 2016, elles sont supérieures à la moyenne observée.

Pour le récif Typi, l'abondance moyenne fluctue au cours des années. En 2010, en 2012 et en 2016, les abondances observées sont supérieures à la moyenne.

Tableau 23 : Abondance moyenne pour chaque zone de récifs artificiels.

	Site 2 Abondance (Nb d'individus par campagne)	Typi Abondance (Nb d'individus par campagne)
2001	2333,2	
2002	2474,9	
2003	1471,2	
2005	513,3	
2006	1005,3	
2007	827,1	
2008	1007,0	
2010	1636,2	1014,7
2011	811,8	235,3
2012	1439,7	923,3
2013	599,1	318,7
2015	412,2	497,2
2016	1005,0	1005,0
2018	394,5	471,7

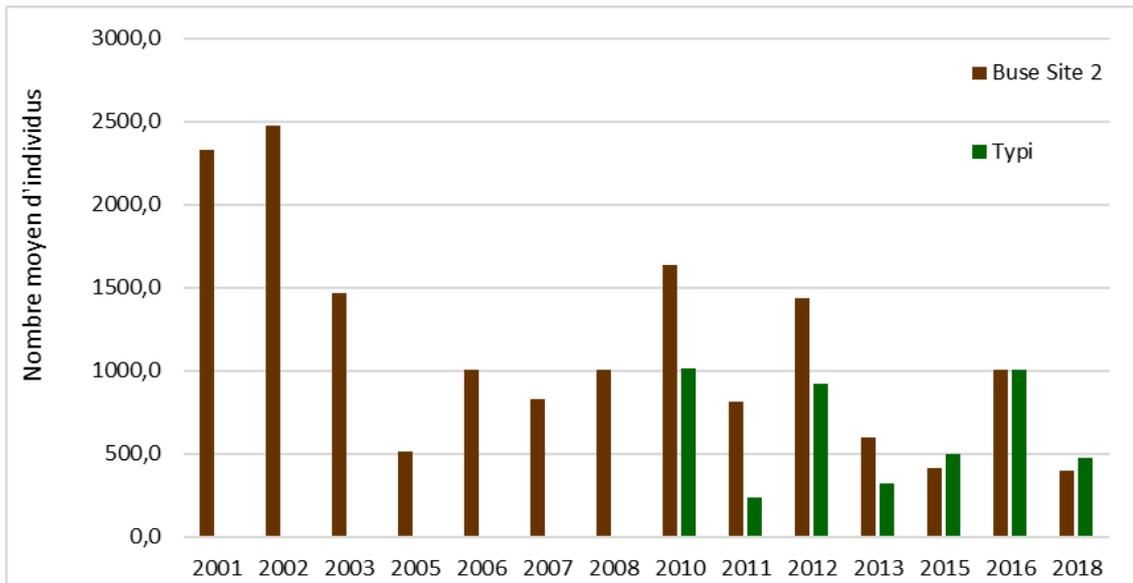


Figure 32 : Abondance moyenne pour chaque zone de récifs artificiels.

3.2.4. Abondance par taille

3.2.4.1. Buse - Site 2

Chaque année, l'abondance des individus (nombre moyen d'individus par zone de récifs artificiels) en fonction des classes de taille a été étudiée sur le récif artificiel Buse – site 2 de Capbreton (Tableau 24, Figure 33).

De manière générale les individus de taille « Moyenne » sont les plus observés sur le récif Buse sauf pour les années 2005, 2008, 2013 et 2015 où les individus de taille « Petit » sont les plus nombreux.

Entre 2001 et 2018, l'abondance d'individus a tendance à diminuer.

Tableau 24 : Abondance moyenne par classe de taille pour le récif artificiel Buse – site 2.

Année	Classe de taille		
	Nombre moyen d'individus "petit"	Nombre moyen d'individus "moyen"	Nombre moyen d'individus "gros"
2001	528,1	1488,2	316,9
2002	733,1	1299,2	442,6
2003	496,4	805,2	169,5
2005	403,3	90,0	20,0
2006	394,8	398,0	212,5
2007	299,1	395,1	132,9
2008	540,8	247,8	218,4
2010	3,0	759,6	19,9
2011	0,0	326,8	2,0
2012	18,6	341,3	0,5
2013	270,2	53,8	2,8
2015	52,5	12,5	10,5
2016	10,0	25,0	45,0
2018	19,8	189,4	109,0

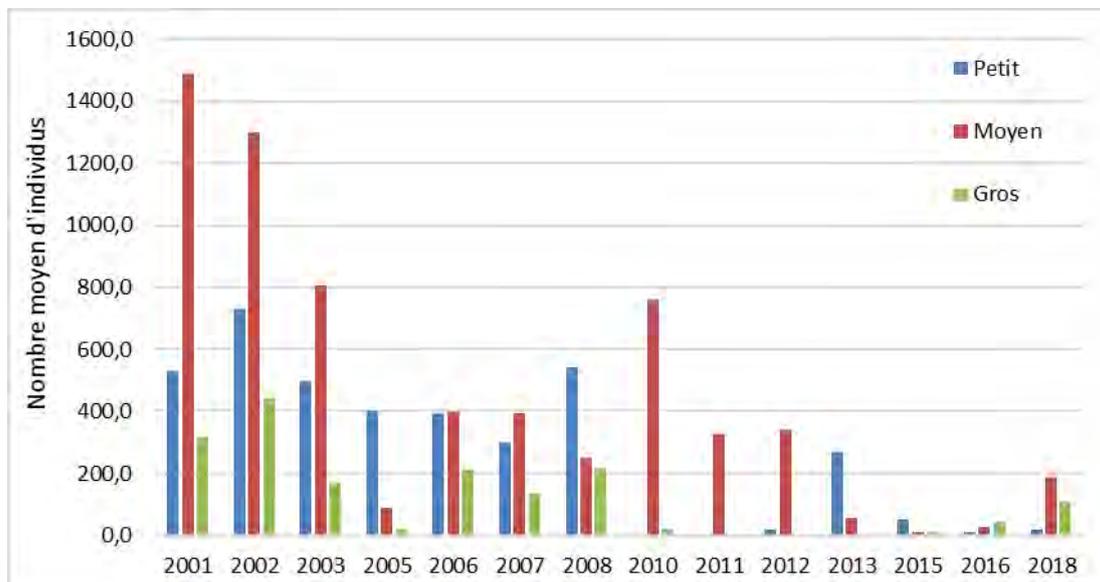


Figure 33 : Abondance moyenne par classe de taille pour le récif artificiel Buse – site 2.

3.2.4.1. Typi

Chaque année, l'abondance des individus (nombres moyens d'individus par zone de récifs artificiels) en fonction des classes de taille a été étudiée sur le récif artificiel Typi de Capbreton (Tableau 25, Figure 34).

Les individus appartenant à la classe de taille « Moyen » sont les plus observés sur le récif Typi de 2010 à 2012. Les individus appartenant à la classe de taille « Petit » sont les plus nombreux pour les années 2013 et 2018. Enfin, en 2015 et en 2016, les individus appartenant à la classe « Gros » sont les plus nombreux.

Tableau 25 : Abondance moyenne par classe de taille pour le récif artificiel Typi.

Année	Classe de taille		
	Nombre moyen d'individus "petit"	Nombre moyen d'individus "moyen"	Nombre moyen d'individus "gros"
2010	93,7	376,2	83,3
2011	0,0	84,8	0,5
2012	3,1	447,5	5,0
2013	104,0	64,5	0,3
2015	1,5	62,0	209,8
2016	10,0	25,0	45,0
2018	160,4	196,4	36,6

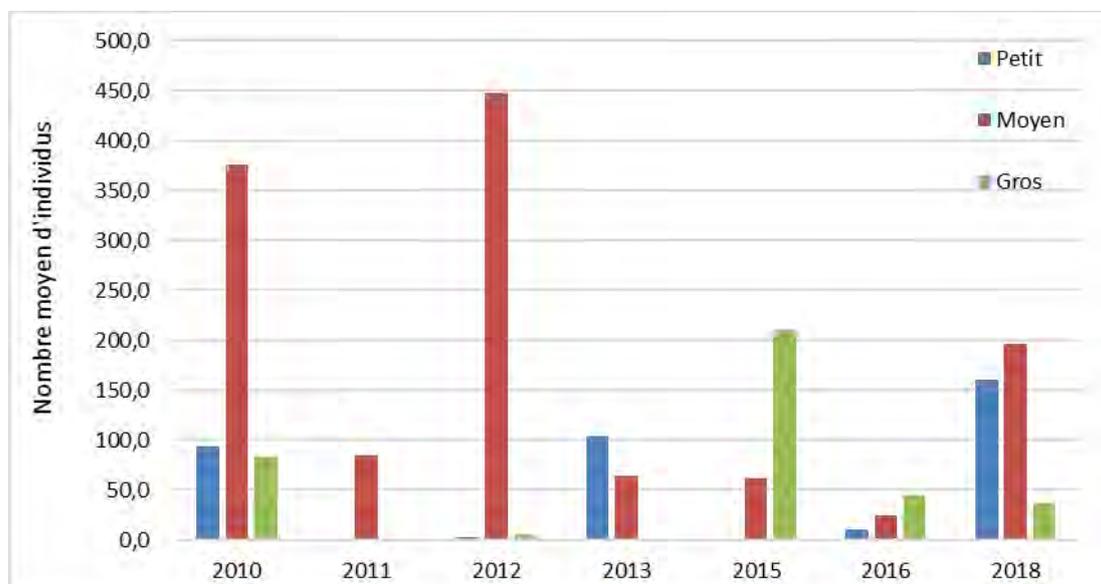


Figure 34 : Abondance moyenne par classe de taille pour le récif artificiel Typi.

DISCUSSION

1. Paramètres physiques

Ces campagnes de mesures ont permis de mettre en évidence la grande spécificité des zones. Malgré leur proximité, chaque zone est unique et évolue de façon bien particulière. Du fait de la forte variabilité observée, cette évolution sera à vérifier lors des prochaines campagnes.

Dans les zones de substrats meubles soumises à l'action des houles, les phénomènes d'enfouissement des récifs artificiels sont importants. Le taux d'enfouissement est alors souvent élevé. De plus, il peut exister des oscillations des niveaux d'ensablement suivant la saison et le site, attribuées principalement aux variations du régime des courants et à l'intensité des tempêtes. Un module immergé est assujéti à de nombreuses forces (Sheng, 2000). Il est soumis à un forçage dû aux courants de fond et de surface (vagues et vent), proportionnel à la surface immergée, créant des forces de traction et d'inertie. La tendance évolue progressivement vers une relative stabilité autour d'un point d'équilibre entre les contraintes hydrodynamiques et la réduction de ces contraintes par enfouissement.

La présence d'une dépression autour du module n'est pas étonnante pour une structure de petite taille (Buse) immergée sur des fonds sablo-vaseux et soumise à des actions hydrodynamiques intenses. La circulation de l'eau autour du module est perturbée par la présence du module. Les lignes de courant sont déviées et s'accroissent à proximité de la structure, un peu à la manière d'un cours d'eau dont la vitesse d'écoulement augmente au niveau d'un passage plus étroit. Cette accélération a tendance à remettre en suspension le sédiment et à le déposer plus loin.

En 2018, une campagne géophysique a permis de décrire quelques paramètres physiques des récifs artificiels Buse – site 2, Typi et Babel. En revanche, les récifs Buse – site 3 et Buse – site 1 n'ont pu être détectés avec suffisamment de précision.

2. Paramètres biologiques

2.1. Année 2018

Le suivi scientifique réalisé en 2018 a permis de mettre en évidence la grande spécificité des différentes zones. Malgré leur proximité, chaque zone est unique et évolue de façon bien particulière.

Certaines espèces semblent s'être particulièrement bien adaptées aux récifs et elles sont retrouvées sur toutes les concessions et quasiment sur la totalité des récifs. Il s'agit de la blennie, du chinchard, du congre, du tacaud, de l'ombrine, du serran chevrette et du sar.

La blennie se rencontre de 3 à 40 mètres sur substrats durs, de type rochers lisses et éboulis à faible profondeur ou sur du coralligène.

Le chinchard commun vit entre deux eaux ou sur le fond. Il est présent sur le talus continental (-10 à -500m, Quéro & Vayne, 1997) et généralement à moins de 200 m de profondeur. Les chinchards sont des poissons très migrateurs.

Le congre est un poisson benthique qui vit entre 0 et 1000 m de fond. Il se trouve sur des fonds sableux mais essentiellement rocheux car il vit dans les anfractuosités (rochers ou épaves) (Quéro & Vayne, 1997).

Le tacaud commun est un poisson démersal grégaire, c'est à dire qu'il vit près du fond en bancs. Il affectionne des eaux peu profondes, depuis la surface près des côtes jusqu'à des profondeurs de 100 à 150 m, rarement au-delà (Desmarchelier, 1986). Dans le golfe de Gascogne, il est présent sur les fonds sableux de la plate-forme continentale mais ses fortes concentrations coïncident avec la présence de roches ou d'épaves autour desquelles cette espèce se regroupe (Dardignac & Quéro, 1976).

L'ombrine bronze colonise le plateau et le bord du talus continental mais sa répartition bathymétrique* est généralement comprise entre 50 et 300 m. Les jeunes individus sont plus côtiers que les adultes. Il semblerait que sa localisation bathymétrique soit également dépendante de son optimum thermique qui se situe autour de 14-15 °C (Hutchings K, *et al.*, 2006). Cette espèce fréquente principalement les fonds meubles sablo-vaseux mais elle est aussi parfois observée dans des épaves et également à proximité ou sur les fonds rocheux.

Le serran chevrette est très commun sur les fonds rocheux et le coralligène, sa répartition bathymétrique est généralement comprise entre 5 et 90 m de profondeur (Louisy P., 2002).

En été, le sar commun se rencontre souvent en petit groupe très près des petits fonds rocheux. L'hiver, il regagne des eaux plus profondes ayant une température stable. Ce poisson affectionne tout particulièrement les digues de ports, les épis rocheux et les récifs artificiels de faible profondeur où il trouve sa nourriture de prédilection, les moules. S'il est inquiet, il se réfugie dans les cavités sous les roches (Louisy P., 2002).

Le nombre de familles observées a été systématiquement plus élevé pour les récifs « Buse ». Ce type de récif semble avoir été le plus favorable en termes de diversité observée pour les vertébrés. Les récifs « Buse » sont les récifs implantés en premier, leur colonisation dans le temps semble donc favorable.

La disparité concernant le nombre moyen de familles a été le plus important pour la concession Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ où des écarts importants sont observés entre le récif artificiel Babel (5,3) et le récif artificiel Buse (9,3). En 2018, le suivi scientifique du récif Babel a débuté.

Ce suivi a montré un nombre de familles observées proche du nombre de familles observées sur les autres récifs. Cependant, les abondances observées ont été moins importantes sur ce type de récif artificiel, installé en 2015. La poursuite de suivis scientifiques permettra de renforcer les données acquises et de suivre la colonisation de ce type de récif.

2.2. Comparaisons historiques

Lors des premières années d'immersion, des organismes « pionniers » se sont installés sur les récifs artificiels nouvellement immergés (crustacés, annélides, bivalves). Nombreux d'entre eux ont été consommés par des prédateurs (poulpe, poissons). Au cours des différentes années de suivi, de nouvelles espèces apparaissent alors que d'autres deviennent pérennes. Un réseau trophique a ainsi pu commencer à se développer.

Parmi ce peuplement faunistique, de nombreuses espèces de vertébrés et d'invertébrés d'intérêt commercial pour la pêche de petit métier ont été observées sur les récifs artificiels. Leur fréquence d'observation est rare (bonite, bar, marbré, turbot, homard, tourteau), occasionnelle (sar commun, araignée, calmar, poulpe, seiche,) ou fréquente (ombrine, congre, rouget, sar commun, tacaud) (Dalias et Scourzic, 2006).

La présence de pontes et de petits individus laisse à penser que les récifs artificiels ont un rôle de production. Des études scientifiques montrent aujourd'hui que les récifs artificiels peuvent augmenter la biomasse, et donc la disponibilité d'espèces en valorisant leur survie, leur croissance et leur reproduction. Il faut pour cela accroître le nombre d'habitats, notamment les frayères, les zones de nourrissage, les caches et les lieux de repos, en tenant compte des besoins aussi bien des adultes que des juvéniles. De tels récifs donnent manifestement les meilleurs résultats lorsqu'ils s'appliquent à des espèces qui utilisent des substrats durs pour les abris et les lieux de frai, et/ou qui se nourrissent des épibiontes des récifs (Cépralmar, 2015).

Une hypothèse « écologique » pourrait expliquer la variabilité des différents paramètres biologiques mesurés au sein de chaque zone de récifs artificiels. Le système récifal n'est pas clos et il peut exister des échanges plus ou moins importants entre une zone de récifs artificiels et les zones naturelles adjacentes. La majorité des ressources consommables par les poissons et les macro-invertébrés associés aux récifs artificiels provient de la colonne d'eau environnante par le biais des organismes filtreurs (Fang, 1992 ; Relini *et al.*, 2002a ; Steimle *et al.*, 2002).

Ainsi, une grande partie du succès d'un récif artificiel dépend de la productivité et de la disponibilité des ressources nutritives benthiques dans les habitats environnants. Dans ces conditions, il est probable que des espèces n'utilisent les récifs artificiels qu'une partie de la journée, de la saison, de l'année ou de leur cycle de vie.

2.3. Limite de la démarche

La disparité des données récoltées permet difficilement d'analyser et d'interpréter les résultats obtenus. En effet, depuis 2001, les suivis des différents récifs artificiels n'ont pas été réguliers en raison des conditions météorologiques et des contraintes techniques et humaines. Ainsi, certaines années, certains récifs ont été suivis alors que d'autres non. Il est ainsi difficile de constituer des séries chronologiques robustes.

Par ailleurs, les conditions de visibilité lors du suivi scientifique en plongée sous-marine et le comportement particulier de certaines espèces (cryptiques : vivant le plus souvent cachées comme les gobies, blennies ; craintives : comportement de fuite à l'approche des plongeurs ; à domaine vital étendu : espèces non nécessairement sur la zone lors du comptage) peuvent également expliquer la variabilité des résultats.

Enfin, l'effet « plongeur » est également à prendre en considération, car chaque personne dispose de son expérience et de ses compétences en matière d'identification des espèces. L'association ALR forme chaque année ses plongeurs à la bonne mise en œuvre du protocole de comptage et à l'identification des espèces visant ainsi à réduire ce biais dans les observations.

2.4. Propositions

Les communautés et les populations biologiques évoluent au cours du temps au sein d'un récif artificiel. Il est reconnu que la succession d'espèces colonisatrices est plus rapide durant la période suivant l'immersion du récif que plusieurs années après. De plus, différents auteurs ont démontré qu'après dix ans de suivi d'un récif artificiel, les communautés présentes n'avaient toujours pas atteint un équilibre (Relini *et al.*, 2002b ; Perkol-Finkel et Benayahu, 2004). Quatorze ans après l'installation des récifs artificiels sur la côte Sud de l'Algarve (Portugal), la richesse spécifique globale est toujours en croissance sur les récifs artificiels de Faro (Santos et Monteiro, 2007).

Les paramètres extérieurs telles que les conditions météorologiques antérieures ou l'acquisition de données courantologiques pourraient être mis en relation avec le résultat des suivis afin d'observer si des corrélations existent entre ces paramètres.

Par ailleurs, des perturbations extérieures à la dynamique de colonisations des récifs artificiels sont à envisager. Des filets de pêche et de nombreuses lignes de pêche ont été observés directement sur les récifs. L'impact de la pêche professionnelle et de la pêche plaisance pourrait perturber la dynamique de colonisation.

Ainsi, afin d'appréhender au mieux le fonctionnement de ces récifs, l'objectif de la prochaine saison devrait être d'améliorer les observations en plongée sous-marine. L'évolution physique des modules, le comptage précis des individus, l'estimation des classes de taille et la recherche systématique de pontes et de juvéniles seront des priorités. Parallèlement, l'appui vidéo et photographique doit être systématique à chaque plongée, comme pour les années précédentes.

Afin de suivre l'évolution des zones artificielles, il serait intéressant de trouver une zone rocheuse naturelle présentant des caractéristiques similaires aux zones de récifs artificiels, en ce qui concerne la profondeur, la distance à la côte, l'orientation par rapport à la houle et aux courants, la superficie, l'émergence, etc. Une fois cette zone naturelle repérée, des suivis en plongée sous-marine et par pêche expérimentale pourraient être réalisés suivant les mêmes protocoles que ceux utilisés pour les suivis scientifiques des récifs artificiels.

CONCLUSION

Sur le plan physique, la tenue à la mer des récifs artificiels est dans l'ensemble satisfaisante (absence de signes de dégradation extérieure) et les immersions réalisées ont été effectuées dans de bonnes conditions, grâce à un positionnement géographique précis et une pose délicate sur le fond. De plus, les données acquises en 2018, dans le cadre d'un suivi géophysique ont permis de renforcer la précision sur la situation géographique des récifs. Malgré tout, l'évolution dans le temps des structures Buse en particulier est à surveiller lors des prochaines campagnes car certains modules présentent des caractéristiques particulières. Ainsi ces récifs empilés ont une tendance à l'affaissement et à l'enfoncement. En moyenne, ils restent cependant suffisamment émergés du substrat en raison de la présence d'une cuvette liée à l'hydrodynamisme aux abords des modules. Les récifs artificiels Typi et Babel sont exemptés de ce problème.

Sur le plan biologique, les récifs artificiels démontrent leur intérêt en créant un substrat dur permettant l'installation rapide de peuplements assez diversifiés (poissons et invertébrés). Les espèces recensées sont pour la plupart des espèces d'intérêt commercial (tacaud, congre, etc.) présentant une forte affinité pour les substrats rocheux. Les biomasses de poissons peuvent atteindre des valeurs importantes en raison de l'abondance de certaines espèces (tacauds, congres, ombrines). Le rôle de production des récifs artificiels s'illustre principalement par la présence de pontes (seiche, calmar) et d'individus de poissons de petite taille, et par une certaine production conchylicole (moules, huîtres). Bien que des individus de taille commercialisable soient régulièrement observés sur les récifs artificiels, le rôle de production pour l'ensemble de la zone reste difficile à évaluer.

Ce suivi a permis d'envisager les mécanismes influençant la distribution des poissons sur les récifs artificiels. La richesse et l'abondance du peuplement de poissons dépendraient de facteurs tels que l'architecture, la forme du récif (plus la structure d'un récif est complexe, avec une disponibilité en habitats de type cavitaire, plus le récif sera riche) et l'environnement naturel du récif (l'éloignement à la côte, la profondeur, la proximité d'habitats naturels comme les roches favorisant les échanges et les apports de nouvelles espèces sur le récif). Il ressort également que chaque récif est un cas particulier. Il existe, en effet, de fortes variations d'un récif artificiel à l'autre, même lorsqu'il s'agit d'un même type de module.

La colonisation des récifs artificiels poursuit son évolution et se complexifiera à long terme. Les prochaines campagnes de suivi devront apporter de nouveaux éléments pour la compréhension des processus de colonisation des récifs artificiels.

Le projet d'immersion de récifs artificiels porté par ALR initialement orienté vers un objectif halieutique se redéfinit ces deux dernières années vers une vision plus large de soutien à la biodiversité par la production de juvéniles et par la revitalisation des écosystèmes dans un contexte actuel de changement climatique global.

Les récifs artificiels de l'association Aquitaine Landes Récifs doivent être considérés comme de véritables outils de gestion de la bande côtière comme les Aires Marines Protégées (AMP), les Zones de Mouillages et d'Equipements Légers (ZMEL) ou les nouvelles zones portuaires éco-conçues. Cette réflexion commune entre tous les acteurs du littoral aquitain permettra une véritable gestion intégrée de la zone côtière assurant un développement économique dans le respect d'un milieu côtier fragile.

BIBLIOGRAPHIE

Anon, 2003. State of Florida artificial reef strategic plan. Florida Fish and Wildlife Commission. Division of Marine Fisheries, 15 p.

Baine M., 2001. Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance. *Ocean and Coastal Management* 44: 241-259p.

Barthe X. et Castaing P., 1989. Etude théorique de l'action des courants de marée et des houles sur les sédiments du plateau continental du Golfe de Gascogne. *Oceanologica Acta*, Vol 12, N°4, 325- 334p.

Bauchot M.L., Pras A., 1980. Guide des poissons marins d'Europe. Delachaux & Niestlé, éd., Lausanne : 427p.

Bayle-Sempere J.T., Ramos-Espla A.A., Garcia-Charton J.A., 1994. Intra-annual variability of an artificial reef fish assemblage in the marine reserve of Tabarca (Alicante, Spain, SW Mediterranean). *Bull. Mar. Sci.*, 55 (2-3) : 824-835p.

Bernon N., Mallet C., Belon R., Hoareau A., Bulteau T., Garnier C., 2016. Caractérisation de l'aléa recul du trait de côte sur le littoral de la côte aquitaine aux horizons 2025 et 2050. Rapport final. BRGM/RP-66277-FR, 99p.

Biosub, 2001. Des récifs artificiels au large de Capbreton, Landes : 1-74p.

Bombace G., Fabi G., Fiorentini L., Sperenza S., 1994. Analysis of the efficacy of artificial reefs located in five different areas of the Adriatic sea. *Bull. Mar. Sci.*, 55 (2-3) : 559-580p.

Bretagnolle V., Duncan P., Fritz H. et Lebreton J.-D., 2000. Indicateurs de l'impact des activités humaines sur l'évolution de la biodiversité. Pertinence de l'utilisation des bases de données à long terme : cas des oiseaux d'eau en zones humides. CNRS, Chize, Beauvoir sur Niort, France. Brevan W., Maier R.A., Helson H., 1963. The influence of context upon the estimation of number. *Am. J. Psychol.*, 76 : 464-469p.

Brock V.E., 1954. A preliminary report on a method of estimating reef fish populations. *J. Wildl. Mgmt.*, 18 (3) : 297-308p.

Cépralmar, Région Languedoc-Roussillon - 2015 - Guide pratique d'aide à l'élaboration, l'exploitation et la gestion des récifs artificiels en Languedoc-Roussillon : 236p.

Charbonnel E., Francour P., 1994. Etude de l'ichtyofaune des récifs artificiels du Parc Régional Marin de la Côte Bleue en 1993. GIS Posidonie publ., Marseille, Fr. : 66p.

Charbonnel E., 1989. Evaluation des peuplements ichthyologiques des récifs artificiels dans les établissements de pêche des Alpes-Maritimes. Rapport Final. Conseil Général des Alpes-Maritimes. Contrat Conseil Régional Provence-Alpes-Côte d'Azur, CEE-FEOGA et Parc National de Port-Cros : 96p.

Charbonnel E., Francour P., Harmelin J.G., 1997. Finfish population assessment techniques on artificial reefs : a review in the European Union. European Artificial Reef Research, A.C. Jensen edit. Proceedings of the first EARRN conference, Ancona, Italy : 261-275p.

Charbonnel E., Francour P., Harmelin J.G., Ody D., 1995. Les problèmes d'échantillonnage et de recensement du peuplement ichthyologique dans les récifs artificiels. Biol. Mar. Med., 2 (1) : 85-90p.

Charbonnel E., Ruitton S., Bachet F., Maisonneuve De L., Daniel B., Geoffroy C., 2001. – Les peuplements de poissons des récifs artificiels du Parc Marin de la Côte Bleue. Suivi 2000 et évolution à moyen et long terme. Contrat Parc Marin de la Côte Bleue & GIS Posidonie publ. Fr. : 1-92.

Claudet J., 2006. Aires Marines Protégées et récifs artificiels : Méthodes d'évaluation, protocoles expérimentaux et indicateurs. THÈSE pour l'obtention du grade de Docteur de l'Université de Perpignan et de l'Ecole Pratique des Hautes Etudes. Discipline : Océanologie. Université de Perpignan, Ecole Doctorale – Biologie, Environnement et Sciences pour l'Ingénieur. 266p.

Collart D., Charbonnel E., 1998. Impact des récifs artificiels de Marseillan et d'Agde sur le milieu marin et la pêche professionnelle. Bilan du suivi 1996 / 1997. Contrat Conseil Régional Languedoc-Roussillon & Conseil Général de l'Hérault. CEGEL & GIS Posidonie publ., Fr. : 168p.

Dalias N, Blouet S., Foulquié M., Dupuy de la Grandrive R, Lenfant P, 2008. Suivi scientifique des récifs artificiels de Valras-Plage / Année 1 - 2008. Contrat Mairie de Valras-Plage & OCEANIDE – ADENA - Laboratoire Ecosystèmes Aquatiques Tropicaux et Méditerranéens UMR 5244 CNRS - EPHE - UPVD. OCEANIDE publ. Fr. : 100p.

Dalias N, Blouet S., Foulquié M., Dupuy de la Grandrive R, Lenfant P, 2009. Suivi scientifique des récifs artificiels de Valras-Plage / Année 2 - 2009. Contrat Mairie de Valras-Plage & OCEANIDE – ADENA - Laboratoire Ecosystèmes Aquatiques Tropicaux et Méditerranéens UMR 5244 CNRS - EPHE - UPVD. OCEANIDE publ. Fr. : 111p.

Dalias N., Lenfant P., Astruch P. et Pastor J., 2006b. Suivi des récifs artificiels de Leucate et Le Barcarès, Rapport Préliminaire Automne 2005. Contrat SIVOM de Leucate et Le Barcarès & EPHE, Fr : 13p.

Dalias N., Scourzic T., 2006. Suivi des récifs artificiels de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau et Messanges / Moliets-et-Maâ Campagne 2006. Contrat A.L.R. & OCEANIDE, Fr : 1-59p.

Dalias N. Scourzic T., 2008. Suivi scientifique des récifs artificiels de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau, Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ. Année 3 - 2008. Contrat ALR & OCEANIDE. OCEANIDE publ. Fr. : 78p.

Dardignac J, Quéro J.C., 1976. Contribution à l'étude de la répartition des gadidés du Golfe de Gascogne. Ifremer. 10p.

Desmarchelier M. 1986. Contribution à l'étude de la biologie des populations de tacaud *Trisopterus luscus* (L. 1758) en Manche orientale et dans le Sud de la Mer du Nord. Ifremer. 10p.

Devaux J. et Millerioux G., 1976. Méthode d'estimation de la biomasse totale du phytoplancton à partir du nombre de cellules, issues d'une cotation d'abondance. C.R. Acad. Sci., 283 D : 927-930p.

Duclerc J., Bertrand J., 1993. Variabilité spatiale et temporelle d'une pêcherie au filet dans le Golfe du Lion. Essai d'évaluation de l'impact d'un récif artificiel. Rapport interne de la DRV de l'IFREMER, 93.003/RH-SETE : 1-42p.

Duval-Mellon C., 1987. Impact halieutique des récifs artificiels du Languedoc-Roussillon. Rapp. IFREMER, DRV, 87.016/RH/Sète : 1-96p.

Fabi G. et Fiorentini L., 1994. Comparison between an artificial reef and a control site in the Adriatic sea : analysis of four years of monitoring. Bull. Mar. Sci., 55 (2-3) : 538-558p.

Fabi G. et Sala. A., 2002. An assessment of biomass and diel activity of fish at an artificial reef (Adriatic sea) using a stationary hydroacoustic technique. ICES Journal of Marine Science, 59: 411–420p.

Fang L.-S., 1992. A theoretical approach of estimating the productivity of artificial reef. Acta Zoologica Taiwanica 3, 5-10p.

Francour P., 1990. Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros. Analyse des compartiments matre, litière, faune vagile, échinodermes et poissons. Doct. Univ., P.M. Curie, Paris : 1-373p.

Frontier S., Viale D., 1977. Utilisation d'une cotation d'abondance mise au point en Planctonologie pour l'évaluation des Cétacés en mer. J. Rech. Océanogr., 2 (4) : 15-22p.

Garcia-Rubies A., Mac-Pherson E., 1995. Substrate use and temporal patterne of recrutement in juvenile fishes of the Mediterranean littoral. Mar. Biol., 124 : 35-42p.

Harmelin J.G., 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc National de Port-Cros, France). P.S.Z.N.I Mar. Ecol., 8 (3) : 263-284p.

Harmelin -Vivien M., Francour P., 1992. Trawling or visual censuses ? Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. P.S.Z.N.I. Mar. Ecol., 13 (1) : 41-51p.

Harmelin-Vivien M., Harmelin J.G., 1975. Présentation d'une méthode d'évaluation *in situ* de la faune ichthyologique. Trav. Sci. Parc Nation. Port-Cros, 1 : 47-52p.

Harmelin-Vivien M., Harmelin J.G., Chauvet C., Duval C., Galzin R., Lejeune P., Barnabe G., Blanc F., Chavalier R., Duclerc J., Lassere G., 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : problèmes et méthodes. Rev. Ecol. (Terre Vie), 40 : 467-539p.

Hutchings K., Griffiths M., Field J., 2006. Régional variation in the life history of the canary drum *Umbrina canariensis* (Sciaenidae), in South African waters. Fisheries research. 17-3. 312-325p.

Jensen A., Collins K., 1995. Artificial reef research in the European Union : a review. Proc. ECOSET'95 Conference, Japan (2) : 824-829p.

Léauté J.P., 2000. Typologies des flottilles du sud du golfe de Gascogne en 1986, 1989, 1992 et 1995 - de Noirmoutier à Bayonne – Description et évolution des composantes de pêche. IFREMER R.INT.DRV/RH/RST/2000-OS : 1-113. Léauté J.P. et Caill-Milly N., 2003. Les petites pêches côtières et estuariennes Françaises du sud du golfe de Gascogne Typologie des flottilles et approche socio-économique et commerciale. IFREMER DRV/RH/DT/ 03-01 : 178p.

Lefevre J. R., Duval C., Ragazzi M. et Duclerc J., 1984. Recifs artificiels : analyse bibliographique. IFREMER, 270p.

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 : 68p.

Lenfant P., Saragoni G., Dalias N., Pastor J., Gabaud S., Auger T., 2008. Suivi scientifique des récifs artificiels de Leucate et Le Barcarès, Année 3 : Été 2007 – Hiver 2007. Contrat SIVOM de Leucate et Le Barcarès & EPHE, Fr, 73p.

Lorance P., Bertrand J., Brind'Amour A., Rochet M.J., Trenkel V., 2009. Assessment of impacts from human activities on ecosystem components in the Bay of Biscay in the early 1990s . Aquatic Living Resources, 22(4), 409-431p.

Louisy P., 2002. Guide d'identification des poisons marins, Europe et Méditerranée, Ed. Ulmer. 430p.

Marinero J.Y., 1995. Artificial reefs in the French Mediterranean : a critical assessment of previous experiments and a proposition in favour of a new reef-planning policy. Biol. Mar. Med., 2 (1) : 65-76p.

Neves-Santos M., 1997. Ichthyofauna of the artificial reefs of the Algarve coast (Portugal). Exploitation strategies and management of local fisheries. Thèse Doctorat sciences de la mer, Université de l'Algarve, Portugal : 1-268p.

Ody D. et Harmelin J.G., 1994. Influence de l'architecture et de la localisation de récifs artificiels sur leurs peuplements de poissons en Méditerranée. *Cybiurn*, 18 (1) : 57-70p.

Ody D., 1987. Les peuplements ichtyologiques des récifs artificiels de Provence (France, Méditerranée Nord-Occidentale). Thèse 3^{ème} cycle. Univ. Aix-Marseille II : 1-183p.

Ody D., 1990. Les récifs artificiels en France. Bilan ; analyse ; perspectives. *Bull. Soc. Zool. Fr.*, 114 (4) : 49-55p.

Perkol-Finkel S., Benayahu Y., 2004. Community structure of stony and soft corals on vertical unplanned artificial reefs in Eilat (Red Sea): comparison to natural reefs. *Coral Reefs* 23, 195-205p.

Planes S., Galzin R., García-Rubies A., Goñi R., Harmelin J.-G., Le Diréach L., Lenfant P. and Quetglas A., 2000. Effects of marine protected areas on recruitment processes with special reference to Mediterranean littoral ecosystems. *Environmental Conservation* 27, 126-143p.

Pondela II D. J., Stephens Jr. J. S., Craig M. T., 2002. Fish production of a temperate artificial reef based on the density of embiotocids (Teleostei: Perciformes). *ICES Journal of Marine Science* 59: S88–S93.

Quéro J-C., Vayne J-J., 1997. Les poisons de mer des pêches françaises, Les encyclopédies du naturaliste. Ed, Delachaux & Niestle, 304p.

Relini G., Relini M., Torchia G., De Angelis G., 2002a. Trophic relationships between fishes and an artificial reef. *ICES Journal of Marine Science* 59, S36-S42.

Relini G., Relini M., Torchia G., Palandri G., 2002b. Ten years of censuses of fish fauna on the Loano artificial reef. *ICES Journal of Marine Science* 59, S132-S137.

Rogers C.S. et Beets J., 2001. Degradation of marine ecosystems and decline of fishery resources in marine protected areas in the US Virgin Islands. *Environmental Conservation* 28, 312- 322. Santos M. N., Monteiro C. C., 1997. Olhao artificial reef system (south Portugal): fish assemblages and fishing yield. *Fisheries Research* 30: 33–41p.

Santos M. N. et Monteiro C. C., 1998. Comparison of the catch and fishing yield from an artificial reef system and neighbouring areas off Faro (south Portugal). *Fisheries Research* 39: 55-65p.

Santos M.N., Monteiro C.C., Gaspar M.B., 2002. Diurnal variations in the fish assemblage at an artificial reef. *ICES Journal of Marine Science* 59, S32-S35. Santos M. N. et Monteiro C.C, 2007. A fourteen-year overview of the fish assemblages and yield of the two oldest Algarve artificial reefs (southern Portugal). *Hydrobiologia* (2007) 580: 225-231p.

Scourzic T. et Dalias N., 2007. Suivi scientifique des récifs artificiels de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau et Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ Campagne 2007. Contrat Aquitaine Landes Récifs (A.L.R.) & OCEANIDE, Fr : 1-79p.

Seaman, W. et A. Hoover, 2001. Artificial reefs: the Florida Sea Grant connection – science serving Florida's coast. Florida Sea Grant, SGEF-144: 4 p.

Sheng P.Y., 2000. Physical characteristics and engineering at reef sites. In *Artificial reef evaluation with application to natural marine habitats*, ed. Seaman W.J., pp. 51-94. Marine Science Series, CRC, Boca Raton, Florida, USA.

SIEE, 2006. Projet d'assainissement des communes de Saint-Jean-de-Luz, Ciboure et Urrugne - dossier d'enquête publique. Communauté de communes Sud Pays Basque-SEPA-CETE, 314p.

Steimle F., Foster K., Kropp R., Conlin B., 2002. Benthic macrofauna productivity enhancement by an artificial reef in Delaware Bay, USA. *ICES Journal of Marine Science* 59, S100- S105.

Stephens J. Jr., Pondela II D., 2002. Larval productivity of a mature artificial reef: the ichthyoplankton of King Harbor, California. *ICES Journal of Marine Science* 59: S51–S58.

Tessier E., Chabanet P, Pothin K., Soria M., Lasserre G., 2005. Visual censuses of tropical fish aggregations on artificial reefs: slate versus video recording techniques. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 315 (2005) 17-30p.

Underwood A.J., 1981. Techniques of analysis of variance in experimental marine biology and ecology. *Oceanography and Marine Biology: An Annual Review* 19, 513-605p.

Underwood A.J., 1994. On beyond BACI: sampling designs that might reliably detect environmental disturbances. *Ecological Applications* 4, 3-15p.

Vandermeirsch F., Bonnat A., Yin X., Lazure P., 2012. Caractéristique et état écologique – golfe de Gascogne. Etat physique et chimique – caractéristiques physiques – Variation spatio-temporelle de la température et de la salinité. Ifremer – AMP. 11p.

Voisin Ingénieur Conseil Environnement, 2002. Agglomération d'Hendaye, réseaux et station d'Armatonde, réseaux et station d'assainissement. Commune d'Hendaye, 80p.

Whitehead P.J.P., Bauchot M.L., Hureau J.C., Nielsen J., Tortonese E. eds., 1986. Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO, Paris. Vols. I, II and III : 1-173p.

Wilson K. D. P., Leung A. W. Y. et Kennish R., 2003. Restoration of Hong Kong fisheries through deployment of artificial reefs in marine protected areas. ICES Journal of Marine Science 59. S157–S163.

