



SUIVI SCIENTIFIQUE EN PLONGÉE SOUS-MARINE DES RÉCIFS ARTIFICIELS BABEL

Capbreton - Soustons / Vieux-Boucau -
Messanges / Azur / Moliets-et Maâ

Année 2020



ATLANTIQUE
LANDES
RÉCIFS



SUIVI SCIENTIFIQUE EN PLONGÉE SOUS-MARINE DES RÉCIFS ARTIFICIELS BABEL

Année 2020

SEANEO Agence Atlantique – Siège social 65 Rue du Lieutenant Lumo 40000 MONT DE MARSAN France Tél. / Fax : (00 33) 04 67 65 11 05 Mobile : (00 33) 06 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 : ALR, Mathieu FOULQUIE

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.

Rédacteur		Vérificateur		Approbateur		Version
Date	Nom/Visa	Date	Nom/Visa	Date	Nom/Visa	
08/02/2021	Martin	02/04/2021	Pagès	22/09/2021	Scourzic	1
RÉVISIONS						
Date	Nature de la modification		Auteurs de la modification		Approbateur	

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Martin J., 2020. Suivi scientifique en plongée sous-marine des récifs artificiels – Capbreton -Soustons / Vieux-Boucau – Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ - 2020. Contrat ALR & SEANEO. SEANEO. : 46p.

TABLE DES MATIÈRES

TABLE DES MATIERES	3
LISTES DES FIGURES	4
LISTE DES TABLEAUX	5
1. Introduction	6
2. Contexte et objectifs de l'étude	7
2.1. Récifs artificiels	7
2.2. Récifs artificiels d'Atlantique Landes Récifs	8
3. Matériel et Méthodes	9
3.1. Implantation des récifs artificiels	9
3.2. Embarcation utilisée	13
3.3. Equipe d'intervention	13
3.4. Planning d'intervention en 2020	13
3.5. Méthodologie	14
3.6. Période et fréquence d'échantillonnage	15
3.7. Matériel de mesures	16
3.8. Etude des paramètres physiques	17
3.9. Etude des paramètres biologiques	18
4. Résultats	22
4.1. Paramètres physiques	22
4.2. Analyses des données acquises par plongée sous-marine en déplacement	23
4.3. Analyse des données acquises par plongée sous-marine en point fixe	33
5. Discussion	36
5.1. Limites	37
6. Conclusion	39
Bibliographie	41

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Historique de l'association de l'association Atlantique Landes Récifs. _____	6
Figure 2 : Localisation des trois zones de récifs artificiels. _____	9
Figure 3 : Présentation des récifs artificiels Buse, Typi et Babel de gauche à droite (© Mathieu Foulquié). ____	10
Figure 4 : Représentation schématique des récifs artificiels de Capbreton (ALR, com. pers.). _____	11
Figure 5 : Représentation schématique des récifs artificiels de Soustons / Vieux-Boucau (ALR, com. pers.). _	12
Figure 6 : Représentation schématique des récifs artificiels de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ (ALR, com. pers.). _____	12
Figure 7 : Barracuda III (©ALR). _____	13
Figure 8 : Suivi scientifique des récifs artificiels en plongée sous-marine (©ALR). _____	15
Figure 9 : Différentes mesures utilisées pour calculer l'indice d'envasement d'un récif (Adapté Dalias et Scourzic, 2008). _____	17
Figure 10 : Représentation schématique de la première phase du comptage, les espèces mobiles et difficile d'approche. _____	19
Figure 11 : Représentation schématique de la deuxième phase du comptage, les espèces à proximité immédiate du récif. _____	19
Figure 12 : Représentation schématique de la troisième phase du comptage, les espèces vivant à l'intérieur du récif. _____	19
Figure 13 : Paramètres physiques à Capbreton. _____	22
Figure 14 : Paramètres physiques à Messanges / Azur / Moliets et Maâ. _____	22
Figure 15 : Paramètres physiques à Vieux Boucau. _____	23
Figure 16 : <i>Tamarisca tamarisca</i> (à gauche), <i>Actinothoe sphyrodeta</i> (à droite) observés lors du suivi des récifs artificiels de 2020 (©ALR). _____	24
Figure 17 : Pontes de nudibranches (à gauche) et de calamars (à droite) observées lors du suivi des récifs artificiels de 2019 (©ALR). _____	24
Figure 18 : <i>Octopus vulgaris</i> (à gauche) et <i>Sepia officinalis</i> (à droite) observés lors du suivi des récifs 2019 et 2020 (©ALR). _____	26
Figure 19 : Richesse spécifique sur les récifs artificiels Babel des 3 concessions (Capbreton, Soustons / Vieux Boucau et Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ). _____	28
Figure 20 : Blennie pilicorne (a), tacaud (b), serran chèvre (c), ombrine bronze (d) et sériole limon (e) observés lors du suivi des récifs artificiels en 2020 (©ALR). _____	29
Figure 21 : Abondance totale moyenne suivant les années sur les récifs Babel des 3 concessions. _____	32
Figure 22 : Abondance relative des espèces de poissons suivant les années sur le récif artificiel Babel de chaque concession. _____	32
Figure 23 : Abondance totale des espèces en fonction des classes de taille sur le récif artificiel Babel de chaque concession. _____	33
Figure 24 : Abondances moyennes des vertébrés observés sur les récifs artificiels Babel en 2019 et 2020 lors du suivi en point fixe. _____	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Echantillonnage des sites de plongées en 2020. _____	14
Tableau 2 : Nombre de plongées sur les récifs artificiels Babel entre 2018 et 2020. _____	16
Tableau 3 : Invertébrés fixés et pontes observés par année sur l'ensemble des récifs artificiels Babel des 3 concessions de récifs artificiels. _____	25
Tableau 4 : Invertébrés mobiles observés par année sur l'ensemble des récifs artificiels Babel des 3 concessions. _____	27
Tableau 5 : Vertébrés observés sur le récif artificiel Babel de chaque concession par année. _____	30
Tableau 6 : Fréquence d'occurrence des espèces sur les récifs artificiels Babel des 3 concessions de 2018-2020. _____	31
Tableau 7: Fréquences d'occurrences des espèces observées sur les récifs artificiels Babel lors du suivi en point fixe. _____	34

1. Introduction

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



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

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.

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 trois 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.

Des campagnes de suivis scientifiques en plongée sous-marine ont été réalisées de 1999 à 2020 par les plongeurs de l'association Atlantique Landes Récifs et de SEANEO sur l'intégralité des récifs des 3 concessions d'ALR. Les analyses de ce rapport portent sur les résultats acquis lors du suivi en plongée sous marine et par point fixe, sur les récifs artificiels Babel, immergés en 2015. Les suivis scientifiques sur les récifs artificiels Babel ont débuté en 2018.

2. Contexte et objectifs de l'étude

2.1. Récifs artificiels

Les habitats côtiers sont soumis à une forte pression anthropique à travers de nombreux usages qui ont profondément évolué ces dernières décennies et les écosystèmes côtiers s'en trouvent profondément affectés (Bretagnolle *et al.*, 2000 ; Rogers et Beets, 2001 ; 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).

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 à l'intérieur des terres (Léauté et Caill-Milly, 2003).

Cela a été tout particulièrement observé sur les côtes du Golfe de Gascogne (Lorance *et al.*, 2009 ; Léauté et Caill-Milly, 2003). Le littoral aquitain, comme bon nombre de zones côtières, a souffert d'une exploitation intensive 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 (Léauté et Caill-Milly, 2003). 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 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).

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 production 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 leurs captures étaient 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. 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.

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).

2.2. Récifs artificiels d'Atlantique Landes Récifs

2.2.1. Atlantique Landes Récifs (ALR)

En 2019, l'association a changé de nom pour devenir Atlantique Landes Récifs. L'association compte 75 adhérents, dont 6 administrateurs et 15 plongeurs bénévoles. L'association emploie deux salariées à temps plein :

- Elodie Zaccari, responsable de projet ;
- Jessica Salaün, chargée de missions.

2.2.2. Objectifs des récifs artificiels d'ALR

L'association Atlantique Landes Récifs poursuit le suivi scientifique des récifs artificiels 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 Atlantique 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.

3. Matériel et Méthodes

3.1. Implantation des récifs artificiels

Les récifs artificiels de l'association Atlantique 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).

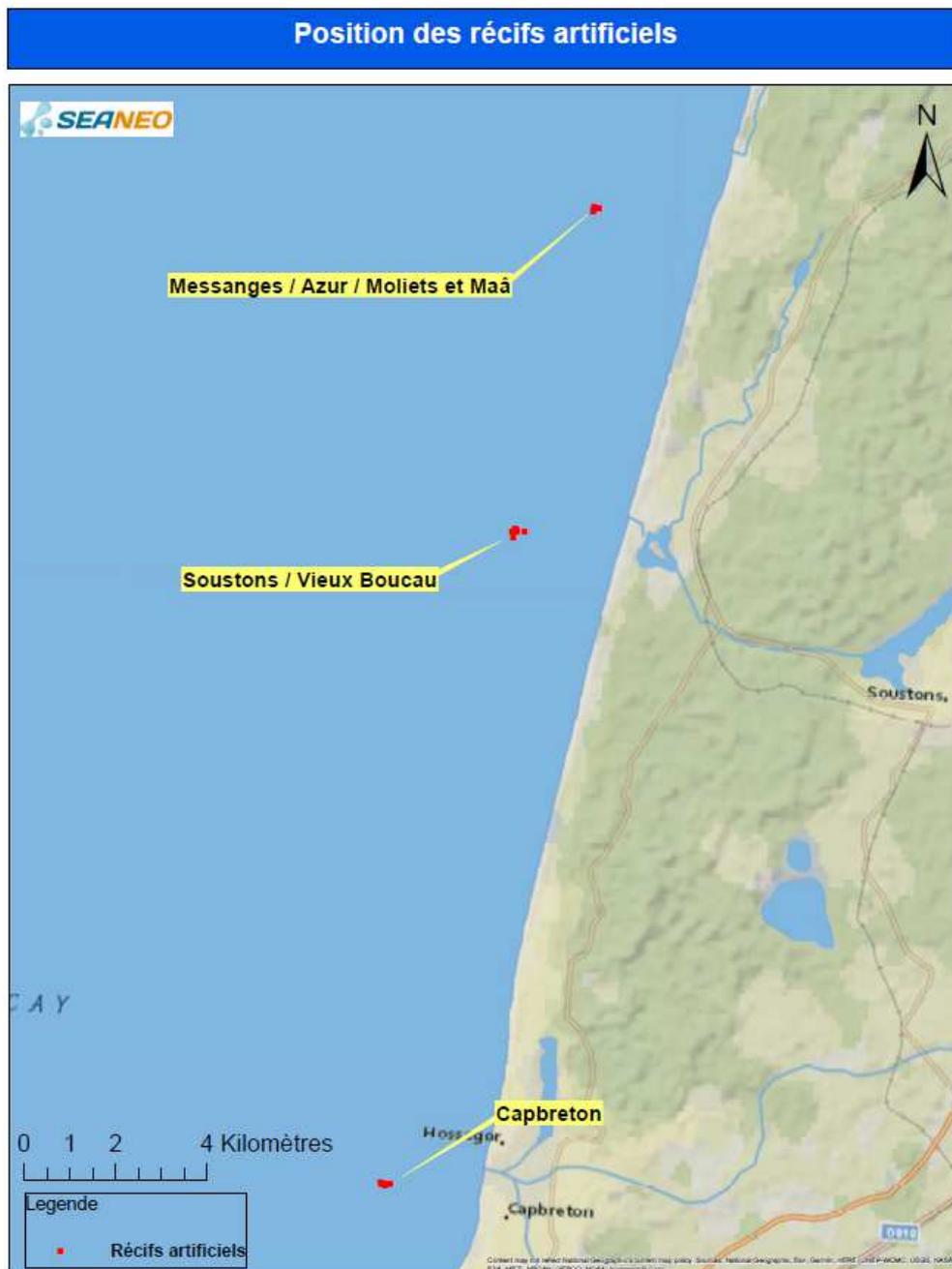


Figure 2 : Localisation des trois zones de récifs artificiels.

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 (© Mathieu Foulquié).

Immergées entre 1999 et 2002, 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. Les modules Typi ont été immergés en 2010.

Le module Babel mesure 2,5 m de haut pour 2,7 m de large et un poids de 10 tonnes, ils ont été immergés en 2015.

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.

Le 12 mai 1999, l'Administration des Affaires Maritimes autorisait par arrêté préfectoral l'exploitation de cultures marines au SIVOM Côte Sud en partenariat avec Aquitaine Landes Récifs, sur 3 zones au large de Capbreton, Soustons/Vieux-Boucau et Messanges/Azur/Moliets et Maâ (du nom de toutes les communes ayant financé ce projet) pour ces implantations de récifs artificiels en mer. L'accès à ces concessions maritimes est réglementé par l'arrêté préfectoral et interdit toutes les pratiques non autorisées (pêche de plaisance et professionnelle, plongée sous-marine).

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.

3.1.1.1. Capbreton

Sur la zone de Capbreton, les Buses, disposées en amas chaotique, ont été immergées individuellement 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 : les récifs artificiels sont implantés sur un substrat 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 7,0 m³).

En 2015, le récif artificiel 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.).

3.1.1.2. 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 et empilées par 5 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 7,0 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.

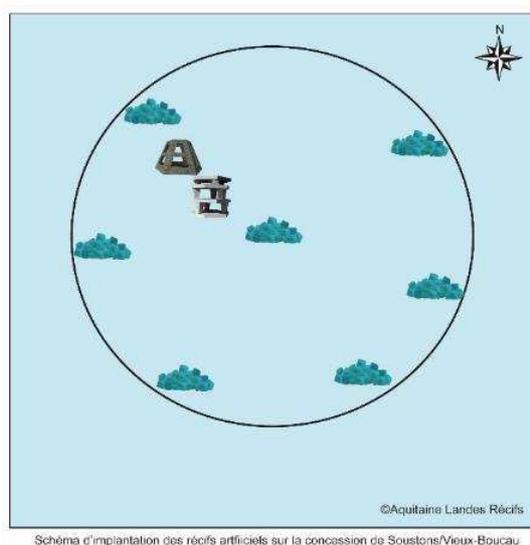


Figure 5 : Représentation schématique des récifs artificiels de Soustons / Vieux-Boucau (ALR, com. pers.).

3.1.1.3. 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). Dans cette zone, les buses ont été liées et empilées par 10. 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 7,0 m³) et formant un site nommé Typi.

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

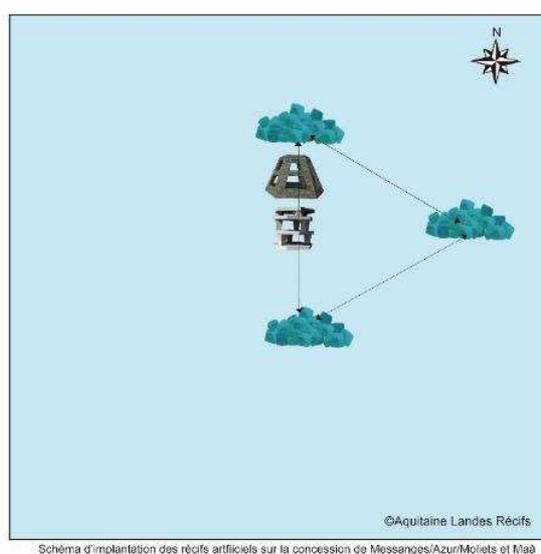


Figure 6 : Représentation schématique des récifs artificiels de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ (ALR, com. pers.).

3.2. 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, le Barracuda III possède deux moteurs de 270 cv et d'une plage arrière de 10 m². L'association Atlantique 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 7).



Figure 7 : Barracuda III (©ALR).

3.3. Équipe d'intervention

En 2020, les opérations de terrain ont été conduites par des équipes de plongeurs de l'association Atlantique Landes Récifs, encadrés par Jessica Salaün (chargée de missions, certificat hyperbare IIB) et par la société de conseil et d'expertise en environnement marin SEANEO (Julia Martin, chargée de projet, certificat hyperbare IIB et Clément Larrouy, assistant ingénieur, certificat hyperbare IB).

3.4. Planning d'intervention en 2020

Les récifs artificiels de l'association de type buses, Typi et Babel font l'objet de suivi annuel, mais dans ce rapport seules les données issues du suivi des récifs artificiels Babel sont traitées. En 2020, 34 suivis ont été réalisés sur les 3 concessions pour le suivi en plongée des récifs artificiels (Tableau 1). Les suivis se sont étalés, sur la période estivale, entre le mois de juillet et le mois de septembre 2020.

Tableau 1 : Échantillonnage des sites de plongées en 2020.

	Juillet	Août	Septembre	Total des suivis
Capbreton				
Babel	3	1	1	5
Site 2	0	0	0	0
Typi	4	2	1	7
Nombre de suivi récifs	7	3	2	12
Soustons / Vieux Boucau				
Babel	1	1	1	3
Site 7	0	0	0	0
Typi	0	0	0	0
Nombre de suivi récifs	1	1	1	3
Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ				
Babel	0	3	0	3
Site 1	3	0	1	4
Site 2	2	3	0	5
Site 3	1	1	1	3
Typi	1	3	0	4
Nombre de suivi récifs	7	7	2	16
Nombre de suivi total	15	11	5	31

3.5. Méthodologie

3.5.1. Suivi scientifique en plongée sous-marine par déplacement

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. Une stratification de l'échantillonnage est nécessaire. 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 artificiel (Charbonnel *et al.*, 1997, Charbonnel *et al.*, 2001, Dalias *et al.*, 2006 ; 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).

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

Le suivi scientifique des récifs artificiels Babel de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau, Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ est effectué, depuis 2018, principalement pendant la période chaude (Figure 8). L'expérience sur d'autres récifs a montré le peu d'intérêt de programmer des suivis scientifiques en période froide.

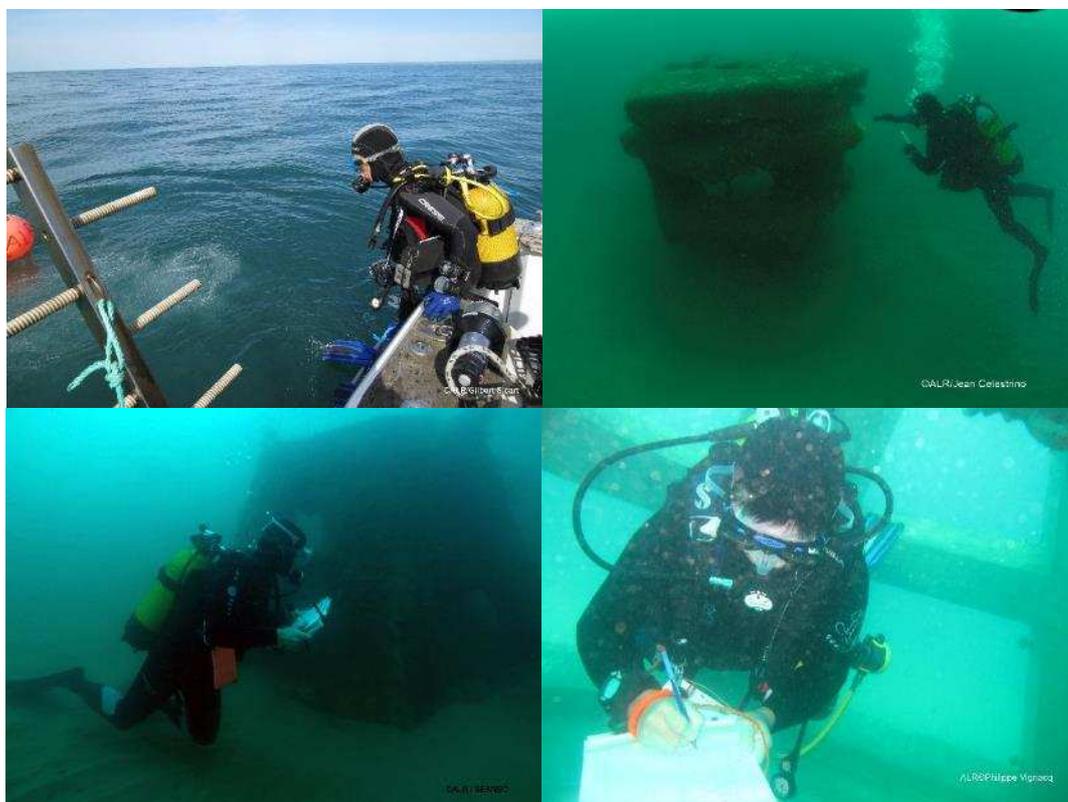


Figure 8 : Suivi scientifique des récifs artificiels en plongée sous-marine (©ALR).

3.5.2. Suivi scientifique en plongée sous-marine par point fixe

Depuis 2010, 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 artificiels, suivant le protocole du Centre de la Mer de Biarritz et sous l'impulsion du Conseil Départemental des Landes. 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.

3.6. 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 toute la durée de la concession avec si nécessaire une augmentation de la fréquence durant la phase initiale de colonisation (Cépralmar, 2015).

Différentes études 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 (Relini *et al.*, 2002a ; Perkol-Finkel et Benayahu, 2004 ; Dalias et Scourzic, 2006 ; Scourzic et Dalias, 2007 ; Dalias et Scourzic, 2008).

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 turbidité 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.

Les récifs artificiels Babel de Capbreton, Soustons/Vieux-Boucau, Messanges/Azur/Moliets et Maâ ont été suivis depuis 2018, permettant d'avoir une vision après 3 ans de suivi et 5 ans d'immersion. En 2020, 11 suivis ont été réalisés sur les 3 concessions (Tableau 2).

Tableau 2 : Nombre de plongées sur les récifs artificiels Babel entre 2018 et 2020.

	2018	2019	2020	Total
Capbreton	4	4	5	13
Vieux Boucau	2	4	3	9
Moliets et Maâ	3	3	3	9
Total	9	11	11	31

3.7. Matériel de mesures

Pour noter et pour conserver les relevés visuels des espèces présentes, l'équipe de plongeurs dispose de planches de notes immergeables et d'une fiche de terrain. 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 planche immergeable 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 les poissons et les espèces d'invertébrés mobiles. 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. Différentes classes d'abondance sont également associées aux poissons et aux invertébrés mobiles. Pour les poissons et les invertébrés, 6 classes d'abondance sont décrites (<10 ; 10-30 ; 31-50; 51-100; 101-500; >500). 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 sur le déroulement de la plongée.

Toutes les observations sont reportées sur une fiche de terrain remplie sur le bateau, à l'issue de la plongée.

3.8. Étude des paramètres physiques

3.8.1. Profondeur d'enfouissement (I_e)

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

3 profondeurs sont mesurées à l'aide du profondimètre dans les 4 directions à chaque fois :

- 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 ;

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

La hauteur (h , en m) des récifs étant connue, la différence entre les deux mesures permet de calculer l'enfouissement.

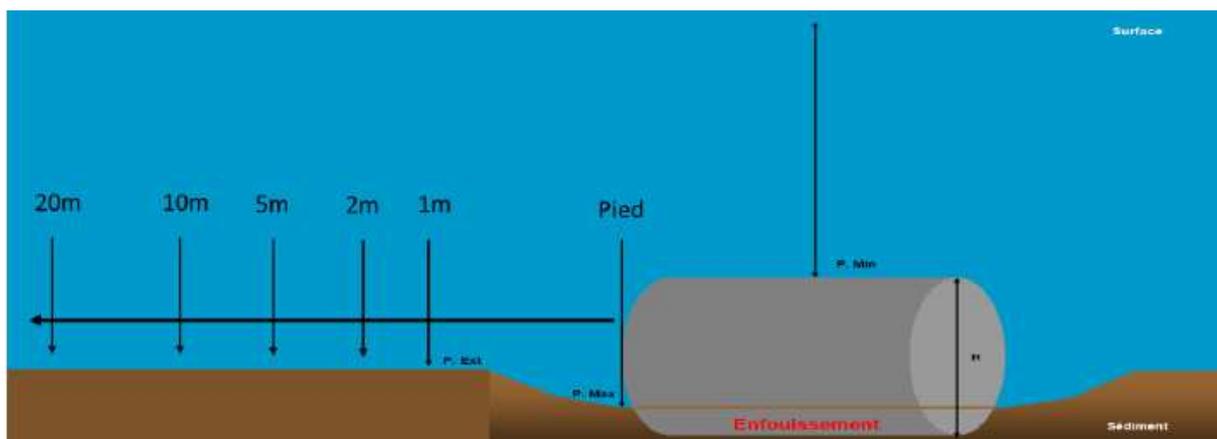


Figure 9 : Différentes mesures utilisées pour calculer l'indice d'ensablement d'un récif (Adapté Dalias et Scourzic, 2008).

3.8.2. 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 1m, à 2m, à 5m, à 10m et à 20m. La profondeur à 20m est 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.

3.9. Étude des paramètres biologiques

3.9.1.1. Espèces étudiées

Toutes les espèces sont recensées. Cependant, une attention particulière est portée aux espèces commercialisables et à leur cycle de vie (présence des différentes classes d'âge des alevins aux géniteurs, etc.).

3.9.1.2. Espèces sessiles (macroflore et invertébrés)

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.).

3.9.1.3. Espèces vagiles (poissons et invertébrés)

Afin de ne pas perturber les peuplements ichtyologiques 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, etc.) sont comptées en premier (Figure 10) ;

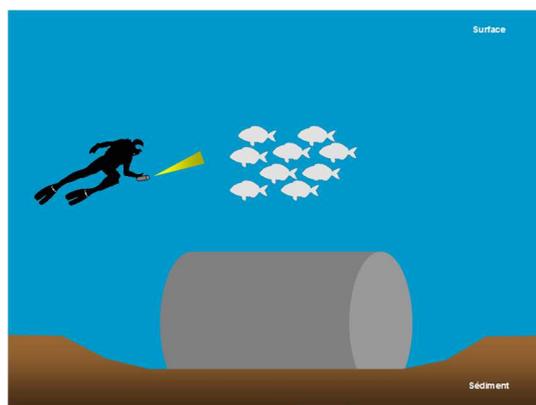


Figure 10 : Représentation schématique de la première phase du comptage, les espèces mobiles et difficile d'approche.

- Les espèces à proximité immédiate du récif (poissons : labres, serrans ; invertébrés : calmars, seiches) sont dénombrées en suivant (Figure 11) ;

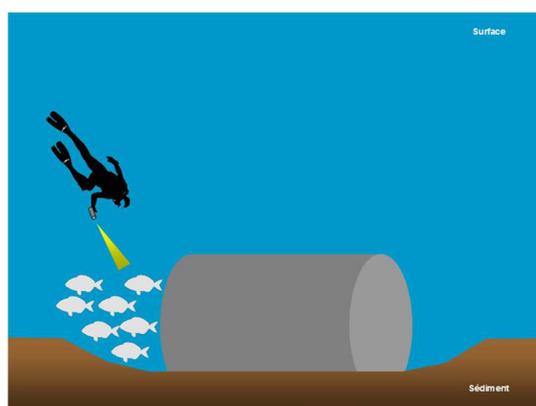


Figure 11 : Représentation schématique de la deuxième phase du comptage, les espèces à proximité immédiate du récif.

- 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 12) ;

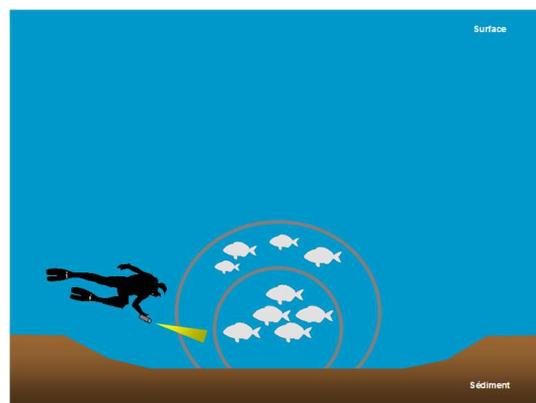


Figure 12 : Représentation schématique de la troisième phase du comptage, les espèces vivant à l'intérieur du récif.

- 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 second 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 mise en place en 1999 et 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.

3.9.2. Analyse des données

3.9.2.1. Richesse spécifique

Lors de cette étude, le nombre d'espèces différentes est évalué. Une attention particulière est portée sur les espèces d'intérêt commercial.

3.9.2.2. 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 rapporté au nombre total d'observations effectuées.

3.9.2.3. 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 / 101-500 / 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) : 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. Résultats

4.1. Paramètres physiques

4.1.1. Capbreton

A Capbreton, la profondeur de la cuvette autour du récif Babel est la plus importante par rapport aux autres concessions, avec une moyenne de 80 cm pour les trois années de suivi. Globalement, l'enfouissement était plus important en 2018 qu'en 2019 et qu'en 2020. L'enfouissement est moins important que pour les autres sites. En 2020, l'enfouissement semble plus important au SE.

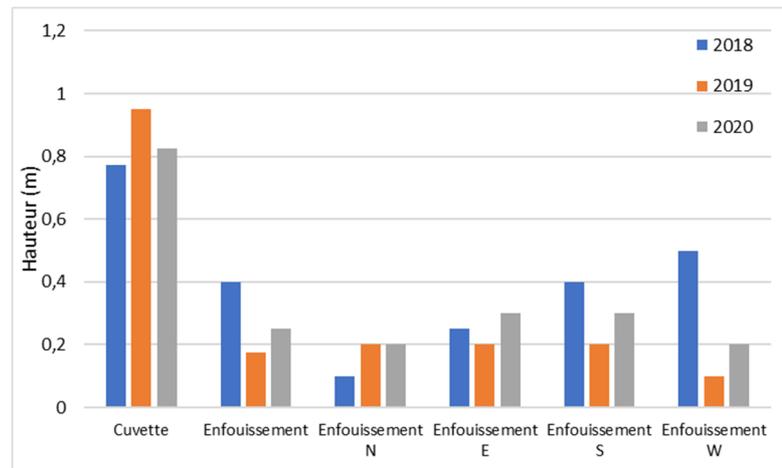


Figure 13 : Paramètres physiques à Capbreton.

4.1.2. Messanges / Azur / Moliets et Maâ

A Messanges / Azur / Moliets et Maâ, la cuvette autour des récifs Babel est de 65 cm en 2019 (seule année disponible). L'enfouissement général a tendance à augmenter entre 2018 et 2019, l'enfouissement semble plus important au NE.

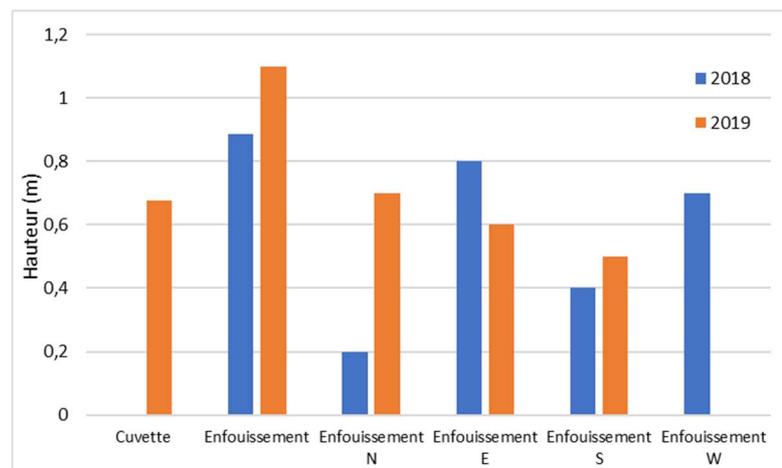


Figure 14 : Paramètres physiques à Messanges / Azur / Moliets et Maâ.

4.1.3. Vieux Boucau

A Vieux Boucau, l'enfouissement moyen est de 50 cm. Contrairement à Capbreton et à Messanges / Azur / Moliets et Maâ, un équilibre semble s'installer entre la cuvette et l'enfouissement. En 2020, l'enfouissement semble plus important au NO.

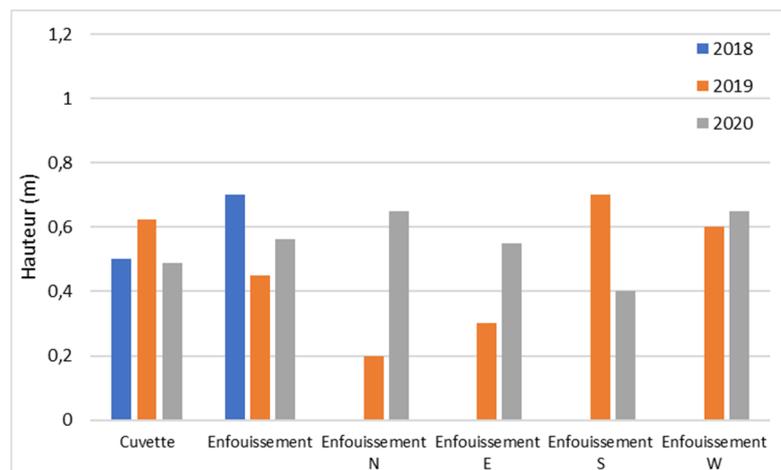


Figure 15 : Paramètres physiques à Vieux Boucau.

4.2. Analyses des données acquises par plongée sous-marine en déplacement

Sur l'intégralité de la période de suivi des récifs artificiels Babel (2018-2020) sur les concessions d'ALR, de nombreuses espèces d'invertébrés fixés et mobiles ont été observées. Les invertébrés mobiles se sont progressivement installés après la mise en place des récifs artificiels et se sont pérennisés. Le suivi des invertébrés fixés fait l'objet d'une attention particulière depuis les 2 dernières années.

4.2.1. Invertébrés fixés et pontes observés

Au total, 10 espèces ont été identifiées jusqu'à l'espèce sur les récifs artificiels Babel des 3 concessions (Tableau 3). La richesse spécifique maximale de 6 espèces (hors pontes) a été observée en 2018 sur les récifs artificiels de Capbreton et Messanges / Azur / Moliets et Maâ et la minimale en 2020, sur les récifs artificiels de Messanges / Azur / Moliets et Maâ avec 1 espèce. L'espèce la mieux représentée est l'anémone marguerite (Figure 16).



Figure 16 : *Tamarisca tamarisca* (à gauche), *Actinothoe sphyrodeta* (à droite) observés lors du suivi des récifs artificiels de 2020 (©ALR).

Des pontes de calamars et de nudibranches ont également été observées sur les récifs artificiels Babel (Figure 17).



Figure 17 : Pontes de nudibranches (à gauche) et de calamars (à droite) observées lors du suivi des récifs artificiels de 2019 (©ALR).

En 2019, aucune espèce de vertébrés n'a été observée sur les Babel de Capbreton. Cependant, les récifs Babel de Capbreton sont fortement colonisés par de la faune fixée, non mesurée dans le cadre de suivi spécifique.

Tableau 3 : Invertébrés fixés et pontes observés par année sur l'ensemble des récifs artificiels Babel des 3 concessions de récifs artificiels.

Embranchement	Famille	Nom commun	Nom scientifique	Capbreton			Vieux Boucau			Moliets et Maâ		
				2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Annélides	Polychète sédentaire	Vers tubicole						✓				
	Sabellariidae	Hermelles	<i>Sabellaria spinulosa</i>								✓	
Arthropodes	Balanidae	Balane	<i>Perforatus perforatus</i>	✓		✓	✓			✓		
		Balane commune		✓		.	✓					
Cnidaires	Aglaopheniidae	Plumulaire					✓					
	Alcyoniidae	Alcyon jaune	<i>Alcyonium digitatum</i>							✓		
	Corallimorphidae	Anémone bijou	<i>Corynactis viridis</i>	✓		✓				✓		
	Epizoanthidae	Anémone encroûtante brune	<i>Epizoanthus couchii</i>	✓			✓			✓		
		Anémone						✓				
		Hydraire		✓			✓			✓		
	Parazoanthidae	Anémone encroûtante blanche	<i>Parazoanthus anguicomus</i>	✓						✓		
	Sagartiidae	Anémone marguerite	<i>Actinothoe sphyrodeta</i>	✓		✓	✓		✓	✓		
	Sertularellidae	Tamaris			✓				✓		✓	
Mollusques	Ostreidae	Huître plate	<i>Ostrea edulis</i>			.					✓	
	Mytilidae	Moule commune	<i>Mytilus edulis</i>	✓		✓	✓	✓	✓			
Pontes		Calmar	<i>Loligo vulgaris</i>	✓					✓			
		Doris tricolore	<i>Felimare tricolor</i>									✓
		Nudibranche		✓							✓	

4.2.1. Invertébrés mobiles

Neuf espèces d'invertébrés mobiles ont été identifiées jusqu'à l'espèce sur les récifs artificiels Babel des 3 concessions (Tableau 4). Le poulpe (*Octopus vulgaris*, Figure 18), est l'espèce la plus fréquemment observée.

La seiche commune (*Sepia officinalis*, Figure 18) est ensuite la plus fréquemment observée.



Figure 18 : *Octopus vulgaris* (à gauche) et *Sepia officinalis* (à droite) observés lors du suivi des récifs 2019 et 2020 (©ALR).

Tableau 4 : Invertébrés mobiles observés par année sur l'ensemble des récifs artificiels Babel des 3 concessions.

Embranchement	Famille	Nom commun	Nom scientifique	Capbreton			Vieux Boucau			Moliets et Maâ			
				2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020	
Arthropodes	Majidae	Araignée de mer	<i>Maja brachydactyla</i>					✓					
	Paguridae	Bernard l'Hermitte commun	<i>Pagurus bernhardus</i>					✓					
	Palaemonidae	Crevette bouquet	<i>Palaemon serratus</i>	✓									
	Polybiidae	Crabe nageur						✓					
	Portunidae	Etrille	<i>Necora puber</i>				✓						
	Scyllaridae	Cigale									✓		
Echinodermes	Asteriidae	Etoile de mer commune	<i>Asteria rubens</i>	✓							✓		
Mollusques	Octopodidae	Poulpe	<i>Octopus vulgaris</i>	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
	Sepiidae	Seiche commune	<i>Sepia officinalis</i>	✓	✓			✓					
	Calliostomatidae	Calliostome	<i>Calliostoma zizyphinum</i>							✓			
	Flabellinidae	Coryphelle mauve	<i>Edmundsella pedata</i>	✓									
		Flabelle										✓	

4.2.2. Vertébrés

4.2.2.1. Richesse spécifique

Certains individus n'ont pas été identifiés jusqu'à l'espèce. Dans ce cas, seule la famille a été retenue pour le calcul de la richesse spécifique. Même si par ce biais la richesse spécifique réellement observée est parfois sous-estimée, cela permet d'avoir une base de comparaison entre les différentes années de suivi. Ce cas de figure s'est présenté pour 5 familles : les blennies, les rougets, les rascasses, les labridés et les triglidés.

Au total, 29 espèces ont été recensées. La richesse spécifique est systématiquement supérieure pour les récifs artificiels Babel de Capbreton, quelle que soit l'année, elle est comprise entre 15 et 18 espèces (Figure 19, Tableau 5).

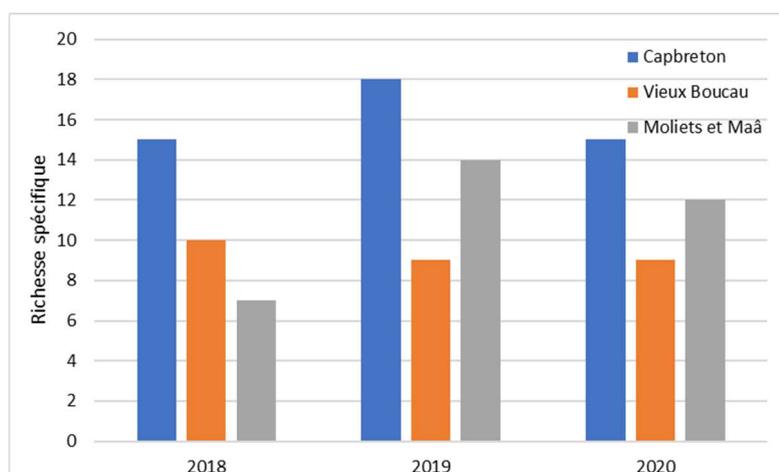
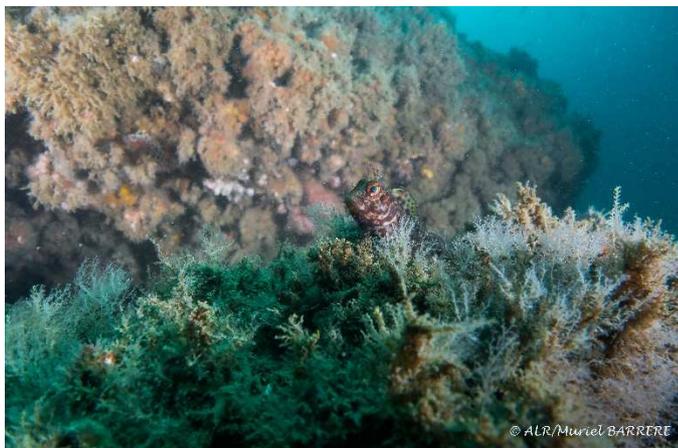


Figure 19 : Richesse spécifique sur les récifs artificiels Babel des 3 concessions (Capbreton, Soustons / Vieux Boucau et Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ).

Le minimum de richesse spécifique est observé en 2018 pour le récif artificiel de Messanges /Azur / Moliets et Maâ (7 espèces), mais la richesse spécifique est en moyenne plus basse pour la concession de Vieux Boucau.

Les espèces les plus observées sont la blennie pilicorne (*Parablennius pilicornis*), le tacaud (*Trisopterus luscus*), le rouget sp. (*Mullus sp.*), l'ombrine bronze (*Umbrina canariensis*), le serran chèvre (*Serranus cabrilla*), le bogue (*Boops boops*) et le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) (Figure 20, Tableau 5).

D'autres espèces à l'inverse n'ont été vues que sur le récif artificiel Babel de Capbreton : sérieole limon (*Seriola rivoliana*), poisson lune (*Mola mola*), rouget de vase (*Mullus barbatus*), raie brunette (*Raja undulata*), bonite à dos rayé (*Sarda sarda*), oblade (*Oblada melanura*) et saint-pierre (*Zeus faber*).



(a)©Muriel Barrère



(b)©Muriel Barrère



(c)©Muriel Barrère



(d)©Antoine Mettra



(e)©Jean Célestrino

Figure 20 : Blennie pilicorne (a), tacaud (b), serran chèvre (c), ombrine bronze (d) et sérieole limon (e) observés lors du suivi des récifs artificiels en 2020 (©ALR).

Tableau 5 : Vertébrés observés sur le récif artificiel Babel de chaque concession par année.

Famille	Nom scientifique	Nom commun	Capbreton			Vieux Boucau			Moliets et Maâ		
			2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Balistidae	<i>Balistes caprisus</i>	Baliste	✓	✓	✓						✓
Blennidae	<i>Parablennius gattorugine</i>	Blennie gattorugine			✓		✓	✓			
	<i>Parablennius pilicornis</i>	Blennie pilicorne	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Carangidae	<i>Seriola rivoliana</i>	Sériole limon			✓						
	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	
Congridae	<i>Conger conger</i>	Congre	✓	✓	✓	✓		✓			✓
Gadidae	<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Labridae	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Cténolabre								✓	
	<i>Labrus bergylta</i>	Vieille						✓			
	<i>Symphodus bailloni</i>	Crénilabre baillon						✓			
Molidae	<i>Mola mola</i>	Poisson lune	✓		✓						
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun		✓			✓				✓
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase			✓						
	<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Rajidae	<i>Raja undulata</i>	Raie brunette	✓								
Sciaenidae		Ombrine					✓				
	<i>Umbrina canariensis</i>	Ombrine bronze	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
	<i>Umbrina cirrosa</i>	Ombrine côtière		✓							
Scombridae	<i>Sarda sarda</i>	Bonite à dos rayé		✓							
Scorpaenidae		Rascasse	✓								
	<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge			✓						
	<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chèvre	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓
Sparidae	<i>Boops boops</i>	Bogue	✓	✓	✓		✓				
	<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	✓	✓					✓		
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓
	<i>Oblada melanura</i>	Oblade		✓							
	<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun		✓	✓		✓				
	<i>Spondylisoma cantharus</i>	Dorade Griset		✓	✓		✓				✓
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>	Grande vive	✓				✓		✓		
Zeidae	<i>Zeus faber</i>	Saint-Pierre	✓								

4.2.2.2. Fréquences d'occurrence

Certaines espèces sont fréquemment observées (Tableau 6).

Tableau 6 : Fréquence d'occurrence des espèces sur les récifs artificiels Babel des 3 concessions de 2018-2020.

Famille	Nom scientifique	Nom commun	Capbreton			Vieux Boucau			Moliets et Maâ		
			2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>	Baliste	25%	75%	40%						67%
Blennidae	<i>Parablennius gattorugine</i>	Blennie gattorugine			40%		75%	67%			
	<i>Parablennius pilicornis</i>	Blennie pilicorne	75%	100%	60%	100%	100%	100%	33%	100%	100%
Carangidae	<i>Seriola rivoliana</i>	Sérieole limon			40%						
	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard	50%	100%		100%	50%	33%	33%	33%	
Congridae	<i>Conger conger</i>	Congre	25%	75%	40%	100%		100%			33%
Gadidae	<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud		100%	100%	50%	75%	100%	100%	100%	100%
Labridae	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Cténolabre								33%	
	<i>Labrus bergylta</i>	Vieille						33%			
	<i>Symphodus bailloni</i>	Crénilabre baillon						33%			
Molidae	<i>Mola mola</i>	Poisson lune	25%		20%						
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun		25%			25%				33%
Mullidae	<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase			20%						
	<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	50%	50%		50%	75%	33%	33%	67%	33%
Rajidae	<i>Raja undulata</i>	Raie brunette	25%								
Sciaenidae		Ombrine					25%				
	<i>Umbrina canariensis</i>	Ombrine bronze	25%	75%	60%	50%	25%	67%	33%	67%	
	<i>Umbrina cirrosa</i>	Ombrine côtière		25%							
Scombridae	<i>Sarda sarda</i>	Bonite à dos rayé		25%							
Scorpaenidae		Rascasse	50%								
	<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascasse rouge			60%						
	<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	50%	75%	20%		25%	33%	33%	67%	
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chèvre	100%	25%		100%	50%	67%	100%	100%	33%
Sparidae	<i>Boops boops</i>	Bogue	75%	25%	20%		25%				
	<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	50%	25%						67%	
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	50%	100%	20%		75%	33%	67%	67%	100%
	<i>Oblada melanura</i>	Oblade		25%							
	<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun		75%	20%		25%				
	<i>Spondylisoma cantharus</i>	Dorade Grisot		50%	20%		25%				33%
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>	Grande vive	50%				25%		33%		
Zeidae	<i>Zeus faber</i>	Saint-Pierre	50%								

La blennie pilicorne (*P.pilicornis*) sur la concession de Vieux Boucau a été observé sur 100 % des plongées pour les 3 années de suivis, elle est également assez fréquente sur les autres concessions.

Le tacaud (*T. luscus*) sur la concession de Messanges / Azur / Moliets et Maâ a été observé sur 100 % des plongées pour les 3 années de suivis, il est également assez fréquent sur les autres concessions.

Le serran chèvre (*Serranus cabrilla*) est observé avec des fréquences d'occurrences élevées sur les 3 concessions et pour les 3 années.

4.2.2.3. Abondance des individus

L'abondance totale moyenne est nettement supérieure pour l'année 2019 pour le récif artificiel Babel quelles que soit la concession (Figure 21). Toutes années confondus, l'abondance totale est supérieure pour la concession de Vieux Boucau.

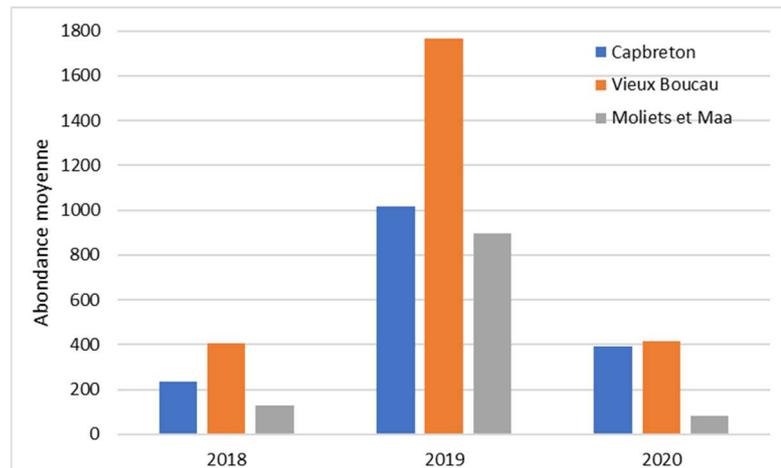


Figure 21 : Abondance totale moyenne suivant les années sur les récifs Babel des 3 concessions.

Excepté en 2018 sur le récif artificiel Babel de Capbreton, les espèces dominantes sont le chinchard (*T. trachurus*) et le tacaud (*T. luscus*) (Figure 22).

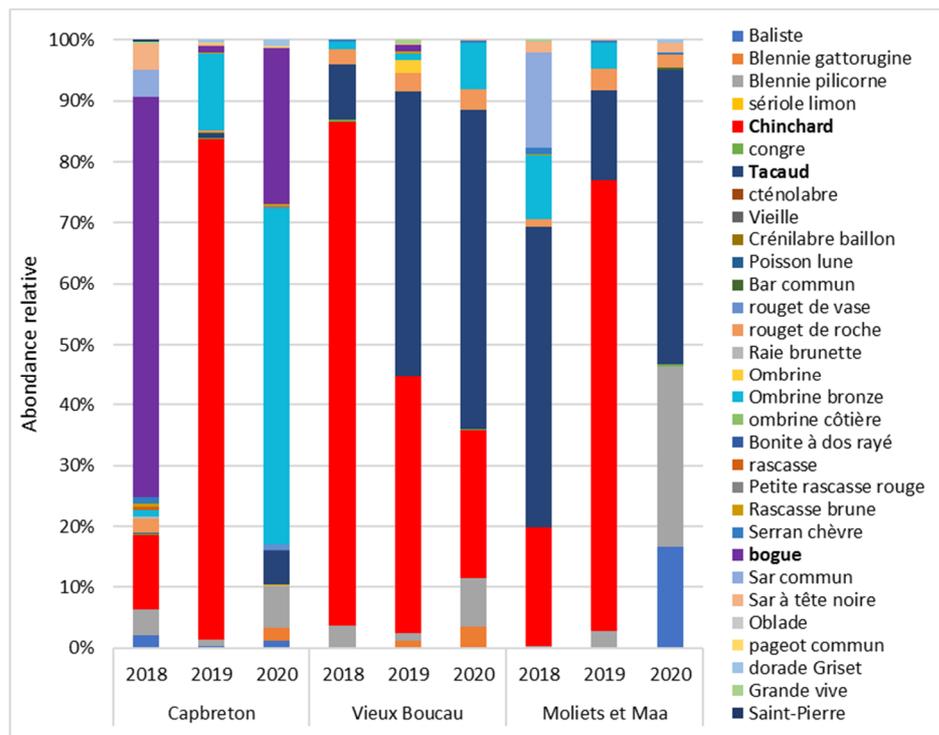


Figure 22 : Abondance relative des espèces de poissons suivant les années sur le récif artificiel Babel de chaque concession.

4.2.2.4. Abondances des espèces en fonction des classes de taille

Sur le récif artificiel Babel de Capbreton, les individus de taille petite sont nettement majoritaires (Figure 23).

En revanche, sur le récif artificiel de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ, les individus de grande taille semblent majoritaires. Ces observations se vérifient toutes espèces confondues, comme pour les espèces majoritaires.

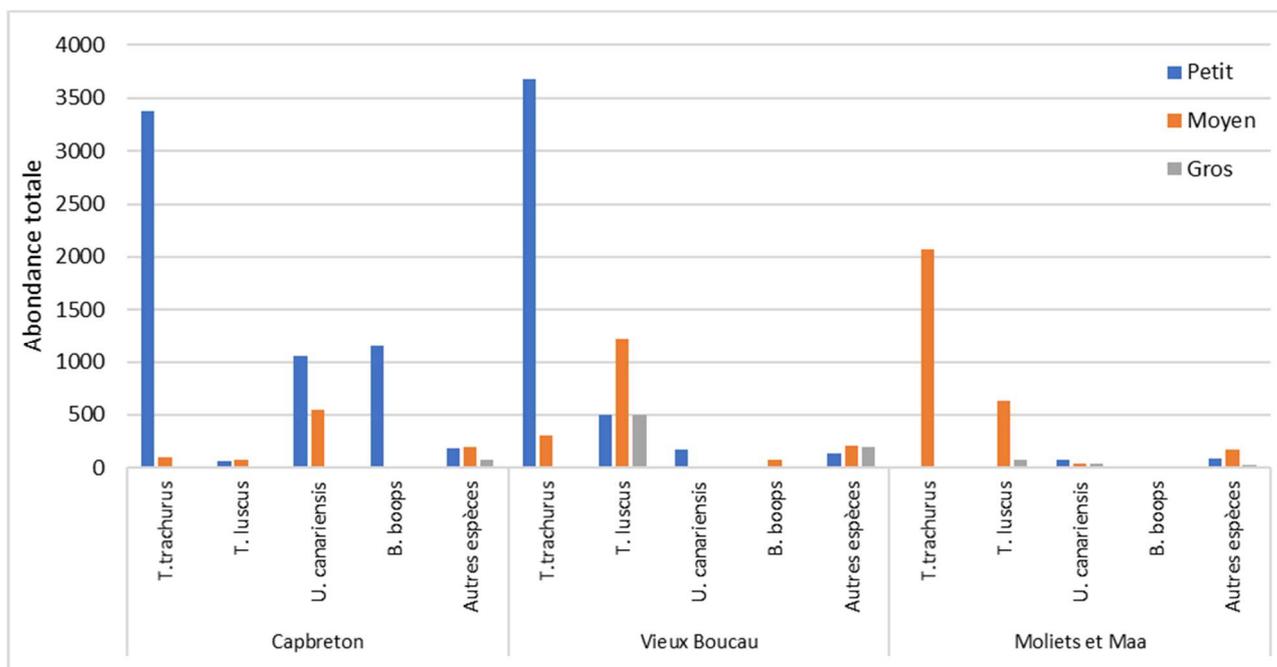


Figure 23 : Abondance totale des espèces en fonction des classes de taille sur le récif artificiel Babel de chaque concession.

4.3. Analyse des données acquises par plongée sous-marine en point fixe

Sur les récifs artificiels de Soustons / Vieux Boucau, un plus grand nombre d'individus est observé (Figure 24). Ces fortes abondances moyennes sont essentiellement dues à la présence des deux espèces dominantes : les tacauds communs (*T. luscus*) et les chinchards (*T. trachurus*) (Figure 24).

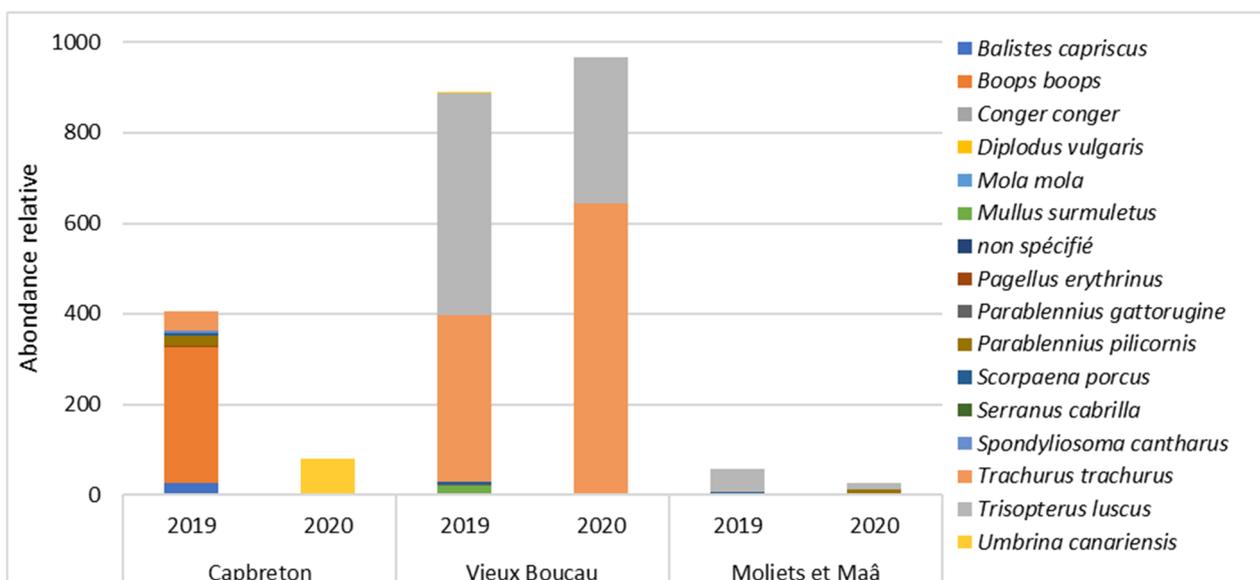


Figure 24 : Abondances moyennes des vertébrés observés sur les récifs artificiels Babel en 2019 et 2020 lors du suivi en point fixe.

La fréquence d'occurrence du baliste (*B. capriscus*) est de 80 % sur la concession de Capbreton, il s'agit de l'espèce la plus fréquente pour cette concession (Tableau 7).

Tableau 7: Fréquences d'occurrences des espèces observées sur les récifs artificiels Babel lors du suivi en point fixe.

	Capbreton	Vieux Boucau	Moliets et Maâ
<i>Balistes capriscus</i>	80%	29%	25%
<i>Boops boops</i>	20%		
<i>Conger conger</i>	20%	14%	
<i>Diplodus vulgaris</i>		14%	25%
<i>Mola mola</i>	20%		
<i>Mullus surmuletus</i>		14%	
<i>Blennie</i>			25%
<i>Pagellus erythrinus</i>	20%		
<i>Parablennius gattorugine</i>		14%	
<i>Parablennius pilicornis</i>	60%	14%	50%
<i>Scorpaena porcus</i>	60%	14%	25%
<i>Serranus cabrilla</i>		14%	50%
<i>SpondylIOSoma cantharus</i>	20%		
<i>Trachurus trachurus</i>	60%	100%	
<i>Trisopterus luscus</i>		86%	75%
<i>Umbrina canariensis</i>	20%	14%	
Permanente	76-100 %		
Fréquente	51-75 %		
Occasionnelle	26-50 %		
Rare	0-25 %		

La fréquence d'occurrence du chinchard (*T. trachurus*) est de 100 % sur la concession de Capbreton et celle du tacaud (*T. luscus*) est de 86 %, il s'agit des espèces les plus fréquentes pour cette concession.

Pour la concession de Messanges / Azur / Moliets et Maâ, l'espèce la plus fréquente est le tacaud (*T. luscus*) avec 75 % de la fréquence d'occurrence.

5. Discussion

La richesse spécifique est plus élevée pour la concession de Capbreton et l'abondance est la plus élevée pour la concession de Soustons / Vieux Boucau en particulier pour l'année 2019. Ainsi la diversité des espèces observées sur une concession n'est pas systématiquement corrélée avec l'abondance observée sur la concession.

Parmi le peuplement faunistique présent, des espèces de vertébrés et d'invertébrés d'intérêt commercial ont été observées sur les récifs artificiels Babel. Parmi elles, le tacaud (*T. luscus*), le rouget (*M. surmuletus*) et le poulpe (*O. vulgaris*) sont fréquemment observés. La présence de pontes et de petits individus laisse à penser que les récifs artificiels Babel ont un rôle de production.

Certaines espèces semblent s'être particulièrement bien adaptées aux récifs artificiels Babel, comme la blennie pilicorne (*P. pilicornis*), le rouget (*M. surmuletus*), le chinchard (*T. trachurus*), le tacaud (*T. luscus*), l'ombrine (*U. canariensis*) et le poulpe (*O. vulgaris*).

Le biotope caractéristique du poulpe (*O. vulgaris*) est le milieu benthique côtier de substrat rocheux. Animal carnivore, le poulpe se nourrit essentiellement de crustacés, de mollusques céphalopodes, de bivalves et très rarement de poissons. Le poulpe a un comportement territorial (chaque animal a son propre gîte) et sédentaire. Il semble cependant obéir à des migrations en période de pontes dans des zones tempérées (Aussel *et al.*, 2018). L'essentiel des suivis étant réalisés à la saison chaude sur les récifs artificiels, il est difficile de dire si leur présence est saisonnière. Des pontes et des individus adultes sont cependant régulièrement observés. La présence du poulpe sur les récifs artificiels Babel confirme que les récifs artificiels sont de véritables gîtes.

Le chinchard commun (*T. trachurus*) vit entre deux eaux ou sur le fond. Il est présent sur le talus continental (-10 à -500 m) et généralement à moins de 200 m de profondeur. Les chinchards sont des poissons migrateurs (Quéro & Vayne, 1997). Le chinchard commun lorsqu'il est juvénile, se nourrit essentiellement de copépodes mais aussi d'ostracodes, de mysidacés et de poissons (gobies, lançons). A l'âge adulte, son alimentation est composée principalement de poissons (anchois, sprat, sardine, hareng et lançon) auxquels s'ajoutent des céphalopodes et des crustacés. La concentration d'espèces qu'ils consomment à proximité des récifs artificiels peut expliquer sa présence sur les récifs artificiels.

Le tacaud commun (*T. luscus*) 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). Sa présence sur les récifs artificiels s'explique notamment par la similitude avec l'habitat précédemment cité. Au cours de sa première année de vie, le tacaud se nourrit essentiellement de crustacés comme les crevettes et les crabes verts (Quéro & Vayne, 1997).

Les tacauds adultes se nourrissent toujours de crustacés mais aussi de poissons, de mollusques céphalopodes et d'annélides polychètes (Mahe *et al.*, 2006).

Sous le terme « rouget », deux espèces peuvent être regroupées : le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) et le rouget de vase (*Mullus barbatus*). Le rouget de vase n'a été identifié qu'une ou deux fois sur chaque concession entre 2016 et 2019. La plupart du temps, soit les rougets ne sont pas identifiés jusqu'à l'espèce, soit il s'agit de rouget de roche. Ce dernier est classiquement présent en petits groupes sur le sable, mais aussi sur la roche. Les diverses espèces de rouget-barbets détectent les proies enfouies grâce à leur barbillons, puis creusent le sable à grandes bouchées pour les déterrer, cela attire souvent d'autres poissons (sars, girelles, crénilabres) (Louisy, 2015). Les récifs artificiels sont posés sur le sable, les rougets sont donc dans leur habitat naturel et la concentration de proies aux abords des récifs artificiels jouent également un rôle dans leur présence en quantité importante.

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 (plancton) par le biais des organismes filtreurs (Fang, 1992 ; Relini *et al.*, 2002b ; 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.

Concernant le suivi en point fixe, en 2019 et en 2020, peu d'espèces de vertébrés et d'invertébrés ont été vues par rapport au suivi par déplacement. Ce suivi a été mis en place afin d'uniformiser l'effort d'échantillonnage sur les récifs du département des Landes et donc de définir une base de comparaison entre les récifs et les années. Il sera intéressant de comparer les données obtenues avec les autres données acquises dans les Landes.

5.1. Limites

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.

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.

Le suivi en point fixe est moins exhaustif que le suivi en déplacement et les conditions d'application du protocole sont difficiles à mettre en œuvre (rayon d'observation de 2 m, chronométrage précis). Ce suivi est en effet déstabilisant pour les plongeurs lorsque la visibilité est bonne (± 20 m comme en 2019), qui sont tentés de noter toutes les observations faites dans les 3 minutes, même si ces dernières sont au-delà des 2 m réglementaires. Un biais semble donc présent, surtout pour les bancs de poissons observés, car il est peu probable que l'intégralité des bancs de poissons ait été présente dans le périmètre défini.

Les données collectées peuvent varier d'un plongeur à l'autre. En effet, l'observateur doit être en mesure de saisir l'information aussi vite que possible. Il doit être en mesure d'identifier et d'estimer les tailles et les distances rapidement avec une précision suffisante. Toute hésitation a pour conséquence la perte d'information. L'observateur peut porter son attention préférentiellement sur un groupe de poissons ou sur une fraction du peuplement qui l'intéresse davantage, ce qui constitue aussi une erreur systématique. Il peut aussi avoir tendance à sous- ou surévaluer les tailles et/ou les distances. Par ailleurs, il existe toujours un risque de compter plusieurs fois des mêmes individus. Hésitations, baisses d'attention et attention préférentielle s'accroissent quand les conditions environnementales se dégradent (froid, courant, fatigue, etc.) ou quand la quantité d'information à saisir est trop importante (trop d'espèces, trop de poissons). En conséquence, l'observateur doit être le moins possible influencé par le contexte environnemental, psychologique et matériel de son travail. Ceci signifie qu'il doit avoir une parfaite maîtrise des techniques de plongée et ne doit pas subir de perturbations propres à réduire son acuité visuelle et/ou sa motricité (Labrosse, 2001).

Les interactions plongeurs / poissons sont à l'origine de modifications du comportement des poissons par rapport au plongeur. Ces comportements d'attraction, de neutralité ou de fuite sont fonction de la phase d'activité (diurne ou nocturne), de l'âge des individus et de la localisation. Les trajectoires simultanées du poisson et de l'observateur peuvent induire des biais négatifs ou positifs dans l'estimation des tailles selon l'angle d'observation. L'attitude du plongeur ainsi que la technique utilisée ont aussi une influence sur ces comportements, par exemple le bruit lié à l'émission des bulles des scaphandres autonomes en circuit ouvert. La fréquentation régulière d'un site (notamment dans le cas de suivi) tend à diminuer les réactions d'attraction ou de fuite et donc à minimiser ces biais (Labrosse, 2001).

6. Conclusion

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 (endiguement des milieux, suppression des habitats naturels) et les pêches. Actuellement, ils forment un élément important des plans de gestion intégrée de nombreux pays. 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.

Face à la diminution constante de la ressource naturelle sur les côtes aquitaines, des pêcheurs de surf casting, des professionnels de la pêche et des plaisanciers se sont fédérés en association, afin de militer pour la protection de la faune et de la flore sur le département des Landes. Créée en 1996, Atlantique Landes Récifs (ALR) est une association de type loi 1901 dont le but est la création et la gestion de récifs artificiels sur le littoral aquitain, afin de protéger la faune et la flore marines et d'en assurer leur développement. Le projet d'immersion de récifs artificiels porté par ALR initialement orienté vers un objectif halieutique se redéfinit ces 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.

Depuis sa création et dans cet objectif, ALR mène des suivis scientifiques sur ses trois concessions (Capbreton, Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ et Soustons / Vieux-Boucau) par des plongées sous-marines et par des pêches scientifiques standardisées.

Le suivi scientifique en plongée sous-marine sur les récifs artificiels Babel de 2018 à 2020 a permis de caractériser l'évolution de la colonisation de ce module. Au total, 29 espèces de poissons ont été observées ainsi que 19 espèces d'invertébrés (10 espèces fixées et 9 espèces mobiles).

Certaines espèces, comme le rouget, le chinchard, le tacaud et le poulpe semblent s'être particulièrement bien adaptées à ce type de récif artificiel.

Les peuplement faunistiques observés sur les 3 récifs artificiels Babel sont globalement similaires (même cortège d'espèces dominantes). Cependant les diversités spécifiques, ainsi que les abondances peuvent différer selon les années. Outre la forme, l'environnement naturel du récif peut fortement influencer la distribution des poissons (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).

Les abondances relevées au cours des suivis par point fixe sont légèrement moins importantes que celles prises en compte par rapport au suivi en plongée sous-marine en déplacement.

Les récifs artificiels démontrent leur intérêt en créant un substrat dur permettant l'installation rapide de peuplements assez diversifiés (poissons et invertébrés). De nombreuses espèces d'intérêt commercial ont été observées. Les biomasses de poissons peuvent atteindre des valeurs importantes en raison de l'abondance de certaines espèces (tacauds, ombrines). Le rôle d'habitat, de nourricerie et nurserie des récifs artificiels s'illustre principalement par la présence de pontes (seiche, calmar), d'individus de poissons de petite taille et par une certaine production conchylicole (moules, huîtres). Cependant, le rôle de production des récifs artificiels Babel reste difficile à évaluer par cette évaluation.

Les récifs artificiels de l'association Atlantique 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.
- Aussel D, Ducassy J.M, André F., 2018. Octopus vulgaris Cuvier, 1797, Doris <https://doris.ffesm.fr/ref/specie/847>
- Baine M., 2001. Artificial reefs: a review of their design, application, management and performance. *Ocean and Coastal Management* 44: 241-259p.
- 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.
- 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., 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., Ruitton S., Bachet F., Maisonneuve De L., Daniel B., Geoffray 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.
- Dalias N., Lenfant P., Astruch P. et Pastor J., 2006. 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, 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. 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.
- 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.
- 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.
- 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 mat, 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 pattern of recruitment in juvenile fishes of the Mediterranean littoral. *Mar. Biol.*, 124 : 35-42p.

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.

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.

Labrosse P., 2001. Comptage visuel de poissons en plongée : conditions d'utilisation et de mise en oeuvre / par Pierre Labrosse, Michel Kulbicki et Jocelyne Ferraris. Secrétariat général de la Communauté du Pacifique (CPS). 62p.

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., 2015. Guide d'identification des poisons marins- Europe et Méditerranée. 512 p. Ed. Ulmer.

Mahe K., Delpech J.P., Carpentier A., 2006. Synthèse bibliographique des principales espèces de Manches orientales et du Golfe de Gascogne. Ifremer. 167p.

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.
- 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.
- 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.
- 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.

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.



ATLANTIQUE
LANDES
RÉCIFS

