



SUIVI SCIENTIFIQUE EN PLONGÉE SOUS-MARINE DES RÉCIFS ARTIFICIELS BUSES

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

Année 2021



ATLANTIQUE
LANDES
RÉCIFS

 **SEANEO**

SUIVI SCIENTIFIQUE EN PLONGÉE SOUS-MARINE DES RÉCIFS ARTIFICIELS BUSES

Année 2021

SEANEO Agence Atlantique – Siège social 65 Rue du Lieutenant Lumo 40000 MONT DE MARSAN France Tél. / Fax : (00 33) 05 56 80 19 90 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 : Solène NIQUEUX

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	
24/08/2022	Niqueux	14/09/2022	Scourzic	14/09/2022	Scourzic	1
RÉVISIONS						
Date	Nature de la modification		Auteurs de la modification		Approbateur	

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Niqueux S., 2022. Suivi scientifique en plongée sous-marine des récifs artificiels Buses – Capbreton - Soustons / Vieux-Boucau – Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ - 2021. Contrat ALR & SEANEO. SEANEO. : 61 p.

TABLE DES MATIÈRES

1. Introduction	7
2. Contexte et objectifs de l'étude	8
2.1. Récifs artificiels	8
2.2. Récifs artificiels d'Atlantique Landes Récifs	9
3. Matériel et Méthodes	10
3.1. Implantation des récifs artificiels	10
3.2. Embarcation utilisée	14
3.3. Équipe d'intervention	15
3.4. Planning d'intervention en 2021	15
3.5. Méthodologie	16
3.6. Période et fréquence d'échantillonnage	17
3.7. Matériel de mesures	20
3.8. Étude des paramètres physiques	20
3.9. Étude des paramètres biologiques	21
4. Résultats	25
4.1. Paramètres physiques	25
4.2. Paramètres biologiques acquis en 2021	27
4.3. Paramètres biologiques acquis entre 1999 et 2021	34
5. Discussion	49
5.1. Limites	52
6. Conclusion	54
Bibliographie	56

LISTES DES FIGURES

Figure 1 : Historique de l'association Atlantique Landes Récifs.	7
Figure 2 : Localisation des trois zones de récifs artificiels.	10
Figure 3 : Présentation des récifs artificiels Buse, Typi et Babel de gauche à droite (© Mathieu Foulquié).	11
Figure 4 : Représentation schématique des récifs artificiels de Capbreton (ALR, com. pers.).	12
Figure 5 : Représentation schématique des récifs artificiels de Soustons / Vieux-Boucau (ALR, com. pers.).	13
Figure 6 : Représentation schématique des récifs artificiels de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ (ALR, com. pers.).	14
Figure 7 : Barracuda III (©ALR).	14
Figure 8 : Suivi scientifique des récifs artificiels en plongée sous-marine (©ALR).	17
Figure 9 : Différentes mesures utilisées pour calculer l'indice d'envasement d'un récif (Adapté Dalias et Scourzic, 2008).	21
Figure 10 : Représentation schématique de la première phase du comptage, les espèces mobiles et difficile d'approche.	22
Figure 11 : Représentation schématique de la deuxième phase du comptage, les espèces à proximité immédiate du récif.	22
Figure 12 : Représentation schématique de la troisième phase du comptage, les espèces vivant à l'intérieur du récif.	23
Figure 13 : Paramètres physiques (cuvette et enfouissement) mesurés sur les sites 2 et 3 à Capbreton en 2018 et en 2019.	25
Figure 14 : Paramètres physiques (cuvette et enfouissement) mesurés sur les sites 1, 2 et 3 à Moliets-et-Maâ en 2019 et en 2020.	26
Figure 15 : Paramètres physiques (cuvette et enfouissement) mesurés sur le site 7 à Vieux Boucau en 2019.	26
Figure 16 : <i>Marthasterias glacialis</i> observés lors du suivi des récifs artificiels de 2021 (©ALR).	28
Figure 17 : Richesse spécifique observée en déplacement sur les récifs artificiels Buses des concessions (Soustons / Vieux Boucau et Moliets-et-Maâ) en 2021.	29
Figure 18 : Abondances totales des vertébrés en fonction des sites et des concessions sur les récifs artificiels Buses en 2021.	29

Figure 19 : Abondance relative des vertébrés observés en déplacement en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) sur les récifs artificiels Buses de chaque site et concession en 2021. _____	31
Figure 20 : Richesse spécifique observée en point fixe sur les récifs artificiels Buses sites 1 et 3 de la concession de Moliets-et-Maâ en 2021. _____	32
Figure 21 : Abondance totale observée en point fixe sur les récifs artificiels Buses sites 1 et 3 de la concession de Moliets-et-Maâ en 2021. _____	32
Figure 22 : Abondance relative des tailles de vertébrés observés en point fixe en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) sur les récifs artificiels Buses de Moliets-et-Maâ en 2021. _____	33
Figure 23 : <i>Epizoanthus couchii</i> (à gauche) et <i>Pecten maximus</i> (à droite) observés lors du suivi des récifs artificiels (©ALR). _____	34
Figure 24 : Anémone marguerite (<i>Actinothoe sphyrodeta</i>) observés lors du suivi des récifs artificiels (©ALR). _____	35
Figure 25 : Poulpe (<i>Octopus vulgaris</i>) observé lors du suivi des récifs artificiels (©ALR). _____	37
Figure 26 : Richesse spécifique observée en déplacement sur les récifs artificiels Buses des 3 concessions (Capbreton, Soustons / Vieux Boucau et Moliets-et-Maâ) entre 1999 et 2021. _____	40
Figure 27 : Abondances totales des vertébrés en fonction des sites et des concessions sur les récifs artificiels Buses entre 1999 et 2021. _____	42
Figure 28 : Abondances relatives en pourcentage des vertébrés en fonction des sites et concessions sur les récifs artificiels Buses entre 1999 et en 2021. _____	43
Figure 29 : <i>Trachurus trachurus</i> (à gauche) et <i>Conger conger</i> (à droite) observés lors du suivi des récifs artificiels (©ALR, ©Mathieu Foulquié). _____	43
Figure 30 : Abondance relative des vertébrés observés en déplacement en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) sur les récifs artificiels Buses de chaque site et concession. _____	45
Figure 31 : Abondance relative des vertébrés observés en déplacement en fonction des classes de taille (gros, moyen, petit) et du temps sur les récifs artificiels Buses. _____	45
Figure 32 : Richesse spécifique observée en point fixe sur les récifs artificiels Buses des 3 concessions (Capbreton, Vieux Boucau et Moliets-et-Maâ) entre 2019 et 2021. _____	46
Figure 33 : Abondance observée en point fixe sur les récifs artificiels Buses des 3 concessions (Capbreton, Vieux Boucau et Moliets-et-Maâ) entre 2019 et 2021. _____	47
Figure 34 : Abondance relative des tailles de vertébrés observés en point fixe en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) sur les récifs artificiels Buses de chaque site et concession. _____	48
Figure 35 : Abondance relative des vertébrés observés en point fixe en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) et du temps sur les récifs artificiels Buses. _____	48

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Interventions réalisées sur les récifs en 2021. _____	16
Tableau 2 : Nombre de plongées sur les récifs artificiels Buses entre 1999 et 2021. _____	19
Tableau 3 : Invertébrés fixés observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses en 2021. _____	27
Tableau 4 : Invertébrés mobiles observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses en 2021. _____	28
Tableau 5 : Vertébrés observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses en 2021. _____	30
Tableau 6 : Vertébrés observés en point fixe en 2021 sur les récifs artificiels Buses. _____	33
Tableau 7 : Invertébrés fixés observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses entre 2000 et 2021. _____	36
Tableau 8 : Pontes observées en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses entre 2000 et 2021. _____	36
Tableau 9 : Invertébrés mobiles observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses entre 1999 et 2021. _____	38
Tableau 10 : Vertébrés observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses entre 1999 et 2021. _____	44
Tableau 11 : Vertébrés observés en point fixe par an sur l'ensemble des récifs artificiels Buses entre 1999 et en 2021. _____	47

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).

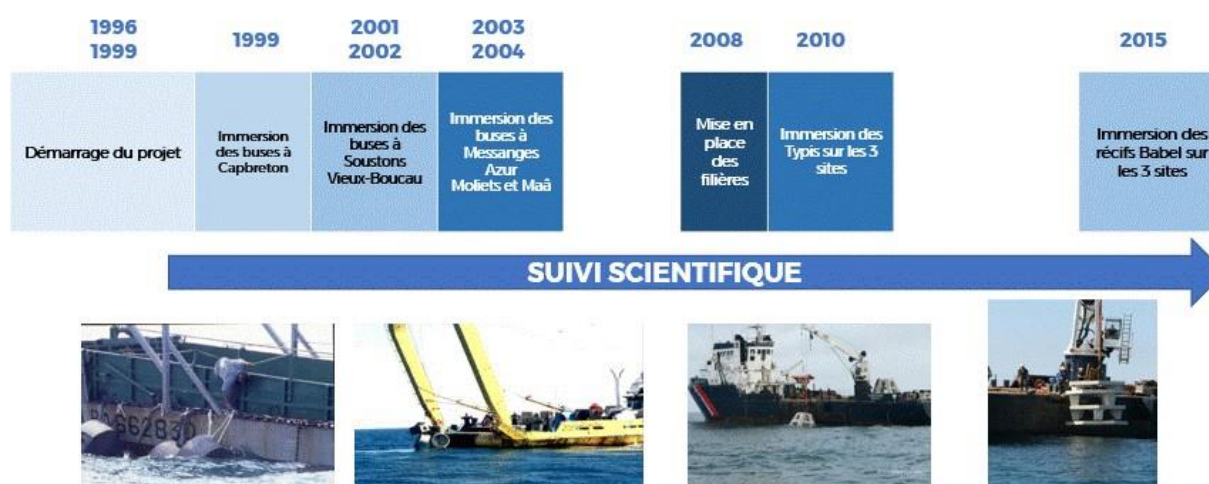


Figure 1 : Historique de l'association Atlantique Landes Récifs.

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 les entreprises et les fondations privées.

Entre 1996 et 2015, l'association s'est centrée sur l'immersion de récifs artificiels et leur suivi scientifique. Au total, 2 600m³ 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).

Des campagnes de suivis scientifiques en plongée sous-marine ont été réalisées de 1999 à 2021 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 de type buses, immergés à partir de 1999.

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, sur-pêche, 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. Toutefois, des mesures de gestion à visée environnementale ont été mise en place ces dernières années, comme par exemple l'amélioration du suivi de reproduction de certaines espèces (Dudognon et Dumeau, 2021)

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 importantes 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 une salariée à temps plein : Elodie Zaccari, responsable de projet.

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).

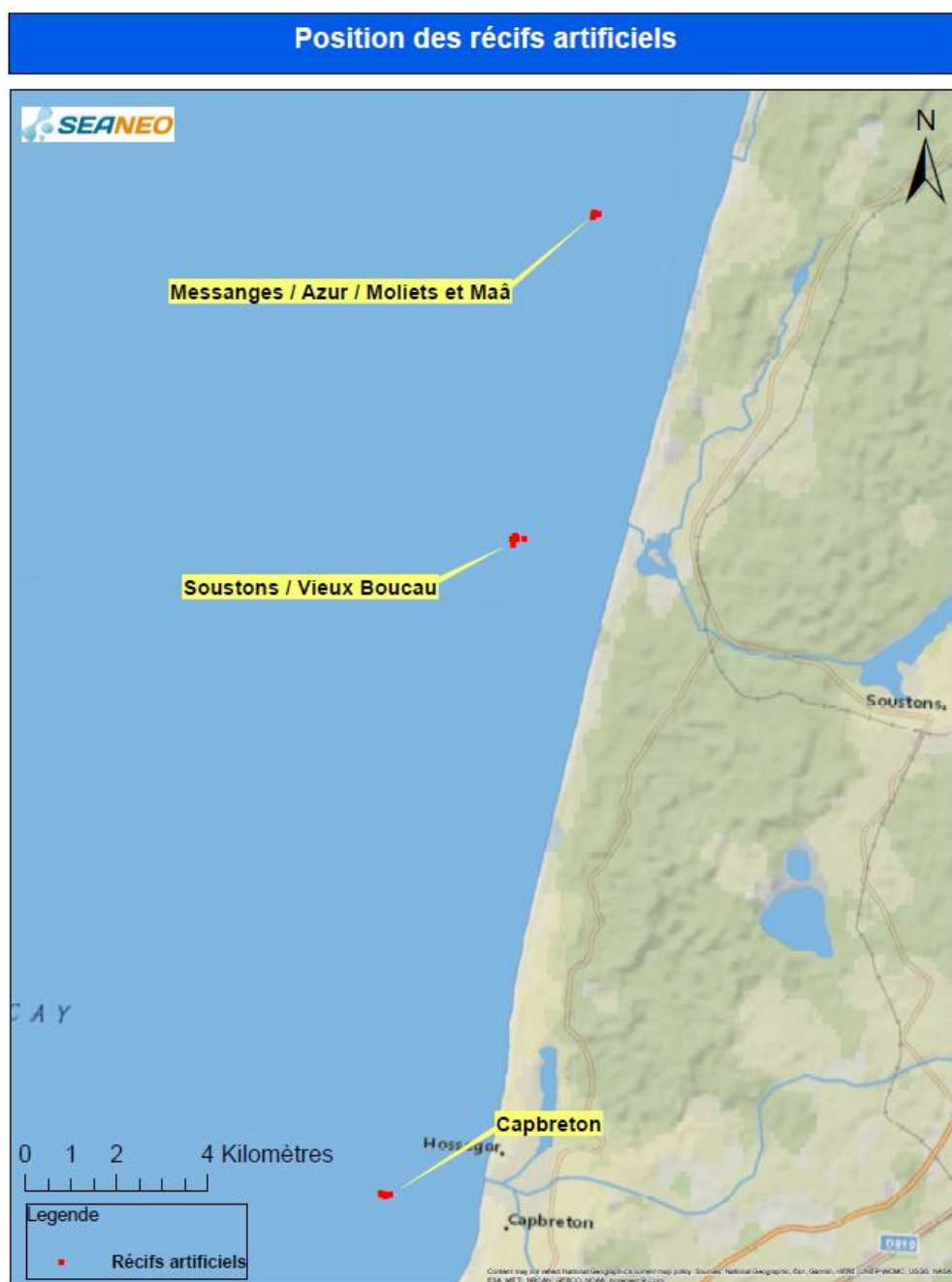


Figure 2 : Localisation des trois zones de récifs artificiels.

Les zones de récifs artificiels sont constituées de modules 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 2003, les Buses sont des modules en béton de forme cylindrique. Leur diamètre moyen est de 120cm, pour une longueur de 1m et pour un poids compris entre 0,9 et 1,6t. Chaque buse a un volume d'environ 1m³.

Le Typi a une forme pyramidale. Cette structure de 13t pour 2,6m 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 2,5m de haut pour 2,7m de large et un poids de 10t, 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.

L'Administration des Affaires Maritimes autorisait par arrêté préfectoral le 12 mai 1999 (renouvellement juin 2020), l'exploitation de cultures marines au SIVOM Côte Sud en partenariat avec Atlantique 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. D'après l'étude de Fang (1992), 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 800m³, 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 et sableux. La profondeur est d'environ 18m. La superficie de ce récif est d'environ 418m² ;
- Site 2 : ce site est distant de 200m du site 1. La profondeur du site est d'environ 20m. Le fond est plat et sableux. La superficie de ce récif est d'environ 300m².
- Site 3 : ce site est distant d'une quinzaine de mètres du site 2. La profondeur du site est d'environ 20m. Le fond est plat et sableux. La surface du site est d'environ 160m².

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 7m³).

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.



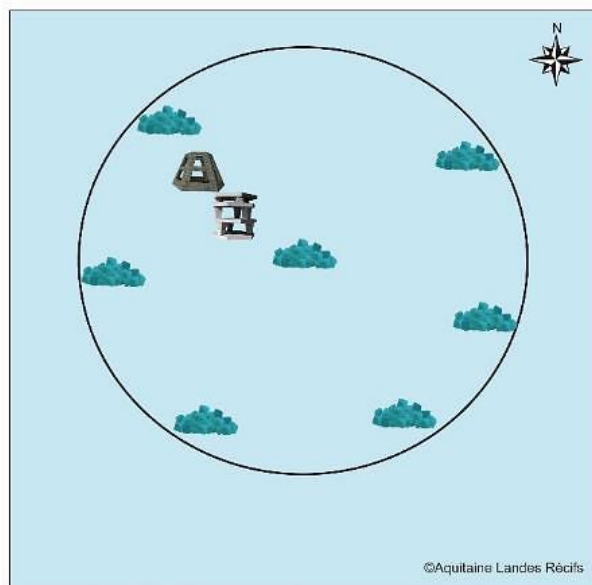
Figure 4 : Représentation schématique des récifs artificiels de Capbreton (ALR, com. pers.).

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 3m 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 7m³) 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.



©Aquitaine Landes Récifs
Schéma d'implantation des récifs artificiels sur la concession de Soustons/Vieux-Boucau

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 200m³. 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 7m³) 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.

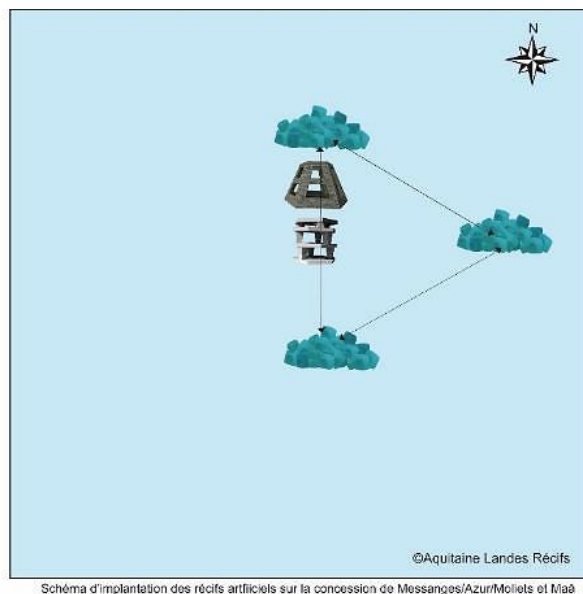


Figure 6 : Représentation schématique des récifs artificiels de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ (ALR, com. pers.).

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 10,8m et d'une largeur de 3,3m, le Barracuda III possède deux moteurs de 270cv et d'une plage arrière de 10m². L'association Atlantique Landes Récif a acquis ce navire en 2013. Cela lui permet d'être indépendante pour assurer les différents suivis scientifiques et la 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 et tout le matériel nécessaire au suivi scientifique (Figure 7).



Figure 7 : Barracuda III (©ALR).

3.3. Équipe d'intervention

En 2021, 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 (Clément Larrouy, assistant ingénieur, certificat hyperbare IB ; Mathieu Foulquié, photographe professionnel et biologiste marin, certificat IIB).

3.4. Planning d'intervention en 2021

Les récifs artificiels de l'association de type Buses, Typi et Babel font l'objet de différents types d'interventions :

- Du nettoyage ;
- Des mesures ;
- Des comptages ;
- Des photographies ;
- De l'ensablement ;
- Du relevage de bout.

En 2021, ces interventions ont eu lieu le (Tableau 1) :

- 04 avril ;
- 03 mai ;
- 19 juillet ;
- 29 juillet ;
- 13 septembre ;
- 23 septembre ;
- 07 novembre.

Les relevés biologiques (comptage des vertébrés et des invertébrés) ont eu lieu en juillet (le 19 et le 29) et en septembre (le 23).

Ce rapport se concentrera sur les relevés réalisés sur les récifs artificiels Buses.

Tableau 1 : Interventions réalisées sur les récifs en 2021.

	Avril	Mai	Juillet	Septembre	Novembre	Total des suivis
Capbreton						
Babel	Nettoyage et mesure	Nettoyage, mesure et comptage				
Soustons / Vieux Boucau						
Babel			Comptage et photos	Comptage et photos		
Site 1 (buse)				Ensablée		
Site 2 (buse)				Ensablée		
Site 5 (buse)				Ensablé		
Site 7 (buse)			Comptage et photos			
Typi			Comptage et photos			
Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ						
Babel			Comptage et photos	Comptage et photos		
Site 1 (buse)			Comptage	Comptage et photos		
Site 2 (buse)			Comptage et photos	Comptage et photos		
Site 3 (buse)			Comptage et photos	Comptage et photos	Relevage de bout	
Typi			Comptage et photos	Comptage et photos	Relevage de bout	

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, de son hétérogénéité structurale et de son positionnement géographique. 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 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.

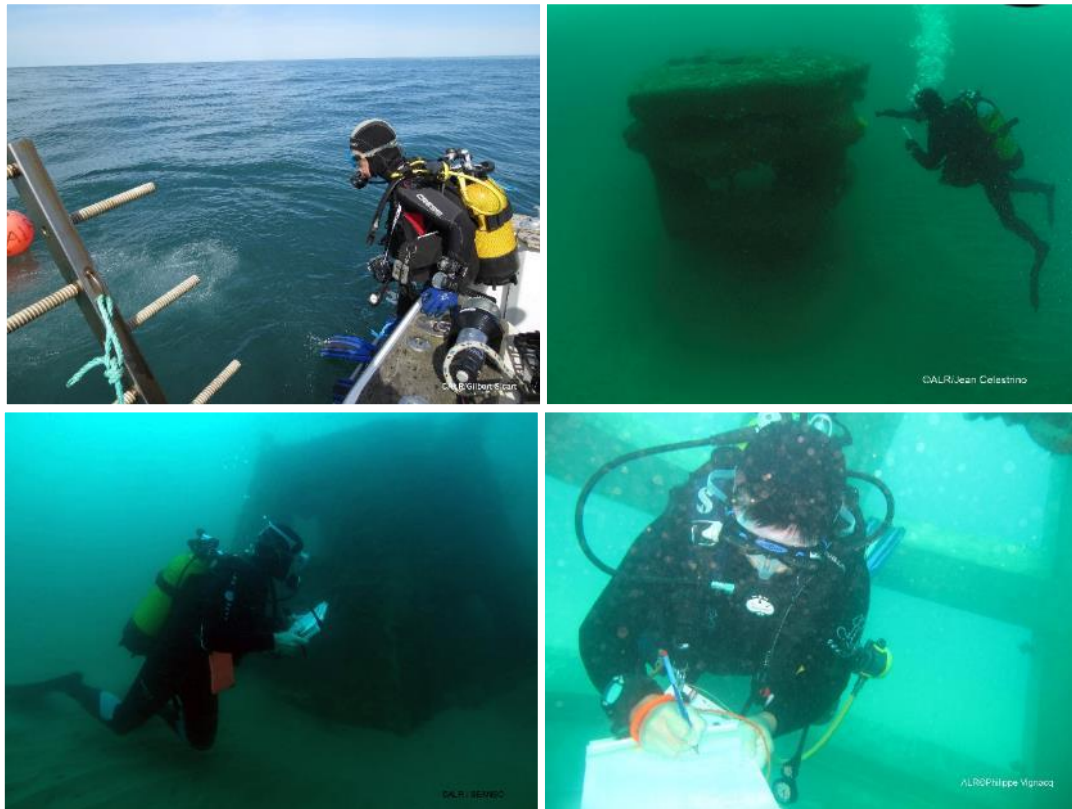


Figure 8 : Suivi scientifique des récifs artificiels en plongée sous-marine (©ALR).

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 2,0m 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.*, 2002 ; 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 Buses de Capbreton sont suivis depuis 1999 pour le site 2 et depuis 2000 pour les sites 1 et 3. Le site 2 fait l'objet d'un suivi régulier sur près de 20 ans (17 années de suivis sur 20 ans pour un total de 66 plongées). Les récifs artificiels du même type immergés à Vieux-Boucau en 2001 et en 2002 sont suivis depuis 2001 pour le site 1, 2003 pour les sites 5 et 6 et 2006 pour le site 7. Ceux immergés en 2003 sur le site de Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ sont suivis depuis 2005 pour le site 1, 2007 pour le site 2 et 2019 pour le site 3 (Tableau 2). Au total, 163 plongées ont été réalisées sur l'ensemble des récifs de type buses sur les 3 concessions.

Tableau 2 : Nombre de plongées sur les récifs artificiels Buses entre 1999 et 2021.

	Capbreton			Moliets et Maa			Vieux Boucau			
	Site 1	Site 2	Site 3	Site 1	Site 2	Site 3	Site 1	Site 5	Site 6	Site 7
1999		1								
2000	1	8	2							
2001	4	6					1			
2002	5	4					3	3		
2003	7	9					5	2	6	
2004	3									
2005		1		1			1	2		
2006	1	2					1			1
2007	1	5	1		1		1			
2008		2		1						
2009				1	1					1
2010		8								
2011		2								
2012		4								
2013		3								2
2015		1								
2016		1								
2018		5	1	3						3
2019		4		5	3	3				3
2020				4	5	3				
2021				2	2	3				1
Total	22	66	4	17	12	9	12	4	6	11

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, de leur taille et de leur abondance. En effet, la planche immergeable se divise en trois grandes parties :

- Une première partie afin de recueillir 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

Les paramètres physiques des récifs artificiels Buses n'ont pas été mesurés en 2021.

3.8.1. Profondeur d'enfouissement (I_e)

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

Trois profondeurs sont mesurées à l'aide du profondimètre dans les 4 directions à chaque fois (N pour Nord, E pour Est, S pour Sud, W pour Ouest) :

- 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.

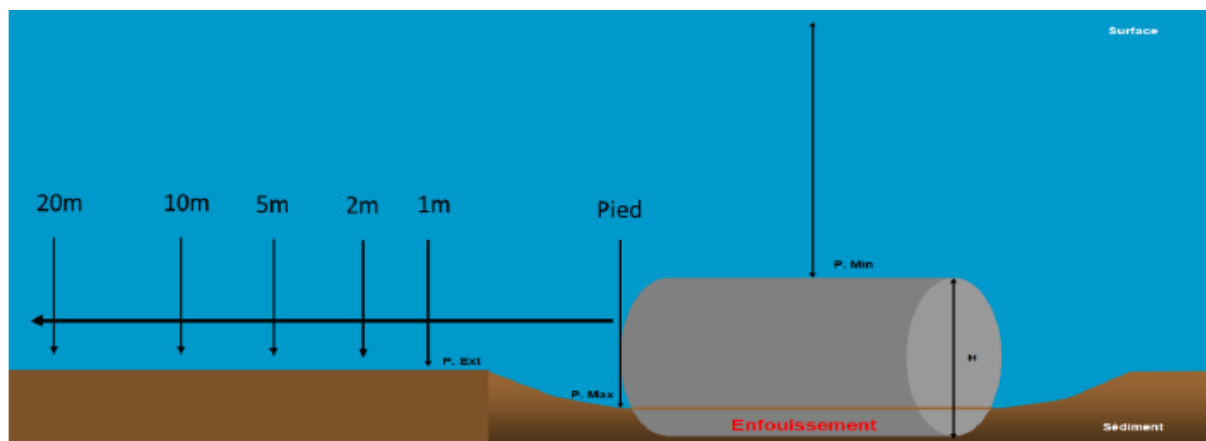


Figure 9 : Différentes mesures utilisées pour calculer l'indice d'envasement d'un récif (Adapté Dalias et Scourzic, 2008).

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 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, etc.) sont comptées en premier (Figure 10) ;

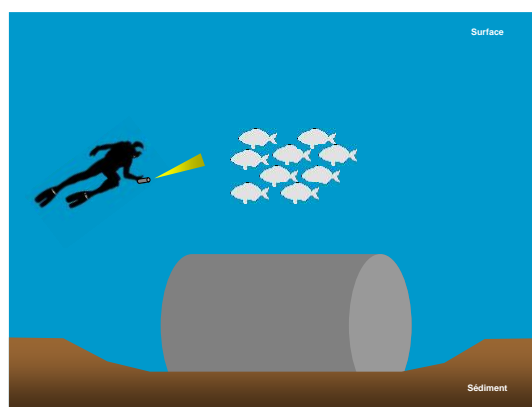


Figure 10 : Représentation schématique de la première phase du comptage, les espèces mobiles et difficile d'approche.

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

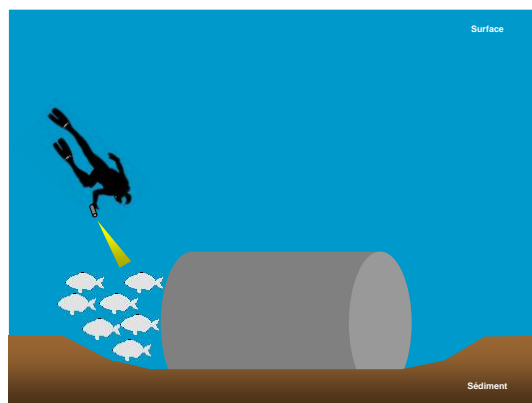


Figure 11 : Représentation schématique de la deuxième phase du comptage, les espèces à proximité immédiate du récif.

- 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) ;

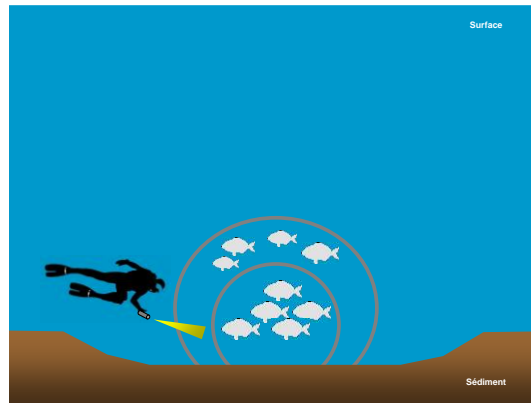


Figure 12 : Représentation schématique de la troisième phase du comptage, les espèces vivant à l'intérieur du récif.

- 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. 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 de minimiser 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

Les paramètres physiques des récifs artificiels Buses n'ont pas été mesurés en 2021.

4.1.1. Capbreton

A Capbreton, en 2018, la profondeur de la cuvette sur le site 3 (-1,5m) était supérieure à celle mesurée sur le site 2 (-0,86m). La profondeur de la cuvette du site 2 a augmenté entre 2018 (-0,85m) et 2019 (-1,1m) (Figure 13).

En 2018, l'enfouissement est plus important sur le site 2 (-1,1m) comparé au site 3 (-0,5m). L'enfouissement du site 2 a triplé entre 2018 (-1,1m) et 2019 (-3,2m) (Figure 13).

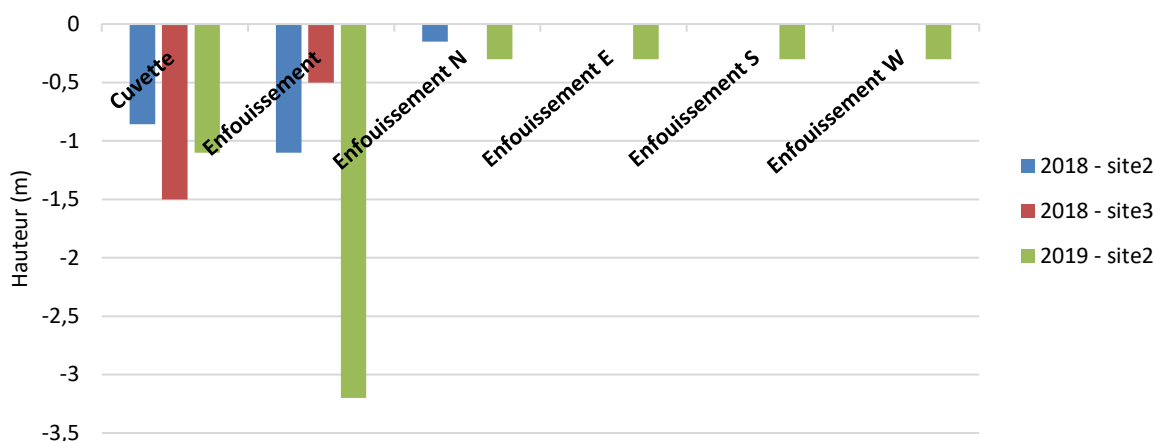


Figure 13 : Paramètres physiques (cuvette et enfouissement) mesurés sur les sites 2 et 3 à Capbreton en 2018 et en 2019.

4.1.2. Moliets-et-Maâ

A Moliets-et-Maâ, en 2020, la profondeur de la cuvette du site 2 (-0,67m) était inférieure à celle du site 3 (-0,78m) (Figure 14).

En 2020, l'enfouissement général était plus important sur le site 2 (-1,68m) comparé au site 3 (-1,4m). La comparaison entre les enfouissements Nord, Est, Sud et Ouest (W) met en avant un enfouissement plus important sur le site 2 que sur le site 3, sauf au Sud où l'enfouissement est de -1,2m pour le site 2 et de -1m pour le site 3 (Figure 14).

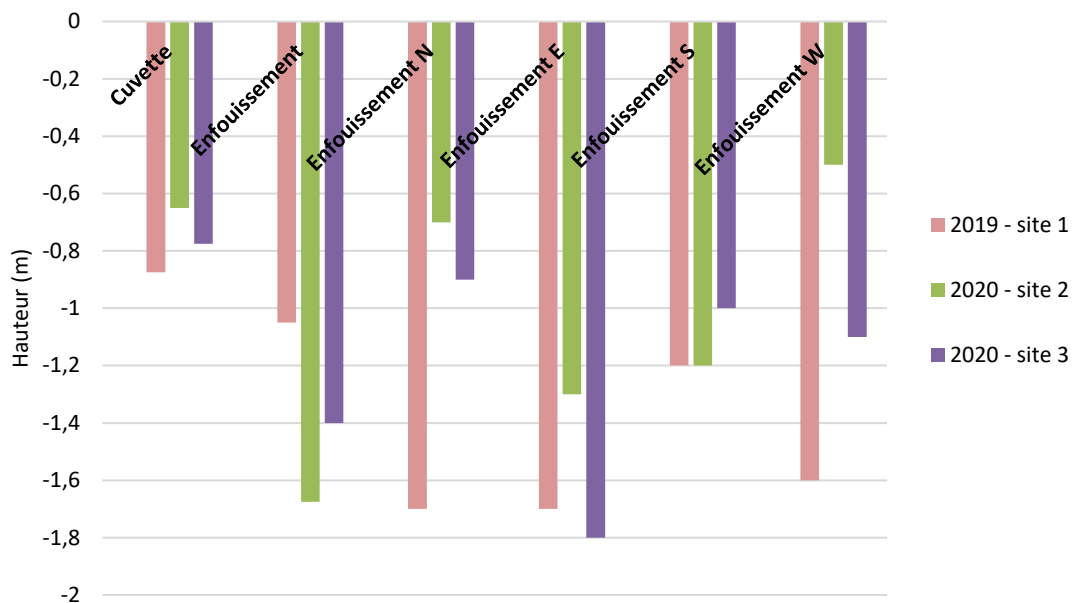


Figure 14 : Paramètres physiques (cuvette et enfouissement) mesurés sur les sites 1, 2 et 3 à Moliets-et-Maâ en 2019 et en 2020.

4.1.3. Vieux Boucau

En 2019, la profondeur de la cuvette est de -0,63m et l'enfouissement de -1,8m (Figure 15).

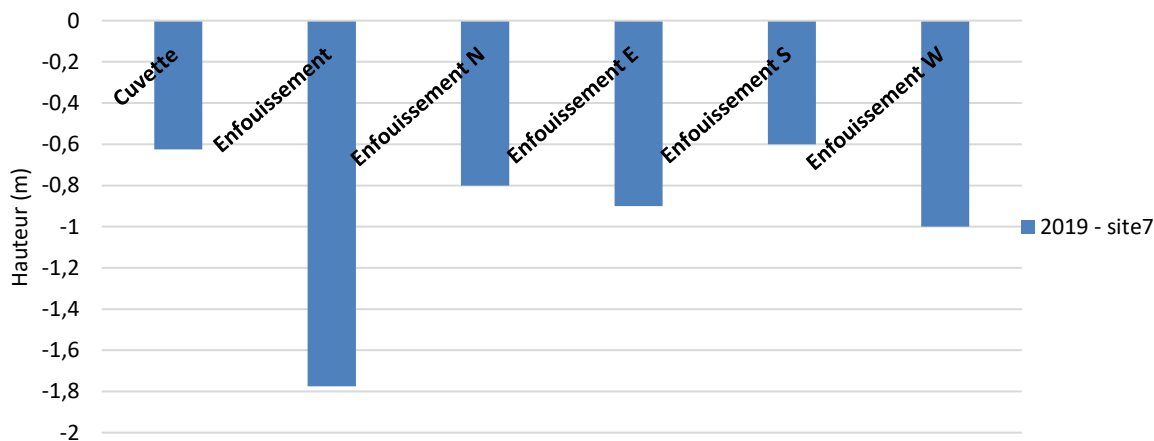


Figure 15 : Paramètres physiques (cuvette et enfouissement) mesurés sur le site 7 à Vieux Boucau en 2019.

4.2. Paramètres biologiques acquis en 2021

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

En 2021, les récifs artificiels Buses n'ont pas été observés à Capbreton. Des espèces de vertébrés, d'invertébrés fixés et mobiles ont été observées uniquement sur les sites 1, 2 et 3 de Moliets-et-Maâ et sur le site 7 de Vieux Boucau.

4.2.1.1. Invertébrés fixés et pontes

En 2021, les invertébrés fixés ont été observés uniquement sur le site 3 de Moliets-et-Maâ. Seuls 2 individus de l'espèce *Sabellaria spinulosa* (hermelles) ont été observés (Tableau 3).

Aucune ponte n'a été observée en 2021.

Tableau 3 : Invertébrés fixés observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses en 2021.

Embranchement	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Moliets et Maâ Site3 2021	Abondance totale	
Annélides	Sabelliidae	<i>Sabella spallanzanii</i>	Spirographe			✓ 1 ≤ Abondance ≤ 5
		<i>Sabellaria spinulosa</i>	Hermelles	✓	2	✓ 6 ≤ Abondance ≤ 10
	Serpulidae	<i>Serpula vermicularis</i>	Serpule			✓ Abondance > 10
	Terebellariidae	<i>Lanice conchilega</i>	Lanice			
Arthropodes	Balanidae	<i>Perforatus perforatus</i>	Balane commune			
Cnidaires	Actiniidae	<i>Actinia fragacea</i>	Anémone fraise			
		<i>Urticina felina</i>	Dahlia			
	Aglaopheniidae	<i>Gymnangium montagui</i>	Plume d'or			
	Alcyoniidae	<i>Alcyonium digitatum</i>	Alcyon jaune			
	Corallimorphidae	<i>Corynactis viridis</i>	Anémone bijou			
	Epizoanthidae	<i>Epizoanthus couchii</i>	Anémone encroûtante brune			
	Gorgoniidae	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	Gorgone sarmenteuse			
	Parazoanthidae	<i>Parazoanthus anguicomus</i>	Anémone encroûtante blanche			
	Sagartiidae	<i>Actinothoe sphyrodeta</i>	Anémone marguerite			
Mollusques	Mytilidae	<i>Mytilus edulis</i>	Moule commune			
	Ostreidae	<i>Crassostrea gigas</i>	Huître creuse			
	Pectinidae	<i>Pecten maximus</i>	Saint jacques			
Spongiaires	Clioidae	<i>Clio celata</i>	Clione jaune			
	Leucaliidae	<i>Ascandra contorta</i>	Clathrine blanche			
Richesse spécifique totale				1		

4.2.1.2. Invertébrés mobiles

En 2021, les vertébrés mobiles ont été observés uniquement sur les sites 1, 2 et 3 de Moliets-et-Maâ et le site 7 de Vieux Boucau. Trois espèces ont été observées (Tableau 4) :

- Le poulpe (*Octopus vulgaris*). Il a été observé sur les 4 sites ;
- La seiche (*Sepia officinalis*). Cette espèce a été observée sur les sites 1 et 3 de Moliets-et-Maâ ;
- L'étoile de mer glacière (*Marthasterias glacialis*). Elle a été observée une seule fois sur le site 3 de Moliets-et-Maâ (Figure 16).

Tableau 4 : Invertébrés mobiles observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses en 2021.

Embranchement	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Moliets et Ma			Vieux Boucau	Abondance totale
				Site1 2021	Site2 2021	Site3 2021	Site7 2021	
Arthropodes	Cancridae	<i>Cancer pagurus</i>	Tourteau					
	Carcinidae	<i>Carcinus maenas</i>	Crabe vert					
	Majidae	<i>Maja squinado</i>	Araignée de mer					
	Nephropidae	<i>Homarus gammarus</i>	Homard					
	Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>	Bernard l'hermite commun					
	Palaemonidae	<i>Palaemon serratus</i>	Crevette bouquet					
	Palinuridae	<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge					
	Portunidae	<i>Necora puber</i>	Etrille					
	Scyllaridae	<i>Scyllarus arctus</i>	Petite cigale de mer					
Cnidaires	Pelagiidae	<i>Pelagia noctiluca</i>	Pélagie					
	Sertulariellidae	<i>Tamarisca tamarisca</i>	Tamaris					
Echinodermes	Asteriidae	<i>Asteria rubens</i>	Etoile de mer commune					
	Asteriidae	<i>Marthasterias glacialis</i>	Etoile de mer glaciale			✓		1
	Loveniidae	<i>Echinocardium cordatum</i>	Oursin de sable					
	Ophiothricidae	<i>Ophiothrix fragilis</i>	Ophiure fragile					
Parechinidae	<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin violet						
Mollusques	Buccinidae	<i>Buccinum undatum</i>	Buccin commun					
	Calliostomatidae	<i>Calliostoma zizyphinum</i>	Calliostome					
	Chromodorididae	<i>Felimare cantabrica</i>	Doris canthabrique					
		<i>Felimare tricolor</i>	Doris tricolore					
	Nassariidae	<i>Nassarius reticulatus</i>	Nasse réticulée					
	Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe	✓	✓	✓	✓	4
	Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	✓		✓		2
Richesse spécifique totale				2	1	3	1	



Figure 16 : *Marthasterias glacialis* observés lors du suivi des récifs artificiels de 2021 (©ALR).

4.2.1.3. Vertébrés

Richesse spécifique

En 2021, 43 espèces ont été identifiées, uniquement sur la concession de Moliets-et-Maâ, avec une richesse spécifique plus importante sur le site 1 (18 espèces). Le site 7 de Vieux Boucau a été prospecté mais la seule espèce observée a été qualifiée de NI, il s'agit d'un individu de la famille des Blenniidae. (Figure 17).

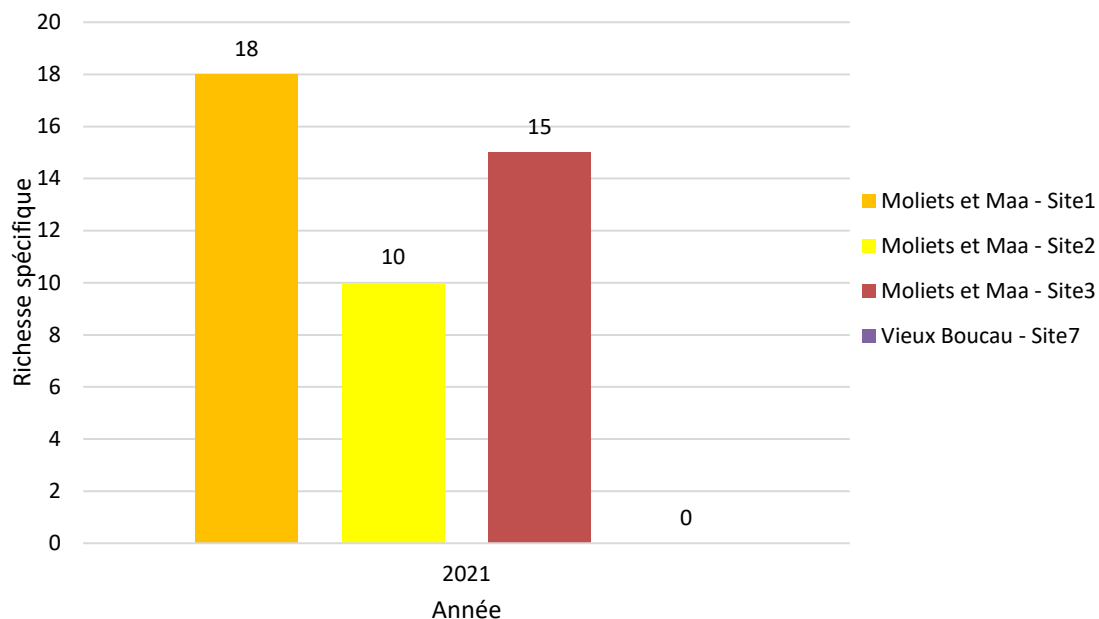


Figure 17 : Richesse spécifique observée en déplacement sur les récifs artificiels Buses des concessions (Soustons / Vieux Boucau et Moliets-et-Maâ) en 2021.

Abondance des individus

L'abondance totale de l'année 2021 est de 72 individus observés sur les concessions de Moliets-et-Maâ (sites 1, 2 et 3) et de Vieux Boucau (site 7). L'abondance est la plus importante sur le site 1 de Moliets-et-Maâ (29 individus) (Figure 18).

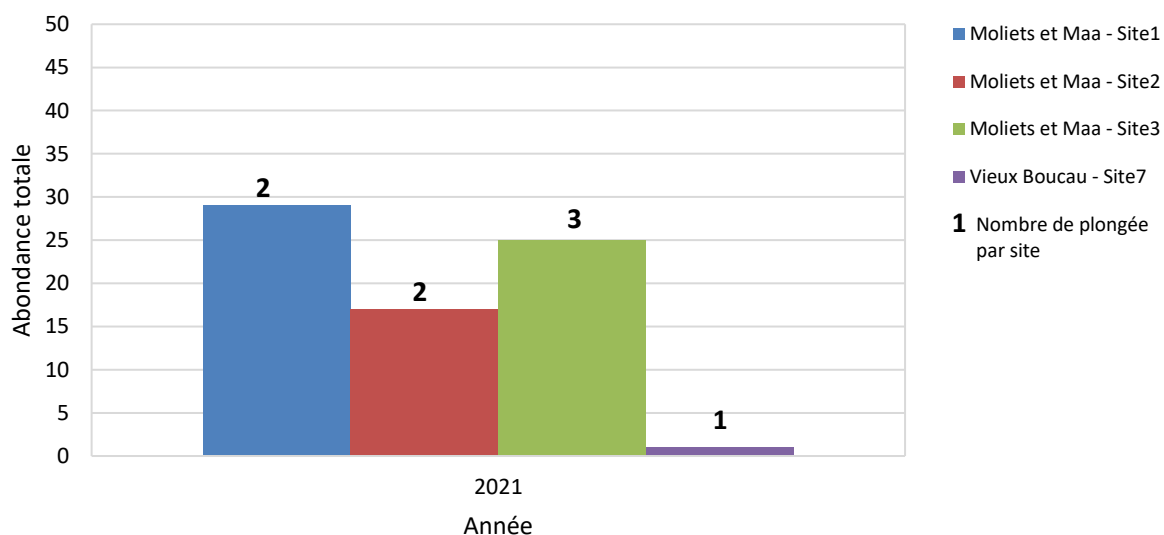


Figure 18 : Abondances totales des vertébrés en fonction des sites et des concessions sur les récifs artificiels Buses en 2021.

Les espèces les plus observées en 2021 sont le chinchard (*Trachurus trachurus*), le tacaud (*Trisopterus luscus*), l'ombrine bronze (*Umbrina cariensis*), le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) et le Serran chèvre (*Serranus cabrilla*) avec une abondance de 6 individus observés (Tableau 10).

Tableau 5 : Vertébrés observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses en 2021.

Embranchement	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Moliets et Maa			Vieux Boucau	Abondance totale	✓ 1 ≤ Abondance ≤ 10 ✓ 11 ≤ Abondance ≤ 20 ✓ Abondance > 20
				Site1 2021	Site2 2021	Site3 2021	Site7 2021		
Chondrichthyens	Scyliorhinidae	<i>Scyliorhinus canicula</i>	Petite Roussette						
	Torpedinidae	<i>Torpedo marmorata</i>	Torpille marbrée						
Ostéichthyens	Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>	Baliste	✓	✓	✓		5	
	Belonidae	<i>Belone belone</i>	Orphie						
		<i>Parablennius gattorugine</i>	Blennie gattorugine			✓		1	
	Blennidae	<i>Parablennius pilicornis</i>	Blennie pilicorne			✓		2	
		<i>Parablennius rouxi</i>	Blennie de Roux		✓			1	
		NI	Blennie				✓	1	
	Callionymidae	<i>Callionymus lyra</i>	Dragonnet lyre						
	Carangidae	<i>Seriola rivoliana</i>	Sériole limon						
		<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard	✓	✓	✓		6	
	Clupeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	Sardinane						
	Congridae	<i>Conger conger</i>	Congre	✓	✓	✓		5	
	Engraulidae	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois						
		<i>Pollachius pollachius</i>	Lieu jaune						
	Gadidae	<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud	✓	✓	✓		6	
		<i>Trisopterus minutus</i>	Capelan						
	Gobidae	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie buhotte						
		NI	Gobie						
		<i>Coris julis</i>	Girelle						
		<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Cténolabre	✓		✓		4	
	Labridae	<i>Labrus bergylta</i>	Vieille	✓				1	
		<i>Labrus mixtus</i>	Coquette						
		<i>Symphodus bailloni</i>	Crénilabre baillon						
		<i>Symphodus melops</i>	Crénilabre melops						
		<i>Symphodus roissali</i>	Crénilabre à cinq taches						
	Molidae	NI	Crénilabre						
		<i>Mola mola</i>	Poisson lune						
	Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun		✓			1	
	Mugilidae	<i>Liza aurata</i>	Mulet doré						
		<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase						
	Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche	✓		✓		3	
		NI	Rouget		✓			1	
	Muraenidae	<i>Muraena helena</i>	Murène						
		<i>Argyrosomus regius</i>	Maigre						
	Sciaenidae	<i>Umbrina cariensis</i>	Ombrine bronze	✓	✓	✓		6	
		<i>Umbrina cirrosa</i>	Ombrine côtière						
		NI	Ombrine						
	Scombridae	<i>Sarda sarda</i>	Bonite à dos rayé						
		<i>Scomber scombrus</i>	Maquereau commun						
	Scophthalmidae	<i>Scophthalmus maximus</i>	Turbot						
		<i>Scophthalmus rhombus</i>	Barbue						
		<i>Zeugopterus punctatus</i>	Tarnageur						
	Scorpaenidae	<i>Scorpaena notata</i>	Petite rascaNasse rouge						
		<i>Scorpaena porcus</i>	Rascasse brune	✓		✓		4	
		<i>Scorpaena scrofa</i>	Rascasse chapon	✓				1	
	NI	Rascasse							
	Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chèvre	✓	✓	✓		6	
Soleidae	<i>Solea solea</i>	Sole commune							
	<i>Boops boops</i>	Bogue	✓		✓		2		
	NI	Sar							
	<i>Diplodus cervinus</i>	Sar à grosses lèvres	✓				1		
	<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	✓	✓			3		
	<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	✓	✓	✓		6		
	NI	Sar espagnol							
Sparidae	<i>Lithognathus mormyrus</i>	Marbré	✓		✓		2		
	<i>Oblada melanura</i>	Oblade							
	<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	✓		✓		3		
	<i>Sarpa salpa</i>	Saupe							
	<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale							
	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Dorade Grisét	✓				1		
NI	Dorade								
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>	Grande vive							
Triglidae	NI	Grondin							
Zeidae	<i>Zeus faber</i>	Saint-Pierre							
Richesse spécifique totale				18	11	15	1		

Abondances des espèces en fonction des classes de taille

En 2021, la répartition des tailles de poissons sur les sites 1 et 3 de Moliets-et-Maâ est similaire. En effet, sur ces deux sites les poissons sont majoritairement considérés comme « moyen » (site 1 : 55% d'individus « moyen » ; site 3 : 68 % d'individus « moyen »). Sur le site 2 de Moliets-et-Maâ les poissons ayant une taille qualifiée de « petite » dominent à 42%. Le seul individu observé sur le site 7 de Vieux boucau a été qualifié de « moyen » (Figure 19).

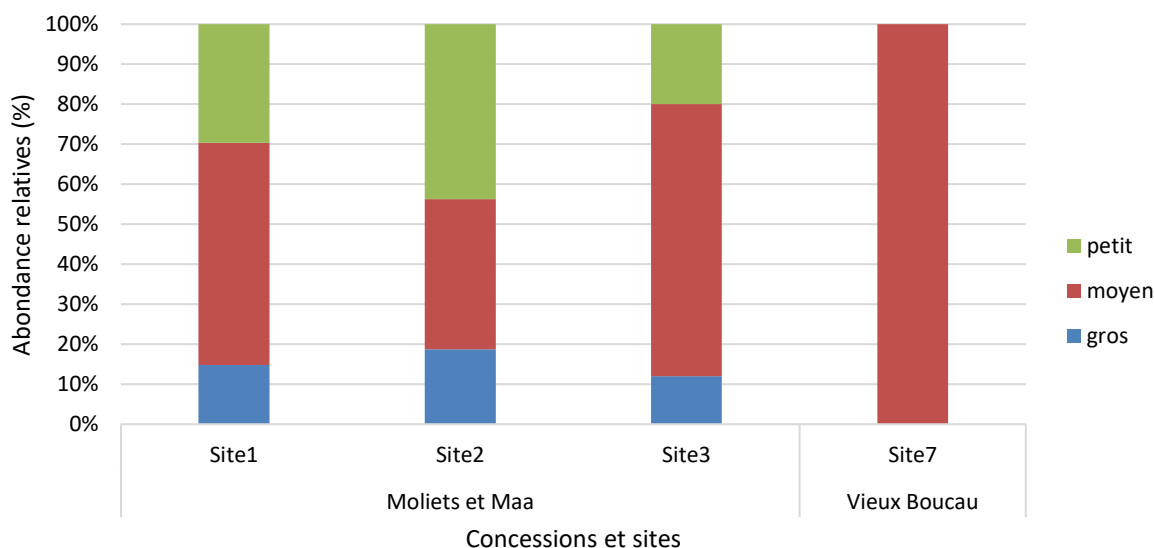


Figure 19 : Abondance relative des vertébrés observés en déplacement en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) sur les récifs artificiels Buses de chaque site et concession en 2021.

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

En 2021, seuls les sites 1 et 3 de Moliets-et-Maâ ont été prospectés.

4.2.2.1. Invertébrés

Aucun individu invertébré (fixe ou mobile) n'a été observé.

4.2.2.2. Vertébrés

Richesse spécifique

En 2021 8 espèces ont été observées : 8 sur le site 1 de Moliets-et-Maâ et 3 sur le site 3 de Moliets-et-Maâ (Figure 20).

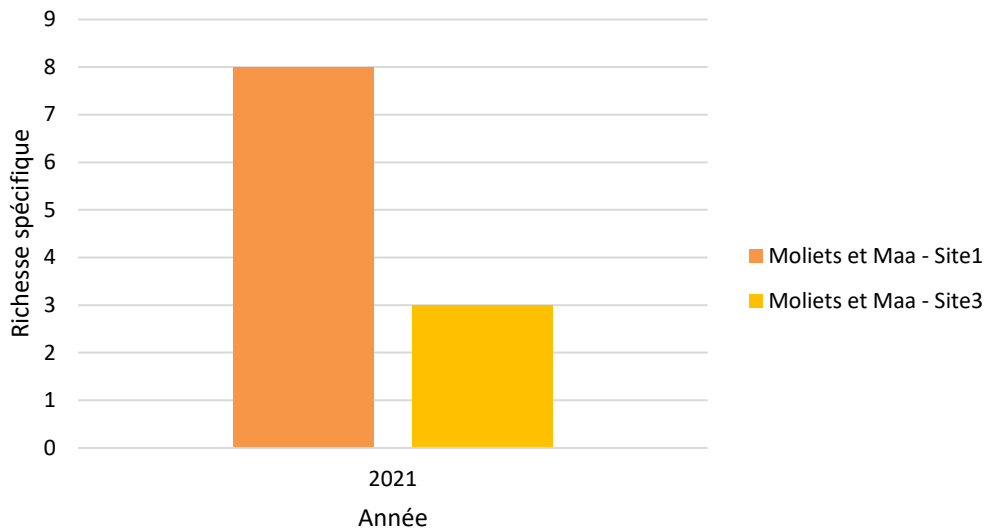


Figure 20 : Richesse spécifique observée en point fixe sur les récifs artificiels Buses sites 1 et 3 de la concession de Moliets-et-Maâ en 2021.

Abondance des individus

En 2021, 8 individus ont été observés sur le site 1 de Moliets-et-Maâ et 4 individus sur le site 3 de Moliets-et-Maâ (Figure 21).

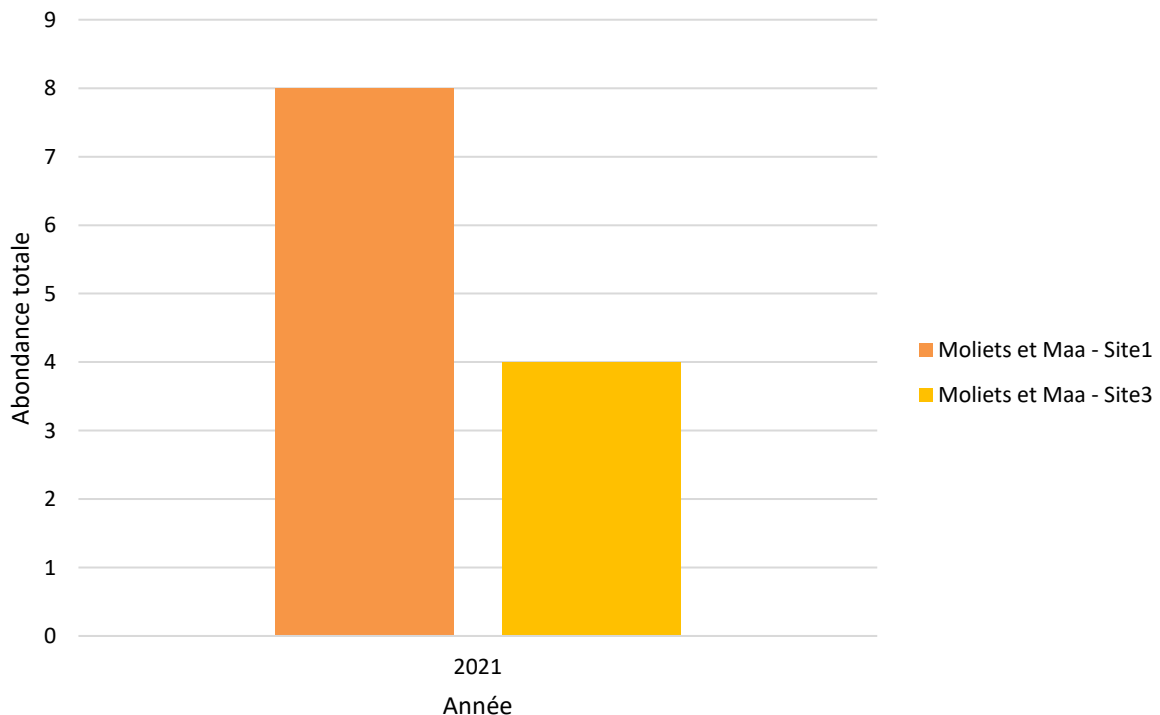


Figure 21 : Abondance totale observée en point fixe sur les récifs artificiels Buses sites 1 et 3 de la concession de Moliets-et-Maâ en 2021.

En 2021, l'espèce la plus observée en point fixe sur les site 1 et 3 de Moliets-et-Maâ est le Tacaud (*Trisopterus luscus*) (Tableau 6).

Tableau 6 : Vertébrés observés en point fixe en 2021 sur les récifs artificiels Buses.

Embranchement	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Moliets et Maa		Abondance totale	✓ 1 ≤ Abondance ≤ 5 ✓ 6 ≤ Abondance ≤ 10
				Site1 2021	Site3 2021		
	Balistidae	<i>Balistes capriscus</i>	Baliste	✓		1	
	Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard		✓	1	
	Congridae	<i>Conger conger</i>	Congre				
	Gadidae	<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud	✓	✓	3	
		<i>Trisopterus minutus</i>	Capelan				
	Molidae	<i>Mola mola</i>	Poisson lune				
	Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun				
Ostéichtyens	Mugilidae	<i>Liza aurata</i>	Mulet doré				
	Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche				
	Sciaenidae	<i>Umbrina cariensis</i>	Ombrine bronze	✓	✓	2	
	Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chèvre	✓		1	
	Sparidae	<i>Diplodus cervinus</i>	Sar à grosses lèvres	✓		1	
		<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	✓		1	
		<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun	✓		1	
		<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Dorade Griset	✓		1	
Richesse spécifique totale				8	3		

Abondances des espèces en fonction des classes de taille

En 2021, la taille la plus observée en point fixe est considérée comme « moyenne » (>50% des individus) (Figure 22).

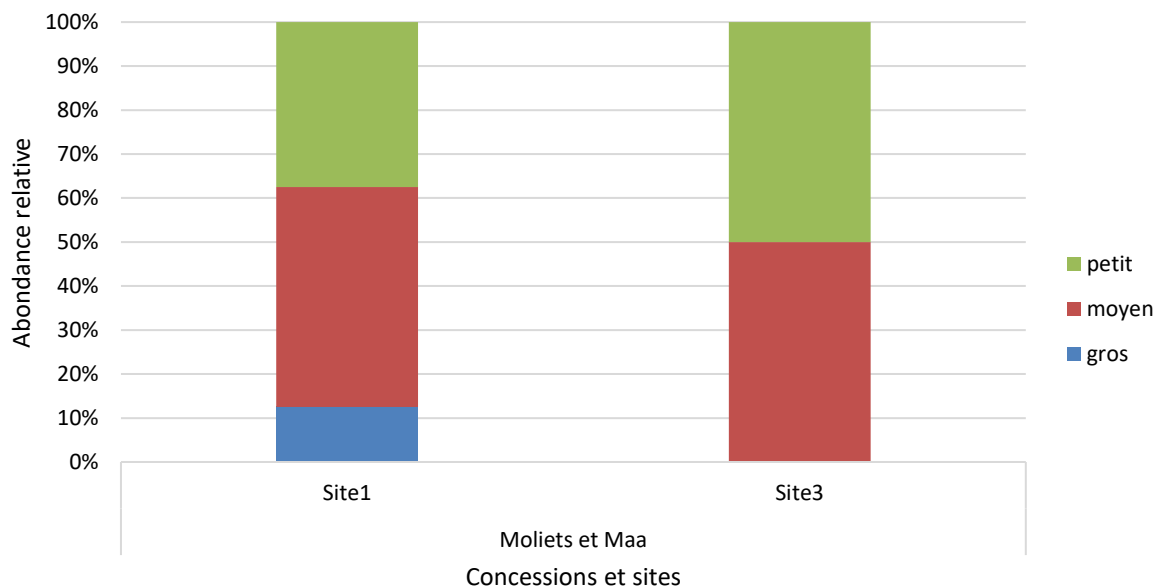


Figure 22 : Abondance relative des tailles de vertébrés observés en point fixe en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) sur les récifs artificiels Buses de Moliets-et-Maâ en 2021.

4.3. Paramètres biologiques acquis entre 1999 et 2021

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

Durant l'intégralité de la période de suivi des récifs artificiels Buses (1999-2021) sur les concessions d'ALR, de nombreuses espèces de vertébrés et d'invertébrés fixés et mobiles ont été observées.

4.3.1.1. Invertébrés fixés et pontes

Au total, 19 espèces ont été identifiées sur les récifs artificiels Buses sur les 10 sites prospectés des 3 concessions. La richesse spécifique maximale est de 7 espèces (hors pontes) sur le site 2 de Capbreton en 2013. La richesse spécifique minimale est de 1 (hors pontes), observée sur 8 sites différents (Tableau 7 ; Figure 23) :

- Le site 1 de Capbreton en 2001, en 2003 et en 2004 ;
- Le site 2 de Capbreton en 2005, en 2006 et en 2015 ;
- Le site 3 de Capbreton en 2000 ;
- Le site 1 de Moliets et Maa en 2008 et en 2009 ;
- Le site 2 de Moliets et Maa en 2007 et en 2009 ;
- Le site 3 de Moliets et Maa en 2020 et en 2021 ;
- Le site 1 de Vieux Boucau en 2005 ;
- Le site 6 de Vieux Boucau en 2003.



Figure 23 : *Epizoanthus couchii* (à gauche) et *Pecten maximus* (à droite) observés lors du suivi des récifs artificiels (©ALR).

L'espèce la plus observée est l'anémone maguerite (*Actinothoe sphyrodeta*). Cette espèce a été observée entre 1 fois (Capbreton, site 2 en 2001, en 2002, en 2005 ; Capbreton, site 3 en 2016, en 2018 ; Moliets-et-Maâ en 2008, en 2019 ; Moliets-et-Maâ, site 2 en 2007, en 2019, en 2020 ; Vieux Boucau, site 1 en 2002) et 12 fois (Capbreton, site 2 en 2003) (Tableau 7 ; Figure 24).



Figure 24 : Anémone marguerite (*Actinotheria sphyrodeta*) observés lors du suivi des récifs artificiels (©ALR).

Aucune espèce d'invertébrés fixés n'a été observée sur les récifs artificiels Buses du site 1 de Capbreton en 2000, en 2006 et en 2007 ; sur le site 2 de cette même concession en 1999, en 2007, en 2011 et en 2019, sur les sites 1 et 2 de la concession de Moliets-et-Maâ en 2021, sur le site 1 de Vieux Boucau en 2001, en 2006 et en 2007 ; sur le site 5 en 2019 et en 2021.

Concernant les pontes, 3 espèces différentes ont été identifiées (Tableau 8) :

- 13 pontes de calmar (*Loligo vulgaris*) sur le site 2 de Capbreton en 2018, les sites 1 et 3 de Moliets-et-Maâ en 2018, en 2019 et en 2020 et sur le site 5 de Vieux Boucau en 2003 et en 2005 ;
- 1 ponte de poulpe (*Octopus vulgaris*) sur le site 1 de Moliets-et-Maâ en 2020 ;
- 1 ponte de seiche commune (*Sepia officinalis*) Tableau 7 sur le site 7 de Vieux Boucau en 2009.

4.3.1.2. Invertébrés mobiles

Au total, 23 espèces ont été identifiées jusqu'à l'espèce sur les récifs artificiels Buses sur les 10 sites prospectés des 3 concessions. La richesse spécifique maximale est de 13 sur le site 2 de Capbreton en 2010. La richesse spécifique minimale est de 1 observée sur le site 1 de Capbreton en 2000 et en 2006 ; sur le site 2 de Moliets-et-Maâ en 2007 et en 2021 et sur le site 7 de Vieux Boucau en 2021 (Tableau 9).

L'espèce la plus observée est le poulpe (*Octopus vulgaris*). Ce dernier a été observé au maximum 28 fois sur le site 2 de Capbreton en 2000 (Tableau 9 ; Figure 25).



Figure 25 : Poulpe (*Octopus vulgaris*) observé lors du suivi des récifs artificiels (©ALR).

Aucune espèce d'invertébré mobile n'a été observée sur le site 3 situé à Capbreton en 2007.

Tableau 9 : Invertébrés mobiles observés en déplacement par année sur l'ensemble des récifs artificiels Buses entre 1999 et 2021.

Embranchement	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Capbreton																		Moliets et Maas												Vieux Boucau							Abondance totale	<div style="display: flex; align-items: center;"> ≤15 Abondance ≤10 16 Abondance ≤20 Abondance >20 </div>																			
				Site1						Site2						Site3						Site1				Site5		Site6			Site7																														
				2000	2001	2002	2003	2004	2006	1999	2000	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2008	2010	2011	2012	2013	2015	2016	2018	2019	2000	2018	2005	2008	2009	2018	2019	2020	2021	2007	2009	2019	2020	2021			2019	2020	2021	2001	2002	2003	2005	2006	2007	2002	2003	2005	2005	2006	2009	2013	2018	2019	2021
Arthropodes	Cancridae	<i>Cancer pagurus</i>	Tourteau																																					20																					
	Carcinidae	<i>Carcinus maenas</i>	Crabe vert																																						9																				
	Majidae	<i>Maja squinado</i>	Araignée de mer	✓																																					24																				
	Nephropidae	<i>Homarus gammarus</i>	Homard																																						17																				
	Paguridae	<i>Pagurus bernhardus</i>	Bernard l'hermite commun																																						11																				
	Palaemonidae	<i>Palaemon serratus</i>	Crevette bouquet	✓	✓	✓	✓																																		134																				
	Palinuridae	<i>Palinurus elephas</i>	Langouste rouge	✓	✓	✓																																			1																				
Cnidaires	Portunidae	<i>Necora puber</i>	Etrille	✓	✓	✓	✓																																		165																				
	Scyllaridae	<i>Scyllarus arctus</i>	Petite cigale de mer																																						1																				
	Pelagiidae	<i>Pelagia noctiluca</i>	Pélagie																																						2																				
Echinodermes	Sertulariellidae	<i>Tamariscia tamariscia</i>	Tamaris																																						8																				
	Asteriidae	<i>Asteria rubens</i>	Etoile de mer commune																																							43																			
	Lovenidae	<i>Marthasterias glacialis</i>	Etoile de mer glaciale																																						22																				
	Ophiuridae	<i>Echinocardium cordatum</i>	Oursin de sable																																						2																				
Mollusques	Ophiothricidae	<i>Ophiothrix fragilis</i>	Ophiure fragile																																							1																			
	Parechinidae	<i>Paracentrotus lividus</i>	Oursin violet	✓	✓	✓	✓																																		81																				
	Buccinidae	<i>Buccinum undatum</i>	Buccin commun																																							4																			
	Calliostomatidae	<i>Calliostoma zizyphinum</i>	Calliostome																																							6																			
	Chromodorididae	<i>Felimare cantabrica</i>	Doris canthabrique																																							4																			
Nassariidae	<i>Felimare tricolor</i>	Doris tricolore																																								4																			
	<i>Nassarius reticulatus</i>	Nasse réticulée	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	67																				
	Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i>	Poulpe	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	268																				
	Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	87																				
<i>Richesse spécifique totale</i>				1	4	7	6	6	1	2	5	8	8	8	9	2	6	7	7	13	4	8	11	2	2	8	4	7	4	4	4	2	5	8	7	5	2	1	4	4	4	1	2	5	3	3	6	7	2	2	2	4	6	5	5	2	5	4	5	2	1

4.3.1.3. Vertébrés

Richesse spécifique

Au total, 66 espèces de vertébrés ont été observées et 55 ont été identifiées jusqu'à l'espèce, 11 espèces ont été qualifiées de « NI » (Non Identifiées) durant les observations en déplacement.

La richesse spécifique a été calculée uniquement sur les individus indentifiés à l'espèce, soit un total de 55 espèces. La richesse spécifique maximale est de 26 espèces observées à Capbreton sur le site 3 en 2003. La richesse spécifique minimale est de 3 espèces observées sur le site 1 de Capbreton en 2000 et sur le site 1 de Moliets-et-Maâ en 2008. La richesse spécifique est plus importante sur les sites de Capbreton et plus faible sur ceux de Vieux Boucau (Figure 26).

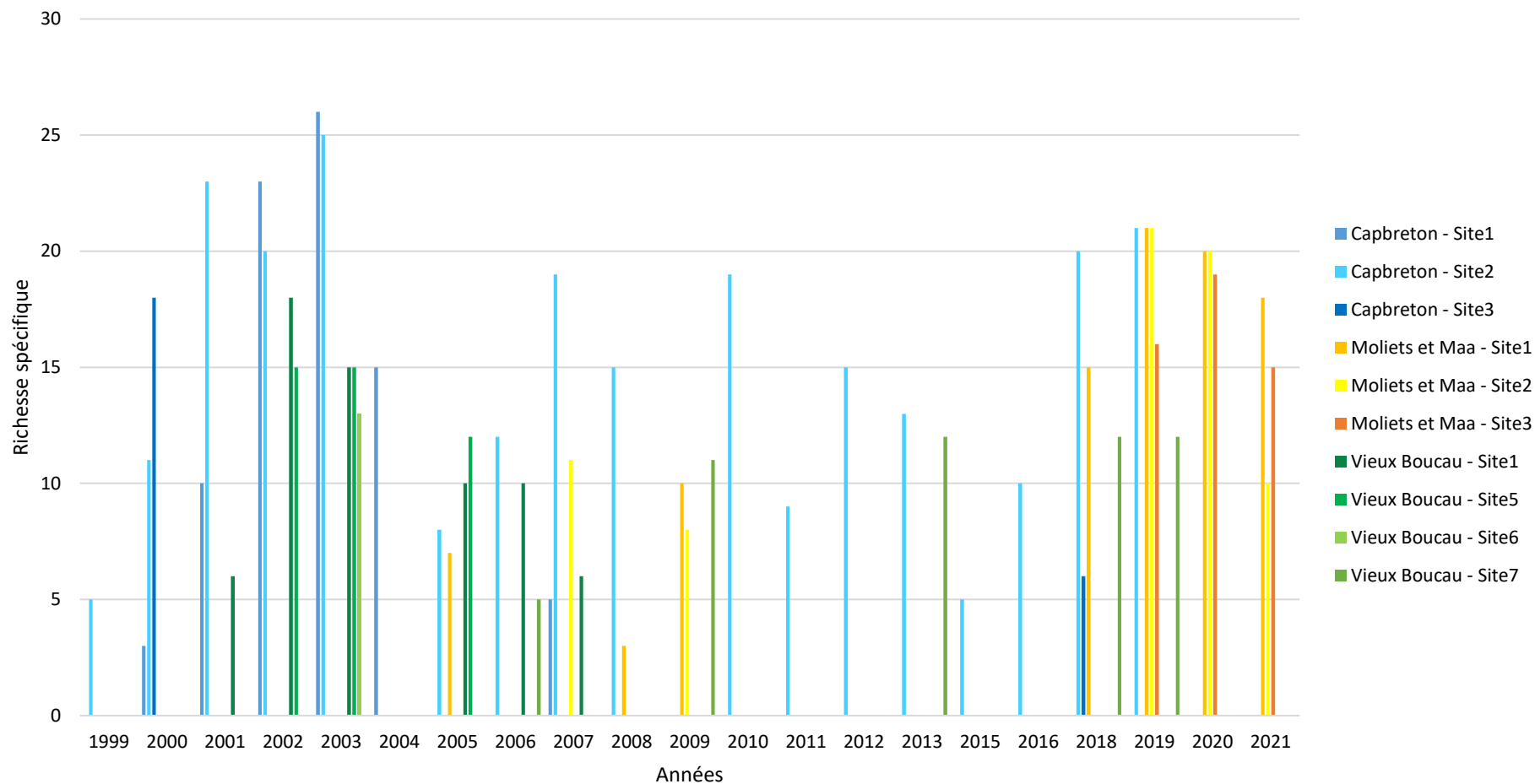


Figure 26 : Richesse spécifique observée en déplacement sur les récifs artificiels Buses des 3 concessions (Capbreton, Soustons / Vieux Boucau et Moliets-et-Maâ) entre 1999 et 2021.

Abondance des individus

L'abondance totale comprend l'ensemble des vertébrés observés qu'ils aient été identifiés à l'espèce ou uniquement à la famille. Cette abondance est comprise entre 284 individus (Capbreton, site 2, 2010) et 1 individu (Vieux boucau, site 7, 2021). Elle reste toute fois inférieure à 50 individus la majorité du temps (Figure 27). L'abondance est généralement plus importante sur le site 2 de Capbreton. A partir de 2019, les abondances les plus importantes sont observées sur la concession de Moliets-et-Maâ (Figure 27 ; Figure 28).

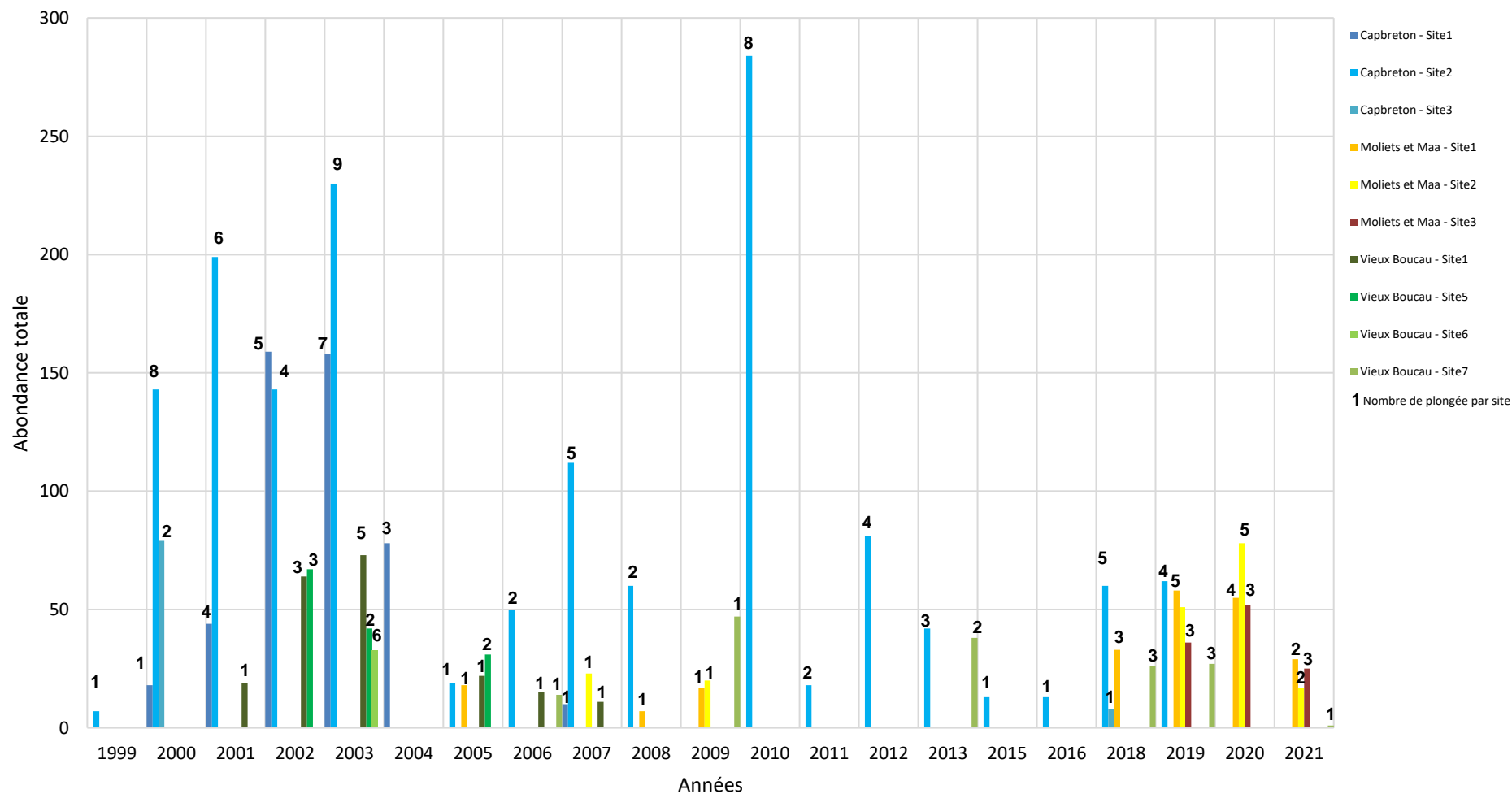


Figure 27 : Abondances totales des vertébrés en fonction des sites et des concessions sur les récifs artificiels Buses entre 1999 et 2021.

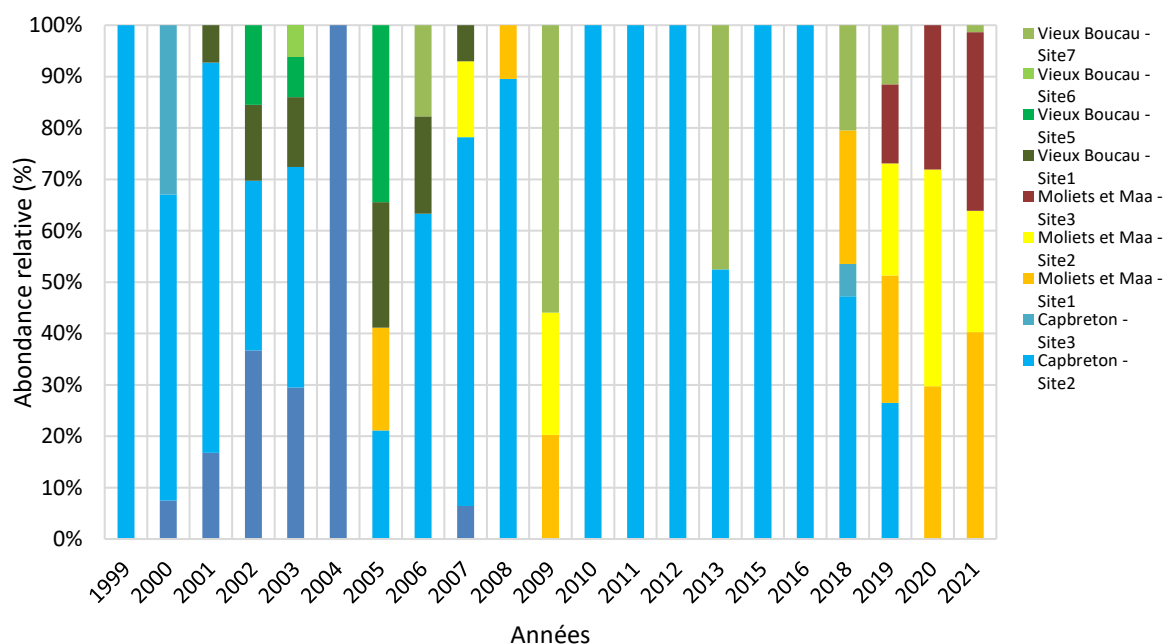


Figure 28 : Abondances relatives en pourcentage des vertébrés en fonction des sites et concessions sur les récifs artificiels Buses entre 1999 et en 2021.

Certaines espèces sont présentes sur la majorité des plongées telles que le chinchard (*Trachurus trachurus*), le congre (*Conger conger*), le tacaud (*Trisopterus luscus*), le rouget de roche (*Mullus surmuletus*), l'ombrine bronze (*Umbrina cariensis*), le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) (Figure 29). Ces 6 espèces ont été observées entre 1 et plus de 20 fois selon le site et l'année. L'abondance maximale est celle du congre (*Conger conger*) observé 27 fois sur le site 2 de Capbreton en 2003 (Tableau 10).

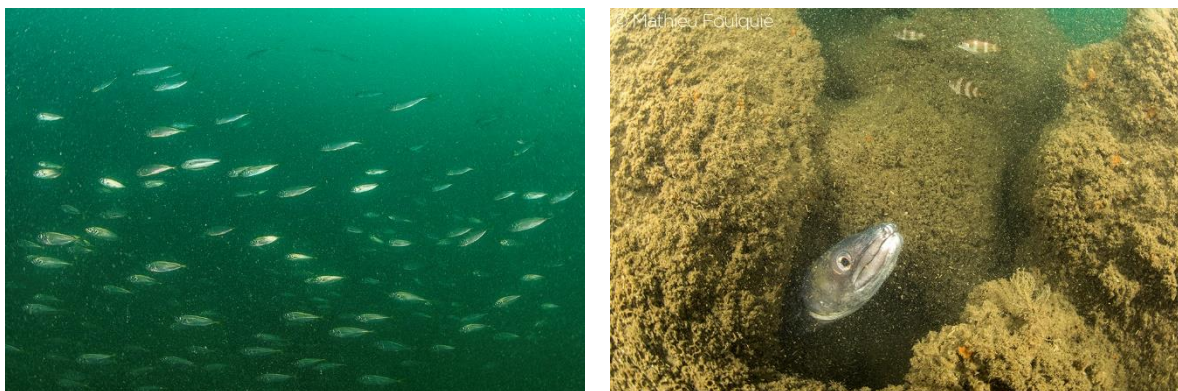


Figure 29 : *Trachurus trachurus* (à gauche) et *Conger conger* (à droite) observés lors du suivi des récifs artificiels (©ALR, ©Mathieu Foulquié).

Abondances des espèces en fonction des classes de taille

La répartition des tailles de poissons est similaire quel que soit le site ou la concession. En effet, sur la majorité des sites et des concessions (sauf pour le site 3 de Capbreton et le site 6 de Vieux Boucau) les poissons ayant une taille qualifiée de « moyenne » prédominent avec une abondance relative supérieure à 40%. Pour le site 3 de Capbreton et le site 6 de Vieux Boucau, les individus de petites tailles sont majoritaires avec une abondance relative supérieure à 40% (Figure 30).

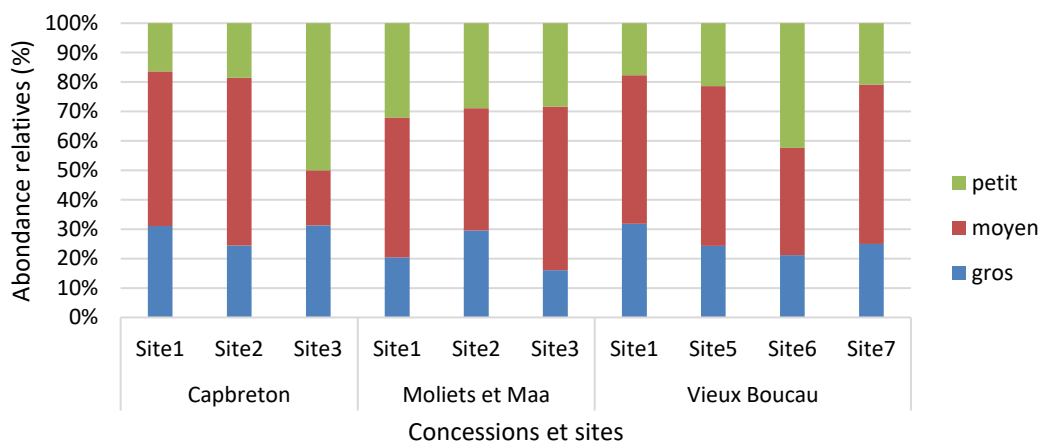


Figure 30 : Abondance relative des vertébrés observés en déplacement en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) sur les récifs artificiels Buses de chaque site et concession.

L'ensemble des tailles (petit, moyen, gros) des individus est représenté chaque année en proportions différentes, sauf pour l'année 1999 durant laquelle seuls des individus considérés comme « gros » (75%) et « petits » (25%) ont été observés, et pour l'année 2011 durant laquelle seuls des individus considérés comme « petits » (2%) et « moyens » (98%) ont été identifiés (Figure 31).

Les individus considérés comme « moyens » dominent la majorité des années d'observations sauf en 2000 où moins de 10% d'individus de taille « moyenne » ont été observés. Les années 2007, 2008 et 2009 sont dominées par des individus considérés comme « gros » à plus de 40% (Figure 31).

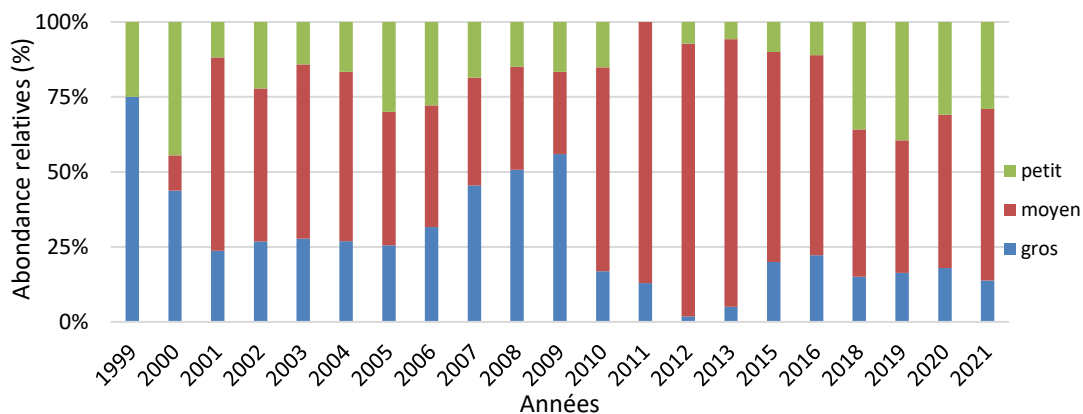


Figure 31 : Abondance relative des vertébrés observés en déplacement en fonction des classes de taille (gros, moyen, petit) et du temps sur les récifs artificiels Buses.

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

Les plongées sous-marines en point fixe ont été réalisées à partir de 2019. Les 3 sites situés à Moliets-et-Maâ ont été prospectés en 2019 et en 2020. Le sites de 1 et 3 de Moliets-et-Maâ ont également été prospectés en 2021 ; le site 2 de Capbreton et le site 7 de Vieux Boucau ont été prospectés uniquement en 2019.

4.3.2.1. Invertébrés

Aucun individu invertébré (fixe ou mobile) n'a été observé.

4.3.2.2. Vertébrés

Richesse spécifique

Entre 2019 et 2021, 15 espèces d'individus vertébrés ont été dénombrées durant les observations en point fixe. Au maximum, 9 espèces ont été observées sur le même site en un an : sur le site 2 de Moliets-et-Maâ en 2020 (Figure 32).

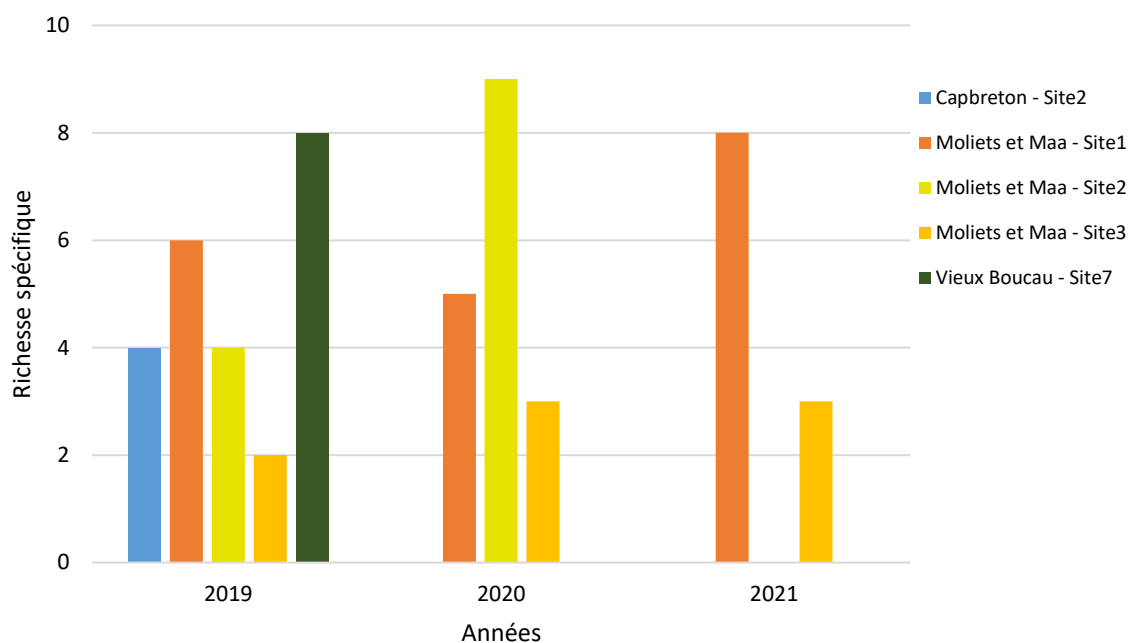


Figure 32 : Richesse spécifique observée en point fixe sur les récifs artificiels Buses des 3 concessions (Capbreton, Vieux Boucau et Moliets-et-Maâ) entre 2019 et 2021.

Abondance des individus

L'abondance totale est comprise entre 20 individus (Moliets-et-Maâ, site 2 en 2020) et 3 individus (Moliets-et-Maâ, site 3 en 2019) (Figure 33).

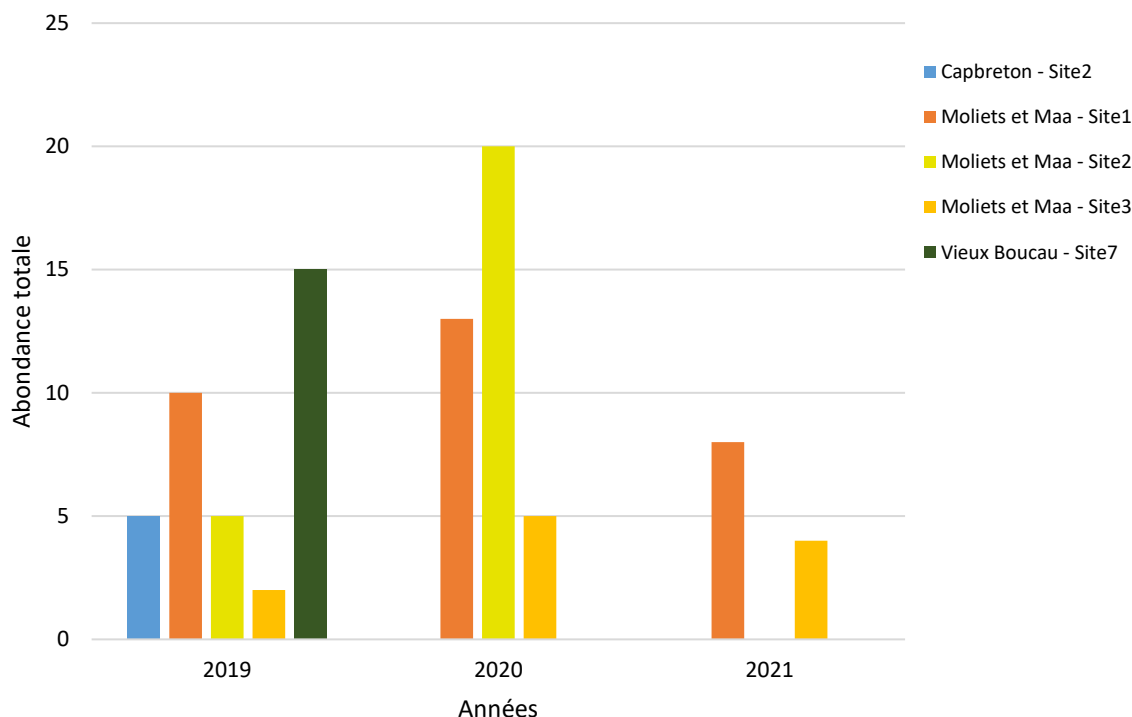


Figure 33 : Abondance observée en point fixe sur les récifs artificiels Buses des 3 concessions (Capbreton, Vieux Boucau et Moliets-et-Maâ) entre 2019 et 2021.

L'espèce observée sur l'ensemble des concessions, des sites et des années est le Tacaud (*Trisopterus luscus*). Cette espèce a été observée au minimum 1 fois (Moliets et Maa, site 1, 2021 et Moliets et Maa, site 3, 2019) et au maximum 8 fois (Moliets et Maa, site 2, 2020) (Tableau 11).

Tableau 11 : Vertébrés observés en point fixe par an sur l'ensemble des récifs artificiels Buses entre 1999 et 2021.

Embranchement	Famille	Nom scientifique	Nom commun	Capbreton	Moliets et Maa						Vieux Boucau	Abondance totale	✓ 1s Abondance ≤5 ✓ 6s Abondance ≤10	
				Site2 2019	Site1			Site2		Site3				Site7 2019
	Balistidae	<i>Balistes caprisicus</i>	Baliste	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	7		
	Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	12		
	Congridae	<i>Conger conger</i>	Congre	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	4		
	Gadidae	<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	31		
	Gadidae	<i>Trisopterus minutus</i>	Capelan					✓				2		
	Molidae	<i>Mola mola</i>	Poisson lune								✓	1		
	Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar commun			✓		✓				2		
Ostéichthyens	Mugilidae	<i>Liza aurata</i>	Mulet doré								✓	1		
	Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche								✓	2		
	Sciaenidae	<i>Umbrina cariensis</i>	Ombrine bronze		✓		✓		✓	✓	✓	10		
	Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	Serran chèvre			✓	✓		✓			4		
		<i>Diplodus cervinus</i>	Sar à grosses lèvres				✓	✓	✓			3		
	Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	Sar à tête noire	✓	✓		✓		✓			4		
		<i>Pagellus erythrinus</i>	Pageot commun				✓				✓	2		
		<i>Spondyliosoma cantharus</i>	Dorade Griset				✓					2		
Richesse spécifique totale				4	6	5	8	4	9	2	3	3	8	

Abondances des espèces en fonction des classes de taille

A Vieux Boucau, Capbreton et sur le site 2 de Moliets-et-Maâ, la taille la plus observée est considérée comme « moyenne » (>50%). Sur le site 2 de Capbreton, aucun individu considéré comme « gros » n'a été observé (Figure 34).

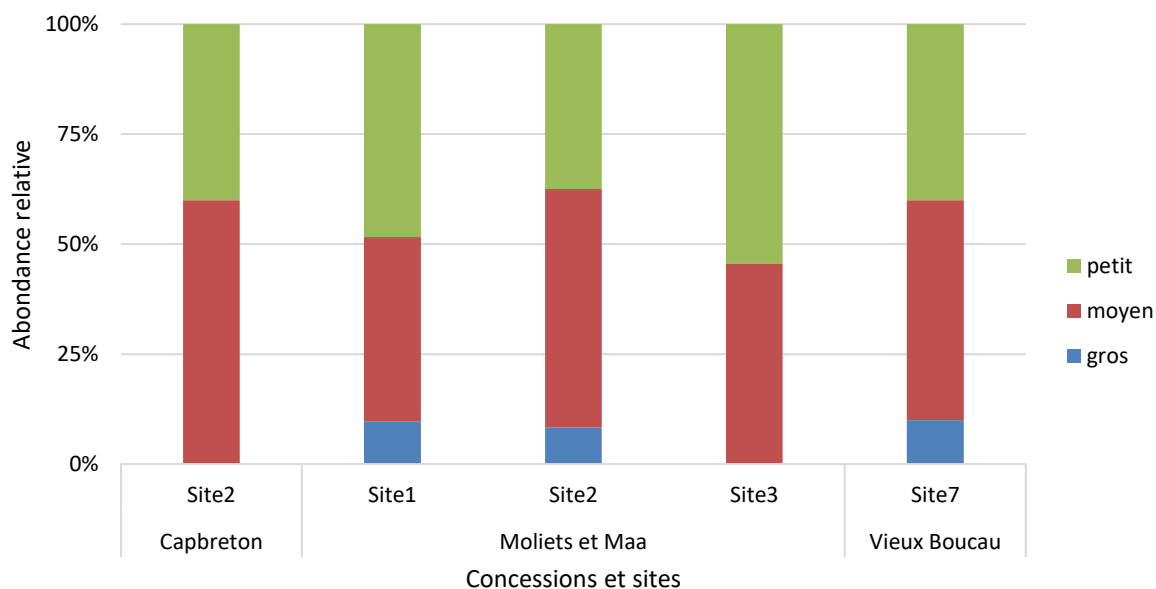


Figure 34 : Abondance relative des tailles de vertébrés observés en point fixe en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) sur les récifs artificiels Buses de chaque site et concession.

Sur les trois années d'études, les tailles les plus observées (>50%) sont considérées comme « moyennes » (Figure 35).

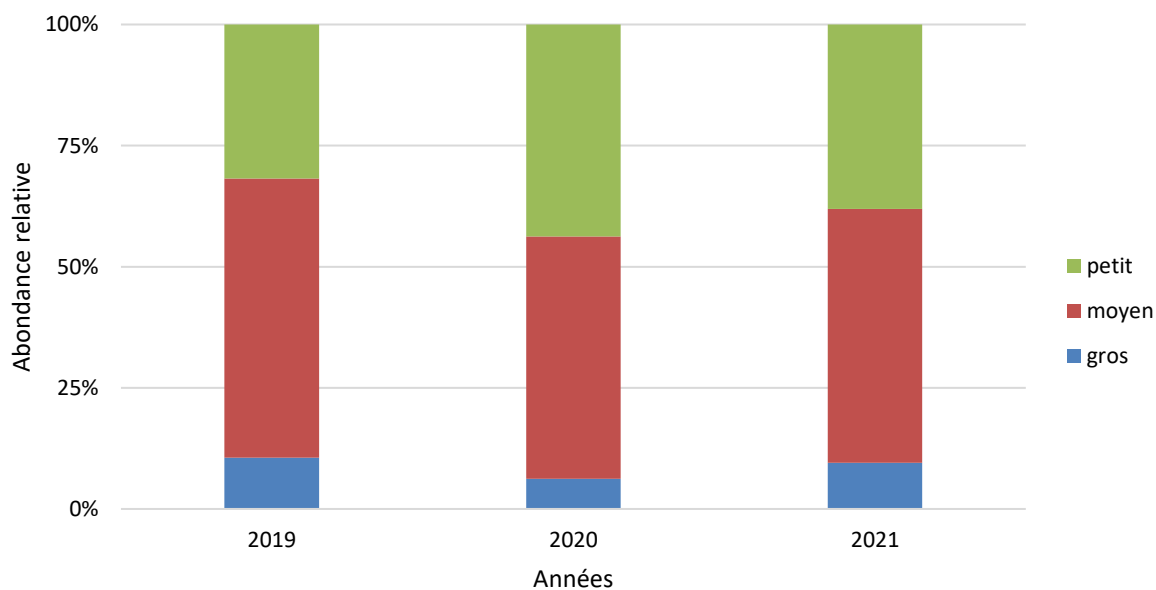


Figure 35 : Abondance relative des vertébrés observés en point fixe en fonction des classes de taille (petit, moyen, gros) et du temps sur les récifs artificiels Buses.

5. Discussion

Les sites prospectés abritent de nombreuses espèces d'invertébrés fixés, mobiles et de vertébrés. Parmi les invertébrés fixés, des annélides, des arthropodes, des cnidaires et des spongiaires ont été observés. Ces individus constituent des proies pour les invertébrés mobiles et les vertébrés (Martin, 2020). De nombreuses espèces d'invertébrés mobiles sont également considérées comme des proies par certains carnivores, comme les arthropodes, les cnidaires, les échinodermes et les mollusques. La présence de pontes et de petits individus laisse à penser que les récifs artificiels Buses ont un rôle de production.

En 2021, la richesse spécifique et l'abondance des invertébrés (fixes et mobiles) et des vertébrés est variable en fonction des sites prospectés. Cela peut être expliqué par des différences physico-chimiques entre les sites : différences de températures, gradient de salinité, hydrodynamisme pouvant être différents en fonction de la période d'observation et du site (Cerema, 2020). Seule l'espèce *Octopus vulgaris* est présente sur l'ensemble des sites prospectés. Cette espèce vit sur des substrats rocheux en milieu benthique côtier (Aussel *et al.*, 2018). Les récifs artificiels Buses lui sont donc favorables.

La comparaison interannuelle met en avant une richesse spécifique et une abondance des invertébrés (mobiles et fixés) et des vertébrés différentes entre les sites et entre les années. Cela peut être expliqué par des changements physico-chimiques du milieu mais également par un facteur de saisonnalité (Cerema, 2020). En effet, les plongées ont été réalisées tout au long de l'année (sauf en décembre), mais tous les sites n'ont pas été prospectés chaque année à la même période. Cela peut expliquer la différence de répartition en fonction des années et des sites : certaines espèces ne sont probablement pas présentes constamment sur le site. Cependant, certaines espèces semblent s'être particulièrement bien adaptées aux récifs artificiels Buses et sont présentes sur l'ensemble des concessions de manière régulière :

- Le poulpe (*Octopus vulgaris*) ;
- Le chinchard (*Trachurus trachurus*) ;
- Le tacaud (*Trisopterus luscus*) ;
- Le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) ;
- L'ombrine bronze (*Umbrina cariensis*) ;
- Le sar à tête noire (*Diplodus vulgaris*) ;
- Le congre (*Conger conger*).

Le poulpe (*Octopus vulgaris*) est l'invertébré mobile le plus observé sur les récifs artificiels Buses. Cette espèce vit sur des substrats rocheux en milieu benthique côtier. Territorial (chaque animal a son propre gîte) et sédentaire, le poulpe semble toutefois obéir à des migrations en période de pontes dans des zones tempérées (Aussel *et al.*, 2018). L'essentiel des suivis étant réalisé entre la fin du printemps et le début de l'automne (saison chaude), il est difficile de dire si leur présence est saisonnière ou permanente. La présence d'individus adultes sur plusieurs années de suivi mais également l'observation de pontes démontrent que les récifs artificiels Buses sont favorables au développement de l'espèce *Octopus vulgaris* (Martin, 2020).

Le chinchard commun (*Trachurus trachurus*) est un poisson migrateur vivant entre deux eaux ou sur le fond. Il est présent sur le talus continental (-10m à -500m), généralement à moins de 200m de profondeur (Quéro & Vayne, 1997). Le juvénile de chinchard 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), de céphalopodes et de crustacés (Martin, 2020). Ces différents vertébrés et invertébrés ont été observés sur les récifs artificiels Buses. La localisation des récifs artificiels Buses (-20m) et la concentration de proies peuvent expliquer la présence de chinchard commun sur l'ensemble des sites de récifs artificiels de type Buses.

Le tacaud commun (*Trisopterus luscus*) est un poisson démersal grégaire, c'est à dire qu'il vit en bancs près du fond. Il affectionne les eaux peu profondes, depuis la surface près des côtes jusqu'à des profondeurs de 100m à 150m, 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). Le juvénile de tacaud se nourrit essentiellement de crustacés comme les crevettes et les crabes verts (Quéro & Vayne, 1997). A l'âge adulte, le tacaud se nourrit toujours de crustacés mais également de mollusques céphalopodes, d'annélides polychètes et de poissons (Mahe *et al.*, 2006 ; Martin, 2020). La plupart des proies des juvéniles et des adultes de tacaud commun ont été observées sur les récifs artificiels Buses. De plus, la localisation (eaux peu profondes et fonds sableux) et la forme des récifs sont favorables au développement de cette espèce. Ces deux facteurs : abondance de nourriture et habitat propice peuvent expliquer la présence importante de tacaud commun sur l'ensemble des sites.

Le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) est l'espèce de rouget la plus observée sur les récifs artificiels de type Buses. Cette espèce est généralement présente à des profondeurs comprises entre 5m et 60m (Ben-Tuvia, 1990). Le rouget de roche vit en petits groupes sur le sable, mais aussi sur la roche. Tout comme le rouget de vase (*Mullus barbatus*) également observé autour des récifs artificiels, le rouget de roche détecte ses proies enfouies grâce à ses barbillons, puis creusent le sable à grandes bouchées pour les déterrer, cela attire souvent d'autres poissons comme les sars, les girelles, les crénilabres (Louisy, 2015 ; Martin, 2020). La plupart de ces espèces ont également été observées sur les récifs. Les récifs sont posés sur le sable, ce sont donc des habitats favorables au développement du rouget de roche. La différence d'abondance entre les deux espèces de rougets (le rouget de roche *Mullus surmuletus* et le rouget de vase *Mullus barbatus*) peut être expliquée par la localisation des récifs artificiels (-20m). En effet, le rouget de roche aurait tendance à préférer des profondeurs faibles (inférieures à 100m) contrairement au rouget de vase qui peut vivre jusqu'à -300m (Ben-Tuvia, 1990).

Le congre (*Conger conger*) vit à des profondeurs comprises entre 0m et 500m (Smith, 1990). Ce poisson affectionne les fonds sableux et a tendance à vivre caché dans les infractuosités des roches, des failles et des épaves. Carnivore nocturne, il se nourrit principalement de poissons, de mollusques (seiches, poulpes) et de crustacés (crabes) (Sohier *et al.*, 2021). La présence de proies et d'un habitat favorable (fonds sableux et infractuosités) peuvent expliquer la présence de congres sur l'ensemble des sites.

Parmi ces espèces, certaines sont considérées d'intérêt commercial : le poulpe (*Octopus vulgaris*), le tacaud (*Trisopterus luscus*), le rouget de roche (*Mullus surmuletus*) et le congre (*Conger conger*).

La comparaison des tailles des différents vertébrés met en avant une abondance plus importante d'individus considérés comme « moyens » en fonction des sites et des années. Un individu est considéré comme « moyen » lorsque sa taille est comprise entre 1/3 et 2/3 de la taille maximale (L.max) citée dans la littérature. Cette dominance peut être expliquée par le fait que les tailles d'individus « petits » (0 à 1/3 L.max) et « gros » (2/3 à L. max) sont considérées comme des tailles extrêmes. D'après l'étude de Pierre Fréon (1984), les poissons ont tendance à se regrouper en bancs de même taille où les fréquences de tailles tendent à augmenter vers la taille moyenne. Les résultats obtenus durant les deux premières années d'étude (1999 et 2000) sont différents. Effectivement, les tailles des individus observés sont majoritairement considérées comme « petits » et « gros ». L'estimation de la taille d'un poisson en plongée demande de l'entraînement et une familiarisation avec le milieu. Les résultats obtenus en 1999 et en 2000 laissent penser que durant ces années les plongeurs étaient en cours de familiarisation avec le milieu et avec la technique de détermination (Mireille *et al.*, 1985).

Le suivi en point fixe a été réalisé en 2019, en 2020 et en 2021 essentiellement sur la concession de Moliets-et-Maâ (sites 1, 2 et 3). Les concessions de Capbreton et de Vieux Boucau ont été prospectées uniquement en 2019 respectivement sur les sites 2 et 7. Aucun individu invertébré fixe ou mobile n'a été observé et peu d'individus vertébrés ont été observés. 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.

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, il existe donc des échanges plus ou moins importants entre une zone de récifs artificiels et les zones naturelles adjacentes. Ces échanges peuvent également se faire entre les différents sites d'une même concession. 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.*, 2002 ; 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, les espèces n'utilisent probablement les récifs artificiels qu'une partie de la journée, de la saison, de l'année ou de leur cycle de vie (Martin, 2020).

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 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 comparé au suivi en déplacement et les conditions d'application du protocole sont difficiles à mettre en œuvre (rayon d'observation de 2m, chronométrage précis). Ce suivi est en effet déstabilisant pour les plongeurs lorsque la visibilité est bonne ($\pm 20m$ comme en 2019), ils sont tentés de noter toutes les observations faites dans les 3 minutes, même si ces dernières sont au delà des 2m 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 le plus rapidement 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, cela 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 et 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).

Par ailleurs, la différence entre les abondances et les richesses spécifiques peut être expliquée par le nombre de plongées réalisées sur chacun des sites. En effet, depuis 1999, certains sites ont été prospectés plusieurs dizaines de fois (66 fois pour le site 2 de Capbreton) contre moins de dix fois pour d'autres (4 fois pour le site 3 de Capbreton). Une différence est également constatée entre les années : certains récifs sont prospectés plusieurs fois par an (9 fois en 2003 pour le site 2 de Capbreton) tandis que d'autres une seule fois (site 7, Vieux Boucau, 2021) ou pas du tout (site 2, Moliets-et-Maâ, 2003). Ces différences peuvent s'expliquer par l'accessibilité des sites en fonction de la météo ou bien par la disparition de certains sites comme le site 5 de Vieux Boucau emporté par un chaluut.

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 Buses de 1999 à 2021 a permis de caractériser la colonisation de ces types de récifs. Au total, 55 espèces de poissons ont été observées et 42 espèces d'invertébrés (19 espèces fixées et 23 espèces mobiles). Certaines espèces, comme le rouget, le chinchard, le tacaud, le congre et le poulpe, semblent s'être particulièrement bien adaptées à ce type de récif artificiel. Ces espèces dominent quelle que soit la concession (Capbreton, Moliets-et-Maâ et Vieux Boucau) ou le site. Cependant, des différences au sein des diversités spécifiques et des abondances peuvent être observées en fonction des sites et des 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 paramètres physico-chimiques, l'hydrodynamisme).

Les abondances relevées au cours des suivis par point fixe sont moins importantes comparées à 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 Buses 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.ffesmm.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.
- Ben-Tuvia, A., 1990. Mullidae. p. 827-829. In J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha (eds.) Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 2.
- 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.
- Cerema, 2020. Collection : Connaissances. ISBN : 978-2-37180-339-8
- 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., 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.

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. 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., 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.

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.

Dudognon D., Dumeau Y., 2021. Atlas de la mer et du littoral. Façade sud-atlantique. Edition 2021. 106p

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.

- Fréon P., 1984. La variabilité des tailles individuelles à l'intérieur des cohortes et des bancs de poissons 1 : Observations et interprétation. *Oceanologica acta* 7 (4). 457- 468. 12p
- 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 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., Harmelin J.G., 1975. Présentation d'une méthode d'évaluation *in situ* de la faune ichtyologique. *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.
- 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. 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.
- 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.
- 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.
- 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.
- Mireille L. Harmelin-Vivien, J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, et al.. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons méthodes et problèmes. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, Société nationale de protection de la nature, 1985, 40 (4), pp.467-539.
- 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., 2002. Trophic relationships between fishes and an artificial reef. *ICES Journal of Marine Science* 59, S36-S42.
- 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. 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., 1997. Olhao artificial reef system (south Portugal): fish assemblages and fishing yield. *Fisheries Research* 30: 33–41p.
- 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.
- Smith, D.G., 1990. Congridae. p. 156-167. In J.C. Quero, J.C. Hureau, C. Karrer, A. Post and L. Saldanha (eds.) Check-list of the fishes of the eastern tropical Atlantic (CLOFETA). JNICT, Lisbon; SEI, Paris; and UNESCO, Paris. Vol. 1.
- SOHIER Sandra, PETIT DE VOIZE Patrice, JEGLOT Samuel in : DORIS, 13/09/2021 : Conger conger (Linnaeus, 1758), <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/610>
- 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

