



©ALR / Jean Celestrino

# Suivi scientifique des récifs artificiels Typi et Babel

Concessions de Capbreton - Soustons/Vieux-Boucau -  
Messanges/Azur/Moliets.

Année 2023



Mathis JORGE – Célia BESSON

## Bibliographie

Aucune source spécifi



RÉGION  
Nouvelle-  
Aquitaine



**Suivi scientifique des récifs artificiels Typi et Babel**  
**Concessions de Capbreton - Soustons/Vieux-Boucau -**  
**Messanges/Azur/Moliets.**  
**Année – 2023**

Maître d'ouvrage :

Atlantique Landes Récifs (ALR)  
3 Rue de la Marie-Josée  
40480 Vieux-Boucau  
Tél : 05 58 90 80 12  
Courriel : admin@atlantique-landes-recifs.org

Rédaction du suivi :

Mathis JORGE – Célia BESSON

Crédits photographiques : Jean Célestrino, Muriel Barrère, Mathis Jorge

Remerciements :

Les remerciements s'adressent à l'ensemble des bénévoles d'Atlantique Landes Récifs qui ont participé de près ou de loin au suivi scientifique des récifs artificiels en 2023 et aux financeurs qui ont permis de cette mission puisse s'effectuer. Les remerciements vont également à l'association Cap Gouf Exploration pour leur aide précieuse dans l'exploration des abords du Gouf de Capbreton.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

Jorge, M., Besson, C. (2024) 'Suivi scientifique des récifs artificiels Typi et Babel. Concessions de Capbreton - Soustons/Vieux-Boucau - Messanges/Azur/Moliets. Année – 2023'. Atlantique Landes Récifs. p. 77.

## Table des matières

|  |    |
|--|----|
| 1- Introduction :  | 1  |
| 2 - Matériel et Méthode :  | 6  |
| 2.1 Types de récifs artificiels :  | 6  |
| 2.2 Sites d'études :   | 10 |
| 2.3 Mesure des paramètres physiques :  | 13 |
| 2.4 Mesure des paramètres biologiques :  | 14 |
| 2.5 Suivi des espèces marines par photo-identification :   | 17 |
| 2.6 Utilisation d'un ROV sous-marin et ses applications :  | 24 |
| 2.7 L'identification et la mise en évidence du stade juvénile chez les espèces de poissons téléostéens : | 30 |
| 2.8 Analyse des données :  | 33 |
| 3 - Résultats :  | 36 |
| 3.1 Bilan des plongées scientifiques effectuées par Atlantique Landes Récif en 2023 :                    | 36 |
| 3.2 Résultats du suivi des paramètres biologiques :  | 37 |
| 3.3 Suivi des espèces marines par photo identification :   | 49 |
| 3.4 Bilan de l'utilisation du ROV sous-marin :   | 51 |
| 3.5 L'identification des juvéniles de poissons :   | 55 |
| 4 - Discussion.....  | 59 |
| 4.1 Limites de l'étude du suivi des récifs artificiels en 2023 :   | 59 |
| 4.2 La prise en compte du paramètre de la salinité durant le suivi de 2023 :                             | 60 |
| 4.3 Bilan de l'utilisation du ROV sous-marin sur le suivi des récifs artificiels :                       | 60 |
| 4.4 Les juvéniles de poisson téléostéens sur les récifs artificiels Typi et Babel :                      | 61 |
| 4.5 Le suivi des espèces marines par photo-identification.....   | 63 |
| 4.6 Le suivi des paramètres biologiques :  | 64 |
| 5 - Conclusion :   | 67 |
| 6 - Bibliographie :  | 68 |
| 7 - Annexe :   | 75 |

## 1- Introduction :

Actuellement, la planète traverse sa sixième grande crise d'extinction des espèces. Cette crise est d'origine anthropique, et se déroule sur une échelle de temps courte (Barnosky et al, 2011). Elle a un impact significatif sur les différents milieux naturels de la planète.

Les écosystèmes marins ne sont pas épargnés par les effets de l'anthropisation et l'érosion de la biodiversité qui en découle le plus souvent (Upton, 1992). Le milieu marin côtier fait partie de ces milieux fortement impactés par cette crise environnementale (Coll et al, 2010).

Cette zone est une interface entre le milieu terrestre et le milieu marin et de grande importance environnementale et socioéconomique (Quéguiner, 2009). Elle joue un rôle non négligeable dans la dynamique des populations d'espèces marines et offre des habitats variés (Tessier, 2013).

Parmi les menaces anthropiques qui pèsent sur le milieu marin, l'une des plus significatives est la surpêche. Cette pratique induit une plus grande efficacité de capture, mais également un effondrement de nombreux stocks d'espèces marines à travers le monde (Pauly et Watson, 2003). C'est par exemple le cas de deux espèces de gadidés, *Melanogrammus aeglefinus* (aiglefin) et *Gadus morhua* (morue atlantique) dans les eaux de Terre-Neuve et du Labrador (Myers et al, 1996).

En plus de provoquer des effondrements de stocks de poissons, la surpêche utilise des techniques invasives et destructives, comme le chalutage (Jacquet et Pauly, 2008). Cette technique entraîne donc une perte d'habitat et provoque des conflits d'usages avec les pêcheurs artisanaux « petits métiers » (arrachage des filets, épuisement des stocks, etc.) (Lenfant et al, 2011).

Afin de diminuer l'impact des activités humaines sur le milieu marin, plusieurs pays européens ont mis en place plusieurs outils de gestion. Il peut s'agir d'une limitation de pêche par quotas et engins de pêche (Coiffec, 2006), de la mise en place d'Aires Marines Protégées (Woessner, 2014), de réserves naturelles avec des moratoires sur certaines espèces (Lenfant et al, 2003), ou encore l'immersion de récifs artificiels (Salaün et al, 2022).

Les récifs artificiels sont définis comme des structures immergées volontairement dans le but de créer, protéger ou restaurer un écosystème diversifié et peuvent induire chez les animaux des processus d'attraction, de concentration, de protection et dans certains cas de production (Lacroix, 2001). Les récifs artificiels ont d'abord été utilisés par les Japonais au Moyen-âge, avec des objets rudimentaires. Il s'agissait d'épaves, des troncs d'arbres, d'algues flottantes et de récifs naturels, afin d'attirer et de concentrer les poissons, à petite échelle (Ino, 1974). En imitant la structure de certains récifs rocheux naturels, ces objets procurent de nombreuses cachettes et niches, que peuvent utiliser les poissons pour se protéger, se nourrir et se reproduire (Riera, 2020). Ce savoir s'est progressivement perfectionné, faisant du Japon le pays ayant les récifs artificiels les plus développés

au monde. Cet outil s'est progressivement répandu dans plusieurs pays tout au long des siècles, et depuis une soixantaine d'années en Europe (Dalias, 2006).

Les récifs artificiels peuvent se distinguer en deux catégories principales. Il y a tout d'abord des récifs de production d'espèces d'intérêt halieutique pour la pêche artisanale (Santos et Monteiro, 1997 ; Leitao et al, 2009). A ce type de récif s'ajoutent les récifs de protection. Ils servent à protéger les fonds marins, ou des récifs de production, avec une action anti-chalutage et bénéfique pour la pêche artisanale (Relini et al, 2008).

Aussi, des récifs artificiels peuvent être immergés dans un but récréatif, afin de développer les activités nautiques locales, et de réduire les impacts sur les sites de pêche et de plongée naturels (Brock, 1994). Ainsi les retombées économiques peuvent être importantes, voire supérieures à celles de la pêche professionnelle (Oh et al, 2008 ; Ditton et al, 2002).

Depuis plusieurs années, les récifs artificiels se tournent vers un objectif de restauration écologique marine. Les récifs sont immergés pour restaurer un milieu dégradé, ou revitaliser un milieu pauvre en substrat dur et en diversité spécifique. Le but étant d'agir sur la biodiversité marine (Reed et al., 2006).

En raison des nombreux effets bénéfiques sur l'environnement marin, beaucoup de pays ont immergé des récifs artificiels le long de leurs côtes. C'est par exemple le cas du Golfe de Gascogne, et plus spécifiquement sur une partie de la côte Landaise. Comme bon nombre de zones côtières, cette zone a souffert d'une exploitation intensive des ressources marines et d'une mauvaise gestion de ces milieux. La conséquence fut une diminution des stocks pour de nombreuses espèces (Léauté et Caill-Milly, 2003). Cette situation a entraîné de nombreux bouleversements concernant les activités halieutiques sur le littoral aquitain (Léauté, 2000).

C'est donc en 1996, à la suite du constat alarmant de l'appauvrissement des ressources halieutiques sur la côte Landaise, que l'association Atlantique Landes Récifs (ALR) a été créée (Pagès et Martin, 2020). Cette initiative vient de Monsieur Gérard Fourneau, pêcheur de surf casting qui a rassemblé de nombreux usagers de la mer (pêcheurs artisanaux, plongeurs, plaisanciers, biologistes...) autour d'un projet faisant appel aux récifs artificiels. L'association ALR a pour but de créer des zones d'immersion de récifs artificiels, ainsi que de gérer ces zones. L'objectif principal est de protéger la faune et la flore marine, d'en assurer leur développement et de favoriser le développement de la pêche artisanale (Scourzic et Dalias, 2007).

Une étude préliminaire réalisée par BioSub en février 2001 a jugé les fonds marins landais comme faunistiquement très pauvres. L'absence de substrat stable et dur, ainsi que l'action des courants et de la houle sur les fonds sableux en étaient les causes principales (Laborde, 2011). À la suite de ce constat, trois zones/concessions ont été retenues pour l'implantation des récifs artificiels.



Des suivis scientifiques sont réalisés chaque année depuis la création de ces trois concessions de récifs artificiels en 1999. Chaque suivi prend en compte une partie physique et une partie biologique. Les données sont relevées conjointement par des plongeurs bénévoles d'Atlantique Landes Récifs, et différents bureaux d'études, laboratoires et autres prestataires. Ces suivis font donc partie d'un contexte de sciences participatives (Pagès et Martin, 2020).

Cette étude s'inscrit dans la continuité des précédents suivis. Le suivi scientifique de 2022 a permis de répondre à certaines des problématiques soulevées par les précédents suivis scientifiques.

La représentation descriptive des mesures de profondeur et d'enfouissement sur trois années a montré la formation progressive d'une cuvette autour des récifs artificiels Typi et Babel. Cette première approche descriptive souligne une modification de la topographie autour des récifs au cours du temps (Jorge, 2022). De plus, une étude de l'enfouissement par modélisation informatique a mis en évidence une interaction fluide/structure, possiblement responsable de l'enfouissement des récifs dans le substrat (Oudon et al, 2022). Ces premiers résultats sont un début de réponse à la problématique de l'enfouissement des récifs artificiels, déjà évoquée lors des précédents suivis. Il s'agit de premières pistes de recherche pour contrer ou ralentir l'enfouissement des récifs dans le substrat. L'étude de Jorge (2022) a également confirmé l'enfouissement total de l'ensemble des récifs de type « buses » pour la concession de Capbreton, avec l'utilisation d'un ROV. Ce type d'étude a également conforté l'intérêt d'étudier de façon plus avancée l'enfouissement des récifs artificiels. Cependant, selon les études de Oudon et al (2022) et de Prosperi et al (2020), il est nécessaire de poursuivre la prise des mesures de profondeurs afin d'établir un modèle prédictif de l'enfouissement des récifs sur le long terme. Aussi, la confirmation de l'enfouissement total des récifs « buses » de la concession de Vieux-Boucau n'a pas pu être effectuée en 2022.

Concernant l'aspect biologique des récifs artificiels, le comptage en point fixe a été abandonné. Un protocole approuvé et standardisé de comptage poisson sur un récif artificiel a également été mis en place afin d'obtenir des données biologiques plus robustes. Ce protocole davantage cadré a aussi profité aux plongeurs bénévoles en rendant leur comptage poisson plus efficace.

L'utilisation de la photo-identification a mis en évidence une connectivité inter-récifs pour les déplacements de certaines espèces ichtyologiques. Ce suivi a été non invasif pour les espèces suivies, peu coûteux, rapide à mettre en place et efficace. Cette technique a été utile dans le suivi des juvéniles de poissons.

La présence d'espèces juvéniles a été confirmée par photographie. Cet aspect de la vie des poissons sur des récifs artificiels est un sujet de recherche actuel (Mercader et al, 2019). Ces premiers résultats donnent également des informations sur la fonction nurserie des récifs artificiels d'ALR.

Malgré les avancées des recherches sur la partie biologique des récifs artificiels, certaines données restent manquantes.

Le nombre de comptages poisson a été insuffisant pour réaliser une étude statistique robuste pour la saison 2022, en raison de contraintes environnementales. Les résultats obtenus sur cette saison n'ont fourni que des informations descriptives sur les densités et la diversité spécifique des espèces mobiles. De plus, la complexité de la géométrie des récifs Typi et Babel n'a pas pu être calculée mathématiquement. Or il est connu que la géométrie d'un récif artificiel a un impact significatif sur les assemblages de populations ichtyques (Cépralmar, 2015 ; Reed et al, 2006). Le lien entre la complexité et la biologie n'a pas pu être établi en 2022. Un temps n'a pas pu être accordé à la recherche d'une zone naturelle à proximité des récifs artificiels, qui présente des caractéristiques similaires. Ce manque de temps provient des mêmes contraintes environnementales qui ont décalé les sorties plongées pour les comptages de poissons dans la saison. Et enfin, si la photo-identification a été efficace pour deux espèces de poissons, l'espèce *Zeus faber* n'a pas pu être suivie correctement.

L'objectif général de ce travail est donc multiple. Sur l'aspect physique, il s'agit de poursuivre le suivi de l'enfouissement des récifs artificiels, et de collaborer avec le laboratoire Géolab. Le but est de leur fournir suffisamment des données physiques pour pouvoir prévoir informatiquement l'évolution de l'enfouissement des récifs artificiels dans le temps. Toujours en collaboration avec Géolab, l'objectif est de calculer mathématiquement l'indice de complexité des récifs Typi et Babel. Cet indice pourra ainsi être lié à l'interprétation des données biologiques. Et enfin, l'enfouissement total des « buses » de la concession de Vieux-Boucau sera vérifié par exploration avec un ROV.

Pour la partie biologique, l'objectif principal est de comparer statistiquement les paramètres biologiques des récifs Typi et Babel de chaque concession. Afin d'obtenir une meilleure fiabilité des résultats, le suivi scientifique de 2023 incorporera les données biologiques récoltées depuis 2018. Cette comparaison permettra de mettre en évidence, ou non, une différence d'assemblages ichtyologiques inter-récifs et inter-concession. Chaque concession pourra ainsi être caractérisée par une ou plusieurs espèces. Les autres objectifs de ce suivi sont de mettre en évidence une connectivité entre le milieu naturel et les récifs artificiels et de rapporter la présence de nouvelles espèces à leur stade juvénile.

Les problématiques qui peuvent alors se poser sont :

- **Les récifs artificiels Typi et Babel continuent-ils de s'enfouir dans le substrat ?**
- **Quels sont les indices de complexité du récif Typi et du récif Babel ?**
- **Les observations des plongeurs sur la disparition de certains sites sont-elles vérifiables pour la concession de Vieux-Boucau ?**

- **Quel type de récif artificiel (Babel et Typi) présente la plus grande densité d'espèces marines d'intérêt halieutique et la plus grande diversité spécifique ?**
- **Existe-il une différence significative en termes d'abondance de l'ichtyofaune entre les récifs Babel et Typi ?**
- **La localisation des récifs artificiels induit-elle des modifications dans les communautés halieutiques ? Ainsi existe-il des espèces représentatives de chaque concession ?**
- **Existe-t-il une connexion entre une zone naturelle et les récifs artificiels ?**
- **Les récifs artificiels abritent-ils d'autres espèces de poissons dans leur stade juvénile ?**

Afin de répondre à ces questions, des comptages visuels en plongée sous-marine et en ROV, de la photo identification et des mesures de paramètres physiques ont été réalisés. Ces interventions permettront ainsi de tester plusieurs hypothèses : (1) la densité d'espèces d'intérêt halieutique et la diversité spécifique sont plus importantes sur l'un des deux types de récifs, ou l'une des trois concessions, (2) il existe une connexion zone naturelle / zone artificielle (3) des juvéniles de poissons encore non identifiés sont présents sur les récifs artificiels d'ALR, (4) les récifs Typi et Babel continuent de s'enfouir dans le substrat, tandis que d'autres ont totalement disparu.



## 2 - Matériel et Méthode :

### 2.1 Types de récifs artificiels :

#### 2.1.1 Le Typi :

Le Typi est un récif en béton de forme pyramidale. Il a été immergé sur les concessions de Capbreton, Vieux-Boucau et Moliets en 2010. Sa taille est de 2m60 de haut, pour un poids de 1,3 tonne. Il a été imaginé pour être un récif producteur, en soutien à la pêche artisanale. Mais ce récif a également un rôle de protection pour être un réel obstacle au chalutage (Figure 1). Le volume de béton pour ce récif est de 4.872 m<sup>3</sup>.

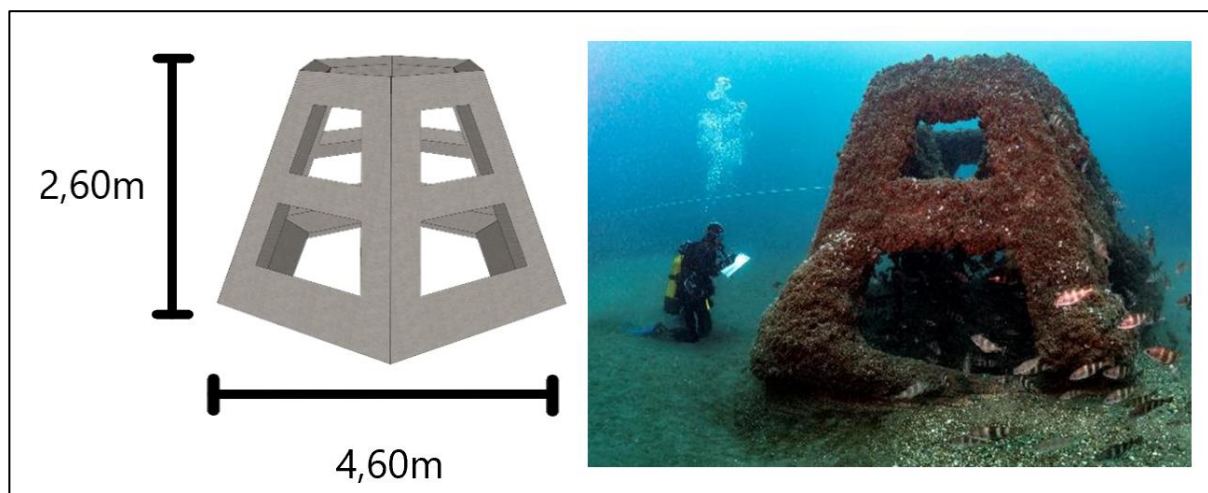


Figure 1 Dimension et visualisation du récif Typi en milieu naturel.

### **2.1.2 Le Babel :**

Le récif de type Babel se présente sous la forme d'une tour composée de trois étages de hauteurs différentes. Ce récif est né en 2014 dans l'idée de proposer des habitats variés à la faune marine. Là encore, un récif de type Babel a été immergé pour chaque concession. Sa taille est de 2m50 pour 10 tonnes (Figure 2). Le volume de béton pour ce récif est de 3.698 m<sup>3</sup>.

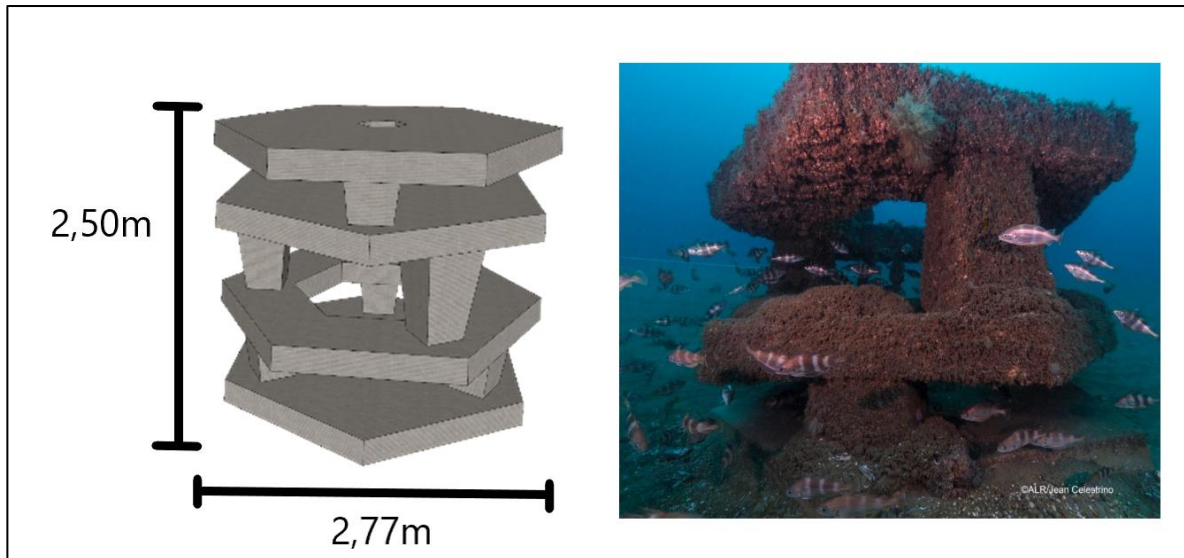


Figure 2 Dimension et visualisation du récif Babel en milieu naturel.

### **2.1.3 Les buses :**

Les buses sont des modules en béton de forme cylindrique, disposés en amas chaotiques. Leur diamètre moyen est de 120 cm, pour une longueur de 1 m et pour un poids compris entre 0,9 et 1,6 tonne. Chaque buse a un volume d'environ 1 m<sup>3</sup>. Ce sont les premiers récifs à avoir été immergés entre 1999 et 2002 (Figure 3).

Le récif artificiel de type buse n'a pas été suivi de la même façon que les deux autres types de récifs présentés ci-avant. Comme cela a été rapporté par les plongeurs bénévoles, et la prospection par ROV dans l'étude de Jorge (2023), tous les récifs de type buses ont été a priori totalement ensevelis pour les concessions de Capbreton et Vieux-Boucau. Une comparaison statistique entre les différentes concessions ne peut donc pas être correcte pour ce type de récif. Les plongées scientifiques ont eu lieu uniquement sur les buses de la concession de Moliets. Ces plongées ont eu pour but de vérifier l'état actuel de ces récifs.

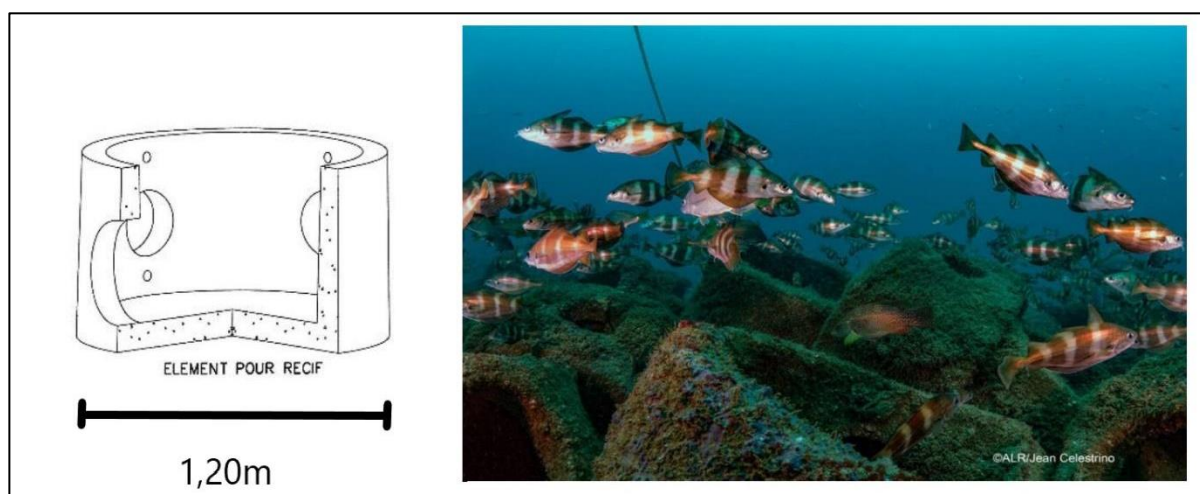


Figure 3 Dimension et visualisation du récif Buse/ amas chaotique en milieu naturel.

### **2.1.4 Le néréïde :**

L'ostréiculture du lac d'Hossegor s'est retrouvée dans un contexte de crise par suite d'une surmortalité des naissains d'huîtres. Un partenariat entre ALR et Jérôme Labéguerie, ostréiculteur d'Hossegor, a été créé afin de résoudre cette problématique.

L'aboutissement de ce partenariat fut la conception et la mise en place d'un nouveau type de récif artificiel, le Néréïde. Ce nouveau type de récif avait pour objectif de mettre en place des essais de grossissement d'huîtres et de pétoncles, ainsi que la protection de juvéniles de poissons. Un prototype de ce récif a été immergé dans la concession de Capbreton à proximité du récif Typi en 2015.

Ce récif se présente sous la forme d'une cage métallique de dimensions 3.32 m x 2.20 m x 2.50 m (Longueur x Largeur x Hauteur). Le poids de ce récif est de 300 kg. Dans cette cage sont placées différentes catégories de coquillages, eux-mêmes placés dans des paniers australiens. Il s'agit de paniers cylindriques en plastique importés d'Australie.

Ce récif a été conçu sous deux variantes. La première est destinée aux naissains d'huîtres. Sur la longueur on compte 4 paniers de 65 cm, et 4 paniers dans la hauteur. Le total est de 64 paniers par cage. La deuxième variante est destinée au grossissement des huîtres. Cette fois-ci, la longueur compte 3 paniers de 85 cm, avec 4 paniers de hauteur. Le total est de 48 paniers par cage (Figure 4). Cependant, à la suite des observations des plongeurs bénévoles, ce récif a totalement été détruit. Son volume ne peut donc plus être calculé.



Figure 4 Visualisation du récif Néréide sur ordinateur et en l'état actuel.

Ce récif a été suivi dans cette étude seulement pour de la photo-identification de Saint-Pierre. En effet, cette espèce est aperçue très régulièrement sur ce récif et elle sera utilisée dans la partie photo-identification. Son suivi ne sera donc pas identique au suivi des récifs Typi et Babel.

## 2.2 Sites d'études :

### 2.2.1 Concession de Capbreton :

La concession a une superficie de 16 hectares. Les paramètres qui ont déterminé le choix de son emplacement sont la proximité avec le port de Capbreton, la proximité de la concession avec le Gouf de Capbreton, et la présence d'une arrivée d'eau douce par le biais du canal d'Hossegor et du lac d'Hossegor, permettant l'apport de matière organique.

Cette zone sableuse possède une granulométrie qui permet de limiter l'enfouissement des modules de récifs. La concession se constitue maintenant d'un récif Typi, d'un récif Babel, et des restes du récif Néréide (Jorge, 2023) (Figure 5).

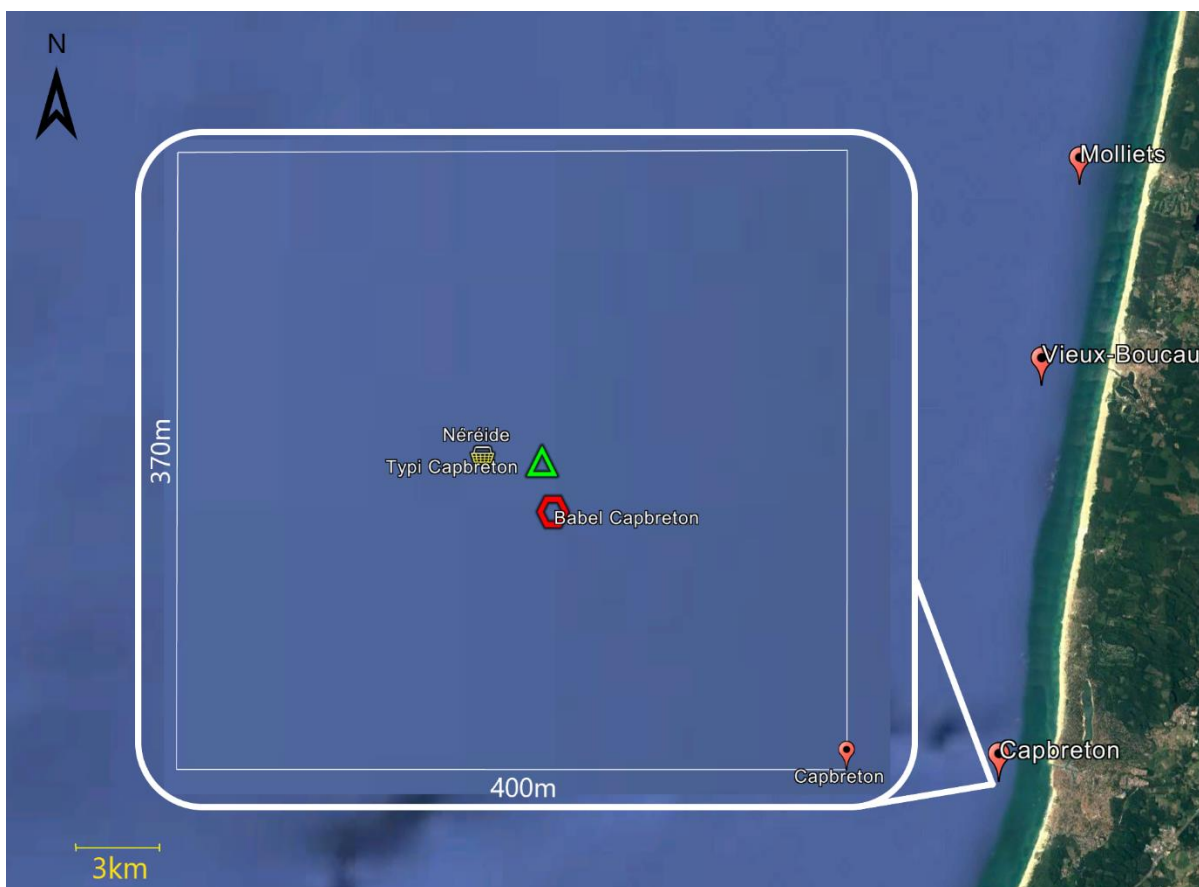


Figure 5 Implantation actuelle des différents récifs artificiels dans la concession de Capbreton.



### 2.2.2 Concession de Soustons / Vieux-Boucau :

La concession a une superficie de 16 hectares. Les paramètres qui ont déterminé le choix de son emplacement sont la proximité de la concession avec le Lac Marin de Port d'Albret, alimenté en eau douce et permettant l'apport de matière organique.

Cette zone sableuse possède une granulométrie qui permet de limiter l'enfouissement des modules de récifs. Cette concession est constituée de 7 récifs de type buse (site 1 à 7), un récif de type Typi et un récif de type Babel (Figure 6).

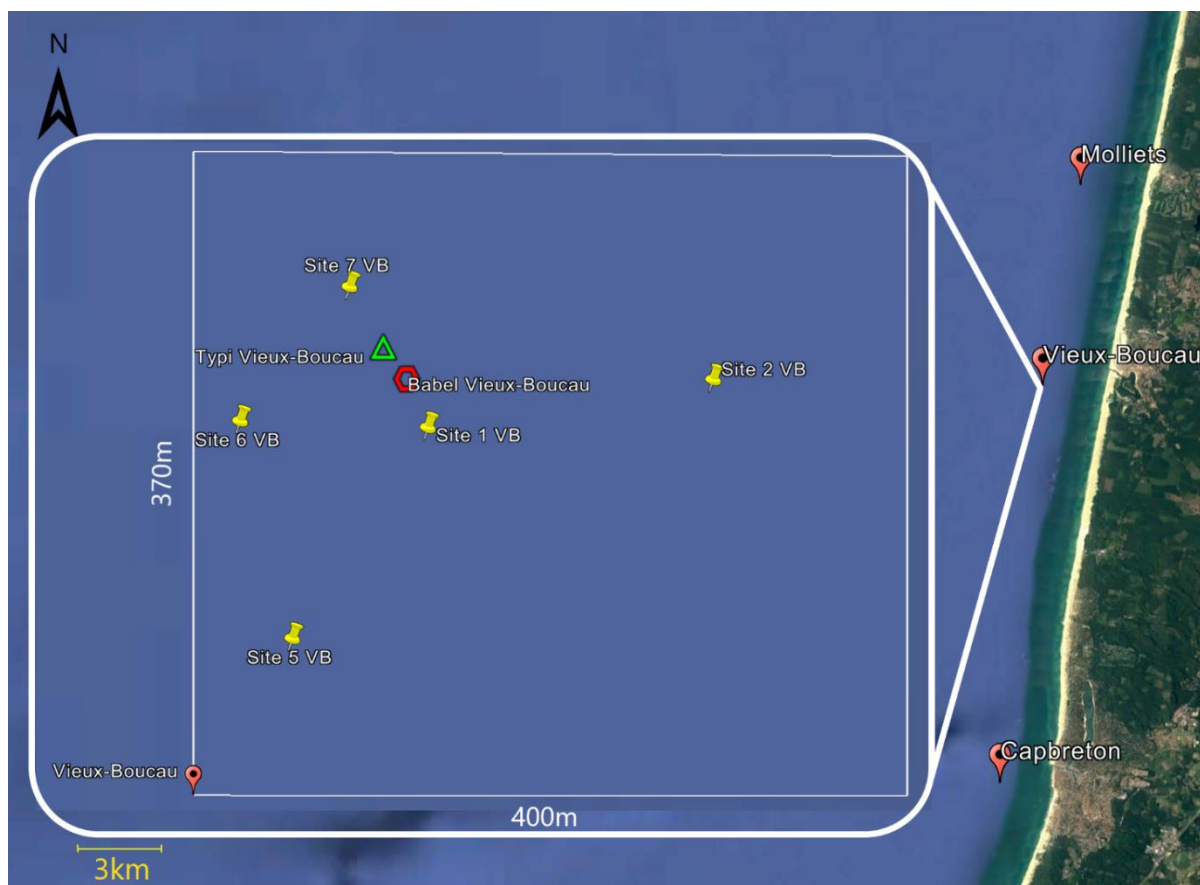


Figure 6 Implantation des différents récifs artificiels dans la concession de Vieux-Boucau.

### 2.2.3 Concession de Moliets / Messanges / Azur :

La concession a une superficie de 16 hectares. Les paramètres qui ont déterminé le choix de son emplacement sont la proximité de la concession avec l'embouchure du courant d'Huchet qui permet l'apport d'eau douce et donc de matière organique.

Cette zone sableuse possède une granulométrie qui permet de limiter l'enfouissement des modules de récifs. La concession de Moliets possède le même nombre de récifs de type Buses, Typi et Babel que la concession de Capbreton (Figure 7).

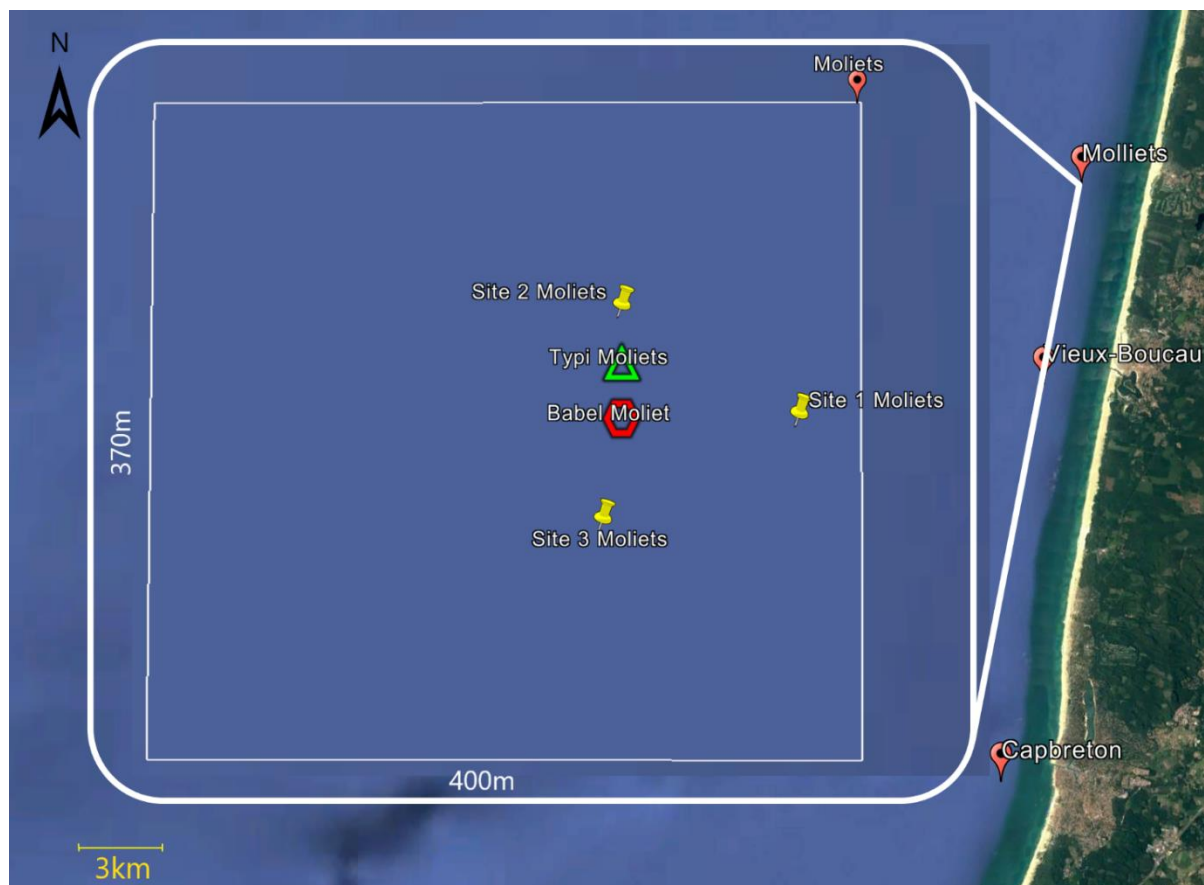


Figure 7 Implantation des différents récifs artificiels dans la concession de Moliets.



### 2.3 Mesure des paramètres physiques :

Les paramètres physiques qui seront mesurés sont la température et la profondeur d'enfouissement des récifs (Dalias et al, 2006).

La salinité sur les récifs est le nouveau paramètre physique pris en compte pour le suivi des récifs 2023.

#### **2.3.1 La température :**

Pour la prise de température, les plongeurs sont équipés d'un ordinateur de plongée indiquant la température. Pour relever la température au fond, cette mesure se fera au milieu de la plongée, pour être sûr que l'ordinateur s'est bien stabilisé dans sa mesure de températures. Ce paramètre sera utilisé comme variable statistique et associé aux paramètres biologiques.

#### **2.3.2 La salinité :**

La nouveauté de ce suivi est l'acquisition des données de salinité. Ce facteur est important à prendre en compte car il peut avoir un impact sur la structure des écosystèmes aquatiques (Verschuren et al, 2000). La salinité a été relevée à l'aide de densimètres mécaniques. L'un des plongeurs de la palanquée emporte avec lui un flacon vide, de type pilulier. Il remplira ce flacon durant la plongée, au niveau du récif, pour avoir un échantillon d'eau de mer. Lorsque la palanquée est de retour au bateau, le plongeur préleveur verse l'eau de mer récoltée dans le densimètre mécanique. La mesure est ensuite reportée sur la feuille de comptage pour associer un pH à la session d'observation.

#### **2.3.3 L'enfouissement du récif :**

En raison de contraintes techniques, l'enfouissement des récifs et les mesures de profondeur n'ont pas été réalisées lors du suivi de 2023. Le protocole sera cependant exposé en annexe.

#### **2.3.4 La mesure de la complexité des récifs artificiels :**

Après de nombreux échanges avec le laboratoire Géolab, il a été décidé de mettre en place une étude scientifique sur ce sujet au sein de leur structure. C'est pourquoi la complexité des récifs artificiels n'a pas pu être calculée à temps pour le suivi des récifs artificiels de 2023.

## 2.4 Mesure des paramètres biologiques :

### **2.4.1 La méthode de déplacement pour le comptage poisson :**

Le comptage s'effectue systématiquement avec deux plongeurs qui comptent en simultané. Les palanquées seront idéalement formées d'un plongeur expérimenté et d'un plongeur novice sur le suivi d'un récif artificiel (Labrosse et al, 2001). En effet, un plongeur occasionnel et/ou ayant peu de connaissances sur les espèces présentes produira donc des relevés de moins bonne qualité qu'un plongeur averti (De Casamajor, 2004).

La méthode de comptage choisie est celle utilisée dans Charbonnel et al (1997). Ce dernier explique que les différentes strates architecturales des récifs artificiels et les catégories comportementales des poissons rendent nécessaire la stratification de l'échantillonnage. Cette méthode a permis de mettre en place un itinéraire standardisé adapté à l'architecture de chaque récif, en prenant en compte le comportement des espèces observées (mobilité, milieu de vie) ainsi que leur taille et leur densité moyenne (individus isolés ou en bancs). Elle permet donc de recenser le maximum d'espèces sur un récif artificiel.

Cette méthode a été appliquée aux récifs de type Babel et Typi. Elle a été légèrement adaptée pour les plongeurs bénévoles, afin de structurer leur temps d'observation et les itinéraires de comptage à suivre.

Les étapes de comptage se présentent de la façon suivante (Figure 8) :

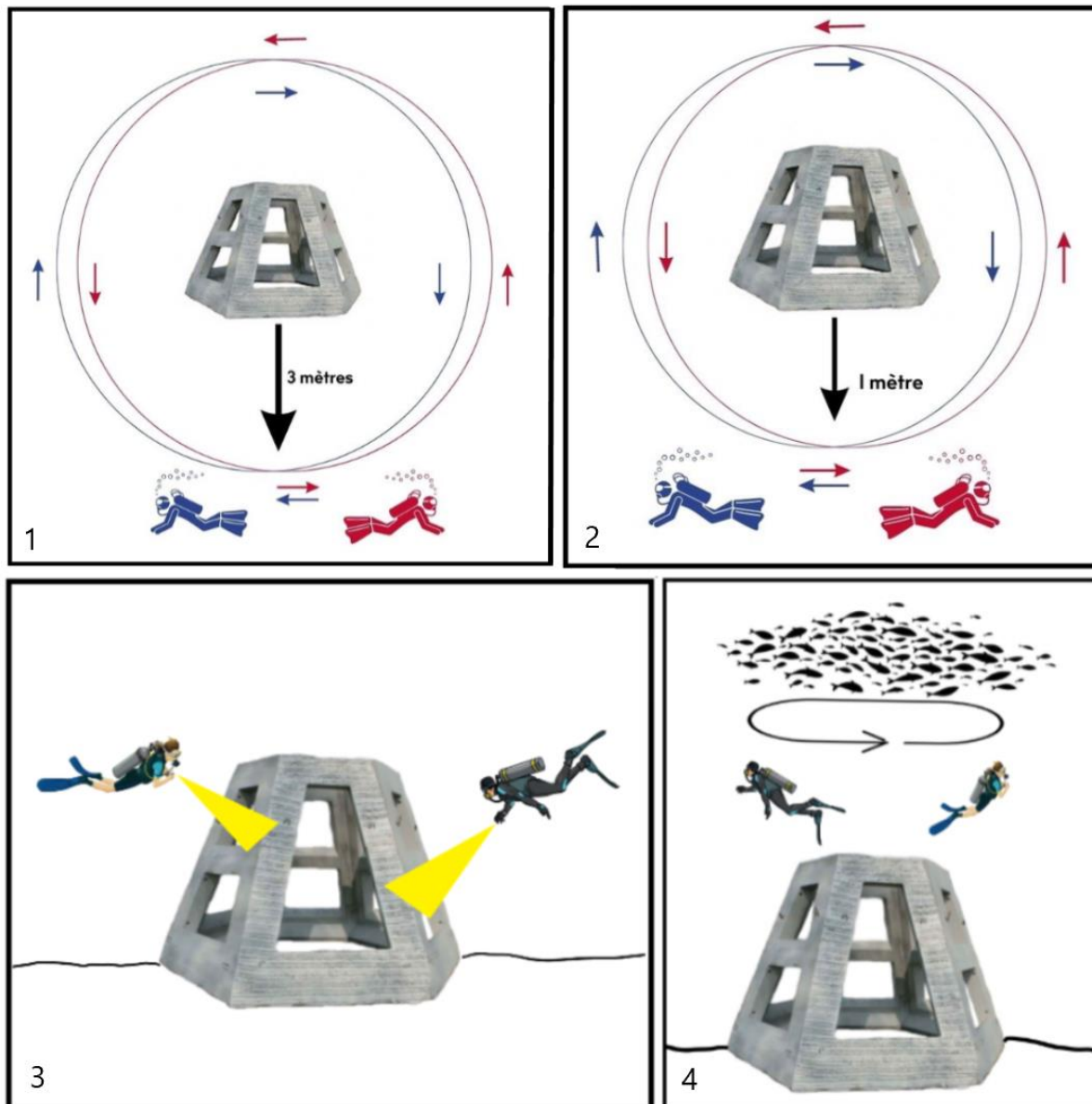


Figure 8 Étapes du comptage poisson sur les récifs artificiels. (1) Phase de comptage des espèces mobiles vivant sur le substrat. (2) Phase de comptage des espèces vivant à proximité immédiate du récif. (3) Phase de comptage des espèces inféodées au récif. (4) Phase de comptage des espèces grégaires de pleine eau.

Sont observées en premier lieu les espèces craintives et difficiles d'approche. Cette étape commence lorsque les plongeurs arrivent sur le récif. Les espèces dites « craintives » se limiteront à *Mola mola*, *Dicentrarchus labrax*, et *Diplodus cervinus*. Le choix de ces espèces n'est pas anodin. En effet, les récifs artificiels sont à l'origine des outils de soutien à la pêche artisanale. Or, *Dicentrarchus labrax* est une espèce à haute valeur commerciale, en France comme au Royaume-Uni (Pawson, Kupschus, et Pickett, 2007). *Diplodus cervinus* est également une espèce prisée en pêche artisanale (Lloret, Muñoz, et Casadevall, 2012). Pour cette étape, le temps de comptage sera d'une minute, afin que les plongeurs ne se focalisent pas sur toutes les espèces du récif.

L'étape suivante consiste à recenser les espèces vivant aux alentours du récif, sur le substrat (exemple : rougets barbets, vives, Ombrines bronze...). Les plongeurs doivent s'écartier à 3 mètres du récif et faire un trajet circulaire autour de celui-ci (1).

Les plongeurs se rapprochent ensuite du récif, à une distance d'1 mètre de ce dernier, puis effectuent un trajet circulaire autour de celui-ci. Ici, les espèces vivant à proximité immédiate du récif sont comptées (exemple : sars, daurade, tacauds, ombrines...) (2).

Pour ces deux premières étapes mobiles, le comptage se fait en simultané. Cependant les deux plongeurs empruntent des chemins opposés. L'un avance dans un sens et l'autre en sens contraire. Le but est de minimiser les perturbations (un plongeur de chaque côté systématiquement) et d'augmenter la probabilité d'observer des espèces cryptiques ou timides.

Les espèces benthiques inféodées au récif, et vivant sur ou dans le récif sont ensuite enregistrées (exemple : rascasses, congres, poulpes, seiches, blennies...). Cela se fait par une exploration minutieuse des cavités et des faces internes du récif lors d'une rotation complète autour et/ou dans le récif. Un mouvement sinueux au-dessus du récif peut aussi être effectué (3).

Le recensement se termine en allant observer les espèces pélagiques grégaires, nageant en permanence dans la colonne d'eau au-dessus du récif (exemple : Chinchards, bogues...). Pour ce faire, les deux plongeurs se positionnent à 2 mètres au-dessus du récif et comptent les espèces grégaires et pélagiques (4).

#### **2.4.2 Méthode de recensement des espèces marines :**

Le comptage doit être le plus exhaustif possible durant les itinéraires énoncés précédemment. L'identification doit être effectuée jusqu'à l'espèce. Cependant, en fonction de l'expérience du plongeur, l'identification peut se faire jusqu'au genre. Les plongeurs devront alors débriefer sur leur plongée une fois de retour au bateau.

Si l'espèce est inconnue, et que même le genre n'est pas identifiable, l'observateur devra noter le plus précisément possible les éléments distinctifs (couleur, taille, présence de tâches, forme de la bouche, des nageoires, de l'œil et de la ligne latérale, type de nage, etc...). La taille des individus est évaluée en centimètres.

Lorsque les plongeurs aperçoivent et identifient une ou plusieurs espèces (poissons, crustacés, mollusques), ces derniers doivent immédiatement le noter sur la feuille de comptage prévue à cet effet.

Les difficultés liées au comptage de poissons sont principalement dues aux limites de l'œil humain qui ne peut pas dénombrer instantanément plus de 4 objets. Par ailleurs, les expériences réalisées par Harmelin-Vivien et al (1985) ont montré qu'au-delà de 20 à 30 poissons dans le cas d'un banc relativement immobile, la numération directe était difficile.

Au-delà et pour pallier ces limites, la technique la plus fréquemment utilisée pour dénombrer des bancs importants est celle dite du “comptage en paquets/patches”. Elle consiste à compter un groupe de 10 à 20 poissons. Ce “patch” devient l’unité de dénombrement. L’observateur évalue ainsi leur nombre sur l’ensemble de l’espace occupé par le banc de poissons. Dans le cas de bancs importants (un banc de poisson supérieur à 200 individus), il peut être utile de regrouper les “patches” en “super-paquets” représentant 5 à 10 “paquets” de base (Labrosse et al, 2001).

Cette méthode peut être légèrement adaptée pour certains plongeurs bénévoles. Le principe des « patches » reste le même. Cependant l’observateur se représente une croix qui traverse son champ de vision. Cette croix a pour but de scinder le banc en quatre « patches ». Lorsque le plongeur aura visualisé cette croix, il ne lui restera plus qu’à compter le nombre de poissons dans une case de la croix et à multiplier par quatre ce nombre de poissons.

Lorsque les deux plongeurs ont effectué leurs comptages respectifs, la fin de plongée est signalée. Une fois en surface, les données des comptages sont comparées et renseignées dans un tableur informatique, type tableur Excel.

## 2.5 Suivi des espèces marines par photo-identification :

### **2.5.1 Description de la méthode et intérêt d’application :**

Beaucoup d’études de suivi utilisent des techniques de marquage invasives. C’est par exemple le cas de marquage corporel, d’amputations, d’étiquettes et aussi de transpondeurs sous-cutanés. Les transpondeurs sous-cutanés sont notamment utilisés chez certains poissons téléostéens. C’est la technique utilisée dans l’étude de Pastor et al (2009) pour le suivi par télémétrie acoustique du mérou brun dans la réserve de Cerbère-Banyuls. Hors, lors de son comité de pilotage en 2003, ALR avait évoqué l’idée d’utiliser ce même procédé pour des espèces de moronidés, de sparidés et de gadidés. Le but étant pour ALR d’étudier la migration des poissons entre les différentes zones de récifs artificiels, voire de zones naturelles. Cependant c’est une technique très onéreuse est chronophage d’un point de vue logistique. En effet, l’étude de Pastor et al (2009) explique que le processus de marquage des mérours brun, demande des techniques de captures, d’anesthésies et de manipulations bien spécifiques.

Une alternative à l'utilisation de marques artificielles ou de transpondeurs sous-cutanés est l'identification des individus sur la base de leurs marques naturelles. Il s’agit de la technique de photo identification (Dala-Corte, Moschetta, et Becker, 2016). Ces critères peuvent être des patterns épidermiques (rayures, bandes, coloration...), des cicatrices ou des différences morphologiques (malformations, formes de nageoires différentes au sein d’une même espèce...). L’avantage de cette

technique est d'éviter les interactions invasives avec les animaux et de réduire leur stress (Speed et al, 2007).

Un autre avantage à cette technique est qu'une base de données d'images numériques peut être compilée puis utilisée pour un processus d'identification minutieux basé sur l'examen de plusieurs images d'un spécimen, permettant d'éventuelles comparaisons avec d'autres spécimens ou avec des images précédentes du même spécimen. Cette base de données d'images numériques permet également la validation des images dans les expériences de marquage-recapture et la comparaison des identifications faites par différents observateurs, réduit le risque de biais de l'observateur (Dala-Corte, Moschetta, et Becker, 2016).

Plusieurs études ont démontré que la photo identification peut être utilisée sur des poissons téléostéens. Ces études se basent par exemple sur des cicatrices de mérour (Giglio et al, 2014), ou encore sur les motifs corporels de rascasse volante (Chaves et al, 2016). Ces études mettent en avant les sciences participatives dans le rôle de la reconnaissance d'individus.

C'est au travers de tous ces avantages qu'Atlantique Landes Récif a décidé d'utiliser ce procédé pour atteindre certains objectifs. De plus, certains plongeurs bénévoles de l'association ALR ont une grande expérience de la photographie sous-marine, ainsi qu'un équipement très performant. Il s'agit là de mettre leurs compétences et leurs matériels au service de la science et du suivi scientifique d'ALR.

### **2.5.2 Les Objectifs pour ALR :**

L'association Atlantique Landes Récif souhaite utiliser la technique de photo identification pour plusieurs objectifs.

Le premier est de mettre en évidence une possible sédentarisation de certains individus sur certains récifs. À l'inverse, cet objectif peut aussi servir à observer une migration inter-récifs, inter-concessions ou encore entre une zone naturelle et les récifs. Ce suivi permettra d'obtenir une base de données photographiques pour des espèces marines, dans la continuité du suivi de 2022.

Les objectifs secondaires sont d'obtenir des preuves photographiques d'espèces « rares » ou peu observées sur les récifs, ainsi que des stades juvéniles et post-larvaires pour les différentes espèces de poissons qui colonisent les récifs.

### **2.5.3 Les espèces choisies pour l'étude par photo identification :**

Le suivi scientifique de 2023 reprend les mêmes espèces choisies en 2022 pour le suivi par photo-identification. Il s'agit de *Seriola dumerili* (Risso, 1810), *Zeus faber* (Linnaeus, 1758) et *Conger conger* (Linnaeus, 1758). Ces espèces ont de nouveau été choisies en raison des mêmes critères que pour le suivi de 2022 (Jorge, 2023). Les résultats de cette étude ont montré que les déplacements d'un individu de l'espèce *Conger conger* avaient pu être suivis efficacement durant la saison 2022. Il en a été de même pour l'espèce *Seriola dumerili*. Ainsi, pour ces deux espèces, le déplacement inter-récifs au sein d'une même concession avait pu être démontré.

#### ***Seriola dumerili* (Risso, 1810) :**

L'espèce *Seriola dumerili* a été choisie suite aux nombreuses observations des plongeurs bénévoles, ainsi qu'aux résultats obtenus lors du suivi de 2022. L'identification des individus se fera sur les mêmes marqueurs corporels qu'en 2022, à savoir les cicatrices et les marques épidermiques uniques à chaque individu.

Dans une optique de suivi sur le long terme, la figure 9 représente l'individu clairement identifié en 2022, avec ces caractères morphologiques propres. Ainsi, si cet individu est de nouveau identifié sur les récifs, alors c'est qu'il fréquente les récifs de façon saisonnière.

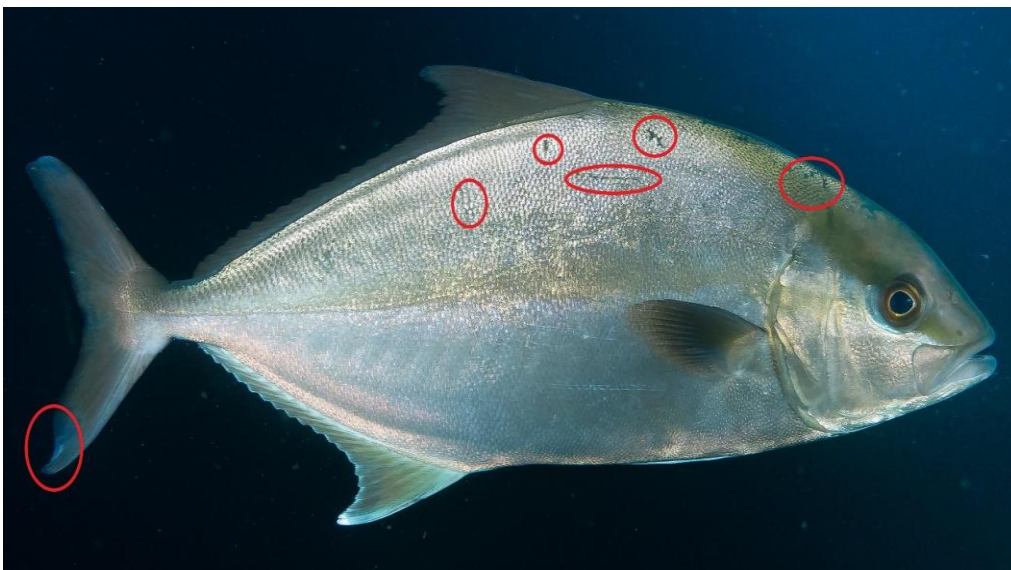


Figure 9 Exemples de marques corporelles caractéristiques exploitable pour de la photo-identification sur l'espèce *Seriola dumerili*.



*Zeus faber* (Linnaeus, 1758) :

L'espèce *Zeus faber* est aussi connue sous le nom de Saint-Pierre, ou John Dory dans les pays anglo-saxons. C'est une espèce qui n'a pas encore fait l'objet d'une étude photographique et les clichés n'étaient pas exploitables lors du suivi de 2022. Le choix de cette espèce pour la photo identification s'est porté sur plusieurs critères. Tout d'abord, la morphologie de ce poisson est très atypique. Il présente des patterns épidermiques qui ressemblent à des marbrures dorées et argentées (Figure 10). De plus, le signe caractéristique de reconnaissance de *Zeus faber* est un ocelle noir de chaque côté du poisson (Louisy, 2022). Les patterns épidermiques sont des critères déjà employés pour des études sur la photo identification de certaines espèces de poissons. Chaves et al (2016) ont en effet appliqué le procédé de reconnaissance photo sur l'espèce tropicale *Pterois volitans* en prenant en compte les motifs épidermiques de cette espèce. Cette étude a montré que ce caractère pouvait servir à identifier et suivre des individus.

*Zeus faber* a également été choisi en raison de son comportement solitaire et peu craintif des plongeurs (Louisy, 2022). C'est donc un poisson peu craintif qui peut facilement être pris en photo. Et enfin le saint-pierre est une espèce à très haute valeur commerciale.



Figure 10 Paternes épidermiques pris en compte pour la photo-identification de l'espèce *Zeus faber*.

*Conger conger* (Linnaeus, 1758) :

L'identification des individus de l'espèce *Conger conger* se fera sur les mêmes marqueurs corporels qu'en 2022, à savoir les cicatrices et les marques épidermiques uniques à chaque individu. Grâce à la comparaison de cicatrices, l'étude de Jorge (2023) a montré qu'un individu avait réalisé un déplacement inter-récifs, au sein d'une même concession.

Dans une optique de suivi sur le long terme, la figure 11 représente l'individu clairement identifié en 2022, avec ces caractères morphologiques propres. Ainsi, si cet individu est de nouveau identifié sur les récifs, alors c'est qu'il fréquente les récifs de façon saisonnière.

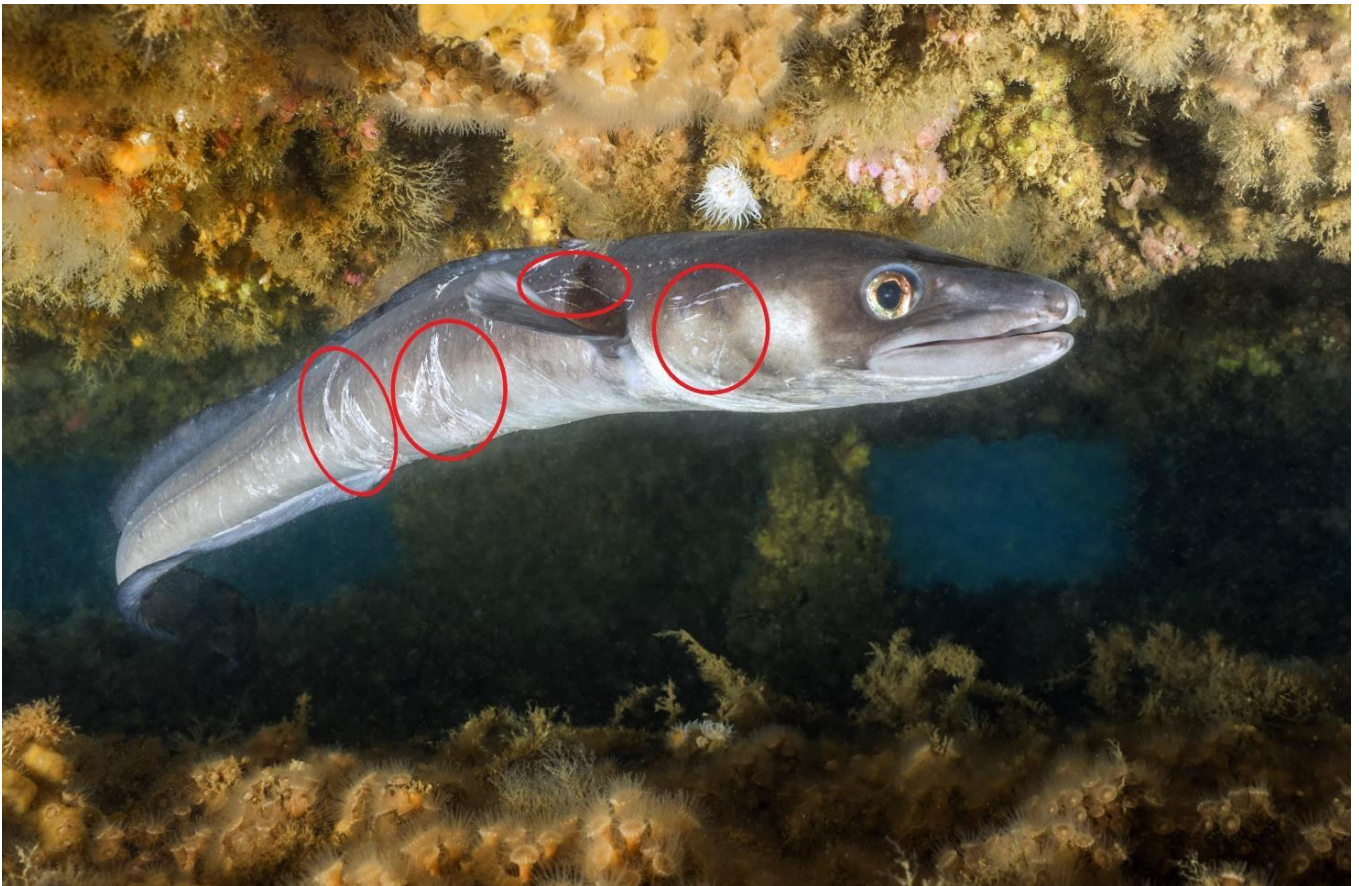


Figure 11 Exemple de cicatrices exploitables pour de la photo-identification sur l'espèce *Conger conger*.

#### **2.5.4 Matériel de photographie sous-marine :**

Les clichés des espèces présentés ci-avant ont tous été pris par deux plongeurs bénévoles de l'association. Ils sont photographes amateurs en plongée sous-marine. Ces deux plongeurs ont respectivement 17 et 23 ans d'expérience dans la photographie sous-marine. Tous deux ont utilisé un matériel spécifique pour réaliser les clichés sous-marins de l'étude.

##### **Matériel du plongeur photographe 1 :**

L'appareil photo utilisé est un Sony RX 100 MII (objectif 28-100mm) dans un caisson Isotta, équipé de deux flashes Sea & Sea. Le grand angle utilisé est un Epoque DCL 30 67DR, avec comme réglage 200 ISO, 1/250e, F6,3. L'autre objectif utilisé est un Macro. C'est un 15 dioptries SAGA, avec une lampe pilote, réglé en 100 ISO, 1/125e, F10.

##### **Matériel du plongeur photographe 2 :**

L'appareil photo utilisé est un Reflex micro 4/3 Olympus eml MII, dans un caisson IKELITE OMD eml II équipé d'un flash Ikélite DS125 et un flash Ikélite DS160. Cet appareil peut être utilisé avec trois angles différents. Le grand angle utilisé est un Olympus Zuiko Pro Fisheye 8mm. Le grand-angle et proxy utilisé est un Olympus Zuiko Pro Zoom 12/40mm. Et enfin, l'objectif Macro est un Olympus Zuiko Macro 60mm.

#### **2.5.5 Analyse de la correspondance des clichés de poissons :**

Un ensemble de photographies pour chacune des espèces ciblées a été assemblé. Les informations associées pour chaque photographie, ont été le nom scientifique, le type de récif, la concession et la date de la photo. Ces informations permettent de savoir, après comparaisons photographiques, si un individu est sédentaire sur un type de récif, ou une concession, d'un jour à l'autre. Dans le cas inverse, ces informations permettent de savoir si un individu migre d'un type de récif à un autre, au sein d'une même concession ou entre les concessions. De plus, la partie du corps de l'animal choisie pour la comparaison est le flanc. En effet, *Conger conger*, *Seriola dumerili* et *Zeus faber* sont des poissons dont les flancs présentent soit des cicatrices très visibles, soit des motifs épidermiques reconnaissables. Ces espèces ont donc été photographiées le plus perpendiculairement possible à l'objectif. Ainsi, le cliché peut couvrir la totalité du flanc de l'animal pour obtenir le plus de caractères de comparaison possible.

Pour faciliter les comparaisons photographiques entre individus de la même espèce, le système interactif d'identification individuelle (I3S) a été utilisé (I3S 4.02 ; Hartog et Reijns, 2014). Ce logiciel automatise le processus d'appariement de photos et montre le sous-ensemble de photographies dont la correspondance est la plus probable. L'appariement repose sur l'identification

manuelle de trois points de référence fixes et facilement distinguables sur chaque photographie. Ce logiciel existe sous plusieurs variantes. La variante choisie pour *Seriola dumerili* et *Conger conger* est I3S Spot (I3S 4.02 ; Den Hartog et Reijns, 2014) en raison des cicatrices sur l'épiderme. Pour la comparaison, le logiciel a d'abord besoin de trois points de référence. Les points sélectionnés sont « Up head », « Down head » et « Tail base ». Pour chaque photographie, les cicatrices épidermiques sont détournées pour former un « spot ». Afin d'améliorer la comparaison par le logiciel, 15 « spots » doivent être choisis sur la photo.

La variante I3S Patterns+ (I3S Patterns+ 4.1 ; Hartog et Reijns, 2014) a été choisie pour *Zeus faber* en raison des motifs épidermiques que présente cette espèce. Les trois points de référence seront les mêmes que pour la variante I3S « spot ». Il s'agit ensuite de détourner la zone à comparer. Dans cette zone, des points de comparaison doivent être placés pour délimiter les « patterns » qui seront ensuite appariés par le logiciel. Plusieurs images du même individu peuvent également être fournies comme référence, ce qui devrait augmenter la probabilité de trouver une correspondance correcte (Chaves et al, 2016). Cette affirmation est particulièrement vraie lorsque la qualité de l'image est faible et que certains points de référence sont obscurcis par des facteurs environnementaux. C'est le cas pour la mauvaise qualité de l'eau, la faible luminosité, les variations d'angle de prise de vue, ou encore des individus partiellement cachés. Dans de tels cas, plusieurs images peuvent se compléter.

La précision de correspondance est basée sur un algorithme qui s'appuie sur des paires d'images superposées (Van Tienhoven et al, 2007). Le logiciel évalue la distance au centre entre chaque « spot » ou « pattern » choisis sur le corps de l'animal. Plus cette distance est faible, plus le score entre deux photographies diminue. Ainsi si deux photos ont un score de comparaison faible, alors les photos représentent le même individu. Pour chaque image de référence choisie, le logiciel I3S propose des sélections des 1, 2, 3, 5, 10 et 20 meilleures correspondances de « spots » ou de « patterns » dans la base de données d'images.

## 2.6 Utilisation d'un ROV sous-marin et ses applications :

### **2.6.1 Définition et applications possibles :**

Un véhicule sous-marin téléopéré (ou ROV, Remotely Operated underwater Vehicle) est un petit robot sous-marin contrôlé à distance (généralement filoguidé). Ces véhicules télécommandés (ROV) font partie intégrante des équipements scientifiques pour explorer une grande variété de milieux aquatiques (mers, océans, abysses, rivières, lacs...). De nombreux exemples ont montré que les ROV sont utiles dans de nombreux domaines et pour des applications variées telles que l'inspection, la cartographie ou la bathymétrie (Khadhraoui et al, 2016). Certains auteurs comme Charbonnel et al (1997) ont même suggéré d'utiliser ce genre d'instrument pour effectuer des comptages poissons sur des récifs artificiels. Il conclut que l'utilisation d'un ROV permet un nombre élevé de répliques par jour, quelles que soient les conditions météorologiques, et donne lieu à une collecte de données plus régulière sur la distribution spatiale et temporelle des poissons sur les récifs, ou leur comportement trophique, par rapport aux observations en plongée sous-marine. Ces résultats sont soutenus par l'étude de Patterson, Dance, et Addis (2008). Ces derniers ont montré que dans l'ensemble, les micro-ROV peuvent être utilisés pour estimer précisément la structure de la communauté des poissons de récif sur les sites de récifs artificiels, ainsi que pour estimer avec précision les distributions de taille des poissons présents.

Atlantique Landes Récifs a utilisé un ROV durant son suivi scientifique de 2022. Les résultats ont été assez concluants pour plusieurs domaines. La recherche de sites de récifs dit « enfouis » a permis de conclure sur la disparition avérée des sites de buses pour la concession de Capbreton, tout en économisant du temps et des plongeurs pour ce type d'interventions. Le recensement de la vie marine a montré que les poissons pouvaient avoir un comportement davantage curieux et moins craintif que lors d'immersions avec des plongeurs. Cependant, un seul comptage descriptif a eu lieu sur le Babel de Capbreton. Cette méthode est à perfectionner. C'est avec ces premiers résultats qu'Atlantique Landes Récifs a souhaité continuer à utiliser un ROV dans son suivi scientifique de 2023.

### **2.6.2 Le ROV utilisé pour l'étude :**

Le ROV employé pour l'étude est le Fifish V6 Expert de Qysea. Cet appareil peut descendre jusqu'à 100 mètres de profondeur, avec une liaison filière de 200 mètres. L'interface vidéo est un smartphone relié à une télécommande. La vitesse maximale atteinte par la machine est de 1,5 m/s (3 nœuds).

Pour la manœuvrabilité, ce ROV peut effectuer des mouvements omnidirectionnels à 360° autour des axes de tangage, de roulis et de lacet, mais aussi des mouvements dans la colonne d'eau



ou de gauche à droite en travelling. Il peut également être contrôlé via un casque VR et l'inclinaison de la tête du télépilote.

En termes d'autonomie, ce ROV peut fonctionner pendant 6 heures en eau calme, et pendant 1 heure 30 avec un courant de deux nœuds.

Au niveau de l'acquisition d'images, il est équipé d'un capteur Sony CMOS de 1/2.3 pouces. La résolution d'image pour une vidéo est en 4K 30fps ou en FullHD 120fps. La résolution de photos est de 12 mégapixels. Son FOV est de 166° avec une ouverture de f/2.5. Le ROV est équipé de deux phares LED de 3000 lumens par phare. Une stabilisation électronique de l'image est disponible et permet des plans vidéo fluides et sans saccades.

### **2.6.3 Utilisation du ROV dans le suivi scientifique des récifs artificiels :**

Le ROV a été utilisé dans quatre domaines pour ce suivi scientifique de 2023. Ces quatre domaines sont la recherche d'une zone naturelle, l'exploration d'habitats profonds, la vérification de l'enfouissement total de certains récifs et le comptage poisson. L'idée est de faire participer des bénévoles dans ces domaines de recherche en ROV.

#### **Comptage poisson :**

La review de Sward et al (2019) rassemble de nombreux résultats d'articles scientifiques sur l'utilisation d'un ROV dans les comptages poisson, en fonction de différents habitats marins. L'étude de Gates et al (2017) montre que l'emploi d'un ROV dans un milieu artificiel est possible pour évaluer les communautés d'espèces marines. Cependant les méthodes d'échantillonnage (point fixe, transects chronométrés, comptage selon la profondeur...) varient en fonction de la géométrie des récifs artificiels et des possibilités techniques des ROV utilisés. Ajemian et al (2015) mettent en évidence l'intérêt des différents types de transects, selon les données recherchées. Ainsi son étude compare des transects en mouvements continus de bas en haut avec des transects d'intervalles de profondeur. Le premier est efficace pour les distributions inégales de communautés de poissons, avec la mise en évidence d'espèces cryptiques. Le second type de transect permet une visualisation plus globale des communautés de poissons. Ainsi un transect en mouvement continu semble le plus adapté pour les structures artificielles.

En prenant en compte les capacités de mouvements du ROV utilisé pour cette étude, le type de transect pour un récif artificiel sera le même que celui employé dans l'étude de Charbonnel et al (1997). C'est-à-dire que le ROV emprunte les mêmes itinéraires de comptages poissons que les plongeurs. Les transects se feront en mouvement continu, selon les différents milieux de vie sur un récif artificiel. L'étude de Sward et al (2019) conforte l'utilisation de ce type de transect pour un micro-ROV. Les observateurs seront à bord du bateau durant la phase de pilotage. Comme ce procédé

est récent, le but sera dans un premier temps d'obtenir des données qualitatives et quantitatives sur les récifs. Ces données sont la diversité spécifique, la densité d'espèces d'intérêt halieutique et la présence de juvéniles de poissons.

### **L'exploration d'habitats profonds :**

La review de Sward et al (2019) rapporte que certaines études emploient des ROVs pour explorer des habitats méconnus ou difficiles d'accès, et ainsi obtenir des informations sur ces habitats. Dans ces études, l'exploration en ROV est réalisée par des transects linéaires, mais qui peuvent être modifiés en fonction du milieu et des espèces étudiées (Thresher et al, 2014). En raison de transects non standardisés, les données recueillies ne peuvent pas être considérées comme quantitatives. Les données recueillies dans ce type d'études sont qualitatives. Les intentions d'ALR sont d'explorer des habitats profonds afin de rechercher la présence de certaines espèces en particulier. En effet, le suivi scientifique de 2022 a montré la présence de l'espèce *Zeus faber* dans la concession de Capbreton. Cependant, le suivi par photo-identification n'a pas permis de montrer que les Saint-Pierres observés en 2022 était systématiquement le même individu. Cela amène l'hypothèse que les Saint-Pierres observés fréquentent la concession de Capbreton, mais viennent d'un autre habitat. Il est également connu que les Saint-Pierres affectionnent les écosystèmes marins profonds, et vivent généralement entre 30 et 400 mètres de profondeur (Louisy, 2022). En sachant que la concession de Capbreton a été volontairement établie à proximité du Gouf de Capbreton, l'hypothèse serait que les Saint-Pierres observés sur la concession de Capbreton pourraient provenir des abords du Gouf de Capbreton (Jorge, 2023). L'objectif est donc d'aller effectuer des sessions d'exploration aux abords du Gouf avec le ROV pour détecter la présence de Saint-Pierres, et ainsi conforter l'hypothèse de la provenance des Saint-Pierres sur la concession de Capbreton. Ainsi, un corridor écologique pourrait être mis en évidence. Le protocole d'exploration se base sur la review de Sward et al (2019). Dans cette review, les auteurs recensent les différents types de transects employés par les ROVs, en fonction des types d'études. Pour les études d'explorations, les auteurs réalisent la plupart du temps des transects « opportunistes ». C'est-à-dire que les transects n'ont pas de trajets définis et sont influencés par ce que voient les observateurs. Pour cette étude, les transects empruntés s'adapteront au milieu rencontré. Si l'habitat est un plateau rocheux, le transect se fera de façon polygonale, à un mètre au-dessus du fond, afin que le cordon d'alimentation n'entrave la progression de la machine (Figure 12).



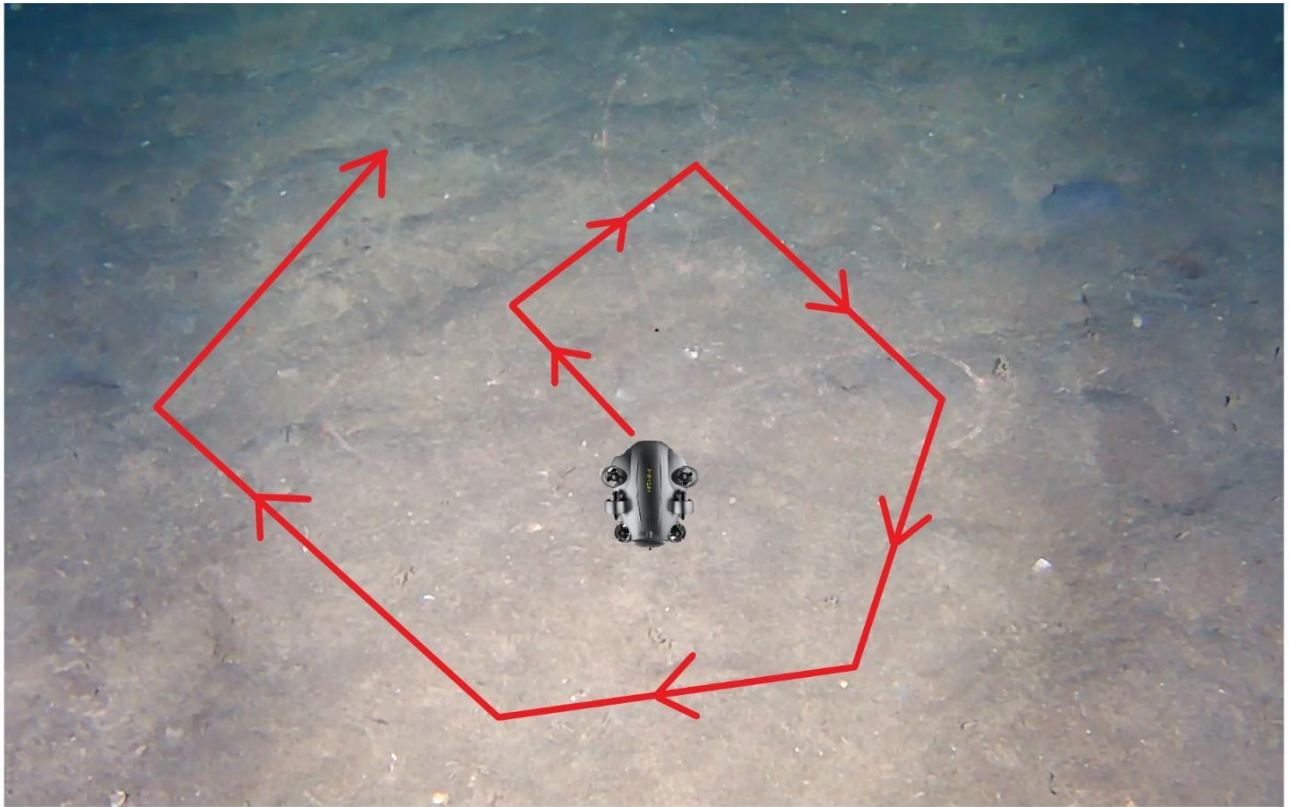


Figure 12 Type de trajet polygonal pour le ROV dans l'exploration d'habitats profonds.

Si l'habitat rencontré est un tombant rocheux, le ROV effectuera un transect parallèle à ce dernier. Le transect ne se basera pas sur une unité de longueur, mais sur une unité de temps. Chaque transect réalisé sera chronométré et n'excédera pas 15 minutes. L'espèce ciblée est *Zeus faber*. Lorsque les observateurs notent la présence d'un Saint-Pierre, ces derniers la reportent sur un tableur de type présence absence en fonction de l'habitat. Le point GPS et la description de l'habitat seront également notés.

### **Site d'étude :**

ALR a demandé conseil auprès de Cap Gouf Exploration pour l'exploration des sites profonds du Gouf. C'est une association à but non lucratif dédiée à l'exploration et à la préservation du Gouf de Capbreton. Elle est composée de bénévoles passionnés par les profondeurs marines (plongeurs recycleurs, auteurs...) qui ont un regard naturaliste sur l'environnement sous-marin du Gouf de Capbreton. Leurs actions sont l'exploration scientifique, la conservation et la protection, l'éducation et la sensibilisation, ainsi que la formation aux techniques de plongée avancée.

Cap Gouf Exploration nous a conseillé le site des Roches de Jean, car des Saint-Pierre ont été aperçus dans cette zone. Ce site se situe à 5 km de la concession de Capbreton, avec une profondeur de 65 m (Figure 13). Ce site présente un fond rocheux, avec beaucoup de reliefs, et un « champ » de gorgones, où ce poisson aurait été aperçu.



Figure 13 Emplacement du site "Les Roches de Jean", par rapport à la concession de Capbreton.

### **La recherche d'une zone naturelle et la vérification de l'enfouissement total de certains récifs :**

Le suivi scientifique de 2022 a montré que l'ensemble des sites de buses de la concession de Capbreton étaient bien enfouis dans les sédiments. La recherche de ces sites avait été réalisée avec des parcours en étoile. Ce parcours se rapproche du parcours « clover » évoqué dans la review de Sward et al (2019). Pour le suivi scientifique 2023, le parcours emprunté par le ROV sera le parcours « clover », par souci d'une plus grande robustesse due à une méthode déjà testée (Figure 14). L'objectif est de vérifier l'enfouissement ou non des sites de buses de la concession de Vieux-Boucau.

En raison du nombre de sites à vérifier, et du temps disponible sur site en fonction de la marée, le temps de recherche pour un site sera limité à 10 minutes.

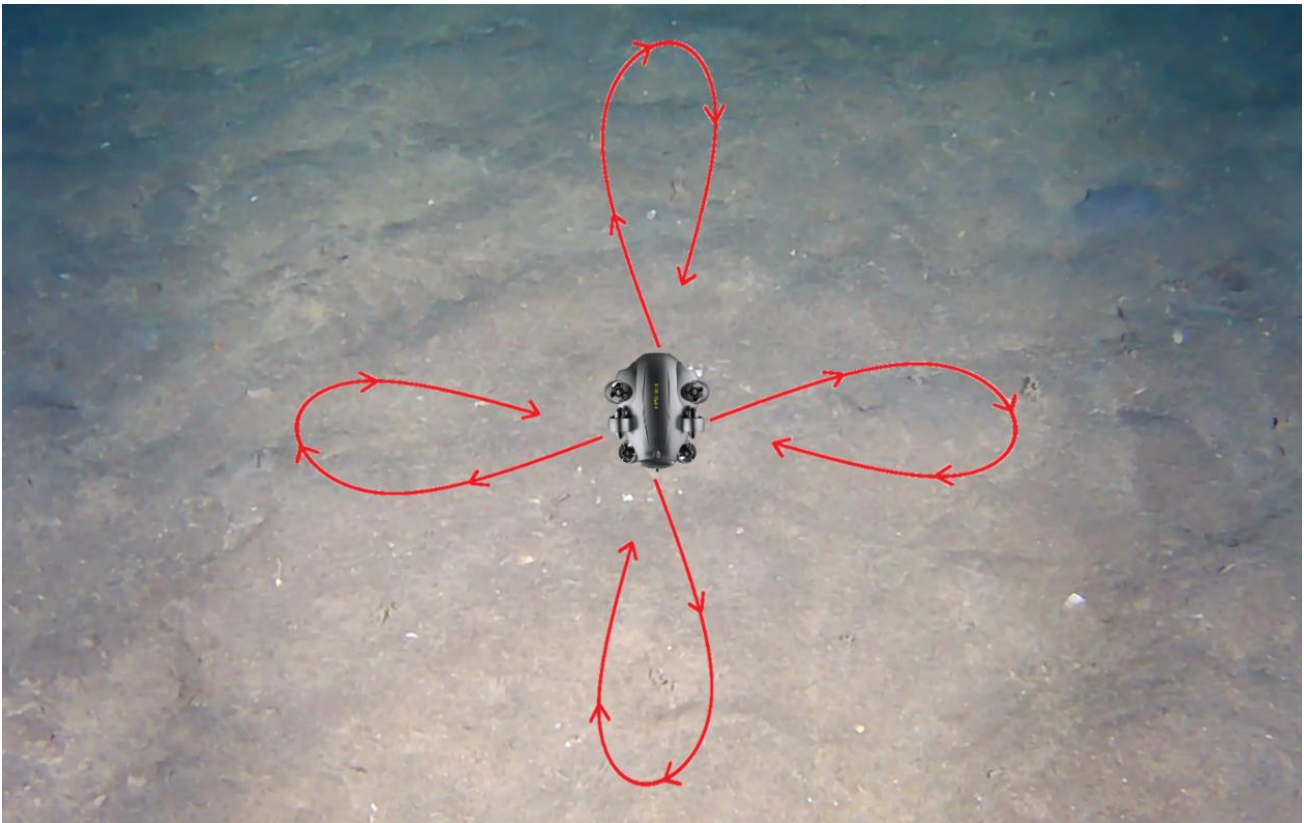


Figure 14 Type de trajet clover pour le ROV dans la recherche d'une zone naturelle et la vérification de l'enfouissement total de certains récifs.

Dans la même optique, ALR cherche à trouver une zone naturelle qui présente des paramètres environnementaux similaires à ceux des sites de récifs artificiels. La zone naturelle recherchée doit donc avoir une profondeur d'environ une vingtaine de mètres de profondeur, un substrat qui combine roche et sable, et proche d'une concession. Du fait des connaissances des fonds marins Landais actuels, la recherche de cette zone devrait se concentrer aux alentours de la concession de Capbreton. En effet, la plupart des fonds rocheux se trouvent à proximité du Gouf de Capbreton. En accord avec le Comité de pilotage d'ALR de 2003, une telle zone a été potentiellement identifiée à 2,7 miles de la concession de Capbreton. Cette zone naturelle pourra être par la suite utilisée dans des études de comparaison avec les récifs artificiels.

Le protocole de recherche de cette zone sera identique à celui de la vérification de l'enfouissement des récifs. Le temps de recherche sera de 15 minutes. Ce temps proposé s'adapte à nouveau aux contraintes de marée et de la zone à couvrir.



## 2.7 L'identification et la mise en évidence du stade juvénile chez les espèces de poissons téléostéens :

### 2.7.1 Description du cycle de vie des poissons téléostéens démersaux :

Le cycle de vie des poissons téléostéens démersaux se compose de 5 grandes phases, et de 5 stades de développement. Ces grandes phases sont la dispersion, la colonisation, l'installation, le recrutement et la reproduction.

C'est durant ces phases qu'apparaissent les 5 stades de vie du poisson : l'œuf, la larve, la post-larve, le juvénile et l'adulte (Crec'hriou et al, 2015) (Figure 15).

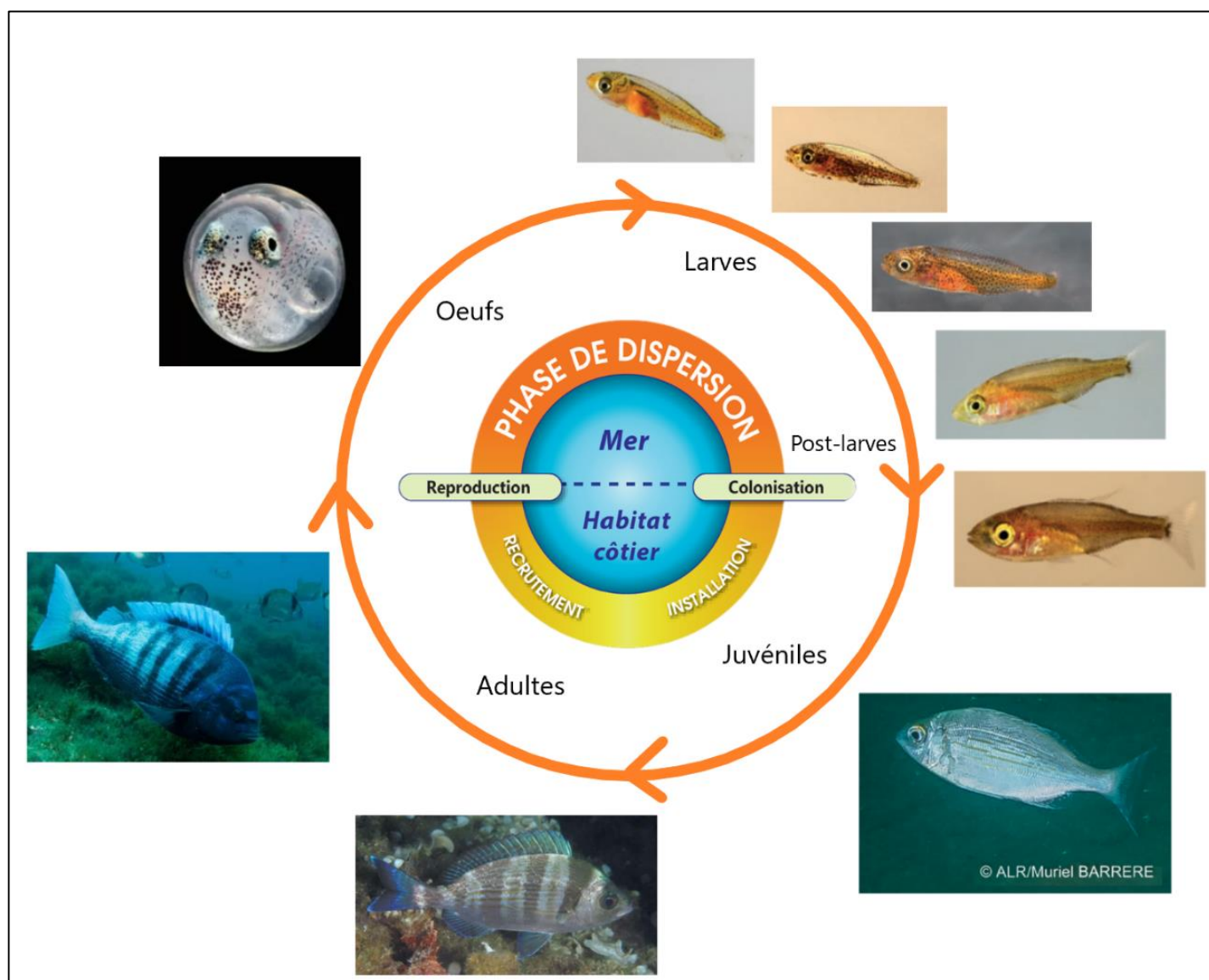


Figure 15 Schéma représentant le cycle de vie de la plupart des poissons selon l'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée Occidentale (Crec'hriou et al, 2015). Exemple du cycle de vie de l'espèce *Spondyliosoma cantharus*.

## **2.7.2 Intérêt du suivi des juvéniles de poissons téléostéens démersaux pour Atlantique Landes**

### **Récifs :**

Lors de son comité de pilotage des récifs artificiels en 2003, ALR avait évoqué son intérêt à faire un suivi des juvéniles de poisson sur les récifs artificiels. C'est durant ce stade de développement que commence la colonisation du nouvel habitat côtier. Par ailleurs, ce stade fait la transition entre la post-larve et l'adulte. C'est donc durant ce stade que les poissons subissent des modifications physiologiques nécessaires à leur mode de vie définitif. Ils iront par la suite intégrer les populations de poissons adultes. C'est alors la phase de recrutement, dans laquelle le nombre de juvéniles vient s'ajouter au nombre de poissons résidants (Crec'hriou et al, 2015).

Pour mieux se développer, les juvéniles choisissent des habitats de type « nurserie ». Une nurserie est un habitat défini par quatre paramètres. Ces paramètres sont la densité initiale des juvéniles (« colons »), leur taux de survie, leur taux de croissance au sein de ces habitats; et leur capacité à se déplacer de l'habitat des juvéniles et à rejoindre l'habitat des adultes.

Les habitats marins qui peuvent donc servir de nurseries sont les substrats rocheux, les substrats sableux, les couvertures végétales marines et les eaux peu profondes (Cheminée et al, 2017).

L'étude de Mercader et al (2017) démontre que les habitats artificiels peuvent également servir de nurserie pour les poissons juvéniles, et qu'ils augmentent l'abondance et la diversité des espèces de poissons.

Par ces définitions, le suivi des juvéniles de poissons sur les récifs artificiels d'Atlantique Landes Récifs présente un intérêt majeur pour le domaine halieutique et donc la fonction première de l'immersion des récifs artificiels.

## **2.7.3 Identification et recensement des juvéniles de poissons téléostéens démersaux :**

L'identification des juvéniles de poissons s'est faite en immersion, lors des comptages poissons. Ce suivi a été réalisé par les plongeurs bénévoles de l'association. Un document d'identification des juvéniles de poissons a été fourni aux plongeurs bénévoles. Ce document est l'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée Occidentale (Crec'hriou et al, 2015). Il montre par des photographies les étapes de métamorphose d'un poisson, de son stade larvaire à juvénile. Il documente également les tailles qu'ont les espèces durant leurs stades de développement.

Ce document est axé sur l'environnement marin Méditerranéen. Seules les espèces communes avec la façade Atlantique, et recensées par ALR ont été prises en compte (Tableau 1). De plus, certaines espèces de crustacés et de mollusques sont également prises en compte dans l'étude.

Tableau 1 Classes de tailles des stades juvéniles pour les espèces d'intérêt halieutique présentes sur les récifs artificiels d'ALR.

| Nom vernaculaire      | Genre et espèce                | Écart de taille juvéniles (cm) |
|-----------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Bar Commun            | <i>Dicentrarchus labrax</i>    | [2 ; 4,5] à 10                 |
| Rouget de vase        | <i>Mullus barbatus</i>         | [5,5 ; 6] à 10                 |
| Rouget de roche       | <i>Mullus surmuletus</i>       | 5,5 à 10                       |
| Grande vive           | <i>Trachinus draco</i>         | [1,5 ; 2] à 10                 |
| Sar commun            | <i>Diplodus sargus</i>         | [2 ; 3] à 10                   |
| Sar à tête noire      | <i>Diplodus vulgaris</i>       | [2 ; 3] à 10                   |
| Sar à museau pointu   | <i>Diplodus puntazzo</i>       | [2 ; 3] à 10                   |
| Pagre commun          | <i>Pagrus pagrus</i>           | [2 ; 3] à 10                   |
| Petite rascasse rouge | <i>Scorpaena notata</i>        | [2 ; 3] à 10                   |
| Rascasse brune        | <i>Scorpaena porcus</i>        | [2 ; 3] à 10                   |
| Serran chevrette      | <i>Serranus cabrilla</i>       | [2 ; 3] à 10                   |
| Congre                | <i>Conger conger</i>           | [10 ; 8]                       |
| Mullet/Muge           | <i>Mugil cephalus</i>          | 2 à 10                         |
| Pageot commun         | <i>Pagellus erythrinus</i>     | [2 ; 3] à 10                   |
| Canthare              | <i>Spondyliosoma cantharus</i> | 2 à 10                         |
| Oblade                | <i>Oblada melanura</i>         | 3 à 10                         |
| Chinchard             | <i>Trachurus trachurus</i>     | 4 à 10                         |
| Sériole               | <i>Seriola dumerili</i>        | 7 à 10                         |
| Poulpe                | <i>Octopus vulgaris</i>        | 2 (voir photos)                |
| Calmar                | <i>Loligo vulgaris</i>         | 4,5 (voir photos)              |
| Seiche                | <i>Sepia officinalis</i>       | 1,4 (voir photos)              |
| Homard                | <i>Homarus gammarus</i>        | 1,9 (voir photos)              |
| Cigale de mer         | <i>Scyllades arctus</i>        | (voir photos)                  |

Dans cette étude, les critères de reconnaissance d'un poisson juvénile pour les bénévoles sont donc la morphologie et la taille. Il a été demandé aux bénévoles de considérer un poisson comme juvénile lorsque sa morphologie est identique à celle de l'Atlas des Post-Larves de Poisson.

Pour faciliter la reconnaissance des juvéniles, la taille en centimètres est donnée par la relation suivante : Taille juvénile (pour une espèce x) = [taille minimale du stade juvénile de l'espèce x ; 10 centimètres]. Ce repère de taille permet de faciliter la reconnaissance des juvéniles pour les plongeurs.

Les juvéniles sont donc recensés durant les comptages de poissons, de la même façon que le protocole de recensement de ces derniers.

Le suivi des juvéniles de poissons téléostéens ne fera pas l'objet d'une étude statistique dans cette étude. C'est la première fois qu'ALR entame des recherches sur ce stade de développement sur les récifs artificiels.

La mise en évidence de juvéniles de poisson se fera par prises de clichés photographiques, et par simple relevé de leur présence. L'objectif premier pour ALR est la mise en évidence de la fonction nurserie des récifs artificiels.

## 2.8 Analyse des données :

### **2.8.1 L'abondance et la fréquence d'occurrence :**

L'abondance a été calculée par la somme de tous les individus d'un même genre ou d'une même espèce. Ces calculs d'abondance ont été utilisés pour l'étude des fréquences d'occurrence des espèces mobiles.

La Fréquence d'occurrence (C) est le rapport du nombre de relevés contenant l'espèce étudiée (Pi) au nombre total de relevés (P), exprimée en pourcentage (Youcef, 2019). Pi représente le nombre total des prélèvements contenant l'espèce i et P le nombre total des prélèvements effectués. En fonction de la valeur de C, sont définies les catégories suivantes (Tableau 2) :

Tableau 2 Correspondance des modalités avec leur fréquences d'occurrences associées.

| <b>Modalité</b> | <b>Fréquence d'occurrence</b> |
|-----------------|-------------------------------|
| Omniprésente    | $C\% = 100\%$                 |
| Constante       | $100\% > C\% \geq 75\%$       |
| Régulière       | $75\% \geq C\% \geq 50\%$     |
| Accessoire      | $50\% \geq C\% \geq 25\%$     |
| Accidentelle    | $25\% \geq C\% \geq 5\%$      |
| Rare            | $5\% > C\%$                   |

Ces deux premiers paramètres seront étudiés de façon descriptive. Ainsi, certains résultats seront plus accessibles pour le grand public et donneront une première compréhension des phénomènes biologiques des récifs artificiels de Capbreton, Vieux-Boucau et Moliets.



### **2.8.2 Analyse de l'effet structurel et de localisation :**

Le jeu de données brut issues des plongées effectuées par les bénévoles comporte différentes modalités qui sont présentées dans le Tableau 3.

Tableau 3 Présentation des différentes modalités issues du jeu de données de suivi de la faune mobile sur les RAs.

| Nom de la colonne | Modalité   |
|-------------------|--|
| Année             | 1999 à 2022  |
| Date              | Jour/mois/année  |
| Concession        | Capbreton, Vieux Boucau, Moliets-et-Maâ  |
| Structure         | Buses (Numéro de la structure), Typi, Babel  |
| Protocole         | Déplacement, Point fixe, Photo   |
| Plongeur          | Nom du plongeur  |
| Type              | Vertébré, Invertébré   |
| Famille           | Nom de la famille, « non_spécifié »  |
| Espèce            | Nom de l'espèce, « non_spécifié »  |
| Taille            | Classe de taille ou taille brut, « non_spécifié »  |
| Comptage          | En nombre d'individus brut ou nombre moyen de la classe de comptage pour les groupes > 20 individu |

Les récifs artificiels présentent des patterns de colonisation de la faune et flore benthique semblables aux processus de biofouling. A la suite de la création de biofilm sur la structure, la dynamique de la faune et flore fixées suit une temporalité pouvant être résumée sous la forme de 5 phases (Grosdemange, 2017) :

Phase de recrutement (0 à 16 mois), Stade prédominance (12 à 24 mois), Stade prédestination (16 mois), Stade maturation (24 à 48 mois), Stade climacique (>48 mois)

En se basant sur cette temporalité, il est possible de supposer avec une première installation des récifs en 2015, une atteinte du stade climacique lors des années 2014/2015 pour les structures Typi et 2018/2019 pour les structures Babel. Afin de permettre une comparaison des deux structures étant au même stade de colonisation, seules les données issues des comptage à partir de 2018 sont prises en compte dans cette analyse.

De 2009 à 2020, un comptage par point fixe avait été rajouté aux protocoles. Afin d'éviter des redondances avec les comptages circulaires et limiter le temps de plongée, ce protocole a été annulé. Toutes les données issues de ce type de comptage ne seront pas prises en compte dans cette étude. Afin de limiter au maximum les biais liés aux SP, les classes de tailles récoltées lors des plongées de comptage (Gillett et al, 2012), ne sont pas prises en compte dans cette étude. Pour négliger les possibles redondances de comptage des poissons (Martin, 2021) et harmoniser les données avec le

suivi effectué en 2022, les données récoltées sous la forme de point fixe ne sont pas prises en compte. Après exploration de la base de données, tous les comptages ayant le nom de la famille ou le nom d'espèce notés comme "non\_spécifié" sont supprimés. La récolte des données concernant le groupe des invertébrés étant inconstante selon les années, ce groupe n'est donc pas pris en compte dans cette étude.

Dans le but d'identifier si la composition de la communauté de poissons varie entre les types de structures de récifs artificiels et la concession, plusieurs analyses sont effectuées : l'analyse de variance par permutation (PERMANOVA), les tests de dispersion par permutation (PERMDISP) et l'échelonnement multidimensionnel non métrique (nMDS). Afin de comprendre la relation entre l'effort d'échantillonnage et la richesse spécifique ainsi que le nombre d'individus compté des Modèles linéaires généralisé sont utilisés. Les analyses sont conduites sur le logiciel R © version

Les données d'abondance et de richesse spécifiques sont examinées selon l'année, la concession et le type de structure. Les tests multivariés sont effectués sur les données d'abondance transformées par square root du package "vegan" (Oksanen et al, 2015) afin de diminuer l'importance des espèces abondantes (Davis et Smith, 2017). Par la suite, une matrice de distance de Bray-Curtis des données d'abondance ainsi que de la richesse spécifique est appliquée. Les distances de Bray-Curtis résument les distances par paires entre les échantillons et aident à diminuer le problème des absences dans les données sur les espèces (Oksanen et al, 2015).

Les jeux de données sont traités à partir d'une PERMANOVA (fonction adonis2 du package "vegan" (Oksanen et al, 2015)). La PERMANOVA (PERmutational Multivariate ANalysis Of VAriance) est une technique basée sur la permutation, elle n'est pas sensible aux hypothèses de distribution de la normalité des données, l'homogénéité des variances et est adaptée aux designs asymétriques (Anderson et Walsh 2013, Anderson et al. 2017). Cette méthode permet de mesurer la dissimilarité entre des groupes d'échantillon, en utilisant des analyses multivariées sur une matrice de distance.

Pour chaque terme du modèle, les p-values sont obtenues avec 9999 permutations et les distances Bray-Curtis. Des tests par paires sont effectués pour les termes du modèle où des différences significatives ont été révélées. Le paramètre structure des récifs artificiels est considéré comme un paramètre niché dans le paramètre concession.

L'hypothèse nulle est : "il n'existe pas de différence significative au seuil de 0.05 entre les groupes étudiés". On s'assure que nos données répondent à l'hypothèse d'homogénéité multivariée de la dispersion, nécessaire pour PERMANOVA, en effectuant un test PERMDISP sur le tableau d'abondance des poissons.

Afin de permettre une approche graphique des différences d'abondance sur les termes significatifs, une nMDS est effectuée (Anderson et al, 2017), sur les données d'abondance transformées en matrice de distance de Bray-Curtis.

Par la suite, une analyse SIMPER (Similarity percentage) a été effectuée, permettant de calculer la contribution de chaque espèce (en pourcentage %) à la dissimilarité entre les groupes identifiés (Piló et al. 2018) par la PERMANOVA comme significativement différents. Elle est calculée à partir du tableau de dissimilarité de Bray-Curtis. On définit 9999 permutations sur ce test et un seuil de significativité de 0.05.

### **3 - Résultats :**

#### **3.1 Bilan des plongées scientifiques effectuées par Atlantique Landes Récif en 2023 :**

La saison de plongée de 2023 pour ALR s'est déroulée du 29 Mai 2023 au 24 Août 2023. Cette saison comptabilise un total de 16 immersions pour un temps de travail total en immersion de 11 heures 19 minutes et 1 seconde. Ce temps total d'immersion prend en compte les plongées d'entraînement au travail scientifique, les comptages poissons, l'identification des juvéniles de poissons, la photo identification, la participation au suivi ichthyologique du MNHN et la recherche de sites. Le nombre total d'interventions en plongée (travaux en immersions) est de 23, avec 20 interventions sous-marines pour ALR et son suivi scientifique, et 3 pour le MNHN.

Sur les 20 interventions sous-marines, 16 font partie du suivi biologique. Sur ces 16 interventions, 10 ont été des comptages poissons, avec photo-identification et suivi de juvénile, et 6 pour de la photo-identification et du suivi de juvéniles uniquement. Les 4 dernières interventions ont été 2 plongées d'entraînement, et 2 pour la recherche du site 1 de Vieux-Boucau, et la recherche du site 1 de Moliets.

Les 4 interventions pour le MNHN comprennent 3 entraînements au comptage poisson et 1 comptage poisson réel sur les Buses 2 de Moliets. Ces interventions n'entrent pas en compte pour le suivi des récifs artificiels de 2023.

Lors de certaines immersions, plusieurs récifs ont pu être suivis à la fois. C'est le cas du Néréide de Capbreton qui a été suivi par photo-identification en même temps que les immersions sur le Typi de Capbreton. C'est pourquoi il y a davantage d'interventions sous-marines que de plongées pour la saison 2023.

En raison de contraintes techniques, environnementales et d'une avarie bateau grave, certaines opérations n'ont pas pu être réalisées pour le suivi de 2023.

Aucune plongée n'a pu être réalisée pour la prise de mesures de profondeurs et la mesure de l'enfouissement des récifs. Cela est dû à l'avarie bateau qui a mis fin prématurément à la saison, et a

donc rendu impossible la poursuite des plongées. Cette même avarie a également contraint ALR à ne pas faire de plongées pour la recherche d'une zone naturelle, avec des paramètres environnementaux proches de ceux des récifs artificiels. Avec ces mêmes contraintes, le ROV n'a pas pu être utilisé dans le cas de comptage poisson ou de recherche de zone naturelle.

L'étude par photo-identification n'a pas permis d'obtenir de résultats. En effet, aucun cliché sur les espèces ciblées n'a pu être réalisé. Les espèces *Seriola dumerili* et *Zeus faber* n'ont pas été observées durant la saison 2023, et donc n'ont pas pu être photographiées. Des individus de l'espèce *Conger conger* ont été observés soit furtivement, soit cachés dans des cavités, rendant impossible la photographie de marqueurs corporels.

### 3.2 Résultats du suivi des paramètres biologiques :

L'acquisition des paramètres biologiques s'est déroulée au cours des 10 comptages poissons sur l'ensemble des trois concessions d'ALR, et sur 6 interventions sous-marines consacrées uniquement à la photo identification. Le temps d'immersion total consacré aux phases de comptages poissons est de 6 heures 58 minutes et 48 secondes.

#### **3.2.1 Bilan de l'abondance et des espèces adultes recensées en 2023 :**

Au total, 16 familles et 27 espèces ont été observées sur l'ensemble des 10 séries de comptages poissons sur les récifs artificiels Typi et Babel. Le nombre d'individus adultes total qui ont été comptés sur le récif Typi (toutes concessions) est 4406. Le nombre d'individus adultes total qui ont été comptés sur le récif Babel est 2741. Le nombre d'individus adultes total qui ont été comptés est 7147. La famille des Sparidés regroupe 9 espèces différentes. Les familles des Gadidae, des Scorpaenidae et des Bleniidae regroupent chacune deux espèces différentes. Les cinq familles qui comptent les plus d'individus comptés sont les Bleniidae, les Carangidae, les Sparidae, les Sciaenidae et les Gadidae. Les espèces qui comptent le plus d'individus, recensés en 2023 sur le Typi et le Babel, sont *Trisopterus luscus*, *Umbrina canariensis*, *Trachurus trachurus*, *Boops boops* et *Parablennius pilicornis* (Tableau 4).

Tableau 4 Abondances totales pour chaque espèce recensée en 2022 sur l'ensembles des Typi, l'ensemble des Babel, et l'ensemble de la saison.

| Famille                                    | Nom vernaculaire      | Genre et espèce                 | Nombre total d'individus observés sur le récif Typi en 2023 | Nombre total d'individus observés sur le récif Babel en 2023 | Nombre total d'individus observés en 2023 sur l'ensemble des récifs artificiels | Nombre total d'individus observés en 2023 pour chaque famille |
|--|-----------------------|---------------------------------|---|--|---|---|
| Sparidae                                   | Sar à tête noire      | <i>Diplodus vulgaris</i>        | 2   | 1  | 3   | 652   |
|  | Sar à museau pointu   | <i>Diplodus puntazzo</i>        | 5   | 0  | 5   |   |
|  | Sar tambour           | <i>Diplodus cervinus</i>        | 5   | 0  | 5   |   |
|  | Oblade                | <i>Oblada melanura</i>          | 111   | 2  | 113   |   |
|  | Pagre commun          | <i>Pagrus pagrus</i>            | 0   | 1  | 1   |   |
|  | Pageot commun         | <i>Pagellus erythrinus</i>      | 9   | 3  | 12  |   |
|  | Bogue                 | <i>Boops boops</i>              | 450   | 50   | 500   |   |
|  | Daurade marbrée       | <i>Lithognathus mormyrus</i>    | 1   | 1  | 2   |   |
|  | Griset/Canthare       | <i>Spondylisoma cantharus</i>   | 3   | 8  | 11  |   |
| Gadidae                                    | Tacaud                | <i>Trisopterus luscus</i>       | 1130  | 495  | 1625  | 1626  |
|  | Motelle commune       | <i>Gaidropsarus vulgaris</i>    | 1   | 0  | 1   |   |
| Scorpaenidae                               | Petite rascasse rouge | <i>Scorpaena notata</i>         | 6   | 7  | 13  | 55  |
|  | Rascasse brune        | <i>Scorpaena porcus</i>         | 18  | 24   | 42  |   |
| Mullidae                                   | Rouget de roche       | <i>Mullus surmuletus</i>        | 200   | 28   | 228   | 225   |
| Bleniidae                                  | Blennie gattorugine   | <i>Parablennius gattorugine</i> | 120   | 102  | 222   | 666   |
|  | Blennie pilicorne     | <i>Parablennius pilicornis</i>  | 120   | 324  | 444   |   |
| Sciaenidae                                 | Ombrine Bronze        | <i>Umbrina canariensis</i>      | 1500  | 420  | 1920  | 1920  |
| Carangidae                                 | Chinchard             | <i>Trachurus trachurus</i>      | 695   | 1254   | 1949  | 1949  |
| Balistidae                                 | Baliste commun        | <i>Baliste capricus</i>         | 1   | 0  | 1   | 1   |
| Trachinidae                                | Grande vive           | <i>Trachinus draco</i>          | 4   | 1  | 5   | 5   |
| Serranidae                                 | Serran chevrette      | <i>Serranus cabrilla</i>        | 2   | 3  | 5   | 3   |
| Congridae                                  | Congre                | <i>Conger conger</i>            | 0   | 5  | 5   | 3   |
| Molidae                                    | Poisson lune          | <i>Mola mola</i>                | 1   | 0  | 1   | 1   |
| Labridae                                   | Cténolabre            | <i>Ctenolabrus rupestris</i>    | 4   | 5  | 9   | 8   |
| Octopodidae                                | Poulpe                | <i>Octopus vulgaris</i>         | 16  | 7  | 23  | 23  |
| Sepiidae                                   | Seiche commune        | <i>Sepia officinalis</i>        | 1   | 0  | 1   | 1   |
| Scyllaridae                                | Cigale de mer         | <i>Scyllarus arctus</i>         | 1   | 0  | 1   | 1   |
| Nombre total d'individus rescensés en 2023 |                       |                                 | 4406  | 2741   | 7147  |   |

### **3.2.1 Bilan des fréquences d'occurrence en 2023 :**

Le récif Typi et le récif Babel n'ayant pas été échantillonnés équitablement au cours de la saison 2023, la fréquence d'occurrence pour chacun de ces récifs est présentée de façon séparée. Il n'y a eu que 4 comptages sur le récif Typi, contre 6 pour le Babel. Le déséquilibre est trop grand pour obtenir une lecture et une comparaison adéquate des résultats.

La fréquence d'occurrence totale pour le récif Typi représente essentiellement le Typi de la concession de Capbreton puisqu'il y a eu trois comptages sur quatre réalisés sur ce récif. La fréquence d'occurrence est mieux répartie pour le récif Babel, avec trois comptages à Capbreton, deux sur Moliets et un sur Vieux-Boucau.

Pour le récif Typi, 5 classes de fréquence d'occurrence pour les espèces marines apparaissent pour la saison 2023. Ces classes sont : Omniprésente, Constante, Régulière, Accessoire et Non présente.



Les espèces *Mullus surmuletus*, *Parablennius gattorugine*, *Parablennius pilicornis*, *Trachurus trachurus* et *Octopus vulgaris* sont les cinq espèces à avoir été omniprésentes sur le récif Typi durant la saison 2023. Aucune espèce ne présente une fréquence d'occurrence dans la classe accidentelle pour la saison 2023. La classe de fréquence majoritaire est Accessoire, qui comptabilise douze espèces. Cependant, 21 espèces, déjà observées sur les récifs par le passé, n'ont pas été observées en 2023 (Tableau 5).

Tableau 5 Fréquence d'occurrence pour chaque espèce connue sur le récif Typi, pour la saison 2023.

| Nom vernaculaire      | Genre et espèce                 | Fréquence occurrence Typi |              |
|-----------------------|---------------------------------|---------------------------|--------------|
| Rouget de roche       | <i>Mullus surmuletus</i>        | 100%                      | Omniprésente |
| Blennie gattorugine   | <i>Parablennius gattorugine</i> | 100%                      | Omniprésente |
| Blennie pilicorne     | <i>Parablennius pilicornis</i>  | 100%                      | Omniprésente |
| Chinchard             | <i>Trachurus trachurus</i>      | 100%                      | Omniprésente |
| Poulpe                | <i>Octopus vulgaris</i>         | 100%                      | Omniprésente |
| Tacaud                | <i>Trisopterus luscus</i>       | 75%                       | Constante    |
| Rascasse brune        | <i>Scorpaena porcus</i>         | 75%                       | Constante    |
| Pageot commun         | <i>Pagellus erythrinus</i>      | 75%                       | Constante    |
| Bogue                 | <i>Boops boops</i>              | 50%                       | Régulière    |
| Oblade                | <i>Oblada melanura</i>          | 50%                       | Régulière    |
| Griset/Canthare       | <i>Spondyliosoma cantharus</i>  | 50%                       | Régulière    |
| Petite rascasse rouge | <i>Scorpaena notata</i>         | 50%                       | Régulière    |
| Ombrine Bronze        | <i>Umbrina canariensis</i>      | 50%                       | Régulière    |
| Sar à tête noire      | <i>Diplodus vulgaris</i>        | 25%                       | Accessoire   |
| Sar à museau pointu   | <i>Diplodus puntazzo</i>        | 25%                       | Accessoire   |
| Sar tambour           | <i>Diplodus cervinus</i>        | 25%                       | Accessoire   |
| Daurade marbrée       | <i>Lithognathus mormyrus</i>    | 25%                       | Accessoire   |
| Motelle commune       | <i>Gaidropsarus vulgaris</i>    | 25%                       | Accessoire   |
| Baliste commun        | <i>Baliste capriscus</i>        | 25%                       | Accessoire   |
| Grande vive           | <i>Trachinus draco</i>          | 25%                       | Accessoire   |
| Serran chevrette      | <i>Serranus cabrilla</i>        | 25%                       | Accessoire   |
| Poisson lune          | <i>Mola mola</i>                | 25%                       | Accessoire   |
| Ctérolabre            | <i>Ctenolabrus rupestris</i>    | 25%                       | Accessoire   |
| Seiche commune        | <i>Sepia officinalis</i>        | 25%                       | Accessoire   |
| Cigale de mer         | <i>Scyllarus arctus</i>         | 25%                       | Accessoire   |
| Sar commun            | <i>Diplodus sargus</i>          | 0%                        | Non présente |
| Pagre commun          | <i>Pagrus pagrus</i>            | 0%                        | Non présente |
| Lieu Jaune            | <i>Pollachius pollachius</i>    | 0%                        | Non présente |
| Rascasse rouge        | <i>Scorpaena scorfa</i>         | 0%                        | Non présente |
| Capelan               | <i>Trisopterus minutus</i>      | 0%                        | Non présente |
| Rouget de vase        | <i>Mullus barbatus</i>          | 0%                        | Non présente |
| Ombrine côtière       | <i>Umbrina cirrosa</i>          | 0%                        | Non présente |
| Sérieole              | <i>Seriola dumerili</i>         | 0%                        | Non présente |
| Bar Commun            | <i>Dicentrarchus labrax</i>     | 0%                        | Non présente |
| Sardine               | <i>Sardina pilchardus</i>       | 0%                        | Non présente |
| Mullet/Muge           | <i>Mugil cephalus</i>           | 0%                        | Non présente |
| Congre                | <i>Conger conger</i>            | 0%                        | Non présente |
| Bonite à dos rayé     | <i>Sarda sarda</i>              | 0%                        | Non présente |
| Saint-Pierre          | <i>Zeus faber</i>               | 0%                        | Non présente |
| Raie torpille         | <i>Torpedo marmorata</i>        | 0%                        | Non présente |
| Raie brunette         | <i>Raja undulata</i>            | 0%                        | Non présente |
| Calmar                | <i>Loligo vulgaris</i>          | 0%                        | Non présente |
| Homard                | <i>Homarus gammarus</i>         | 0%                        | Non présente |
| Langouste             | <i>Palinurus elephas</i>        | 0%                        | Non présente |
| Macropode             | <i>Macropodia sp</i>            | 0%                        | Non présente |
| Araignée de mer       | <i>Maja squinado</i>            | 0%                        | Non présente |

Les espèces *Trisopterus luscus* et *Parablennius pilicornis* ont été observées de façon omniprésente sur l'ensemble des récifs Babel. La classe Régulière comptabilise le plus d'espèces sur l'ensemble des récifs Babel en 2023. Contrairement au récif Typi, 6 espèces ont été observées de façon accidentelle. Ces espèces sont essentiellement des sparidés, hormis l'espèce *Trachinus draco* (Tableau 6).

Tableau 6 Fréquence d'occurrence pour chaque espèce connue sur le récif Babel, pour la saison 2023.

| Nom vernaculaire      | Genre et espèce                 | Fréquence occurrence Babel |              |
|-----------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------|
| Tacaud                | <i>Trisopterus luscus</i>       | 100%                       | Omniprésente |
| Blennie pilicorne     | <i>Parablennius pilicornis</i>  | 100%                       | Omniprésente |
| Chinchard             | <i>Trachurus trachurus</i>      | 83%                        | Constante    |
| Griset/Canthare       | <i>Spondyliosoma cantharus</i>  | 67%                        | Régulière    |
| Rascasse brune        | <i>Scorpaena porcus</i>         | 67%                        | Régulière    |
| Rouget de roche       | <i>Mullus surmuletus</i>        | 67%                        | Régulière    |
| Blennie gattorugine   | <i>Parablennius gattorugine</i> | 67%                        | Régulière    |
| Ombre Bronze          | <i>Umbrina canariensis</i>      | 50%                        | Régulière    |
| Congre                | <i>Conger conger</i>            | 50%                        | Régulière    |
| Cténolabre            | <i>Ctenolabrus rupestris</i>    | 50%                        | Régulière    |
| Poulpe                | <i>Octopus vulgaris</i>         | 50%                        | Régulière    |
| Pageot commun         | <i>Pagellus erythrinus</i>      | 33%                        | Accessoire   |
| Petite rascasse rouge | <i>Scorpaena notata</i>         | 33%                        | Accessoire   |
| Serran chevrette      | <i>Serranus cabrilla</i>        | 33%                        | Accessoire   |
| Sar à tête noire      | <i>Diplodus vulgaris</i>        | 17%                        | Accidentelle |
| Oblade                | <i>Oblada melanura</i>          | 17%                        | Accidentelle |
| Pagre commun          | <i>Pagrus pagrus</i>            | 17%                        | Accidentelle |
| Bogue                 | <i>Boops boops</i>              | 17%                        | Accidentelle |
| Daurade marbrée       | <i>Lithognathus mormyrus</i>    | 17%                        | Accidentelle |
| Grande vive           | <i>Trachinus draco</i>          | 17%                        | Accidentelle |
| Sar commun            | <i>Diplodus sargus</i>          | 0%                         | Non présente |
| Sar à museau pointu   | <i>Diplodus puntazzo</i>        | 0%                         | Non présente |
| Sar tambour           | <i>Diplodus cervinus</i>        | 0%                         | Non présente |
| Capelan               | <i>Trisopterus minutus</i>      | 0%                         | Non présente |
| Motelle commune       | <i>Gaidropsarus vulgaris</i>    | 0%                         | Non présente |
| Lieu Jaune            | <i>Pollachius pollachius</i>    | 0%                         | Non présente |
| Rascasse rouge        | <i>Scorpaena scorfa</i>         | 0%                         | Non présente |
| Rouget de vase        | <i>Mullus barbatus</i>          | 0%                         | Non présente |
| Ombre côtière         | <i>Umbrina cirrosa</i>          | 0%                         | Non présente |
| Sériole               | <i>Seriola dumerili</i>         | 0%                         | Non présente |
| Bar Commun            | <i>Dicentrarchus labrax</i>     | 0%                         | Non présente |
| Baliste commun        | <i>Baliste capriscus</i>        | 0%                         | Non présente |
| Sardine               | <i>Sardina pilchardus</i>       | 0%                         | Non présente |
| Mullet/Muge           | <i>Mugil cephalus</i>           | 0%                         | Non présente |
| Bonite à dos rayé     | <i>Sarda sarda</i>              | 0%                         | Non présente |
| Saint-Pierre          | <i>Zeus faber</i>               | 0%                         | Non présente |
| Poisson lune          | <i>Mola mola</i>                | 0%                         | Non présente |
| Raie torpille         | <i>Torpedo marmorata</i>        | 0%                         | Non présente |
| Raie brunette         | <i>Raja undulata</i>            | 0%                         | Non présente |
| Seiche commune        | <i>Sepia officinalis</i>        | 0%                         | Non présente |
| Calmar                | <i>Loligo vulgaris</i>          | 0%                         | Non présente |
| Cigale de mer         | <i>Scyllarus arctus</i>         | 0%                         | Non présente |
| Homard                | <i>Homarus gammarus</i>         | 0%                         | Non présente |
| Langouste             | <i>Palinurus elephas</i>        | 0%                         | Non présente |
| Macropode             | <i>Macropodia sp</i>            | 0%                         | Non présente |
| Araignée de mer       | <i>Maja squinado</i>            | 0%                         | Non présente |

### 3.2.2 Détermination des effets structurels et des effets de localisation

Cette partie s'axe sur l'identification des impacts des paramètres structurels et de localisation sur les communautés ichthyologiques à partir des données récoltées entre 2018 et 2022. Après le tri des données, 65 relevés valides ont été effectués avec un recensement de 39 espèces de poissons. En moyenne sur les trois concessions et les deux structures, 884 individus sont comptés avec une richesse spécifique moyenne égale à 8.

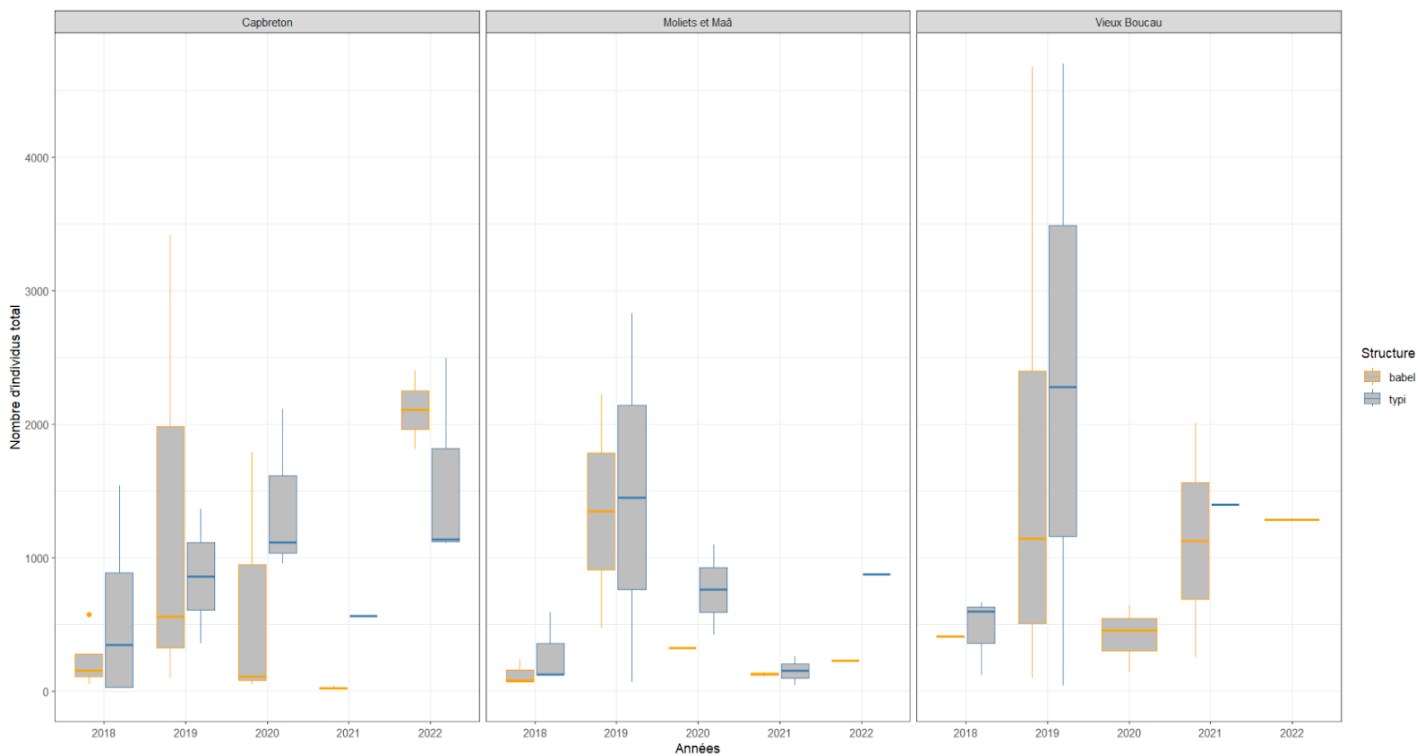


Figure 16 Box-plots du nombre d'individus en fonction des années classé selon le type de structure de récif artificiel et la concession. Les Box-plots représentent la médiane, le premier et le troisième quartiles.

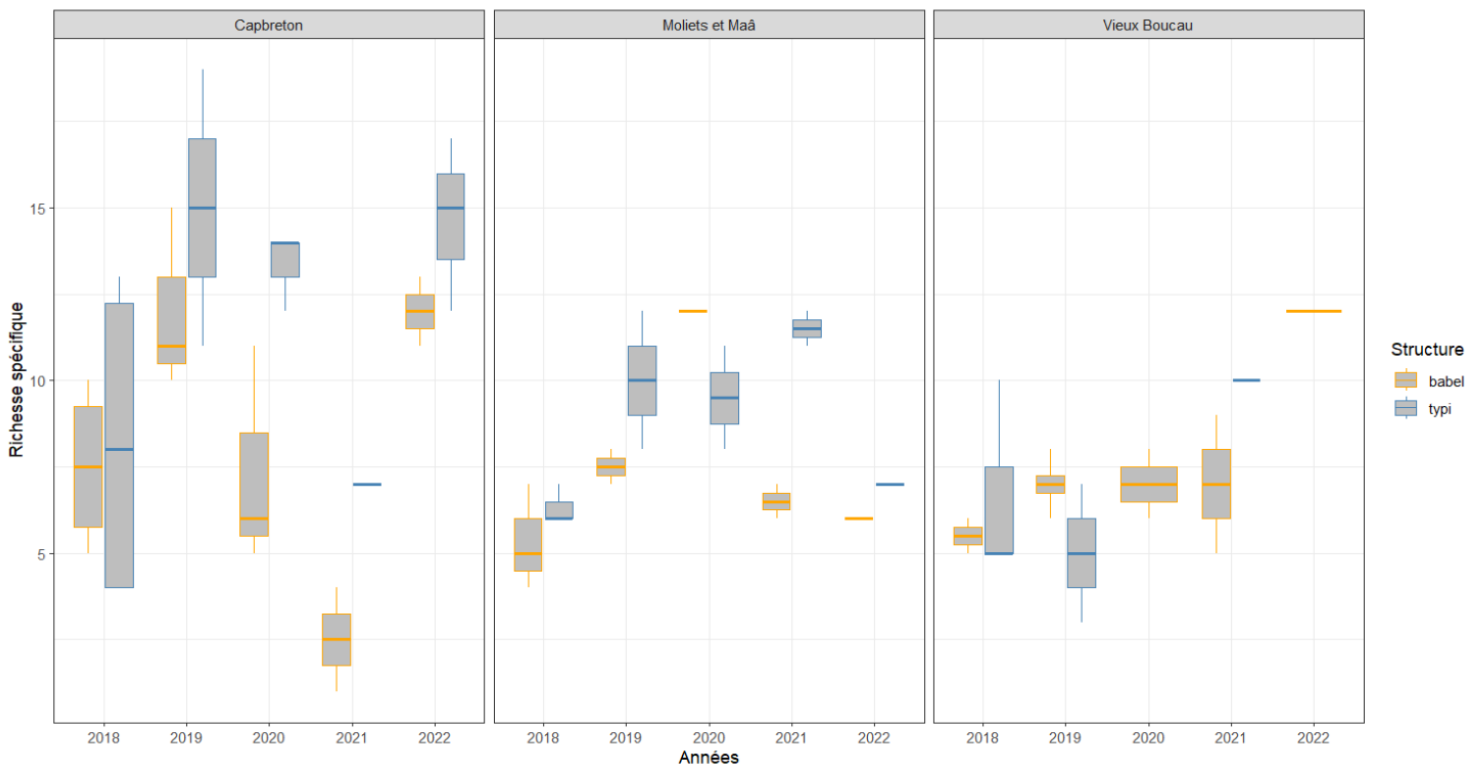


Figure 17 Box-plots de la richesse spécifique en fonction des années classé selon la structure de récif artificiel et la concession. Les Box-plots représentent la médiane, le premier et le troisième quartiles.

Une forte variabilité se fait apparaître selon les années dans les deux graphiques ci-dessus (Figures 16 et 17). Il semblerait que graphiquement la structure Typi possède une plus grande diversité d'espèces pour les concessions Capbreton et Moliets-et-Maâ. Cependant il semblerait qu'il n'y ait pas de différence entre les deux structures sur le nombre d'individus recensés (Figure 17). L'année 2019 semble avoir des comptes d'individus et des richesses spécifiques majoritairement supérieurs aux autres années.

Afin de déterminer si les paramètres structurels et de localisation influent sur les communautés ichthyologiques, des analyses sous la forme de PERMANOVA sont effectuées à la fois sur la richesse spécifique et sur le tableau d'abondance (Le travail sur les données sous la forme de présence- absence peut être retrouvé en Annexe).

### 3.2.3 Effet de structure et de localisation des RAs sur la richesse spécifique :

Tableau 7 Tableau des résultats issus de la PERMANOVA recherchant l'effet de la structure sur la richesse spécifique. 3 facteurs sont analysés : effet structure niché dans l'effet concession (localisation) et l'effet année (temporel). En vert les modalités ayant un seuil de significativité inférieur à 0.05.

|                                | Df | SumOfSqs | R2        | F       | Pr(>F) |
|--------------------------------|----|----------|-----------|---------|--------|
| Structure                      | 1  | 0.128866 | 0.0444436 | 4.84291 | 0.0197 |
| Année                          | 4  | 0.493453 | 0.1701831 | 4.63610 | 0.0019 |
| Structure : concession         | 4  | 0.313117 | 0.1079885 | 2.94181 | 0.0903 |
| Structure : année              | 4  | 0.188149 | 0.0648893 | 1.76770 | 0.1113 |
| Structure : concession : année | 14 | 0.791413 | 0.2729444 | 2.12443 | 0.0112 |
| Residual                       | 37 | 0.984542 | 0.3395511 | NA      | NA     |
| Total                          | 64 | 2.899541 | 1.0000000 | NA      | NA     |

Tableau 8 Tableau des résultats issus de la PERMANOVA recherchant l'effet de la concession (localisation) sur la richesse spécifique. 2 facteurs sont analysés : le facteur concession (localisation) et le facteur année (temporel). En vert les modalités ayant un seuil de significativité inférieur à 0.05.

|                    | Df | SumOfSq  | R2       | F       | Pr(>F) |
|--------------------|----|----------|----------|---------|--------|
| Concession         | 2  | 0.308846 | 0.106515 | 5.08578 | 0.0029 |
| Année              | 4  | 0.430529 | 0.148482 | 3.54478 | 0.0051 |
| Concession : année | 8  | 0.641982 | 0.221408 | 2.64289 | 0.0108 |
| Residual           | 50 | 1.518183 | 0.523594 | NA      | NA     |
| Total              | 64 | 2.899541 | 1.000000 | NA      | NA     |

Tableau 9 Tableau présentant les résultats du Pairwise issus de la PERMANOVA recherchant l'effet de la concession sur la richesse spécifique. En vert les modalités ayant un seuil de significativité inférieur à 0.05.

|                       | Capbreton | Moliets et Maâ |
|-----------------------|-----------|----------------|
| <b>Moliets et Maâ</b> | 0.07984   | NA             |
| <b>Vieux Boucau</b>   | 0.01063   | 0.21083        |

La richesse spécifique semble être différente selon la structure au seuil de significativité fixé à 0.05 (Tableau 7). La localisation semble aussi avoir un fort effet sur les assemblages des espèces (Tableau 8). La concession de Capbreton possède une richesse spécifique de  $10.03 \pm 4.5$ , la concession de Moliets-et-Maâ de  $7.89 \pm 2.49$  et la concession de Vieux Boucau de  $6.89 \pm 2.21$ . La forte variation entre années remarquée sur les graphiques est confirmée par la PERMANOVA. Cependant il ne

semblerait pas avoir d'effet d'interaction sur la richesse spécifique entre le type de structure et la temporalité. Une forte variation du facteur temporel est aussi observée (ici appelé "année").

Le Pairwise met en évidence une différence significative entre les concessions Capbreton et Vieux Boucau (Tableau 9). D'une façon générale, il semble que la concession localisée à Capbreton soit différente des deux autres concessions.

### **3.2.4 Effet de structure et de localisation des RAs sur les abondances :**

Tableau 10 Résultats issus de la PERMANOVA recherchant l'effet de la structure sur les communautés ichthyologiques. 3 facteurs sont analysés : effet structure niché dans l'effet concession (localisation) et l'effet année (temporel). En vert les modalités ayant un seuil de significativité inférieur à 0.05.

|                                | <b>Df</b> | <b>SumOfSqs</b> | <b>R2</b> | <b>F</b> | <b>Pr(&gt;F)</b> |
|--------------------------------|-----------|-----------------|-----------|----------|------------------|
| Structure                      | 1         | 0.303730        | 0.0189826 | 1.451516 | 0.1596           |
| Année                          | 4         | 2.254334        | 0.1408920 | 2.693346 | 0.0001           |
| Structure : concession         | 4         | 2.130272        | 0.1331383 | 2.545123 | 0.1244           |
| Structure : année              | 4         | 0.728717        | 0.0455436 | 0.870628 | 0.6705           |
| Structure : concession : année | 14        | 2.841126        | 0.1775655 | 0.969832 | 0.4108           |
| Residual                       | 37        | 7.742262        | 0.4838780 | NA       | NA               |
| Total                          | 64        | 16.000440       | 1.0000000 | NA       | NA               |

Tableau 11 Résultats issus de la PERMANOVA recherchant l'effet de la concession (localisation) sur les communautés ichthyologiques. 2 facteurs sont analysés : le facteur concession (localisation) et le facteur année (temporel) En vert les modalités ayant un seuil de significativité inférieur à 0.05.

|                    | <b>Df</b> | <b>SumOfSqs</b> | <b>R2</b> | <b>F</b> | <b>Pr(&gt;F)</b> |
|--------------------|-----------|-----------------|-----------|----------|------------------|
| Concession         | 2         | 1.74598         | 0.109121  | 4.31947  | 0.0001           |
| Année              | 4         | 2.20713         | 0.137942  | 2.73016  | 0.0001           |
| Concession : année | 8         | 1.94204         | 0.121374  | 1.20112  | 0.1256           |
| Residual           | 50        | 10.10530        | 0.631564  | NA       | NA               |
| Total              | 64        | 16.00044        | 1.000000  | NA       | NA               |

Tableau 12 Résultats du Pairwise issus de la PERMANOVA recherchant l'effet de la concession sur les communautés ichthyologiques. En vert les modalités ayant un seuil de significativité inférieur à 0.05.

|                       | <b>Capbreton</b> | <b>Moliets et Maâ</b> |
|-----------------------|------------------|-----------------------|
| <b>Moliets et Maâ</b> | 0.00005          | NA                    |
| <b>Vieux Boucau</b>   | 0.00031          | 0.27824               |



Lorsque l'abondance de chaque espèce est prise en compte, l'effet structure n'est plus significatif (Tableau 10). Il existe toujours un effet localisation (Tableau 11), confirmé par le Pairwise (Tableau 12) qui montre une différence entre la concession localisée à Capbreton et les deux autres concessions. La temporalité est toujours un facteur fortement influent sur les assemblages d'individus.

La représentation sous la forme de nMDS (Figure 18) confirme l'absence de différence sur le tableau d'abondance entre les deux structures. La structure Babel semble avoir plus de variation des assemblages d'individus que la structure Typi.

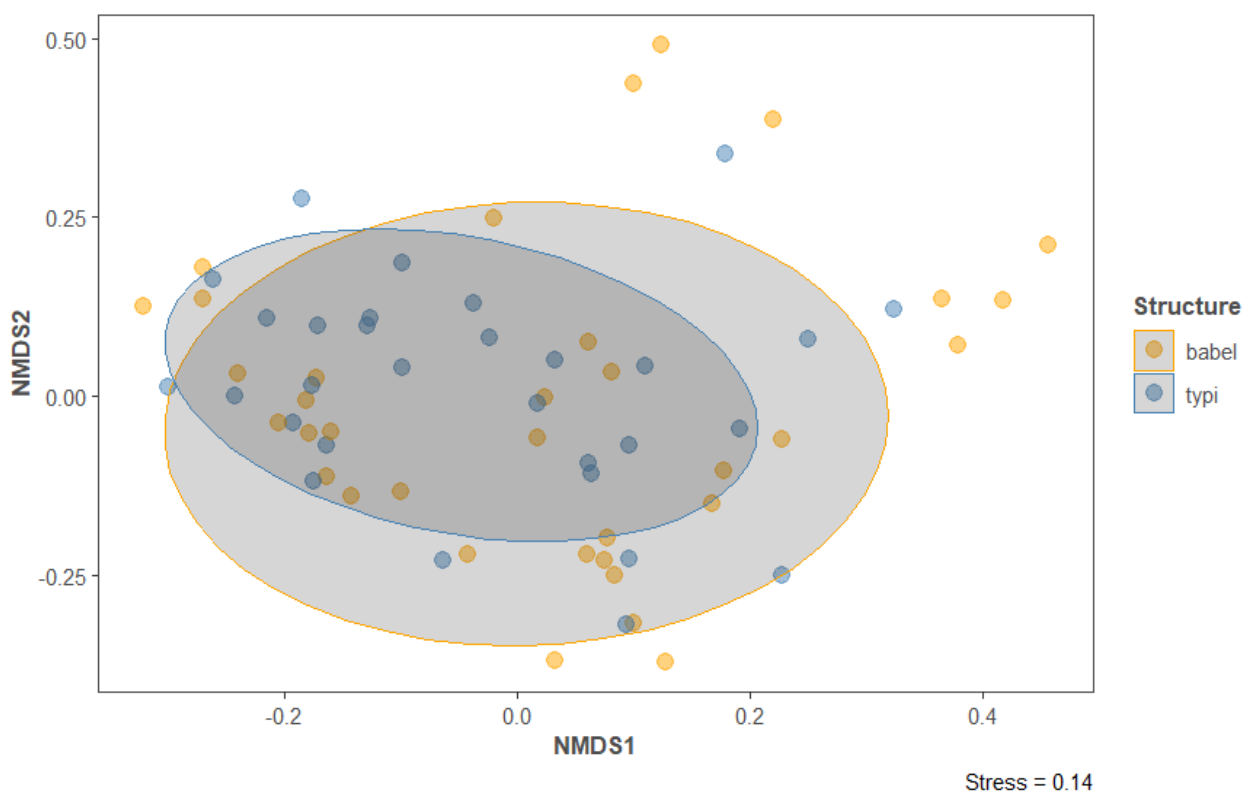


Figure 18 Analyse multidimensionnelle non métrique (nMDS) de la communauté ichthyologique au niveau spécifique. Basée sur une matrice de dissimilarité de Bray-Curtis de l'abondance des poissons. Les ellipses représentent les intervalles de confiance à 75% pour les échantillons classifiés par structure.

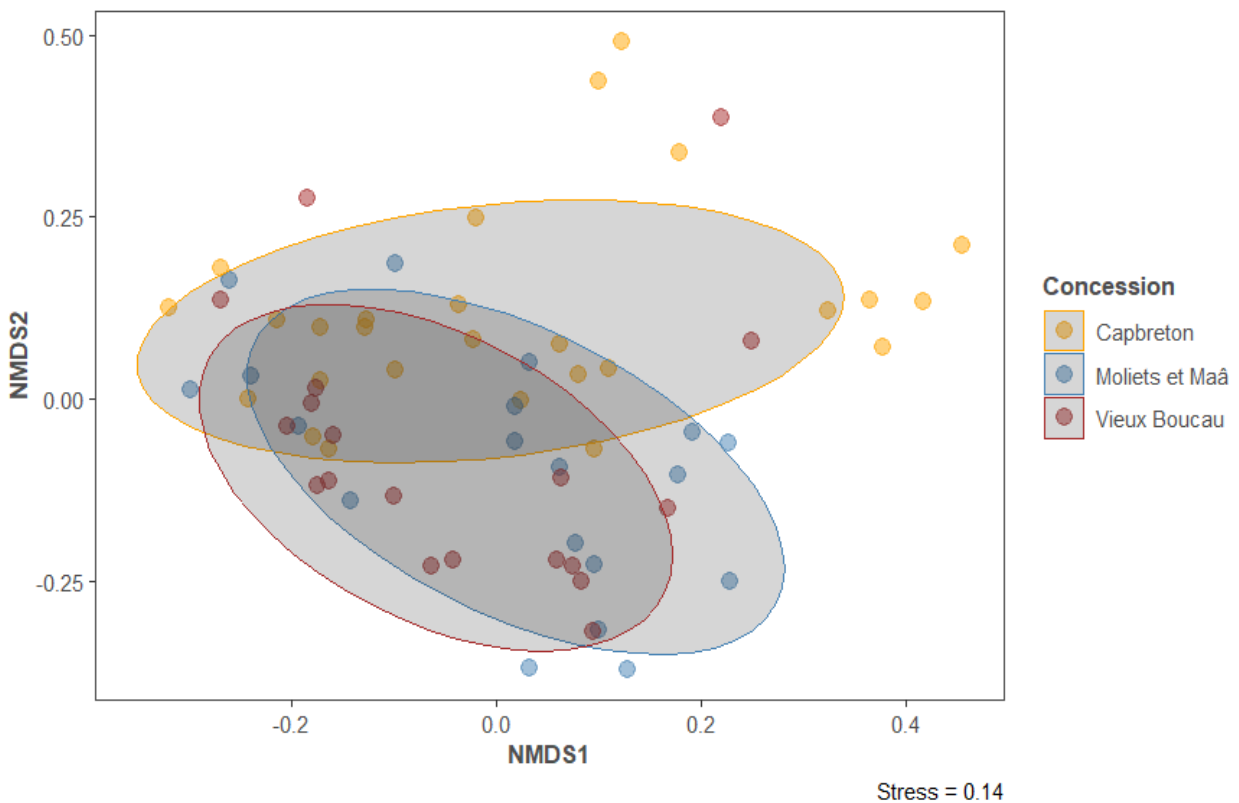


Figure 19 Analyse multidimensionnelle non métrique (nMDS) de la communauté ichthyologique au niveau spécifique. Basée sur une matrice de dissimilarité de Bray-Curtis de l'abondance des poissons. Les ellipses représentent les intervalles de confiance à 75% pour les échantillons classés par concession.

La représentation nMDS (Figure 19) confirme une différence d'assemblage des individus en fonction de la localisation. Les concessions de Moliets-et-Maâ et de Vieux-Boucau semblent avoir des assemblages similaires. On note cependant que la concession de Vieux-Boucau possède une forte dispersion.

L'analyse sous la forme de SIMPER permet de savoir sur le tableau d'abondance, quelles sont les espèces ayant le plus d'influence sur les dissimilarités. Il est à noter que les résultats sont le plus souvent corrélés avec l'abondance des individus par groupe sélectionné.

Les tableaux 13, 14 et 15 présentent uniquement les espèces exerçant une influence significative au seuil fixé à 0.05.

Tableau 13 Liste des espèces exerçant une influence significative au seuil de 0.05 issues des analyses SIMPER du contraste Capbreton / Moliets-et-Maâ.

| Nom scientifique               | Nom commun            | P Value   |
|--------------------------------|-----------------------|-----------|
| <i>Mullus surmuletus</i>       | Rouget surmulet       | 0.0251 *  |
| <i>Parablennius pilicornis</i> | Blennie pilicorne     | 0.0101 *  |
| <i>Balistes capriscus</i>      | Baliste               | 0.0014 ** |
| <i>Diplodus vulgaris</i>       | Sar commun            | 0.0370 *  |
| <i>Scorpaena porcus</i>        | Rascasse brune        | 0.0075 ** |
| <i>Pagellus erythrinus</i>     | Pageot commun         | 0.0120 *  |
| <i>Scorpaena notata</i>        | Petite rascasse rouge | 0.0355 *  |
| <i>Lithognathus mormyrus</i>   | Dorade marbrée        | 0.0164 *  |
| <i>Ctenolabrus rupestris</i>   | Cténolabre rupestre   | 0.0016 ** |

Tableau 14 Liste des espèces exerçant une influence significative au seuil de 0.05 issues des analyses SIMPER du contraste Capbreton / Vieux Boucau.

| Nom scientifique                | Nom commun          | P Value    |
|---------------------------------|---------------------|------------|
| <i>Trisopterus luscus</i>       | Tacaud commun       | 0.0003 *** |
| <i>Parablennius gattorugine</i> | Blennie gattorugine | 0.0099 **  |

Tableau 15 Liste des espèces exerçant une influence significative au seuil de 0.05 issues des analyses SIMPER du contraste Moliets-et-Maâ / Vieux Boucau.

| Nom scientifique             | Nom commun          | P Value   |
|------------------------------|---------------------|-----------|
| <i>Trisopterus luscus</i>    | Tacaud commun       | 0.0055 ** |
| <i>Ctenolabrus rupestris</i> | Cténolabre rupestre | 0.0058 ** |
| <i>Gaidropsarus vulgaris</i> | Motelle commune     | 0.0349 *  |

Il semblerait que les concessions de Capbreton et Moliets-et-Maâ possèdent le plus grand nombre d'espèces structurantes. Cela peut indiquer une plus grande différence entre ces deux concessions, que l'on peut supposer liée à l'éloignement important entre ces deux localisations.

L'espèce *Trisopterus luscus* est discriminante de groupe Capbreton – Vieux-Boucau et du groupe Moliets-et-Maâ – Vieux-Boucau (Abondance totale : Mm = 10845, Cap = 4246, Vb = 2022), elle est donc une des espèces qui contribue de façon importante à la différenciation de la concession de Vieux-Boucau. L'espèce *Ctenolabrus rupestris* joue le même rôle pour la concession de Moliets-et-Maâ (Abondance totale : Mm = 14, Cap = 0, Vb = 2).

### 3.3 Suivi des espèces marines par photo identification :

La partie photo identification de cette étude s'est déroulée en même temps que les immersions pour les comptages poissons. La durée totale allouée à la prise de photographies en immersion est de 4 heures et 45 minutes et 36 secondes. Les plongeurs bénévoles ont réalisé des clichés sous-marins sur l'ensemble des trois concessions, pour chaque type de récifs artificiels.

L'étude par photo-identification n'a pas permis d'obtenir de résultats de comparaison photo. En effet, aucun cliché sur les espèces ciblées n'a pu être réalisé. Les espèces *Seriola dumerili* et *Zeus faber* n'ont pas été observées durant la saison 2023, et donc n'ont pas pu être photographiées. Des individus de l'espèce *Conger conger* ont été observés soit furtivement, soit cachés dans des cavités, rendant impossible la photographie de marqueurs corporels.

#### **3.3.1 Identification d'espèces rares :**

Durant les phases de comptages poisson et de photo identification, 3 espèces rares ont été photographiées. L'espèce *Raja undulata* a été observée et photographiée près du Néréïde de Capbreton le 23 Juin 2023 (Figure 20). Cette espèce avait été observée pour la dernière fois en 2018 sur le Babel de Capbreton, sans cliché (Martin, 2019). Même si cette espèce présente des marqueurs épidermiques (motifs, cicatrices, ...) aucune analyse de correspondance photographique n'a été réalisée sur cet individu car elle n'a été observée qu'une seule fois durant la saison.



Figure 20 *Raja undulata* prise en photo sur le récif Néréïde de la concession de Capbreton en 2023.



L'espèce *Gaidropsarus vulgaris* a été observée et photographiée sur le Typi de Capbreton le 3 Juin 2023 (Figure 21). Cette espèce avait été observée une fois en 2022 sur le Babel de Vieux-Boucau, mais n'avait pas pu être photographiée (Jorge, 2023). Aussi, cette espèce a été observée en 2010 sur le site 2 de Capbreton (Martin, 2019).



Figure 21 *Gaidropsarus vulgaris* prise en photo sur le récif Typi de la concession de Capbreton en 2023.

L'espèce *Scyllarus arctus* a été observée et photographié sur le Typi de Vieux-Boucau le 24 Juin 2023 (Figure 22). Cette espèce avait été observée pour la dernière fois sur le site 2 de la concession de Capbreton en 2010 (Martin, 2019).



Figure 22 *Scyllarus arctus* prise en photo sur le récif Babel de la concession de Vieux-Boucau en 2023.

### 3.4 Bilan de l'utilisation du ROV sous-marin :

#### **3.4.1 Utilisation du ROV sous-marin dans la recherche de sites artificiels et naturels :**

Le ROV a été utilisé pour la recherche de récifs de type « Buse » sur la concession de Vieux-Boucau. Son utilisation s'est déroulée durant l'intervalle surface de deux plongées allouées aux comptages poissons sur les récifs Typi et Babel de Vieux-Boucau, le 24 Juin 2023.

Le temps total de la sortie ROV a été de 2h30. Ce temps comprend l'embarquement des bénévoles et du télépilote, l'organisation pour la mise à l'eau du ROV, l'exploration des différents sites, la récupération du ROV, ainsi que le retour en bateau.

Le temps total d'exploration sous-marine avec le ROV a été de 28 minutes 40 secondes. Les récifs de type Buse des sites 2, 5, 6 et 7 de la concession de Vieux-Boucau ont été recherchés. Aucune buse n'a été aperçue durant la phase d'exploration. Le site 1 n'a pas pu être recherché avec le ROV en raison du changement de courant au fond. Les plongeurs bénévoles ont cependant recherché ce site en plongée. Cette recherche s'est avérée infructueuse également. Les récifs Typi et Babel sont les seuls restants dans la concession de Vieux-Boucau (Figure 23).

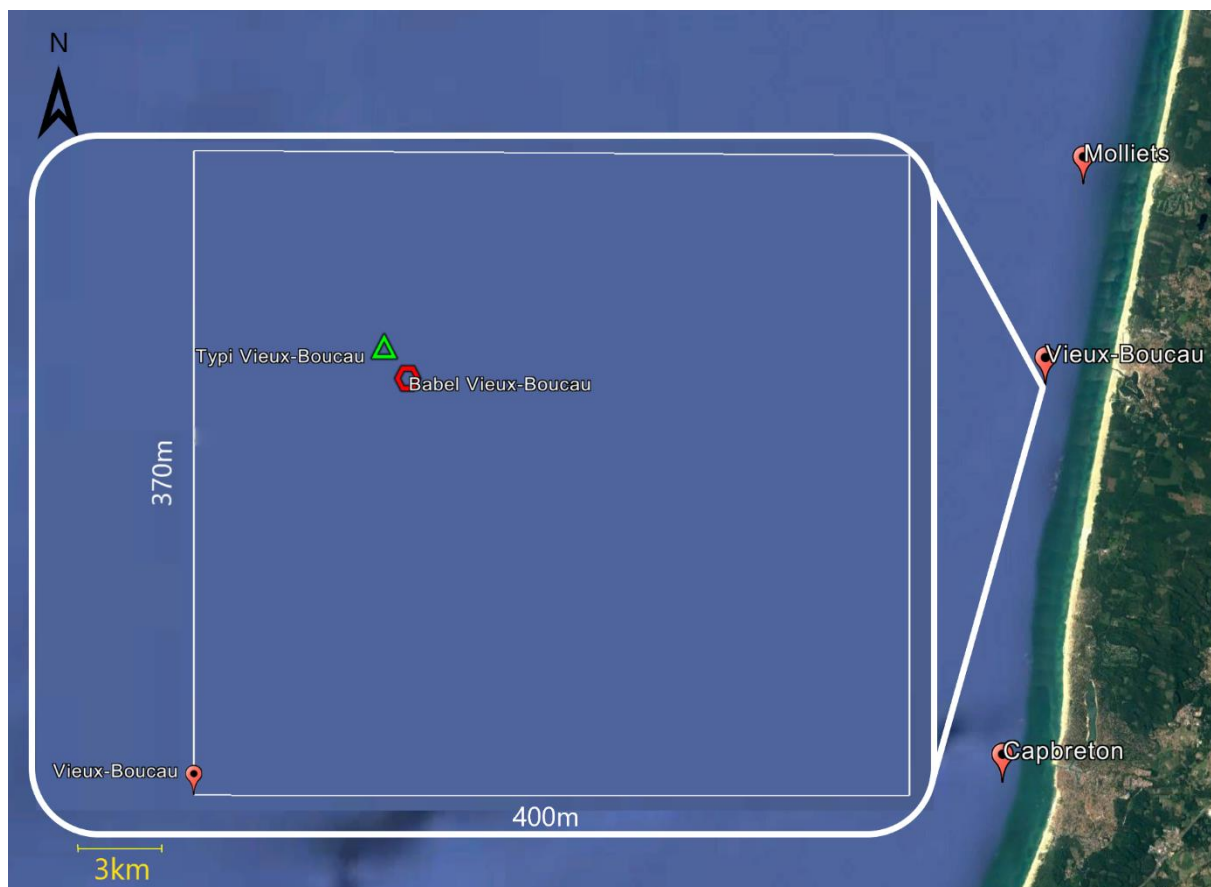


Figure 23 Nouvelle configuration de la concession de Vieux-Boucau après recherche des sites de Buses avec le ROV.



Des espèces pélagiques ont été observées durant les phases de recherche, lors de la descente du ROV. Il s'agit des espèces *Trachurus trachurus* et *Boops boops*, aperçues en bancs confondus (Figure 24).

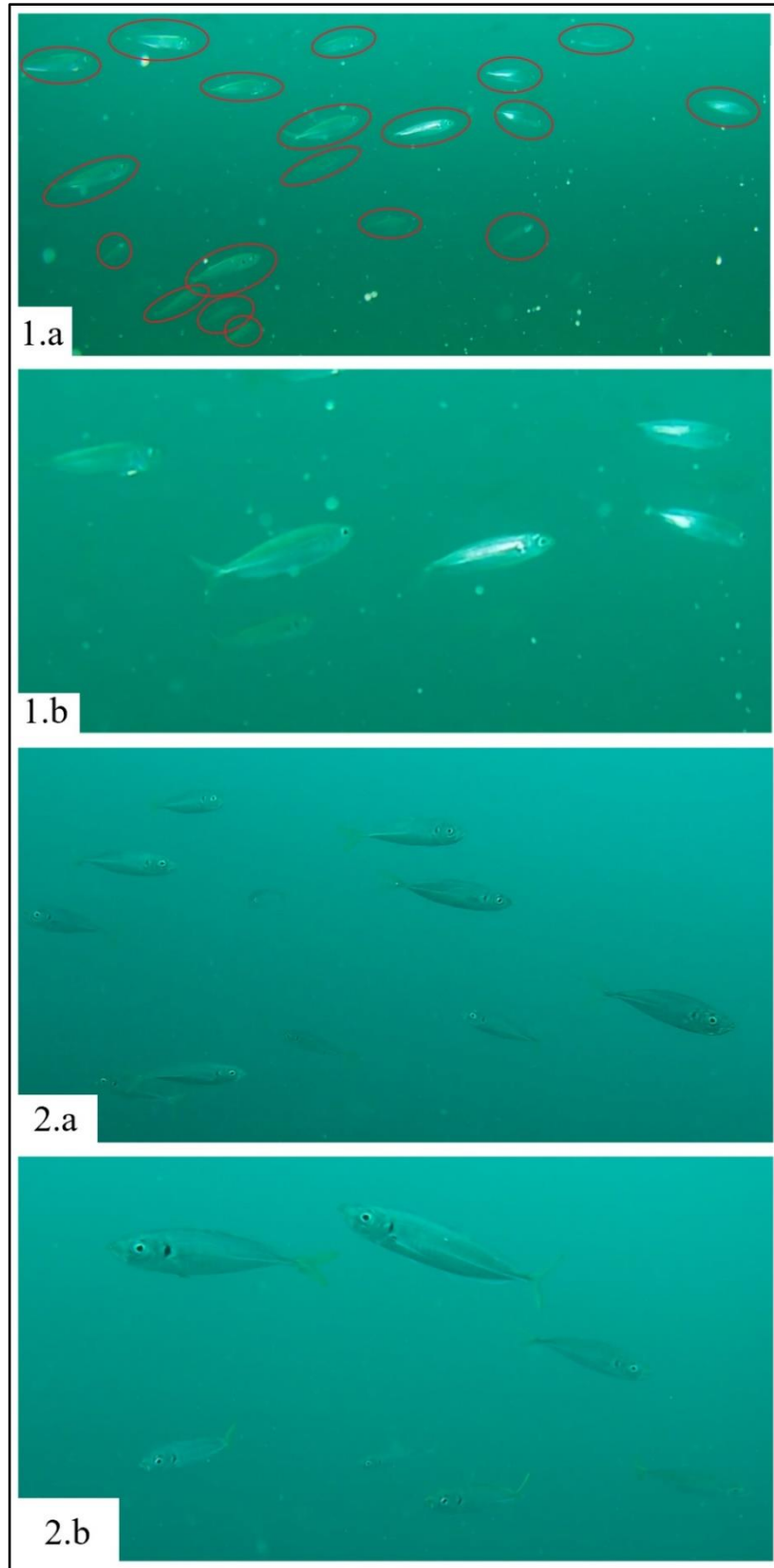


Figure 24 Clichés représentant les espèces pélagiques observées grâce au ROV lors de la recherche des sites 1, 2, 5,6 et 7 de la concession de Vieux-Boucau. (1a) *Boops boops*, (1b) *Boops boops* en banc, (2a) *Trachurus trachurus* en banc, (2b) *Trachurus trachurus*.

Des individus de l'espèce *Trachinus draco* ont été observés en grand nombre durant les phases de recherche, sur le sable (Figure 25). L'espèce *Echinocardium cordatum* a également été observée durant la recherche des buses, sur le sable (Figure 25).

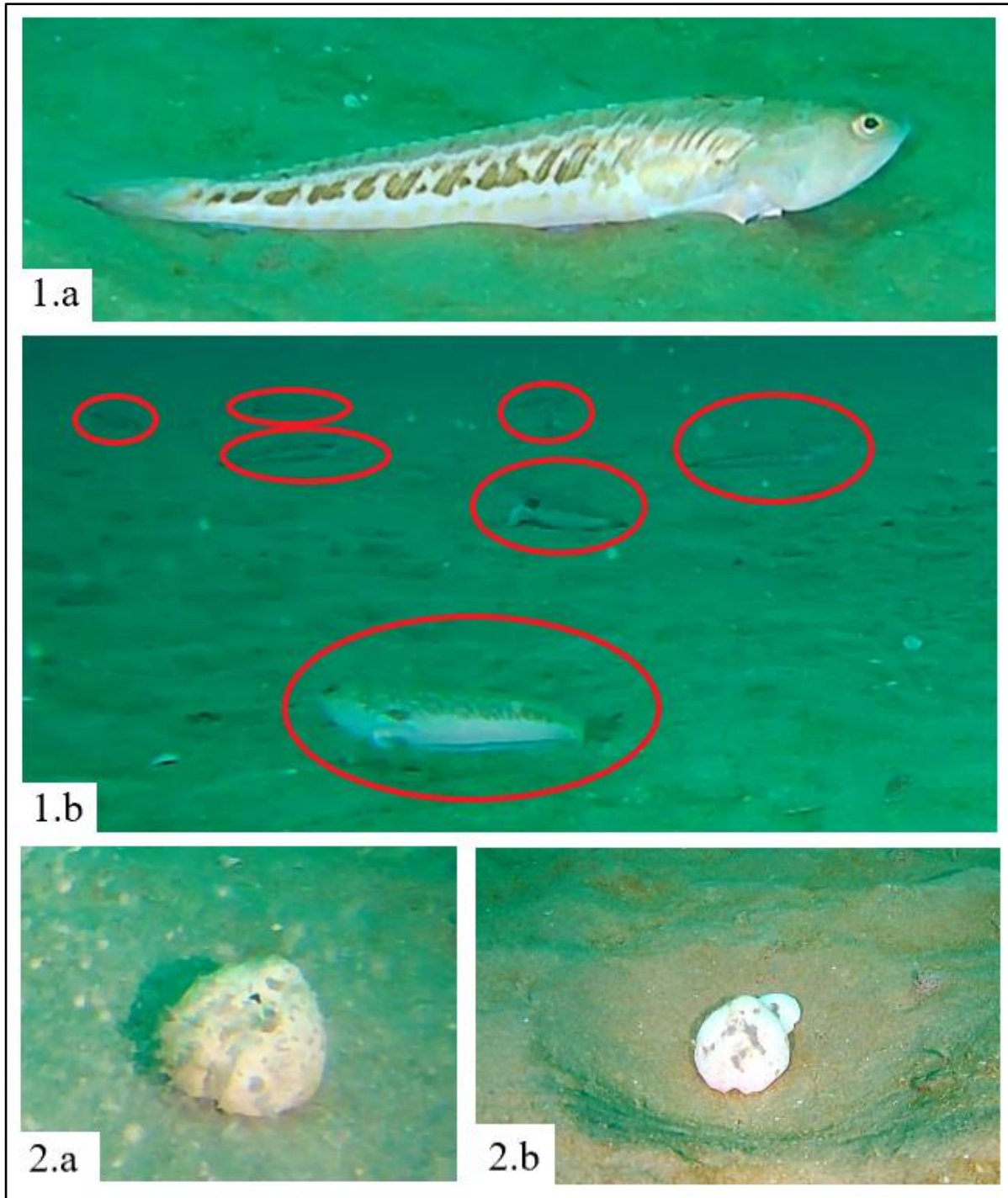


Figure 25 Clichés représentant les espèces benthiques observées grâce au ROV lors de la recherche des sites 1, 2, 5, 6 et 7 de la concession de Vieux-Boucau. (1a) *Trachinus draco*, (1b) *Trachinus draco* en banc, (2a) *Echinocardium cordatum*, (2b) *Echinocardium cordatum*.

### **3.4.2 Utilisation du ROV sous-marin dans l'exploration d'habitats profonds :**

L'exploration du site des Roches de Jean s'est déroulée le 27 Juin 2024, et non pas en 2023, pour une durée au fond de 15 minutes. Les raisons sont l'importante avarie bateau d'ALR, les conditions météorologiques marines et l'organisation et la disponibilité des membres de Cap Gouf Exploration pour aller sur site.

L'espèce *Zeus faber* n'a pas été aperçue durant cette mission d'exploration. Un individu du genre *Trisopterus* a pu être observé, ainsi qu'une quarantaine d'individus du genre *Umbrina* (Figure 26).

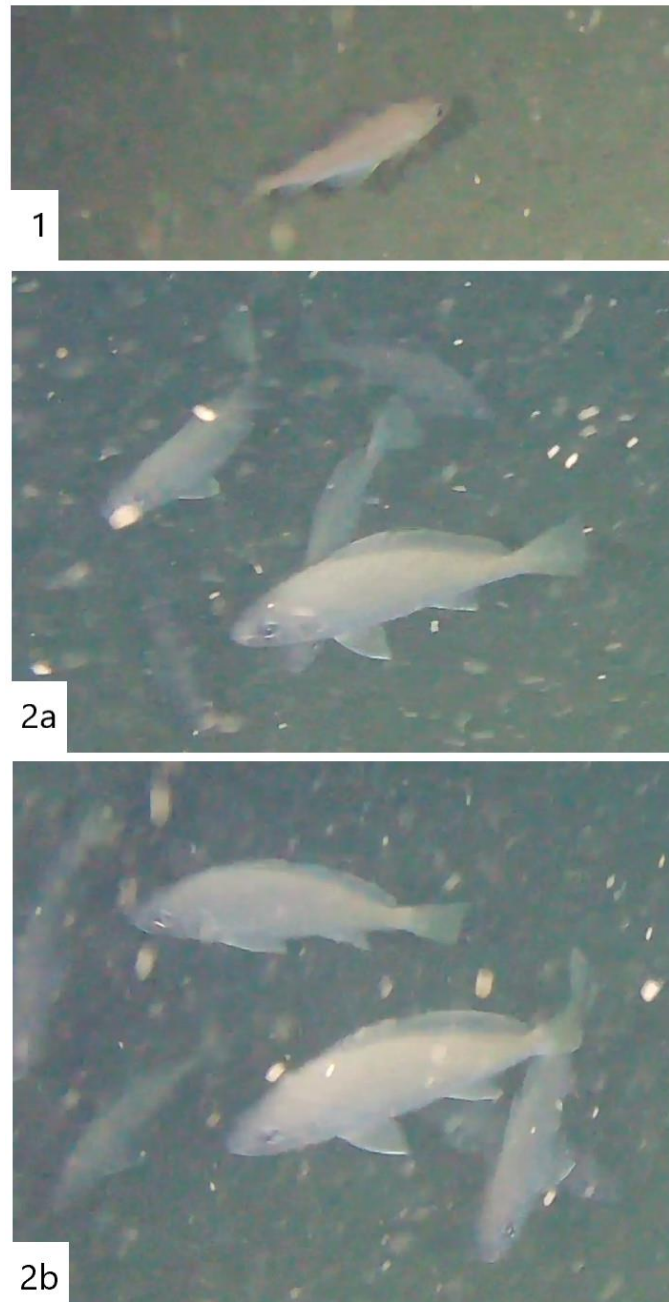


Figure 26 Clichés représentant les espèces de poissons rencontrées durant l'exploration en ROV des Roches de Jean à -65m de profondeur. (1) Individu du genre *Trisopterus*, (2a)(2b) Individus du genre *Umbrina*.

### 3.5 L'identification des juvéniles de poissons :

#### 3.5.1 Recensement des juvéniles de poissons :

Le dénombrement et l'identification des juvéniles de poissons téléostéens se sont déroulés durant les phases de comptage et de photo-identification sur l'ensemble des concessions. Le temps total consacré aux juvéniles de poissons est de 6 heures 58 minutes et 48 secondes. Pour le récif Typi, 3 séries de comptages se sont déroulées sur la concession de Capbreton, et 1 sur celle de Vieux-Boucau. Pour le récif Babel, 3 se sont déroulées sur la concession de Capbreton, 1 sur Vieux-Boucau et 2 sur celle de Moliets.

Les espèces identifiées comme juvéniles ont été classées par Genre/Espèces, concession, type de récif et par nombre. Les espèces identifiées comme juvéniles lors des comptages poissons sont *Mullus surmuletus*, *Trisopterus luscus*, *Diplodus vulgaris*, *Scorpaena scrofa*, *Scorpaena porcus*, *Conger conger*, *Spondyliosoma cantharus*, *Trachurus trachurus*, et *Parablennius pilicornis* (Tableau 16).

Tableau 16 Listes des espèces recensées comme juvéniles lors des comptages poisson, et leur présence selon le type de récifs et la série de comptage en 2023.

| Nom vernaculaire  | Genre et espèce                | Typi Capbreton |         |         | Typi Vieux-Boucau | Babel Capbreton |         |         | Babel Vieux-Boucau | Babel Moliets |         |
|-------------------|--------------------------------|----------------|---------|---------|-------------------|-----------------|---------|---------|--------------------|---------------|---------|
|                   |                                | Série 1        | Série 2 | Série 3 |                   | Série 1         | Série 2 | Série 3 | Série 1            | Série 1       | Série 2 |
| Rouget de roche   | <i>Mullus surmuletus</i>       |                |         | +       |                   | +               |         | +       |                    |               |         |
| Tacaud            | <i>Trisopterus luscus</i>      |                | +       |         |                   |                 |         |         | +                  |               |         |
| Sar à tête noire  | <i>Diplodus vulgaris</i>       |                |         | +       |                   | +               |         | +       |                    |               |         |
| Rascasse rouge    | <i>Scorpaena scrofa</i>        |                |         |         |                   |                 |         |         |                    |               | +       |
| Rascasse brune    | <i>Scorpaena porcus</i>        | +              |         |         |                   |                 |         |         |                    |               |         |
| Congre            | <i>Conger conger</i>           |                |         |         |                   |                 |         |         |                    |               | +       |
| Canthare          | <i>Spondyliosoma cantharus</i> |                |         | +       |                   | +               |         | +       |                    |               | +       |
| Chinchard         | <i>Trachurus trachurus</i>     |                |         | +       |                   |                 |         | +       |                    |               |         |
| Blennie pilicorne | <i>Parablennius pilicornis</i> |                |         | +       |                   |                 |         | +       |                    |               |         |

Les juvéniles de poissons identifiés sur le Typi de Capbreton au cours des 3 séries de comptages sont *Mullus surmuletus*, *Trisopterus luscus*, *Diplodus vulgaris*, *Scorpaena porcus*, *Spondyliosoma cantharus*, *Trachurus trachurus*, et *Parablennius pilicornis*. L'ensemble de ces espèces a été observé lors de la troisième série de comptages, le 24 Août 2023, en fin de saison. Seules les espèces *Conger conger* et *Scorpaena scrofa* n'ont pas été observées sur le récif Typi de Capbreton.

Aucune espèce de poissons au stade juvénile n'a été enregistrée sur le Typi de Vieux-Boucau. Au total, 7 espèces de poissons au stade juvénile ont été recensées lors des quatre comptages poisson sur le récif Typi de Capbreton, et celui de Vieux-Boucau (Tableau 17).

Les juvéniles de poissons identifiés sur le Babel de Capbreton au cours des 3 séries sont *Mullus surmuletus*, *Diplodus vulgaris*, *Spondyliosoma cantharus*, *Trachurus trachurus*, et *Parablennius pilicornis*. La deuxième série de comptage pour le Babel de Capbreton n'enregistre aucun juvénile. Hormis pour *Trachurus trachurus*, l'ensemble des juvéniles ont été observés à la fois sur les séries 1 et 3. La première série de comptage s'est déroulée le 3 Juin 2023, en début de saison, tandis que la troisième série s'est déroulée le 24 Août 2023, soit en fin de saison.

Pour le Babel de Vieux-Boucau, seules les espèces *Diplodus vulgaris* et *Spondyliosoma cantharus* ont été identifiées au stade juvénile, sur une série de comptage.

Les espèces de poissons juvéniles relevées sur les deux séries de comptage du Babel de Moliets sont *Scorpaena scrofa*, *Conger conger* et *Spondyliosoma cantharus*.

Au total, 8 espèces de poissons au stade juvénile ont été recensées lors des 6 comptages poisson sur le récif Babel de Capbreton, de Vieux-Boucau et de Moliets (Tableau 17).

Le nombre total de poissons considérés comme juvéniles est de 575 sur l'ensemble des séries de comptage pour les récifs Typi et Babel, toutes concessions confondues. Le récif Typi enregistre une abondance de juvéniles totale de 287 individus, tandis que le Babel enregistre une abondance de juvéniles totale de 288 individus (Tableau 17).

Tableau 17 Effectifs des espèces recensées comme juvéniles lors des comptages poisson, et leur présence selon le type de récifs et la série de comptage en 2023.

| Nom vernaculaire  | Genre et espèce                | Typi Capbreton |         |         | Typi Vieux-Boucau | Typi Total | Babel Capbreton |         |         | Babel Vieux-Boucau | Babel Moliets |     | Babel Total | Total |
|-------------------|--------------------------------|----------------|---------|---------|-------------------|------------|-----------------|---------|---------|--------------------|---------------|-----|-------------|-------|
|                   |                                | Série 1        | Série 2 | Série 3 | Série 1           |            | Série 1         | Série 2 | Série 3 | Série 1            | Série 2       |     |             |       |
| Rouget de roche   | <i>Mullus surmuletus</i>       | 0              | 0       | 30      | 0                 | 30         | 20              | 0       | 15      | 0                  | 0             | 0   | 35          | 65    |
| Tacaud            | <i>Trisopterus luscus</i>      | 0              | 1       | 0       | 0                 | 1          | 0               | 0       | 0       | 2                  | 0             | 0   | 2           | 3     |
| Sar à tête noire  | <i>Diplodus vulgaris</i>       | 0              | 0       | 5       | 0                 | 5          | 10              | 0       | 10      | 0                  | 0             | 0   | 20          | 25    |
| Rascasse rouge    | <i>Scorpaena scrofa</i>        | 0              | 0       | 0       | 0                 | 0          | 0               | 0       | 0       | 0                  | 2             | 0   | 2           | 2     |
| Rascasse brune    | <i>Scorpaena porcus</i>        | 1              | 0       | 0       | 0                 | 1          | 0               | 0       | 0       | 0                  | 0             | 0   | 0           | 1     |
| Congre            | <i>Conger conger</i>           | 0              | 0       | 0       | 0                 | 0          | 0               | 0       | 0       | 0                  | 2             | 0   | 2           | 2     |
| Canthare          | <i>Spondyliosoma cantharus</i> | 0              | 0       | 30      | 0                 | 30         | 2               | 0       | 100     | 1                  | 0             | 2   | 105         | 135   |
| Chinchard         | <i>Trachurus trachurus</i>     | 0              | 0       | 200     | 0                 | 200        | 0               | 0       | 100     | 0                  | 0             | 0   | 100         | 300   |
| Blennie pilicorne | <i>Parablennius pilicornis</i> | 0              | 0       | 20      | 0                 | 20         | 2               | 0       | 20      | 0                  | 0             | 0   | 22          | 42    |
|                   |                                | Total          |         |         |                   | 287        | Total           |         |         |                    |               | 288 | 575         |       |

Sur l'ensemble des séries de comptage du récif Typi, les espèces dont les juvéniles sont les plus abondants sont *Trachurus trachurus*, *Spondyliosoma cantharus* et *Mullus surmuletus* (Tableau 17). Des juvéniles de poissons ont été majoritairement recensés lors de la troisième série de comptage poisson sur le Typi de Capbreton. Une vingtaine d'individus juvéniles de *Parablennius pilicornis* a été dénombrée sur le récif Typi. Les espèces de juvéniles les moins abondantes sont *Trisopterus luscus*, *Scorpaena porcus* et *Diplodus vulgaris*.



Sur l'ensemble des séries de comptage du récif Babel, les espèces dont les juvéniles sont les plus abondants sont également *Trachurus trachurus*, *Spondyliosoma cantharus* et *Mullus surmuletus* (Tableau 17). Des juvéniles de poissons ont été majoritairement recensés lors de la troisième série de comptage poissons sur le Babel de Capbreton. Une vingtaine d'individus juvéniles de *Diplodus vulgaris* et *Parablennius pilicornis* a été dénombrée sur le récif Babel. Et enfin les espèces de juvéniles les moins abondantes sur le récif Babel sont *Trisopterus luscus*, *Scorpaena scrofa* et *Conger conger*.

Les espèces dont les juvéniles sont les plus abondants sur l'ensemble des séries de comptage sur les deux récifs sont *Trachurus trachurus* et *Spondyliosoma cantharus* (Figure 27). Le nombre de juvéniles appartenant aux espèces *Trachurus trachurus* et *Spondyliosoma cantharus* représentent respectivement 52,17 % et 23,48 % du total des juvéniles observés sur l'ensemble des comptages poissons du récif Babel.

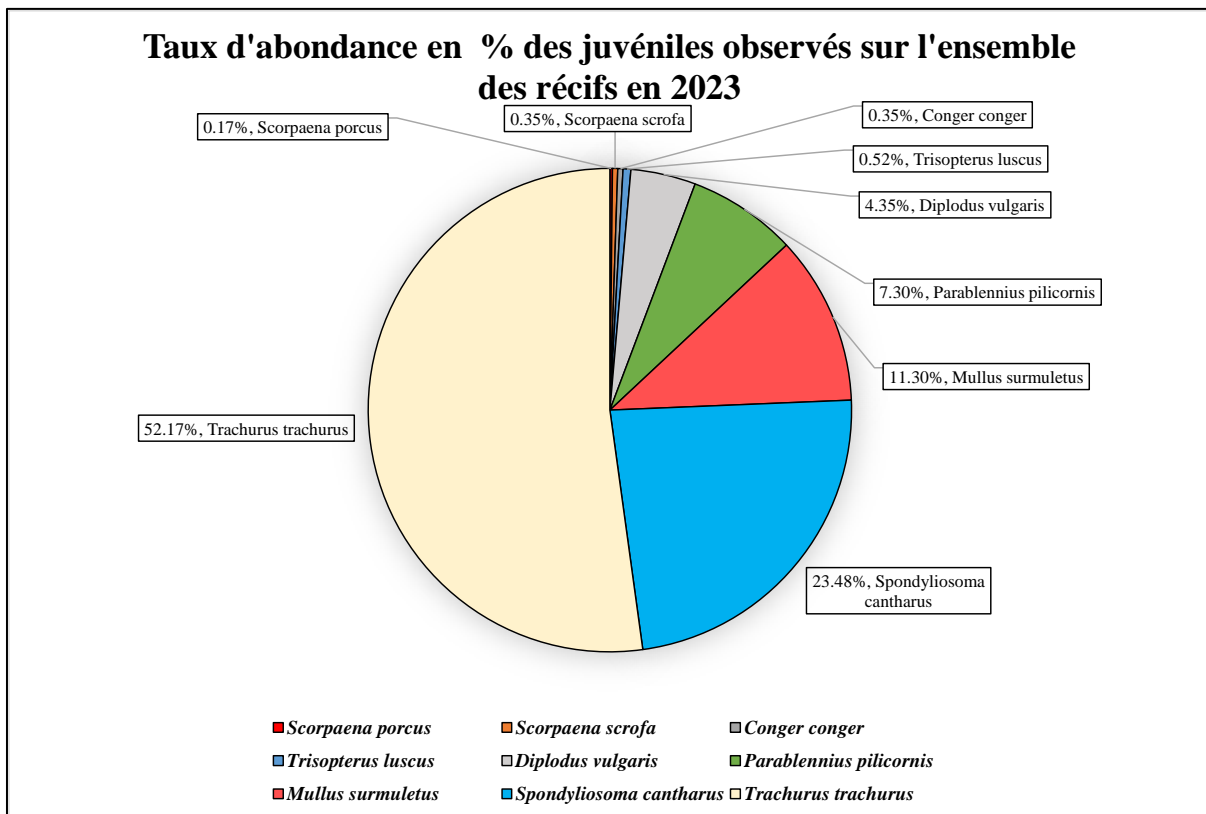


Figure 27 Taux d'abondance en % des juvéniles observés sur l'ensemble des récifs en 2023.



### 3.5.2 Identification de stades juvéniles par photo identification :

Lors des plongées, certaines espèces de poissons recensées et identifiées comme juvéniles ont pu être photographiées par les plongeurs bénévoles de l'association. Ces espèces sont *Trisopterus luscus* (Figure 28), et *Spondylisoma cantharus* (Figure 29).



Figure 28 *Trisopterus luscus* juvénile pris en photo sur le Babel de Vieux-Boucau. Comparaison avec un individu adulte.

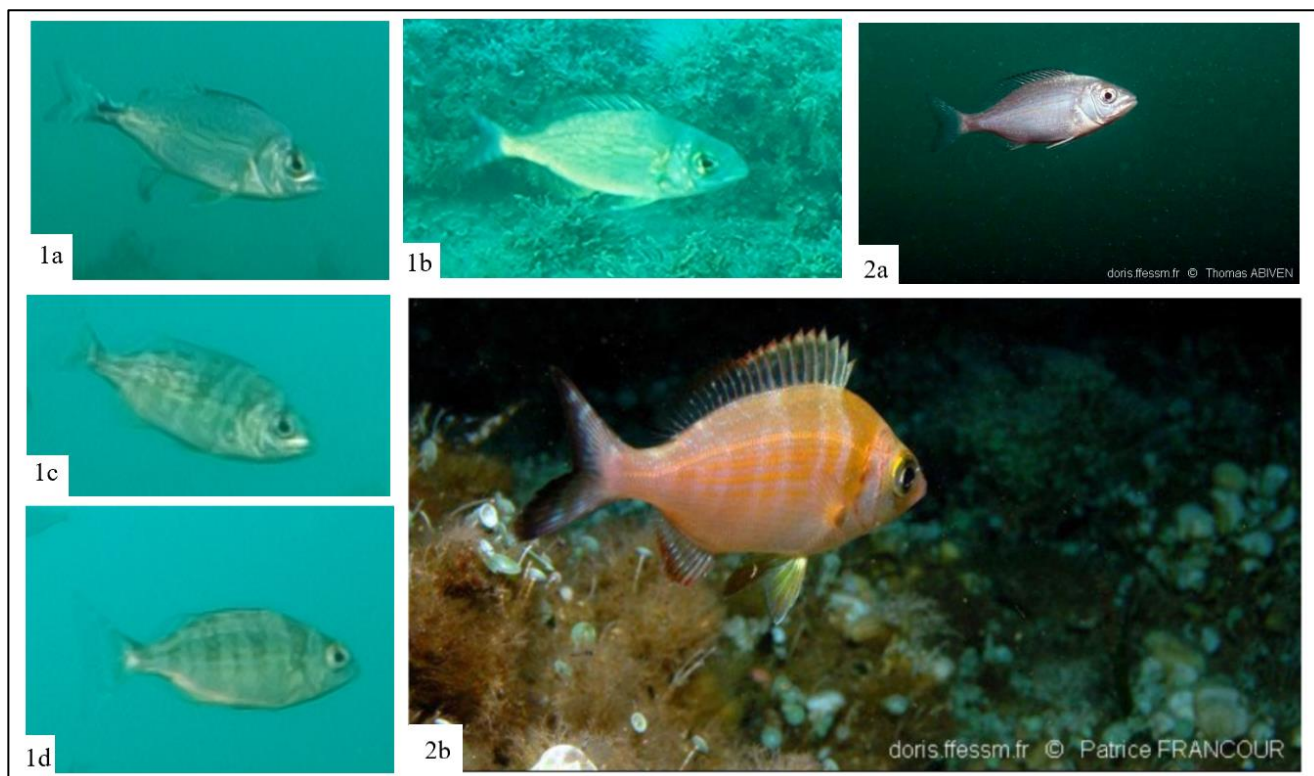


Figure 29 Clichés de l'espèce *Spondylisoma cantharus* au stade juvénile. (1a)(1b) Juvéniles de Canthare sur le Babel de Capbreton en 2023. (2a) Image de comparaison de la base de données DORIS FFESSM. (1c)(1d) Canthares juvéniles avec motifs épidermiques. (2b) Image de comparaison de la base de données DORIS FFESSM.

## 4 - Discussion

### 4.1 Limites de l'étude du suivi des récifs artificiels en 2023 :

Le suivi des récifs artificiels de 2023 a rencontré plusieurs limites, liées à des contraintes environnementales, logistiques et scientifiques.

Les contraintes météorologiques et environnementales n'ont pas permis de réaliser toutes les missions en plongée envisagées. Plusieurs plongées ont présenté des visibilitées faibles, voire nulles, empêchant ainsi la prise de données biologiques. De plus, la météo était parfois très défavorable et cela présentait donc un risque pour une sortie en mer.

Des contraintes logistiques ont aussi grandement diminué le nombre de sorties en mer possible durant la saison 2023. L'avarie bateau en est la cause principale. Cette avarie a rendu impossible les sorties en mer durant la saison. Comme cette avarie est arrivée à la fin du mois d'Août, les sorties prévues pour Septembre et Octobre ont été annulées, amputant ainsi la saison de plongée de deux mois. Ce temps perdu a eu un impact considérable sur le nombre suffisant de données biologiques et physiques requises pour mener à bien ce suivi. Pour la partie biologique du suivi, ce sont les comptages poisson, la photo-identification et les missions en ROV qui ont été impactées. Le nombre de comptages poissons par récif n'est donc pas suffisant, et les données qui en découlent n'ont pas pu être analysées statistiquement. Pour la photo-identification, la probabilité de rencontrer des congres, des saint-pierres et des sérioles a ainsi été fortement réduite. Aucune de ces espèces n'a pu être photographiée ou observée correctement. Et enfin, le ROV n'a pas pu être utilisé pour des comptages poissons et la recherche d'une zone naturelle. Pour la partie physique, aucune plongée n'a pu être allouée au suivi de l'enfouissement des récifs artificiels. Or cette composante est primordiale pour un suivi sur le long terme de la tenue des récifs sur le substrat. Ce suivi devra être poursuivi pour l'année 2024.

Et enfin des contraintes scientifiques sont apparues durant ce suivi. La mise en place d'un indice de complexité des structures en partenariat avec le laboratoire Géolab n'a pu être livré à temps pour le suivi 2023 lié à des contraintes de temps et d'organisation.

Le manque de ces données recueillies lors du suivis 2023 a entraîné des répercussions sur les analyses statistiques et mathématiques. En effet, les données biologiques acquises en 2023 n'étaient donc pas suffisantes pour dégager des résultats statistiques pertinents et robustes. Les analyses statistiques ont pris en compte uniquement les données de 2018 à 2022.

#### 4.2 La prise en compte du paramètre de la salinité durant le suivi de 2023 :

La salinité est un paramètre physique qui aurait dû être pris en compte pour les analyses des phénomènes biologiques. Le nombre de répliques de comptages poisson pour l'année 2023 étant insuffisant, le suivi de la salinité par rapport aux données biologiques n'a pas pu être exploité.

Cependant, la mise en place du protocole de la salinité a permis de faire connaître cette pratique aux plongeurs bénévoles. L'année 2023 peut être considérée comme une année test pour la prise de mesure de la salinité. Ainsi, les plongeurs bénévoles seront plus à l'aise pour les futurs suivis. Ils seront donc plus efficaces pour mesurer la salinité à chaque comptage poisson.

#### 4.3 Bilan de l'utilisation du ROV sous-marin sur le suivi des récifs artificiels :

Le ROV sous-marin a été un outil encore efficace pour ce suivi des récifs artificiels de 2023, avec des pistes cependant inexploitées.

Tout d'abord, l'utilisation de ce type d'appareil a permis de prouver l'ensablement total des sites de buses 1, 2, 5, 6 et 7 de la concession de Capbreton. L'utilisation de cette machine a permis d'obtenir un gain de temps et de moyens humains dans ce type de mission. En effet, ce genre d'intervention nécessite au moins deux palanquées de deux bénévoles, un pilote et une sécurité surface, ainsi que des réserves d'air et de matériels de plongée conséquents. De plus, davantage de sites de Buses ont été immergés sur la concession de Vieux-Boucau par rapport aux autres concessions. La recherche de ces sites aurait demandé plus de temps et de logistique que pour la concession de Capbreton. Ce temps de recherche a donc été fortement réduit grâce au ROV.

Cet outil pourrait s'avérer utile pour observer l'évolution d'enfouissement des autres récifs artificiels. Ainsi, les récifs Buse de la concession de Moliets pourraient faire l'objet d'un suivi avec le ROV, sur la base de sessions d'observations et de comparaisons photos.

Les contraintes techniques de l'année 2023 ont réduit le temps alloué aux missions liées au ROV. Aucune tentative de comptages poissons n'a pu être réalisée. Il en est de même pour la recherche d'une zone naturelle. Ces deux pistes restent donc pour le moment en attente, et pourront être envisagées dans de futurs suivis.

Enfin, la mission d'observation des abords du Gouf de Capbreton a permis de montrer la bonne tenue du ROV dans cet habitat profond. Cependant, aucun saint-pierre n'a été observé durant cette mission. Ce poisson n'a été observé que très rarement par les plongeurs de Cap Gouf Exploration sur le site des Roches du Jean. De plus, la faible visibilité à cette profondeur a été un facteur négatif pour son observation.

Même si lors de cette session, aucun saint-pierre n'a été trouvé, deux espèces de poissons prépondérantes des récifs artificiels d'ALR ont été aperçues ce jour-là. Il s'agit des espèces *Umbrina sp* et *Trisopterus sp*.



La présence de ces espèces à la fois aux abords du Gouf et sur les récifs artificiels peut se traduire par le phénomène de connectivité des habitats. Ces espèces auraient très bien pu se déplacer des récifs vers les Roches de Jean, et inversement. L'étude de Koeck et al (2011) a montré qu'un individu de l'espèce *Diplodus sargus* pouvait parcourir 20km en 15 jours. Il en a été de même pour un autre individu de cette espèce, qui a parcouru 6,7km en 11 jours. La thèse de Koeck (2012) conforte ces résultats, avec un individu qui aurait parcouru une quarantaine de kilomètres en un jour. Enfin, les études de Reubens, Degraer et Vincx (2011) et Degraer et al (2020), démontrent ce même phénomène pour l'espèce *Trisopterus luscus*. Dans ces études, cette espèce peut parcourir des centaines de kilomètres entre récifs artificiels (éoliennes en mer) et le milieu naturel. Il serait donc plausible de penser qu'il existe ce même phénomène pour les des récifs artificiels d'ALR. Ainsi, les tacauds adultes des récifs artificiels, par exemple, pourraient venir se nourrir et grandir sur les récifs durant l'été et l'automne, et retourneraient vers les abords du Gouf pour le frai (Degraer et al, 2020).

En connaissance de ce phénomène, l'hypothèse que les saint-pierres adoptent le même comportement pourrait être envisagée. Afin de renforcer cette hypothèse, il serait envisageable de réaliser davantage de missions d'exploration avec le ROV à ces grandes profondeurs.

L'étude du mode de vie du saint-pierre sur cette zone pourrait faire l'objet d'un suivi à part entière, afin de comprendre la connectivité entre les récifs artificiels landais et les grandes profondeurs du Gouf de Capbreton. Cette étude pourrait se baser sur l'étude de Maravelias, Tsitsika et Papaconstantinou (2007). Cette étude est l'une des premières qui étudie les captures par unité d'effort des saint-pierre en fonction de la profondeur, de la température et de la latitude. Cette étude pourrait être transposée à la zone de la côte Landaise proche du Gouf. Ainsi, les observations des saint-pierres sur les récifs artificiels pourraient être corrélées avec la saisonnalité et la profondeur. Il serait alors possible de suivre les déplacements des saint-pierres dans le temps entre les différents habitats de la zone. Ces observations pourraient être couplées à de la photo-identification, afin de déterminer les modes de vie des individus de l'espèce *Zeus faber*.

Cette méthode pourrait aussi être appliquée aux autres espèces des récifs artificiels, comme les tacauds et les ombrines. Ces espèces se retrouvent également en grand nombre sur les concessions de Vieux-Boucau et de Moliets. Ainsi, il serait possible de retracer les déplacements des espèces de poissons au-travers des différentes concessions et des zones naturelles, en fonction des saisons.

#### [4.4 Les juvéniles de poisson téléostéens sur les récifs artificiels Typi et Babel :](#)

Le nombre d'espèces de poissons juvéniles identifiés en 2023 est le même qu'en 2022. Cependant, 3 nouvelles espèces ont pu être identifiées par rapport à 2022. Même si 3 espèces observées en 2022 sont manquantes en 2023, le nombre total d'espèces de poissons juvéniles observés est de 12 sur 2 ans.

Les fréquences d'occurrence des espèces de poissons juvéniles donnent une première idée des juvéniles majoritaires sur les récifs artificiels. Les espèces *Trachurus trachurus*, *Spondyliosoma cantharus* et *Mullus surmuletus* sont majoritairement observés sur l'ensemble des récifs Typi et Babel des trois concessions. Or les abondances pour ces espèces sont bien supérieures pour les récifs Typi et Babel de la concession de Capbreton. Il est possible de supposer que cette concession offre un habitat idéal pour *Trachurus trachurus*, *Spondyliosoma cantharus* et *Mullus surmuletus*. Cet habitat peut aussi être plus facile d'accès, avec la proximité du canal de Capbreton et du Gouf.

Ces premières observations de juvéniles sont empiriques. Si certains points peuvent être perçus comme des améliorations, d'autres soulèvent de nouvelles questions dans la méthodologie du suivi des juvéniles.

Le suivi des juvéniles de poissons est récent pour les plongeurs bénévoles. Même si la période de 2 ans de suivi peut paraître courte, les plongeurs ont été capables d'identifier et de prendre en photo de nouvelles espèces à leur stade juvénile. Ces plongeurs ont donc amélioré leur efficacité à identifier des juvéniles. Cela pousse les observations et les données de comptage poissons à être plus fines et robustes au cours du temps (Labrosse et al, 2001). Ces constats sont à prendre avec un certain recul. En effet, il faudrait réaliser un suivi de juvéniles sur le plus long terme, afin de détecter davantage d'espèces et de voir si les plongeurs deviennent plus performants dans leurs observations.

La photo-identification a été efficace dans l'observation de poissons juvéniles. Cette technique a permis de bien montrer les différences de tailles entre un individu juvénile et un adulte dans le cas du Tacaud.

La saisonnalité n'a cependant pas été prise en compte pour l'identification des juvéniles. L'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée (Crec'hriou Romain et al, 2015) indique la période d'installation pour chacune des espèces référencées. Pour certaines, ces phases d'installation ont lieu à d'autres moments de l'année que durant la saison estivale. Or les plongeurs d'ALR opèrent surtout de la fin du printemps jusqu'à la moitié de l'Automne. Ainsi, les espèces qui s'installent en dehors de cette partie de l'année ne seraient pas observées et il y aurait une perte d'information. C'est pourquoi effectuer des plongées avec des plongeurs, ou avec le ROV pourrait permettre d'acquérir de nouvelles données concernant les poissons juvéniles sur les récifs artificiels d'ALR.

En complément de cette première ouverture, selon l'étude de Labrosse et al (2001), il est très difficile de collecter des données sur l'ensemble des espèces. C'est pourquoi il serait peut-être préférable de recenser le maximum d'espèces de poissons juvéniles sur les récifs artificiels, et ainsi sélectionner les espèces qui ont un intérêt halieutique par exemple. En faisant cela, le nombre et la qualité des paramètres seraient améliorés pour les futures études.

À la suite de ces recommandations, un exemple d'étude serait de comparer les densités de juvéniles entre avant et après ajout de modules de complexification sur les récifs artificiels. L'étude

de Mercader et al (2017) rapporte que l'ajout de micro-récifs artificiels augmente significativement la densité et la richesse spécifique des juvéniles de poissons dans les ports. Ce type de micro-habitats artificiels pourraient être conçus de sorte à maximiser la complexité des récifs déjà existants. De ce fait, le même phénomène biologique que dans l'étude de Mercader et al (2017) pourrait survenir sur les récifs artificiels d'ALR.

#### 4.5 Le suivi des espèces marines par photo-identification

Les résultats de la photo-identification concernent la présence d'espèces rares et très peu observées sur l'ensemble des récifs artificiels.

Il est facile de s'imaginer que les espèces *Raja undulata* et *Gaidropsarus vulgaris* ont pu migrer depuis une zone rocheuse vers les récifs artificiels de Capbreton. En effet, cette concession est proche de zones rocheuses profondes (Gouf), ou du canal de Capbreton.

L'espèce *Raja undulata* aurait pu migrer depuis ces zones pour se retrouver sur les récifs artificiels de Capbreton. Le faible taux d'observation de cette espèce pourrait s'expliquer par son mode de vie. En effet, cette espèce affectionne les fonds sablo-vaseux, comme ceux de la côte Landaise et est active la nuit (Jaboulay, Sittler et Chanet, 2020). Afin de pouvoir l'observer plus facilement, l'association pourrait imaginer une procédure pour des plongées de nuit sur les récifs artificiels

Le faible taux d'observation de l'espèce *Gaidropsarus vulgaris* pourrait s'expliquer encore une fois par le mode de vie. En effet, ce poisson benthique privilégie les anfractuosités rocheuses sombres durant la journée (Seigne, Barrabes, De Casamajor et André, 2021). Une attention pourrait être plus prononcée lors de la phase 3 du comptage poissons afin de peut-être détecter plus souvent cette espèce.

L'observation de l'espèce *Scyllarus arctus* reste cependant plus complexe à expliquer. Cette espèce benthique vit sur les fonds rocheux et se déplace avec ses pattes articulées (Lamare, Quintin et Noël, 2023). Hors la concession de Vieux-Boucau est à quelques kilomètres de l'embouchure du lac marin de Port d'Albret. Il serait donc difficile pour ce crustacé de se déplacer sur d'aussi longues distances. C'est pourquoi la phase de vie larvaire pourrait expliquer sa présence sur les récifs de Vieux-Boucau. La phase de vie larvaire est pélagique chez *Scyllarus arctus*. Les larves se déposent sur le substrat qu'elles rencontrent et finissent leur croissance jusqu'au stade adulte (Lamare, Quintin et Noël, 2023). L'individu photographié en 2023 serait une larve qui s'est déposée sur le substrat dur du récif et qui s'y est développée. Afin de peut-être observer davantage de petites cigales de mer sur les récifs artificiels, là encore ALR pourrait penser à une procédure de plongée de nuit.

La technique de la photo-identification s'avère donc efficace, et il est nécessaire de continuer d'appliquer cette technique pour de prochains suivis biologiques.



## 4.6 Le suivi des paramètres biologiques :

### **4.6.1 Analyses descriptive :**

Les espèces qui ont été les plus abondantes en 2023 sur l'ensemble des récifs échantillonnés sont *Umbrina canariensis*, *Trisopterus luscus*, *Trachurus trachurus*, *Boops boops* et *Parablennius pilicornis*. Ces mêmes espèces présentent des fréquences d'occurrence très élevées sur les deux types de récifs. Les modalités de ces fréquences d'occurrence sont « Omniprésente », « Constante », et « Régulière » pour ces 5 espèces sur le récif Typi. Les modalités des fréquences d'occurrence sont cependant légèrement différentes pour le récifs Babel. En effet, *Trisopterus luscus*, *Parablennius pilicornis*, *Trachurus trachurus* et *Umbrina canariensis* sont des espèces dont les modalités sont comprises entre « Omniprésente » et « Régulière ». Seule l'espèce *Boops boops* a été observée de façon « Accidentelle » sur le récif Babel.

Cette disparité des résultats peut s'expliquer par la différence du nombre de comptages poissons entre ces deux récifs. En effet, le récif Babel a bénéficié dans son ensemble de 6 comptages poissons. En augmentant le nombre de répliques, les résultats deviennent théoriquement plus robustes. Ainsi le Babel donne une meilleure représentation descriptive que le récif Typi sur l'ensemble des trois concessions.

L'abondance totale du récif Typi est presque le double de celle du récif Babel. Ce résultat est presque le même pour chaque espèce. Ces dernières sont en général beaucoup plus abondantes sur le récif Typi que le récif Babel. Donc même si le récif Babel a été échantillonné plus de fois que le récif Typi, ce n'est pas lui qui présente la plus grande abondance d'espèces mobiles.

Ces résultats peuvent s'expliquer de deux façons. Tout d'abord, il se pourrait que la présence et l'abondance des espèces mobiles soit liée à la forme du récif. Il a été démontré que la forme et la complexité d'un récif artificiel avait un impact significatif sur les abondances et les fréquences d'occurrence des espèces marines (Charbonnel et al, 2002). Les récifs Babel des concessions de Vieux-Boucau et Moliets présentent une forte concentration d'hermelles sur leur surface. Cette espèce est connue pour produire des structures biogéniques dites « pseudorécif » (Dubois, 2003). Par observation in situ des plongeurs, le Babel de Moliets est maintenant dépourvu d'ouverture à cause de la prolifération des hermelles. Le Babel de Vieux-Boucau commence également à en être recouvert, et ses ouvertures commencent à s'obstruer. Ainsi, les espèces mobiles auraient accès à moins de cachettes et choisiraient préférentiellement le récif Typi.

L'autre explication serait que les espèces se déplacent quasi-continuellement entre les deux structures. Il a été démontré que certaines espèces de poissons pouvaient migrer entre les récifs Typi et Babel, à des jours différents ou au sein d'une même journée par photo-identification (Jorge, 2023).

Ce phénomène pourrait se retrouver sur d'autres espèces, comme les tacauds, les ombrines et les chinchards. Ainsi, lorsque les plongeurs arrivent sur l'une des deux structures, ces espèces pourraient aller se réfugier sur la structure voisine. C'est pourquoi les plongeurs observeraient moins de poissons lors de leurs comptages. Une des solutions possibles pourrait être de faire plonger une palanquée sur chaque récif en même temps. Cela demanderait une certaine organisation de la part du directeur de plongée, du pilote et des plongeurs. En procédant de la sorte, si les plongeurs sont en même temps sur les deux récifs, les espèces mobiles n'auront pas le choix que de rester sur les récifs.

#### **4.6.2 Analyse des effets structurels et de localisation :**

A partir des données récoltées par les plongeurs bénévoles, il ne semblerait pas qu'il existe un effet structure marqué. La différenciation structurelle entre les deux types de récifs artificiels ne semble pas influencer sur le tableau d'abondance mais semble uniquement affecter le nombre d'espèces présent sur chaque structure (Tableau 7 et 10). Ce résultat est cependant à prendre avec précaution, la richesse spécifique sur la structure Babel est de  $7.57 \pm 2.95$  et la richesse spécifique de la structure Typi est de  $9.6 \pm 4.09$ . La richesse spécifique sur la structure Typi est fortement variable. De nombreuses études confirment que l'aspect structurel est un grand facteur influant sur la diversité et l'abondance des assemblages de l'ichtyofaune (Charbonnel et al, 2002 ; Moura et al, 2007 ; Lemoine et al, 2019). Cela peut être expliqué par la faible distance (de 22 m à 32 m selon la concession) séparant les deux types de structures sur chaque concession. Les plongeurs ont déjà rapporté des observations de déplacement des bancs de poissons d'une structure à l'autre. Ces observations empiriques ont été confirmées par une étude de photo identification. En effet, l'étude de Jorge (2023) a montré qu'un individu de l'espèce *Conger conger* a été observé sur les deux types de récifs à des dates différentes. Il en a été de même pour l'espèce *Seriola dumerili*. Ainsi une étude similaire sur des populations fixées pourrait être un indicateur supplémentaire d'une absence ou non de l'effet structure.

Le manque de zone naturelle similaire aux alentours des structures pourrait être la cause d'une sédentarisation des espèces sur les deux structures, où elles trouveraient les ressources suffisantes à leur développement (Logan et Lowe, 2018). Par le biais de phénomènes d'attraction, l'installation de récifs artificiels sur un fond sableux peut impliquer des changements dans la composition des communautés ichthyologiques présentes originellement. La fonction d'attraction passe par plusieurs causes associées à la présence des RA décrites par Sakai (1975) : les causes primaires telles que les sons des animaux présents sur les RA, les sons causés par les courants, l'instabilité hydrodynamique, la vision et les causes secondaires telles que la présence de nourriture, cachette, ombre, induisant une stabilité et habitabilité (lieu de repos). Ainsi les poissons sont attirés par le récif artificiel pour des

causes primaires et ils y restent pour des causes secondaires. Donc un récif qui serait dans un schéma d'attraction aurait une majorité d'individus subadulte et adulte (Pastor, 2008).

Une seconde explication peut être l'absence d'une grande différence de structure entre les RA, en effet les deux structures sont de même taille et d'un volume similaire, des études supplémentaires vont être mise en place afin de déterminer un indice de complexité de chaque structure.

La concession de Capbreton présente le plus de dissimilarité par rapport aux autres concessions. Elle semble donc avoir des assemblages d'espèces et une richesse spécifique différente de Vieux Boucau et de Moliets-et-Maâ. Cela peut être expliqué par plusieurs facteurs. Le premier facteur est la présence immédiate du Gouf, les remontées de nutriments induites par la présence de celui-ci, favorise alors la productivité primaire ainsi que la concentration des pélagiques (Sanchez et Santurtun, 2013). Ce système biogéographique complexe est une zone de nurserie, d'alimentation et de reproduction idéale pour de nombreuses espèces (Sanchez et Santurtun, 2013). La proximité avec une zone rocheuse naturelle (ie les pentes du Gouf de Capbreton) représenterait un réservoir et une zone d'échange d'espèces privilégiée pour les structures artificielles installées sur la concession de Capbreton. La deuxième possibilité de dissimilarité pourrait être liée à une importante activité humaine autour de ces récifs. Malgré une interdiction formelle de toute activité humaine sur les concessions, la concession de Capbreton est fortement touchée par la présence de filet de pêche à chaque sortie d'hiver sur les structures. L'enlèvement de ces filets induit une destruction partielle de la faune et la flore fixées pouvant déséquilibrer les chaînes trophiques.

La concession de Moliets-et-Maâ est la seule concession où le RA constitué de buses qui ne sont pas ensablées, cela peut influencer sur les assemblages ichtyologiques étant donné qu'il semblerait que ce RA attire un grand nombre d'individus (Communication personnelle ALR 2023).

Les études télémétriques sur les connectivités inter-récifs et sur les connectivités entre les RA et les zones naturelles rocheuses sont de plus en plus utilisées pour comprendre les patterns écologiques. Il en ressort que les populations de poissons peuvent être considérées résidentes d'un ensemble de récif et ne circulent pas entre les différentes localisations (Pastor, 2008 ; Abecasis et al, 2009 ; Koeck 2012 ; Logan et Lowe, 2018). Donc, en supposant qu'il n'y a pas d'échange entre les différentes concessions, l'absence de différence sur les communautés entre les deux structures confirmerait que ces structures peuvent être considérées comme des habitats artificiels similaires. Il serait intéressant de confirmer ces résultats par des études télémétriques et/ou acoustiques sur les trois concessions de la côte landaise.

## 5 - Conclusion :

Le suivi scientifique des récifs artificiels de 2023 a rencontré plusieurs contraintes, d'origine logistique, environnementale et scientifique. C'est pourquoi certaines problématiques restent encore non résolues.

Pour la partie physique, il est nécessaire de poursuivre la prise des mesures de profondeurs autour des récifs pour suivre leur enfouissement au cours du temps. De plus, l'association doit continuer d'entretenir des relations avec d'autres laboratoires, afin de mesurer l'indice de complexité des récifs artificiels et ainsi aboutir à une étude plus vaste dans ce domaine. Le protocole de mesure de la salinité a été bien intégré de la part des plongeurs bénévoles. Ce protocole est à poursuivre, voire à améliorer, et ce paramètre est à implémenter aux futures analyses des variantes biologiques.

L'utilisation d'un ROV s'est avérée efficace dans la confirmation de l'enfouissement des récifs, et dans son évolution en milieu profond. Cette machine reste à tester dans le comptage poisson et la recherche d'une zone naturelle.

La technique de la photo-identification a donné des résultats descriptifs sur la présence d'espèces rares. Cette démarche est à poursuivre pour les futurs suivis, afin de consolider la thèse de la migration d'espèces mobiles entre les récifs artificiels, et peut-être entre les concessions.

Le suivi biologique de 2023 n'a pas permis de montrer s'il y avait une différence des assemblages de l'ichtyofaune entre deux structures de récif artificiel installées sur le littoral landais. Cependant, des tests statistiques ont permis de répondre à cette problématique grâce aux données acquises entre 2018 et 2022.

L'analyse sous la forme de PERMANOVA n'a pas mis en évidence un effet de structure sur le tableau d'abondance mais uniquement sur le nombre d'espèces observées. L'absence d'effet structurel dans cette étude, malgré de nombreuses études mettant en évidence ce paramètre en tant qu'effet structurant des communautés, pourrait être due à une connectivité inter-structurelle résultant de leur proximité et d'une géométrie similaire. L'absence d'effet structurel sur les assemblages de l'ichtyofaune ne doit cependant pas être prise comme une généralité, en effet il serait important d'effectuer la même étude sur les peuplements fixés pour confirmer cet aspect. Néanmoins, cette analyse a mise en évidence une différence liée à la concession (donc la localisation). Il est envisageable que ces différences puissent être liées principalement aux différences biogéographiques telles que la présence du Gouf de Capbreton. Il serait alors particulièrement intéressant d'effectuer une comparaison des communautés entre les RA et les communautés présentent naturellement sur les pentes du Gouf de Capbreton et d'identifier une zone naturelle rocheuse à proximité et à même profondeur que les RA. Cette future étude pourrait déterminer s'il existe un effet "réserve" des RA où toutes activités humaines, en dehors des suivis scientifiques, sont interdites.

Il semblerait que le recrutement (facteur stochastique) de nouveaux individus et des larves ainsi que l'habitat (facteur déterministe) soient les acteurs de la structure des peuplements et régulent les populations marines (Santos et al, 1996). En suivant ce raisonnement, il est probable qu'une structure complexe de récif favorise des peuplements diversifiés et stables, alors qu'une architecture simple favoriserait des peuplements moins diversifiés (Tessier, 2005). La complexification correspond à une augmentation des volumes en trois dimensions mais aussi à une augmentation de la rugosité, des anfractuosités, et autres trous et logettes. Étant donné que les deux structures ont des peuplements similaires, il n'est pas nécessaire de complexifier spécifiquement l'une des deux structures. Cependant, la mise en évidence d'une connectivité inter-structure est intéressante, cela peut ouvrir des portes pour une complexification globale des concessions. Il pourrait être profitable par exemple de remettre en état les buses ensablées, la connectivité inter-structure simplifiant alors les processus de colonisation et ajoutant des éléments complexes à l'ensemble de la concession. Avec les politiques française et européenne de zéro artificialisation des fonds marins, la remise en état des buses doit être faite à partir de matériaux naturels. Cela peut passer par exemple par des processus imitant la biocalcification naturelle créant alors un substrat naturel à partir des minéraux déjà présents dans le milieu (Vincent et al, 2022).

## **6 - Bibliographie :**

Ajemian, M.J. *et al.* (2015) 'Rapid assessment of fish communities on submerged oil and gas platform reefs using remotely operated vehicles', *Fisheries Research*, 167, pp. 143-155.

Abecasis, D., and Bentes, Erzini, K. (2009). Home range, residency and movements of *Diplodus sargus* and *Diplodus vulgaris* in a coastal lagoon : Connectivity between nursery and adult habitats. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 85(4), pp. 525-529.

Anderson, M. J. (2017). Permutational Multivariate Analysis of Variance. In N. Balakrishnan, T. Colton, B. Everitt, W. Piegorisch, F. Ruggeri, & J. L. Teugels (Éds.), *Wiley StatsRef: Statistics Reference Online* (1<sup>re</sup> éd., p. 1-15). Wiley.

Anderson, M. J., and Walsh, D. C. I. (2013). PERMANOVA, ANOSIM, and the Mantel test in the face of heterogeneous dispersions : What null hypothesis are you testing? *Ecological Monographs*, 83(4), pp. 557-574.

Barnosky, A.D. *et al.* (2011) 'Has the Earth's sixth mass extinction already arrived?', *Nature*, 471(7336), pp. 51-57.

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

- Brock, R.E. (1994) 'Beyond fisheries enhancement: artificial reefs and ecotourism'.
- Cépralmar, (2015) 'Région Languedoc-Roussillon - Guide pratique d'aide à l'élaboration, l'exploitation et la gestion des récifs artificiels en Languedoc-Roussillon' : p. 236.
- 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 : pp. 261-275.
- Charbonnel, E. (2002) 'Effects of increased habitat complexity on fish assemblages associated with large artificial reef units (French Mediterranean coast)', ICES Journal of Marine Science, 59, pp. S208-S213.
- Chaves, L.C.T. *et al.* (2016) 'Photo-identification as a simple tool for studying invasive lionfish *Pterois volitans* populations: *Pterois volitans* photo-identification', Journal of Fish Biology, 88(2), pp. 800-804.
- Cheminée, A. *et al.* (2017) 'Shallow rocky nursery habitat for fish: Spatial variability of juvenile fishes among this poorly protected essential habitat', Marine Pollution Bulletin, 119(1), pp. 245-254.
- Coll, M. *et al.* (2010) 'The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats', PLOS ONE, 5(8), p. e11842
- Crec'hriou, R. *et al.* (2015) 'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée Occidentale'. p. 191.
- Dala-Corte, R.B., Moschetta, J.B. and Becker, F.G. (2016) 'Photo-identification as a technique for recognition of individual fish: a test with the freshwater armored catfish *Rineloricaria aequalicuspis* Reis & Cardoso, 2001 (Siluriformes: Loricariidae)', Neotropical Ichthyology, 14(1).
- Dalias, N., Lenfant, P., Saenz, P., Astruch, P., Pastor, J. (2006) 'Suivi des récifs artificiels de Leucate et Le Barcarès, Automne 2005 - Hiver 2006'. Contrat SIVOM de Leucate et Le Barcarès & EPHE, Fr : pp. 1-79.
- Davis, T. R., and Smith, S. D. A. (2017) 'Proximity effects of natural and artificial reef walls on fish assemblages. Regional Studies in Marine Science', 9, pp. 17-23.
- De Casamajor, M.N. (2004) 'Suivi Halieutique 2003 Récifs artificiels de Capbreton et Soustons / Vieux-Boucau'. CERECA - ALR, p. 37.
- Den Hartog, J. and Reijns, R. (2014). 'I3S Manual Interactive Individual Identification System', V.4.0.2'. Available at <http://reijns.com/i3s/download/I3S%20Pattern.pdf/>.
- Degraer, S. *et al.* (2020) 'Offshore Wind Farm Artificial Reefs Affect Ecosystem Structure and Functioning: A Synthesis', Oceanography, 33(4), pp. 48-57.



- Dubois, S. (2003) 'Écologie des formations récifales à *Sabellaria alveolata* (L) : valeur fonctionnelle et patrimoniale', Thèse 3ème cycle MNHN.
- Ditton, R. (2002) 'Demographics, attitudes, and reef management preferences of sport divers in offshore Texas waters', *ICES Journal of Marine Science*, 59, pp. S186-S191.
- Gates, A.R. *et al.* (2017) 'Deep-sea observations at hydrocarbon drilling locations: Contributions from the SERPENT Project after 120 field visits', *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 137, pp. 463-479.
- Giglio, V.J., Adelir-Alves, J. and Bertoncini, A.A. (2014) 'Using scars to photo-identify the goliath grouper, *Epinephelus itajara*', *Marine Biodiversity Records*, 7, p. e108.
- Gillett, D. J., Pondella, D. J., Freiwald, J., Schiff, K. C., Caselle, J. E., Shuman, C., Weisberg, S. B. (2012) 'Comparing volunteer and professionally collected monitoring data from the rocky subtidal reefs of Southern California, USA. Environmental Monitoring and Assessment', 184(5), pp. 3239-3257.
- Grosdemange, D. (2017). Expertise 2017-018 DG du 11 octobre 2017. Etude du biofouling de l'hydrolienne Sabella D10 immergée dans le Fromveur durant une année.
- Harmelin-Vivien, M.L. *et al.* (1985) 'Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes', *Revue d'Écologie (La Terre et La Vie)*, 40(4), pp. 467-539.
- Ino, T. (1974) 'Historical review of artificial reef activities in Japan. In : Proceedings of an international conference on artificial reefs'. College Station, Texas., p. 21-23.
- Jaboulay, A., Sittler A., et Chanet, B. (2020) DORIS : *Raja undulata* Lacépède, 1802, <https://doris.ffesm.fr/ref/specie/1303>.
- Jacquet, J. and Pauly, D. (2008) 'Funding Priorities: Big Barriers to Small-Scale Fisheries: Funding for Fisheries', *Conservation Biology*, 22(4), pp. 832-835.
- Jorge, M. (2023) 'Suivi scientifique des récifs artificiels Typi et Babel. Concessions de Capbreton - Soustons/Vieux-Boucau - Messanges/Azur/Moliets. Année - 2022'. Atlantique Landes Récifs. p. 86.
- Khadhraoui, A. *et al.* (2016) 'Stabilizing control and human scale simulation of a submarine ROV navigation', *Ocean Engineering*, 114, pp. 66-78.
- Koeck, B. *et al.* (2011) 'Evaluation of impact of artificial reefs on artisanal fisheries: need for complementary approaches', *Brazilian Journal of Oceanography*, 59(spe1), pp. 1-11.
- Koeck, B. (2012) 'Rôle des récifs artificiels dans l'écologie des poissons : Application aux récifs artificiels de Leucate -Le Barcarès' (Golfe du Lion, Mer Méditerranée).

- Laborde, A. (2011) 'Suivi scientifique des récifs artificiels Capbreton, Soustons/Vieux- Boucau, Messanges/Azur/Moliets. Année – 2010'. Aquitaine Landes Récifs. p. 63.
- Labrosse, P., Kulbicki, M. et Ferraris, J. (2001) 'Comptage visuel de poissons en plongée : conditions d'utilisation et de mise en oeuvre', p. 62.
- Lacroix, D. (2001) 'Rapport de mission sur les récifs artificiels et le soutien d'effectifs au Japon', Rapport IFREMER DRV . IFREMER, pp. 22.
- Lamare, V., Quintin, C., Noël, P. (2023) DORIS : *Scyllarus arctus* (Linnaeus, 1758), <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/165>
- 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 : p. 1-113.
- Léauté, J.P. et Caill-Milly, N. (2003) 'Les petites pêches côtières et estuariennes Françaises du sud du golfe de Gascogne Typologie des flottilles et approche socio-économique et commerciale'. IFREMER DRV/RH/DT/ 03-01 : p. 178.
- Lemoine, H. R., Paxton, A. B., Anisfeld, S. C., Rosemond, R. C., and Peterson, C. H. (2019) 'Selecting the optimal artificial reefs to achieve fish habitat enhancement goals'. Biological Conservation, 238, 108200.
- Lenfant, P. *et al.* (2011) 'Les Débarquements de la Pêche Artisanale: de Leucate à Port-Vendres'.
- Lenfant, P., Louisy, P. et Licari, M.-L. (2003) 'Recensement des mérours bruns (*Epinephelus marginatus*) de la réserve naturelle de Cerbère-Banyuls (France, Méditerranée) effectué en septembre 2001, après 17 années de protection'.
- Logan, R., and Lowe, C. (2018) 'Residency and inter-reef connectivity of three gamefishes between natural reefs and a large mitigation artificial reef'. Marine Ecology Progress Series, 593, pp. 111-126.
- Lloret, J., Muñoz, M. and Casadevall, M. (2012) 'Threats posed by artisanal fisheries to the reproduction of coastal fish species in a Mediterranean marine protected area', Estuarine, Coastal and Shelf Science, 113, pp. 133-140.
- Louisy, P. (2022) 'Guide d'identification des poissons marins - Europe et Méditerranée'. 4e édition. Paris: Ulmer.
- Maravelias, C.D., Tsitsika, E.V. and Papaconstantinou, C. (2007) 'Seasonal dynamics, environmental preferences and habitat selection of John Dory (*Zeus faber*)', Estuarine, Coastal and Shelf Science, 72(4), pp. 703-710.

- Martin, J. (2021) 'Suivi scientifique en plongée sous-marine des récifs artificiels Capbreton—Soustons / Vieux-Boucau—Messanges / Azur / Moliets-et Maâ—2020' (p. 46). Contrat ALR/SEANEO. 81
- Mercader, M. *et al.* (2017) 'Small artificial habitats to enhance the nursery function for juvenile fish in a large commercial port of the Mediterranean', *Ecological Engineering*, 105, pp. 78-86.
- Mercader, M. *et al.* (2019) 'Is artificial habitat diversity a key to restoring nurseries for juvenile coastal fish? Ex situ experiments on habitat selection and survival of juvenile seabreams', *Restoration Ecology*, 27(5), pp. 1155-1165.
- Moura, A., Boaventura, D., Cúrdia, J., Carvalho, S., da Fonseca, L. C., Leitão, F. M., Santos, M. N., and Monteiro, C. C. (2007) 'Effect of depth and reef structure on early macrobenthic communities of the Algarve artificial reefs (southern Portugal)'. *Hydrobiologia*, 580(1), pp. 173-180.
- Myers, R., Hutchings, J. and Barrowman, N. (1996) 'Hypotheses for the decline of cod in the North Atlantic', *Marine Ecology Progress Series*, 138, pp. 293-308.
- Oh, C.O., Ditton, R.B., Stoll, J.R., (2008) 'The economic value of scuba-diving use of natural and artificial reef habitats'. *Society & Natural Resources* 21(6), pp. 455-468.
- Oksanen, J., Blanchet, F. G., and Kindt, R. (2015) 'Vegan : Community ecology package. R package version 2.3-0'.
- Oudon, B. *et al.* (2022) 'Xflow modelling for investigation of fluid structure interaction of artificial reef: application to burial effect', in *Computer Aided Chemical Engineering*. Elsevier, pp. 529-534.
- Pagès L. et Martin J. (2020) 'Suivi scientifique en plongée sous-marine des récifs artificiels - Capbreton -Soustons / Vieux-Boucau - Messanges / Azur / Moliets-et-Maâ - 2019'. Contrat ALR & SEANEO. SEANEO. : p. 47.
- Pastor, J. (2008) 'Rôle des enrochements côtiers artificiels dans la connectivité des populations, cas du sar commun (*Diplodus sargus*, Linné, 1758) en Méditerranée nord- occidentale'. Université de Perpignan.
- Pastor, J. *et al.* (2009) 'Acoustic telemetry survey of the dusky grouper (*Epinephelus marginatus*) in the Marine Reserve of Cerbère-Banyuls: informations on the territoriality of this emblematic species', *Comptes Rendus Biologies*, 332(8), pp. 732-740.
- Patterson, W.F., Dance, M.A. and Addis, D.T. (2008) 'Development of a Remotely Operated Vehicle Based Methodology to Estimate Fish Community Structure at Artificial Reef Sites in the Northern Gulf of Mexico', p. 9.
- Pauly, D. and Watson, R. (2003) 'COUNTING the Last Fish', *Scientific American*, 289(1), pp. 42-47.

Pawson, M.G., Kupschus, S. and Pickett, G.D. (2007) 'The status of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stocks around England and Wales, derived using a separable catch-at-age model, and implications for fisheries management', ICES Journal of Marine Science, 64(2), pp. 346-356.

Prosperi, A., Salaün, J. and Gransac, L. (2020) 'Study of the artificial reefs' burial along the Landes coast, via 3D modeling and numerical simulation'. p. 70.

Quéguiner B. (2009) 'Biogéochimie Côtière'. Centre d'Océanologie de Marseille, Aix-Marseille Université ; CNRS ; LOPB UMR 6535, Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, OSU/Centre d'Océanologie de Marseille, p. 49.

Reed, D.C. *et al.* (2006) 'Quantitative assessment of different artificial reef designs in mitigating losses to kelp forest fishes', bulletin of marine science, 78(1).

Relini, G., Fabi, G., Dos Santos, M.N., Moreno, I., Charbonnel, E., (2008) 'Fisheries and their management using artificial reefs in the northwestern Mediterranean Sea and southern Portugal. Reconciling Fisheries with Conservation'. Vols I and II 49, pp. 891-898.

Reubens, J., Degraer, S. and Vincx, M. (2011) 'Chapter 5. Spatial and temporal movements of cod (*Gadus morhua*) in a wind farm in the Belgian part of the North Sea using acoustic telemetry, a VPS study', pp. 39-46.

Riera, E. (2020) 'Vers une construction raisonnée d'une nouvelle génération de récifs artificiels : Analyses comparatives des facteurs intrinsèques favorisant leur colonisation de la micro à la macro-échelle'.

Salaün, J., Pioch, S. et Dauvin, J.-C. (2022) 'Les récifs artificiels, un outil évolutif pour l'aménagement du milieu marin : approche géographique en France métropolitaine', Norois, (263), pp. 7-29.

Sanchez, F., and Santurtun, M. (2013) 'Synthèse et Analyse des données existantes sur un écosystème profond transfrontalier : Le gouf de Capbreton' - « SYNTAX » [Archimer Ifremer].

Santos, M. N. (1996) 'Faune ichtyologique comparée de deux récifs artificiels du littoral de la Ria Formosa (lagune Portugal)' : Résultats préliminaires. p. 9.

Santos, M.N., Monteiro, C.C., (1997) 'The Olhao artificial reef system (south Portugal): Fish assemblages and fishing yield', Fisheries Research 30(1-2), pp. 33-41.

Scourzic, T. et Dalias, N. (2007) 'Suivi des récifs artificiels de Capbreton, Soustons / Vieux- Boucau et Messanges / Azur / Moliets Campagne 2007'. Contrat Aquitaine Landes Récifs (A.L.R.) & OCEANIDE, Fr : p. 77.

- Seigne, E., Barrabes, M., De Casamajor M.N., André, F. (2021) DORIS : *Gaidropsarus vulgaris* (Cloquet, 1824), <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/2699>
- Speed, C.W., Meekan, M.G. and Bradshaw, C.J. (2007) ‘Spot the match - wildlife photo-identification using information theory’, *Frontiers in Zoology*, 4(1), p. 2.
- Sward, D., Monk, J. and Barrett, N. (2019) ‘A Systematic Review of Remotely Operated Vehicle Surveys for Visually Assessing Fish Assemblages’, *Frontiers in Marine Science*, 6, p. 134.
- Tessier, E. (2005) ‘Dynamique des peuplements ichthyologiques associés aux récifs artificiels à l’île de la Réunion (ouest de l’océan Indien)—Implication dans la gestion des pêcheries côtières’. p. 255.
- Tessier, A. (2013) ‘Caractérisation des récifs artificiels du Golfe du Lion : de l’écologie aux usagers. Perpignan’.
- Thresher, R. *et al.* (2014) ‘Strong Depth-Related Zonation of Megabenthos on a Rocky Continental Margin (~700-4000 m) off Southern Tasmania, Australia’, *PLoS ONE*. Edited by D.M. Bailey, 9(1), p. e85872.
- Upton, H.F. (1992) ‘Biodiversity and Conservation of the Marine Environment’, *Fisheries*, 17(3), pp. 20-25.
- Van Tienhoven, A. M., Den Hartog, J. E., Reijns, R. A. and Peddemorsa, V. M. (2007) ‘Computer-aided program for pattern-matching of natural marks on the spotted raggedtooth shark *Carcharias taurus*’. *Journal of Applied Ecology* 44, pp. 273-280.
- Verschuren, D. *et al.* (2000) ‘Effects of depth, salinity, and substrate on the invertebrate community of a fluctuating tropical lake’, *Ecology*, 81(1), pp. 164-182.
- Vincent, J., Colin, B., Lanneluc, I., Refait, P., Sabot, R., Jeannin, M., et Sablé, S. (2022) ‘La biocalcification bactérienne en milieu marin et ses applications’. *Matériaux et Techniques*, 110(6), 606.
- Woessner, R. (2014) ‘Géographie des mers et des océans. Neuilly-sur-Seine: Atlande’ (Clefs concours).
- Youcef, Z. (2019) ‘Inventaire et bioécologie de quelques Orthoptères dans la vallée du M’Zab (Ghardaïa)’.

## 7 - Annexe :

### L'enfouissement du récif :

Afin de savoir si la tenue des récifs est stable dans le temps, il est nécessaire d'appliquer deux indices de mesure. Ces indices sont l'enfouissement du récif et la profondeur de la cuvette.

### L'indice d'enfouissement :

L'indice d'enfouissement a été appliqué uniquement sur les récifs de types Typi et Babel. Pour ces récifs, trois paramètres sont mesurés pour pouvoir calculer l'indice d'enfouissement :

- la profondeur maximale (en mètres) : profondeur mesurée au point le plus profond à proximité du récif, généralement au fond de la cuvette formée près de ce dernier.
- la profondeur minimale (en mètres) : profondeur mesurée au point le moins profond du module, généralement la partie supérieure de celui-ci.
- la hauteur du module (en mètres) : c'est la hauteur du module. Le récif de type Typi mesure **2m60**. Le récif Babel mesure **2m50**.

L'indice d'enfouissement (IE) peut ainsi être calculé comme suit :

$$IE = h - (\text{prof. max.} - \text{prof. min}) \times 100$$

Cet indice nous informe sur le degré d'enfouissement du module, il est ainsi potentiellement indicateur de la durée de vie du récif.

### La profondeur de la cuvette :

Cet indice a été appliqué uniquement sur les récifs de type Typi et Babel. Cette fois-ci, deux paramètres sont mesurés pour pouvoir calculer la profondeur de la cuvette :

- la profondeur maximale (en mètres) : profondeur mesurée au point le plus profond à proximité du récif, généralement au fond de la cuvette formée près de ce dernier.
- la profondeur extérieure (en mètres) : profondeur observée à une vingtaine de mètres de distance du récif. À cette distance, la profondeur du substrat est censée ne pas être affectée par les perturbations courantologiques induites par le récif.



### **Interprétation des données de profondeurs :**

Les deux indices présentés ci-avant serviront à établir des courbes de profondeurs. Ces courbes seront établies sur les axes Ouest-Est et Nord-Sud. Les données seront interprétées de façon descriptive, en ajoutant les données des années précédentes. Ainsi, cette méthode permettra une meilleure visualisation de l'enfouissement des récifs, de 2019 à 2022. L'année 2021 n'a pas été prise en compte par manque de données.

### **Méthode de mesure de profondeur :**

Pour relever ce paramètre, les deux plongeurs de la palanquée devront se répartir les tâches. Un des deux plongeurs aura la boussole pour la prise de direction et le penta décimètre pour les repères de prises de mesure. Tandis que l'autre plongeur sera chargé de relever les profondeurs avec son ordinateur et sa tablette immergeables.

Le protocole de mesure de profondeur se fera selon les étapes ci-après :

#### **Étape 1 :**

Le plongeur qui utilise le décimètre accroche ce dernier au récif. Ce même plongeur s'oriente dans la direction choisie à l'aide de son compas. Les directions à prendre sont Nord, Est, Sud et Ouest.

#### **Étape 2 :**

Les deux plongeurs avancent dans la direction choisie, tout en déroulant entièrement le décimètre jusqu'à 20m de distance par rapport au récif.

#### **Étape 3:**

Lorsque les plongeurs arrivent à 20m, les deux plongeurs s'arrêtent et commencent le relevé des profondeurs.

#### **Étape 4 :**

Les prises de profondeur se feront à 20m, 10m, 5m, 2m et 1m du récif. Le plongeur en charge du décimètre le rembobine et marque un arrêt à chaque distance donnée. Le second plongeur relève la profondeur à cette distance en posant franchement son ordinateur sur le substrat. Un délai de 3 secondes d'attente est nécessaire pour relever une profondeur optimale. Le plongeur note ensuite la profondeur sur la feuille immergeable de prises de mesures. La profondeur maximale et la profondeur minimale du récif seront également relevées en dernier.

Lorsque les deux plongeurs ont effectué les prises de mesure, la fin de plongée est signalée. Une fois à la surface, les données des comptages sont comparées et rentrées dans un tableur informatique, type tableur Excel.

