



©ALR / Jean Celestrino

# Suivi scientifique des récifs artificiels Typi et Babel

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

Année 2022



Mathis JORGE



Suivi scientifique des récifs artificiels Typi et Babel  
Concessions de Capbreton - Soustons/Vieux-Boucau -  
Messanges/Azur/Moliets.  
Année – 2022

Maître d'ouvrage :

Atlantique Landes Récifs (ALR)  
1 Rue du Pitey  
40130 Capbreton  
Tél : 05 58 90 80 12  
Courriel : [contact@atlantique-landes-recifs.org](mailto:contact@atlantique-landes-recifs.org)

Rédaction du suivi :

Mathis JORGE

Participants aux missions de terrain :

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 2022 et aux financeurs qui ont permis de cette mission puisse s'effectuer.

Ce document doit être cité sous la forme suivante :

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.

## 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 :	18
2.5 Suivi des espèces marine par photo-identification :	23
2.6 Utilisation d'un ROV sous-marin et ses applications :	31
2.7 Identification et mise en évidence du stade juvénile chez les espèces de poissons téléostéens :	33
2.8 Analyse des données :	36
3 - Résultats :	38
3.1 Bilan des plongées scientifiques effectuées par Atlantique Landes Récif en 2022 :	38
3.2 Résultats du suivi des paramètres physiques :	39
3.3 Résultats du suivi des paramètres biologiques :	43
3.5 Suivi des espèces marines par photo identification :	50
3.6 Bilan de l'utilisation du ROV sous-marin :	57
3.7 Identification des juvéniles de poissons :	61
4 - Discussion :	67
4.1 Paramètres physiques :	67
4.2 Suivi des paramètres biologiques :	71
4.4 Bilan de l'utilisation du ROV sous-marin sur le suivi des récifs artificiels :	74
4.5 Juvéniles de poisson téléostéens sur les récifs artificiels Typi et Babel :	76
4.6 Suivi des espèces marines par photo identification :	77
5 - Conclusion :	80
Bibliographie :	82

## 1- Introduction :

Actuellement, la planète traverse sa sixième grande crise d'extinction des espèces. La différence avec les crises précédentes est que celle-ci se déroule sur une échelle de temps courte, et est liée aux activités humaines (Barnosky et al, 2011). Celles-ci engendrent des changements climatiques et environnementaux rapides, incompatibles avec l'adaptation des espèces (Webb et Mindel, 2015). Cette crise menace le milieu marin, et principalement les zones côtières (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). Elles jouent un rôle non négligeable dans la dynamique des populations d'espèces marines et offrent des habitats variés (Tessier, 2013).

De toutes les menaces, tant anthropiques que naturelles, qui pèsent sur les écosystèmes marins côtiers, la surpêche est considérée comme l'une des plus importantes. Elle induit l'effondrement de nombreux stocks à travers le monde et la dégradation des habitats côtiers (Pauly et Watson, 2003). Le développement de nouveaux équipements en matière de pêche industrielle ont permis d'accroître les taux de capture, mais la tendance s'est rapidement inversée et de nombreux stocks se sont effondrés (Pauly et al, 2002). Certaines techniques de pêche comme le chalutage, parfois illégal, sont peu sélectives, émettent de nombreux rejets (entre 27 et 67% des captures au niveau mondial) et ont un effet désastreux sur les fonds et les habitats marins (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 remédier aux problèmes engendrés par la surpêche, plusieurs outils de gestion ont été mis en place pour gérer de manière spécifique les ressources halieutiques. Ces outils sont les limitations de pêche, par quotas et engins de pêches, et les zones réglementées, comme les Aires Marines Protégées et les réserves naturelles marines. Les récifs artificiels sont également utilisés comme outils de protection du milieu côtier face à la surpêche.

Les récifs artificiels, connus depuis longtemps, sont utilisés depuis peu comme un véritable outil de gestion du milieu marin (Koeck, 2012). 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).

La création des premiers récifs artificiels remonte à l'époque du Moyen-âge, au Japon. Rudimentaires, ils servaient à attirer et concentrer les poissons, à petite échelle. Ces objets

pouvaient être des épaves, des troncs d'arbres, des algues flottantes et évidemment des récifs naturels (Ino, 1974). Ce savoir japonais s'est progressivement perfectionné et répandu dans plusieurs pays tout au long des siècles (Dalias, 2005).

En imitant la structure de certains récifs rocheux naturels, les récifs artificiels procurent de nombreuses cachettes et niches. Les poissons utilisent ces cavités pour se protéger de leurs prédateurs mais aussi comme lieu de ponte et de nutrition (Pagès et Martin, 2020).

Dans cette étude, l'utilisation des récifs artificiels comme outil de gestion se focalise sur le 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 et les ressources halieutiques ont été parfois mal gérées (capture d'individus trop jeunes, pêche en période de reproduction, etc.). La conséquence fut une diminution des stocks pour de nombreuses espèces (Léauté et Caill-Milly, 2003). Cette situation de mauvaise exploitation, voire de surexploitation, entraîne des difficultés non seulement pour la conservation des ressources vivantes, mais aussi pour le maintien de certaines activités économiques. En quelques années, le littoral aquitain a connu de nombreux bouleversements concernant les activités halieutiques (Léauté, 2000).

C'est donc en 1996, 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. ALR est une association de type loi 1901 dont le but est la création et la gestion de récifs artificiels sur le littoral Aquitain, afin de protéger la faune et la flore marines d'en assurer leur développement et favoriser le développement de la pêche artisanale (Scourzic et Dalias, 2007).

Ce projet mené par l'association a mobilisé dès le départ les pêcheurs professionnels, les pêcheurs de surf casting, les plaisanciers, les biologistes, les plongeurs de loisir, les collectivités territoriales ou encore des entreprises et des fondations privées (Pagès et Martin, 2020).

Les immersions des récifs artificiels ont été réalisées au niveau de Capbreton, Vieux-Boucau et Moliets-et-Maâ. Ces trois zones/concessions ont été retenues pour l'implantation des récifs artificiels car jugées faunistiquement très pauvres par Bio-Sub en février 1999 lors de l'étude préliminaire. 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).

L'installation et l'évolution du peuplement des sites font l'objet d'un suivi annuel grâce à des comptages visuels en plongée sous-marine. Ces comptages et suivis sont réalisés par des

plongeurs bénévoles d'Atlantique Landes Récifs, et différents bureaux d'études comme Biosub, CERECA et Seaneo. De plus, grâce aux images et films sous-marins réalisés par les plongeurs bénévoles, ALR sensibilise le grand public aux problématiques de la surpêche, de la dégradation de l'habitat côtier et de la pollution marine. Mais ces supports servent également à montrer les effets bénéfiques des récifs artificiels sur les peuplements d'espèces marines, les différents projets réalisés par l'association, et la diversité spécifique des fonds marins du Golfe de Gascogne (Laborde, 2011).

L'association se focalise sur trois sections :

- **Section technique.** C'est la section de recherche sur la création de récifs artificiels. En 2010, ALR conçoit et immerge le récif « Typi ». Le récif de type « Babel » a lui été immergé en 2015 sur chaque concession.
- **Section halieutique.** Dans cette section, ce sont les projets halieutiques qui y sont étudiés. Des pêches expérimentales annuelles sont par exemple entreprises en 2007 et 2008 afin de détecter des espèces difficiles à observer en plongée. Et aussi, en lien avec la section technique, des filières à moules de 10 mètres de haut ont été installées dans la concession de Capbreton.
- **Section suivi scientifique.** C'est dans cette section que l'on retrouve le comptage poisson, les mesures des paramètres physiques et la recherche scientifique. Une thèse a été réalisée au sein d'ALR dont le sujet était « Vers une approche socio écologique d'évaluation de la performance de projets d'aménagements côtiers avec des récifs artificiels » soutenue avec succès par Mrs Jessica SALAUN.

Par le suivi scientifique, et les implantations successives de récifs artificiels, une augmentation de la richesse spécifique des eaux adjacentes a été démontrée. Ces campagnes de suivis scientifiques en plongée sous-marine ont été réalisées de 1999 à 2020 par les plongeurs bénévoles de l'association Atlantique Landes Récifs et de SEANEO sur l'intégralité des récifs des 3 concessions d'ALR (Pagès et Martin, 2020).

Grâce à ces suivis, certaines problématiques ont été mises en évidence. Par exemple, certains récifs présentent des cuvettes d'enfouissement depuis le début de leur immersion. D'autres ont été partiellement, voire totalement ensevelis (Biosub, 2001). Ces observations proviennent des plongeurs bénévoles ainsi que de plusieurs bureaux d'études.

A ces problèmes physiques s'ajoute une limite au protocole de suivi. En effet, selon Martin (2020) ce dernier n'est pas forcément adapté aux plongeurs et à l'objectif de suivi des

récifs artificiels. Ce dernier avait été mis en place initialement pour pouvoir comparer les récifs d'ALR avec ceux de l'ADREMCA. Mais ces derniers n'ont pas forcément les mêmes dimensions et structures que ceux d'ALR.

En prenant en compte ces problématiques, il faut ajouter certains projets évoqués par ALR et laissés en suspens. Ces projets scientifiques ont été abordés lors des différents comptes rendus et Comités de pilotages de l'association, et ils n'ont jamais fait l'objet d'une étude scientifique.

Il a par exemple été question de définir une **zone naturelle rocheuse de référence**, proche des récifs avec les mêmes paramètres environnementaux (profondeur, turbidité...) dans le Compte rendu de la réunion de travail du 17 janvier 2003. Une zone naturelle peut servir de comparaison avec un récif artificiel pour déterminer dans quelle mesure les récifs artificiels atténuent les pertes d'habitats, dues à l'anthropisation des zones naturelles (Carr et Hixon, 1997). De plus, le suivi d'une zone naturelle permet de faire des comparaisons d'abondance et de diversité spécifique avec un récif artificiel (Folpp et al, 2013). Et enfin, l'utilisation d'une zone naturelle permet de mettre en évidence, ou non une connectivité entre milieu naturel et milieu artificiel. Dans ce même contexte, des propositions de suivi de poissons par télémétrie bioacoustique ont été évoquée, pour cette fois-ci, mettre en évidence une possible connexion inter-récifs.

Aussi, il a été question à plusieurs reprises de faire un suivi des espèces marines à leur stade juvénile (Comité de pilotage de 2003) (Dalias et Scourzic, 2008). La présence de juvéniles de poissons sur les récifs artificiels pourrait montrer que les récifs assurent un rôle de nurserie (Mercader et al, 2019). Ces dernières sont essentielles au renouvellement des populations de poissons adultes (Cheminée et al, 2017).

Et enfin, par la section technique d'ALR, des recherches sur de nouveaux types de récifs ont permis l'implantation d'un récif de type Babel et d'un récif de type Typi. Ces récifs ont été immergés à la suite d'un travail de recherche sur leurs structures et leurs formes. Ce travail de recherche a débuté dès 2001 lors du Comité de pilotage et d'orientation d'ALR. Cependant, aucune étude sur **l'effet de la complexité** envers des paramètres biologiques des récifs artificiels d'ALR n'avait été réalisée. Pourtant, les rôles biologiques des récifs artificiels sont en lien étroit avec leur géométrie et leur conception. Un récif artificiel est constitué de modules, dont l'architecture induira soit un rôle attracteur, protecteur ou producteur. La géométrie du récif, qui définit son rôle principal, dépend de la complexité de ce dernier (Cépralmar., 2015). Aussi plusieurs études ont mis en évidence l'effet de la complexité des récifs artificiels sur les communautés d'espèces marines. L'étude de Reed et al (2006) a montré que l'utilisation de

récifs avait un effet significatif sur l'abondance et la diversité spécifique en lien avec leur design. Or, aucune comparaison sur leur densité d'espèces marines et leur diversité spécifique n'a été réalisée entre les récifs de type « Babel » et de type « Typi », en lien avec leur géométrie.

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 **vérifier l'enfouissement total de certains sites**. Sur l'aspect biologique, le but est de comparer les **paramètres biologiques** des récifs Typi et Babel de chaque concession, avec la mise en évidence d'une possible **connexion inter-récifs** ou **zone naturelle/zone artificielle**, et d'entamer un premier suivi des **juvéniles de poissons** dont les espèces présentent un intérêt **halieutique**.

Les problématiques qui peuvent alors se poser sont :

- **Les récifs artificiels Typi et Babel continuent-ils de s'enfouir dans le substrat ?**
- **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-t-il une connexion entre une zone naturelle et les récifs artificiels, ou une connexion inter-récifs ?**
- **Les récifs artificiels assurent-ils un rôle de nurseries qui abritent des juvéniles de poissons d'intérêt halieutique ?**
- **Les observations des plongeurs sur la disparition de certains sites sont-elles vérifiables ?**

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, (2) il existe une connexion zone naturelle/zone artificielle, et une connexion inter-récifs, (3) des juvéniles de poissons 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 2,60m de haut, pour un poids de 1,3 tonnes. 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>.

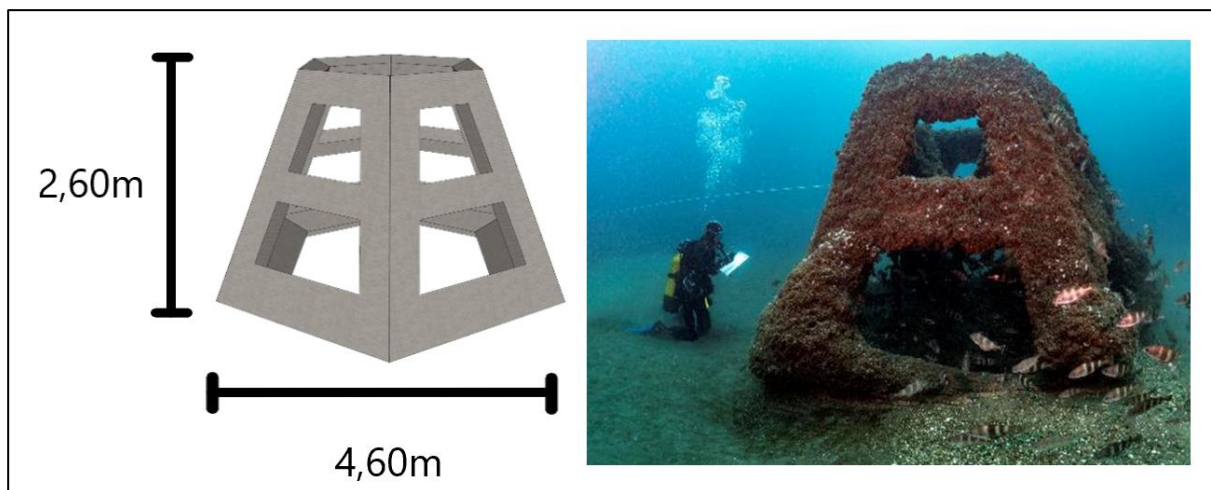


Figure 1 Dimension et visualisation du récif Typi en milieu naturel.

### 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 avec 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>.

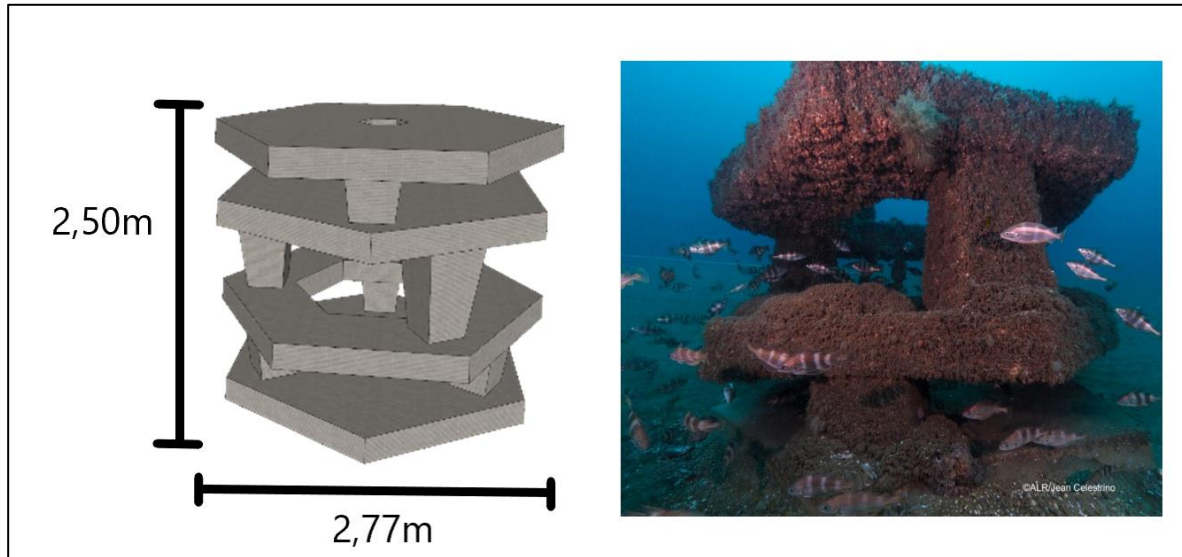


Figure 2 Dimension et visualisation du récif Babel en milieu naturel.

### **2.1.3 Les buses :**

Les buses sont des modules en béton de forme cylindrique, disposées en amas chaotique. 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, tous les récifs de type buses ont été à 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 uniquement lieu sur les buses de la concession de Moliets. Les plongées sur les buses ont permis de tester le nouveau protocole de comptage poissons, employé pour le Typi et le Babel pour la saison 2022.

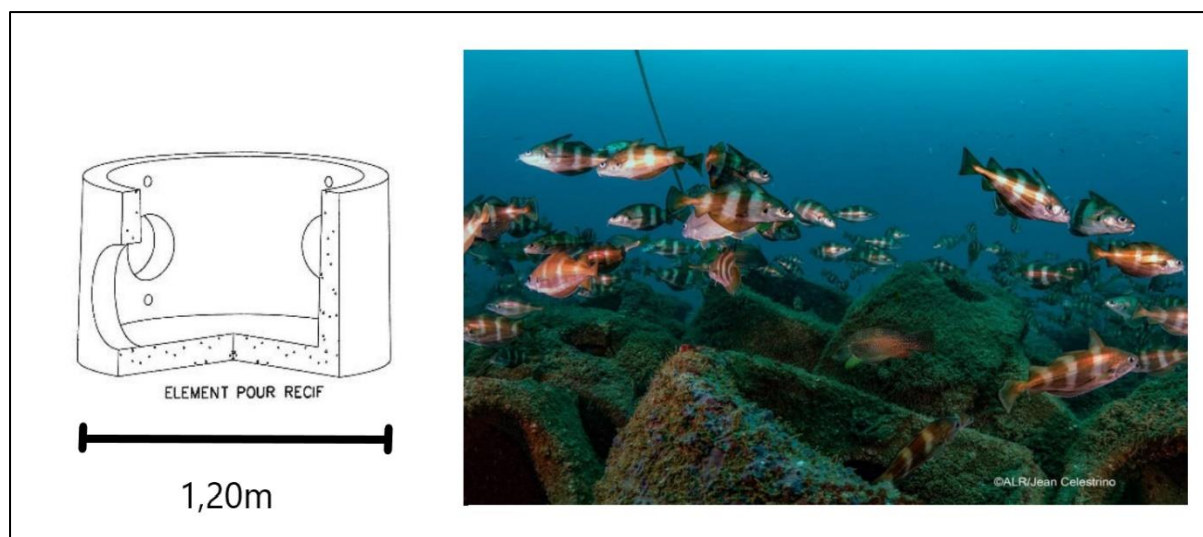


Figure 3 Dimension et visualisation du récif Buse/ amas chaotique en milieu naturel.

### **2.1.4 Le néréide :**

L'ostréiculture du lac d'Hossegor s'est retrouvée dans un contexte de crise suite à une surmortalité des naissains d'huitres. 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 Néréide. Ce nouveau type de récif avait pour objectif de mettre en place des essais de grossissement d'huitres 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 300kg. 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.

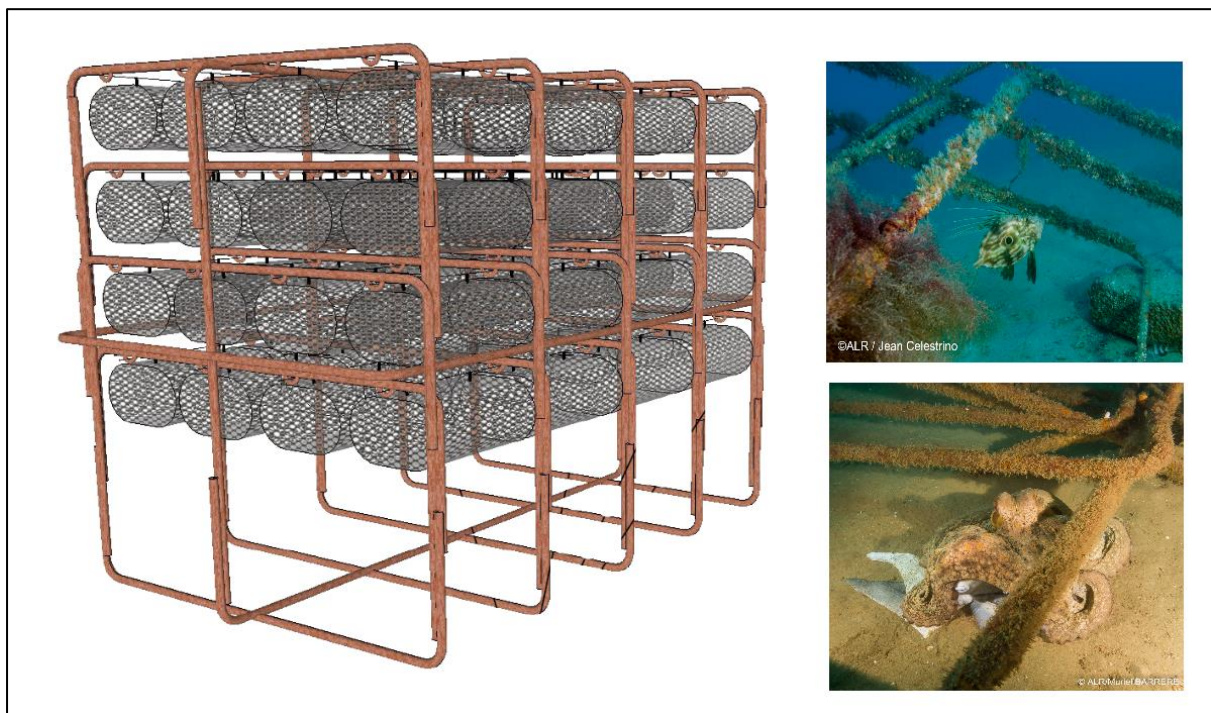


Figure 4 Visualisation du récif Néréide sur ordinateur et en l'état actuel.

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 de trois récifs de type Buses, un récif de type Typi et un récif de type Babel (Figure 5). Le récif Néréide est également immergé dans la concession de Capbreton.

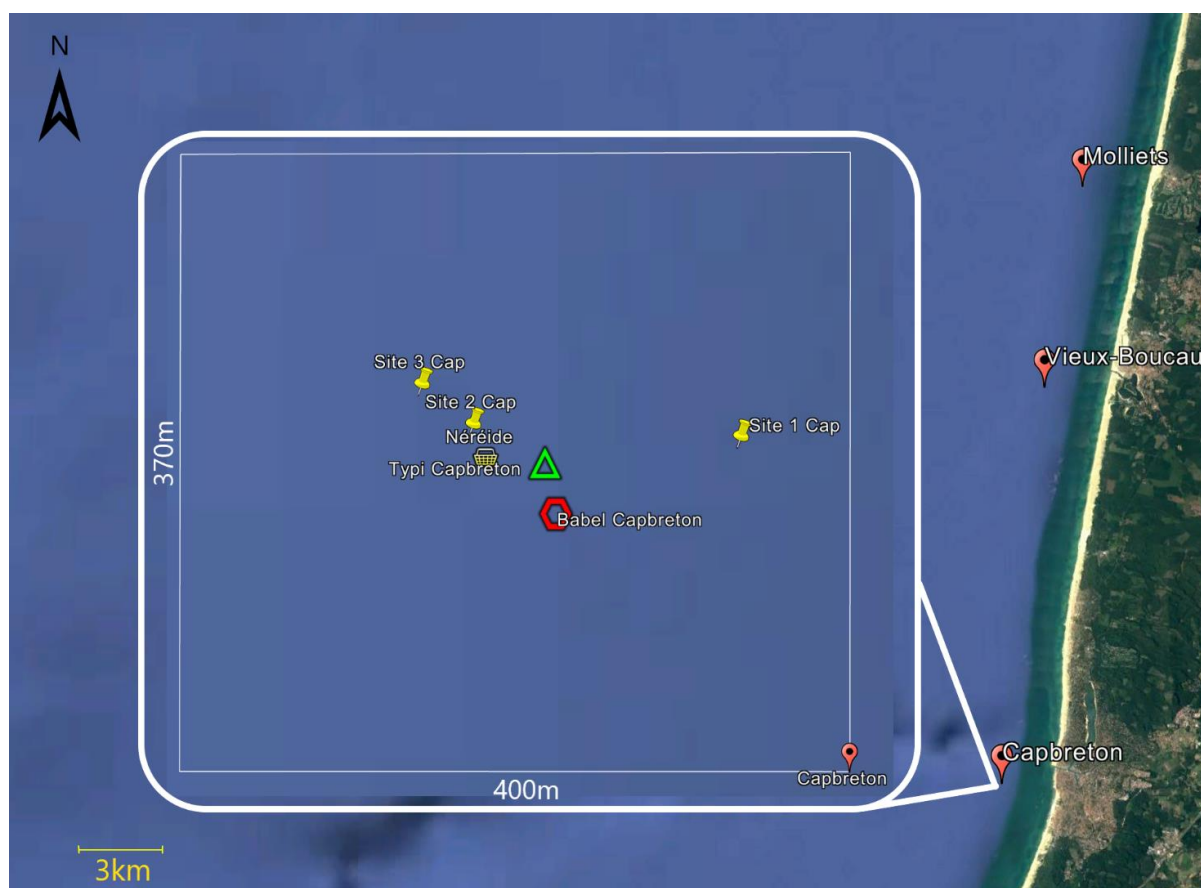


Figure 5 Implantation des différents récifs artificiels dans la concession de Capbreton.

### 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 est 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).

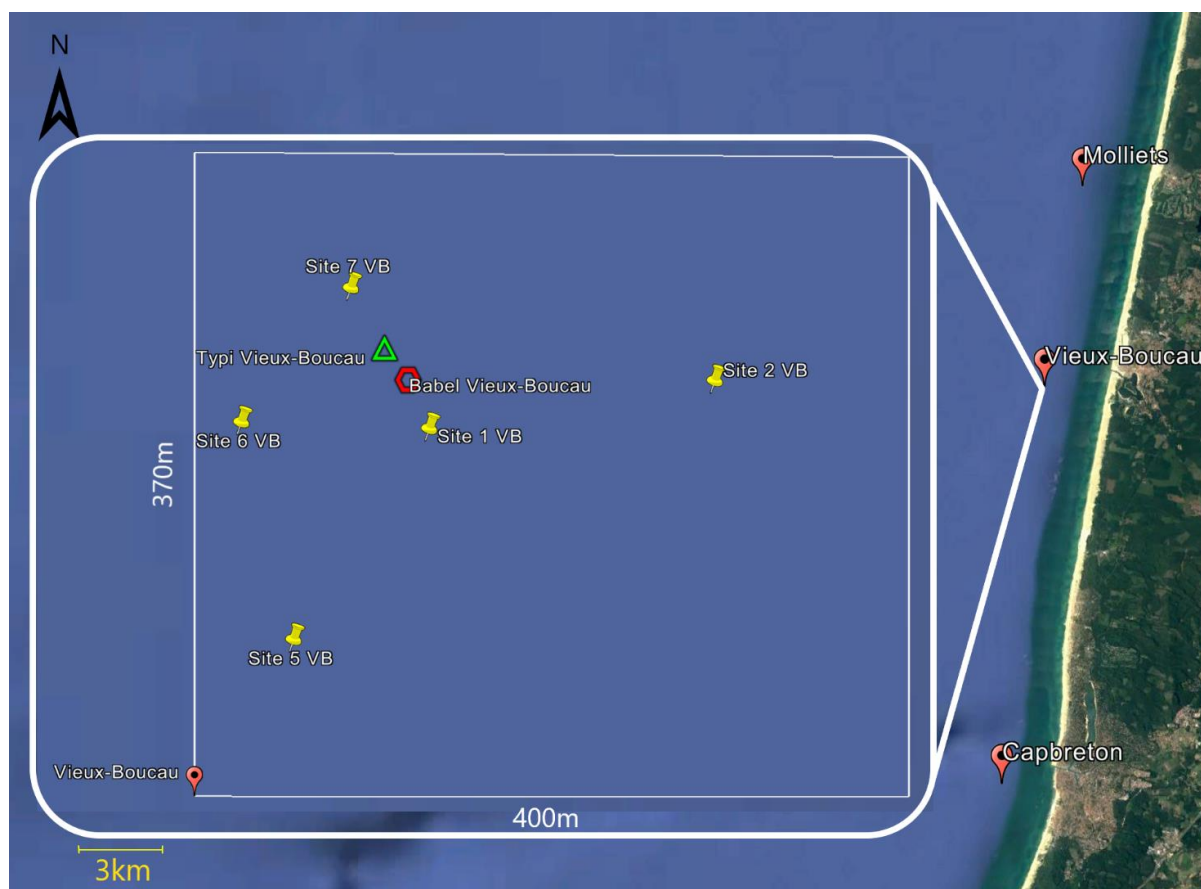


Figure 6 Implantation des différents récifs artificiels dans la concession de Vieux-Boucau.

### 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 est 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).

### 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 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 :

Cet indice a été appliqué uniquement sur les récifs de type 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 (h). 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.

### **2.3.3 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.

### **2.3.4 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 décamètre accroche ce dernier au récif. Ce même plongeur s'oriente dans la direction choisie à l'aide de son compas. Les directions à prendre son Nord, Est, Sud et Ouest (Figure 8).

Étape 2 :

Les deux plongeurs avancent dans la direction choisie, tout en déroulant entièrement le décamètre jusqu'à 20m de distance par rapport au récif (Figure 8).



Figure 8 Déplacement des plongeurs selon une orientation choisie jusqu'à 20m de distance du récif.

Étape 3:

Lorsque les plongeurs arrivent à 20m, les deux plongeurs s'arrêtent et commencent le relevé des profondeurs. (Figure 9).

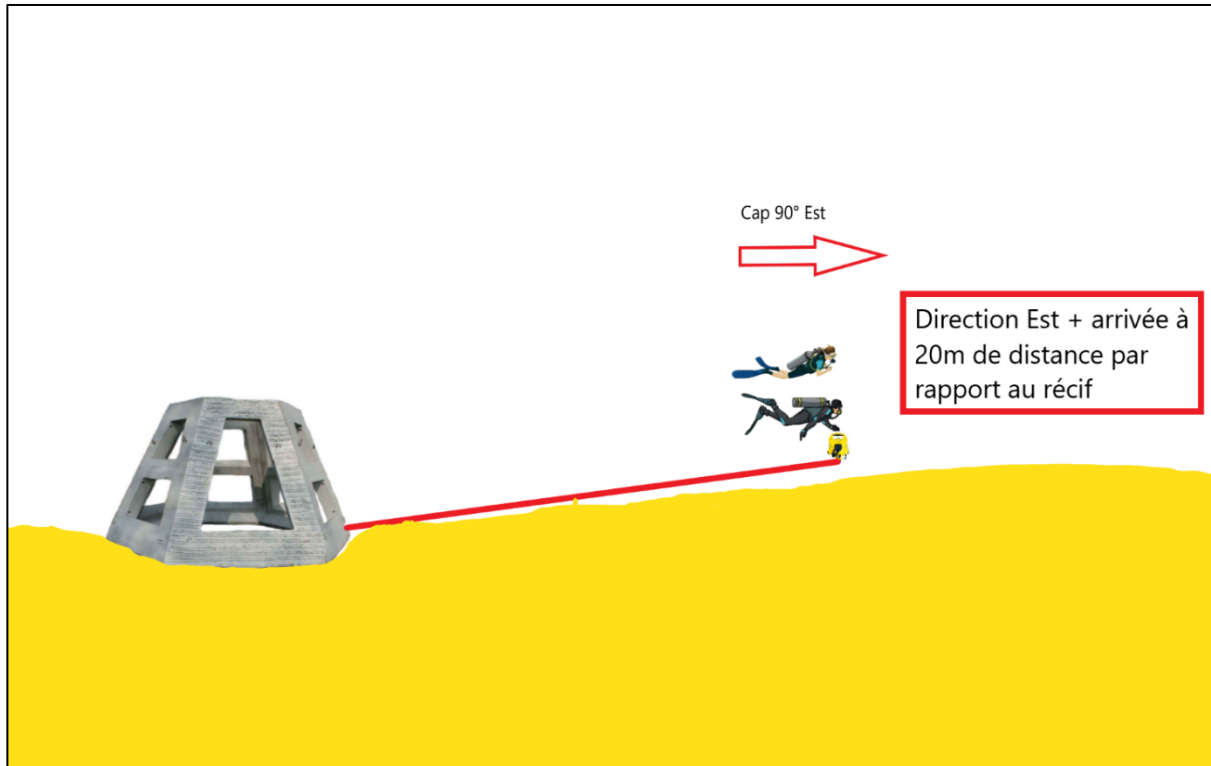


Figure 9 Début de la phase de prises de mesures de profondeur en se déplaçant vers le récif.

#### Étape 4 :

Les prises de profondeur se feront à 20m, 10m, 5m, 2m et 1m du récif. Le plongeur en charge du décamètre 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 (Figure 10).

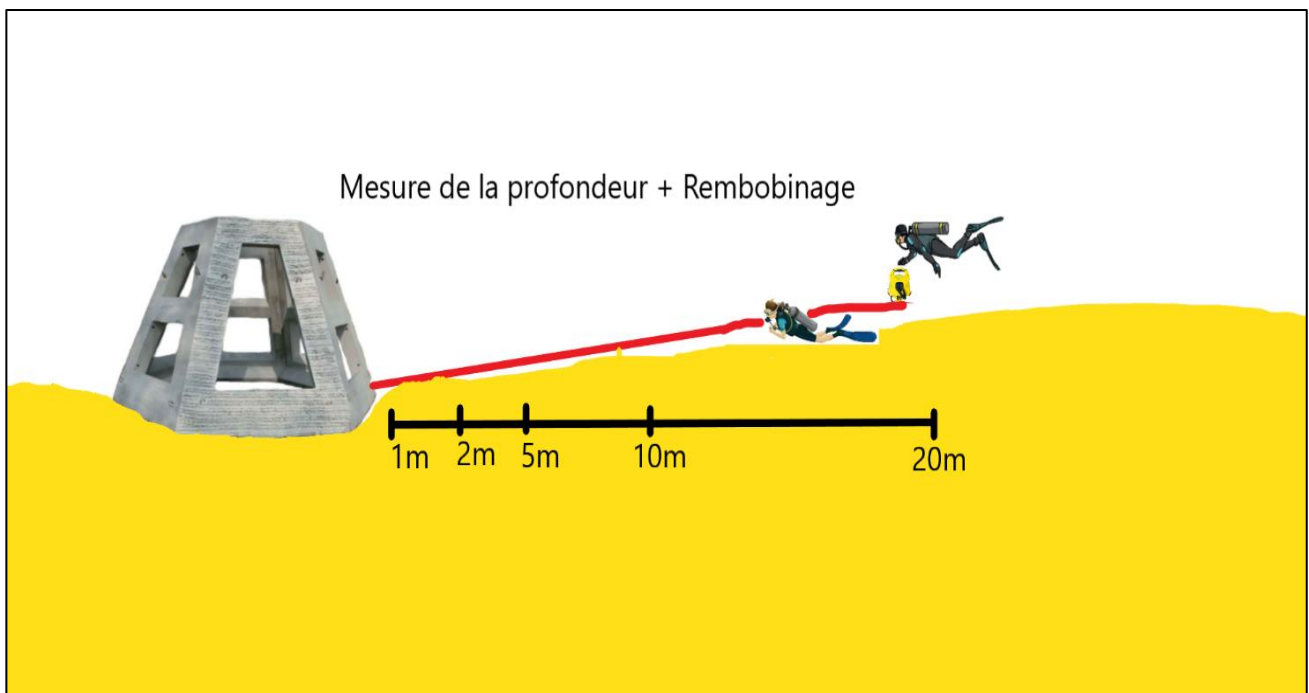


Figure 10 Retour des plongeurs vers le récif et prises de mesures de profondeur à 20, 10, 5, 2 et 1m, ainsi qu'au pied et en haut du récif.

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.

## 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 légèrement été adaptée pour les plongeurs bénévoles, afin de structurer leur temps d'observation et les itinéraires de comptages à suivre.

Les étapes de comptage se présentent de la façon suivante :

L'observation en premier lieu des 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 recenser les espèces vivant aux alentours du récif, sur le substrat (exemple : rougets barbets, vives, Ombrines bronze...). Les plongeurs doivent s'écarter à 3 mètres du récif et faire un trajet circulaire autour de celui-ci (Figure 11).

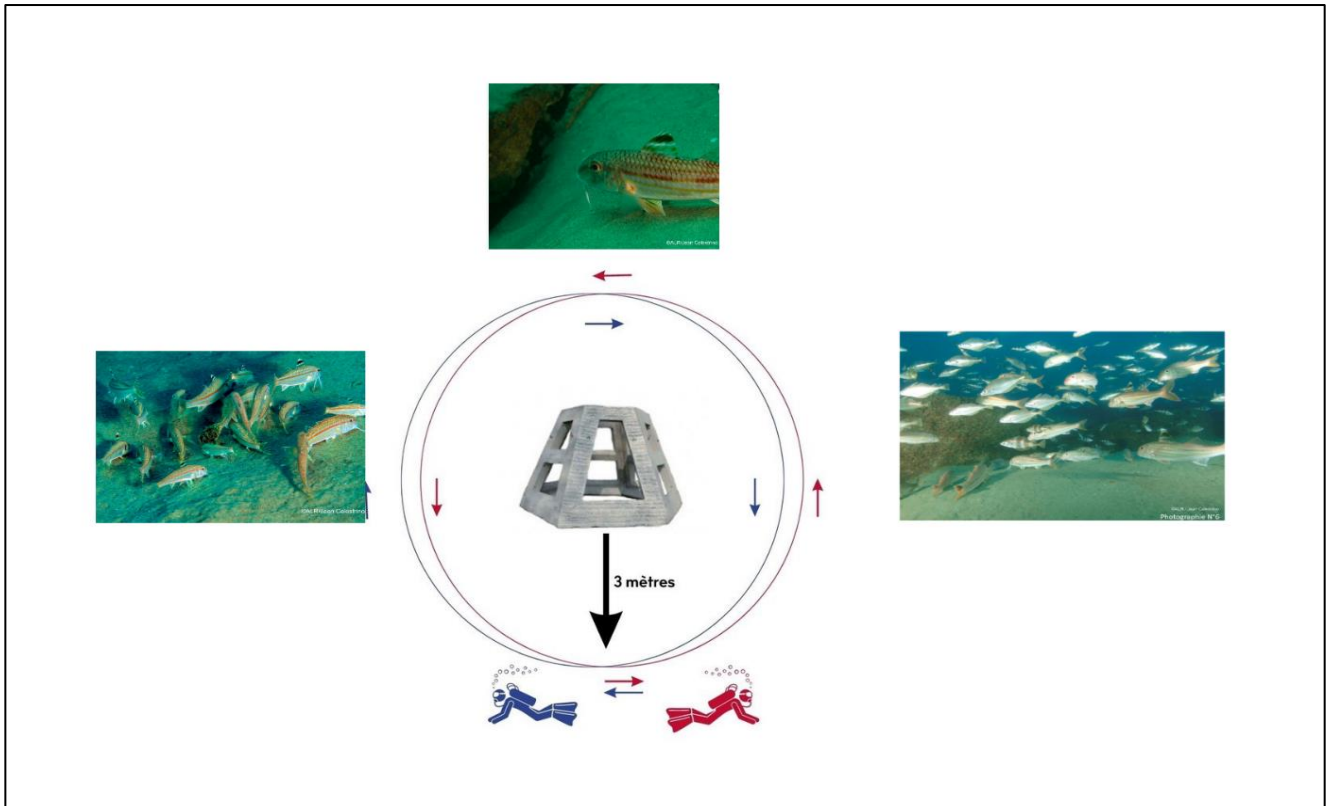


Figure 11 Phase de comptage des espèces mobiles vivant sur le substrat.

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...) (Figure 12).

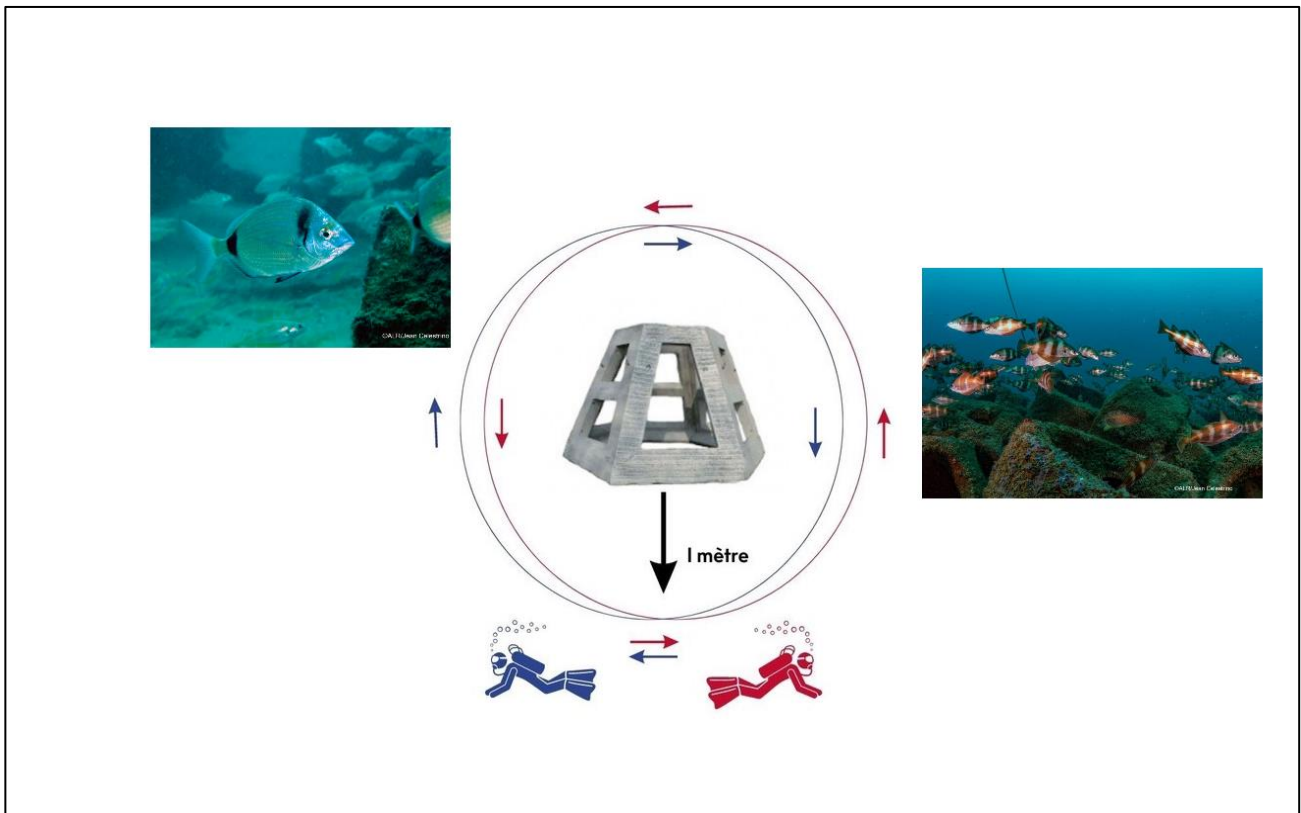


Figure 12 Phase de comptage des espèces vivant à proximité immédiate du récif.

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 (Figure 13).



Figure 13 Phase de comptage des espèces inféodées au récif.



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 au-dessus du récif à 2 mètres au-dessus de celui-ci et comptent les espèces grégaires et pélagiques (Figure 14).

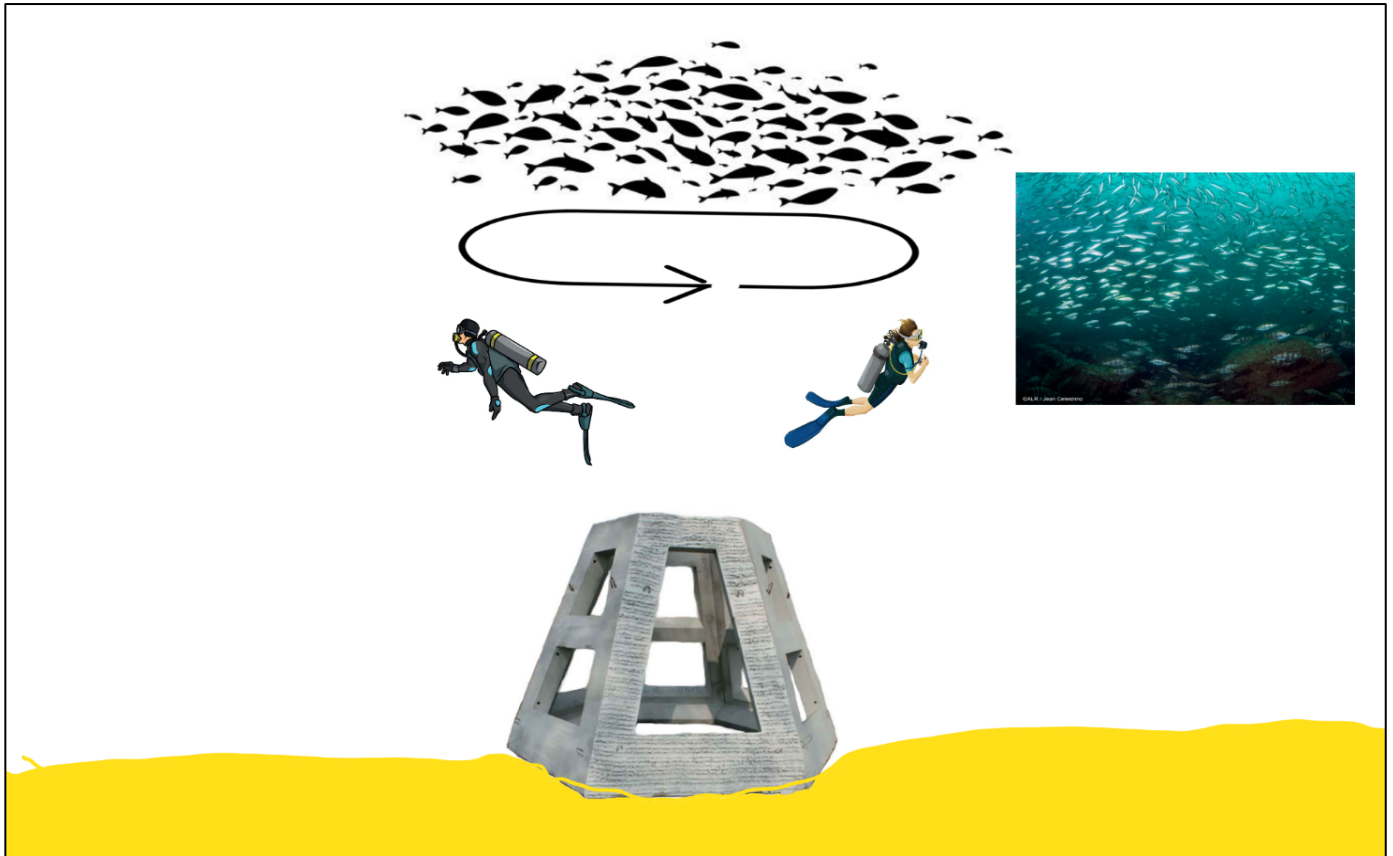


Figure 14 Phase de comptage des espèces grégaires de pleine eau.

#### **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 prévu 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 marine 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. Or 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 mérous 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 mérous (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.

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-larvaire pour les différentes espèces de poissons qui colonisent les récifs.

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

Pour le suivi scientifique 2022, il a été proposé d'utiliser des clichés sous-marins sur trois espèces en particulier. Il s'agit de *Seriola dumerili* (Risso, 1810), *Zeus faber* (Linnaeus, 1758) et *Conger conger* (Linnaeus, 1758). Le choix s'est porté sur ces trois espèces en raison de leur morphologie particulière, de leur comportement et de leur intérêt halieutique. De plus, chacune de ces trois espèces vit dans un environnement spécifique. *Seriola dumerili* est un poisson pélagique (Lesur et Ziemski, 2020), *Zeus faber* est une espèce démersale (Reguieg, 2021) et *Conger conger* est une espèce benthique (Sohier et Petit de Voize, 2007).

*Seriola dumerili* (Risso, 1810) :

L'espèce *Seriola dumerili* a été choisie suites aux nombreuses observations des plongeurs bénévoles lors des plongées de suivis scientifique. Ces derniers affirment observer régulièrement *Seriola dumerili* sur la concession de Capbreton, soit à proximité des récifs, soit dans la colonne d'eau au-dessus des récifs. De plus c'est une espèce facilement reconnaissable. Cette espèce possède une bande sombre à travers les yeux, en particulier chez les juvéniles, le haut de son corps est gris verdâtre, le bas du corps est argenté et une bande jaunâtre est identifiable le long de son corps allant du museau à la queue (Fukofuka et Itano, 2007). Pour compléter cette description, les plongeurs bénévoles ont rapporté que certaines sérioles avaient des cicatrices sur le corps et des nageoires parfois endommagées (Figure 15). Pour cette espèce, la photo identification portera donc sur les cicatrices corporelles, ainsi que sur la forme des nageoires pour identifier les individus.

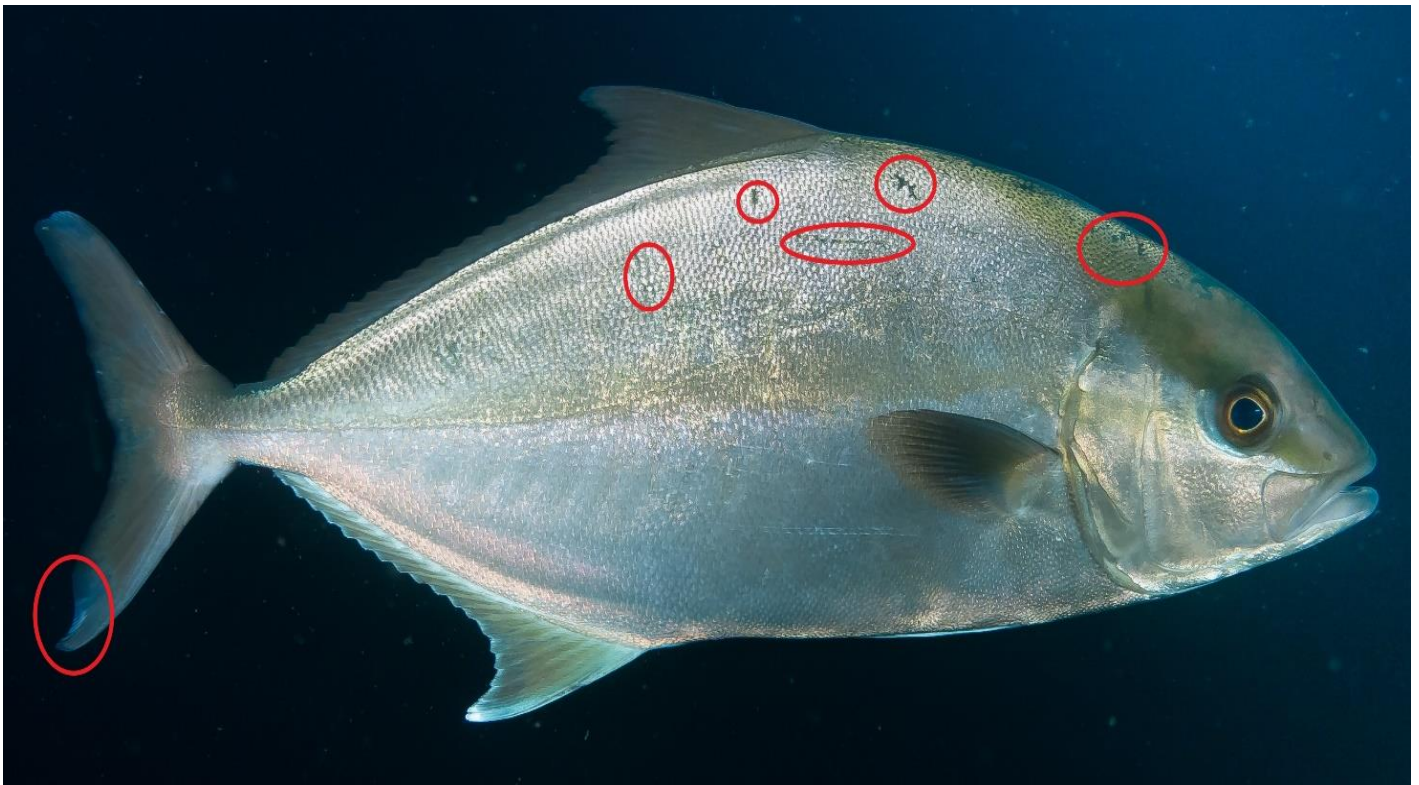


Figure 15 Exemples de marques corporelles caractéristiques exploitable pour de la photo-identification sur l'espèce *Seriola dumerili*.

*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. Le choix de cette espèce pour la photo-identification s'est portée sur plusieurs critères. Tout d'abord, la morphologie de ce poisson est très atypique. Il présente des patterns épidermiques qui ressemblent à des marbrures dorée et argentée (Figure 16). 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 16 Paternes épidermiques pris en compte pour la photo-identification de l'espèce *Zeus faber*.

*Conger conger* (Linnaeus, 1758) :

Le congre est un poisson ayant un corps serpentiforme, cylindrique et se comprimant latéralement à partir de l'anus. Ce poisson peut mesurer jusqu'à 3 mètres de long. Les yeux sont assez globuleux et ceux des jeunes proportionnellement plus grands que ceux des adultes. La peau du congre est de couleur grise à noirâtre, avec une partie ventrale blanche. Son épiderme ne présente pas d'écailles, mais il est recouvert de mucus visqueux. Des exemplaires totalement blancs sont parfois capturés. La peau est souvent marquée de **griffures blanches** et de **traces diverses**, signes probants de son activité de chasse. Les nageoires dorsale, anale et caudale sont réunies en une seule nageoire continue, bordée de noir, démarrant au niveau de l'extrémité des pectorales. Le congre est dépourvu de nageoires pelviennes. La ligne latérale est bien visible tout le long du corps (Sohier et Petit de Voize, 2007).

Cette espèce a donc été choisie en raison de sa morphologie et de son comportement. En effet ce poisson est très reconnaissable et connu des plongeurs, il présente des cicatrices sur l'épiderme (Figure 17). Il est peu mobile durant la journée et donc facile à approcher et à photographier.

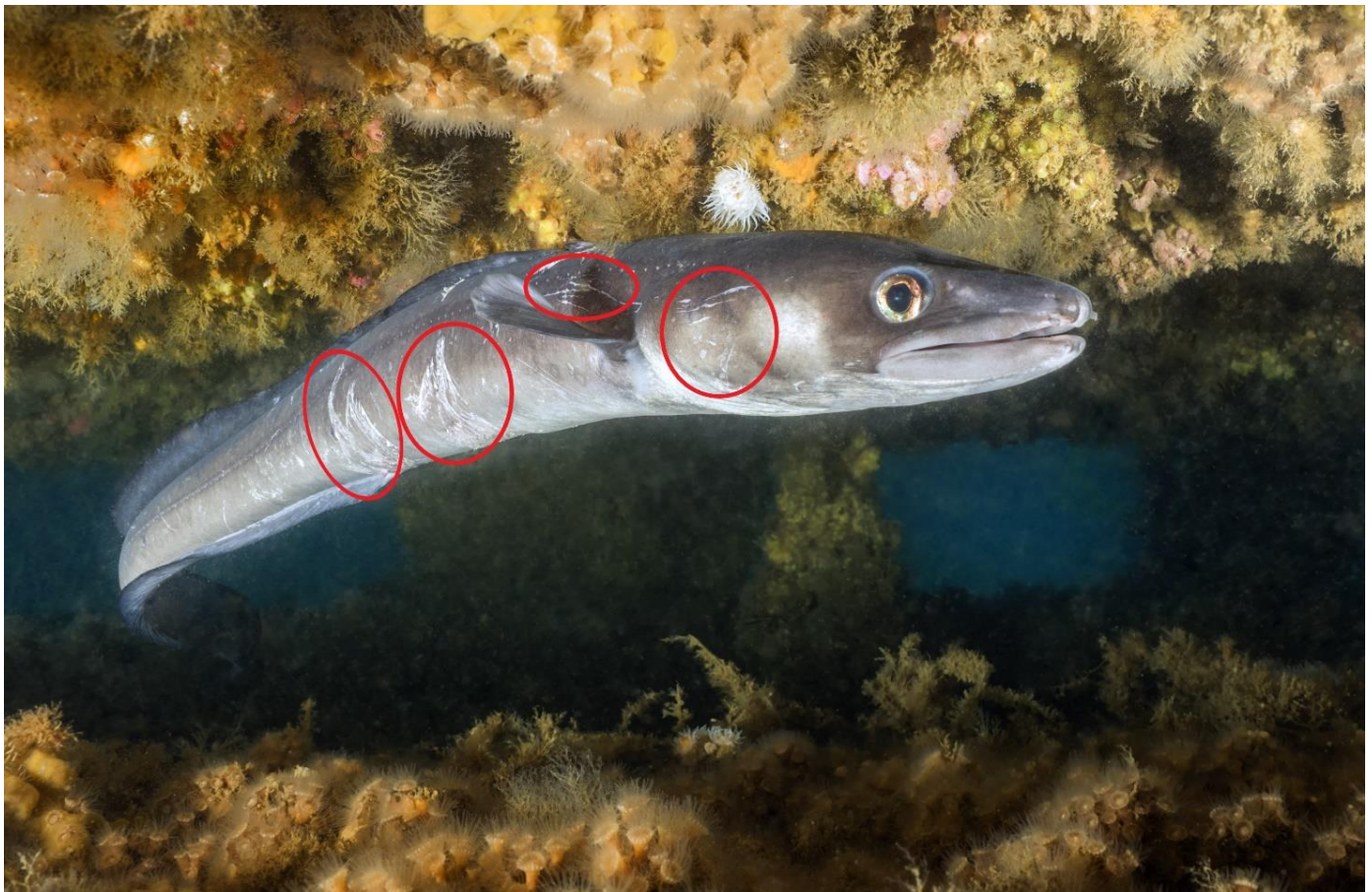


Figure 17 Exemple de cicatrices exploitable pour de la photo-identification sur l'espèce *Conger conger*.

#### **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 utilisés 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 ; 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 « spots » ou « patterns » 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 (2022). 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. Pour donner suite à ces différentes études, il a été validé par ALR de mettre en application l'utilisation d'un ROV sous-marin pour le suivi scientifique de 2022.

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

Le ROV employé pour l'étude est le Gladius mini S de Chasing Innovation. Ce ROV peut descendre à 100 mètres de profondeur, à une autonomie de 4 heures, une pince télécommandée et une longueur filière de 200 mètres. Pour ce suivi, le ROV sera piloté par un télépilote de drone professionnel.

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

Le ROV a été utilisé pour effectuer des comptages poissons, selon la méthode de Charbonnel et al (1997). Pour se faire, le télépilote fait déplacer le ROV selon les mêmes itinéraires que dans la méthode du comptage poissons en plongée sous-marine. 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.

Le ROV a également été utilisé dans la recherche de sites de récifs artificiels et de zones naturelles. La méthode consiste à se rendre sur un site de récifs grâce au point GPS de ce dernier. Une fois le bateau positionné sur le point, le télépilote met le ROV à l'eau et l'amène à la profondeur du récif. Si le récif n'est pas trouvé, alors le télépilote fait emprunter au drone un parcours en étoile. C'est à dire que le ROV se déplace sur une distance de 30 mètres depuis son point de départ. Si au bout de ces 30 mètres rien n'est trouvé, alors le ROV retourne à son point d'origine et repart dans une autre direction (Figure 18). Si après ce parcours, le récif n'est pas trouvé, il sera considéré comme enseveli.

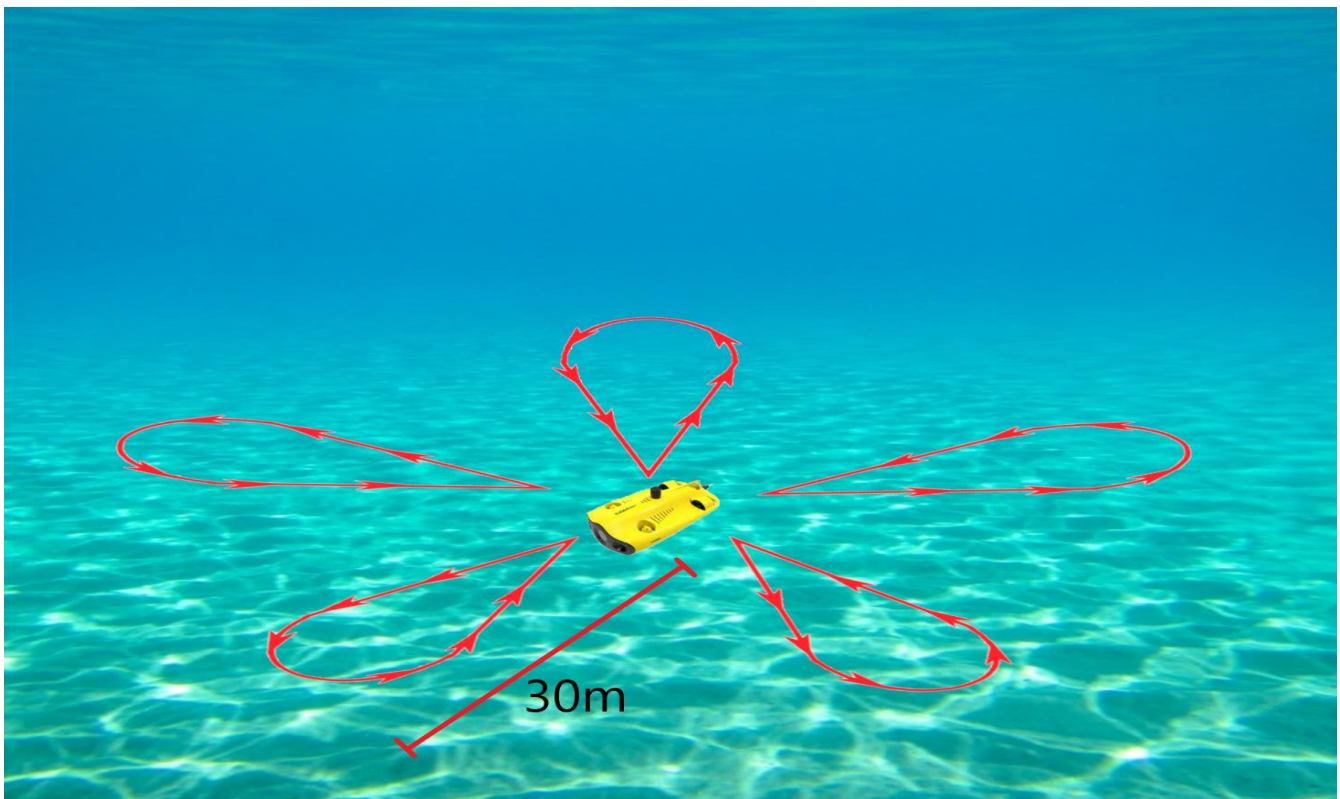


Figure 18 Trajets dit « en étoile » effectués avec le ROV pour rechercher les sites de buses.

Cette méthode sera la même pour la recherche d'une zone naturelle. Selon le comité de pilotage de 2003 d'ALR, une zone naturelle 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.

Aucune bibliographie n'a été trouvée pour la méthode de recherche de site. Cette dernière se base sur une méthode de recherche de site en plongée sous-marine.

## 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 19).

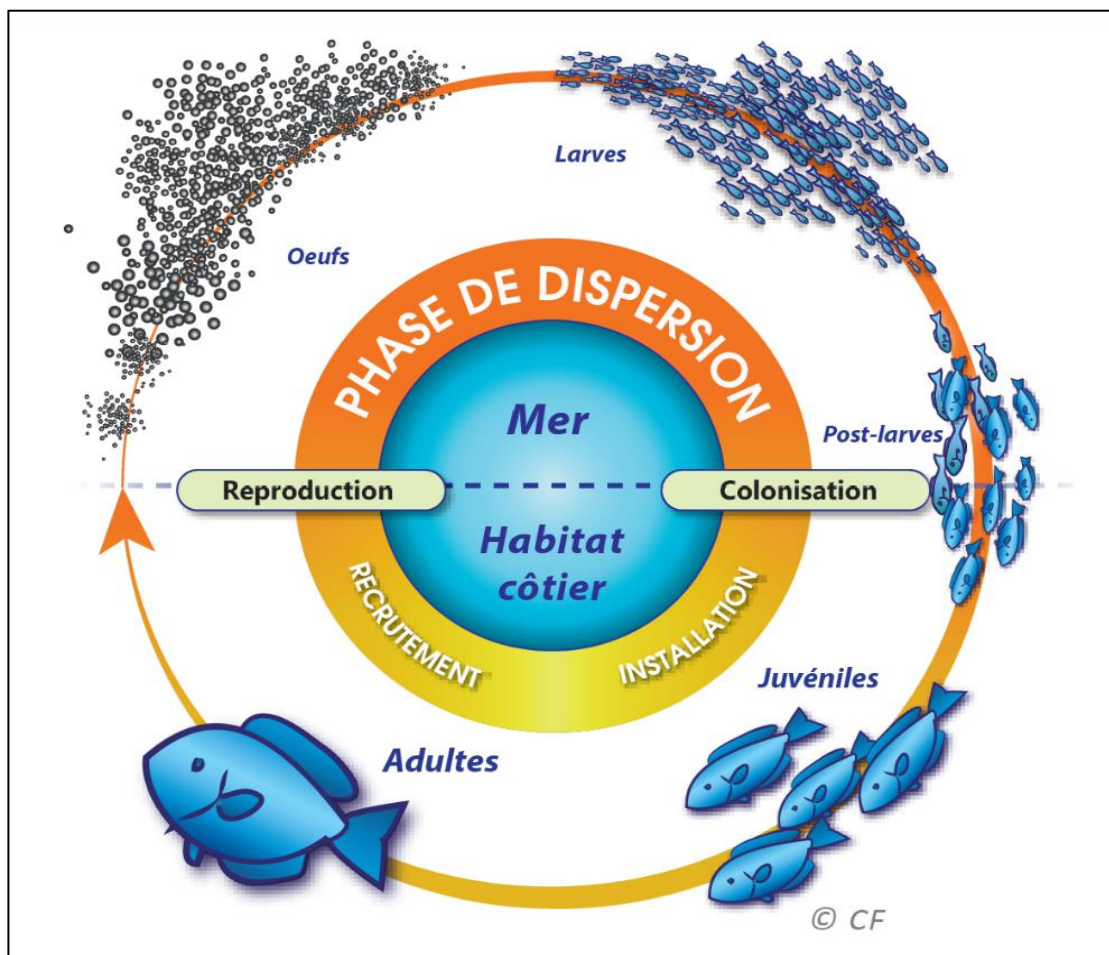


Figure 19 Schéma représentant le cycle de vie de la plupart des poissons selon l'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée occidentale (Crec'hriou et al, 2015).

## **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 poisson.

Par ces définitions, le suivi 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 poisson. 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 présentent 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>Spondylisoma 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 poissons, de la même façon que le protocole de recensement de ces derniers.

Le suivi des juvéniles de poissons téléostéen 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 La diversité spécifique :

Pour l'étude de la diversité spécifique, l'indice de Hill a été utilisé. Cet indice associe l'indice de Shannon (H) et l'indice de Simpson ( $\lambda$ ). En utilisant la sensibilité de l'indice de Shannon aux effectifs des espèces rares, et la sensibilité de l'indice de Simpson aux effectifs des espèces abondantes. L'indice de Hill est sensible à ces deux types de diversité à la fois (Grall et Coïc, 2005). Cet indice est représenté par la formule :

$$\text{Hill} = \frac{N_2}{N_1} = \frac{1}{\lambda} e^H$$

$N_2 = 1/\text{indice de Simpson}$ , et  $N_1 = \exp(\text{Shannon})$ . Pour davantage de compréhension, l'indice de Hill a été transformé en Hill inverse par la formule Hill inverse = 1-Hill. De ce fait, plus la valeur de l'indice tend vers 1, plus la diversité spécifique est grande.

### **2.8.2 L'abondance et la densité :**

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 de la densité.

Pour l'étude de la densité, les données brutes des abondances d'espèces ont été transformées en densité d'individus par m<sup>3</sup> d'habitat échantillonné. Le volume d'habitat utilisé est l'enveloppe extérieure du récif. Par exemple, si 16 poissons ont été dénombrés sur un Babel faisant 3,698 m<sup>3</sup>, la densité était de 4,32 individus par m<sup>3</sup> (16/3,698).

Pour ce paramètre, seules les espèces d'intérêt halieutique ont été prises en compte. Il s'agit de *Baliste capriscus*, *Dicentrarchus labrax*, *Zeus faber*, *Mullus surmuletus*, *Trachinus draco*, *Trisopterus luscus*, *Umbrina canariensis*, *Diplodus sargus*, *Diplodus vulgaris*, *Scorpaena porcus*, *Conger conger*, *Pagellus erythrinus*, *Trachurus trachurus*, *Boops boops*, *Spondylisoma cantharus* et *Octopus vulgaris*.

### **2.8.3 La fréquence d'occurrence :**

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 on 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	$5\% > C\%$



#### **2.8.4 Traitement des données :**

En raison de problèmes matériels et de mauvaises conditions environnementales, le nombre de comptages poisson par récif est inégal. Un seul suivi en triplicat a pu être réalisé sur le Typi de Capbreton. Etant donné qu'un seul récif a pu être suivi correctement, et que le nombre de comptages poisson par récif n'est pas suffisant, aucun test statistique n'a pu être réalisé. L'étude statistique de la densité d'espèces d'intérêts halieutique, de la diversité de Hill et de la fréquence d'occurrence sur les récifs artificiel d'ALR n'a donc pas été possible. La présentation des résultats du suivi des paramètres biologique sera uniquement descriptive.

### **3 - Résultats :**

#### **3.1 Bilan des plongées scientifiques effectuées par Atlantique Landes Récif en 2022 :**

La saison de plongée de 2022 pour ALR s'est déroulée du 10 Juin 2022 au 30 Octobre 2022. Elle comporte un total de **30 immersions** pour un temps de travail total en immersion de 22 heures et 6 minutes. Ce temps total d'immersion prend en compte les plongées d'entraînement au travail scientifique, les comptages poisson, l'identification des juvéniles de poissons, la photo identification et les mesures des paramètres physique. Lors de certaines immersions, plusieurs récifs ont pu être suivi à la fois. C'est le cas du Néréide de Capbreton qui a été suivi en même temps que les immersions sur le Typi de Capbreton. Le cas a été similaire lors des plongées sur la concession de Moliets. Cette fois-ci, le récif Typi a été échantillonné à la suite du récif Buse, et idem pour le récif Babel dans cette concession.

Le nombre d'interventions scientifiques sur les récifs artificiels est de 33, avec 19 interventions de validées pour le travail scientifique. Dans ces 19 interventions, 16 ont été retenues comme valides pour le travail scientifique.

Sur ces 16 plongées validées pour le suivi scientifique, 12 plongées scientifiques ont été validées pour le suivi des paramètres biologiques. Ces 12 plongées comprennent 8 comptages poisson, et 4 plongées d'entraînement. Et enfin, 4 plongées ont pu être validées pour la prise de mesures des paramètres physiques.

### 3.2 Résultats du suivi des paramètres physiques :

Lors du suivi des récifs artificiels de 2022, la prise de mesures de profondeur n'a pu être réalisée que sur les trois récifs Babel de l'ensemble des concessions, et sur le récif Typi de la concession de Moliets. Afin d'apporter une meilleure visibilité des résultats, les profondeurs enregistrées en 2019 et en 2020 ont été ajoutées à celles de 2022.

#### **3.2.1 Evolution de l'enfouissement du récif Typi de la concession de Moliets :**

Pour le récif Typi de la concession de Moliets, une légère dépression dans le substrat se distingue sur la partie Est du récif, jusqu'à 5 mètres de distance de ce dernier au cours du temps. Un monticule peut être observé sur la partie Ouest, 1 mètre avant le pied du récif. La partie Nord et Sud du Typi ne présente aucune dépression du substrat (Figure 20).

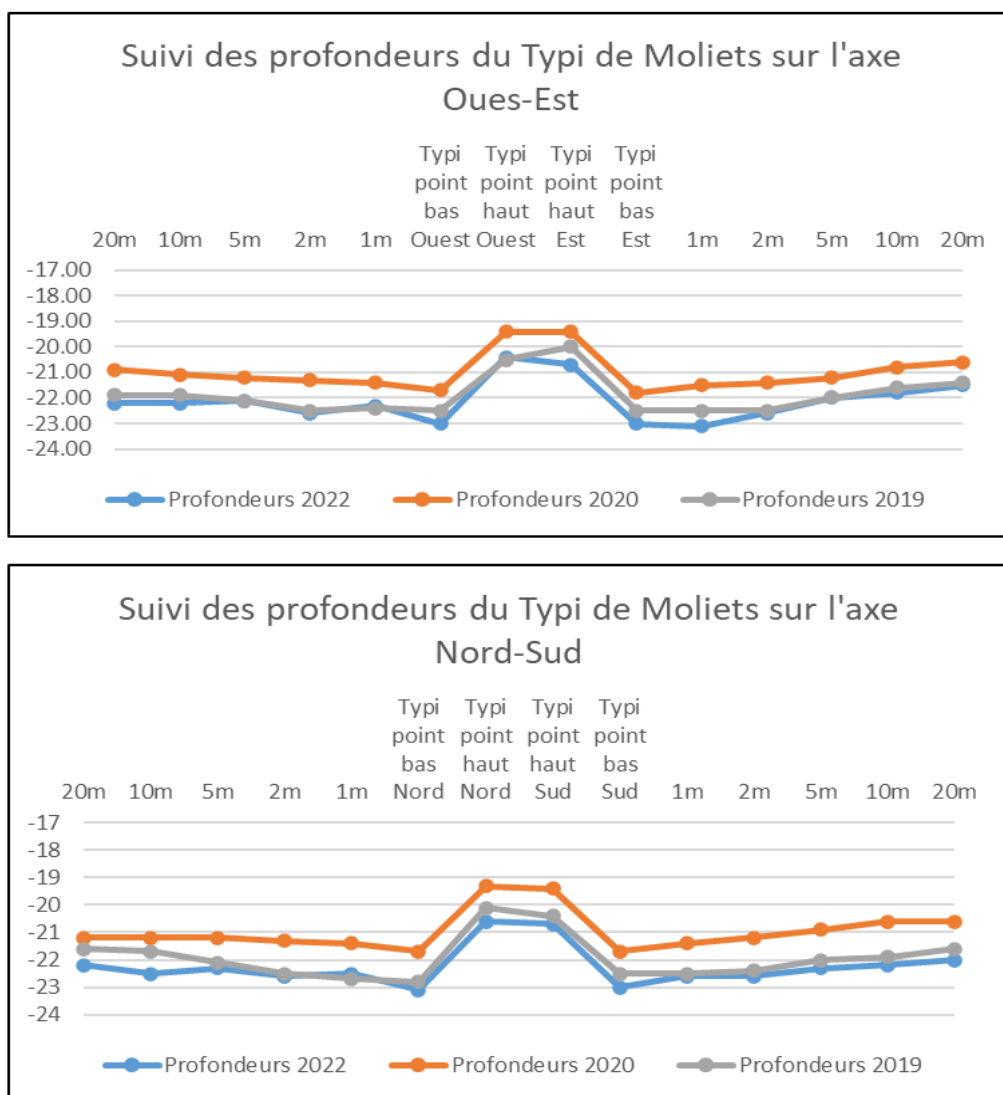


Figure 20 Evolution des profondeurs du Typi de Moliets sur les quatre axes cardinaux durant trois années.

### 3.2.2 Evolution de l'enfouissement du récif Babel pour les concessions de Moliets, Vieux-Boucau et Capbreton :

Le récif Babel de la concession de Moliets présente une dépression du substrat sur sa partie Ouest au cours du temps. Cette dépression commence à 2 mètres du récif et se termine au pied de ce dernier. Aucune dépression n'est constatée sur sa partie Est au cours du temps. Cependant, entre 2019 et 2022, une cuvette s'est formée du côté Sud du Babel et elle débute à son pied. Pour la partie Nord, la différence de profondeur entre le point le plus bas et le point le plus haut du Babel a diminué (Figure 21).

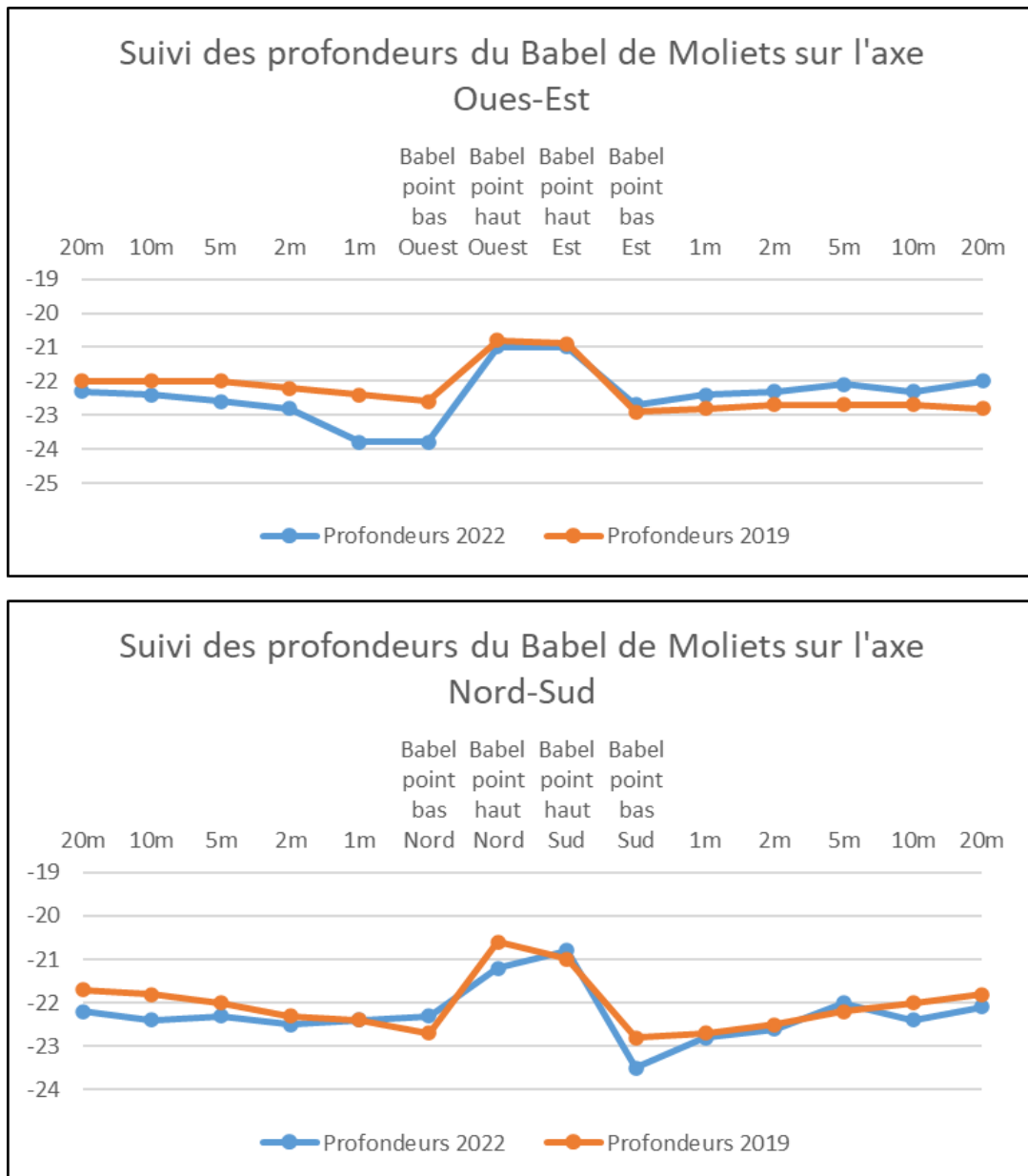


Figure 21 Evolution des profondeurs du Babel de Moliets sur les quatre axes cardinaux durant trois années.

Le Babel de la concession de Vieux-Boucau présente au cours du temps une formation d'un monticule sur sa partie Ouest, à 2 mètres de ce dernier. La partie Est du récif fait apparaître la formation d'une légère cuvette du pied du récif jusqu'à 2 mètres de ce dernier, ainsi qu'une très légère dépression à 5 mètres de distance. Les profondeurs sur l'axe Nord-Sud du Babel de Vieux-Boucau présentent de légères dépressions au pied du récif (Figure 22).

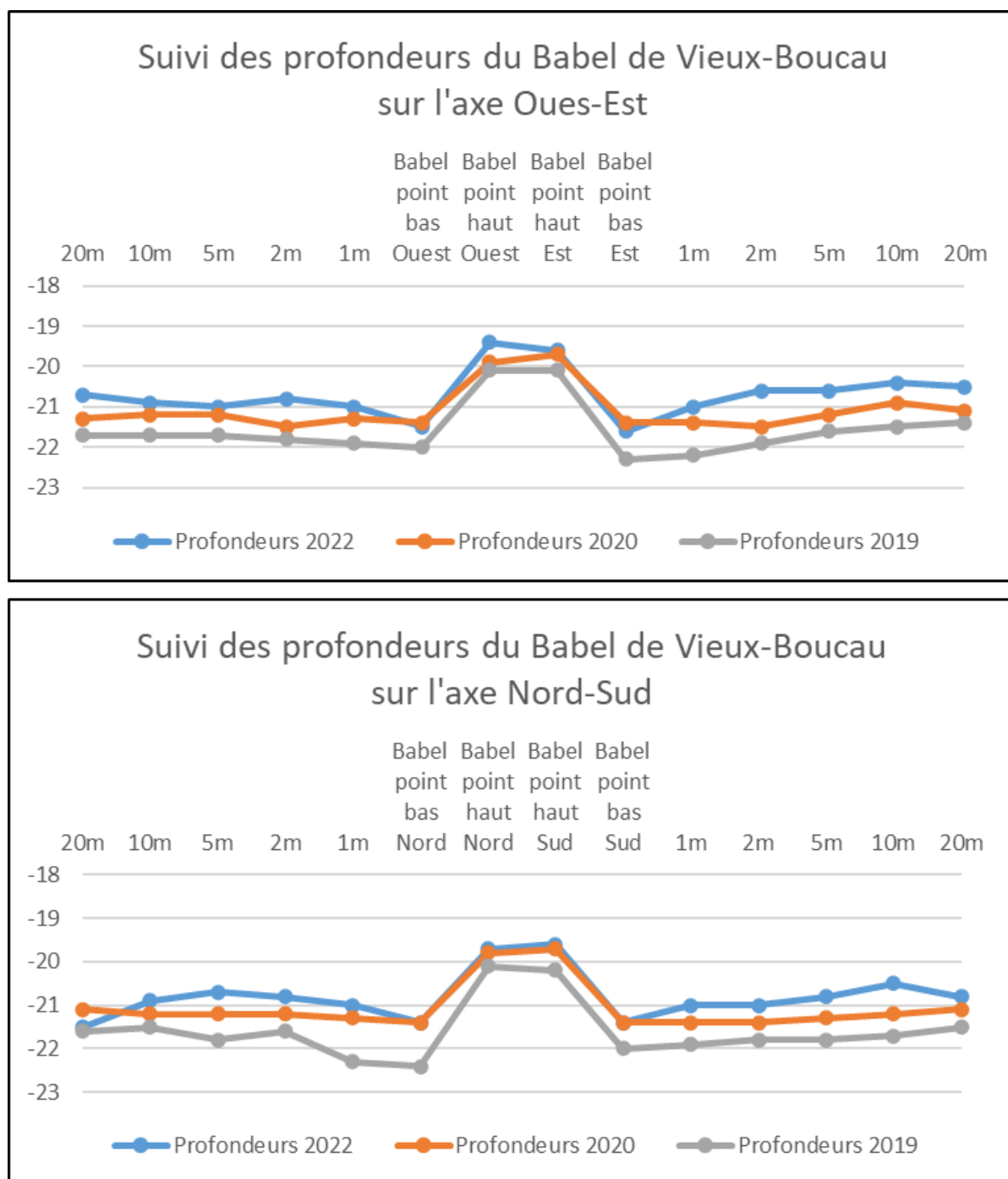


Figure 22 Evolution des profondeurs du Babel de Vieux-Boucau sur les quatre axes cardinaux durant trois années.

Les profondeurs pour le récif Babel de la concession de Capbreton semblent similaires au cours du temps. Aucune dépression nette ne s'est formée au cours du temps autour de ce récif sur les axes Ouest-Est et Nord-Sud (Figure 23).

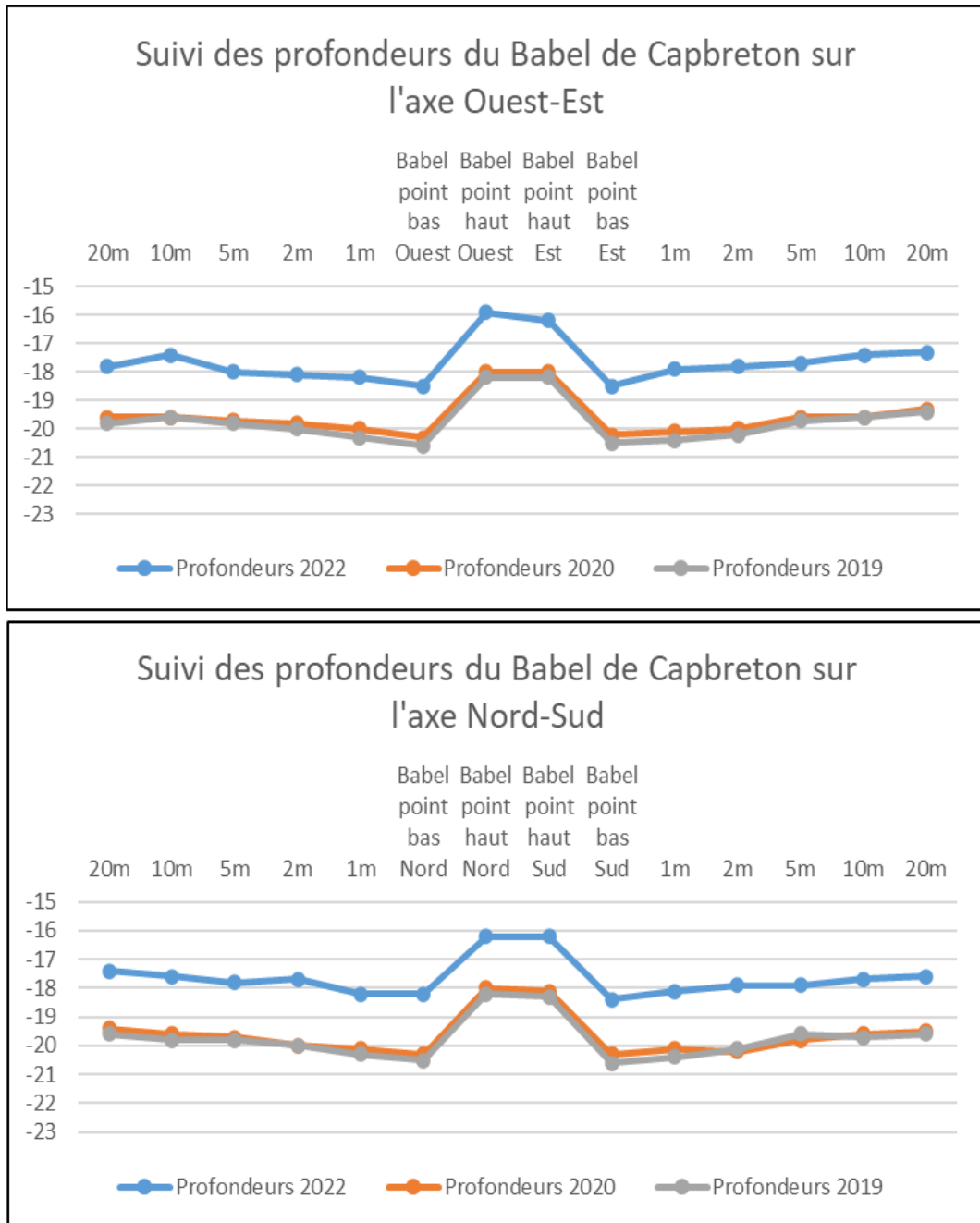


Figure 23 Evolution des profondeurs du Babel de Capbreton sur les quatre axes cardinaux durant trois années.

### 3.3 Résultats du suivi des paramètres biologiques :

L'acquisition des paramètres biologiques s'est déroulée au cours des 8 comptages poissons sur l'ensemble des trois concessions d'ALR. Le temps d'immersion total consacré aux phases de comptages poisson est de 2 heures.

#### **3.3.1 Bilan de l'abondance et des espèces recensées :**

Au total, 17 familles et 27 espèces ont été observées sur l'ensemble des séries de comptages poissons sur les récifs artificiels Typi et Babel. Le nombre d'individus total qui ont été comptés sur le récif Typi (toutes concessions) est 5112. Le nombre d'individus total qui ont été comptés sur le récif Babel est 5738. Le nombre d'individus total qui ont été comptés est 10854. La famille des Sparidés regroupe 7 espèces différentes. Les familles des Gadidés, des Mullidés, des Blennidés et des Carangidés regroupent chacune deux espèces différentes. Les cinq familles qui comptent les plus d'individus comptés sont les Blenniidae, les Carangidae, les Sparidae, les Sciaenidae et les Gadidae. Les espèces qui comptent le plus d'individus, recensés en 2022 sur le Typi et le Babel, sont *Trisopterus luscus*, *Umbrina canariensis*, *Trachurus trachurus* et *Parablennius pilicornis* (Tableau 3).

Tableau 3 Abondances totales pour chaque espèce recensée en 2022 sur l'ensembles des Typi, l'ensemble des Babel, et l'ensemble de la saison.

Famille	Genre et espèce	Nombre total d'individus observés sur le récif Typi en 2022	Nombre total d'individus observés sur le récif Babel en 2022	Nombre total d'individus observés en 2022 sur l'ensemble des récifs artificiels
Sparidae	<i>Diplodus vulgaris</i>	6	1	7
	<i>Diplodus sargus</i>	1	40	41
	<i>Pagrus pagrus</i>	0	1	1
	<i>Pagellus erythrinus</i>	73	13	89
	<i>Spondylisoma cantharus</i>	87	500	587
	<i>Oblada melanura</i>	30	0	30
	<i>Boops boops</i>	300	150	450
Gadidae	<i>Trisopterus luscus</i>	290	330	620
	<i>Gaidropsarus vulgaris</i>	0	1	1
Mullidae	<i>Mullus surmuletus</i>	291	211	502
	<i>Mullus barbatus</i>	0	23	23
Bleniidae	<i>Parablennius pilicornis</i>	465	260	725
	<i>Parablennius gattorugine</i>	150	260	410
Carangidae	<i>Trachurus trachurus</i>	1877	925	2802
	<i>Seriola dumerili</i>	2	3	5
Mugilidae	<i>Mugil cephalus</i>	0	640	640
Congridae	<i>Conger conger</i>	1	4	5
Scorpaenidae	<i>Scorpaena porcus</i>	36	14	50
Torpedinidae	<i>Torpedo marmorata</i>	1	0	2
Balistidae	<i>Baliste capriscus</i>	15	5	20
Moronidae	<i>Dicentrarchus labrax</i>	2	43	45
Trachinidae	<i>Trachinus draco</i>	2	2	4
Culpeidae	<i>Sardina pilchardus</i>	100	0	100
Serranidae	<i>Serranus cabrilla</i>	2	1	3
Sciaenidae	<i>Umbrina canariensis</i>	1350	2300	3650
Octopodidae	<i>Octopus vulgaris</i>	29	9	38
Sepiidae	<i>Sepia officinalis</i>	2	2	4
Nombre total d'individus rescensés en 2022		5112	5738	10854

### **3.3.2 La diversité spécifique de Hill :**

Parmi les 8 comptages poissons, la diversité spécifique de Hill est la plus importante pour les séries 2 et 3 du Typi de la concession de Capbreton, la série 1 sur le Babel de la concession de Vieux-Boucau, et pour la série 2 sur le Babel de la concession de Capbreton (Tableau 4). La concession de Capbreton présente les diversités spécifiques de Hill les plus importantes parmi l'ensemble des récifs Typi et Babel de chaque concession. Les diversités spécifiques de Hill les plus faibles concernent les série 1 pour les récifs Typi et Babel de la concession de Moliets. C'est cette concession qui présente la plus faible diversité spécifique (Tableau 4).

Tableau 4 Diversité spécifique de Hill pour chaque récif échantillonné en 2022 et pour chaque série de comptages pour les récifs Typi et Babel.

Série	Type de récif	Hill inverse
1	Typi Capbreton	0.569527039
1	Typi Moliets	0.550359333
2	Typi Capbreton	0.740677729
3	Typi Capbreton	0.652154563
1	Babel Capbreton	0.602643401
1	Babel Vieux-Boucau	0.63531677
1	Babel Moliets	0.493623986
2	Babel Capbreton	0.616538668



### **3.3.3 La densité d'espèces d'intérêt halieutique :**

Les espèces d'intérêt halieutique dont les densités moyennes sont les plus importantes pour le récif Typi sont *Mullus surmuletus*, *Trisopterus luscus*, *Umbrina canariensis*, *Trachurus trachurus* et *Boops boops*.

Les espèces d'intérêt halieutique dont les densités moyennes sont les plus importantes pour le récif Babel sont *Mullus surmuletus*, *Trisopterus luscus*, *Umbrina canariensis*, *Trachurus trachurus* et *SpondylIOSOMA cantharus*.

Pour l'espèce *Mullus surmuletus*, les densités moyennes entre le récif Typi et le récif Babel sont très similaires avec des densités respectives de 14,93 et 14,26 individus par m<sup>3</sup>. La densité moyenne de *Trisopterus luscus* sur le récif Babel est supérieure à celle du récif Typi, avec des densités respectives de 22,31 et 14,88 individus par m<sup>3</sup>. Les densités moyennes pour les espèces *Umbrina canariensis* et *Trachurus trachurus* sont les plus importantes parmi toutes les espèces étudiées sur l'ensemble des récifs Typi et Babel. Pour *Umbrina canariensis*, la densité moyenne pour le récif Babel est cependant très supérieure à celle du récif Typi, avec des densités respectives de 155,49 et 69,27 individus par m<sup>3</sup>. L'espèce *Trachurus trachurus* présente quant à elle une densité moyenne pour le récif Typi supérieure à celle du récif Babel, avec des densités respectives de 96,32 et 62,53 individus par m<sup>3</sup> (Tableau 5).

La dernière espèce dont la densité est la plus importante est *Boops boops* pour le récif Typi, avec une densité de 15,39 individus par m<sup>3</sup>. La densité moyenne pour cette espèce sur le récif Babel est de 10,14. Elle ne fait pas partie des cinq densités moyennes les plus importantes pour ce récif (Tableau 5).

La cinquième espèce dont la densité moyenne est la plus importante pour le récif Babel est *SpondylIOSOMA cantharus*. La densité moyenne pour cette espèce sur ce récif est de 33,80. Les espèces dont les densités sont les plus faibles pour le récif Typi sont *Dicentrarchus labrax*, *Zeus faber*, *Trachinus draco*, *Diplodus sargus* et *Conger conger*. Les densités moyennes des espèces *Zeus faber*, *Trachinus draco* et *Conger conger* sont également les plus faibles pour le récif Babel. A ces trois espèces s'ajoutent *Balistes capriscus* et *Diplodus sargus* dont les densités sont les plus faibles pour le récif Babel (Tableau 5).

La densité moyenne pour l'espèce *Zeus faber* est nulle pour les deux types de récifs. La densité moyenne pour l'espèce *Trachinus draco* est assez similaire pour les deux types de récifs, avec des densités respectives de 0,10 et 0,14 individus par m<sup>3</sup>. Et enfin la densité moyenne pour l'espèce *Conger conger* du récif Babel est supérieure à celle du récif Typi avec des densités respectives de 0,27 et 0,05 individus par m<sup>3</sup> (Tableau 5).

La densité moyenne pour l'espèce *Balistes capriscus* est plus faible sur le récif Babel, avec une densité de 0,34 individus par m<sup>3</sup>, par rapport au récif Typi, dont la densité est de 0,77 individus par m<sup>3</sup>. La densité moyenne pour l'espèce *Dicentrarchus labrax* est très faible sur le récif Typi, avec une densité de 0,10 individus par m<sup>3</sup>, par rapport au récif Babel, dont la densité est de 2,91 individus par m<sup>3</sup>. Les résultats pour l'espèce *Dicentrarchus labrax* sont très similaires pour la densité moyenne de l'espèce *Diplodus sargus*. La densité moyenne sur le récif Typi est de 0,05 individus par m<sup>3</sup>, contre une densité de 2,70 individus par m<sup>3</sup> pour le récif Babel. La densité moyenne pour l'espèce *Diplodus vulgaris* est plus faible sur le récif Babel que sur le récif Typi, avec des densités respectives de 0,07 et 0,31 individus par m<sup>3</sup> (Tableau 5).

Tableau 5 Densités de chaque espèce par série de comptage pour chaque récif échantillonné, et densité moyenne pour chaque espèce pour les récifs Tpi et Babel. En jaune, les densités les plus élevées, et en bleu les densités les plus faibles.

Genre et espèce	Typi Capbreton			Typi Mollets	Densité Typi moyenne	Babel Capbreton		Babel Vieux-Boucau	Babel Molliets	Densité Babel moyenne
	Série 1	Série 2	Série 3	Série 1		Série 1	Série 2	Série 1	Série 1	
<i>Baliste capriscus</i>	1.44	0.62	1.03	0.00	0.77	0.54	0.81	0.00	0.00	0.34
<i>Dicentrarchus labrax</i>	0.41	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.81	10.82	2.91
<i>Zeus faber</i>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<i>Mullus surmuletus</i>	26.68	20.53	0.21	12.32	14.93	20.28	16.22	0.00	20.55	14.26
<i>Trachinus draco</i>	0.41	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00	0.54	0.00	0.14
<i>Trisopterus luscus</i>	20.53	10.26	12.32	16.42	14.88	13.52	16.22	40.56	18.93	22.31
<i>Umbrina canariensis</i>	205.25	20.53	41.05	10.26	69.27	405.62	81.12	135.21	0.00	155.49
<i>Diplodus sargus</i>	0.00	0.00	0.21	0.00	0.05	0.00	0.00	10.82	0.00	2.70
<i>Diplodus vulgaris</i>	0.62	0.62	0.00	0.00	0.31	0.00	0.00	0.27	0.00	0.07
<i>Scorpaena porcus</i>	2.26	2.05	1.85	1.23	1.85	1.35	2.43	0.00	0.00	0.95
<i>Conger conger</i>	0.00	0.21	0.00	0.00	0.05	0.00	0.27	0.54	0.27	0.27
<i>Pagellus erythrinus</i>	8.62	6.16	0.21	0.00	3.75	4.06	0.27	0.00	0.00	1.08
<i>Trachurus trachurus</i>	205.25	123.15	41.46	15.39	96.32	0.00	135.21	114.93	0.00	62.53
<i>Boops boops</i>	0.00	20.53	41.05	0.00	15.39	40.56	0.00	0.00	0.00	10.14
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0.00	1.03	16.42	0.41	4.46	135.21	0.00	0.00	0.00	33.80
<i>Octopus vulgaris</i>	0.00	4.11	1.85	0.00	1.49	1.08	0.54	0.81	0.00	0.61

### **3.3.4 Fréquence d'occurrence :**

Le récif Typi et le récif Babel n'ayant pas été échantillonnés équitablement au cours de la saison 2022, la fréquence d'occurrence pour chacun de ces récifs est présentée de façon globale. 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. Il en va de même pour le récif Babel, dont deux comptages sur quatre proviennent de la concession de Capbreton.

C'est pourquoi la fréquence d'occurrence donne une meilleure visibilité de résultats sur l'ensemble des récifs Typi et Babel, durant toute la saison 2022 (Tableau 6). A cette échelle, 6 classes de fréquence d'occurrence pour les espèces marines apparaissent pour la saison 2022. Ces classes sont Omniprésente, Constante, Régulière, Accessoire, Accidentelle et Non présente. Les espèces *Trisopterus luscus* et *Parablennius pilicornis* sont les deux seules espèces à avoir été omniprésentes sur les deux types de récifs étudiés durant la saison 2022.

Tableau 6 Fréquence d'occurrence pour chaque espèce connue sur les récifs Typi et Babel, pour la saison 2022.

Genre et espèce	Fréquence d'occurrence pour le récif Typi en 2022	Fréquence d'occurrence pour le récif Babel en 2022	Fréquence d'occurrence Totale saison 2022	Modalités des classes de fréquence d'occurrence Totale pour la saison 2022
<i>Trisopterus luscus</i>	100%	100%	100%	Omniprésente
<i>Parablennius pilicornis</i>	100%	100%	100%	Omniprésente
<i>Mullus surmuletus</i>	100%	75%	88%	Constante
<i>Umbrina canariensis</i>	100%	75%	88%	Constante
<i>Scorpaena porcus</i>	100%	50%	75%	Constante
<i>Trachurus trachurus</i>	100%	50%	75%	Constante
<i>Baliste capriscus</i>	75%	50%	63%	Régulière
<i>Parablennius gattorugine</i>	50%	75%	63%	Régulière
<i>Pagellus erythrinus</i>	75%	50%	63%	Régulière
<i>Octopus vulgaris</i>	50%	75%	63%	Régulière
<i>Conger conger</i>	25%	75%	50%	Régulière
<i>Seriola dumerili</i>	50%	50%	50%	Régulière
<i>Spondyliosoma cantharus</i>	75%	25%	50%	Régulière
<i>Dicentrarchus labrax</i>	25%	50%	38%	Accessoire
<i>Diplodus vulgaris</i>	50%	25%	38%	Accessoire
<i>Serranus cabrilla</i>	50%	25%	38%	Accessoire
<i>Boops boops</i>	50%	25%	38%	Accessoire
<i>Trachinus draco</i>	25%	25%	25%	Accessoire
<i>Mugil cephalus</i>	0%	50%	25%	Accessoire
<i>Torpedo marmorata</i>	50%	0%	25%	Accessoire
<i>Sepia officinalis</i>	25%	25%	25%	Accessoire
<i>Diplodus sargus</i>	25%	25%	25%	Accessoire
<i>Mullus barbatus</i>	0%	25%	13%	Accidentelle
<i>Gaidropsarus vulgaris</i>	0%	25%	13%	Accidentelle
<i>Oblada melanura</i>	25%	0%	13%	Accidentelle
<i>Pagrus pagrus</i>	0%	25%	13%	Accidentelle
<i>Sardina pilchardus</i>	25%	0%	13%	Accidentelle
<i>Zeus faber</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Mola mola</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Pollachius pollachius</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Umbrina cirrosa</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Diplodus puntazzo</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Diplodus cervinus</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Scorpaena scorfa</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Scorpaena notata</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Ctenolabrus rupestris</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Sarda sarda</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Scyllarus arctus</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Homarus gammarus</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Palinurus elephas</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Macropodia sp</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Maja squinado</i>	0%	0%	0%	Non présente
<i>Loligo vulgaris</i>	0%	0%	0%	Non présente

### 3.5 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 5 heures et 36 minutes. Les plongeurs bénévoles ont réalisé des clichés sous-marins sur l'ensemble des trois concessions, pour chaque type de récifs artificiels. Seuls les clichés sous-marins de la concession de Capbreton ont été utilisables pour l'étude de photo identification. Les clichés pris sur les autres concessions ne présentaient pas une qualité de photo suffisante pour être exploitables par le logiciel de photo identification. Aussi, les espèces *Zeus faber* et *Seriola dumerili* n'ont été observée que sur la concession de Capbreton durant cette saison de suivi.

#### **3.5.1 Résultats de la reconnaissance photo pour l'espèce *Conger conger* :**

Le nombre de clichés exploitables pour l'espèce *Conger conger* durant la saison 2022 est de 3 sur 6. Seuls ses trois clichés ont été retenu pour être analysés par le logiciel I3S spot, en raison de l'angle de prise de vue et de qualité de l'eau. De plus ces photos mettent en évidence de façon très distincte des cicatrices sur le flanc droit de l'animal. Sur ces 3 clichés, un a été réalisé le 21 septembre 2022 sur le Typi de Capbreton et les deux autres le 23 septembre 2022 sur le Babel de Capbreton.

La comparaison photo s'est faite entre le cliché du congre pris le 21 septembre 2022 sur le Typi de Capbreton et les deux clichés de congres pris le 23 septembre 2022 sur le Babel de Capbreton. Cette comparaison s'est également faite dans le sens inverse afin de vérifier si les scores entre ces deux photos concordent, et s'ils ne présentent pas de biais dû à l'angle de prise de vue.

Dans le cas où le cliché du congre du 21/09/2022 sur le Typi de Capbreton est comparé au reste de la base de données, les scores respectifs sont de 13,17 (TOP 2) et de 11,91 (TOP 1). Ces scores indiquent une très forte similitude entre les clichés de ces deux individus.

Dans le cas où le deuxième cliché du congre observé le 23/09/2022 sur le Babel de Capbreton est comparé au reste de la base de données, les scores respectifs sont de 59,25 (TOP 2) et de 23,69 (TOP 1). Seul le TOP 1 indique une similitude forte avec le cliché du congre pris le 23/09/2022 sur le Babel de Capbreton.

Et enfin, dans le cas où le premier cliché du congre observé le 23/09/2022 sur le Babel de Capbreton est comparé au reste de la base de données, les scores respectifs sont de 39,19 (TOP 2) et de 18,95 (TOP 1). Seul le TOP 1 indique une similitude forte avec le premier cliché du congre pris le 23/09/2022 sur le Babel de Capbreton (Figure 24).

TOP		<i>Conger conger</i> flanc droit 001 Typi Cap 21/09/2022
1	<i>Conger conger</i> flanc droit 001 Babel Cap 23/09/2022	11,91
2	<i>Conger conger</i> flanc droit 002 Babel Cap 23/09/2022	13,17

TOP		<i>Conger conger</i> flanc droit 001 Babel Cap 23/09/2022
1	<i>Conger conger</i> flanc droit 001 Typi Cap 21/09/2022	18,95
2	<i>Conger conger</i> flanc droit 002 Babel Cap 23/09/2022	39,19

TOP		<i>Conger conger</i> flanc droit 002 Babel Cap 23/09/2022
1	<i>Conger conger</i> flanc droit 001 Typi Cap 21/09/2022	23,69
2	<i>Conger conger</i> flanc droit 001 Babel Cap 23/09/2022	59,25

Figure 24 Récapitulatifs des scores de comparaison entre les différents clichés du flanc droit pour l'espèce *Conger conger* établies par le logiciel I3S Spot.

### **3.5.2 Résultats de la reconnaissance photo pour l'espèce *Seriola dumerili* :**

Le nombre de clichés exploitables pour l'espèce *Seriola dumerili* durant la saison 2022 est de 8 sur 15. Seuls ses huit clichés ont été retenus pour être analysés par le logiciel I3S spot, en raison de l'angle de prise de vue et de qualité de l'eau. De plus ces photos mettent en évidence de façon très distincte des cicatrices et spots sur chacun des flancs de l'animal. Parmi ces 8 clichés, 3 ciblent le flanc droit, et les 5 autres le flanc gauche. Pour le flanc droit, 2 photos ont été prises sur le récif Typi le 21 septembre 2022 et 1 sur le récif Babel le 23 septembre 2022.

La comparaison s'est faite entre les deux clichés de la sériole observée sur le Typi de Capbreton le 21 septembre 2022 et le cliché de la sériole observée sur le Babel de Capbreton le 23 septembre 2022. Cette comparaison s'est également faite dans le sens inverse afin de

vérifier si les scores entre ces deux photos concordent, et s'ils ne présentent pas de biais dû à l'angle de prise de vue.

Dans le cas où le premier cliché de la sérieole du 21/09/2022 sur le Typi de Capbreton est comparé au reste de la base de données, les scores respectifs sont de 12,64 (TOP 2) et de 11,61 (TOP 1). Ces scores indiquent une très forte similitude entre les clichés de ces deux individus.

Dans le cas où le deuxième cliché de la sérieole du 23/09/2022 sur le Babel de Capbreton est comparé au reste de la base de données, les scores respectifs sont de 35,67 (TOP 2) et de 28,62 (TOP 1). Les deux scores sont assez élevés, mais la plus forte similitude apparaît pour les deux clichés de la sérieole du 21/09/2022.

Et enfin, dans le cas où le premier cliché de la sérieole du 23/09/2022 sur le Babel de Capbreton est comparé au reste de la base de donnée, les scores respectifs sont de 106,10 (TOP 2) et de 15,88 (TOP 1). Seul le TOP 1 indique une similitude forte avec le premier cliché de la sérieole pris le 21/09/2022 sur le Typi de Capbreton (Figure 25).

TOP		<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 001 Typi Cap 21/09/2022
1	<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 001 Babel Cap 23/09/2022	11,61
2	<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 002 Typi Cap 21/09/2022	12,64
TOP		<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 002 Typi Cap 21/09/2022
1	<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 001 Typi Cap 21/09/2022	28,62
2	<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 001 Babel Cap 23/09/2022	35,67
TOP		<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 001 Babel Cap 23/09/2022
1	<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 001 Typi Cap 21/09/2022	15,88
2	<i>Seriola dumerili</i> flanc droit 002 Typi Cap 21/09/2022	106,10

Figure 25 Récapitulatifs des scores de comparaison entre les différents clichés du flanc droit pour l'espèce *Seriola dumerili* établies par le logiciel I3S Spot.

Pour le flanc gauche, une photo a été prise sur le récif Typi le 21 septembre 2022, trois sur ce même récif le 23 septembre 2022, et une sur le récif Babel lors de cette même immersion. La comparaison s'est faite entre le cliché de la sériole observée sur le Typi de Capbreton le 21 septembre 2022, et les clichés de la sériole du 23 septembre 2022 sur le Babel et le Typi de Capbreton. Cette comparaison s'est également faite dans le sens inverse afin de vérifier si les scores entre ces deux photos concordent, et s'ils ne présentent pas de biais dû à l'angle de prise de vue.

Dans le cas où le premier cliché de la sériole du 21/09/2022 sur le Typi de Capbreton est comparé au reste de la base de données, le premier cliché de la sériole pris sur le Typi de Capbreton le 21/09/2022 présente un score de 11,39 (TOP 1). C'est le seul score assez petit qui peut indiquer une forte similitude entre les deux clichés (Figure 26).

L'ensemble des autres résultats de comparaison présentent des scores beaucoup trop élevés pour expliquer une possible similitude entre les différents clichés. Ces scores ne peuvent donc pas être exploités (Figure 26).



TOP		<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 21/09/2022
1	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 002 Typi Cap 23/09/2022	7,64
2	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 23/09/2022	51,53
3	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 003 Typi Cap 23/09/2022	280,60
4	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Babel Cap 23/09/2022	364,69

TOP		<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 23/09/2022
1	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 21/09/2022	53,29
2	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Babel Cap 23/09/2022	60,55
3	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 003 Typi Cap 23/09/2022	86,05
4	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 002 Typi Cap 23/09/2022	282,23

TOP		<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 002 Typi Cap 23/09/2022
1	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 21/09/2022	11,39
2	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 23/09/2022	170,12
3	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Babel Cap 23/09/2022	1049,73
4	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 003 Typi Cap 23/09/2022	8399,72

TOP		<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 003 Typi Cap 23/09/2022
1	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Babel Cap 23/09/2022	210,35
2	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 21/09/2022	243,19
3	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 23/09/2022	226,75
4	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 002 Typi Cap 23/09/2022	669,86

TOP		<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Babel Cap 23/09/2022
1	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 23/09/2022	95,44
2	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 002 Typi Cap 23/09/2022	141,37
3	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 001 Typi Cap 21/09/2022	341,55
4	<i>Seriola dumerili</i> flanc gauche 003 Typi Cap 23/09/2022	395,89

Figure 26 Récapitulatifs des scores de comparaison entre les différents clichés du flanc gauche pour l'espèce *Seriola dumerili* établies par le logiciel I3S Spot.

### **3.5.3 Résultats de la reconnaissance photo pour l'espèce *Zeus faber* :**

Le nombre de clichés exploitables pour l'espèce *Zeus faber* durant la saison 2022 est de 2 sur 4. Seuls ses deux clichés ont été retenus pour être analysés par le logiciel I3S pattern+, en raison de l'angle de prise de vue et de qualité de l'eau. De plus ces photos mettent en évidence de façon très distincte des motifs épidermiques sur les flancs de l'animal. Ces deux clichés prennent en compte le flanc gauche. Le premier cliché exploitable a été réalisé le 15 juillet 2022, et le deuxième le 21 septembre 2022. La comparaison photo s'est faite entre ces deux clichés. Cette comparaison s'est également faite dans le sens inverse afin de vérifier si les scores entre ces deux photos concordent, et s'ils ne présentent pas de biais dû à l'angle de prise de vue. La comparaison entre le cliché du Saint-pierre pris le 15/09/2022 sur le Néréide de Capbreton et celui du Saint-pierre pris le 21/09/2022 sur le même récif, présente un score de 333.48. Dans le sens inverse, le score est de 179.32. Ces scores sont trop élevés pour qu'il y ait une similitude entre ces deux individus (Figure 27).

	TOP	<i>Zeus faber</i> flanc gauche Néréide Cap 15/09/2022
1	<i>Zeus faber</i> flanc gauche Néréide Cap 21/09/2022	333,48
	TOP	<i>Zeus faber</i> flanc gauche Néréide Cap 21/09/2022
1	<i>Zeus faber</i> flanc gauche Néréide Cap 15/09/2022	179,32

Figure 27 Récapitulatifs des scores de comparaison entre les différents clichés du flanc gauche pour l'espèce *Zeus faber* établies par le logiciel I3S Pattern+.

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

Durant les phases de comptages poisson et de photo identification, l'espèce *Torpedo marmorata* a été observée et photographié. Cette espèce n'avait pas été recensée depuis 2003 sur les récifs artificiels (Martin, 2019). Cette espèce a été observée et photographiée sur le Typi de Capbreton le 21 septembre 2022, ainsi que le 23 septembre 2022 sur le même récif. En raison d'une faible diversité de marqueurs épidermiques (motifs, cicatrices, ...) aucune analyse de correspondance photographique n'a été réalisée sur cet individu (Figure 28).



Figure 28 *Torpedo marmorata* pris en photo sur le récif Typi de la concession de Capbreton en 2022.

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

#### **3.6.1 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 Capbreton. La concession de Vieux-Boucau n'a pas pu être explorée en raison des conditions environnementales et de la priorité aux plongées pour le comptage poisson.

Pour la concession de Capbreton, 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 30 minutes. C'est le temps durant lequel le ROV a exploré un site donné.

Les récifs de type Buse du site 2 et 3 de la concession de Capbreton ont d'abord été recherchés. Ces deux sites ont été explorés consécutivement en raison de leur proximité entre eux (40m) et de leur éloignement par rapport aux autres récifs. Aucune buse n'a été aperçue durant la phase d'exploration. Cependant, un banc de chinchards (*Trachurus trachurus*) a été enregistré grâce à la caméra du ROV près du fond (Figure 29).

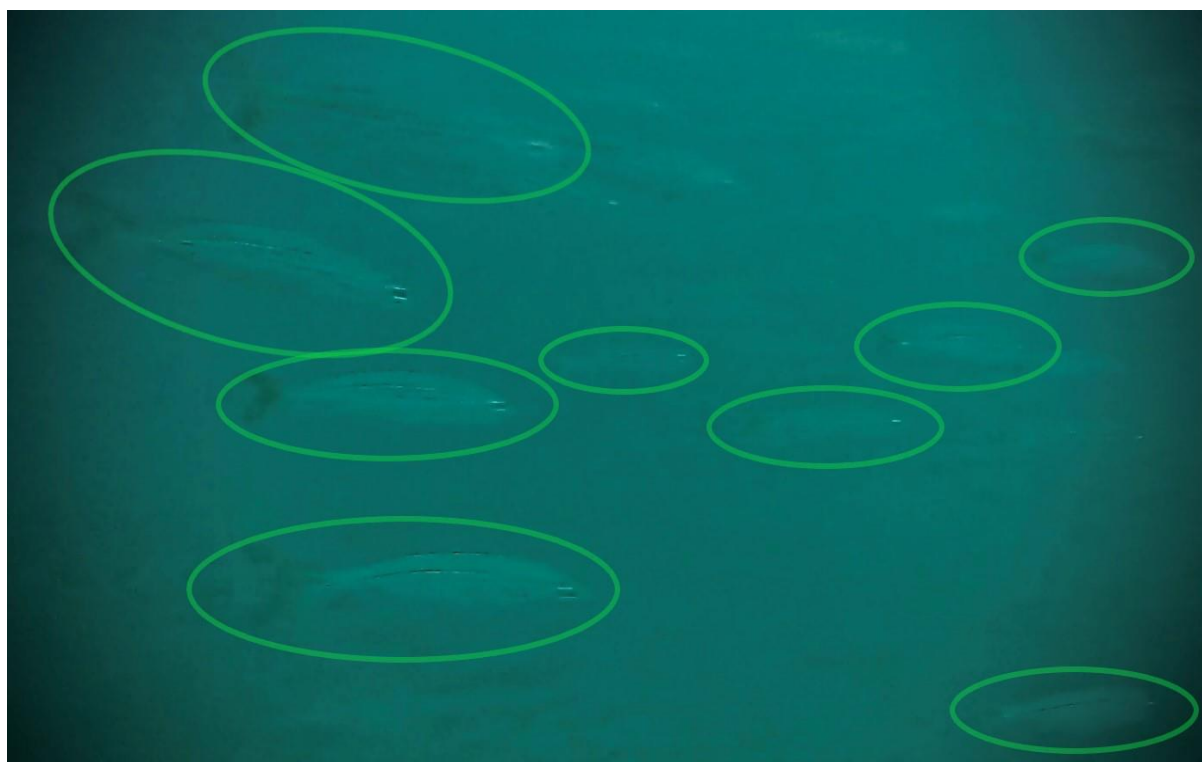


Figure 29 Observation d'un banc de chinchards dans la zone de recherche du site 3 de la concession de Capbreton.

Le récif de type Buse du site 1 a ensuite été recherché. Aucune buse n'a été aperçue durant la phase d'exploration. Cependant un banc de huit balistes de l'espèce *Balistes capriscus* a été aperçu dans la colonne d'eau (Figure 30).



Figure 30 Observation d'un banc de balistes dans la zone de recherche du site 3 de la concession de Capbreton.

La recherche d'une zone naturelle n'a pas pu être effectuée. Les raisons sont les mauvaises conditions environnementales et la priorité donnée aux plongées pour les comptages poisson.

### **3.6.2 Utilisation du ROV sous-marin pour le comptage poisson :**

Le ROV sous-marin a été testé deux fois pour effectuer des comptages poisson. La première sortie a eu lieu le 15 juin 2022. Durant cette sortie, le récif Typi a pu être facilement trouvé. Le temps d’immersion du ROV a été de 20 minutes. Le ROV n’a pas pu emprunter les mêmes itinéraires que ceux du protocole de comptage poisson. Il s’agissait avant tout d’une immersion test pour le ROV. Le but premier était de savoir si le retour vidéo était suffisant pour pouvoir compter les espèces sur un récif. Certaines espèces aperçues sur l’interface vidéo ont pu être identifiées. Les espèces identifiées lors de cette sortie sont référencées dans le tableau.

La deuxième sortie a eu lieu le 26 octobre 2022 sur la concession de Capbreton sur le récif Babel. Le temps d’immersion du ROV a été de 8 minutes. Le ROV n’a pas pu emprunter les mêmes itinéraires que ceux du protocole de comptage poisson. Cependant, l’espèce *Trachurus trachurus* qui pélagique a pu être identifié et les individus dénombrés, de la même façon que dans la méthode de comptage de l’étude de Charbonnel (1997) (Figure 31). Certaines espèces vivantes à proximité immédiate du récif ont pu être dénombrées et identifiées comme *Balistes capriscus*, *Trisopterus luscus*, *Umbrina canariensis*, et *Oblada melanura* (Figure 31). Ces espèces sont référencées en nombre et en genre/espèce dans le tableau 7.

Tableau 7 Liste des espèces identifiées avec le ROV sur le Babel de la concession de Capbreton en 2022.

Nom vernaculaire	Genre et espèce	Nombre
Baliste commun	<i>Balistes capriscus</i>	3
Tacaud	<i>Trisopterus luscus</i>	25
Ombrine Bronze	<i>Umbrina canariensis</i>	10
Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	80
Oblade	<i>Oblada melanura</i>	2

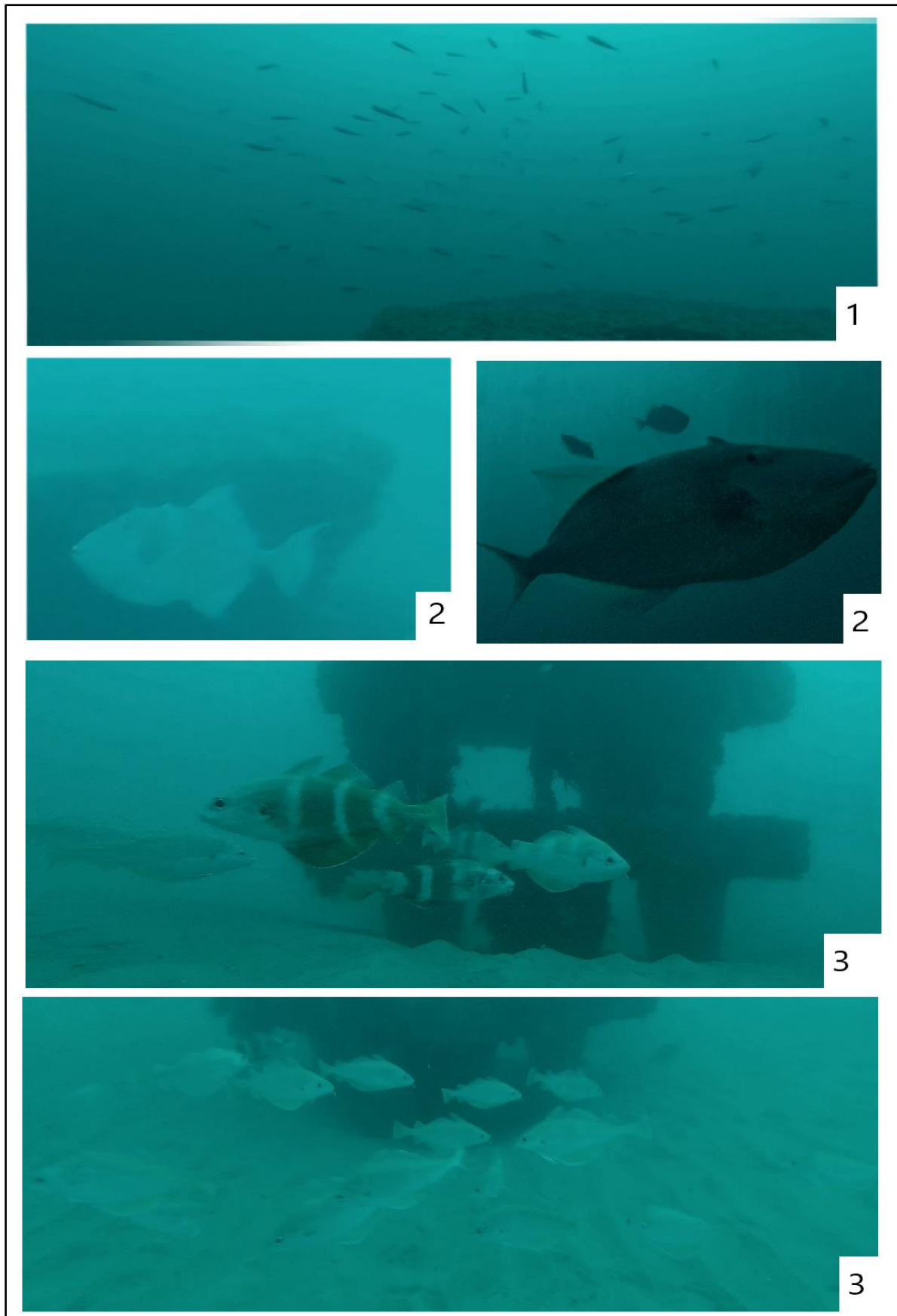


Figure 31 Clichés représentant les espèces observées grâce au ROV sur le Babel de la concession de Capbreton. (1) *Trachurus trachurus*, (2) *Balistes capriscus*, (3) *Trisopterus luscus*.

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

#### **3.7.1 Recensement des juvéniles de poissons :**

Le dénombrement et l'identification des juvéniles de poissons téléostéen se sont déroulés durant les phases de comptage, de photo-identification et d'exploration en ROV. Le temps total consacré aux juvéniles de poissons est de 7 heures et 51 minutes.

Lors des phases de comptage poissons, des juvéniles ont été recensés sur la concession de Capbreton, sur les récifs Typi et Babel. Les espèces identifiées comme juvéniles ont été classées par Genre/Espèces, concession, type de récif et par nombre.

Les juvéniles de poissons identifiés sur le Babel de Capbreton sont *Umbrina canariensis*, *Parablennius gattorugine*, *Parablennius pilicornis*, *Scorpaena porcus* et *Conger conger*. Pour le Babel de Vieux-Boucau, seule l'espèce *Conger conger* a été identifiée au stade juvénile. Aucun juvénile de poisson n'a été échantillonné sur le Babel de Molliets. Au total, 5 espèces de poissons au stade juvénile ont été recensées lors des quatre comptages poisson sur le récif Babel.

Les juvéniles de poissons identifiés sur le Typi de Capbreton sont *Mullus surmuletus*, *Parablennius gattorugine*, *Parablennius pilicornis*, *Conger conger*, *Pagellus erythrinus*, *Trachurus trachurus* et *SpondylIOSoma cantharus*. Pour le Typi de Molliets, seule l'espèce *Parablennius pilicornis* a été identifiée au stade juvénile. Au total, 7 espèces de poissons au stade juvénile ont été recensées lors des quatre comptages poisson sur le récif Typi (Tableau 8).

Tableau 8 Listes des espèces recensées comme juvéniles lors des comptages poisson, et leur présence selon le type de récifs et la série de comptage.

Nom vernaculaire	Genre et espèce	Typi Capbreton		Typi Mollets	Babel Capbreton Babel Vieux-Boucau Babel Molliets				
		Série 1	Série 2	Série 3	Série 1	Série 1	Série 2	Série 1	Série 1
Rouget de roche	<i>Mullus surmuletus</i>		+						
Ombrine Bronze	<i>Umbrina canariensis</i>					+			
Blennie gattorugine	<i>Parablennius gattorugine</i>		+				+		
Blennie pilicorne	<i>Parablennius pilicornis</i>			+	+		+		
Rascasse brune	<i>Scorpaena porcus</i>						+		
Congre	<i>Conger conger</i>		+				+		+
Pageot commun	<i>Pagellus erythrinus</i>							+	
Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>		+	+					
Griset	<i>SpondylIOSoma cantharus</i>		+	+					



Le nombre total de poissons considérés comme juvéniles est de 526 sur l'ensemble des séries de comptage du récif Typi. Les espèces dont les juvéniles sont les plus abondants sur l'ensemble des séries de comptage sur ce récif sont *Trachurus trachurus*, *Pagellus erythrinus* et *Spondyliosoma cantharus* (Tableau 9). Des juvéniles de poissons ont été majoritairement recensés lors des séries 2 et 3 de comptage poisson sur le Typi de la concession de Capbreton. Un individu juvénile de l'espèce *Conger conger* a été aperçu lors de la série 2 sur le Typi de Capbreton.

Le nombre total de poissons considérés comme juvéniles est de 1174 sur l'ensemble des séries de comptage du récif Babel. Les espèces dont les juvéniles sont les plus abondants sur l'ensemble des séries de comptage sur ce récif sont *Umbrina canariensis* et *Parablennius gattorugine* (Tableau 9). Le nombre de juvéniles appartenant à l'espèce *Umbrina canariensis* représente 85 % du total des juvéniles observés sur l'ensemble des comptages poissons du récif Babel. Des juvéniles de poissons ont été majoritairement recensés lors des séries 2 et 3 de comptage poisson sur le Babel de la concession de Capbreton. Pour l'espèce *Conger conger*, 3 individus ont été observés au total sur l'ensemble des comptages poissons du récif Babel. Sur ces 3 individus, 1 seul a été observé sur la concession de Capbreton, tandis que 2 individus de cette espèce ont été observés sur la concession de Vieux-Boucau.

Un individu juvénile de l'espèce *Scorpaena porcus* a été aperçu sur le Babel de la concession de Capbreton lors de la deuxième série de comptage. Selon les plongeurs bénévoles, cet individu était plus petit que ceux déjà croisés lors des précédentes années de suivi scientifique.

Tableau 9 Effectifs des espèces recensées comme juvéniles lors des comptages poisson, et leur présence selon le type de récifs et la série de comptage.

Nom vernaculaire	Genre et espèce	Typi Capbreton			Typi Mollets Série 1	Typi Total	Babel Capbreton		Babel Vieux-Boucau	Babel Molliets	Babel Total
		Série 1	Série 2	Série 3			Série 1	Série 1	Série 1		
Rouget de roche	<i>Mullus surmuletus</i>	0	20	0	0	20	0	0	0	0	0
Ombrine Bronze	<i>Umbrina canariensis</i>	0	0	0	0	0	1000	0	0	0	1000
Blennie gattorugine	<i>Parablennius gattorugine</i>	0	50	0	0	50	0	150	0	0	150
Blennie pilicorne	<i>Parablennius pilicornis</i>	0	0	50	30	80	0	20	0	0	20
Rascasse brune	<i>Scorpaena porcus</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Congre	<i>Conger conger</i>	0	1	0	0	1	0	1	2	0	3
Pageot commun	<i>Pagellus erythrinus</i>	0	0	40	0	40	0	0	0	0	0
Chinchard	<i>Trachurus trachurus</i>	0	200	50	0	250	0	0	0	0	0
Griset	<i>Spondyliosoma cantharus</i>	0	5	80	0	85	0	0	0	0	0
						526					1174

### **3.7.2 Identification de stades juvéniles par photo identification :**

Lors des séquences de photo identification en immersion, certaines espèces de poissons recensées et identifiées comme juvéniles ont pu être photographiées par les plongeurs bénévoles de l'association. Ces espèces sont *Conger conger*, *Parablennius pilicornis*, *Scorpaena porcus* et *Spondylisoma cantharus*.

Le cliché de *Conger conger* représente un individu dont la taille a été estimée à 70 centimètres (Figure 32). Cette taille est inférieure à celle d'un individu de petite taille pour la même espèce, dont la valeur est généralement de 1 mètre.



Figure 32 Cliché d'un congre considéré comme juvénile de par sa taille plus petite que la moyenne des tailles des congres observés habituellement sur les récifs artificiels d'ALR.

Le cliché de *Scorpaena porcus* représente un individu observé par les plongeurs bénévoles dont la taille est inférieure à 10 centimètres (Figure 33). Cette taille est inférieure à celle d'un individu de petite taille pour la même espèce, et dont la valeur est de 13 centimètres 50.



Figure 33 Cliché d'une rascasse brune considérée comme juvénile de par sa taille plus petite que la moyenne des tailles des rascasses brunes observées habituellement sur les récifs artificiels d'ALR.

Les clichés de *Parablennius pilicornis* (Figure 34) et *Spondyliosoma cantharus* (Figure 35) représentent des individus dont la morphologie et la taille sont similaires à celles présentées dans l'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée occidentale (Crec'hriou et al. 2015).

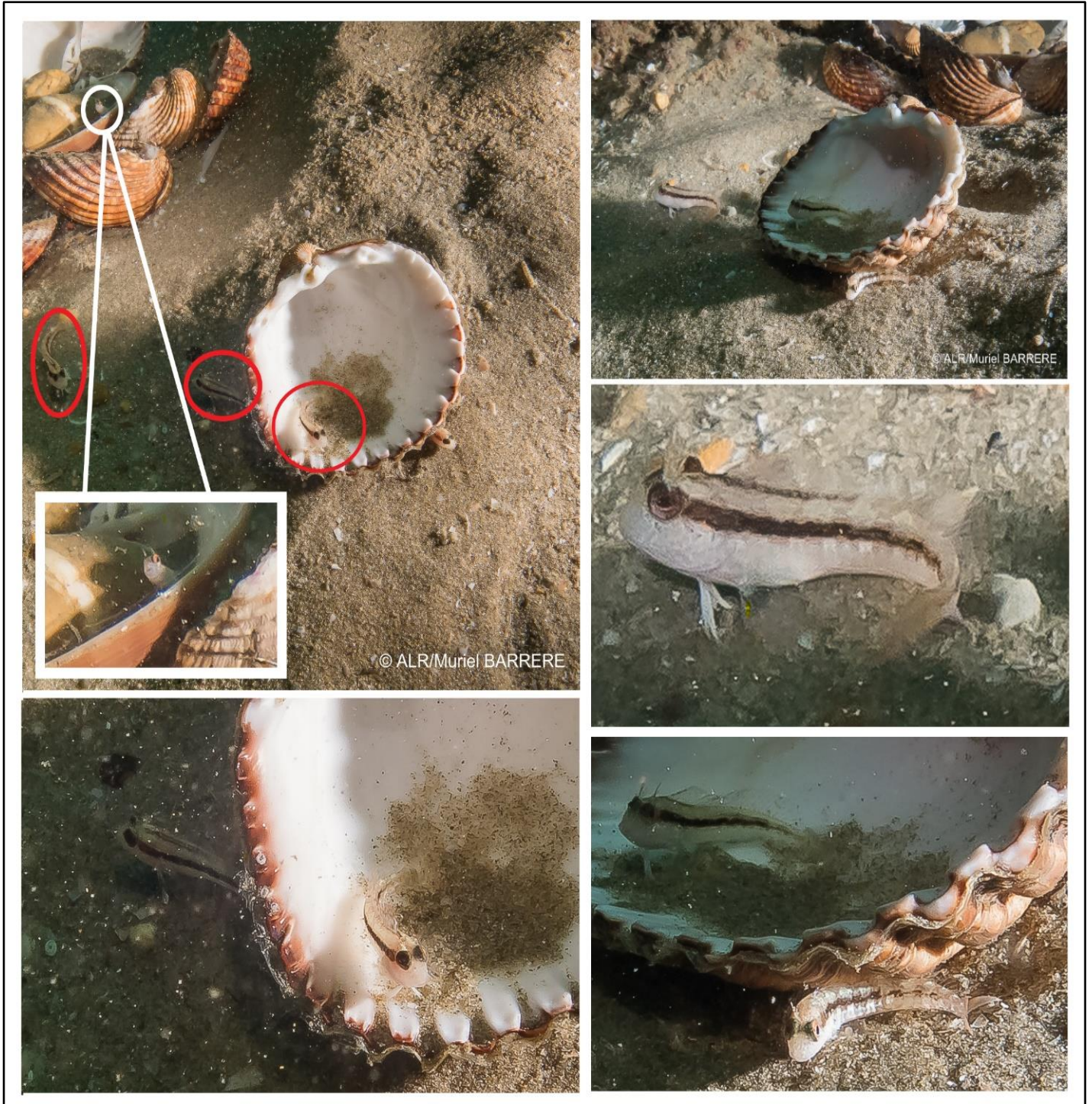


Figure 34 Clichés de blennies pilicornes, considérés comme juvéniles de par leur morphologie, pris sur les récifs d'ALR en 2022.

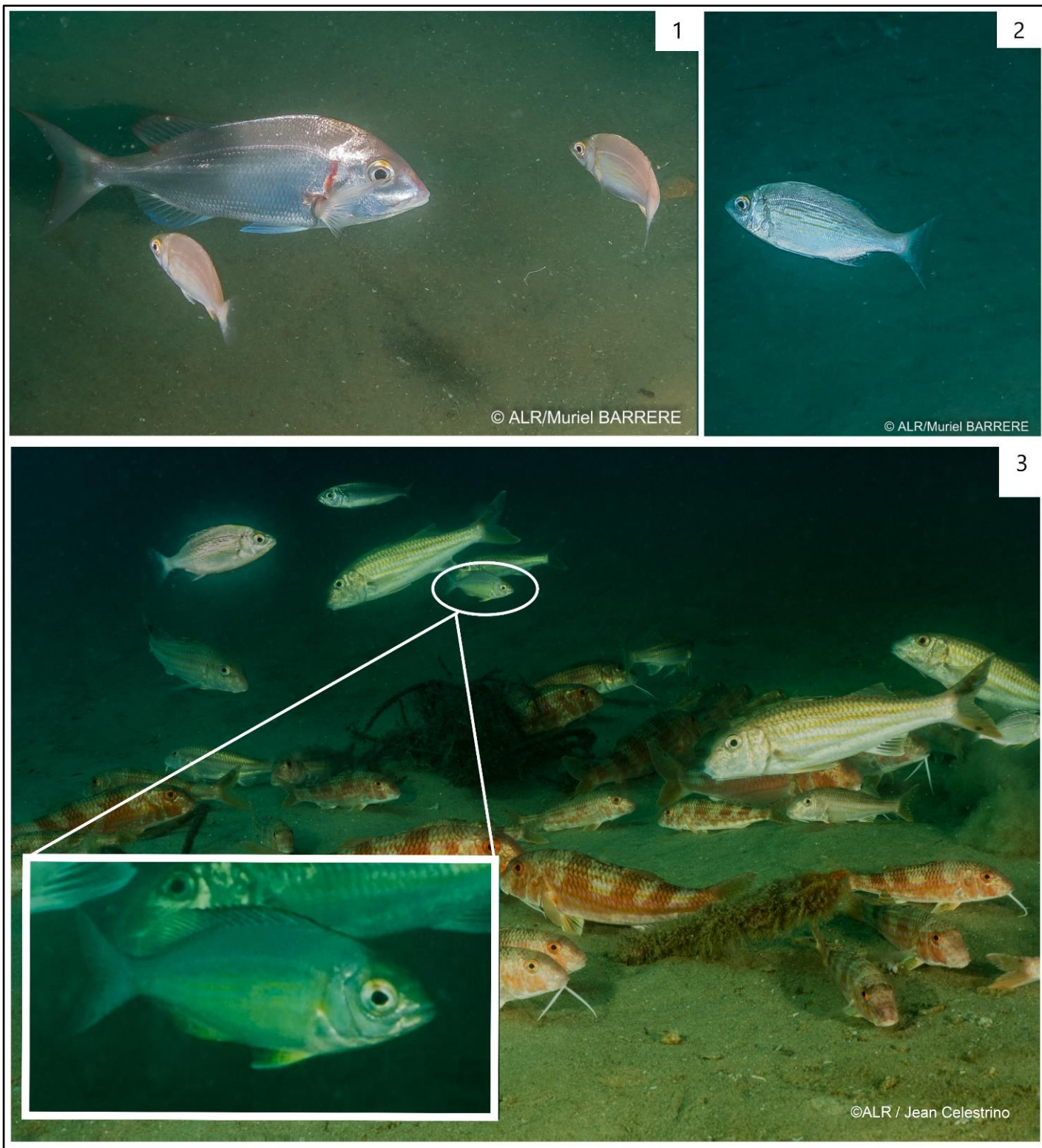


Figure 35 Clichés de canthares, considérés comme juvéniles de par leur morphologie, pris sur le Néréide de la concession de Capbreton en 2022.

D'autres clichés ont été réalisés sur des individus recensés comme juvéniles. Cependant ces clichés ne donnent pas une information assez fiable sur la taille et la morphologie de ces individus pour les identifier comme appartenant au stade juvénile.

## 4 - Discussion :

### 4.1 Les paramètres physiques :

Le suivi des paramètres physiques des récifs artificiels sur trois ans a permis de conforter le constat d'un enfouissement dans le substrat sablo-vaseux, ainsi que de la formation et de l'agrandissement d'une cuvette autour de ces derniers. La prise de mesure sur l'axe Ouest-Est met en évidence des déformations du substrat du côté Est du récif dans la plupart des cas. Cette orientation est la plus intéressante car elle traduit l'action du courant sur les récifs artificiels. En effet, les courants du Golfe de Gascogne proviennent généralement du Nord-Ouest durant l'année (Lazure et Desmare, 2012). Pour donner suite à ce constat, deux études de modélisation numériques ont été réalisées entre 2020 et 2022. Ces deux études ont été réalisées par le laboratoire Géolab. Ces recherches se sont basées sur la modélisation informatique et prédictible de l'impact des différents paramètres physiques sur l'enfouissement des récifs artificiels. L'étude de Prosperi et al (2020) propose deux hypothèses concernant les causes du phénomène d'enfouissement. La première est que c'est l'interaction fluide/structure (l'impact des courants marins sur le récif) qui provoque le phénomène d'enfouissement. La seconde propose que ce phénomène d'enfouissement soit dû à l'effet du poids du récif sur le substrat sablo-vaseux de la zone. Cette première étude n'a pas permis de conclure de façon certaine sur la cause de l'enfouissement des récifs artificiels. Ce manque de résultat provient d'un manque de données sur la nature du substrat et les mesures de profondeurs sur plusieurs années. Cependant cette étude mentionne d'autres références bibliographiques qui appuient l'hypothèse que l'enfouissement est dû à l'impact des courants sur la structure.

C'est une seconde étude qui a permis de conclure sur le phénomène d'enfouissement. L'étude de Oudon et al (2022) confirme que c'est bien l'interaction fluide/structure qui est responsable du phénomène d'enfouissement. L'innovation de cette étude est la mise en évidence la formation de turbulences comme la principale cause de l'enfouissement. Ces turbulences sont causées par l'augmentation de l'énergie cinétique turbulente et à une réduction de la vitesse moyenne du courant au-dessus du récif. La conséquence à ces phénomènes physiques est l'apparition de plusieurs dépressions (cuvettes) dans le substrat aux alentours du récif, ainsi que de l'enfouissement de ce dernier.

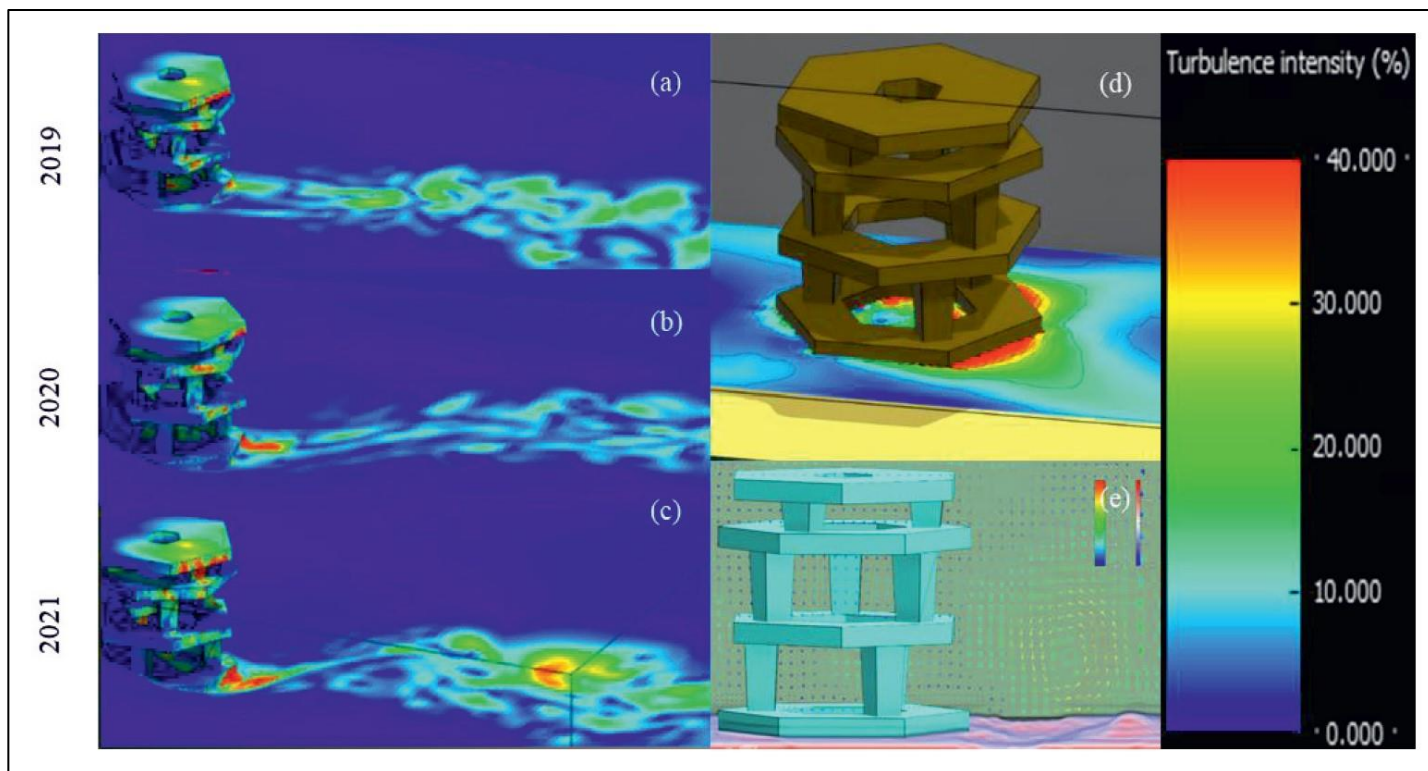


Figure 36 Résultats de l'étude de Oudon et al (2022) sur la modélisation de la courantologie sur un récif Babel. (a-c) Evolution de l'intensité des turbulences de 2019 à 2021, (d) Intensité des turbulences sur le substrat, (e) Interaction des turbulences sur le substrat.

Cependant cette étude ne permet pas d'obtenir une modélisation prédictive du phénomène d'enfouissement sur le long terme avec les données actuelles.

Pour donner suite à ces résultats, certaines solutions pourraient être envisagées pour réduire, ou encore arrêter le phénomène d'enfouissement. Tout d'abord, les études de Oudon et al (2022) et Prospero et al (2020) suggèrent qu'avec davantage de données physiques (profondeurs, viscosité du substrat, l'humidité du sable...) et un perfectionnement technologique des logiciels de modélisation, une méthode prédictive sur l'enfouissement des récifs pourra être élaborée. C'est-à-dire que l'évolution de l'enfouissement des récifs artificiels d'ALR pourra être prédite. Ainsi la gravité de l'enfouissement pourrait être évaluée sur le long terme et l'association pourrait réagir en conséquence.

Sur une échelle de temps plus courte, ce phénomène peut être endigué par la mise en place de tapis anti-affouillement sous les récifs Typi et Babel. Le tapis anti-affouillement est composé de berlingots en béton d'une largeur de 415 mm et d'une longueur de 425 mm, pour une épaisseur de 150 mm. Ils sont espacés de 15 mm et sont reliés entre eux par une corde de diamètre 22 mm dans le sens de la largeur et de diamètre 14 mm dans le sens de la longueur.

L'ensemble du tapis est constitué de sept unités dans le sens de la largeur et de 16 unités dans le sens de la longueur, ce qui représente un total de 112 berlingots pour une dimension totale de 7,025 m x 2,995 m et un poids total de 6096 Kg (Dalias et al, 2006). Cet équipement se retrouve par exemple sur les récifs artificiels de Leucate/Le Barcarès dans le Languedoc-Roussillon. Cependant, d'après l'étude de Dalias et al (2006) le tapis anti-affouillement ne fait que ralentir l'enfouissement du récif. Cette étude suggère que si les récifs rencontrent un substrat dur, comme du grès, lors de leur enfouissement, alors ce phénomène peut disparaître. Pour le cas des récifs d'ALR, ces derniers sont posés à même le substrat, et l'installation d'un tel équipement pourrait s'avérer très coûteux. Les futures axes de recherches pourrait se pencher sur l'utilisation de nouvelles technologies pour créer un substrat dur sous les récifs existant. Un exemple de technologie innovante provient de la société Seacure. Cette dernière a mis au point le procédé Géocorail®. Ce procédé permet de créer des concrétions rocheuses à partir des sédiments marins naturels. Les applications sont multiples, comme le renforcement de structures marines, la stabilisation du trait de côte, ou encore la création de récifs artificiels. Cette technologie pourrait être utilisée pour créer un tapis anti-affouillement naturel, et ainsi créer un substrat dur pour les récifs Typi et Babel. Une concertation avec cette société est nécessaire avant l'application du Géocorail®. En effet, l'utilisation de cette technique n'a été éprouvée qu'en Méditerranée et jamais sur la façade Atlantique. Les contraintes environnementales n'étant pas les mêmes, il est nécessaire d'expérimenter ce procédé avant une réelle application sur les récifs d'ALR.

Pour la suite des suivis des paramètres physiques des récifs, si le choix se porte sur l'étude à long terme avec une modélisation numérique, la contrainte de la marée devrait être prise en compte. En effet, les résultats des mesures de profondeurs présentent des écarts de profondeur de parfois 1 mètre et plus. Ces écarts peuvent provenir du marnage et des coefficients des marées sur la côte Landaise. Il serait judicieux d'appréhender les immersions pour les mesures de profondeurs à des coefficients de marée similaires. Ainsi, les mesures seraient plus fines et l'évolution de l'enfouissement des récifs artificiels pourrait être mieux interprétée.

Le suivi de l'enfouissement des récifs Babel présente cependant deux exceptions. Les profondeurs enregistrées pour le Babel de Moliets ne coïncident pas avec la modélisation de l'enfouissement des récifs. Sur l'axe Ouest-Est, une cuvette de un mètre s'est formée du côté Ouest au cours du temps. Sur l'axe Nord-Sud, une cuvette de presque un mètre cinquante s'est formée. Ces résultats pourraient avoir un lien avec la forte colonisation du récif par le ver marin *Sabellaria alveolata* (Linnaeus, 1767) (Hermelle).



Ce ver marin tubicole est capable de produire des structures biogéniques dites « pseudorécif » (Dubois, 2003). Ainsi la déformation de l'architecture originelle du Babel pourrait avoir un impact sur la courantologie appliquée à ce récif (Figure 37).

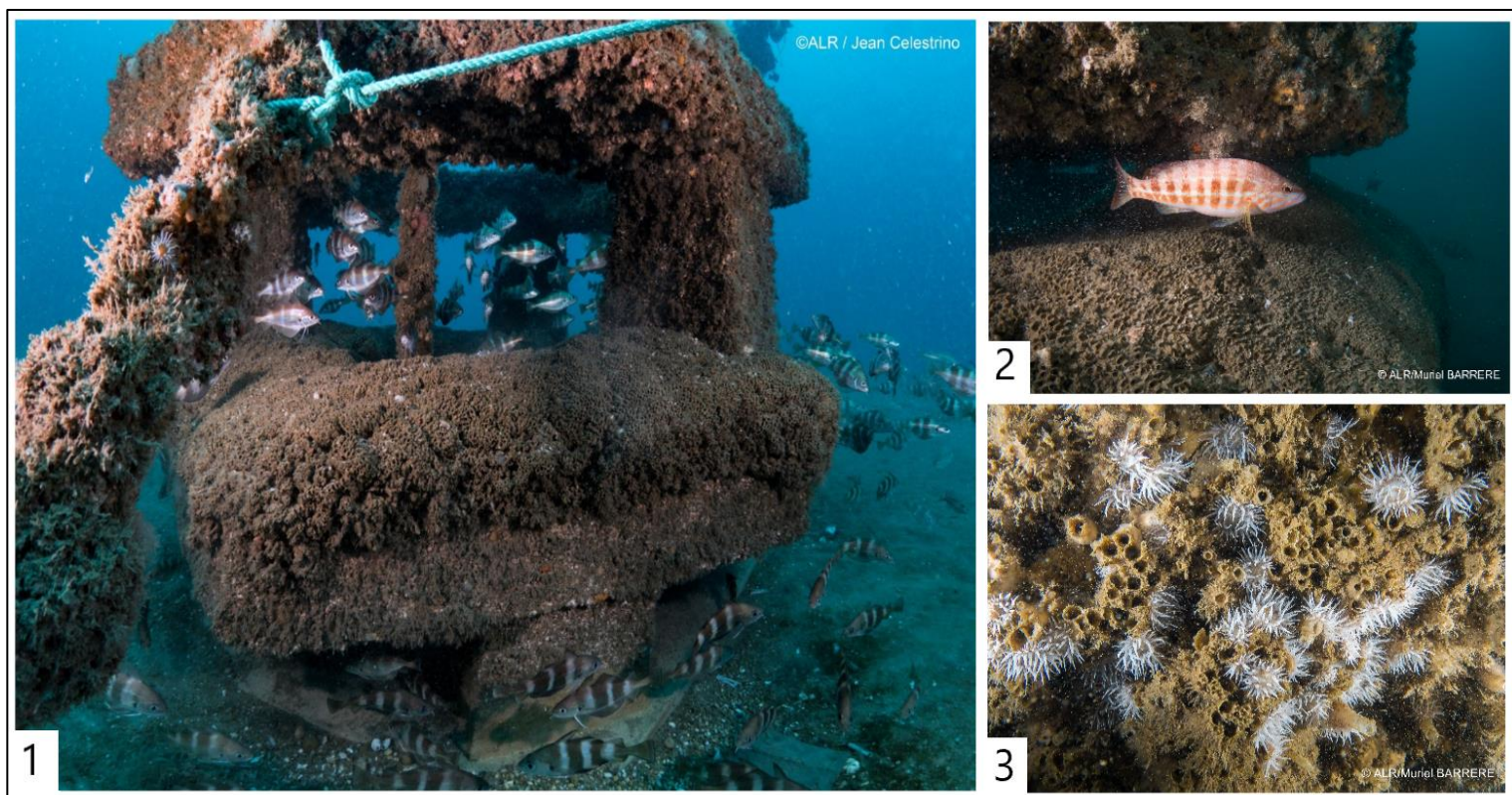


Figure 1 Récif Babel de la concession de Moliets. (1) Récif Babel fortement colonisé par l'espèce *Sabellaria alveolata*, (2) Un des étage du Babel qui est obstrué par l'espèce *Sabellaria alveolata*, (3) Vue rapprochée de l'espèce *Sabellaria alveolata*.

Cela expliquerait les résultats d'enfouissement pour ce récif. L'autre exception est le Babel de Capbreton. Aucune dépression dans le substrat n'a été enregistrée durant ces quatre dernières années. Le récif Typi de la concession de Capbreton se situe dans l'axe Nord-Ouest du Babel. De par la courantologie de la zone, le récif Typi pourrait avoir un effet barrière et subirait toutes les turbulences à la place du Babel. Le Babel se situant à une vingtaine de mètres du Typi, ne subirait plus l'action du courant sur sa structure.

## 4.2 Le suivi des paramètres biologiques :

Le nombre de données acquises durant le suivi scientifique des récifs artificiels de 2022 n'a pas été suffisant pour mener une étude statistique des paramètres biologique. Seul le récif Typi de la concession de Capbreton a bénéficié d'un comptage poisson en triplicat. Les autres récifs Typi et Babel auraient dû être comptés le même nombre de fois au minimum, pour qu'une étude statistique soit mise en place. Ainsi ce suivi ne permet pas de conclure sur l'hypothèse que l'un des deux récifs étudiés présente une densité d'espèce d'intérêt halieutique supérieure à l'autre. Il en est de même pour la comparaison de la diversité spécifique et la fréquence d'occurrence des espèces marines sur les récifs Typi et Babel. Les conclusions de l'étude des paramètres biologiques ne peuvent donc se faire que de façon descriptive.

Les espèces qui ont été les plus abondantes en 2022 sur l'ensemble des récifs échantillonnés sont *Umbrina canariensis*, *Trisopterus luscus*, *Trachurus trachurus*, *Parablennius pilicornis* et *Mugil cephalus*. Ces mêmes espèces, hormis *Parablennius pilicornis* et *Mugil cephalus*, sont également les plus denses sur les récifs Typi et Babel. De plus, selon les résultats des fréquences d'occurrences, *Trisopterus luscus*, *Umbrina canariensis* et *Trachurus trachurus* sont omniprésentes ou constantes sur les récifs. Plusieurs chercheurs ont déjà travaillé sur le mode de vie de ces trois espèces, ou genre, sur des habitats artificiels (Fabi et al, 2004 ; Reubens et al, 2011 ; Castège et al, 2016). Les conclusions de ces études démontrent une forte abondance et une forte densité de ces espèces sur des récifs artificiels. L'agrégation de ces espèces sur un substrat dur et artificiel serait liée à la présence de nourriture, ainsi qu'à la disposition d'abris. L'étude de Castège et al (2016) confirme que ces trois espèces présentent également un grand intérêt pour le domaine halieutique.

Avec ces résultats préliminaires, il est possible de considérer *Trisopterus luscus*, *Umbrina canariensis* et *Trachurus trachurus* comme les espèces les plus représentatives des récifs artificiels d'ALR. Des études de densités, uniquement focalisées sur ces taxons, pourraient être mises en place dans un contexte halieutique en lien avec la pêche artisanale locale. Les bogues, les rascasses et les daurades ont également de l'intérêt dans le domaine halieutique, et ils pourraient aussi faire partie d'une étude de densité.

La forte abondance de Muges *Mugil cephalus* sur les récifs est à regarder avec prudence. En effet, selon les résultats des fréquences d'occurrence, la présence de cette espèce est considérée comme accessoire sur l'ensemble des récifs. Ce poisson n'a été aperçu que sur deux séries de comptages, sur des récifs Babel et en très grand nombre. Étant donné ses

apparitions sporadiques, cette espèce pourrait ne pas être considérée comme très représentative des assemblages ichtyques des récifs artificiels.

Si les abondances de certaines espèces semblent très conséquentes, un biais d'observation peut être soulevé sur le dénombrement des tacauds et des chinchards. En effet, le tacaud peut être confondu avec le Capelan *Trisopterus minutus*. Ces deux poissons appartiennent au même genre et un seul caractère morphologique les distingue. Il s'agit des nageoires ventrale et anale. Le tacaud a ses deux nageoires en continu, tandis que celle du Capelan sont disjointe (Louisy, 2022). De plus, ces espèces sont fréquemment mélangées au sein d'un même banc. Cette même confusion pourrait apparaître entre *Trachurus trachurus* et *Boops boops*. Ces deux espèces présentent une morphologie similaire, ainsi qu'un mode de vie grégaire et pélagique (Louisy, 2022). C'est pourquoi les grandes abondances de *Trisopterus luscus* et de *Trachurus trachurus* sont à étudier avec un certain recul de la part des plongeurs. De l'entraînement peut être nécessaire afin que les plongeurs se perfectionnent dans la reconnaissance de ces espèces. En ce qui concerne le nouveau protocole de comptage poisson, ce dernier a été apprécié par les plongeurs bénévoles. Ces derniers l'ont trouvé plus facile à réaliser, davantage dirigé, et moins perturbant qu'avec le comptage en point fixe.

En termes de diversité spécifique, les diversités de Hill les plus fortes ont été enregistrées sur le Typi de Capbreton pour les séries de comptage 2 et 3. De très faible diversité de Hill ont été enregistrées pour le Typi et le Babel de Moliets. Ces résultats peuvent mettre en évidence deux hypothèses. La première serait que le facteur « série de comptage » aurait une influence sur le recensement des espèces marines. En effet, les facteurs environnementaux étaient idéaux lors des séries 2 et 3 sur le Typi de Capbreton. Le courant était faible, avec une visibilité supérieure à 15 mètres. Ainsi, les plongeurs ont eu plus de facilités à dénombrer les espèces marines sur ces séries de comptage. C'est pourquoi le facteur « série » pourrait être pris en compte à l'avenir pour l'étude de la diversité spécifique, ainsi que d'autres paramètres environnementaux comme la température ou la courantologie. L'autre hypothèse serait que la disposition des récifs artificiels au sein d'une même concession exercerait une influence sur les assemblages des espèces marines. Il a été démontré que les sites 1, 2 et 3 de la concession de Capbreton étaient totalement ensevelis. Il est supposé la même chose pour les sites de buses de la concession de Vieux-Boucau. Il y a donc une perte d'habitat au sein de ces concessions. Les espèces vivant dans ces concessions n'auraient plus que le Typi et le Babel comme habitats durs. Or les sites de buses de la concession de Moliets sont toujours présents. Ainsi les espèces de Moliets auraient accès à davantage d'habitats artificiels durs, et leurs répartitions seraient « diluées » au sein de cette concession. Et enfin, il est à souligner l'observation de deux espèces

très peu fréquentes sur les récifs artificiels. Il s'agit de *Torpedo marmorata*, dont la présence a été relevée en 2003 sur les buses de Cabreton uniquement (Martin, 2019), et de *Gaidropsarus vulgaris* absente depuis 2010 (Laborde, 2011).

L'idée initiale de ce suivi était d'essayer de comparer les paramètres biologiques du Typi et du Babel, en prenant en compte la complexité de ces derniers. Comme cela a été dit en introduction de cette étude, la forme d'un récif aura un impact sur les assemblages d'espèces marines. C'est pourquoi les futurs suivis scientifiques pourraient servir à rechercher des indices de complexités, applicables aux récifs d'ALR. Ces indices apporteraient une meilleure compréhension de l'effet de la complexité des récifs Typi et Babel sur les assemblages d'espèces marines sur ces derniers.

Au vu des résultats de recherche de sites dits « totalement ensevelis », une solution de compensation de cette perte d'habitat pourrait être la complexification des récifs restants. Il est connu que les récifs artificiels peuvent être considérés une solution de restauration écologique, voire de revitalisation d'un milieu (Cépralmar, 2015). Donc l'ajout de nouveaux modules de complexification sur les récifs Typi et Babel pourrait compenser la perte d'habitat causé par la disparition des sites de buses. Là encore, une réflexion sur les types de modules à mettre en place permettrait de définir de nouveaux objectifs pour ALR. Les modules de complexification peuvent être pensés pour les espèces pélagiques et grégaire, les espèces démersales et benthique, les espèces sessiles, ou encore les juvéniles de poissons (Cépralmar, 2015). L'étude de Charbonnel (2002) a démontré que complexifier un récif avec de nouveaux modules pouvait significativement accroître les paramètres biologiques associés aux récifs artificiels. Dans cette étude, les densités d'espèces d'intérêt commerciale ont été multiplié par dix, et la biomasse par quarante. De plus la richesse spécifique moyenne a été multipliée par trois. C'est pourquoi un projet de complexification des récifs Typi, ou Babel, pourrait être bénéfique pour les différentes concessions d'ALR. Dans une optique de complexification, ces idées pourraient rejoindre les conclusions de l'étude par photo-identification et du suivi de juvéniles. Les modules de complexification pourraient être des corridors artificiels, ou des micro-habitats fixés sur les récifs existants. Et enfin, une complexification verticale des récifs pourrait attirer de nouvelles espèces pélagiques, comme c'est le cas pour beaucoup de récifs artificiels japonais.

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

L'utilisation d'un ROV sous-marin par ALR pour le suivi des récifs artificiels de 2022 s'est avérée efficace et prometteur sur plusieurs points.

Tout d'abord, l'utilisation de ce type d'appareil a permis de prouver l'ensablement total des sites de buses 1,2 et 3 de la concession de Capbreton, avec un gain de temps et de moyens humains. 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. Les risques physiologiques liés à la plongée ont ainsi été évités. En effet, il n'y a eu aucune contrainte liée au temps de plongée et aux paliers de décompression et donc aux accidents de plongée probables. Ainsi, les bénévoles ont pu accorder davantage de temps au comptage poisson.

Cependant, les résultats de ces recherches démontrent que la concession a perdu trois sites de récifs artificiels. Ces récifs sont de type buse et présentent le plus gros volume et la plus grande empreise au sol. Ils sont donc potentiellement les plus producteurs et concentrateur d'espèces marines. La perte de ces récifs peut soulever la question de savoir si la concession de Capbreton est toujours aussi efficace en termes de densité d'espèces marines d'intérêt halieutique.

La recherche des sites de buses de la concession de Vieux-Boucau n'a pas pu être réalisée pour le suivi de 2022. En effet, en raison de problèmes techniques, les sorties en mer ont dû être retardées et les comptages poissons ont été priorités. Cependant, les résultats de recherche de site sur la concession ont confirmé les observations des plongeurs bénévoles, il est probable que l'ensemble des sites de type Buse de la concession de Vieux-Boucau le soit également. Ces affirmations seront à démontrer lors du suivi des récifs de 2023.

L'utilisation d'un ROV pour effectuer des comptages poissons s'est avérée prometteuse en termes de résultats. En effet, lors de l'exploration du Babel de Capbreton, certains individus ont pu être dénombrés et identifiés jusqu'à l'espèce. Le ROV pourrait donc être testé en comptage poisson « réel », en appliquant les mêmes itinéraires que dans le protocole de comptage poisson en immersion. Si l'étude de Charbonnel et al (1997) mettait en évidence des limitations de résolution d'image des ROV pour les comptages poisson. Cependant, les ROV actuels peuvent filmer en résolution 4k et palier aux problèmes de résolution d'images pour identifier les espèces marines.

L'étude de Patterson et al (2009) a démontré que les ROV peuvent être utilisés pour estimer avec précision la structure des communautés de poissons et la taille des espèces marines sur des récifs artificiels. Pour l'estimation de la taille des individus, le ROV avait été équipé de lasers rouges. Ainsi le ROV devait se trouver à une distance maximum de 5 mètres de l'individu, et bien perpendiculaire à ce dernier pour évaluer sa taille. Actuellement, des laser étanches verts existent. Ces derniers ont une longueur d'onde supérieure aux lasers rouges. Ils pourraient permettre au ROV de se tenir à une plus grande distance d'un individu, sans perte de données visuelles.

Pour le suivi des récifs de 2023, l'utilisation du ROV pourrait être appliquée à la recherche d'une zone naturelle. En effet cette dernière n'a pas pu être recherchée par manque de temps. Avec les avantages énoncés auparavant, le ROV pourrait explorer plus longtemps les fonds marins aux alentours des concessions pour repérer une zone naturelle. Cette dernière devra présenter des caractéristiques environnementales similaire à celles des récifs artificiels.

De plus le ROV permettrait d'accéder à des zones de grandes profondeurs pour étudier les modes de vies de certaines espèces (Lorange et Trenkel, 2006). Les capacités techniques du ROV pourraient ainsi être couplées avec les études par photo-identification du comportement de l'espèce *Zeus faber*. Cette espèce fréquente des profondeurs comprises entre 5 et 400 mètres. D'après les résultats de photo identification, les Saint-Pierre observé sur le Néréide de Capbreton n'est jamais le même individus. Une hypothèse à ces résultats pourrait suggérer une connexion entre les abords du Gouf de Capbreton et le Néréide de Capbreton. Ainsi, le ROV pourrait descendre à ces grandes profondeurs pour relever la présence de Saint-Pierre.

#### 4.5 Les juvéniles de poisson téléostéens sur les récifs artificiels Typi et Babel :

Le suivi scientifique de 2022 a permis de mettre en évidence la présence de juvéniles pour certaines espèces sur les récifs artificiels. Ces résultats confortent le rôle producteur des récifs d'ALR. De plus, parmi les juvéniles de poissons identifiés durant l'année 2022, certaines présentent un intérêt halieutique et sont présentes en grand nombre. C'est le cas de *Spondylosoma cantharus*, *Trachurus trachurus*, *Mullus surmuletus* et *Umbrina canariensis*. Les espèces *Conger conger* et *Scorpaena porcus* peuvent présenter un intérêt pour l'activité halieutique, mais n'ont été aperçus qu'une fois sur les récifs. Et enfin la présence de deux espèces du genre *Parablennius* au stade juvénile ont été observées. Selon le site Fishbase, les espèces *Parablennius pilicornis* et *Parablennius gattorugine* sont des espèces dont la ponte est démersale et adhésive au substrat. Les individus observés sur les récifs sont donc nés sur ces derniers.

Les résultats obtenus dans cette étude confirment fortement des stades juvéniles pour *Parablennius pilicornis*, *Parablennius gattorugine* et *Spondylosoma cantharus* par la prise de clichés sous-marin. Cependant, il est légitime d'émettre des limites à l'identification de juvéniles sur les récifs d'ALR. L'influence de la série de comptage peut présenter des biais d'échantillonnage. En effet, la visibilité pour les séries 2 et 3 pour le Typi de Capbreton et les séries 1 et 2 pour le Babel de Capbreton étaient supérieures à 15 mètres. Dans ces conditions, l'observation de juvéniles peut s'avérer être plus facile pour les bénévoles. Les autres concessions ont été échantillonnées une fois pour la plupart de leurs récifs. De plus les visibilités sous l'eau étaient plus faibles lors de ces séries. Ces séries peuvent présenter des manques d'informations sur la présence de juvéniles de poissons (Labrosse et al, 2001).

Le facteur humain peut aussi présenter des biais d'observation. C'est en effet la première fois que les bénévoles d'ALR se focalisent sur l'observation de juvéniles de poissons. Des sources d'erreurs peuvent apparaître lors de ces phases d'observation. Elles peuvent être liées au manque de connaissance de la part du plongeur. C'est en effet la première fois que ces bénévoles ont pu s'appuyer sur un l'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée Occidentale pour identifier des individus juvéniles. De plus, un observateur peut porter son attention préférentiellement sur un groupe de poissons ou sur une fraction du peuplement ou avoir tendance à sous- ou surévaluer les tailles et/ou les distances. Cela peut expliquer l'observation d'un banc d'un millier d'ombrines bronze juvéniles sur le Babel de Vieux-Boucau. C'est peut-être la même chose avec le juvénile de rascasse brune, dont la taille a été

estimer à moins de 10 centimètres sur le Babel de Capbreton. Et enfin des sources d'erreurs peuvent être dues à l'animal. C'est le cas du congre observé sur la concession de Capbreton, et celui observé sur la concession de Vieux-Boucau. L'individu était plus petit que les congres observés habituellement. Cette espèce vit également dans des anfractuosités, et l'estimation de la morphologie ou de la taille devient impossible. Ces différentes sources d'erreurs ont été mise en évidence par l'étude de Labrosse et al (2001) sur les méthodes de comptages poissons.

Labrosse et al (2001) proposent quelques solutions pour limiter les sources d'erreurs dues à l'observateur. La reconnaissance des poissons juvéniles doit faire l'objet d'un entraînement régulier. Les observateurs peuvent s'entraîner en plongeant pour effectuer des comptages poissons, se documenter sur de la bibliographie associée aux juvéniles, ou encore consulter des sites d'identification (Fishbase, DORIS...).

En complément des comptages poissons avec des plongeurs, l'application du ROV pourrait aussi permettre d'identifier des individus au stade juvénile. En effet, l'étude de Patterson et al (2009) a permis d'estimer la distribution de taille des poissons présents sur des récifs artificiels. Pour ce faire le ROV de l'étude a été équipé de lasers, écartés de 10 centimètres l'un de l'autre. Un équipement similaire pourrait être associé au ROV utilisé par ALR. Norcross et Mueter (1999) ont montré l'efficacité des ROV dans la détection de juvéniles de poissons plats. Un ROV peut s'approcher près du sédiment et identifier des individus de plus de 150 millimètres. Aussi, avec un équipement adéquat, le ROV peut stimuler des individus dans le sédiment. Le ROV utilisé par ALR peut être équipé d'une pince pour agiter le substrat et ainsi détecter le mouvement d'espèces ensablées.


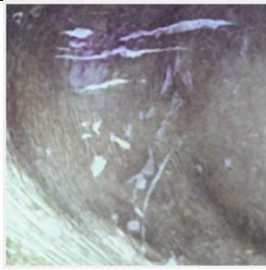










#### [4.6 Suivi des espèces marines par photo identification :](#)

L'utilisation de la technique de photo identification a permis de mettre en évidence des migrations inter-récifs au sein d'une même concession pour les espèces *Conger conger* et *Seriola dumerili*. Pour l'espèce *Conger conger*, la comparaison des cicatrices s'est révélée efficace pour suivre un même individu. Cet individu a donc effectué un déplacement entre deux types de récifs différents, au sein de la concession de Capbreton. La distance entre le récif Typi et le récif Babel est d'une vingtaine de mètres.



Donc si une espèce benthique comme le congre a pu se déplacer entre ces deux récifs, alors d'autres espèces benthiques peuvent potentiellement avoir le même comportement. De plus, ce congre a été aperçu une première fois sur le récif Typi, et deux jours après sur le récif Babel.

Tableau 10 Comparaisons visuelles des clichés de Congres sur le récif Typi de Capbreton le 21/09/22, et sur le Typi et le Babel de Capbreton le 23/09/22.

Date	Individu	Photo	Zone de comparaison 1	Zone de comparaison 2	Zone de comparaison 3
21/09/2022	<i>Conger conger</i> Typi Cap				
23/09/2022	<i>Conger conger</i> Babel Cap 001				
23/09/2022	<i>Conger conger</i> Babel Cap 002				

Les résultats sont très similaires pour l'espèce *Seriola dumerili*. La comparaison des clichés s'est basée sur des motifs corporels ou des cicatrices. Ces marqueurs corporels ont permis là encore d'observer une migration inter-récifs, et au sein de la même concession et a deux jours d'intervalles. De plus, cette sériole a été photographiée sur le récif Typi et le récif Babel durant la même plongée. Ce jour-là, les plongeurs ont réalisé des comptages poissons successifs sur les récifs Typi et Babel de Capbreton. La sériole a été photographié lors du comptage poisson du Typi et lors du comptage poisson du Babel. Cet individu a donc utilisé l'environnement du Typi et celui du Babel. Ces résultats montrent donc qu'il est possible pour une espèce pélagique, d'avoir un mode de vie sédentaire au sein d'une même concession.

Des études sur le suivi par marquage de certaines espèces de poissons ont également mis en évidence une connectivité entre récifs artificiels. L'étude de Koeck et al (2011) a effectivement montré une possible connectivité entre les différents récifs artificiels au sein d'un même village, ainsi qu'entre les récifs artificiels et les habitats alentours. Ces résultats laissent aussi penser qu'une connexion est possible entre une zone naturelle et une zone artificielle. Les récifs artificiels seraient un habitat propice pour le cycle de vie de certaines espèces. Ils offriraient à ces espèces un lieu de reproduction, une source de nourriture, ou encore des refuges.

Ces résultats ont été complétés par l'étude de Koeck et al (2013). Dans cette étude, plusieurs daurades blanches ont été suivies par bioacoustique. Il a été montré que certains individus pouvaient devenir résidents sur des récifs artificiels, et ainsi modifier les habitudes de déplacement de ces individus.

Les deux études présentées ont fait appel aux techniques de tagging et de télémétrie bioacoustique. Ces techniques sont efficaces dans le suivi des déplacements de poissons, mais sont chronophages et onéreuses. C'est pourquoi, la photo identification peut se présenter comme une alternative à ces procédés, en raison des résultats obtenus.

La migration de certaines espèces marines peut mettre en évidence la notion de corridors écologiques. Le corridor écologique vise à éviter la fragmentation des milieux naturels et des habitats et désigne un ou des milieux reliant fonctionnellement entre eux différents habitats qui sont vitaux pour une espèce, une population, une métapopulation ou un groupe d'espèces (sites de reproduction, de nourrissage, de repos, de migration, etc.) (Cépralmar, 2015). Dans le cas des récifs artificiels ces derniers pourraient être constitués d'une structure continue (enrochements) ou bien discontinue de type "pas japonais" via des micro-récifs artificiels. L'effet recherché est de permettre aux espèces les moins mobiles de disposer d'un habitat artificiel pour effectuer un trajet court entre deux récifs (Cépralmar, 2015). De plus, ces corridors peuvent servir d'abri pour des poissons juvéniles. La mise en place de tels modules pourrait être perçue comme une solution de complexification si ALR souhaite s'engager dans ce type de projet. En effet, la distance entre Typi et Babel est courte (une vingtaine de mètres) et la mise en place d'un tel dispositif pourrait se faire avec les plongeurs bénévoles. Un travail de recherche et développement devra être réalisé en amont pour concevoir et immerger ces corridors artificiels.

La photo identification des Saint-Pierre n'a pas été concluante pour évoquer une possible sédentarisation sur les récifs. Cependant, si à chaque observation, les Saint-Pierre sont des individus différents, alors ces derniers pourraient provenir d'un autre habitat. Pour le suivi

des récifs de 2022, aucun saint-pierre n'a été aperçu ailleurs que sur le néréide de Capbreton. Ainsi, ces poissons pourraient fréquenter occasionnellement le néréide de Capbreton, et proviendraient d'une zone naturelle. Selon Louisy (2022), le Saint-pierre évolue la plupart du temps entre 30 et 400 mètres de profondeur. La profondeur des récifs artificiels de Capbreton est bien inférieure à ces profondeurs. Le seul habitat proche des récifs artificiels qui pourrait présenter de telles profondeurs est le Gouf de Capbreton. L'hypothèse serait que les Saint-Pierre observés en 2022 pourraient provenir des abords rocheux du Gouf, et fréquenter le néréide pour se reproduire durant l'été (Louisy, 2022). Dans ce cas-là, le ROV pourrait permettre de possiblement observer des Saint-Pierre dans des zones de grandes profondeurs proches des récifs artificiels.

L'utilisation de la technique de photo identification s'est révélée efficace pour le suivi des récifs artificiels de 2022. Cependant, certaines limites ne doivent pas être écartées. Cette méthode ne permet de suivre que quelques espèces. Ces dernières doivent présenter des signes corporels distinctifs. De plus, les logiciels I3S et ses variantes, présentent aussi des limites. Les angles de prises de vue doivent être fait avec un angle de vue inférieur à 30°. Aussi, chaque partie de l'animal photographié doit être le plus linéaire possible. Et enfin, tous les clichés doivent présenter des animaux centrés et à l'horizontale.

## **5 - Conclusion :**

Le suivi scientifique de 2022 des récifs artificiels d'ALR a permis de répondre à plusieurs des problématiques posées. Ces réponses ont été apportées par l'utilisation de nouveaux outils et de nouvelles techniques.

La technique de la photo identification appliquée à des poissons a permis de montrer que certaines espèces migrent entre différents types de récifs artificiels. C'est le cas pour la concession de Capbreton. De plus, certaines de ces mêmes espèces fréquentent ces mêmes récifs sur plusieurs jours.

L'utilisation d'un ROV a également permis de confirmer l'enfouissement total de certains sites de récifs artificiels pour la concession de Capbreton. Donc cette concession a perdu des habitats durs au cours du temps et elle n'est peut-être plus aussi efficace que les autres concessions dans la production d'espèces marines. Cette machine a offert un gain de temps considérable dans ce type de mission.

Le suivi de juvéniles de poissons d'intérêt halieutique a également permis de souligner la présence de certains poissons au stade juvénile de leur développement sur les récifs artificiels

d'ALR. Ainsi, ce premier suivi permet d'entamer des idées de réflexion quant au rôle de nurseries et de production des récifs artificiels Typi et Babel. L'utilisation de l'Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée Occidentale a été un outil efficace pour faire connaître la morphologie d'un poisson juvénile aux plongeurs bénévoles de l'association.

Et enfin, le suivi de l'enfouissement des récifs artificiels peut être mis en corrélation avec les résultats d'étude de modélisation numérique sur l'enfouissement de ces derniers. Des dépressions sont formées par l'effet des courants sur la structure des récifs artificiels.

Cependant le suivi de 2022 des récifs artificiels n'a pas permis de répondre à certaines problématiques.

Le manque de temps dû à certains problèmes techniques durant cette saison n'a pas permis de suivre toutes les concessions pour la photo identification, la recherche de sites supposés enfouis sur la concession de Vieux-Boucau, et la recherche d'une zone naturelle.

Aussi, le manque de données biologique ne permet pas de conclure sur la comparaison des paramètres biologiques des récifs Typi et Babel. Mais sur cet aspect-là, l'emploi d'un protocole de comptage poisson standardisé a permis aux plongeurs bénévoles d'être plus à l'aise sur les comptages en immersion.

Ces problématiques non résolues pourraient faire l'objet des futurs suivis des récifs artificiels Typi et Babel. Pour le suivi de l'enfouissement des récifs artificiels, l'association pourrait continuer son suivi et transmettre les données à des laboratoires de géoscience marine pour modéliser l'enfouissement des récifs sur le long terme. Pour le suivi biologique, la complexité des récifs Typi et Babel pourrait être calculée afin de mieux comprendre l'effet de la complexité de ces récifs sur les assemblages d'espèces marine de la côte Landaise.

## Bibliographie :

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.

Carr, M.H. and Hixon, M.A. (1997) 'Artificial Reefs: The Importance of Comparisons with Natural Reefs', *Fisheries*, 22(4), pp. 28–33.

Castège, I. *et al.* (2016) 'First results of fauna community structure and dynamics on two artificial reefs in the south of the Bay of Biscay (France)', *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 179, pp. 172–180.

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.

'Compte-rendu de la réunion technique du 17 janvier 2003' (2003), p. 10.

Crec'hriou Romain *et al.* (2015) *Atlas des Post-Larves de poissons de Méditerranée Occidentale*.

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): e150074.

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 : 1 – 79.

Dalias N. et Scourzic T. (2008) 'Suivi scientifique des récifs artificiels de Capbreton, Soustons / Vieux-Boucau, Messanges / Azur / Moliets. Année 3 – 2008'. Contrat ALR & OCEANIDE. OCEANIDE publ. Fr. : 78 pages.

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/](http://reijns.com/i3s/download/I3S%20Pattern.pdf)

Dubois S. (2003) 'Ecologie des formations récifales à Sabellaria alveolata (L) : valeur fonctionnelle et patrimoniale', Thèse 3ème cycle MNHN.

Fabi, G. *et al.* (2004) 'Effects on fish community induced by installation of two gas platforms in the Adriatic Sea', *Marine Ecology Progress Series*, 273, pp. 187–197.

Folpp, H. *et al.* (2013) 'Fish Assemblages on Estuarine Artificial Reefs: Natural Rocky-Reef Mimics or Discrete Assemblages?', *PLoS ONE*. Edited by A.P. Klimley, 8(6), p. e63505.

Fukofuka, S. and Itano, D.G. (2007) 'Photographic identification guide for non-target fish species taken in WCPO purse seine fisheries', p. 44.

Giglio, V.J., Adeli-Alves, J. and Bertoncini, A.A. (2014) 'Using scars to photo-identify the goliath grouper, *Epinephelus itajara*', *Marine Biodiversity Records*, 7, p. e108.

Grall, J. and Coïc, N. (2006) 'Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier', *Institut Universitaire européen de la Mer. Université de Bretagne Occidentale Laboratoire des sciences de l'Environnement Marin*, pp. 7–86.

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.

Jacquet, J. and Pauly, D. (2008) 'Funding Priorities: Big Barriers to Small-Scale Fisheries: *Funding for Fisheries*', *Conservation Biology*, 22(4), pp. 832–835.

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. *et al.* (2013) 'Contrasting Fish Behavior in Artificial Seascapes with Implications for Resources Conservation', *PLoS ONE*. Edited by C. Fulton, 8(7), p. e69303.

Koeck, B. *et al.* (2014) 'Functional differences between fish communities on artificial and natural reefs: a case study along the French Catalan coast', *Aquatic Biology*, 20(3), pp. 219–234.

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. and 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.

Lazure, P. et Desmare, S. (2012) 'Courantologie. Sous-région marine Golfe de Gascogne. Evaluation initiale DCSMM'. p. 9.

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.

LENFANT, P. *et al.* (2011) 'Les Débarquements de la Pêche Artisanale: de Leucate à Port-Vendres'.

Lesur, N., Ziemski, F. (2020) 'DORIS : *Seriola dumerili* (Risso, 1810)', <https://doris.ffesm.fr/ref/specie/376>

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.

Lorance, P. and Trenkel, V.M. (2006) 'Variability in natural behaviour, and observed reactions to an ROV, by mid-slope fish species', *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 332(1), pp. 106–119.

Louisy, P. (2022) *Guide d'identification des poissons marins - Europe et Méditerranée*. 4e édition. Paris: Ulmer.

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

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.

Norcross, B.L. and Mueter, F.-J. (1999) 'The use of an ROV in the study of juvenile *Merluccius*', *Fisheries Research*, p. 11.

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. *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. (no date) '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. *et al.* (2002) 'Towards sustainability in world fisheries', *Nature*, 418(6898), pp. 689–695.

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.'

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 deMarseille, 49 pp.

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), pp. 133–150.

Reguieg, A., Corolla, J.P., Sittler, A.P. (2021) 'DORIS : Zeus faber Linnaeus, 1758, <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/322>

Reubens, J.T., Degraer, S. and Vincx, M. (2011) 'Aggregation and feeding behaviour of pouting (*Trisopterus luscus*) at wind turbines in the Belgian part of the North Sea', *Fisheries Research*, 108(1), pp. 223–227.

'Seacure – Concevoir.Innover.Protéger.' (no date). Available at: <https://seacure.fr/> (Accessed: 28 February 2023).

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.

Sohier, S., Petit De Voize, P., Jeglot, S. (2021) 'DORIS : Conger conger (Linnaeus, 1758), <https://doris.ffessm.fr/ref/specie/610>

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.

Tessier, A. (2013) *Caractérisation des récifs artificiels du Golfe du Lion : de l'écologie aux usagers*. Perpignan.

Van Tienhoven, A. M., Den Hartog, J. E., Reijns, R. A. & 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.

Webb, T.J. and Mindel, B.L. (2015) 'Global Patterns of Extinction Risk in Marine and Non-marine Systems', *Current Biology*, 25(4), pp. 506–511.

Youcef, Z. (2019) 'Inventaire et bioécologie de quelques Orthoptères dans la vallée du M'Zab (Ghardaïa)'.