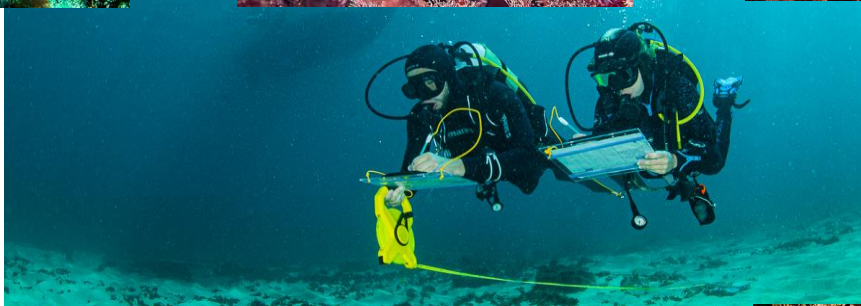




Collège Sciences et Technologies pour l'Énergie et l'Environnement de  
l'Université de Pau et des Pays de l'Adour

Rapport de Stage de Master 1 Dynamiques des écosystèmes aquatiques.

**DETERMINATION DES COMMUNAUTES ICTHYOLOGIQUES ET DES COMMUNAUTES  
DE GORGONES ET SPONGIAIRES DES HABITATS BENTHIQUES ROCHEUX SUR LE  
SITE DES « BRIQUETS » A HENDAYE (64).  
AIDE A LA DECISION POUR LA MISE EN PLACE D'UNE ZONE DE PROTECTION FORTE**



© Éric Saint-martin

Maël ANDRIEUX

Stage effectué du 1<sup>er</sup> Avril 2022 au 31 juillet 2022, Sous la co-direction de Éric Saint-Martin (Vice-président du CODEP 64 - FFESSM) et de Pierre Sasal (PSL Research University : EPHE-UPVD-CNRS)

*« Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'entreprise ou du laboratoire d'accueil »*



## Remerciements

A travers ces quelques lignes je tiens à adresser mes sincères remerciements à toutes les personnes qui ont fait de ce stage, une expérience professionnelle et humaine inoubliable et enrichissante ainsi que les personnes sans qui la tâche aurait été bien plus difficile.

Je souhaite remercier Éric Saint-Martin pour son accompagnement en tant que maître de stage et pour sa dévotion permanente au cours de ce projet. Il a m'a permis d'apprendre et de développer mes connaissances grâce à ces moments de partage et d'échange sur la plongée et les espèces marines, toujours dans la bonne humeur. Je le remercie de croire en ce projet et de le maintenir afin de donner la possibilité aux étudiants dont je fais partie de réaliser leurs stages dans un domaine aussi passionnant, malgré les difficultés quotidiennes.

Je remercie Pierre Sasal, toujours disponible pour ses conseils et son aide scientifique. Merci à Mélanie Debelgarric, qui a su m'aiguiller et enrichir mes connaissances dans l'utilisation du logiciel R et la mise en place de statistique.

Je tiens à remercier tout particulièrement Joséphine Ferrando-Demange, ma collègue de stage et ami, pour son aide et son soutien au quotidien ainsi que pour toutes ces discussions scientifiques toujours plus captivantes. Merci pour toutes les plongées que nous avons eu le plaisir de partager.

Je souhaite aussi à remercier le CODEP 64 de la FFESSM qui portent le projet, ainsi que le club de plongée URPEAN pour le prêt des locaux et du matériel.



## Sommaire

Remerciements .....	2
1-Introduction .....	6
1.Matériel et méthodes .....	10
2.1. La zone d'étude .....	10
2.2. Les populations de poissons dans leurs habitats .....	10
2.2.1. Le protocole de terrain .....	10
2.2.2. Traitement des données .....	12
2.3. Evaluation des communautés d'espèces animales structurantes des récifs .....	14
2.3.1. Le protocole de terrain .....	14
2.3.2. Traitement des données .....	16
3.Résultats .....	16
3.1. Abondance et richesse taxonomique des poissons en fonction de la profondeur et du substrat .....	16
3.1.1. Détermination des classes environnementales.....	18
3.1.2. Impact des variables environnementales sur l'abondance .....	18
3.1.3. Impact des variables environnementales sur la richesse taxonomique.....	18
3.1.4. Préférence écologique des espèces en fonction du substrat.....	20
3.2. Evaluation de la qualité des communautés d'espèces animales structurantes des récifs .....	20
3.2.1. Densités de Gorgones sur les sites remarquables .....	20
3.2.2. Richesse taxonomique, occurrence relative et communautés de Spongiaires.....	22
3.3. Observations hors protocole .....	22
4.Discussion .....	24
4.1. Communautés de poissons.....	24
4.2. Communautés structurantes des récifs.....	26
5.Conclusion .....	30
6.Bibliographie .....	33
7.Annexes .....	37
8.Résumé / Abstract.....	44



## 1- Introduction

Les milieux marins et littoraux de la Côte Basque sont caractérisés par des conditions océanographiques propres au sud du golfe de Gascogne. La présence de grands reliefs sous-marins et des vents dominants d'Ouest et de Nord-Ouest implique un hydrodynamisme conséquent (Augris *et al*, 2009). La houle est orientée de la même manière et a une période moyenne de 10 secondes et une hauteur significative moyenne de 2 mètres (Augris *et al*, 2009) et cela participe à la mise en suspension de particules et le déplacement de sédiments (Abadie *et al*, 2006). Les marées sont mésotidales semi-diurnes. Son amplitude moyenne est de 3,85 m en vive-eau et 1,85 m en morte-eau. Localement, le substrat est majoritairement rocheux mais des bancs de sables plus ou moins importants sont aussi présents (Casamajor et Lalanne, 2016). Ces conditions font de la Côte Basque une côte rocheuse mésotidale peu profonde (C14) selon la typologie des masses d'eau définie par l'arrêté du 12/01/10 relatif à la marche à suivre en ce qui concerne la détermination de l'état des masses d'eau. Les nombreux estuaires (Adour, Uhabia, Nivelle et Bidassoa) présents sur le littoral basque (Casamajor, 2004) ainsi que les plus petits ruisseaux soumettent un apport d'eau douce important lié à une forte pluviométrie locale (1500 à 2000 mm par an).

Dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) et de la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM), un programme de mesure et de surveillance des eaux marines sur la Côte basque est mis en place afin de répondre aux objectifs européens de Bon État Écologique. Cela permet d'avoir une vue d'ensemble sur la qualité des eaux de la Côte basque à travers différents indicateurs. Par exemple, le traitement des données de l'indicateur DCE macroalgues intertidales dans la masse d'eau de l'estuaire de l'Adour témoignent d'un « Bon état » écologique de la masse d'eau (Casamajor *et al*, 2021). La masse d'eau FRFC11 « Côte basque » est également classée en « Bon état » écologique pour l'indicateur «macroalgues subtidales» (Casamajor *et al*, 2020). Pour ce dernier rapport DCE, le site des Briquets (Abbadia) a notamment été inventorié pour attribuer ce niveau d'état écologique. D'autre part, des variations physico-chimique occasionnelles des masses d'eau provoquent des événements de mucilage pélagique marin important (Liga) (Susperregui *et al*, 2018) et des bloom de microalgues toxiques du genre *Ostreopsis* (Rumebe *et al*, 2020) qui ont un impact sur les écosystèmes et sur la santé humaine.

A l'échelle globale, l'abondance des vertébrés marins (poissons, oiseaux marins, tortues marines et mammifères marins) a subi une diminution moyenne de 22%, l'abondance des poissons à quant à elle diminué de 38% (McCauley *et al*, 2015). Localement, les pêcheurs professionnels ont aussi constaté une forte diminution de la quantité de poissons (Morandeau *et al*, 2015). Les zones marines où ont été implanté des zones de protection démontre une augmentation de la biomasse et de la biodiversité ichtyologique notamment pour les espèces prédatrices (CHATEAU et Laurent WANTIEZ, 2005 ; Letourneur, 1996) et une augmentation de la richesse spécifique pour d'autres taxa (Galzin *et al*, 2009).

Ainsi, en 2012 et sous la responsabilité de la communauté d'agglomération, une consultation pour la mise en place d'une aire marine protégée s'organise puis, localement, plusieurs sites Natura2000 en mer se mettent en place et font l'objet de suivis réguliers (DOCOB Natura 2000 « mer et littoral » côte basque) tel que le site FR 7200813 « Côte basque rocheuse et extension au large ». En 2021, La Commission européenne a fixé pour objectif de protéger au moins 30%





de la surface marine de l'UE d'ici 2030 dont au moins un tiers, soit 10%, devraient être strictement protégées, ces objectifs sont repris à l'échelle française (Stratégie nationale pour les aires protégées 2030) avec la notion de ZPF (Zone de protection forte). Le décret n° 2022-527 du 12 avril 2022 pris en application de l'article L. 110-4 du code de l'environnement définit juridiquement la zone de protection forte comme étant « *un espace naturel dans lequel les pressions engendrées par les activités humaines susceptibles de compromettre la conservation des enjeux biologiques de cet espace sont supprimées ou significativement limitées, de manière pérenne, grâce à la mise en œuvre d'une protection foncière ou d'une réglementation adaptée, associée à un contrôle effectif des activités concernées* ».

Lors de la réunion du 10 Mai 2022, le Copil (comité de pilotage) des sites Natura 2000 en mer, a déterminé comme objectif « la création d'un ou de plusieurs périmètres d'étude pour la mise en place d'une ZPF » à l'horizon 2026. Cet objectif répondrait aux enjeux préalablement définis sur la Côte basque que sont les habitats sous-marins (grottes, fond rocheux remarquables et récifs) et la présence de nurseries. Les récifs abritent des coraux d'eau froide qui sont listés comme espèces ou habitats vulnérables, menacés ou en déclin par la Directive Habitats Faune Flore. Dans ce contexte, le Codep64, accompagné du laboratoire du Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE) du CNRS, propose la mise en place d'une zone de protection forte (ZPF) sur le site des Briquets à Hendaye. Ce site s'étend sur les étages infralittoral et circalittoral, la bathymétrie du site varie de 5 à 35 mètres de profondeur et les substrats présents sont principalement rocheux et sableux. (Daguerressar, 2021).

Le présent rapport, inclu dans ce contexte écologique et politique, a pour objectif de rendre compte de l'état écologique de la zone des Briquets, à Hendaye. Pour cela, à partir d'une approche conventionnelle par comptages visuels, les communautés de poissons sont analysées ainsi que l'impact des conditions environnementales sur la richesse taxonomique et l'abondance de poissons. D'autre part, la densité de gorgones, espèces animales représentatives des caractéristiques des récifs qui fournissent un habitat à de nombreuses autres espèces sessiles (Pikesley *et al*, 2016) et dont le rôle écologique est reconnu mondialement (Cúrdia *et al*, 2013), est mesurée sur les sites présentant des conditions favorables tels que les tombants rocheux et canyon sous-marin. Etant également un groupe animal important dans la structuration des récifs notamment pour les organismes benthiques et démersaux (Kutti *et al*, 2014 ; Mustapha *et al*, 2016), le recouvrement des différents spongiaires est mesuré sur les mêmes sites. Les connaissances acquises lors de cette étude pourront servir de support de décision quant à la localisation de la ZPF sur la Côte basque.

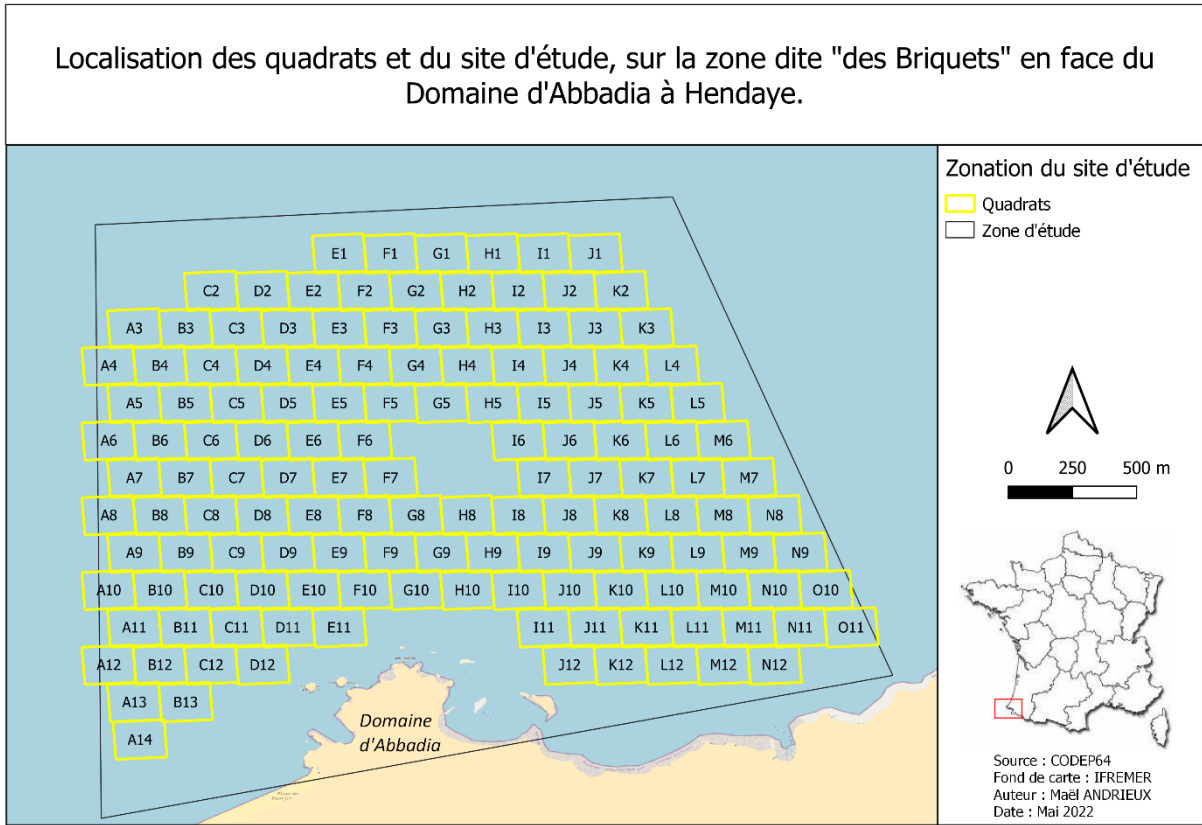


Figure 1- Cartographie représentant le site d'étude des « Briquets » (périmètre noir) en face du domaine d'Abbadia à Hendaye(64700). Les quadrats jaunes sont utilisés pour la mise en place du 1<sup>er</sup> protocole. (Source : Maël ANDRIEUX)

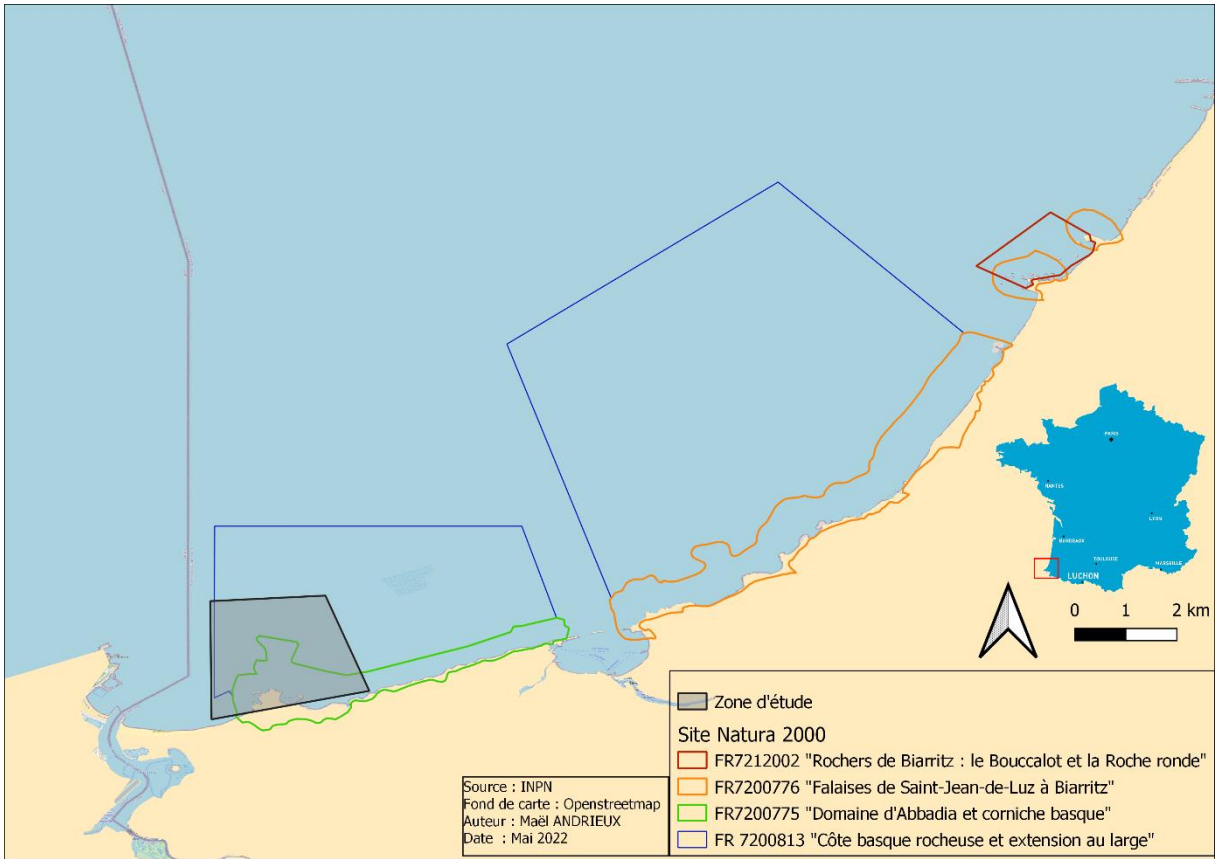


Figure 2 - Cartographie représentant les sites Natura 2000 en mer de la côte basque (périmètre bleu, vert, orange et rouge) et la zone d'étude (en gris) (Source : Maël Andrieux)

# 1. Matériel et méthodes

## 2.1. La zone d'étude

La zone d'étude concernée par le projet de zone de protection forte portée par le CODEP64 s'étend sur le site appelé « Les Briquets » au sud de la Côte basque française (FIGURE1). Cette zone est située en face du domaine d'Abbadia à Hendaye et s'étend de la côte jusqu'à un isobathe de 30/35 mètres de profondeur entre le domaine infralittoral et circalittoral. La superficie totale est de 639 hectares (soit 6,39KM<sup>2</sup>).

Elle s'inclue presque exclusivement au sein du périmètre du site Natura 2000 de la Côte Basque rocheuse et extension au large (FR7200813), seule une petite partie dépasse du périmètre Natura 2000 à l'Ouest. Ce site est classé Zone Spéciale de Conservation (ZSC) selon la directive Habitats, faune, flore. D'autres périmètres de protection au titre de Natura 2000 et soumis au même DOCOB sont présents aux environs du site comme le domaine d'Abbadia et corniche basque (FR7200775), les falaises de Saint-Jean-de-Luz à Biarritz (FR7200776) et la zone de protection spéciale (ZPS au titre de la Directive Oiseaux) des Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la Roche ronde (FR7212002) (FIGURE2).

Au sein de ces sites protégés, des habitats d'intérêt communautaire (HIC) marins ont été mis en évidence, comme des estuaires, des récifs rocheux, des grottes marines submergées ou encore des bancs de sable. On note la présence d'espèces marines d'intérêt communautaire (EIC) visées par la protection Natura 2000 détaillée dans le Document d'Objectifs rédigé par Le Moigno et Duvauchelle (2015) comme : le marsouin commun (*Phocoena phocoena*), le grand dauphin (*Tursiops truncatus*), le saumon Atlantique (*Salmo salar*), la grande alose (*Alosa alosa*), l'alose feinte (*Alosa fallax*), la lamproie marine (*Petromyzon marinus*), l'algue rouge *Gelidium cornum*, et des oiseaux marins de la Directive Oiseaux sur ZPS. Ces HIC et EIC représentent donc les enjeux principaux de ces sites Natura 2000.

## 2.2. Les populations de poissons dans leurs habitats

Pour cette étude, une évaluation de l'abondance et de la richesse taxonomique des différentes espèces de poissons ainsi que des relevés du substrat dans la zone «des Briquets» sont réalisés. Pour cela, des comptages visuels sont réalisés en scaphandre autonome par équipe de 2. Un des objectif du CODEP64 est de développer les sciences participatives à travers cette étude, c'est pourquoi une soixantaine de plongeurs bénévoles ont été formés et le protocole a été adapté pour faciliter sa réalisation par les bénévoles.

### **2.2.1. Le protocole de terrain**

Les données biotiques et abiotiques (données sur les poissons et le substrat) ont été collectées dans une zone de 5,56 km<sup>2</sup> soit 556 hectares divisée en 139 carrés de 200m de côté (FIGURE 1). Au sein de ces quadrats, qui délimitent des zones spatialement et non qualitativement, la méthode FAST (Fish Assemblage Sampling Technique) réalisée sur un transect de 50m a été la méthode choisie pour collecter les données comme dans certains autres suivis de populations de poissons dans les AMP (Francour, 2017; Prato *et al*, 2017). Ces protocoles sont d'ailleurs en cours d'intégration pour le 2nd cycle de surveillance DCSMM (Rey *et al*, 2021). Les jours de mer agitée et de mauvaise visibilité ont été évités. Les résultats permettront de réaliser un « point zéro » des populations de poissons de la zone et pourront être comparé aux stocks de poissons des autres sites de la côte basque qui pourraient accueillir le projet de zone de protection forte.

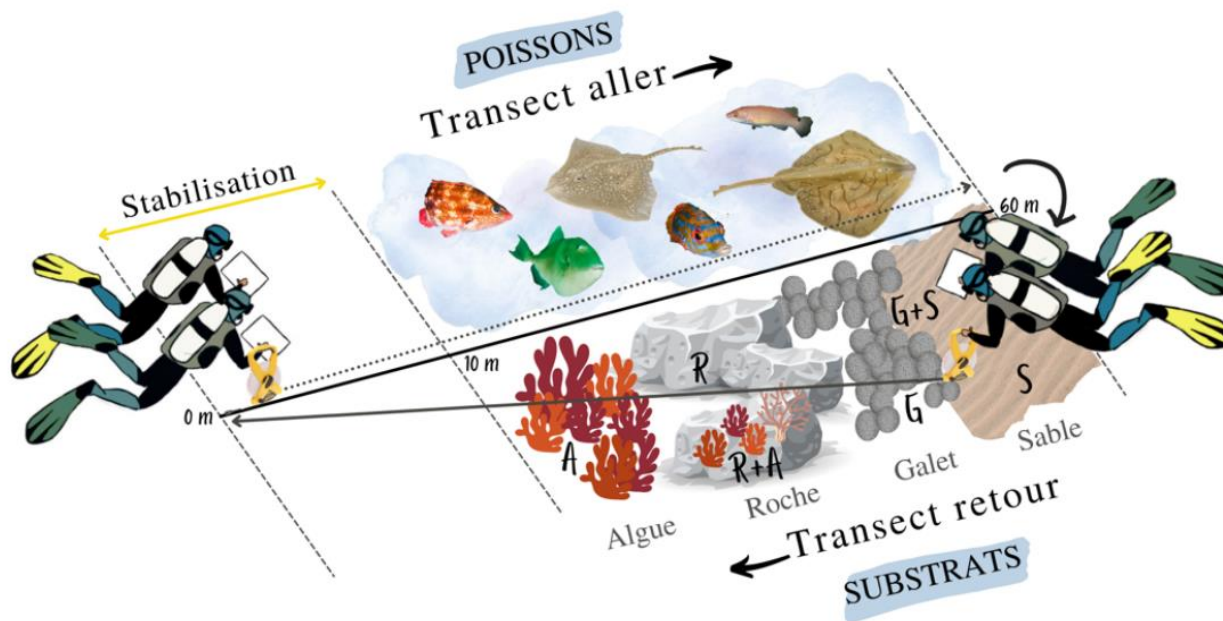


Figure 3 - Représentation schématique de la mise en place du protocole de comptage de poissons réalisé en plongée le long d'un transect (source : Amaia Daguerressar)

### Localisation des sites d'étude des gorgones et spongiaires, sur la zone dite "des Briquets" en face du Domaine d'Abbadia à Hendaye (64)

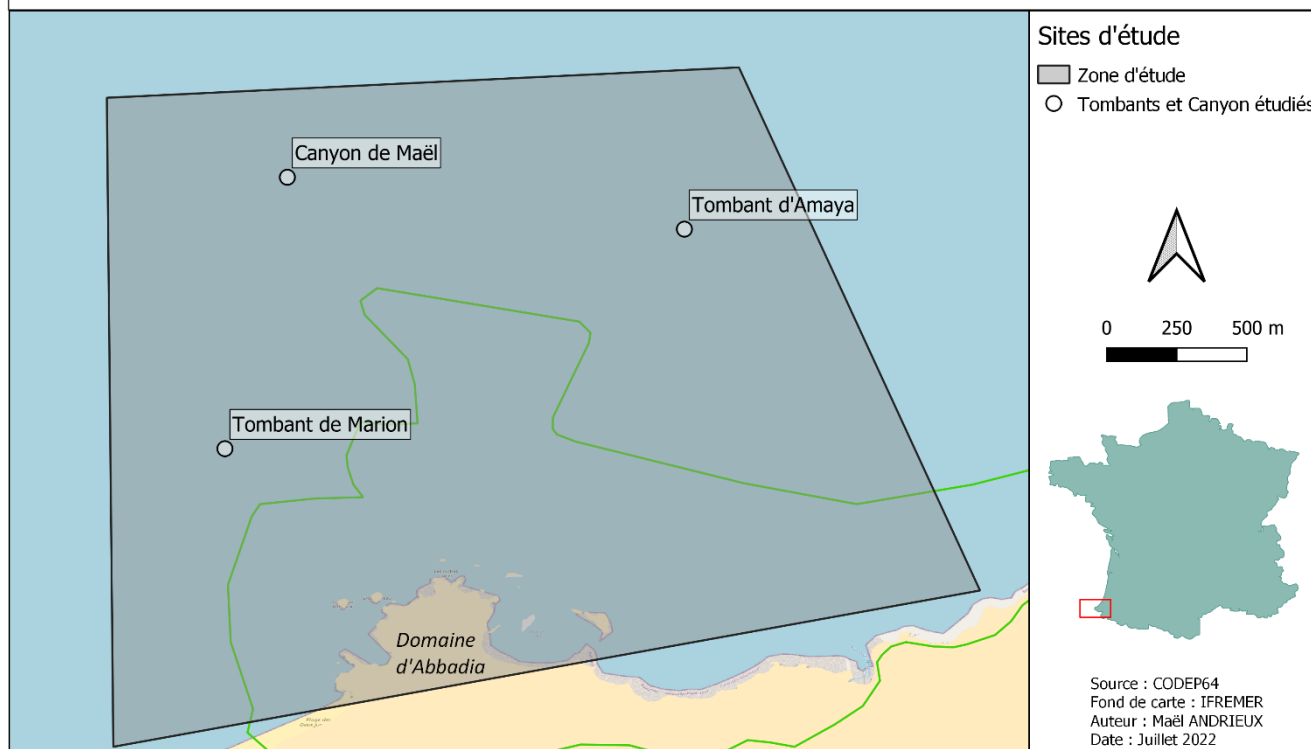


Figure 4 - Cartographie des récifs étudiés lors du 2ème protocole dans la zone d'étude (en gris). (Source : Maël ANDRIEUX)

Afin de mener à bien ces comptages, la présence de deux plongeurs est nécessaire. Une bouée est positionnée sur des coordonnées GPS au centre du quadrat afin de baliser le site. Les plongeurs s'immergent jusqu'à l'ancre de la bouée pour y fixer un hexa-décamètre et commencer le transect, où l'un des observateurs déroule l'hexa-décamètre dans une direction prise au hasard. Les 10 premiers mètres servent à la stabilisation. Puis, entre le dixième et le soixantième mètre les deux plongeurs notent de manière exhaustive les espèces rencontrées dans un couloir de deux mètres de large et d'environ 5 mètres de hauteur. (Figure 3)

Les espèces cibles ont été déterminées d'après les observations des dernières années par les plongeurs expérimentés de la Côte Basque. S'agissant de science participative certaines espèces ont été regroupées afin de faciliter l'identification au genre par les bénévoles. Pour cela *Pollachius spp.* comprend *Pollachius pollachius* et *Pollachius virens*. *Mugil cephalus*, *Chelon auratus*, *Chelon labrosus* et *Chelon ramada*, sont regroupées sous le nom de Mulets ou Mugilidae. Les espèces *Umbrina canariensis* et *Umbrina cirrosa* ont été regroupées sous le nom *Umbrina spp.* Enfin, les différentes espèces de rascasses, *Scorpaena notata*, *Scorpaena porcus* et *Scorpaena scrofa* ont été regroupées sous *Scorpaena spp.* Un encadré « autres espèces » permet aux observateurs d'indiquer s'ils observent des espèces supplémentaires à la liste (Fiche comptage -Annexe 1). Les classes de tailles ont été préalablement déterminées à partir de la biologie de chaque espèce.

Une fois que la phase allée est réalisée, un des observateurs enroule l'hexa-décamètre alors que le second référence la nature du substrat (Figure 3). La technique du LIT (Line intercept transect) est utilisée ici, c'est-à-dire que seul le substrat présent directement sous la ligne du transect est noté. On distingue quatre catégories de substrats : algues, sable, roche, et galets; et plusieurs peuvent être associés : roche + algues par exemple (Annexe 2). C'est la couverture du substrat qui est mesurée, pour cela à chaque changement de substrat la position en cm sur le transect est notée. A la suite de la plongée, les données relevées par les deux plongeurs sont homogénéisées avant d'être intégrées au jeu de données sur Excel.

### **2.2.2. Traitement des données**

Les données de chaque transect sont référencées dans un jeu de données brut sur le logiciel Excel. Ce jeu de données est constitué de trois feuilles : « Informations générales », « espèces » et « substrat ». Les informations générales de chaque plongée concernent les variables suivantes : date, zone, heure, visibilité, température de l'eau et de l'air, houle, coefficient de marée, heures des marées, plongeurs, profondeur initiale du transect, profondeur finale, profondeur maximale et durée du transect (Informations transects - Annexe 3). La seconde feuille de données contient les données acquises sur les espèces de chaque transect (zone, substrat majoritaire, espèces, abondance, Classe de taille), (Data comptage - Annexe 4). Et enfin une dernière feuille contient les données de la composition du substrat de chaque transect.

Ce jeu de données a ensuite été traité sur le logiciel R 4.1.1, ce qui a nécessité les packages suivants : « ade4 », « factoextra », « vegan », « lmtree » et « BAMMtools ».

Les variables nécessaires à l'étude ont été sélectionnées afin de produire 3 jeux de données adaptés au traitement statistiques utilisés sur le logiciel R (Tableau 1) :

- Données environnementales
- Abondance des espèces
- Présence/absence des espèces

Tableau 1 - Variables correspondantes aux jeux de données utilisés pour le traitement statistique sur Rstudio.

Données environnementales	Présence/Absence des espèces	Abondance des espèces
- Date	- N° de Quadrat	- N° de Quadrat
- N° de Transect	- N° de Transect	- N° de Transect
- N° de Quadrat	- Présence/absence	- Abondance
- Houle	- Classe de taille	- Classe de taille
- Coefficient et horaire de marée		
- Profondeur moyenne		
- % de substrat		
- Classe de profondeur		
- Classe de substrat		

La variable de profondeur moyenne des transects a été calculée à partir des profondeurs initiales, finale et maximale relevées pour chaque transect. La normalité de la distribution des données est testée à partir d'un test de Shapiro-Wilk et cette variable est discrétisée en utilisant la méthode de classification par ruptures naturelles de Jenks afin d'obtenir plusieurs groupes, dont la variance intergroupe maximale et la variance intragroupe minimale. A partir des variables environnementales faisant référence aux types de substrats, une matrice de dissimilarités est réalisée afin de déterminer, par clustering nMDS méthode de Bray-Curtis (package vegan), les classes de substrat. Ces deux méthodes ont permis la classification de deux variables quantitatives continues en deux variables qualitatives.

A partir de ces nouvelles variables qualitatives, une ANOVA (Analyse de la variance) de type 2 est réalisée afin de déterminer l'impact du substrat, de la profondeur, ainsi que l'impact cumulé du substrat et de la profondeur sur l'abondance et la richesse taxonomique des taxa présents dans les communautés. Les conditions d'applications sont préalablement testées. Si elles ne sont pas valides, un test non paramétrique de Kruskal-wallis est réalisé pour déterminer si au moins un groupe est différent des autres. Le seuil de significativité admis est de 5%. Puis, un test post-hoc de Dunn est réalisé afin de mettre la ou les classes dont la différence est significative.

Une analyse des composantes principales (ACC) est ensuite réalisée avec les variables environnementales quantitatives et le jeu de données de présence / absence des espèces (package ade4). Cette analyse permet de déterminer la corrélation positive ou négative entre les différentes variables environnementales. De plus, le lien entre la présence des différents taxa et les données environnementales est apprécié visuellement grâce aux cartes factorielles et permettra de déterminer le caractère spécialiste ou ubiquiste des espèces sur ce site. Cette méthode met en évidence les potentiels gradients écologiques présents entre les différents transects.

### 2.3. Evaluation des communautés d'espèces animales structurantes des récifs

A travers les observations faites lors des différentes campagnes du protocole concernant les communautés de poissons, des fonds rocheux, des canyons sous-marin et des tombants ont été identifiées (Figure 4) et semblent correspondre à la définition de récifs. Sur ces récifs vivent des espèces de gorgones et de spongiaires structurant le récif. D'autres sites plus exposés sont sélectionnés afin d'être représentatifs de la globalité du site des Briquets. La densité des gorgones et des spongiaires est mesurée en scaphandre autonome par équipe de 2 plongeurs.

#### **2.3.1. Le protocole de terrain**

En amont de la plongée, la superficie de chacun des sites est mesurée à partir des coordonnées GPS, puis un tirage aléatoire est réalisé (à l'aide de la fonction ALEA.ENTRE.BORNES du tableur Excel) afin de déterminer le positionnement des quadrats. Les sites identifiés sont balisés à l'aide de bouées et des hexa-décamètres. Les plongeurs s'immergent jusqu'à l'ancre de la bouée pour y fixer un hexa-décamètre et commencer à le dérouler en direction de l'autre extrémité du site d'étude. Une fois déroulé, les quadrats de 50 x 50 cm (Ghanem *et al*, 2021 ; Hereu *et al*, 2016) sont positionnés sur les emplacements prédéfinis (Annexe 13). Au sein de chaque quadrat, le nombre et la taille des colonies de gorgones verruqueuses (*Eunicella verrucosa*) et de gorgones orange (*Leptogorgia sarmentosa*) sont mesurés. Une colonie de gorgones fait référence à l'ensemble des polypes qui forment une arborescence (Ghanem *et al*, 2021). Pour déterminer plus facilement la taille des gorgones, des classes ont été décidées

Tableau 2 - Valeurs des bornes des classes de profondeur (déterminées à partir de la méthode de classification des ruptures naturelles de Jenks)

Numéros des classes de profondeur	Valeurs des bornes (m)	Occurrence (nombre de transects)
1	[5.00-15.73]	139
2	[15.73-25.00]	116
3	[25.00- 37.00]	27

Tableau 3 - Classes de substrats déterminées à partir de la nature du substrat rencontrée dans les transects et occurrence de transects par classes (déterminée à partir d'une nMDS de Bray-Curtis).

Numéro de la classe de substrat	Nom attribué aux classes de substrats	Occurrence (nombre de transects)
1	Sable	35
2	Roches	18
3	Roches et Algues	163
4	Roches, Algues et Sable	58
5	Galets	13

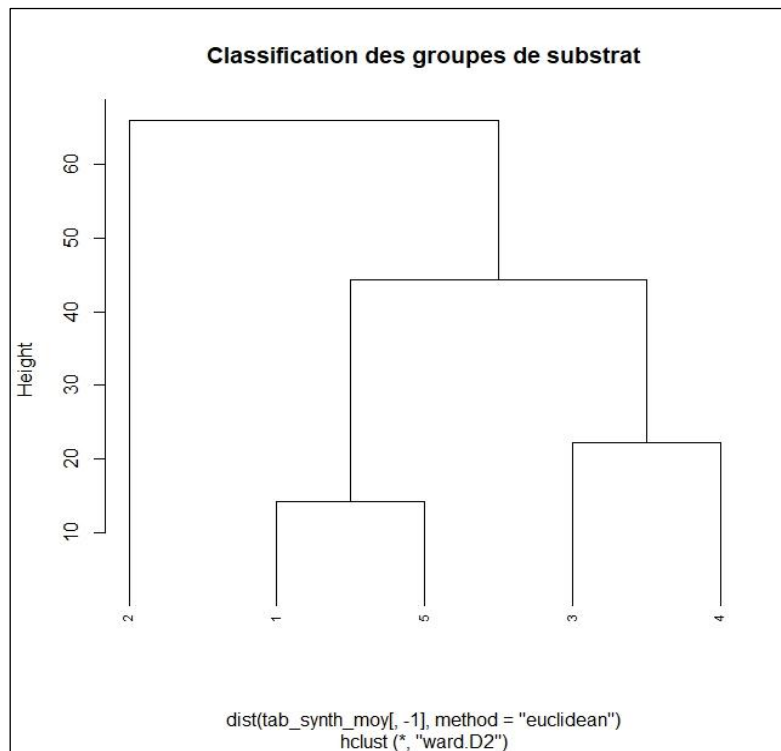


Figure 5 - Dendrogramme de classification des groupes de substrat obtenu à partir de la nMDS (réalisé à partir du package Vegan sur le logiciel R). Ce dendrogramme représentant les similarités et les différences entre les substrats de chaque transects réalisés et permet de regrouper les transects par similarité de substrats. 1= Sable, 2 =Roches, 3= Roches et algues, 4= Roche, Algues et Sables, 5= Galets.



à partir des informations connues sur la taille possibles des colonies (Chimienti *et al*, 2020). Les jeunes colonies ont été différenciées des plus vieilles à l'aide de deux classes.

Dans les mêmes quadrats, le pourcentage de recouvrement des différentes espèces de spongiaires sont mesurés (Annexe 6) à l'aide de 6 classes (0, 0-5, 5-25, 25-50, 50-75 et 75-100). Cette méthode a été sélectionnée afin d'estimer la densité de spongiaires sans effectuer de prélèvement (Maslin *et al*, 2021 ; Sartoreto, 2019), le nombre de taxa étant faible leur identification *in situ* est envisageable. Les taxa de spongiaires ciblés, généralement identifiés au genre et moins fréquemment à l'espèce, sont : *Ircinia sp.*, *Axinella sp.*, *Tethya citrina*, *Aplysina sp.*, *Sycon sp.*, *Cliona sp.*, *Hexadella sp.*, *Leucosolenia sp.*, *Ciocalypta penicillus*, *Pachymatisma johnstonia* et *Clathrina coriacea* (Casamajor, 2004 ; DORIS). L'utilisation de lampes et de la fiche de terrain permet de faciliter leur identification lors des plongées (Annexe 7). La présence d'autres espèces de spongiaires est aussi mesurée et l'identification peut se faire ultérieurement par photographie si elle n'est pas possible lors de la plongée. Pour finir, les données environnementales tel que la date, l'heure, le coefficient de marée, la profondeur, la température de l'eau et la force du courant sont inscrites.

### **2.3.2. Traitement des données**

Les données de chaque quadrat sont référencées dans un jeu de données brut sur le logiciel Excel. Ce jeu de données est constitué de deux feuilles : « Gorgones » et « Spongiaires ». Les deux feuilles référencent les variables numéro de quadrat, site, date, heure, température de l'eau, houle, coefficient de marée, plongeurs et profondeur du quadrat. La feuille « Gorgones » référence aussi les variables « Nombre de colonies » pour les deux espèces de gorgones et pour les deux classes de tailles déterminées : 0 à 20cm , 20cm et plus. Dans la feuille « Spongiaires » sont référencés les pourcentages de recouvrement des différents taxa encrustants de spongiaires ainsi que le nombre d'éponges pour les taxa non-encrustants (*Sycon sp* et *Tethya citrina*). Ce jeu de données est traité sur le logiciel R.

A partir de ces relevés, l'effet de chaque site sur la densité et la proportion de grandes et petites gorgones est mesuré à l'aide d'une ANOVA ou d'un test de comparaison de Kruskal-Wallis si les conditions de sont pas vérifiées. Ces tests comprendront un seuil de significativité admis de 5%. La richesse taxonomique des spongiaires et leurs taux de recouvrement sont aussi mesurés pour chacun des sites, puis, une nMDS est par la suite réalisée afin de mettre en évidence les variations de composition en spongiaires entre les différents sites.

## **3. Résultats**

### **3.1. Abondance et richesse taxonomique des poissons en fonction de la profondeur et du substrat**

Le protocole de terrain a permis la création d'un jeu de données comprenant 287 transects dont 118 ont été réalisés durant la campagne de 2022 (jusqu'au traitement des données), les autres ont été réalisé en 2020 et 2021. A travers ces transects, 1733 observations ont été réalisées et retranscrites dans le jeu de données dont 798 durant la campagne de 2022. Cela a permis l'identification de 31 taxa différents au total. Ces individus ont été classés selon deux classes de taille, 14108 de classe « petits et moyens » et 586 dans la classe « grands » (Annexe 8).

Tableau 4 - Moyennes et écart-types de l'abondance et de la richesse taxonomique de poisson en fonction des variables environnementales. Les classes de substrat sont obtenues à partir de la nMDS : 1= Sable, 2= Roches, 3= Roches et Algues, 4= Roches, Algues et Sable, 5= Galets. Les classes de profondeur sont déterminées par les la méthode de Jenks : 1= [5.00-15.73], 2=[15.73-25.00], 3=[25.00-37.00]

Classes_de_substrats	Moyenne d'abondance	Ecart_types	Moyenne_de_richesse_taxonomique	Ecart_types
1	14,083	41,774	1,542	1,793
2	29,444	37,147	5,222	2,016
3	59,979	95,413	5,629	2,129
4	57,644	125,800	5,178	2,188
5	24,500	27,256	4,917	1,730
Classe_de_profondeurs	Moyenne d'abondance	Ecart_types	Moyenne_de_richesse_taxonomique	Ecart_types
1	55,211	104,938	4,989	2,234
2	49,689	89,452	5,689	2,311
3	45,895	84,728	4,246	2,523

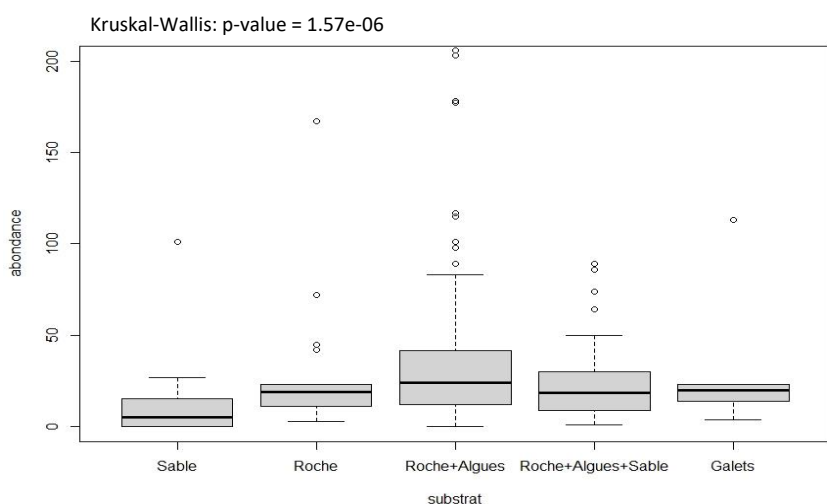


Figure 6 - Boxplot de l'abondance de poissons en fonction du type de substrat. Test de Kruskal-Wallis déterminant les différences significatives entre les abondances. Les points représentent les valeurs extrêmes du jeu de données, la barre la plus foncée représente la médiane et les deux extrémités du boxplot (boîtes grises) représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> Quartiles.

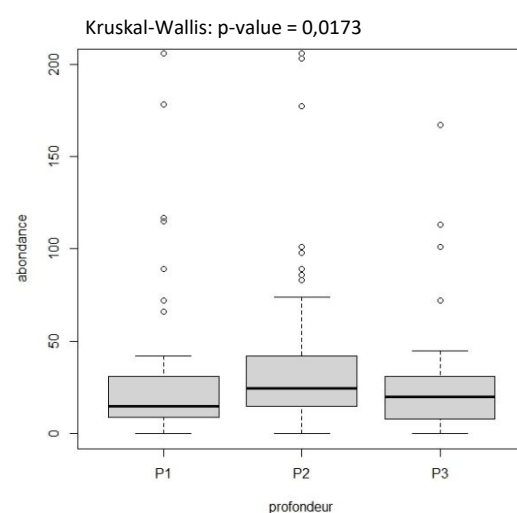


Figure 7 - Boxplot de l'abondance de poissons en fonction des classes de profondeurs déterminées préalablement. Test de Kruskal-Wallis déterminant les différences significatives entre les abondances. Les points représentent les valeurs extrêmes du jeu de données, la barre la plus foncée représente la médiane et les deux extrémités du boxplot (boîtes grises) représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> Quartiles.

Tableau 5 - P-value du test de comparaison des abondances en fonction du type de substrat (Dunn test avec correction de Bonferroni). P-value significative en rouge

	1	2	3	4	5
1		<b>0,005</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,0001</b>	<b>0,009</b>
2			1	1	1
3				1	1
4					1
5					

Tableau 6 - P-value du test de comparaison des abondances en fonction des classes de profondeur (Dunn test avec correction de Bonferroni). P-value significative en rouge

	1	2	3
1		<b>0,023</b>	1
2			0,113
3			

### **3.1.1. Détermination des classes environnementales**

La méthode de classification des ruptures naturelles de Jenks a permis la création de 3 groupes (Tableau 2). Ces classes ont été assignées à chaque transect pour la suite du traitement statistique des données. Les classes de substrat ont, quant à elles, été déterminées pour tous les transects de l'étude via une nMDS (non-metric MultiDimensional Scaling) en utilisant la méthode euclidienne. Le dendrogramme (Figure 5) est réalisé à partir de la matrice de dissimilarité, préalablement réalisée à partir des pourcentages de recouvrement des différents substrats (Algues, Roches, Sable et Galets). Afin de vérifier la fiabilité de cette nMDS, une valeur du Stress de 0.1022337 est calculée pour cette matrice et illustrée par le diagramme de Shepard (Annexe 9). Le stress étant inférieur à 0,2, l'analyse est considérée comme fiable. Ce dendrogramme permet la formation de 5 groupes caractérisés par des associations de substrats similaires pour chaque transect (Tableau 3).

### **3.1.2. Impact des variables environnementales sur l'abondance**

Les conditions pour réaliser les ANOVA de type 2 (Analyse des Variances à deux variables explicatives) ne sont pas respectées (Shapiro-test ; p-value < 2.2e-16). Des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis ont été réalisés, afin d'étudier l'influence des classes environnementales sur l'abondance de poissons (toutes espèces confondues).

Il existe une différence significative entre les abondances de poisson observées en fonction du substrat. (Kruskal test; p-value = 1.57e-06; Figure 6). Un test post-hoc de Dunn révèle que les abondances sur des substrats sableux sont significativement différentes de celles relevées sur les autres types de substrats. (Tableau 5). Les valeurs d'abondance les plus faibles sont relevées lors des transects réalisés dans les habitats sableux ( $14,083 \pm 41,774$  ; Tableau 4) et constitués de galets ( $24,50 \pm 27,26$ ) tandis que les valeurs les plus élevées sont retrouvées dans des habitats constitués de roches et d'algues ( $59,98 \pm 95,41$ ) et constitués de roche, algues et sable ( $57,64 \pm 125,80$ ).

Il y a une différence significative entre les abondances en fonction des profondeurs (Kruskal test ; p-value = 0.017; Figure 6). Un test de comparaison deux à deux de Dunn (correction de Bonferroni) témoigne d'une différence significative d'abondance entre les classes de profondeurs 1 [5.00-15.73] et 2 [15.73-25.00] (Tableau 6)

### **3.1.3. Impact des variables environnementales sur la richesse taxonomique**

Les conditions pour réaliser les ANOVA de type 2 (Analyse des Variances à deux variables explicatives) ne sont pas respectées (test de normalité de Shapiro-Wilk : p-value = 0.0014). Des tests non paramétriques de Kruskal-Wallis ont été réalisés, afin d'étudier l'influence des classes environnementales sur la richesse taxonomique de poissons (toutes espèces confondues).

La profondeur semble influencer la richesse taxonomique relevée sur le site d'étude (Kruskal-test ; p-value = 0,0012 ; Figure 9). Les habitats situés dans la classe de profondeur 2 semblent abriter la richesse taxonomique la plus élevée ( $5,689 \pm 2,311$ ). La richesse taxonomique maximale est de 11 taxa et a été relevée dans les classes de profondeurs 1 et 2. Aussi, un test de comparaison deux à deux de Dunn (correction de Bonferroni) témoigne d'une différence significative de richesse taxonomique de la classe de profondeur 2 avec les classes de profondeurs 3 et 1 (Dunn test ; Tableau 8).

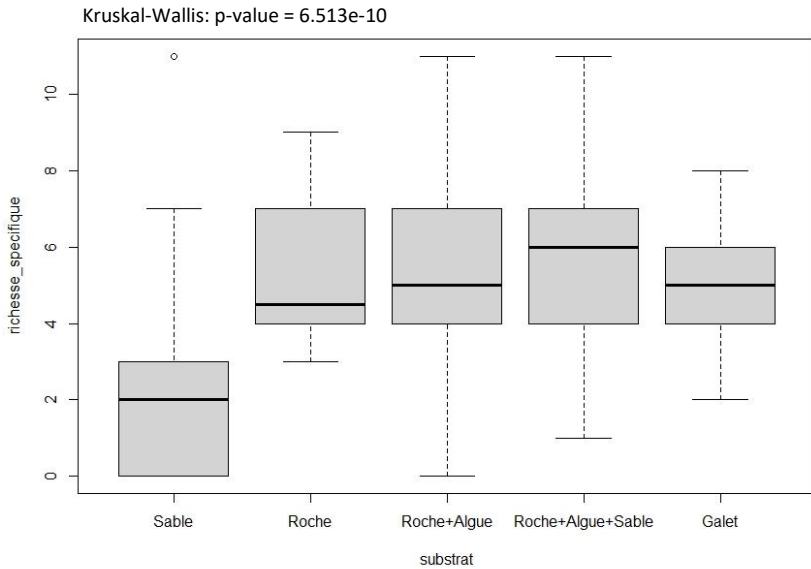


Figure 8 - Boxplot de la richesse taxonomique de poissons en fonction du type de substrat. Test de Kruskal-Wallis déterminant les différences significatives entre les richesses taxonomiques. Les points représentent les valeurs extrêmes du jeu de données, la barre la plus foncée représente la médiane et les deux extrémités du boxplot (boîtes grises) représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> Quartiles.

Tableau 7 - P-value du test de comparaison des richesses taxonomiques en fonction du type de substrat (Dunn test avec correction de Bonferroni). P-value significative en rouge

	1	2	3	4	5
1		0,0003	0,0001	0,0001	0,005
2			1	1	1
3				1	1
4					1
5					

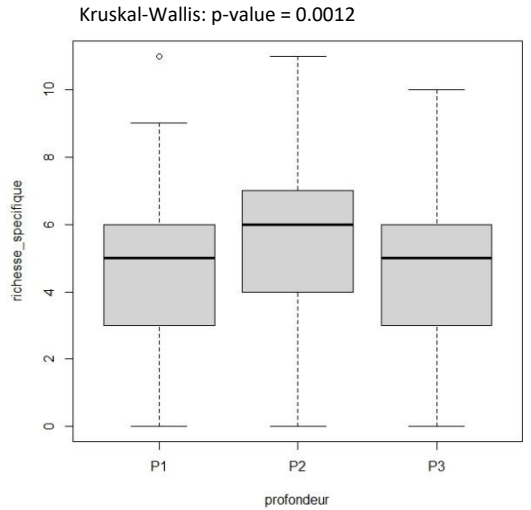
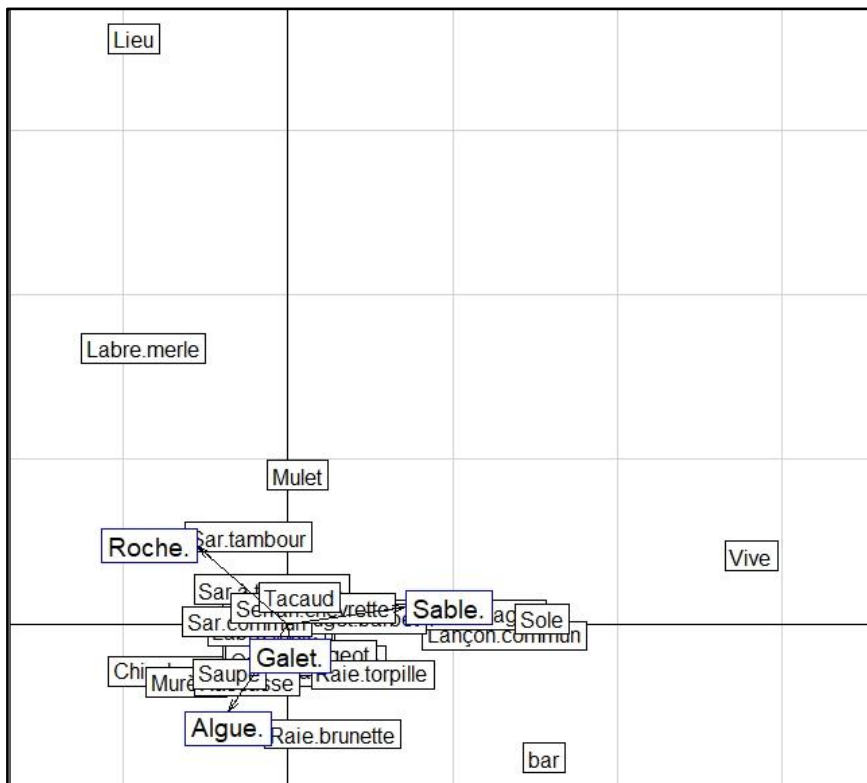


Figure 9 - Boxplot de la richesse taxonomique de poissons en fonction des classes de profondeur. Test de Kruskal-Wallis déterminant les différences significatives entre les richesses taxonomiques. Les points représentent les valeurs extrêmes du jeu de données, la barre la plus foncée représente la médiane et les deux extrémités du boxplot (boîtes grises) représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> Quartile

Tableau 8 - P-value du test de comparaison des richesses taxonomiques en fonction des classes de profondeur (Dunn test avec correction de Bonferroni). P-value significative en rouge

	1	2	3
1		0,011	1
2			0,002
3			



	Axe 1	Axe 2
Algues	- 0.492	- 0.749
Roche	- 0.761	0.646
Sable	0.987	0.147
Galet	0.013	- 0.128

Figure 10 - Carte factorielle représentant sur les axes dimensionnels, les variables liées au substrat et leurs poids respectifs dans les deux dimensions (tableau), ainsi que la présence des taxa en fonction de ces variables (ACC réalisée à partir du package Ade4 sur R)

Le substrat semble exercer une influence sur la richesse taxonomique de poissons observée sur le site des « Briquets » (Kruskal-test ; p-value = 6.513e-10 ; Figure 8). Comme pour l'abondance, les transects dont le substrat majoritaire est un mélange d'algues et de roches, présentent les valeurs de richesse taxonomique les plus élevées ( $5,629 \pm 2,129$ ). Tandis que les transects au substrat majoritairement sableux possèdent une richesse taxonomique relativement faible ( $1,542 \pm 1,793$ ). D'autres part, par lecture graphique, 50% des transects prospectés sur les substrats « Roches », « Roches + Algues » et « Roches + Algues + Sable », présentent une richesse taxonomique similaire, comprise entre 4 et 7 espèces (Figure 8). La richesse taxonomique maximale est de 11 espèces, et a été relevée sur les substrats « Roches + Algues » et « Roches + Algues + Sable ».

De plus, la classe de substrat « sable » a une richesse taxonomique significativement inférieure à toutes les autres classes de substrat (Dunn-test ; Tableau 7), tandis que les autres classes de substrat ne révèlent pas de différence significative de richesse taxonomiques entre elles (Dunn-test ; Tableau 7).

### **3.1.4. Préférence écologique des espèces en fonction du substrat**

Une ACC est réalisée afin de mettre en évidence les préférences écologiques de chaque espèce en fonction du substrat. Les deux dimensions, choisies pour réaliser cette ACC, représentent respectivement 50 et 29 % de la variance exprimée par les données soit 79% de variance cumulée. Cela est suffisant pour être représentatif de la variance des données en fonction des variables concernant la nature des différents substrats.

Selon l'emplacement de chaque variable sur la carte factorielle (Figure 10), la première dimension pourrait correspondre à un gradient granulométrique. En effet, les substrats sableux et rocheux sont corrélés négativement. La deuxième dimension pourrait quant à elle correspondre à un gradient de présence d'algues. D'après cette carte factorielle, on peut observer une corrélation entre la présence d'espèces et le type de substrat. La présence d'espèces telles que la Vive, le Rouget Barbet, la Raie pastenague (*Pteroplatytrygon violacea*), la Sole ou encore le Lançon commun semblent être fortement corrélées à la présence d'un substrat sableux sur le site d'étude. La Raie brunette et la Raie torpille quant à elles, semblent privilégier un substrat sableux, mais nécessiter également de la proximité d'habitats rocheux ou de galets ainsi que la présence d'algues. A l'inverse, la présence du Labre mêlé, du Lieu et du Mulet paraît fortement corrélée à des habitats rocheux et relativement dépourvus d'algues. La relation entre le substrat et la présence d'espèces diffère selon les taxa, certains semblent être particulièrement inféodés à un type de substrat (habitats rocheux pour les murènes communes et sableux pour les vives) d'autres ne semblent pas dépendants du type de substrat.

## **3.2. Evaluation de la qualité des communautés d'espèces animales structurantes des Substrats rocheux**

Le protocole de terrain a permis la création d'un jeu de données comprenant 111 quadrats, réalisés entre le 23 Juin 2022 et le 15 Juillet 2022. Cela a permis l'identification des 2 espèces de gorgones et de 11 taxa de spongiaires.

### **3.2.1. Densités de Gorgones sur les sites remarquables**

Les deux espèces de gorgones ont été identifiées sur les trois sites d'étude mis à part sur le Tombant « de Marion » où *Eunicella verrucosa* n'a pas été contactée. Sur les différents sites, la densité moyenne de *Eunicella verrucosa* est comprise entre 0 (Tombant de Marion) et 1,83

Tableau 9 - Tableau récapitulatif des densités moyennes (en nombre de colonie par m<sup>2</sup>) des deux espèces de Gorgones en fonction des sites (Nom faisant référence à la cartographie de la figure 4) échantillonnés. Chaque densité moyenne est associée à un écart-type.

Site	Eunicella verrucosa (<20cm)	Ecart-type	Eunicella verrucosa (>20cm)	Ecart-type	Eunicella verrucosa (Total)	Ecart-type
Tombant de Marion	0	0	0	0	0	0
Tombant d'Amaya	1,12	2,01	0,37	1,18	1,49	2,47
Canyon de Maël	1,6	3,39	0,23	1,35	1,83	4,27
Site	Leptogorgia sarmentosa (<20cm)	Ecart-type	Leptogorgia sarmentosa (>20cm)	Ecart-type	Leptogorgia sarmentosa (Total)	Ecart-type
Tombant de Marion	0,97	3,01	1,94	4,02	2,91	6,35
Tombant d'Amaya	1,12	2,19	2,7	4,43	3,81	5,52
Canyon de Maël	0,34	1,14	1,26	2,52	1,6	2,94

Kruskal-Wallis: p-value Eunicella = 0.002 / Leptogorgia = 0.117

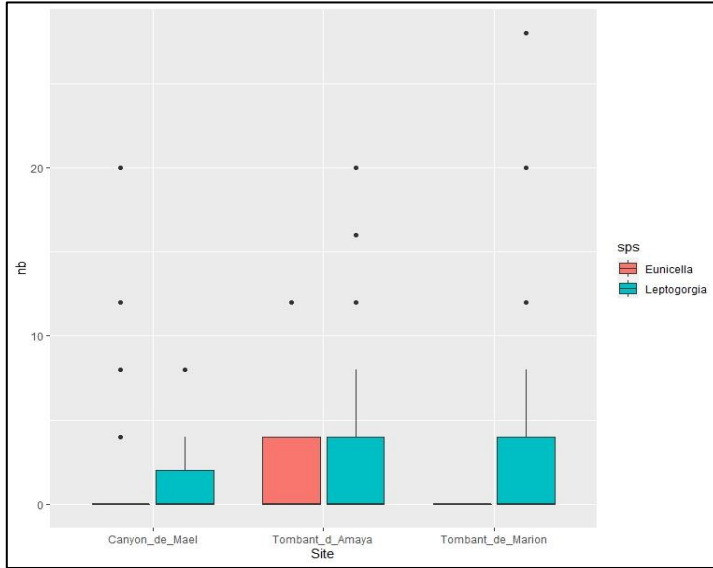


Figure 11 - Boxplot de la densité (nombre de colonies/M<sup>2</sup>) des deux espèces de gorgones, Eunicella verrucosa en rose et Leptogorgia sarmentosa en bleu, en fonction des 3 sites (Canyon de Maël, Tombant d'Amaya et Tombant de Marion). En haut de la figure, sont référencées les p-value associées aux tests de comparaison de médiane de Kruskal-Wallis déterminant la significativité des différences de densités des espèces par sites. Les points représentent les valeurs extrêmes du jeu de données, la barre la plus foncée (à 0) représente la médiane et le 1<sup>er</sup> quartile tandis que l'extrémité supérieure du boxplot représente le 3<sup>ème</sup> Quartile.

Kruskal-Wallis: p-value Grande = 0,234 / Petite = 0.187

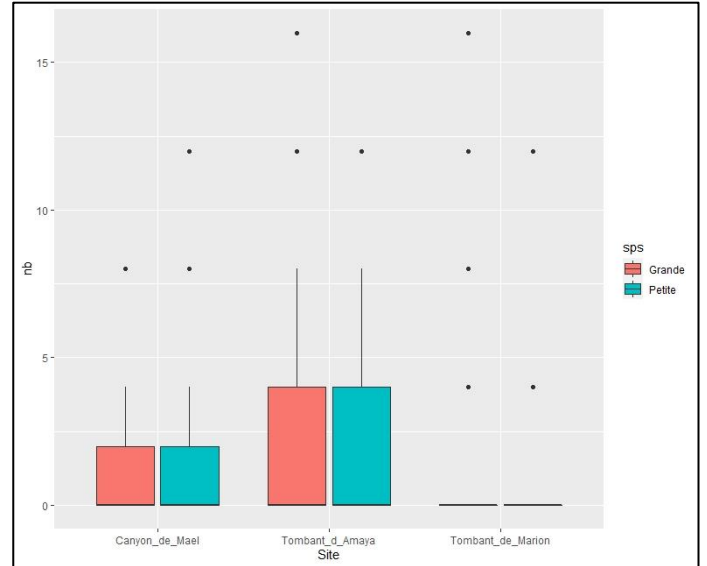


Figure 12 - Boxplot de la densité (nombre de colonies/M<sup>2</sup>) des deux classes de tailles de gorgones, la classe [0cm à 20cm] en rose et la classe [20 à +] en bleu, en fonction des 3 sites (Canyon de Maël, Tombant d'Amaya et Tombant de Marion). En haut de la figure, sont référencées les p-value associées aux tests de comparaison de médiane de Kruskal-Wallis déterminant la significativité des différences de densités des classes de tailles par sites. Les points représentent les valeurs extrêmes du jeu de données, la barre la plus foncée (à 0) représente la médiane et le 1<sup>er</sup> quartile tandis que l'extrémité supérieure du boxplot représente le 3<sup>ème</sup> Quartile.

Tableau 10 - P-value du test de comparaison de médiane (Kruskal-test) des densités moyennes (nombre de Colonies / m<sup>2</sup>) des deux espèces de gorgones étudiées Eunicella verrucosa et Leptogorgia sarmentosa en fonction des deux classes de taille [0cm à 20 cm] et [20-40cm] pour chaque site étudié. P-value significative en rouge

Classe de taille	[0-20cm]	[20-40cm]
Canyon de Maël	0,21	<b>0,03</b>
Tombant d'Amaya	0,75	<b>0,03</b>
Tombant de Marion	0,12	0,06

Tableau 11 - Liste des taxa rencontrés sur chaque site inventorié au moins une fois. Les croix rouges représentent les taxa absents tandis que les lettres P vertes représentent les taxa présents.

Site	Tombant d'Amaya	Canyon de Maël	Tombant de Marion
Ircinia sp.	P	X	X
Axinella sp.	P	P	P
Tethya aurantium	X	P	X
Aplysina sp.	P	P	P
Sycon sp.	P	P	P
Cliona sp.	P	P	P
Hexadella sp.	P	P	P
Leucosolenia sp.	P	P	P
Ciocalypta penicillus	P	X	X
Pachymatisma johnstonia	X	P	P
Clathrina coriacea	P	P	P

$\pm 4,27$  colonies/m<sup>2</sup> (Canyon de Maël). La densité de *Leptogorgia sarmentosa* est comprise entre  $1,6 \pm 2,94$  (Canyon de Maël) et  $3,81 \pm 5,52$  colonies/m<sup>2</sup> (Tombant d'Amaya) (Tableau 9).

Un test non paramétrique est employé car le jeu de données ne vérifie pas toutes les conditions d'application de l'ANOVA (Shapiro-test ; p-value = 0,0001). Les sites ont un impact significatif sur la répartition de *Eunicella verrucosa* (Kruskal-test ; p-value = 0,002 ; Figure 11) mais pas de *Leptogorgia sarmentosa* (Kruskal-test ; p-value = 0,117 ; Figure 11). Les 2 classes de tailles ne sont pas significativement influencés par les sites (Kruskal-test ; p-value = 0,234 ; p-value = 0,187 ; Figure 12).

Les populations des deux espèces de gorgones ne sont pas structurées de la même manière à l'échelle des sites. En effet, les densités (nombre de colonies/ m<sup>2</sup>) des grandes colonies de *Leptogorgia sarmentosa* sont significativement supérieures à la densité des grandes colonies de *Eunicella verrucosa* sur le canyon « de Maël » (Kruskal-test ; p-value = 0,030 ; Tableau 10) et le tombant « d'Amaya » » (Kruskal-test ; p-value = 0,030 ; Tableau 10). Les densités des deux espèces ne semblent pas être significativement différentes dans les autres classes de tailles et dans les autres sites d'études (Tableau 10).

### **3.2.2. Richesse taxonomique, occurrence relative et communautés de Spongiaires**

Au total les 11 taxa cibles de spongiaires ont été identifiés sur l'ensemble des trois sites d'études. Le tombant « d'Amaya » et le canyon « de Maël » ont une richesse taxonomique de 9 taxa alors que le tombant « de Marion » a une richesse taxonomique de 8 taxa (Tableau 11). Certains taxa n'ont été trouvés que sur un des trois sites comme *Ircinia sp.* et *Ciocalypta penicillus* sur le tombant « d'Amaya » ou *Tethya citrina* sur le canyon « de Maël ».

La nMDS permet l'analyse de l'effet des différents sites sur les communautés de spongiaires. Le stress, illustré au travers du diagramme de Shepard (Annexe 11) obtenu lors de cette analyse est de 0,170 et est donc correct pour l'analyse de la carte factorielle et du dendrogramme (Figure 13). Le dendrogramme montre que le tombant « d'Amaya » présente plus de différence avec les deux autres sites. Les deux autres sites semblent relativement similaires.

Les spongiaires encrustants les plus représentés sur le tombants « d'Amaya » sont *Aplysina sp.* et *Leucosolenia sp.*, sur le canyon de « Maël » les spongiaires les plus représentés sont *Aplysina sp.* et *Hexadella sp.*, tandis que sur le tombant de « Marion » se sont *Clathrina coriacea* et *Hexadella sp.* qui sont majoritairement représentés (Figure 14). Quant aux taxa non-encrustants, le taxon le plus représenté sur les 3 sites est *Sycon sp.* avec des densités allant jusqu'à plus de 150 individus par m<sup>2</sup> sur certains quadrats. Les deux autres taxa, *Tethya citrina* et *Ciocalypta penicillus* ont été très peu rencontrés et dans de faibles effectifs lors de la mise en place des quadrats (Figure 15).

### **3.3. Observations hors protocole**

A travers les multiples plongées réalisées pour mettre en place les deux protocoles dont les résultats sont cités préalablement, de nombreux autres taxa ont été identifiés (à des niveaux phylogénétiques allant à l'espèce, au genre ou à la famille). Une liste (Annexe 12) a été dressée permettant de dénombrer 35 taxa différents de cnidaires, vers marin, mollusques, échinodermes, crustacés et poissons.

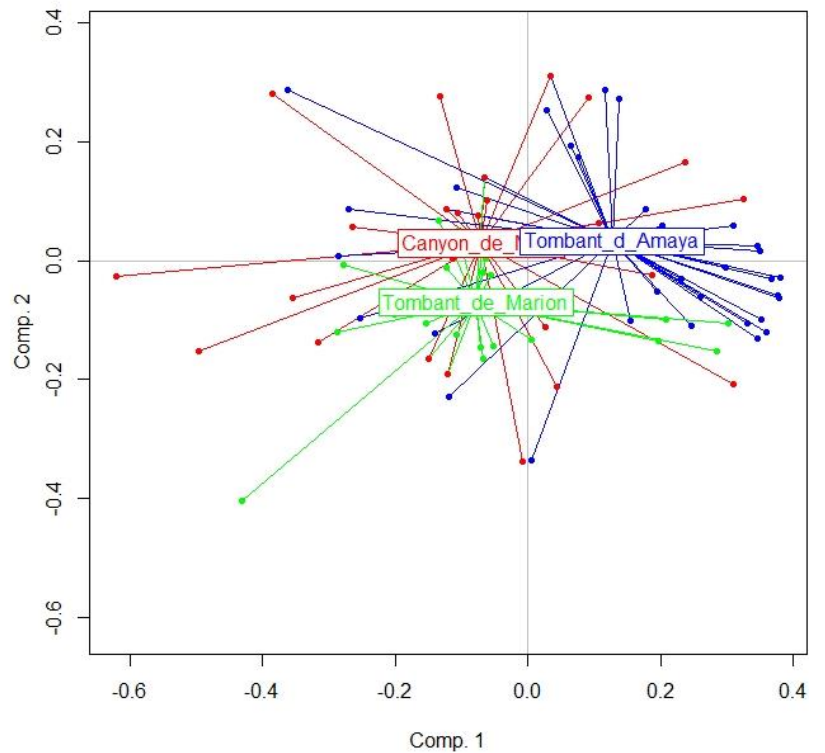
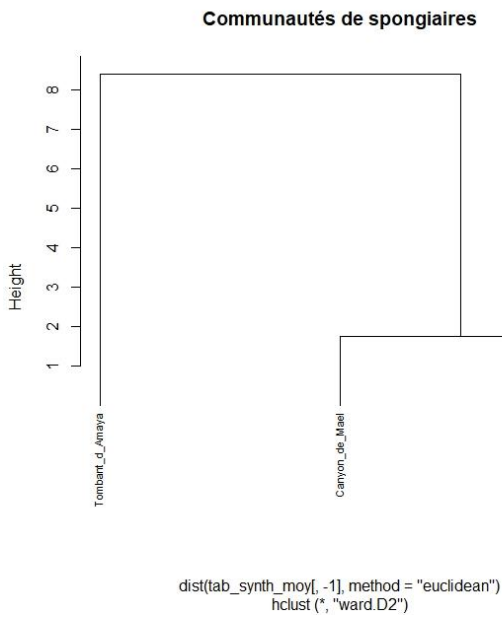


Figure 13 - Structuration des communautés de spongiaires en fonction des différents sites échantillonnés obtenue à partir d'une nMDS réalisée grâce au package Vegan sur le logiciel R. A gauche, un dendrogramme représentant les similarités et les différences entre les quadrats réalisés sur les différents sites (Tombants d'Amaya, Canyon de Maël et Tombant de Marion). A droite est représentée la carte factorielle dont chaque point correspondant à un quadrat permet le positionnement des sites sur la carte factorielle. En vert les quadrats réalisés sur le tombant « de Marion », en rouge les quadrats réalisés sur le Canyon « de Maël » et en bleu les quadrats réalisés sur le tombant « d'Amaya ».

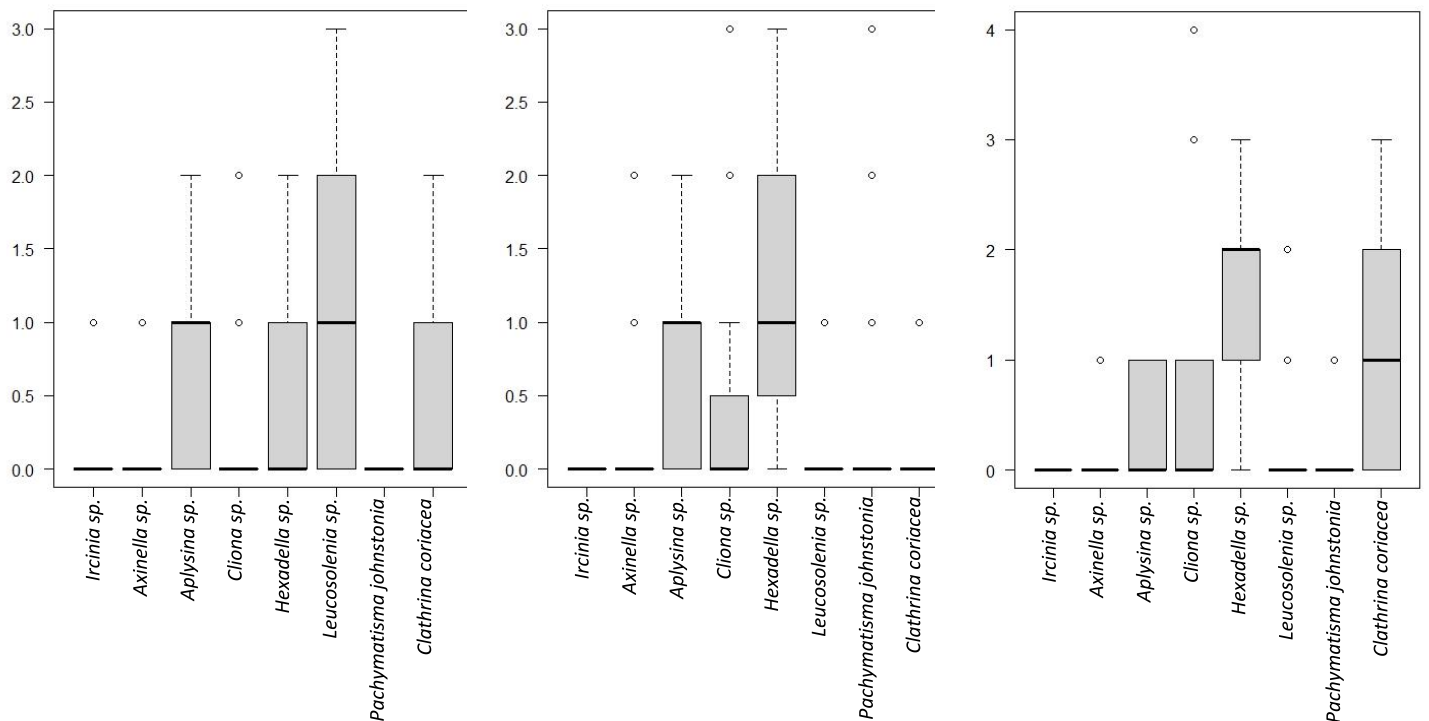


Figure 14 - Boxplots représentant le pourcentage de recouvrement de chaque taxa de spongiaires encrustantes au sein des trois sites d'études. De gauche à droite : Tombant d'Amaya, Canyon de Maël, Tombant de Marion. Les trois box plot ne sont pas à la même échelle. Les points représentent les valeurs extrêmes du jeu de données, la barre la plus foncée représente la médiane et les deux extrémités du boxplot (boîtes grises) représentent le 1<sup>er</sup> et 3<sup>ème</sup> Quartiles. Réalisé sur le logiciel R.



## 4. Discussion

### 4.1. Communautés de poissons

La méthode du comptage visuel FAST a été choisie, notamment car elle est particulièrement adaptée aux conditions de visibilité et de houle rencontrées en Atlantique Nord comme en Méditerranée (Mouloud *et al*, 2016). D'autres méthodes comme l'utilisation de caméras sont mise en œuvre pour des projets similaires mais principalement dans des contextes tropicaux où l'abondance et la richesse ichtyologique sont trop importantes pour être mesurées visuellement (E. Tessier ; 2005). Néanmoins, la méthode du comptage visuel FAST possède des faiblesses, certaines espèces évitent les plongeurs ou sont cryptiques ce qui entraîne une difficulté de détection et donc un biais dans la détermination de la richesse taxonomique. Les espèces pélagiques sont aussi peu ou pas considérées comme la Bonite à dos rayé (*Sarda sarda*) et le Denti (*Dentex dentex*) que l'on sait être présents sur la zone mais qui ne viennent probablement pas à proximité des plongeurs réalisant les transects. Des espèces cryptiques tels que les Blennies et les Gobies ont été écartés du protocole car leurs identifications et perceptions semblaient compliquées pour les bénévoles. Ces différentes espèces seront à prendre en compte dans la richesse taxonomique globale du site « des Briquets ». Par conséquent, la richesse spécifique réelle du site d'étude doit être vue à la hausse sans pour autant être comparée à celle obtenue dans d'autres études. Aux 31 taxa identifiés lors des comptages s'ajoutent les 6 espèces aperçues hors protocole. L'utilisation de l'ADN environnemental dans l'évaluation de la richesse ichtyologique est une piste d'approfondissement intéressante car c'est une évaluation précise, rapide et complète de la biodiversité (Nguyen *et al*, 2020), cette méthode permettrait une meilleure estimation de la richesse spécifique.

Cette étude a permis de déterminer une richesse taxonomique ichtyologique de 31 taxa sur l'ensemble du site des « Briquets ». Le nombre d'espèces n'a pas pu être déterminé car certains taxa sont déterminés au genre (Vive, Ombrine bronze et les Rascasses) pour faciliter la mise en place du protocole par les bénévoles. Le nombre minimal d'espèces est donc de 31 et pourrait être légèrement supérieur. Les comptages visuels étant peu réalisés sur les côtes du sud du Golfe de Gascogne, il n'a pas été possible de comparer les données de cette étude avec des données régionales mais avec des données issues de comptages similaires réalisés en mer Méditerranée. La richesse taxonomique du site d'étude est légèrement inférieure à la richesse ichtyologique (comprise entre 39 et 51 espèces) mesurée sur plusieurs réserves de Méditerranée (Mouloud *et al*, 2016). Si l'effort d'échantillonnage de cette étude semble correspondre à celui effectué sur ces AMP, il est possible que cette faible différence soit stochastique, occasionnée par des erreurs d'échantillonnage (liées aux sciences participatives) ou aussi liée à une réelle différence de richesse taxonomique. Effectivement, les réserves marines installées depuis plusieurs années ont une richesse et une diversité spécifiques plus importantes que les réserves les plus jeunes ou les sites dépourvus de mesures de protection (Dufour *et al*, 2007).

Le recours aux sciences participatives pour les comptages de poissons a permis de multiplier le nombre de transects réalisés. Les plongeurs bénévoles impliqués ont suivi une formation afin de limiter les biais et le protocole a été adapté à des plongeurs non scientifiques. Ainsi les biais concernant l'identification taxonomique des poissons par des plongeurs volontaires ne semble pas significative, cependant ils sont plus importants concernant la détermination de la tailles des individus et du nombre de poissons dans les bancs conséquents (Lamine, 2018).

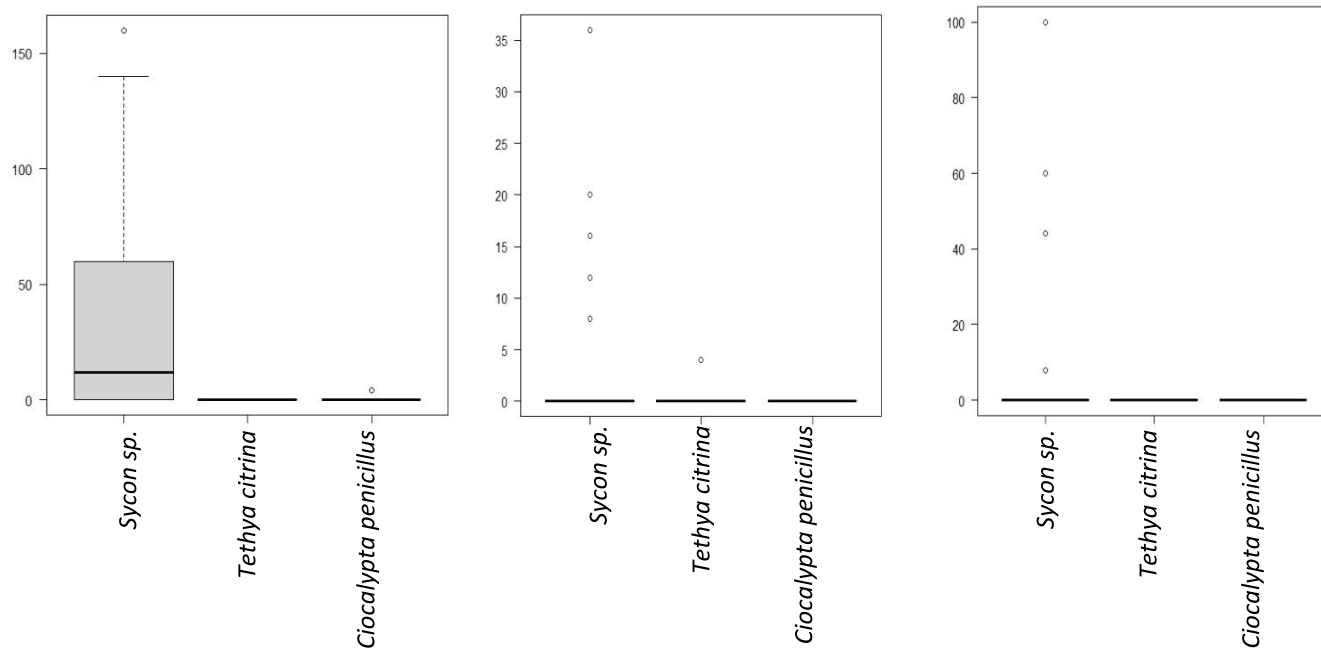


Figure 15 - Boxplot représentant la densité (nb d'individus/m<sup>2</sup>) de chaque taxa de spongiaires encroutantes au sein des trois sites d'études. De gauche à droite : Tombant d'Amaya, Canyon de Maël, Tombant de Marion. Les points représentent les valeurs extrêmes.

Ceci explique les écart-types importants concernant l'abondance ichtyologique, la détermination du nombre d'individus des bancs ainsi que des espèces les plus craintives.

L'analyse des classes de tailles, dans cette étude, doit être relativisée vis-à-vis des potentiels biais d'échantillonnages. Cependant on remarque que le nombre d'individus de grande taille est faible par rapport au nombre d'individus de petite et moyenne tailles (Annexe 8). Les individus de grandes taille sont généralement ceux ciblés par certains types de prélèvements, cependant ce sont ces individus qui sont les plus grands reproducteurs (Birkeland and Dayton, 2005). A la suite de la mise en place d'AMP présentant des mesures de protection strictes, tels que les ZPF ou les réserves marines, la proportion et l'abondance de grands et vieux individus augmentent notamment pour les espèces exploitées (Ottalorda *et al*, 2012 ; Jouvenel *et al*, 2004). Cela implique alors une augmentation des effectifs de poissons dans la zone et aux alentours. Aussi, les abondances moyennes par transects des espèces cibles de la pêche et de la chasse sous-marine (Bar commun, Rouget barbet, Sole, Vive, Sparidés) sont faibles (ou même nulles pour certaines espèces comme le Denti) par rapport à l'abondance des espèces qui ne sont pas exploitées tels que les représentants des Labridés et la Girelle commune qui semble importante. Cela pourrait être la conséquence d'un remplacement d'espèces cibles par des espèces sans valeur commerciale lié à une potentielle pression de sélection (Hattab, 2014).

La majorité des espèces inventoriées à travers ce protocole ont été contactées durant leurs périodes de reproduction (Annexe 5). Aussi, à travers la mise en place des différents protocoles et plongées en scaphandre autonome réalisés durant l'étude, des densités intéressantes de juvéniles et d'alevins ont été aperçues. Le site d'étude est alors probablement utilisé comme site de reproduction par les individus matures de certaines espèces identifiées.

Cette étude démontre que les taxa sont représentés de manières différentes en fonction des deux variables environnementales étudiées que sont le substrat et la profondeur sur le site d'étude. La classification du jeu de données a impliqué la création de groupes dont le nombre de transects est inférieur à 30 (Tableau 2 et 3). Cela peut être à l'origine de biais potentiels lors du traitement statistique. Les habitats rocheux avec présence d'algues présentent des richesses taxonomiques et des abondances plus importantes sur le site des Briquets. Les sites rocheux comme les récifs sont des habitats composés d'espèces fixées, végétales et animales, qui structurent l'habitat et permettent d'accueillir de nombreuses autres espèces notamment ichtyologiques (Hily et Kerninon, 2012). D'autre part, la richesse taxonomique est moyenne dans les habitats au substrat meuble mais les espèces présentes y sont particulièrement adaptées et par conséquent inféodées. Ces bancs de sable se caractérisent par la présence de populations d'invertébrés et jouent alors un rôle fonctionnel important en tant que site d'alimentation de poissons plats comme la Sole et comme abri pour les poissons qui s'enfouissent dans le sable comme les différentes raies. (Grall et Cornubert, 2012).

#### 4.2. Communautés structurantes des habitats rocheux d'intérêt

En ce qui concerne les résultats obtenus à travers le deuxième protocole de cette étude, il est important de noter que d'autres méthodes permettent de mesurer la densité des espèces structurantes telles que les gorgones et les spongiaires. La méthode INDEX-COR est une méthode non-destructrice inspirée de celle du "Reef Check" mise au point pour le monitoring des récifs coralliens (Sartoretto, 2019) et réalisée à l'aide d'un appareil photo immergé. Cette méthode semble performante, cependant les moyens techniques, financiers et temporaires



de cette étude n'ont pas permis de la mettre en place. Les résultats obtenus lors de cette étude ne sont donc pas comparable avec des résultats exprimés à travers l'INDEX-COR.

Cependant d'autres études ont aussi mesuré la densité de Gorgones à travers la mise en place de quadrats (Cúrdia *et al*, 2013). Dans cette étude, réalisée en Algarve (Portugal), la densité de colonies de gorgones a été mesurée pour 5 espèces de gorgones dont *E. verrucosa* et *L. sarmentosa*. Cette étude a pour but de décrire l'effet de la profondeur sur la densité de colonies de ces espèces, la densité a donc été mesurée pour plusieurs classes de profondeurs. Les 3 sites étudiés ici (Tombant de Marion, Tombant d'Amaya et Canyon de Maël) correspondent à ces classes de profondeurs (Annexe 10). Le tombant de « Marion » correspond à la classe 10-15 mètres, le tombant « d'Amaya » à la classe 15-20 mètres et le canyon de « Maël » à la classe 25-30 mètres. Pour *E. verrucosa*, les densités moyennes observées par site sont comprises entre les 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> quartiles des densités observées pour chaque classe de profondeur correspondante, sauf pour le site « tombant d'Amaya » présentant des densités plus élevées. Pour *L. sarmentosa*, les densités moyennes observées par sites sont comprise entre les 1<sup>er</sup> et 2<sup>ème</sup> quartiles des densités observées uniquement pour la classe 25-30 mètres correspondant au site « Canyon de Maël ». Pour les deux autres sites correspondant aux classes de profondeurs 10-15 mètres et 15-20 mètres, les densités observées sur le site d'étude sont supérieures aux densités observées en Algarve, notamment pour le site « Tombant d'Amaya » où la densité est largement supérieure. L'effort d'échantillonnage, sensiblement identique, n'apparaît pas comme une source de biais potentiel. La richesse taxonomique de gorgones étant supérieure en Algarve, la compétition interspécifique pourrait être à l'origine de ces différences de densités. Cette comparaison serait amenée à être testée afin de confirmer ou non la différente densité de gorgones.

D'autres études démontrent des densités de Gorgones largement supérieures à celles mesurées ici à l'image de l'étude de la densité de *Eunicella singularis* dans le Parc national de Port-Cros (Hereu B., 2016). Cette espèce du même genre que *E. verrucosa* semble présenter un cycle de vie similaire, la différence entre les densités mesurées s'explique alors par un effort d'échantillonnage différent. Bien que les quadrats soient de la même taille, le protocole réalisé en Méditerranée s'est cantonné à l'échelle de profondeur où il a observé une densité plus élevée afin de déterminer les sous-populations. Ici la densité de *Eunicella verrucosa* déterminée représente la densité correspondant à la totalité des sites, tombants ou canyon. D'autre part les conditions de développement sont différentes entre la mer Méditerranée et le sud du Golfe de Gascogne. Les écart-types sont importants car au sein des tombants, certaines failles sont plus propices aux courants d'eau, l'apport de nourriture lié à ces courants favorise ainsi l'implantation des colonies de gorgones (Lim *et al*, 2020). Plus les tombants sont soumis à des courants d'eau forts et réguliers plus cela favorise la présence de gorgones.

Les habitats coralliens d'eaux froides, dont font partie les gorgones, ont été déterminés comme des abris, des sites d'alimentation et habitats essentiels du cycle biologique pour les espèces de poissons en Méditerranée, Atlantique Nord-Ouest et Nord-Est (D'Onghia, 2019). Cela est dû à la densité accrue du zooplancton, proie potentielle pour les poissons planctonivores, et à la forte densité d'invertébrés entre et autour des gorgones (D'Onghia, 2019 ; Annexe 12). La densité de gorgones sur les 3 sites semble particulièrement importante et peut être considérée comme un enjeu important du site concernant la structure des récifs.

Concernant les résultats de l'étude parallèle, l'analyse des communautés de spongiaires a démontré une dissimilarité du tombant d'Amaya vis-à-vis des deux autres sites étudiés. Cela



s'explique par une forte densité de *Sycon sp.* sur ce site. Aussi, *Ciocalypta penicillus* et *Ircinia sp.* ne sont présentes que sur ce site « tombant d'Amaya » et *Leucosolenia sp.* y est particulièrement représentée en comparaison des deux autres sites.

Il existe peu de données antérieures concernant la densité et l'organisation des communautés de spongiaires dans la zone étudiée. Cependant, il existe des informations concernant la richesse spécifique. Dans l'ensemble, la Méditerranée est plus riche en espèces que l'Atlantique Nord-Est, mais sur la côte nord-ibérique et française les richesses spécifiques sont plus élevées qu'en d'Atlantique Nord-Est (Xavier et Van Soest, 2011). La richesse taxonomique, de 11 taxa, mesurée sur le site « des Briquets » semble représentative de la richesse observable sur la Côte Basque (Casamajor, 2004).

## 5. Conclusion

A travers cette étude, il a été démontré qu'une richesse ichthyologique intéressante est présente sur le site. Les individus de petite taille sont largement majoritaires pour toutes les espèces, tandis que les populations d'espèces commerciales sont représentées par de faibles densités par rapport aux espèces non-pêchées. La richesse taxonomique du site est comparable à la richesse présente dans des réserves marines méditerranéennes, bien que légèrement plus faible. La mise en place d'une zone de protection forte sur le site impliquerait une augmentation de la densité d'espèces ciblées par la pêche ainsi qu'une augmentation de la part de grands individus grâce à l'effet réserve (Gaboriau et Roos, 2018 ; Mouloud *et al.*, 2016). Le panel de substrats et le gradient de profondeurs de la zone impliquent des communautés diversifiées de poissons et adaptées aux conditions de chacun de ces habitats.

La richesse taxonomique des spongiaires sur la zone semble correspondre aux espèces connues sur la Côte Basque. Les différents habitats récifaux identifiés et étudiés présentent des communautés diversifiées et distinctes. Sur ces mêmes habitats, les densités des deux espèces de gorgones, *Eunicella verrucosa* et *Leptogorgia sarmentosa*, sont considérables. Les récifs étudiés présentent des structures riches en strates et en espèces, ce qui crée de nombreux habitats pour des espèces de mollusques, de poissons, d'échinodermes et de crustacés.

Il s'agit d'un premier résultat de l'étude, les deux protocoles doivent continuer. Le suivi ichthyologique doit être reconduit afin d'étudier l'entière de la zone et permettre un suivi à long terme. L'étude des gorgones et spongiaires devrait être poursuivie et permettre de prospecter d'autres récifs du site d'études dont les communautés sont probablement aussi riches. Afin d'obtenir une vision plus exhaustive des communautés ichthyologiques, l'utilisation de l'ADN environnemental pour détecter les espèces rares et cryptiques semble intéressante notamment dans un objectif de mise en place de ZPF (Sanchez *et al.*, 2022 ; Nguyen *et al.*, 2020).

D'autre part, de nouveaux protocoles peuvent être mis en place afin de caractériser d'autres communautés taxonomiques sur le site des Briquets. Il serait pertinent d'étudier les cnidaires fixés et les ascidies qui structurent aussi les habitats récifaux et permettent la création d'abris pour de multiples espèces. La présence de nombreuses espèces de poissons pendant leurs périodes de reproduction laisse présager qu'elles utilisent le site et ses alentours comme site de reproduction ou de nurserie. Il serait judicieux de mettre en place un protocole permettant de déterminer l'utilisation du site comme nurserie par l'ichtyofaune (Pastor *et al.*, 2013 ; Cheminée *et al.*, 2017 ; Matic-Skoko *et al.*, 2022).





Au vu des résultats obtenus et de la bibliographie réalisée, le site semble intéressant pour mettre en place une ZPF tant pour la qualité des récifs que des communautés ichtyologiques qui sont représentatif des enjeux de conservation de la Côte Basque. Cependant, d'autres sites présentent probablement des enjeux forts susceptibles de nécessiter également la mise en place d'une ZPF sur la Côte Basque. La mise en place d'études similaires sur d'autres sites permettrait de comparer les différents sites afin de pouvoir installer la ZPF sur le site présentant les enjeux prioritaires.

## 6. Bibliographie

- Abadie S., Butel R., Mauriet S., Morichon D., Dupuis H., 2006. "Wave Climate and Longshore Drift on the South Aquitaine Coast." *Continental Shelf Research*, vol. 26, no. 16, pp. 1924–39.
- Agglomération Sud Pays Basque. 2015 – Rapport de synthèse du DOCOB Natura 2000 « mer et littoral » côte basque. 194 p
- Augris C., Caill-Milly N., Casamajor (de) M.N., 2009. Atlas thématique de l'environnement marin du Pays basque et du sud des Landes. Quae.
- Ben Mustapha K., Chaouch M., Hattour A., 2016. Zoobenthos associe aux dictyoceratidae (Spongiaires, Demospongiae) des côtes tunisiennes.
- Birkeland C., Dayton P. 2005. The importance in fishery management of leaving the big ones. *Trends in Ecology & Evolution*, vol. 20. 356 p.
- Casamajor (de) M.N., 2004. Baie de Biscaye : Richesse et diversité méconnue. Alexandre Dewez édition. 261 p
- Casamajor (de) M.N., Lalanne Y. (2016). Intérêt biogéographique de la côte basque rocheuse. *Bulletin de la Société zoologique de France*, 11 p.
- Casamajor (de) M.N, Sanchez F., Lissardy M., 2021. Suivi DCE 2020 Indicateur macroalgues intertidales masse d'eau de transition FRFT07 « Adour aval ». – Campagne 2020. Rapport R.ODE/LITTORAL/LER AR 21-001, 26 p.
- Casamajor (de) M. N., Lissardy M., Huguenin L., 2021. Suivi DCE du paramètre « macroalgues subtidales » dans la masse d'eau « côte basque ». Masse d'eau FRFC11 - 2ème cycle - 2020. Rapp ODE\UL\LE-RAR\21.004,67 p
- Château O., Wantiez L. 2005. Comparaison de La Structure Des Communautés de Poissons Coralliens Entre Une Réserve Marine et Deux Zones Proches Non Protégées Dans Le Parc Du Lagon Sud de Nouvelle-Calédonie. *Cybiuim: International Journal of Ichthyology*, vol. 29, Jan. 2005, pp. 159–74.
- Cheminée A., Rider M., Lenfant P., Zawadzki A., Mercière A., Crec'hriou R., Mercader M., Saragoni G., Neveu R., Ternon Q., Pastor J. 2017. Shallow Rocky Nursery Habitat for Fish: Spatial Variability of Juvenile Fishes among This Poorly Protected Essential Habitat. *Marine Pollution Bulletin*, vol. 119, no. 1, pp. 245–54.
- Chetati Dufour F., Guidetti P., Francour P. 2007. Comparaison Des Inventaires de Poissons Dans Les Aires Marines Protégées de Méditerranée: Influence de La Surface et de l'ancienneté. *Cybiuim: International Journal of Ichthyology*, vol. 31.
- Chimienti G., Di Nisio A., Lanzolla A. 2020. Size/Age Models for Monitoring of the Pink Sea Fan *Eunicella Verrucosa* (Cnidaria: Alcyonacea) and a Case Study Application. *Journal of Marine Science and Engineering*, vol. 8, no. 11. p. 951,

- Cúrdia J., Monteiro P., M. L. Afonso C. M. L., Santos M. N., Cunha M. R., Gonçalves J. M. S. 2013. Spatial and Depth-Associated Distribution Patterns of Shallow Gorgonians in the Algarve Coast (Portugal, NE Atlantic). *Helgoland Marine Research*, vol. 67.
- D’Onghia, G. 2019. 30 Cold-Water Corals as Shelter, Feeding and Life-History Critical Habitats for Fish Species: Ecological Interactions and Fishing Impact.” *Mediterranean Cold-Water Corals: Past, Present and Future: Understanding the Deep-Sea Realms of Coral*, edited by Covadonga Orejas and Carlos Jiménez, Springer International Publishing, pp. 335–56.
- Daguerressar, 2021. Intérêt d’une Zone de Protection Forte dans la zone des « briquets » Rapport de Master (Université Littoral Côte d’Opale) 35 p.
- Francour P. 2017. Evaluation Des Peuplements de Poissons Au Sein de l’observatoire de La Biodiversité Du Parc National de Port-Cros : Synthèse Des Données FAST. 44 p.
- Gaboriau M., Roos D. 2018. Campagne d’acquisition d’image vidéo (STAVIRA) sur la pente externe du récif de la Saline en 2017, réserve Naturelle Marine de la Réunion. R.RBE/DOI/2018-012. 13 p.
- Galzin R., Kulbicki M., Petit J., Wickel J. 2009. Réflexions de biologistes sur les « effet réserve » en partant du cas d’étude de la Polynésie française. 52 p.
- Ghanem R., Ben Souissi Souilah J., Ledoux J-B. 2021. Population Structure and Conservation Status of the White Gorgonian *Eunicella singularis* (Esper, 1791) in Tunisian Waters (Central Mediterranean). *Mediterranean Marine Science*, vol. 22, no. 2, pp. 362–71.
- Gilles M., Caill-Milly N., Sanchez F., Degremont I., Bouisset C. 2013. BELARA – « observations en mer pour Le diagnostic socio-économique Natura 2000 " Morandeau mer et Littoral" » - Contribution au diagnostic socio-économique des sites Natura 2000 en mer « Côte basque rocheuse et extension au large » et littoraux « Domaine d’Abbadia et corniche basque », « Falaises de Saint-Jean-de-Luz à Biarritz » et « Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la Roche ronde », par des embarquements et des enquêtes auprès des pêcheurs professionnels. 36 p.
- Gouvernement français. 2020. Stratégie nationale pour les aires protégées 2030.
- Grall J., Cornubert O. 2012. Caractéristiques biologiques - Biocénoses ÉTAT BIOLOGIQUE Biocénoses des fonds meubles de l’infralittoral. 18 p.
- Hereu B., Capdevila P., Aspillaga E., Pages M., Medrano A. 2016. Acquisition et renseignement de l’indicateur espèces thermophobes : État des populations de la gorgone blanche *Eunicella singularis* dans le Parc national de Port-Cros dans le cadre de OBi\_1. Rapport final. Contrat Parc national de Port-Cros & Universitat de Barcelona, 35 p.
- Hily C. et Kerninon F. 2012. Caractéristiques biologiques - biocénoses ÉTAT BIOLOGIQUE Habitats particuliers de l’infralittoral. 15 p.
- Jouvenel, J-Y, Bachet F., Harmelin J-G., Bellan-Santini D. 2004. Suivi Biologique d’une Réserve Marine de La Côte Bleue (Golfe de Marseille, Méditerranée, France). *Revue d’Ecologie, Terre et Vie*, vol. 59, no. 1–2, pp. 243–51. 10 p.

- Kutti T., Aksel Bergstad O., Helge Fosså J., Helle K. 2014. Cold-Water Coral Mounds and Sponge-Beds as Habitats for Demersal Fish on the Norwegian Shelf. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, vol. 99, pp. 122–33.
- Lamine E.B. 2017. Fish and Fishing Monitoring Methods and Indicators in Marine Protected Areas in Tunisia. COMUE Université Côte d'Azur (2015 - 2019) ; Institut national agronomique de Tunisie.
- Letourneur Y. 1996. Réponses Des Peuplements et Populations de Poissons Aux Réserves Marines: Le Cas de l'île de Mayotte, Océan Indien Occidental. *Écoscience*, vol. 3, no. 4, pp. 442–50.
- Lim A., Wheeler A. J., Price D. M., O'Reilly L., Harris K., Conti L. 2020. Influence of Benthic Currents on Cold-Water Coral Habitats: A Combined Benthic Monitoring and 3D Photogrammetric Investigation. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1.
- Maslin M., Gaertner-Mazouni N., Debitus C., de Voogd N. J., Ho R. 2021. Marine sponge aquaculture toward drug development: An ongoing history of technical, ecological, chemical, considerations and challenges. *Aquaculture Reports*, 21, 100813. 21 p.
- Matic-Skoko S., Vrdoljak D., Uvanović H., Pavičić M., Tutman P., Verezić D. B., Kovačić M. 2022. Effects of Interannual Environmental Changes on Juvenile Fish Settlement in Coastal Nurseries: The Case of the Adriatic Sea. 24 p.
- Mccauley D., Pinsky M. L., Palumbi S. R., Estes J. A., Joyce F. H., Warner R. R. 2015. Marine Defaunation: Animal Loss in the Global Ocean." *Science*, vol. 347, no. 6219.
- Michez N., Thiébaud E., Dubois S., Le Gall L., Dauvin J.C., Andersen A. C., Baffreau A., Bajjouk T., Blanchet H., de Bettignies T., de Casamajor M.-N., Derrien-Courtel S., Houbin C., Janson A.L., La Rivière M., Lévêque L., Menot L., Sauriau P.G., Simon N., Viard F., 2019. Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique. Version 3. UMS PatriNat, Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, 52 p.
- Benabdi M., Ben Hadj S., Charbonnel E., Haremin J-G. 2016. Etat de Référence de l'ichtyofaune de La Réserve Marine Des Îles Habibas (Algérie). 35 p.
- Nguyen, B. N., Shen E. W., Seemann J., Correa A. M. S., O'Donnell J. L., Altieri A. H., Knowlton N., Crandall K. A., Egan S. P., Mcmillan W. O., Leray M. 2020. Environmental DNA Survey Captures Patterns of Fish and Invertebrate Diversity across a Tropical Seascape. *Scientific Reports*, vol. 10, no. 1. 14 p.
- Cottalorda J-M., Dominici J-M., Harmelin J-G., Harmelin-Vivien M., Louisy P., Francour P. 2012. Etude et synthèse des principales données disponibles sur les espèces de « mérours » de la Réserve naturelle de Scandola et de ses environs immédiats. Contrat Parc Naturel Régional de Corse / GIS Posidonie. Univ. Nice Sophia Antipolis, ECOMERS. 49p.
- Pastor J., Koeck B., Astruch P., Lenfant P. 2013. Coastal Man-Made Habitats: Potential Nurseries for an Exploited Fish Species, *Diplodus Sargus* (Linnaeus, 1758). *Fisheries Research*, vol. 148, pp. 74–80.

- Pikesley S. K., Godley B. J., Latham H., Richardson P. B., Robson L. M., Solandt J-L., Trundle C., Wood C., Witt M. J. 2016. Pink Sea Fans (*Eunicella Verrucosa*) as Indicators of the Spatial Efficacy of Marine Protected Areas in Southwest UK Coastal Waters.” *Marine Policy*, vol. 64, pp. 38–45.
- Prato G., Thiriet P., Di Franco A., Francour P. 2017. Enhancing Fish Underwater Visual Census to Move Forward Assessment of Fish Assemblages: An Application in Three Mediterranean Marine Protected Areas. *PLOS ONE*, vol. 12, no. 20 p.
- Rey A., Viard F., Corre E., Lizé A., Lévêque L., Le Joncour A., Delesalle M., Robert A., et Thiriet P. 2021. La surveillance de la biodiversité ichthyologique côtière par l’ADN environnemental. Evaluation de l’outil et de sa complémentarité aux comptages visuels en plongée. Rapport final Septembre 2021. Rapport UMS PatriNat, 85 pages.
- Rumebe M., Auby I., Siano R., Antajan E., Sanchez F., de Casamajor M-N., Meteigner C. 2020. Problèmes sanitaires chez des baigneurs ayant fréquenté la plage d’Hendaye (Département des Pyrénées-Atlantiques) au mois de septembre 2020 : lien potentiel avec la présence de la microalgue *Ostreopsis* spp. Communauté d’Agglomération du Pays Basque, Ref. Ifremer/ODE/LITTORAL/LERAR 20-020 - Expertise Ifremer n° 20-082, 17p.
- Sala E., Ballesteros E. 1997. Partitioning of Space and Food Resources by Three Fish of the Genus *Diplodus* (Sparidae) in a Mediterranean Rocky Infralittoral Ecosystem. *Marine Ecology Progress Series*, vol. 152, pp. 273–83.
- Sanchez L., Boulanger E., Arnal V., Boissery P. 2022. Ecological Indicators Based on Quantitative EDNA Metabarcoding: The Case of Marine Reserves. *Ecological Indicators*, vol. 140, 13 p.
- Sartoretto S. 2019. Etude de l’état de conservation du coralligène basée sur des indicateurs biologiques au sien de la réserve Naturelle Marine de Cerbère-Banyuls. Campagne 2018. RST/ODE/UL/LER/LER-PAC/19-06. 33 p.
- Susperregui N., Gaudin P., Lauga B., Duran R., Rouaud V., Monperrus M., Thierry P., Morichon D., Deletraz.?, Del Amo Y., Savoye N., Liénart C., Jude F., David V.?, Parlanti E., Parot J., Sourzac M., Cordier M-A., d’Elbée J. 2018. Liga en Sud-Aquitaine. Causes et conséquences du développement de “neige marine” sur la côte Basque et le sud des Landes. Fédération MIRA - Milieux et Ressources Aquatiques. 82 p.
- Hattab T. 2014. Impacts du changement global sur les assemblages d’espèces exploitées sud méditerranéens, application au golfe de Gabès (Tunisie) : de la modélisation des niches aux conséquences trophiques. Thèse pour l’université de Montpellier. 361 p.
- Tessier E. 2005. Dynamique des peuplements ichthyologiques associés aux récifs artificiels à l’île de la Réunion (ouest de l’océan Indien) - Implication dans la gestion des pêcheries côtières. Thèse pour l’université de la Réunion. 240 p.
- Xavier J. R., Van Soest R. W. M. 2011. Diversity Patterns and Zoogeography of the Northeast Atlantic and Mediterranean Shallow-Water Sponge Fauna. *Hydrobiologia*, vol. 687, no. 1. 19 p.



numero_transect	annee	mois	jour	club/bateau	zone	heure_debut	heure_fin	plongeur_1	plongeur_2
286	2022	6	22	CODEP64	H8	10:15	10:30	Maël Andrieux	Joséphine Ferrando-Dem
287	2022	6	22	CODEP64	H8	10:30	10:45	Maël Andrieux	Joséphine Ferrando-Dem
288	2022	6	29	CODEP64	H9	12:00	12:15	Maël Andrieux	Céline Sanchez
289	2022	6	29	CODEP64	H9	12:15	12:30	Maël Andrieux	Céline Sanchez
290	2022	7	11	CODEP64	C6	16:00	16:15	Maël Andrieux	Baptiste hardoy
291	2022	7	11	CODEP64	C6	16:15	16:30	Maël Andrieux	Baptiste hardoy
298	2022	7	18	CODEP64	B6	11:00	11:15	Maël Andrieux	Eric Saint Martin

hauteur_houle	visibilite	temp_air	temp_eau	coef_maree	heure_haute_mer_matin	heure_haute_mer_soir	heure_basse_mer_matin	heure_basse_mer_soir	prof_initiale	prof_finale	prof_maximale	temps_fond
0,5	moyenne	20	22	52		12:33	05:57	18:25	5,5	5,5	7	10
0,5	moyenne	20	22	52		12:33	05:57	18:25	6,2	11,2	11,2	13
0,8	moyenne	19	20	69	05:32	17:44	11:31		7,5	10	10	10
0,8	moyenne	19	20	69	05:32	17:44	11:31		8,5	8,2	8,5	10
0,4	Bonne	25	15	69	02:47	15:17	08:55	21:22	22	22	22	10
0,4	Bonne	25	15	69	02:47	15:17	08:55	21:22	22	22	23	10
3,3	Bonne	32	13	85	08:52	21:11	02:35	14:51	28,6	27,7	28	10

Annexe 3 – Informations de chaque transect (variables environnementales sans le substrat)

numero_transect	annee	mois	jour	observateurs (noms et prenom)	zone	Habitat majoritaire	Espèce	abondance	P_M	G
245	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Oblade	40	1	
245	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Rascasse	1	1	
245	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Serran chevr	4	1	
245	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Serran chevr	1		1
246	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Centrolabre	2	1	
246	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Crénilabre	4	1	
246	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Crénilabre	1		1
246	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Cténolabre	4	1	
246	2022	5	25	MAEL ANDRIEUX et JOSEPHINE FERRANDO-DEMANGE	K4	Rocheux	Cténolabre	1		1

Annexe 4 - Data comptage (Variables biologiques)

Annexe 5 - Espèces identifiées lors du protocole, abondance relative et écart-types calculés par transects, période et méthode de reproduction. (Source : Doris.fr)

Nom commun	Nom latin	Période de reproduction	Technique de reproduction	Abondance relative	Ecart-type
Oblade	<i>Oblada melanura</i>	Avril – Juin	Reproduction pélagique	7.66	32.08
Girelle commune	<i>Coris julis</i>	Avril - Septembre	Reproduction pélagique	6.53	6.80
Cténolabre	<i>Ctenolabrus rupestris</i>	Avril - Aout	Nidification	3.07	3.30
Bogue	<i>Boups boups</i>	Mars -Mai	Reproduction pélagique	17.99	67.95
Crénilabre	<i>Symphodus spp.</i>	Mars - Mai	Nidification dans les algues	1.78	2.16
Serran chevette	<i>Serranus cabrilla</i>	Avril – Juillet	Reproduction pélagique	1.74	1.77
Centrolabre	<i>Centrolabrus exoletus</i>	Mai - Juillet	Nidification	1.42	3.06
Vieille	<i>Labrus spp.</i>	Juin – Juillet	Nidification	1.14	1.47
Lançon commun	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Mai - Juillet	Reproduction pélagique	0.98	12.70
Sar commun	<i>Diplodus sargus</i>	Décembre – Mai	Reproduction pélagique	0.98	9.16
Chinchard à queue jaune	<i>Trachurus mediterraneus</i>	Juin – Septembre	Reproduction pélagique	0.72	8.34
Labre mêlé	<i>Labrus mixtus</i>	Avril - Juillet	Nidification	0.65	1.03
Sar à tête noire	<i>Diplodus vulgaris</i>	Septembre – Décembre	Reproduction pélagique	0.52	3.29
Tacaud	<i>Trisopterus luscus</i>	Mars – Avril	Reproduction pélagique	0.51	2.94
Saupe	<i>Sarpa salpa</i>	Avril – Juillet	Reproduction pélagique	0.36	5.90
Sar tambour	<i>Diplodus cervinus</i>	Mars – Mai	Reproduction pélagique	0.30	3.57
Ombrine	<i>Umbrina spp.</i>	Juin - Septembre	Reproduction pélagique	0.26	2.80
Rouget barbet	<i>Mullus surmuletus</i>	Avril – Juin	Reproduction pélagique	0.23	1.71
Rascasse	<i>Scorpaena spp.</i>	Juin - Septembre	ponte sur le substrat	0.13	0.43
Pageot	<i>Pagellus bogaraveo</i>	Juin – Septembre	Reproduction pélagique	0.045	0.47
Vive	<i>Trachinidae</i>	Avril – Juillet	Reproduction pélagique	0.031	0.19
Raie torpille	<i>Torpedo marmorata</i>		vivipare	0.028	0.22
Labre merle	<i>Labrus merula</i>	Mars - Juin	Nidification	0.017	0.16
Raie Brunette	<i>Raja undulata</i>	Mars - septembre	Ovipare	0.014	0.12
Raie pastenague	<i>Pteroplatytrygon violacea</i>		Ovovivipare	0.010	0.10
Lieu	<i>Pollachius spp.</i>	Février – Mars	Migration entre 100-150m	0.0070	0.08
Mulet	<i>Muligidae</i>	Juillet – Octobre	Reproduction pélagique	0.0070	0.08
Bar	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Décembre - Mars	Reproduction pélagique	0.0035	0.06
Congre	<i>Conger conger</i>	Juin – Septembre	Migration jusqu'à 1000-4000 m de profondeur	0.0035	0.06
Murène commune	<i>Muraena helena</i>	Juillet - Septembre	Reproduction pélagique	0.0035	0.059
Sole	<i>Solea solea</i>	Mars – Mai	Œufs pélagiques Migration frayères	0.0035	0.06



Annexe 6 - Fiche de terrain du protocole "récifs". Permettant de déterminer le nombre des espèces et colonies ou bien le % de recouvrement des espèces encrustantes. Elle permet aussi de déterminer les conditions environnementales.













Date =	Site =	Heure =	T° Eau =
Coefficient =	Plongeur 1 =	Plongeur 2 =	Courant = Faible / Moyen / Fort

Espèces	NOMBRE DE COLONIES DE GORGONES				% DE RECOUVREMENT D'EPONGES *									
	Eunicella verrucosa		Leptogorgia sarmentosa		Ircinia sp.	Axinella sp.	Tethya aurantium	Aplysina sp.	Sycon sp.	Cliona sp.	Hexadella sp.	Leucosolenia sp.	Ciocalypta penicillus	Pachymatisma johnstonia
	0-20cm	20 à +	0-20cm	20 à +										
Q1														
Q2														
Q3														
Q4														
Q5														
Q6														
Q7														

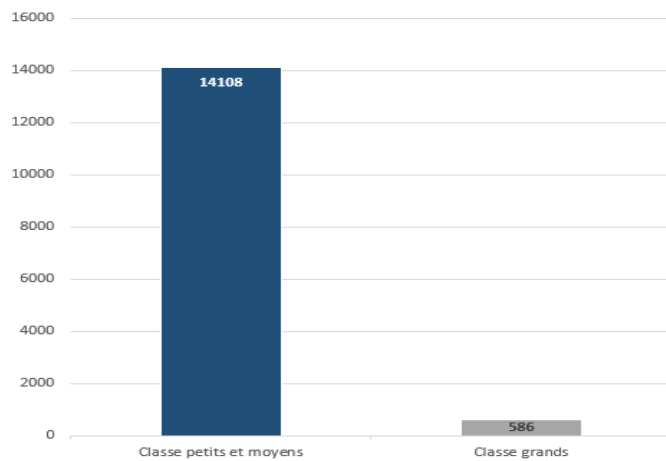
% de recouvrement =

Classes	0	1	2	3	4	5
Gamme de %	[0%]	[0%-5%]	[5%-25%]	[25%-50%]	[50%-75%]	[75%-100%]

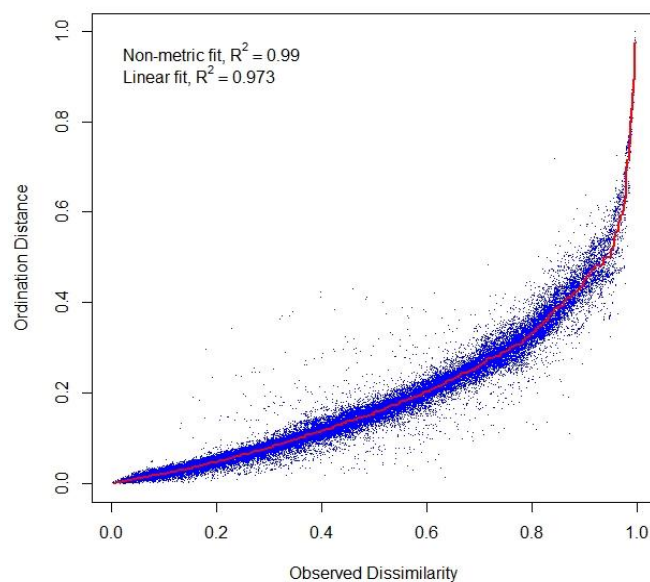
Annexe 7 - Guide d'identification des taxa (gorgones et spongiaires) cibles du 2ème protocole (Source : BioObs.fr et Doris.fr)

GUIDE D'IDENTIFICATION DE TERRAIN DES EPONGES ET DES GORGONES			
			
Ircinia sp.	Aplysina sp.	Hexadella sp.	Pachymatisma johnstonia
			
Axinella sp.	Sycon sp.	Leucosolenia sp.	Eunicella verrucosa
			
Tethya aurantium	Cliona sp.	Ciocalypta penicillus	Leptogorgia sarmentosa

Source : BioObs.fr / Doris.fr



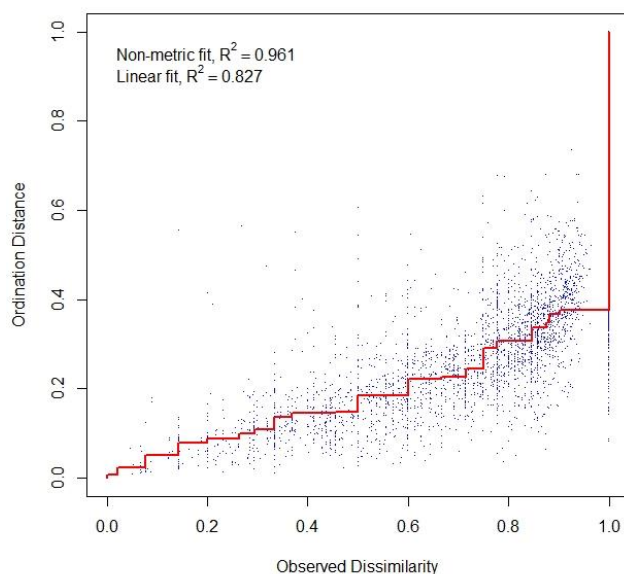
Annexe 8 : Diagramme en barres du nombre d'individu par classes de taille (en bleu marine la classe des individus de petite et moyenne taille et en gris les individus de grande taille.)



Annexe 9 : Diagramme de Shepard de la matrice de dissimilarité permettant de classer les différents substrats obtenus à travers le 1<sup>er</sup> protocole.

Sites	Profondeur moyenne (en m)	Écartypes associés (en m)
Canyon_de_Mael	26,79	2,26
Tombant_d_Amaya	19,01	1,59
Tombant_de_Marion	14,12	1,77

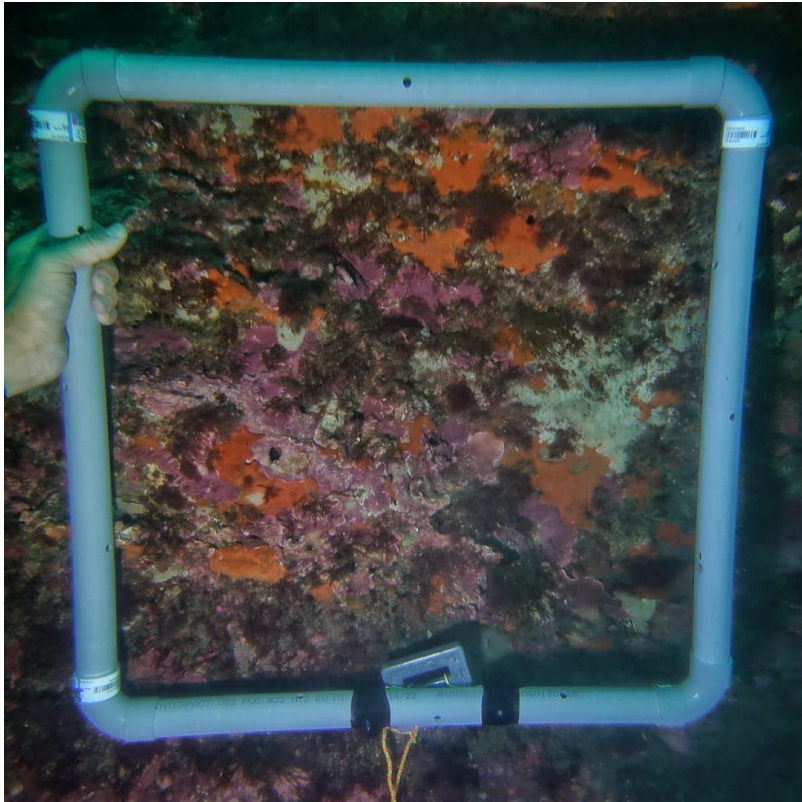
Annexe 10 - Profondeur moyenne et écart-type de chaque "récif" du protocole 2.



Annexe 11 - Diagramme de Shepard de la matrice de dissimilarité permettant d'appréhender les similarités entre les communautés de spongiaires des récifs étudiés.

Taxons	Nom latin	Embranchement ou groupe
Alcyon rouge	<i>Alcyonium glomeratum</i>	Cnidaire
madrépore brun	<i>Caryophyllia sp.</i>	Cnidaire
Grand plumaire	<i>Gymnangium montagui</i>	Cnidaire
Madrépore jaune	<i>Leptosammia pruvoti</i>	Cnidaire
Langouste	<i>Palinurus elephas</i>	Crustacé
Araignée de mer	<i>Maja squinado</i>	Crustacé
Crevette commensale	<i>Periclimenes sagittifer</i>	Crustacé
Petite cigale	<i>Scyllarus arctus</i>	Crustacé
Crevette bossue des gorgones	<i>Balssia gasti</i>	Crustacé
Oursin violet	<i>Paracentrotus lividus</i>	Echinoderme
Oursin émoussé	<i>Sphaerechinus granularis</i>	Echinoderme
Oursin vert	<i>Psammechinus miliaris</i>	Echinoderme
Etoile de mer rouge	<i>Echinaster sepositus</i>	Echinoderme
Holothurie brune	<i>Holothuria tubulosa</i>	Echinoderme
Ophiure lisse	<i>Ophioderma longicauda</i>	Echinoderme
Etoile de mer à peigne	<i>Astropecten irregularis</i>	Echinoderme
Doris cantabrique	<i>Hypselodoris cantabrica</i>	Mollusque
Doris tricolore	<i>Hypselodoris tricolor</i>	Mollusque
Doris dalmatien	<i>Discodoris atromaculata</i>	Mollusque
Simnie blanche	<i>Neosimnia spelta</i>	Mollusque
Troque	<i>Calliostoma ziziphinum</i>	Mollusque
Facéline	<i>Pruvotfolia pselliotes</i>	Mollusque
Berthelle orange	<i>Berthella aurantiaca</i> ou <i>Berthellina edwardsii</i>	Mollusque
Poulpe commun	<i>Octopus vulgaris</i>	Mollusque
Seiche	<i>Sepia officinalis</i>	Mollusque
Salmonidés	<i>Salmonidae</i>	Poisson
Grondin perlon	<i>Chelidonichthys lucerna</i>	Poisson
Blennie pilicorne	<i>Parablennius pilicornis</i>	Poisson
Denti	<i>Dentex dentex</i>	Poisson
Poisson lune	<i>Mola mola</i>	Poisson
Tripterygion	<i>Tripterygion delaisi</i>	Poisson
Bonite à dos rayé	<i>Sarda sarda</i>	Poisson
Synascidies coloniales beige	<i>Lissoclinum weigele</i>	Tuniciers
Botrylle orange	<i>Botrylloides leachi</i>	Tuniciers
Spirographe	<i>Sabella spallanzanii</i>	Vers marin

Annexe 12 - Liste des taxa identifiés en dehors des protocoles standardisés.



*Annexe13 - Photographie d'un quadrat réalisé aléatoirement lors du protocole d'évaluation des densités de gorgones et spongiaires*

## 8. Résumé / Abstract

Les écosystèmes marins du littoral basque sont riches d'habitats et de biodiversité. Depuis quelques décennies, l'abondance des vertébrés marins de tous les océans a fortement diminué. Pour endiguer cette diminution, le comité de pilotage des sites Natura 2000 du littoral basque a pour objectif de mettre en place une ZPF (Zone de Protection Forte) d'ici 2026. Le site des Briquets, au nord du littoral d'Hendaye fait l'objet d'une proposition de réserve marine portée par le Comité départemental de plongée des Pyrénées Atlantiques. Cette étude vise à apporter les connaissances pour justifier ou non la mise en place de cette ZPF sur le site « des Briquets », à travers l'étude de différents groupes zoologiques. D'une part, sur les peuplements ichthyologiques du site à l'aide de transects réalisés en sciences participatives. D'autre part, sur les communautés de gorgones (cnidaires) et de spongiaires structurants les habitats benthiques récifaux, inventoriés à travers des quadrats de 50x50cm. Cette étude démontre une richesse ichthyologique de plus de 30 taxa sur l'ensemble de la zone et une abondance moyenne par transects comprise entre 14 et 60 individus. Les habitats rocheux supportent, en moyenne, une plus grande abondance et richesse taxonomique mais les taxa présents dans les habitats sableux semblent y être particulièrement inféodés et présentent des enjeux de conservation intéressants à l'image de la Raie brunette quasi menacée à l'échelle française. Les récifs présentent des densités de gorgones, toutes espèces confondues, comprises entre 2,91 et 5,3 colonies/m<sup>2</sup> en fonction des sites inventoriés. La richesse taxonomique de spongiaires est comprise entre 8 et 9 et la richesse taxonomique totale est de 11. Au vu des connaissances acquises, le site des Briquets semble intéressant pour accueillir une ZPF bien qu'une étude comparative avec d'autres sites de la Côte Basque permettrait de l'affirmer.

Mots-Clés : Golfe de Gascogne, Zone de protection forte, Ichtyofaune, gorgones, récifs, Spongiaires

The marine ecosystems from the Basque coast are rich in habitats and biodiversity. In a few decades, the abundance of marine vertebrates has decreased significantly in all oceans. To stem this decline, the steering committee of the Natura 2000 sites of the Basque coast aims to set up a SPZ (Strong Protection Area) by 2026. "Les Briquets" site, north of the Hendaye coastline, is the subject of a proposal for a marine reserve carried by the Pyrénées-Atlantiques Departmental Diving Committee. This study aims to provide knowledge to justify or not the establishment of this SPZ on the site "Les Briquets", through the study of different zoological groups. Firstly, on the ichthyological populations of the site, with the help of transects carried out in participative sciences. Secondly, on the communities of cold-water corals (cnidarians) and sponges structuring the benthic reef habitats, inventoried through quadrats of 50x50cm. This study shows an ichthyological richness of more than 30 taxa over the whole area and an average abundance per transect between 14 and 60 individuals. The rocky habitats support, on average, a greater abundance and taxonomic richness, but the taxa present in the sandy habitats seem to be particularly dependent on them and present interesting conservation issues, such as the Undulate ray, which is almost threatened on the French scale. The reefs present densities of Cold-water corals, all species included, between 2.91 and 5.3 colonies/m<sup>2</sup> according to the sites inventoried. The taxonomic richness of sponges is between 8 and 9 and the total taxonomic richness is 11. Considering the knowledge acquired, the site of Les Briquets seems interesting to host an ZPF, although a comparative study with other sites on the coast would enable us to confirm this.

Key-words: Bay of Biscay, Strong Protection Area, Fish, Cold-water corals, Sponge