

Rapport de stage de 3^{ème} année de Licence
Ecologie et Biologie des Organismes, UFR Sciences et Techniques
Année universitaire 2021-2022

Projet de mise en place d'une zone de protection forte sur la zone des
« Briquets » à Hendaye, Pyrénées Atlantiques

Les différentes communautés de poissons sur la zone des « Briquets » se
constituent en fonction de l'habitat, défini comme étant le couple
substrat/profondeur.



(Source : Éric Saint-Martin ©)

Joséphine DEMANGE

Stage effectué du 25 avril 2022 au 03 juin 2022

Sous la co-direction de Éric Saint-Martin (CODEP 64 – FFESSM), Pierre Sasal (PSL Research University : EPHE-UPVD-CNRS) et Estelle Langlois (MCF HDR, Responsable pédagogique de la Licence SVT, Université de Rouen Normandie, Laboratoire ECODIV)

Projet de mise en place d'une zone de protection forte sur la zone des
« Briquets » à Hendaye, Pyrénées Atlantiques

Les différentes communautés de poissons sur la zone des « Briquets » se
constituent en fonction de l'habitat, défini comme étant le couple
substrat/profondeur.

REMERCIEMENTS

Je tiens à remercier toutes les personnes qui ont fait de ce stage, une expérience inoubliable et enrichissante, humainement comme professionnellement.

Je souhaite remercier Éric Saint-Martin pour son accompagnement et son soutien permanent au cours de ce projet, mais également pour tous ces moments de partage et d'échange sur la plongée, ainsi que pour sa bonne humeur constante, malgré les nombreux obstacles à la réalisation de ce projet, qu'il porte courageusement depuis plusieurs années. Je remercie Pierre Sasal, pour ses conseils et son aide scientifique. Merci à Mélanie Debelgaric, qui a su m'aiguiller et enrichir mes connaissances en statistiques. Je tiens à remercier tout particulièrement mon collègue de stage et ami Maël Andrieux, pour son aide et son soutien au quotidien.

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

Présentation de la structure.....	1
I) Introduction.....	2
I.1) Contexte général.....	2
I.2) Objectifs du stage.....	3
I.3) Démarche adoptée.....	4
II) Matériel et méthodes.....	4
II.1) Site d'étude.....	4
II.2) Méthode d'inventaire/comptage de poissons.....	4
II.3) Méthode de relevés d'habitats.....	5
II.4) Traitements statistiques.....	6
III) Résultats.....	8
III.1) Création de classes de profondeurs et de substrats.....	8
III.2) Analyse de l'impact de l'habitat sur la constitution des communautés de poissons.....	9
III.2.1) Analyse de l'impact de l'habitat sur l'abondance.....	9
III.2.2) Analyse de l'impact de l'habitat sur la richesse spécifique.....	11
III.3) Mise en évidence des préférences écologiques des espèces vis-à-vis du substrat.....	14
IV) Discussion.....	15
V) Conclusion et perspectives.....	16
VI) Bilan du stage.....	16
Bibliographie.....	17
Webographie.....	18
Annexes.....	19

Présentation de la structure :

Le Comité départemental 64 (CODEP 64) de la Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM) est une association dont la mission est de représenter la fédération nationale, à l'échelle du département des Pyrénées Atlantiques. Le CODEP 64 de la FFESSM y exerce ainsi ses missions dans divers domaines tels que les formations, les organisations ou encore la réglementation des sports sous marins, et ce en s'appuyant sur les moyens humains que sont notamment les élus, les responsables de commissions, ou encore l'équipe technique départementale [Annexe 1], soutenus par diverses sources de financements comme par exemple des subventions accordées par l'Etat, ou les bénéfices des licences reversés par la FFESSM. Le CODEP 64 de la FFESSM contribue ainsi à fédérer les clubs d'activités subaquatiques présents sur le territoire des Pyrénées Atlantiques, promouvoir les sports sous marins tels que la plongée et l'apnée, et permet la mise en relation des collectivités territoriales avec l'état [A]. Il est également engagé dans divers projets ayant pour but de promouvoir et protéger le milieu marin sur son territoire. Parmi ces projets figure notamment la mise en place d'une zone marine de protection forte à Hendaye, soutenu par le CRILOBE USR 3278 CNRS-EPHE Université de Perpignan.

I) Introduction :

I.1) Contexte général

La partie française de la côte basque représente 35km de long et est caractérisée dans sa partie nord, par un paysage rocheux entrecoupé de plusieurs estuaires comme l'estuaire de l'Adour au Nord et celui de la Bidassoa. Entre Hendaye et Saint-Jean de Luz, se trouve la corniche Basque, une zone de falaise rocheuse. Les reliefs des Pyrénées présents dans cette zone lui confèrent un climat majoritairement pluvieux, avec des précipitations moyennes avoisinant les 1500 à 2000 mm par an. Le marnage moyen est quant à lui compris entre 1,85 et 3,85 mètres tandis que le régime des houles y est relativement fort (1,8 mètre de hauteur) (De Casamajor *et al.*, 2016).

Cette région riche de ses paysages variés, abritant une grande diversité d'habitats à la fois terrestres et marins, subit de fortes pressions anthropiques. Parmi ces pressions, on peut notamment citer celle due au « rejet d'effluents urbains », issue d'une concentration de polluants sur le littoral et un contexte géographique occasionnant des apports en eaux douces importants, engendrant le débordement des stations d'épuration pendant les saisons d'orage mais aussi pendant la période estivale compte tenu de la venue de nombreux touristes et du sous dimensionnement des stations d'épurations en période de fortes pluies. « Le rejet de dragage [...] lié à l'activité portuaire de l'embouchure de l'Adour et la nécessité de conserver une bathymétrie suffisante pour le trafic maritime », constitue également une activité anthropique à l'impact non négligeable sur la zone côtière et ses écosystèmes (De Casamajor *et al.*, 2017). De plus, la pêche, le tourisme, les changements climatiques, l'arrivée d'espèces invasives et la dégradation des habitats, sont autant de facteurs qui contribuent au déclin de la diversité marine sur la zone. Parmi les espèces les plus en danger, certaines sont classées « vulnérables » ou « en danger critique » sur la liste rouge de l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), comme l'ange de mer mais également plusieurs espèces de raies comme la raie brune (UICN France, 2016).

Depuis la Convention internationale sur la Diversité Biologique (CBD) de 1992, le patrimoine marin et côtier fait partie intégrante des grands enjeux de conservation de la biodiversité (Fossat *et al.*, 2009). La CBD qui eu lieu en Chine en 2021, ainsi que la nouvelle stratégie biodiversité de l'Union européenne, ont fixé un cadre international, afin d'agir en faveur de la biodiversité, notamment via le développement d'aires protégées. La Commission européenne a alors fixé pour objectif la protection d'au moins 30% des terres, ainsi que 30% de

la surface marine de l'Union européenne, à l'horizon 2030, dont au moins 10% de chaque devront figurer en zone de protection forte (ZPF). Une zone de protection forte a été définie 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 » (OFB, 2021). La zone du littoral de la côte basque sur laquelle porte l'étude, fait déjà l'objet d'un site Natura 2000 FR7200813 « Côte basque rocheuse et extension au large », qui s'étend de Biarritz à Hendaye, couvrant ainsi une superficie de 7806 ha (Natura 2000, 2020). A la demande de la Direction Régionale de l'Environnement (DREAL), et du CODEP 64, une proposition de mise en place d'une zone de protection forte (ZPF), sur une partie du site Natura 2000 préexistant, a alors vu le jour, afin de protéger davantage les espèces de la liste rouge de l'UICN, les habitats et restaurer ainsi le stock faunistique. En 2017, le CODEP 64 se rapprocha alors du CRILOBE CNRS, en la personne de Pierre Sasal, afin d'apporter une expertise scientifique et ainsi réaliser un point zéro des communautés de poissons et des différents habitats, sur la surface concernée par la mise en place d'une ZPF. Avec une aide financière de la Fondation de France, une étude de sciences participatives a été mise en place. Cette étude comporte deux volets, le premier a concerné une enquête sociétale afin d'estimer l'intérêt que pouvait avoir la mise en place d'une ZPF auprès de la population locale, le second concerne l'estimation de la diversité en poissons sur la zone sous forme de comptages en scaphandre autonome. Pour cela, de nombreux plongeurs bénévoles ont ainsi été formés par le CNRS et le CODEP 64, afin de prospecter la zone concernée par ces comptages de poissons.

I.2) Objectifs du stage

Mon stage s'inscrit dans cette étude de comptage de poissons afin de réaliser un point zéro sur la zone des « Briquets », dans le but de déterminer l'état écologique initial des communautés de poissons et de leurs habitats. Les résultats de cette enquête serviront par la suite de support de décision quant à la nécessité, la localisation et la nature d'une zone de protection forte sur la côte basque.

Nous aborderons dans ce rapport l'hypothèse suivante : « Les différentes communautés de poissons sur la zone des « Briquets », dépendent de l'habitat, défini comme étant le couple substrat/profondeur » (Michez *et al*, 2019). Ainsi, nous étudierons les données relevées sur le terrain, et tenterons de corréliser la présence de différentes communautés de poissons avec la

présence de différents types d'habitats. Puis, nous chercherons à mettre en évidence des potentielles différences de richesse spécifique et d'abondance entre les différentes communautés identifiées.

I.3) Démarche adoptée

Les données relevées sur le terrain concernent les différents types de substrats, ainsi que les différentes espèces de poissons rencontrées et leurs abondances. Il nous a semblé intéressant d'étudier la relation qu'il existe entre les habitats et l'arrangement des communautés de poissons sur la zone. La profondeur, responsable d'une pénétration plus ou moins importante de la lumière vers le fond, joue également un rôle majeur sur les habitats marins, particulièrement en haute mer, et définit ainsi en partie la zone photique de la colonne d'eau (Le Calvé, 2004). En effet, sur le site étudié la profondeur bathymétrique varie de 5 mètres à 37 mètres, les écarts de profondeur sur la zone sont donc relativement faibles mais peuvent néanmoins constituer un élément structurant des communautés de poissons. Il a donc été décidé de prendre en compte le facteur profondeur, afin de déterminer l'impact des différents habitats sur les communautés, de la manière la plus fine possible.

II) Matériel et méthodes :

II.1) Site d'étude

La zone prospectée pour la réalisation d'un point zéro sur les communautés de poissons et les différents habitats, est communément appelée « Les Briquets ». Cette dernière est située au sud de la côte basque, à Hendaye, en face du domaine du château d'Abbadia [Annexe 2]. La zone d'étude s'étend de la côte jusqu'à un isobathe de 35 mètres et représente une surface de 6,39 km². Les données de richesse spécifique, d'abondance et d'habitat ont été collectées sur cette zone, divisée en 139 quadrats de 200m de côté [Annexe 3].

II.2) Méthode d'inventaire/comptage de poissons

La richesse spécifique de poissons et les abondances de chaque espèce ont été relevées dans chaque quadrat, par des plongeurs, selon la méthode des transects. En effet, pour chaque quadrat deux transects de 50 mètres chacun, orienté Nord, Sud, Est ou Ouest, ont été prospectés par un binôme de plongeurs. La longueur de chaque transect a été mesurée à l'aide d'un hexa décamètre. L'espèce et la taille de chaque poisson a ainsi été recensé par comptage visuel par le binôme de plongeurs [Figure 1]. Compte tenu des difficultés d'estimer de façon précise la taille des poissons en plongée deux classes de tailles, une classe « petit/moyen » et une classe

« grand » ont été élaborées pour chaque espèce. Les données sont reportées sous l'eau, sur une fiche de comptage [Annexe 4], au fur et à mesure de l'avancée du binôme le long du transect, dans le sens « aller ». A chaque fin de plongée, les observations des deux plongeurs sont comparées et homogénéisées, afin de limiter les biais liés à l'observateur.

II.3) Méthode de relevés des habitats

Chaque habitat a été défini selon le couple profondeur/substrat. Les relevés d'habitats ont été effectués dans le sens « retour » du transect. Les profondeurs initiales, finales et maximales ont été relevées pour chaque transect à l'aide d'un ordinateur de plongée (équipement submersible renseignant notamment la profondeur à un instant t, la profondeur maximale, le temps de plongée, la température etc). Onze classes de substrats ont été définies. Les différents substrats et leur surface de recouvrement respective ont été relevés visuellement et reportés sur une fiche de terrain [Annexe 5], au fur et à mesure de l'avancée sur le transect (Figure 1).

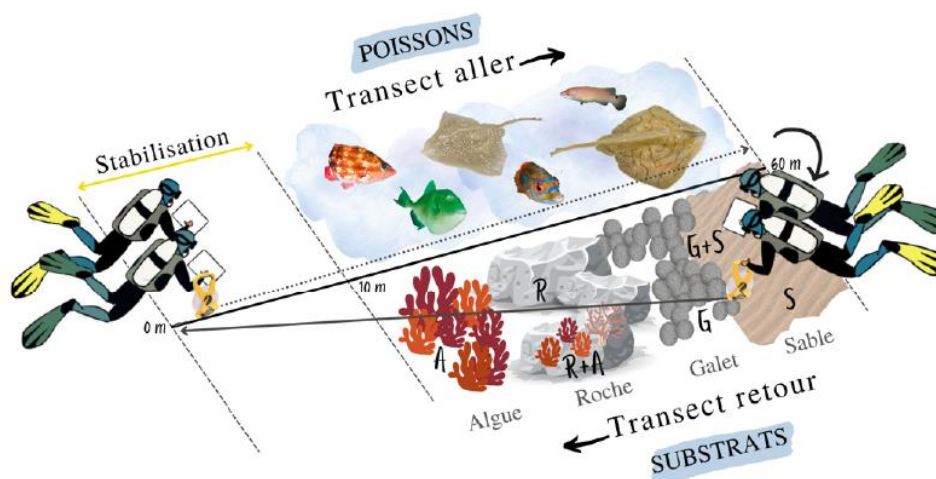


Figure 1 : Schéma du protocole réalisé le long d'un transect (Source : Amaia Daguerressar)

II.4) Traitements statistiques

Les données obtenues sur le terrain ont été renseignées dans une base de données sur le logiciel Excel, selon 3 feuilles, contenant respectivement les colonnes suivantes :

- Feuille « informations générales » : numéro de transect, année, mois, jour, zone, heure de début, heure de fin, plongeur 1, plongeur 2, hauteur de houle, visibilité, température de l'air, température de l'eau, coefficient de marée, heure de la haute mer du matin, heure de la haute mer du soir, heure de la basse mer du matin, heure de la basse mer du soir, profondeur initiale, profondeur finale, profondeur maximale, temps au fond.

- Feuille « Poissons » : numéro de transect, année, mois, jour, observateurs, habitat majoritaire, espèce, abondance, petit-moyen, grand (ces deux dernières colonnes renseignées en binaire).
- Feuille « Substrat » : numéro de transect, A (Algues), R+A, R (Roches), S (Sable), G (Galets), R+A+S, R+S, R+G, A+R+G, S+A, S+G (chaque colonne correspondant à un type de substrat et est renseignée en pourcentage de recouvrement). A noter que pour une classe de substrat comprenant plusieurs types de substrats, comme par exemple la classe « Roches + Algues » on considère la proportion d'algues et la proportion de roches égales.

Les analyses statistiques réalisées [Annexe 11] dans cette étude ont nécessité l'utilisation du logiciel Rstudio, ainsi que des packages suivants : « ade4 », « factoextra », « vegan », « lmtree », « FSA » et « BAMMtools ».

Tout d'abord, les profondeurs initiales, finales et maximales relevées pour chaque transect, ont été moyennisées, afin d'obtenir la profondeur moyenne de chaque transect. Le choix de faire une moyenne a semblé le plus adéquate, au regard de la topographie observée sur les différents transects. En effet, certains présentaient des variations topographiques importantes, tandis que d'autres étaient relativement linéaires. Après vérification de la normalité des données, trois classes de profondeurs ont été choisies grâce à la méthode de classification des ruptures naturelles de Jenks. En effet, cette méthode permet de déterminer le meilleur arrangement des valeurs dans différentes classes, afin de faire du clustering de données. Pour ce faire, la méthode de Jenks tend à réduire la variance au sein des classes elles-mêmes et à maximiser cette dernière entre les classes. La création de ces classes de profondeurs a ainsi permis de constituer une variable de profondeur supplémentaire, qualitative, nécessaire pour la suite de l'analyse.

Les différentes classes de substrats référencées dans le jeu de données brute ont été recalculées, de sorte à obtenir les pourcentages de recouvrement de seulement 4 types de substrats, à savoir « Algues », « Roches », « Sable » et « Galets ».

Le jeu de données brute a ensuite été reformaté, pour l'analyse, afin de créer trois jeux de données différents, à l'aide du logiciel Rstudio. Le premier jeu de données concerne celles des substrats et des profondeurs le long de chaque transect, le deuxième les données de richesse

spécifique (présence/absence sur chaque transect), tandis que le troisième concerne les données d'abondances.

Des classes de substrats (variable qualitative) ont ensuite été mises en évidence grâce à une nMDS (Mise à l'échelle multidimensionnelle non métrique), sur le logiciel Rstudio, selon la méthode euclidienne. En effet, afin d'être analysées, les données de pourcentage de recouvrement des différents types de substrats, présents sur chaque transect, ont été transformées en matrice de dissimilarité, nécessaire pour la réalisation d'une NMDS. Le choix d'une nMDS a été fait car cette méthode est relativement robuste face aux nombreux 0 présents dans notre jeu de données. L'indicateur « stress » a permis d'évaluer la qualité de la matrice de dissimilarité réalisée. La valeur du stress varie entre 0 et 1. Si cette dernière est inférieure à 0,2 alors l'analyse est considérée comme « bonne ».

Après vérification des conditions nécessaires à la réalisation d'une ANOVA de type 2 (Analyse des Variances à deux variables explicatives), le choix d'un test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été fait, les conditions de normalité des données et d'absence d'autocorrélation, pour l'ANOVA de type 2 n'étant pas respectées. Quatre tests de Kruskal-Wallis ont alors été effectués, afin de tester l'influence de l'habitat (profondeur et substrat) sur l'abondance de poissons et sur la richesse spécifique. Puis, un test non paramétrique post-hoc de Dunn a été effectué, en effectuant la correction de Bonferroni, afin de comparer l'influence de chaque substrat et de chaque classe de profondeurs.

Enfin une ACC (Analyse Canonique des Correspondances) a été réalisée, afin de mettre en évidence les différentes communautés de poissons en fonction de la variable environnementale « substrat ». En effet, l'Analyse canonique des correspondances (ACC) est une méthode multivariée qui a notamment été développée afin de permettre aux écologistes de relier la composition des communautés d'organismes aux variables environnementales (Ter Braak, 1986).

III) Résultats :

III.1) Création de classes de profondeurs et de substrats

Les profondeurs moyennes de chaque transect ont été analysées selon la méthode de classification des ruptures naturelles de Jenks. La méthode de Jenks a permis d'obtenir trois

classes de profondeurs (*Tableau 1*). Une classe de profondeur a ensuite été assignée à chaque transect pour la suite du traitement des données, en fonction de leur profondeur moyenne.

Tableau 1 : Tableau des classes de profondeurs obtenues par la méthode de classification des ruptures naturelles de Jenks.

Numéros des classes de profondeurs	Valeurs des bornes (m)
1	[5.667-14.333]
2	[14.333-20.667]
3	[20.667- 37.0]

Le dendrogramme (*Figure 2*) a été obtenu suite à une NMDS (Mise à l'échelle multidimensionnelle non métrique), selon la méthode euclidienne, afin d'établir des classes de substrat. Ce dendrogramme a été réalisé à partir d'une matrice de dissimilarité, préalablement réalisée à partir des pourcentages de recouvrement des différents substrats (Algues, Roches, Sable et Galets), relevés sur chaque transect. Ces derniers ont ainsi été classés par groupe en fonction de leur substrat majoritaire. La courbe du diagramme de Shepard [*Annexe 6*], qui compare la distance entre les points des données, avant et après leur transformation en matrice de dissimilarité, sous forme de nuage de points, a permis de calculer la valeur du stress. Ici, la valeur du stress est 0,1033724. Le stress étant ici inférieur à 0,2, la corrélation est considérée comme « bonne ». Ce traitement a ainsi mis en évidence cinq classes de substrats [*Annexe 7*], qui ont été assignées à chaque transect pour la suite de l'étude.

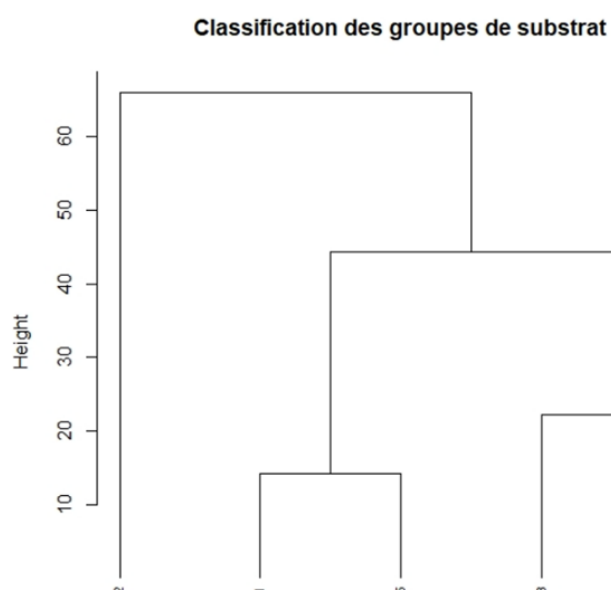


Figure 2: Dendrogramme de clustering des données environnementales « substrat », obtenu par nMDS, permettant la création de 5 classes de substrat

Légende : Les clusters 1 à 5 correspondent à 5 groupes de transects, regroupés en fonction de leur type de substrat majoritaire. 1 = Sable, 2 = Roches, 3 = Roches et Algues, 4 = Roches, Algues et Sable, 5 = Galets. Les valeurs en ordonnées sont exprimées en %.

III.2) Analyse de l'impact de l'habitat sur la constitution des communautés de poissons

III.2.1) Analyse de l'impact de l'habitat sur l'abondance

Les conditions pour réaliser une ANOVA de type 2 (Analyse des Variances à deux variables explicatives), à savoir la normalité des données (test de Shapiro-Wilk : p-value = 0,597), l'absence d'autocorrélation (test de Durbin-Watson : p-value = 0,0003) et l'homoscédasticité (test de Breusch-Pagan : p-value = 0,792), n'étant pas toutes respectées, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis a alors été réalisé, afin d'étudier l'influence de l'habitat sur l'abondance de poissons (toutes espèces confondues).

Un test de Kruskal-Wallis a démontré que la variable environnementale « profondeur » semble influencer l'abondance en poissons sur notre site d'étude. En effet, la p-value calculée pour ce test est égale à 0,022 [Annexe 8]. Un test de Dunn avec une correction de Bonferroni a ensuite été réalisé pour les mêmes variables (Tableau 2). Les résultats de ce test témoignent d'une différence significative d'abondance entre les classes de profondeurs 1 et 2 (p-value = 0,0278). En effet par lecture graphique [Annexe 8], on observe que les valeurs d'abondance relevées sur les transects dans une gamme de profondeurs moyennes (14.333m -20.667m), semblent être supérieures à celles relevées dans les classes de profondeurs 1 et 3.

Tableau 2 : Tableau récapitulatif des p-values ajustées des différences significatives d'abondance entre les classes de profondeurs (test de Dunn)

Légende : Les valeurs affichées en rouge correspondent aux p-value significatives. Les conditions de ce test étant : si la p-value est supérieure à 0,05, alors H0 est acceptée (H0 = Il n'y a pas de différence significative).

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Classe 1			
Classe 2	0,0278		
Classe 3	1	0,1486	

L'influence du substrat sur l'abondance de poissons a également été testée à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis. D'après ce test, le substrat semble ici influencer l'abondance de poissons. En effet, la p-value de ce test est <0,0001 (Figure 3). Le test post-hoc de Dunn révèle que les abondances relevées sur des substrats sableux, sont significativement différentes avec celles relevées sur les substrats « Roches », « Roches+Algues » et « Roches+Algues+Sable ». D'autre part, la p-value obtenue entre les substrats « Sable » et « Galets » est légèrement supérieure au seuil de significativité. (Tableau 3). Par lecture graphique, les habitats sableux semblent héberger des abondances de poissons inférieures à celles retrouvées dans des habitats

rocheux. De plus, les transects de la classe de substrat « Roches+Algues », semblent abriter les abondances les plus importantes.

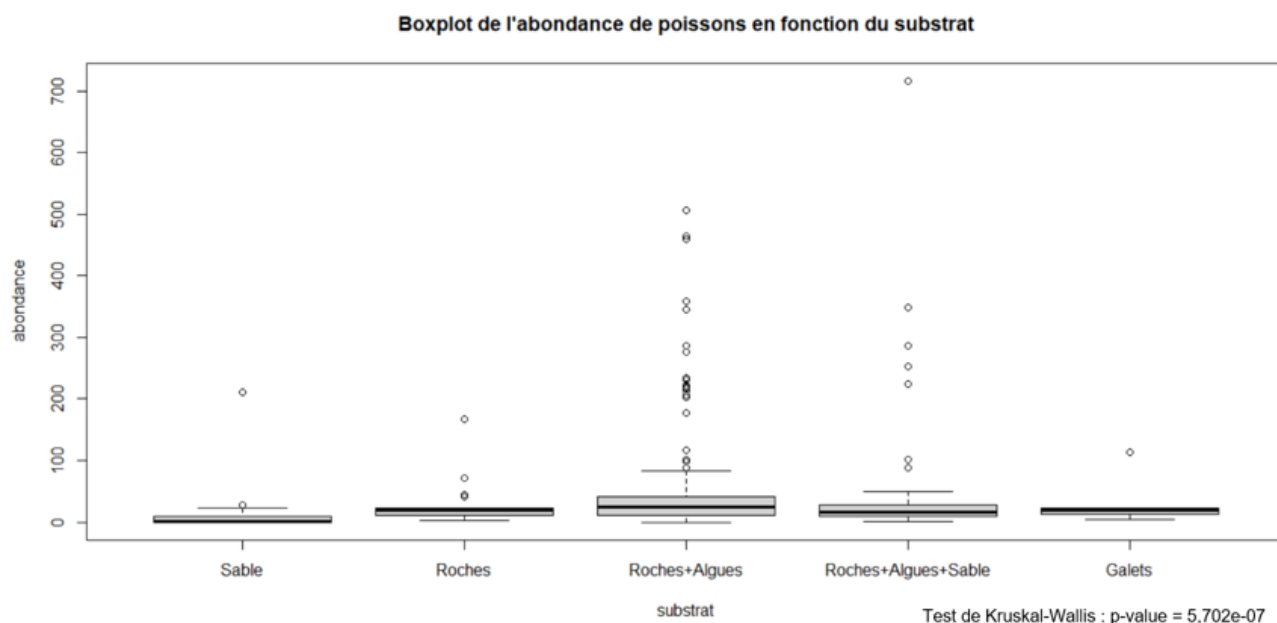


Figure 3 : Boxplot de l'abondance de poissons en fonction du type de substrat

Légende : Chaque boxplot correspond à un substrat et représente la distribution des données d'abondance de poissons (exprimée en nombre d'individus), relevées pour ce substrat. La médiane de chaque boxplot est symbolisée sur le graphique par un trait noir épais). Les cercles présents sur la figure représentent les valeurs extrêmes. Les conditions du test de Kruskal-Wallis sont : si p-value > 0,05 alors H0 est acceptée (H0 = Le substrat n'influence pas l'abondance).

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des p-values ajustées des différences significatives d'abondance entre les classes de substrat (test de Dunn)

Légende : Les valeurs affichées en rouge correspondent aux p-value significatives. Les conditions du test de Dunn avec une correction de Bonferroni sont : si la p-value est supérieure à 0,05, alors H0 est acceptée (H0 = Il n'y a pas de différence significative).

	Sable	Roches	Roches+ Algues	Roches+Algues+ Sable	Galets
Sable					
Roches	0,0098				
Roches+Algues	<0,0001	1			
Roches+Algues+ Sable	0,0016	1	0,5633		
Galets	0,0564	1	1	1	

III.2.2) Analyse de l'impact de l'habitat sur la richesse spécifique

Les conditions pour réaliser une ANOVA de type 2 à savoir la normalité des données (test de Shapiro : p-value = 0,012), l'absence d'autocorrélation (test de Durbin-Watson : p-value = 1,307e-07) et l'homoscédasticité (test de Breusch-Pagan : p-value = 0,624), n'étant pas

toutes respectées, un test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été réalisé, afin d'étudier l'influence de l'habitat sur la richesse spécifique de poissons.

L'influence de la profondeur sur la richesse spécifique a été mise en évidence à l'aide d'un test de Kruskal-Wallis. D'après les résultats (*Figure 4*), la profondeur semble influencer la richesse spécifique relevée sur le site d'étude. Les habitats dont la profondeur est comprise entre 14.333m et 20.667m, semblent abriter la richesse spécifique la plus élevée, avec une médiane de 6 espèces relevées. Contre une médiane de 5 espèces pour les habitats situés entre 5.667m et 14.333m et ceux situés entre 20.667m et 37.0m. On peut néanmoins remarquer que la richesse spécifique maximale est de 11 espèces et a été relevée dans les classes de profondeurs faibles et moyennes. Aussi, d'après un test de Dunn, la richesse spécifique de la classe 3 est significativement inférieure à celle de la classe 2 (*Tableau 4*).

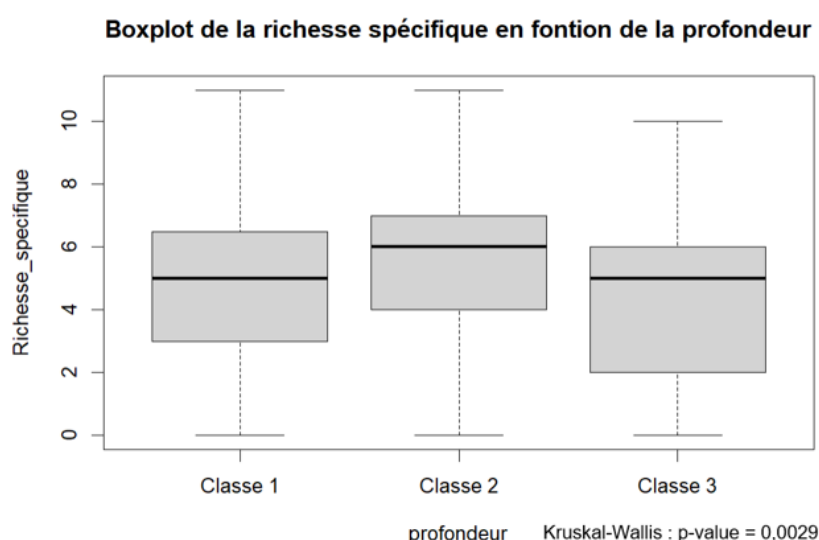


Figure 4 : Boxplot de la richesse spécifique de poissons en fonction de la profondeur

Légende : Les classes 1, 2 et 3 font référence aux classes de profondeurs résumées dans le (Tableau 1). La richesse spécifique est exprimée en nombre d'espèces. La médiane de chaque boxplot est symbolisée par un trait noir et épais. Conditions du test de Kruskal-Wallis : si p-value > 0,05 alors H0 est acceptée (H0 = La profondeur n'influence pas la richesse spécifique).

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des p-values ajustées des différences significatives de richesse spécifique entre les classes de profondeurs (test de Dunn)

Légende : Les valeurs affichées en rouge correspondent aux p-value significatives. Les conditions du test de Dunn avec une correction de Bonferroni sont : si la p-value est supérieure à 0,05, alors H0 est acceptée (H0 = Il n'y a pas de différence significative).

	Classe 1	Classe 2	Classe 3
Classe 1			
Classe 2	0,0881		
Classe 3	0,3943	0,0021	

D'après un test non paramétrique de Kruskal-Wallis, le substrat semble également avoir une influence sur la richesse spécifique de poissons observée sur le site des « Briquets ». En effet, la p-value obtenue pour ce test $<0,0001$ (Figure 5). Comme pour l'abondance, les transects dont le substrat majoritaire est un mélange d'algues et de roches, présentent les valeurs de richesse spécifique les plus élevées, avec une médiane de 6 espèces. Tandis que les transects au substrat majoritairement sableux possèdent une richesse spécifique relativement faible, avec une médiane de seulement une espèce. On peut néanmoins observer que les 50% des transects prospectés sur les substrats « Roches », « Roches + Algues » et « Roches + Algues + Sable », présentent une richesse spécifique similaire, comprise entre 4 et 7 espèces. Enfin, la valeur maximale de richesse spécifique 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 spécifique significativement inférieure à toutes les autres classes de substrat, tandis que les autres classes de substrat ne révèlent pas de différence significative de richesse spécifique entre elles.

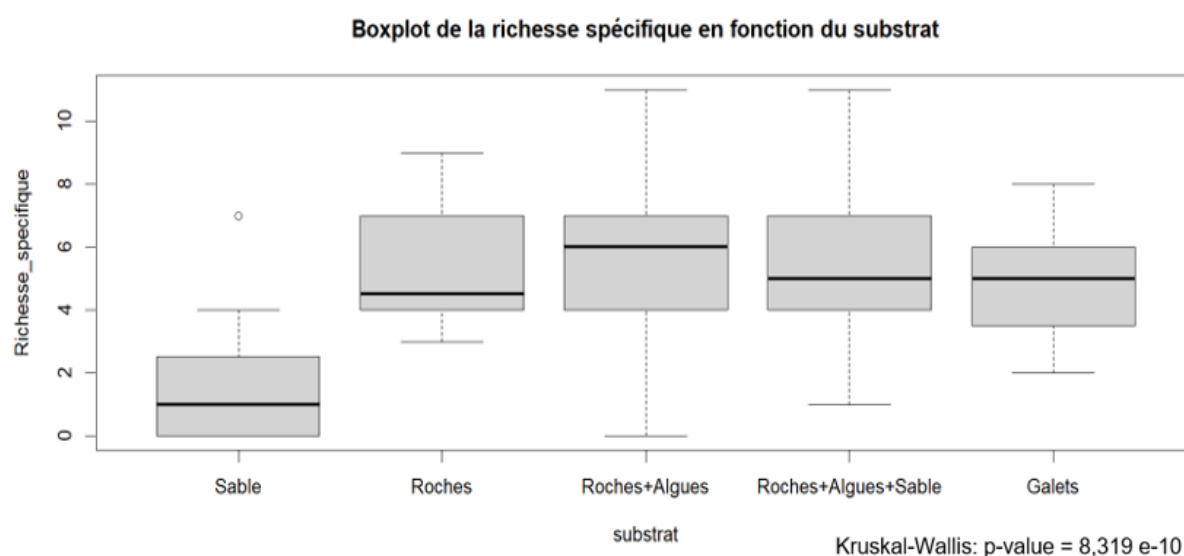


Figure 5 : Boxplot de la richesse spécifique de poissons en fonction du type de substrat

Légende : La richesse spécifique est exprimée en nombre d'espèces. La médiane de chaque boxplot est symbolisée par un trait noir, horizontal et épais. Conditions du test de Kruskal-Wallis: si p-value $> 0,05$ alors H_0 est acceptée (H_0 = Le substrat n'influence pas la richesse spécifique)

Tableau 5 : Tableau récapitulatif des p-values ajustées des différences significatives de richesse spécifique entre les classes de substrat (test de Dunn)

Légende : Les valeurs affichées en rouge correspondent aux p-value significatives. Les conditions du test de Dunn avec une correction de Bonferroni sont : si la p-value est supérieure à 0,05, alors H0 est acceptée (H0 = Il n'y a pas de différence significative).

	Sable	Roches	Roches+ Algues	Roches+Algues+ Sable	Galets
Sable					
Roches	0,0002				
Roches+Algues	<0,0001	1			
Roches+Algues +Sable	<0,0001	1	1		
Galets	0,0055	1	1	1	

III.3) Mise en évidence des préférences écologiques des espèces vis-à-vis du substrat

Une ACC a été réalisée, afin de mettre en évidence, les préférences écologiques de chaque espèce vis-à-vis du substrat [Annexe 9]. Les deux dimensions choisies pour réaliser cette ACC représentent respectivement 58% de la variance exprimée par les données, et 18%, soit un total de 76%, suffisant pour être représentatif de la variance des données [Annexe 10].

D'après l'analyse [Annexe 9], la première dimension semble correspondre à un gradient granulométrique. En effet, le sable impacte négativement l'inertie de l'axe 1, tandis que la roche a un impact positif sur ce dernier. 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 torpille, la Raie pastenague, la Sole ou encore le Lançon commun semble être fortement corrélée à la présence d'un substrat meuble. La raie brunette quant à elle, semble privilégier un substrat sableux, mais nécessiter également de 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. Enfin, une majorité des espèces relevées, semblent davantage inféodées à des habitats dont le substrat majoritaire est la roche et/ou les galets, et où les algues sont relativement abondantes.

IV) Discussion

D'après ces analyses les variables « profondeur » et « substrat », caractéristiques des habitats marins, semblent influencer les communautés de poissons sur le site des « Briquets »

à Hendaye, d'une part en terme d'abondance et d'autre part en terme de richesse spécifique. Concernant la variable substrat, deux gradients ont été mis en évidence : un gradient granulométrique et un gradient de présence d'algues. Le long de ce premier gradient, on observe qu'une majorité des espèces étudiées semblent plutôt inféodées à des habitats rocheux, où les algues sont relativement abondantes. Ce type d'habitat semble également impacter positivement le nombre d'individus. En effet les espèces telles que la Girelle commune (*Coris julis*) [B], le Labre mêlé (*Labrus mixtus*) [C] ou encore le Centrolabre (*Centrolabrus exoletus*) [D] sont des poissons carnivores, se nourrissant de petits crustacés, mollusques et/ou parasites, retrouvés sur les algues et les corps d'autres poissons. Le Cténolabre (*Ctenolabrus rupestris*) [E] et la Rascasse (*Scorpaena sp*) utilisent également ces milieux rocheux et couverts d'algues, afin de se dissimuler dans les fractures de la roche ou de se camoufler parmi les algues. Les habitats sableux abritent quant à eux une diversité spécifique plus faible, mais particulièrement inféodée à ce type de milieu. Ces espèces, comme la Raie pastenague (*Pteroplatytrygon violacea*), la Raie torpille (*Torpedo marmorata*) ou la Raie brunette (*Raja undulata*) sont cependant moins abondantes, sans doute en lien avec la raréfaction de certaines de ces espèces, qui leur a valu d'être inscrites sur la Liste rouge des espèces menacées en France (UICN France, 2013). Ce préférendum écologique pour un substrat meuble tel que le sable, peut notamment s'expliquer par le mode de vie de ces espèces. Certaines d'entre elles, comme la Raie brunette [F] et la Sole (*Solea solea*) [G], l'utilisent pour échapper à la vigilance de leurs proies ou de leurs prédateurs, par homochromie ou par simple enfouissement. Les habitats sableux sont également essentiels pour l'alimentation de certaines espèces comme la Sole ou encore le Rouget Barbet (*Mullus surmuletus*) [H], qui s'y nourrissent de crustacés et de mollusques, qu'ils repèrent à l'aide d'organes sensitifs. Toutefois, ces résultats sont à prendre avec précaution compte tenu que notre effort d'échantillonnage est inégal en fonction des substrats, ces derniers n'étant pas représentés de manière équivalente sur notre zone d'étude [Annexe 7]. Ceci pourrait en partie expliquer les différences d'abondances mises en évidence entre les substrats meubles et les substrats rocheux.

L'abondance des poissons dépend aussi de la profondeur des comptages. En effet, une différence significative d'abondance a été observée entre les habitats de profondeurs moyennes comprises entre 5,7 et 14,3 mètres, avec des abondances plus faibles, et les habitats de profondeurs moyennes comprises entre 14,3 et 20,7 mètres, avec des abondances plus élevées. D'autre part, la profondeur semble influencer la richesse spécifique. On constate ainsi une différence significative de richesse entre les habitats situés entre 14,3 et 20,7 mètres de

profondeur et ceux situés entre 20,7 et 37 mètres de profondeur. Cependant, d'après les Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques, les espèces étudiées occupent pour la majorité des biotopes dont les profondeurs peuvent atteindre et voir largement dépasser les 40 mètres de profondeur. Cette différence de richesse spécifique est donc sans doute à mettre en relation avec la raréfaction de certains habitats sur la zone des « Briquets », avec l'augmentation de la profondeur. En effet, on peut remarquer que les bancs de sable y sont très peu présents au-delà des 20 mètres de profondeurs, les espèces qui y sont inféodées sont donc rarement présentes au-delà de cette profondeur, ce qui pourrait en partie expliquer les plus faibles valeurs de richesse spécifique observées dans les profondeurs importantes. De plus, seulement 57 transects ont été prospectés entre 20,6 et 37 mètres de profondeur, contre 95 et 90 transects pour les classes de profondeurs 1 et 2 (inférieures à 20 mètres de profondeur).

Enfin, on peut également discuter la méthode de comptage utilisée dans cette étude. Il est à noter qu'une partie des comptages ont été effectués par des plongeurs bénévoles, dans le cadre des sciences participatives, pouvant ainsi apporter une source d'erreur, notamment au niveau de l'identification des espèces rencontrées. De plus, la méthode du comptage visuel a été choisie, en lien notamment avec les conditions de visibilité et de houle rencontrées en Atlantique Nord. Cependant, d'autres méthodes existent pour réaliser ce type de protocole. Par exemple, l'installation de caméras fixes à rotation pour effectuer des time-lapse, a été mise en œuvre dans les protocoles de projets similaires, visant à faire un état écologique de zones subaquatiques. Parmi ces projets, on peut notamment le projet Chasing Coral mené par Jeff Orlowski et son équipe, visant à rendre compte de la dégradation des récifs coralliens face aux changements climatiques. Néanmoins, ce type de protocole se serait sans doute révélé inadapté à notre zone d'étude, les conditions de visibilité étant en règle générale meilleures dans les zones de récifs.

V) Conclusion et perspectives:

Pour conclure, l'habitat, défini par les variables « profondeur » et « substrat », semble en effet influencer la composition des communautés de poissons, sur la zone des « Briquets » à Hendaye. Les habitats caractérisés par un substrat comprenant une majorité de roches et d'algues, sont prédominants sur notre site d'étude et abritent une diversité d'espèces et une abondance de poissons importantes. Néanmoins, des habitats tels que les bancs de sable, bien que plus rares, sont également présents sur le site dans des gammes de profondeurs plus faibles

et abritent des espèces emblématiques, menacées, d'intérêt patrimonial, comme les 3 espèces de raies qui y sont observées. La mise en place d'une ZPF sur cette zone présentant une variété d'habitats, à la fois composés de roche et d'algues abritant sans doute des invertébrés et des espèces cryptiques mais aussi des zones sableuses qui paraissent être un refuge pour certaines d'espèces menacées. Il pourrait être intéressant de mettre en place un protocole concernant le suivi des populations de juvéniles, afin d'établir si la zone des « Briquets » constitue aussi une zone de nurserie.

VI) Bilan du stage :

Durant ce stage, j'ai pu mettre l'une de mes passions qu'est la plongée sous-marine, au service d'un projet scientifique, en vue de préserver des habitats, une faune et une flore qui éveillent chez moi un intérêt particulier. La réalisation d'un protocole scientifique en plongée, fut une nouvelle expérience enrichissante, aussi bien en tant que plongeuse (maîtrise des aléas de la plongée sous marine et de l'environnement dans lequel un plongeur évolue), qu'en tant que scientifique (adaptabilité d'un protocole aux contraintes du terrain, découverte des différentes méthodes). J'ai également acquis des notions (théoriques et pratiques) de navigation, qui se révéleront sans doute être un atout pour la suite de mon parcours, notamment en vue de passer mon permis bateau, à des fins professionnelles. Cette première expérience professionnelle dans le domaine de la biologie marine, fut également marquée de rencontres humaines, mettant en lumière différents acteurs, parcours, professions et points de vue. Enfin, j'ai eu l'opportunité d'assister à un COPIL (Comité de pilotage) Natura 2000, visant à faire le point sur les actions menées au sein des quatre zones Natura 2000 de la côte basque. Ce COPIL fut pour moi l'occasion de découvrir la diversité des acteurs impliqués dans un tel projet, ainsi que leurs avis divergeant concernant la mise en place d'une ZPF. L'unique point négatif soulevé dans ce stage est le manque de temps. Consciente de la difficulté de clore l'ensemble du programme universitaire dans le temps qui nous est imparti, la durée du stage m'a toutefois semblé trop courte pour pouvoir pleinement s'imprégner d'un milieu et d'un projet, tout en préparant un rapport et une soutenance. Ce premier stage fut néanmoins une expérience enrichissante à bien des égards, qui me conforte encore davantage dans mes choix de Masters ainsi que dans mon projet professionnel.

Bibliographie :

- De Casamajor, M.N., Lallane, Y., 2016. Intérêt biogéographique de la côte basque rocheuse. Bulletin de la Société zoologique de France, 141(1)-3-13
- De Casamajor, M.N., Lissardy, M., 2017. Application d'un protocole de suivi habitat « récifs » au large de la côte basque. Application méthodologique Index-Cor. ODE/LITTORAL/LER, AR17-007.
- Fossat, J., Pelletier, D., Levrel, H., 2009. Projet SINP – Synthèse des indicateurs institutionnels de biodiversité marine et côtière.
- Le Calvé, O., 2004. La lumière dans la mer. Futura Sciences.
- 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-Courtrel, S., Houdin, 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. UMS Patrimoine Naturel
- Natura 2000, 2020. Fiche de présentation des sites Natura 2000 « mer et littoral » de la côte basque.
- Office Français de la Biodiversité, 2021. Stratégie nationale pour les aires protégées 2030.
- Ter Braak, C.J.F., 1986. Canonical Correspondence Analysis: A New Eigenvector Technique for Multivariate Direct Gradient Analysis. Ecology, 67(5)-p.1167-1179
- UICN France & MNHN, 2013. La Liste rouge des espèces menacées en France - Chapitre Requins, raies et chimères de France métropolitaine.

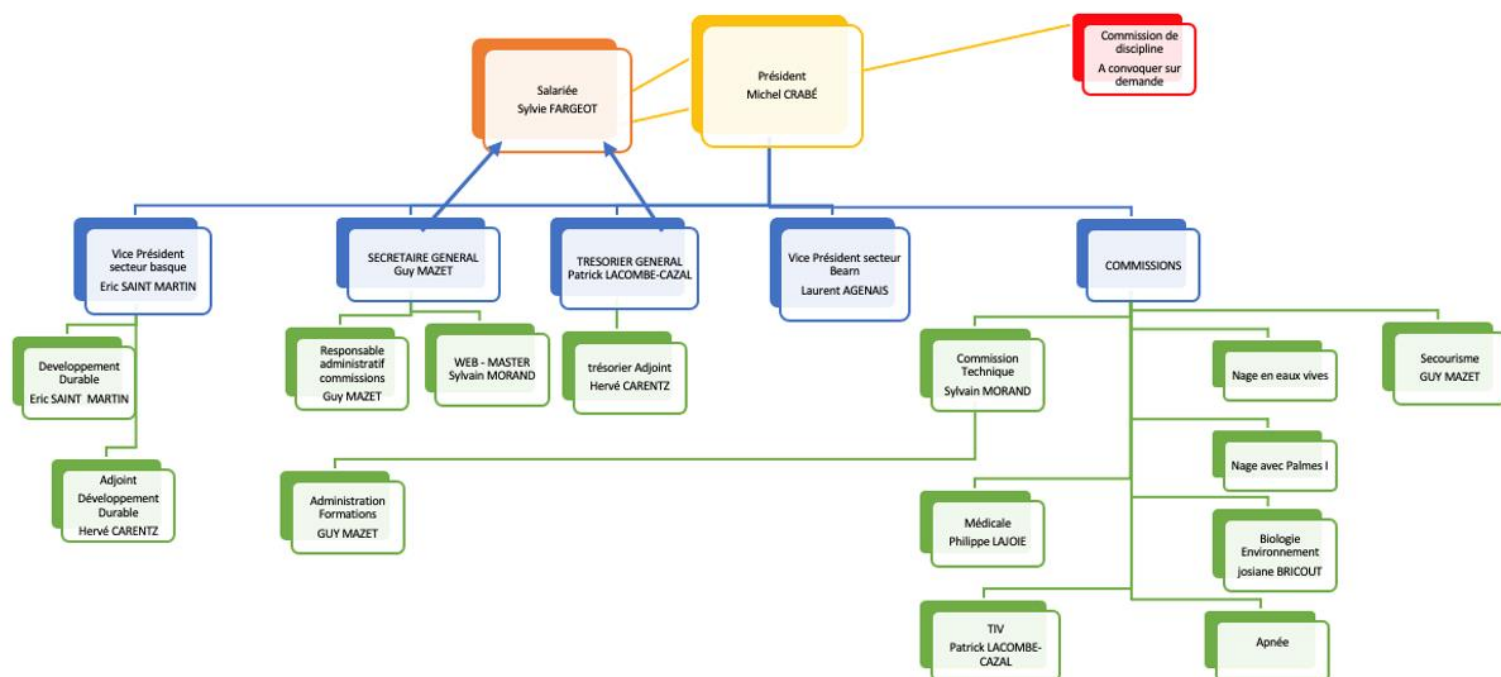
Webographie :

- [A] Site officiel du CODEP 64 de la FFESSM <https://www.codep64-ffessm.com>
- [B] Site officiel des Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques [Coris julis | DORIS \(ffessm.fr\)](#)
- [C] Site officiel des Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques [Labrus mixtus | DORIS \(ffessm.fr\)](#)
- [D] Site officiel des Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques [Centrolabrus exoletus | DORIS \(ffessm.fr\)](#)
- [E] Site officiel des Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques [Ctenolabrus rupestris | DORIS \(ffessm.fr\)](#)
- [F] Site officiel des Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques [Raja undulata | DORIS \(ffessm.fr\)](#)
- [G] Site officiel des Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques [Solea solea | DORIS \(ffessm.fr\)](#)
- [H] Site officiel des Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatiques [Mullus surmuletus | DORIS \(ffessm.fr\)](#)

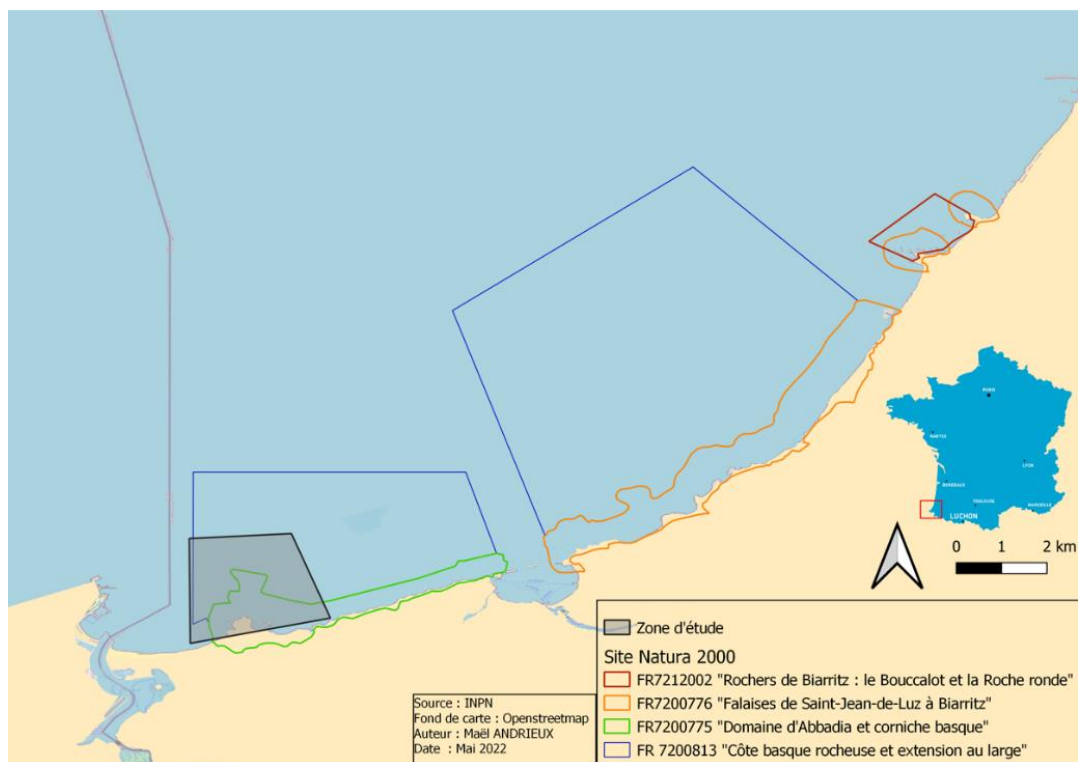
Annexes :

Comité Départemental d'Études et Sports Sous –Marins des Pyrénées Atlantiques

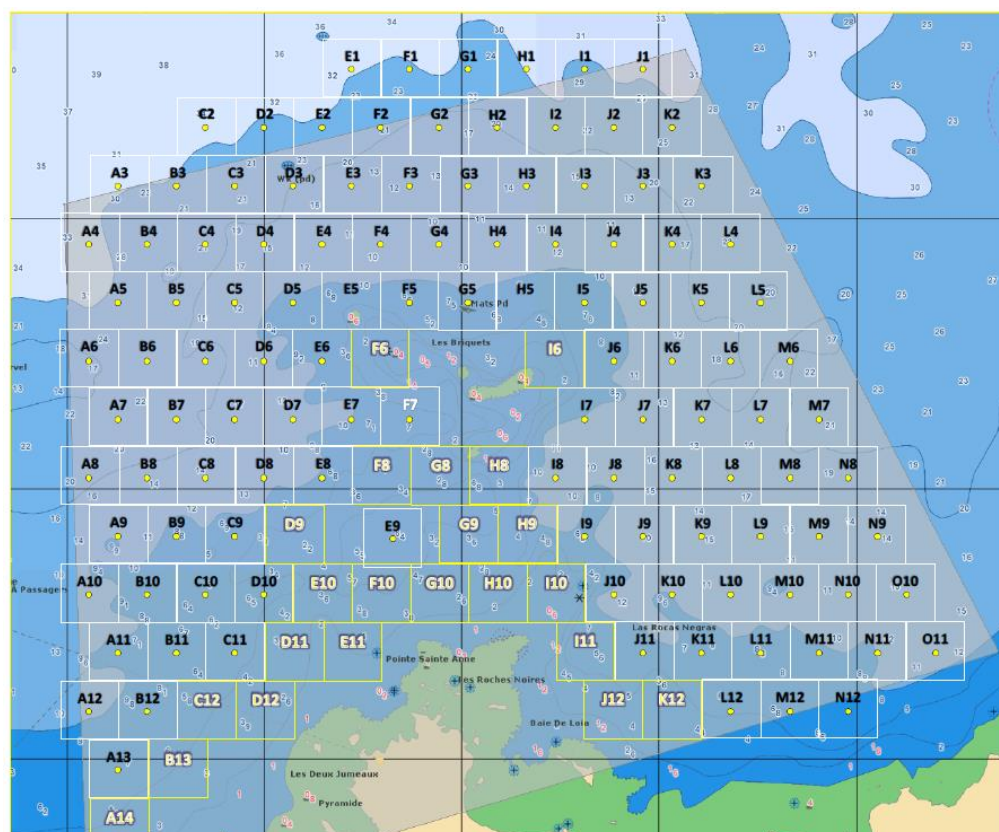
ORGANIGRAMME 2020-2024,



Annexe 1 : Organigramme du Comité départemental d'Etudes et Sports Sous-Marins des Pyrénées Atlantiques [1]



Annexe 2 : Cartographie représentant les sites Natura 2000 de la côte basque Pays et la zone d'étude (Source : Maël Andrieux)



Annexe 3 : Cartographie des différents quadrats sur le site d'étude « Les Briquets »

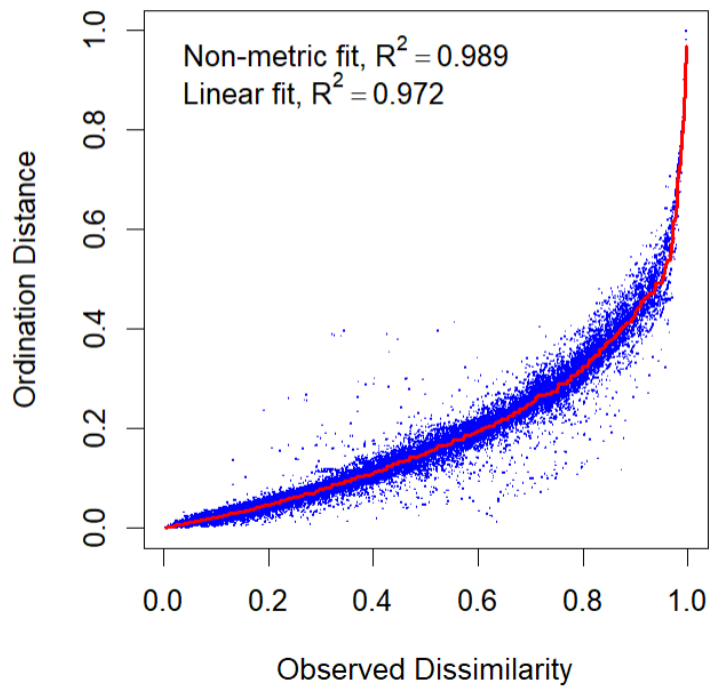
 P,M<35 : G>35 : Baliste	 P,M<25 : G>25 : Bogue	 P,M<15 : G>15 : Centrolabre	 P,M<50 : G>50 : Chinchard à queue jaune	 P,M<20 : G>20 : Crénilabre
 P,M<150 : G>150 : Congre	 P,M<15 : G>15 : Cténolabre	 P,M<25 : G>25 : Girelle F/M	 P,M<35 : G>35 : Labre mêlé	 P,M<80 : G>80 : Lieu
 P,M<70 : G>70 : Mulet	 P,M<130 : G>130 : Murène	 P,M<20 : G>20 : Oblade	 P,M<50 : G>50 : Ombrine	 P,M<40 : G>40 : Pageot
 P,M<100 : G>100 : Raie brunette	 P,M<80 : G>80 : Raie torpille	 P,M<30 : G>30 : Rascasse	 P,M<30 : G>30 : Rouget barbet	 P,M<30 : G>30 : Sar à tête noire
 P,M<30 : G>30 : Sar commun	 P,M<45 : G>45 : Sar tambour	 P,M<35 : G>35 : Saupe	 P,M<30 : G>30 : Serran chevrette	Autres espèces : Nom : Taille : cm, Nbr Nom : Taille : cm, Nbr
 P,M<40 : G>40 : Sole	 P,M<35 : G>35 : Tacaud	 P,M<50 : G>50 : Vieille	 P,M<35 : G>35 : Vive	Date : / / Plongeur : Site/Zone : Club :

Annexe 4 : Fiche de terrain de comptage des poissons

Date : / /		Site/Zone :		Heure début : h		Heure fin : h		Plongeurs (noms et prénoms) :		Plongeur 1 (poissons)		Plongeur 2 (poissons + substrat)			
Club :		Vitesse du vent : Km/h		Hauteur de houle : m		Visibilité (bonne, moyenne, mauvaise) :				T° de l'air : °C		T° de l'eau : °C			
Météo :		Matin				Après-midi				Pression :		Initiale		Finale	
		Coefficient	Basse Mer	Pleine Mer		Coefficient	Basse Mer	Pleine Mer		Plongeur 1	Plongeur 2	 b	 b		
Marnage :															
Profondeur initiale : m		60 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
Profondeur finale : m															
Profondeur max : m		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
Temps au fond : min															
Caractérisation du substrat : LIT Algues : A Galets : G Sable : S Roche nue : R Roche avec Algues : R+A Indiquer chaque changement d'habitat et sa largeur sur le transect (en mètres) : exemple		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
60 m - 55,5m		55,5 m - 48 m		 m - m				 m - m				 m		 m	
S		A		 m - m				 m - m				 m		 m	
Observation(s) : 		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
		 m - m				 m - m				 m		 m		 m	
		 m - m				 m - m				 m		 m		10 m	

Annexe 5 : Fiche de terrain de relevés d'habitats

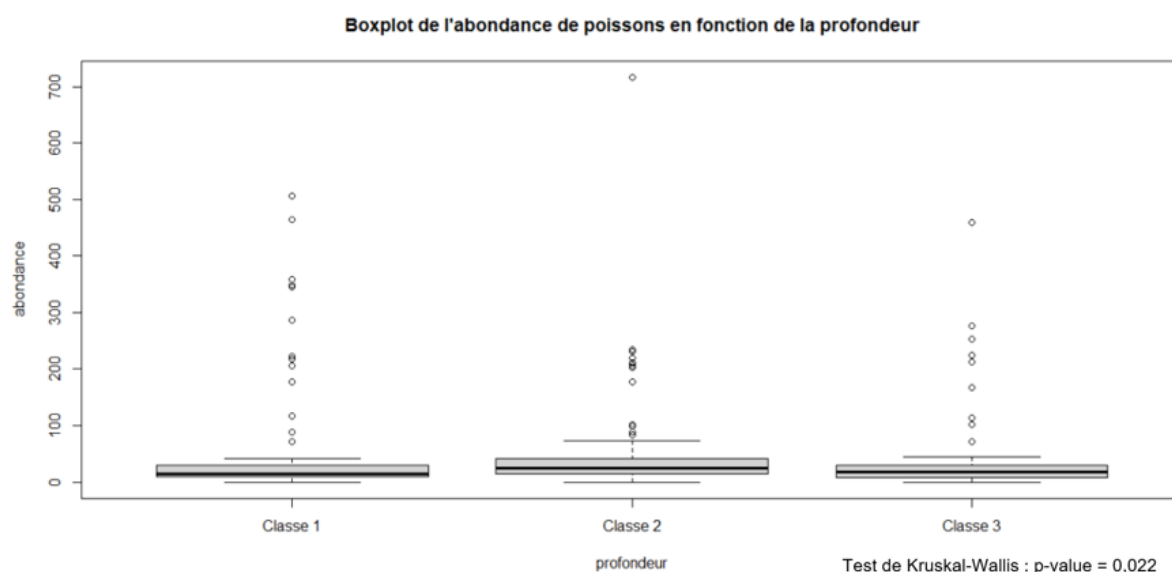
Diagramme de Shepard



Annexe 6 : Diagramme de Shepard de la nMDS (Mise à l'échelle multidimensionnelle non métrique) déterminant les classes de substrats

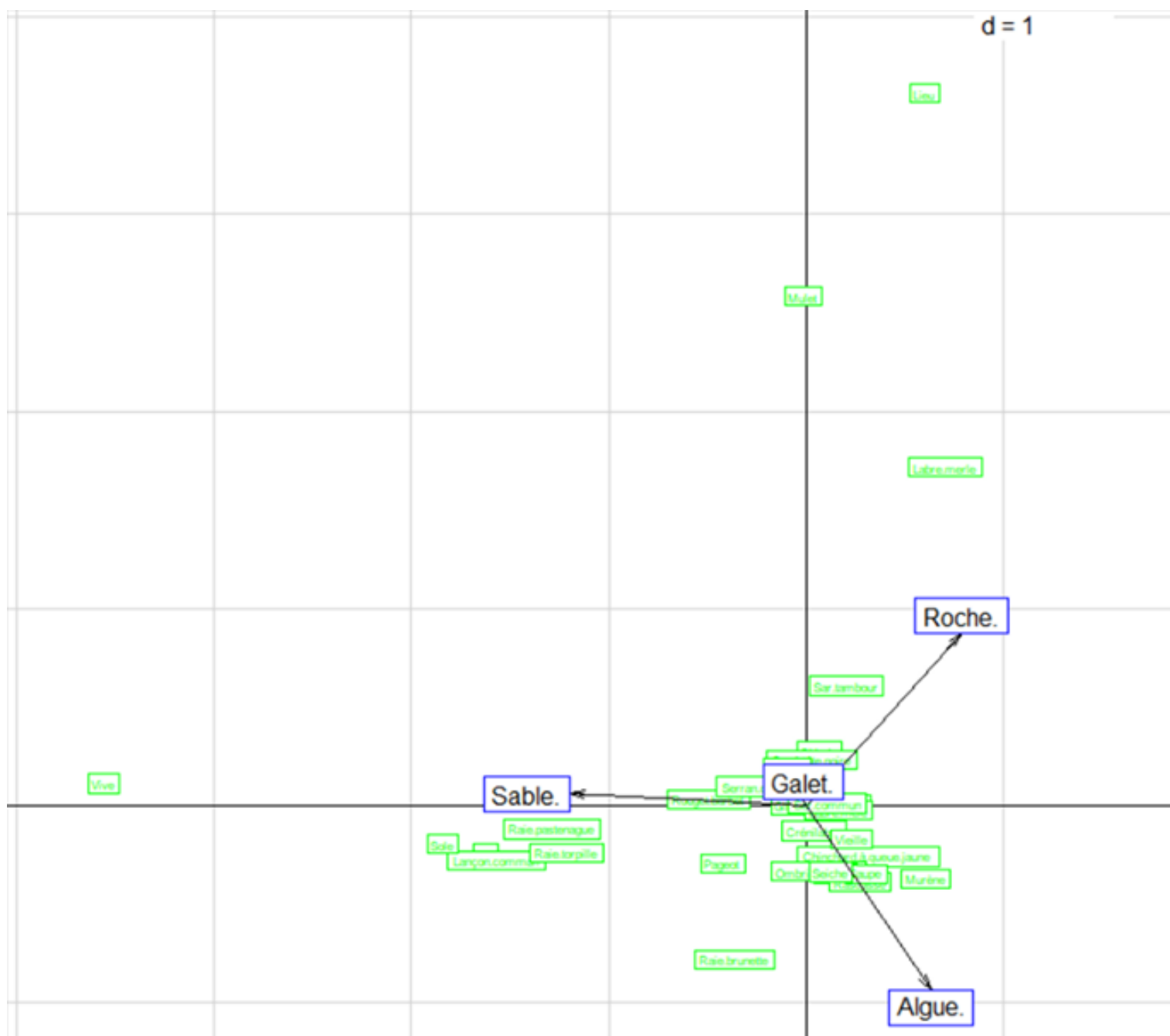
Numéros des classes de substrats	Substrat(s) dominant(s)	Occurrence (nombre de transect)
1	Sable	24
2	Roches	18
3	Roches et Algues	143
4	Roches, Algues et Sable	45
5	Galets	12

Annexe 7 : Tableau des classes de substrats obtenues par nMDS (Mise à l'échelle multidimensionnelle non métrique)

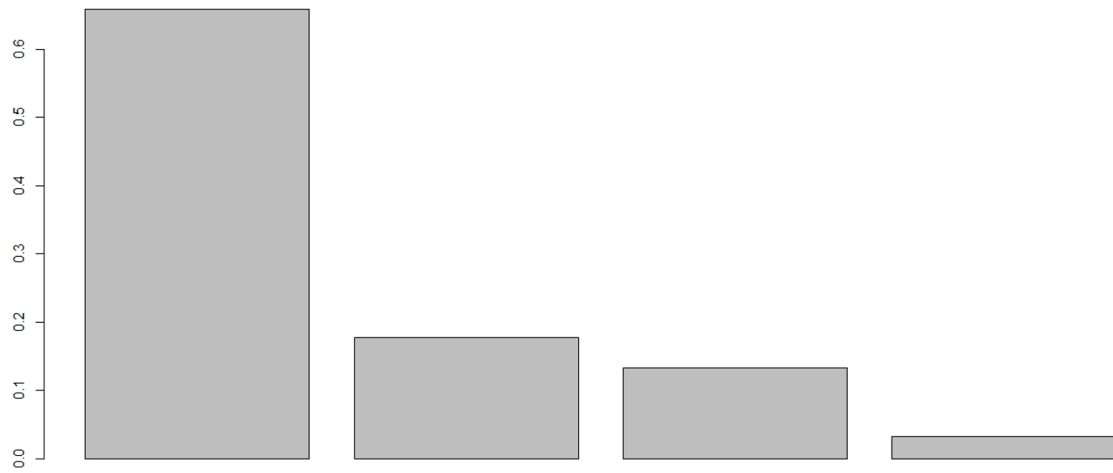


Annexe 8: Boxplot de l'abondance de poissons en fonction de la profondeur.

Légende : Chaque boxplot correspond à une classe de profondeurs et représente la distribution des données d'abondance de poissons pour chaque classe de profondeurs. Les classes 1, 2 et 3 font référence aux classes de profondeurs résumées dans le (Tableau 1). Les conditions du test de Kruskal-Wallis sont : si $p\text{-value} > 0,05$ alors H_0 est acceptée (H_0 = La profondeur n'influence pas l'abondance).



Annexe 9 : Carte factorielle des espèces en lien avec les variables de substrat.



Annexe 10 : Barplot de l'inertie (% de variance représentée) de chaque axe de l'Analyse Canonique des Correspondance.

Annexe 11 : Script Rstudio

Script détermination des classes de profondeurs

```
setwd("")
profmoy<-read.csv("profmoy.csv")
shapiro.test(prof_moy$prof_moy)
shapiro.test(log(prof_moy$prof_moy))
library(BAMMtools)
groupe <- getJenksBreaks(prof_moy$prof_moy,4)
groupe
```

Script création des jeux de données « espèces »

```
setwd()
# Tableau de données substrat
infos <- read.csv("infos.csv", sep=";")
# Tableau de données poissons
poissons <- read.csv("poissons.csv", sep=";")
# enlever répétitions : girelle, rien, 3 vives, pageot
poissons$Espece <- as.factor(poissons$Espece)
levels(poissons$Espece)[levels(poissons$Espece)=="girelle"] <- "Girelle" # girelle
levels(poissons$Espece)[levels(poissons$Espece)=="Grande vive"] <- "Vive" # Grande vive
levels(poissons$Espece)[levels(poissons$Espece)=="rien"] <- "Rien"
levels(poissons$Espece)[levels(poissons$Espece)=="pageot"] <- "Pageot"
levels(poissons$Espece)[levels(poissons$Espece)=="vive"] <- "Vive"
levels(poissons$Espece) # vérification
## Création du tableau de présence/absence
# création d'un vecteur contenant les différents noms de poissons
nom_sps <- levels(poissons$Espece)
# creation d'un nouveau tableau
data_sps <- data.frame(numero_transect=infos$numero_transect)
data_sps <- as.data.frame(data_sps)
# initialisation
imin <- poissons$numero_transect[1] # ID du premier transect
imax <- poissons$numero_transect[nrow(poissons)] # ID du dernier transect
nb <- NULL
for (sps in 1:length(nom_sps)){
  col <- rep(NA, length(data_sps))
  sps_poiss <- nom_sps[sps]
  for (i in imin:imax){
    sub <- subset(poissons, numero_transect==i)
    sub2 <- subset(sub, Espece==sps_poiss)
    nb[i] <- sum(sub2$abondance)
  }
  data_sps <- cbind(data_sps, nb)
}
# mettre le nom des sps
colnames(data_sps) <- c("transect",nom_sps)
data_sps[1,] <- c(1, rep(0, length(data_sps)-1))
## Supprimer la colonne "Rien"
data_sps <- data_sps[,~which(colnames(data_sps)=="Rien")]
data_sps <- data_sps[,~which(colnames(data_sps)=="")]
save(data_sps, file = "data_sps.csv")
```

```
source("CreateDataSps.R", local=TRUE)
# Enlever colonnes et lignes inutiles
data_PAsps <- data_sps[,-1]
data_PAsps <- data_PAsps[,-1]
data_PAsps <- data_PAsps[,-2]
# Boucle pour création du data
for (l in 1:nrow(data_PAsps)){
  ligne <- data_PAsps[l,] # sélection de la ligne
  for (c in 1:length(data_PAsps)){
    if (ligne[c]>0) { # Si valeur d'abondance supérieure à 0
      data_PAsps[l,c]=1 # alors on donne la valeur de 1
    } else data_PAsps[l,c]=0 # sinon valeur de 0 (aucune espèce présente)
  }
}
```

```
save(data_PAsps, file = "data_PAsps.csv")
```

Script NMDS pour création des classes de substrat

```
library(vegan)
setwd()
source("CreateDataSps.R", local=TRUE)
data_env <- read.csv("infos.csv")
## Matrice de dissimilarité
dis_sps <- vegdist(data_sps, na.rm = TRUE)
dis_env <- vegdist(data_env[,26:29], na.rm = TRUE)
## NMDS
nmads = metaMDS(dis_sps)
## Qualité de l'ordination - Coef de stress
stressplot(nmads) # plot
nmads$stress # = 0.10 -> correct = corrélation parfaite
# Test de goodness of fit
gof = goodness(nmads) # mesure pour chaque site si la place est bien représentée par rapport aux autres sites
plot(nmads, type="t", main="Goodness of fit")
points(nmads, display = "sites", cex = gof*100)
# Liens avec les variables environnementales
fit = envfit(nmads, dis_env, perm=999)
fit
plot(fit, p.max = 0.05, col="red")
fit$vectors
fit$factors
# Création des groupes
classClust_env <- hclust(dis_env, method = "ward.D2")
plot(classClust_env)
gpe_NMDS_env <- cutree(classClust_env, k=5, h=T)
# Vecteur à utiliser pour l'anova
gpe_NMDS_env <- as.factor(gpe_NMDS_env)
```

Script : ANOVA ou Kruskal-Wallis ?

```
## ANOVA 2 de type 1
setwd()
source("CreateDataSps.R", local=TRUE)
data_env <- read.csv("infos.csv", header=T, sep=";")
# vecteur profondeur
profondeur <- data_env$Classe_prof
profondeur <- as.factor(data_env$Classe_prof) # vecteur avec les classes de profondeurs
# avoir le vecteur substrat
source("NMDS.R", local=TRUE)
substrat <- gpe_NMDS_env # avoir un vecteur avec les classes de substrat
# Avoir le vecteur abondance
# Ajouter une colonne
data_sps[,length(data_sps)+1] <- rep(NA, nrow(data_sps))
# Abondance totale
for (i in 1:nrow(data_sps)){
  data_sps$V34[i] <- sum(data_sps[i,2:length(data_sps)-1], na.rm=TRUE)
}
abondance <- data_sps$V34-data_sps$transect
tababondance <- data.frame(gpe_NMDS_env, abondance)

name <- c("P1/S", "P2/S", "P3/S", "P1/R", "P2/R", "P3/R", "P1/RA", "P2/RA", "P3/RA", "P1/RAS", "P2/RAS", "P3/RAS", "P1/G", "P2/G", "P3/G")
boxplot(abondance~profondeur+substrat, names=name, mean="abondance par classes de substrat et de profondeur")

namesub <- c("Sable", "Roches", "Roches+Algues", "Roches+Algues+Sable", "Galets")
boxplot(abondance~substrat, names=namesub, mean="Boxplot de l'abondance de poissons en fonction du substrat")
windows()
nameprof <- c("Classe 1", "Classe 2", "Classe 3")
boxplot(abondance~profondeur, names=nameprof, mean="Boxplot de l'abondance de poissons en fonction de la profondeur")

# Linéarisation : ajustement du modèle
mod1 = lm(abondance~profondeur+substrat+profondeur:substrat)
plot(mod1, which=1:2)
shapiro.test(residuals(mod1))
library(lmtest)
dwtest(mod1)
```

```

bptest(mod1)
kruskal.test(abondance~substrat)
kruskal.test(abondance~profondeur)

# Test
anova(mod1)
summary(mod1)

##### pareil pour la richesse spécifique#####
# Avoir le vecteur presence/Absence
# Ajouter une colonne
data_PAsps[,length(data_PAsps)+1] <- rep(NA, nrow(data_PAsps))
# richesse spé totale
for (i in 1:nrow(data_PAsps)){
  data_PAsps$V37[i] <- sum(data_PAsps[i,2:length(data_PAsps)-1], na.rm=TRUE)
}
richesse_specifique <- data_PAsps$V37

# Effet interaction dans le modele
name2<-c("P1/S", "P2/S", "P3/S", "P1/R", "P2/R", "P3/R", "P1/RA", "P2/RA", "P3/RA", "P1/RAS", "P2/RAS", "P3/RAS", "P1/G", "P2/G", "P3/G")
windows()
boxplot(richesse_specifique~profondeur+substrat, names=name, mean="Richesse spécifique par classes de substrat et de profondeur")

namesub<-c("Sable", "Roche", "Roche+Algue", "Roche+Algue+Sable", "Galet")
windows()
boxplot(richesse_specifique~substrat, names=namesub, mean="Boxplot de la richesse spécifique en fonction du substrat")

windows()
nameprof<-c("P1", "P2", "P3")
boxplot(richesse_specifique~profondeur, names=nameprof, mean="Boxplot de la richesse spécifique en fonction de la profondeur")

# Linéarisation : ajustement du modèle
mod2 = lm(richesse_specifique~profondeur+substrat+profondeur:substrat)
plot(mod2, which=1:2)
shapiro.test(residuals(mod2))
library(lmtest)
dwtest(mod2)
bptest(mod2)
kruskal.test(richesse_specifique~substrat)
kruskal.test(richesse_specifique~profondeur)

# Test
anova(mod2)
summary(mod2)

```

Script test de Dunn

```

setwd()
TEST2A2<- read.csv("TEST2A2.csv", header =T, sep=";",")
library(FSA)
as.factor(TEST2A2$Classe_prof)
as.factor(TEST2A2$classe_substrat)
#QUELLE CLASSE DE PROFONDEUR JOUE SUR LABONDANCE
dunnTest(TEST2A2$abondance ~ TEST2A2$Classe_prof,
  data=TEST2A2,
  method="bonferroni")
#QUELLE CLASSE DE SUBSTRAT JOUE SUR LABONDANCE
dunnTest(TEST2A2$abondance ~ TEST2A2$classe_substrat,
  data=TEST2A2,
  method="bonferroni")
#QUELLE CLASSE DE PROFONDEUR JOUE SUR LA RICHESSE TAXO
dunnTest(TEST2A2$richesse_taxon ~ TEST2A2$Classe_prof,
  data=TEST2A2,
  method="bonferroni")
#QUELLE CLASSE DE SUBSTRAT JOUE SUR LA RICHESSE TAXO
dunnTest(TEST2A2$richesse_taxon ~ TEST2A2$classe_substrat,
  data=TEST2A2,
  method="bonferroni")

```

Script ACC

```
infos <- read_delim("infos.csv", delim = ";",
  escape_double = FALSE, trim_ws = TRUE)
source("CreateDataSps.R", local=TRUE) # avoir data_sps
library(ade4)
classesub<-infos[,26:29]
env <- data.frame(classesub)
env <- cbind(env)
env<-env[,1:4]
espece<-data_PAsps[,1:33]

coa1 <- dudi.coa(espece, scann = FALSE)
caiv1 <- pcaiv(coa1, env, scan = FALSE)
windows()
plot(caiv1,1,2, clab=0.7)
caiv1
caiv1$eig
barplot(caiv1$eig)
inertie<-caiv1$eig/(sum(caiv1$eig))
inertie
windows()
barplot(inertie)

windows()
palette(c("brown","blue"))
s.label(caiv1$co,1,2,clab=0.5)
palette(c("blue","blue"))
s.arrow(1.2*caiv1$cor,add.p=T)
#s.arrow(1.5*caiv1$fa[-1,],add.p=T, clab=0.5)
palette(c("red","blue"))
s.match(caiv1$ls,caiv1$li, 1, 2, lab=env$numero_transect, clab = 0.5, add.p=T)

caiv1$cor # correlation CPC - X
caiv1$li # coordonnées des transects
caiv1$co # coordonnées des espèces

windows()
palette(c("green","blue"))
s.label(caiv1$co,1,2,clab=0.7)
palette(c("blue","blue"))
s.arrow(4*caiv1$fa[-1,],add.p=T)
palette(c("red","blue"))
s.match(caiv1$ls,caiv1$li, 1, 2, lab=env$numero_transect, clab = 0.7, add.p=T)

summary(gpe_NMDS_env)
```


Résumé et mots-clés

Projet de mise en place d'une zone de protection forte sur la zone des « Briquets » à Hendaye, Pyrénées Atlantiques

Résumé : Le littoral basque abrite une richesse biologique et une diversité d'habitats précieuse, à l'heure où les dérèglements climatiques et les activités humaines menacent l'intégrité de la biodiversité marine. Il en résulte d'ores et déjà une diminution de l'abondance de poissons de 38% à l'échelle planétaire. Dans le cadre des nouvelles directives européennes et nationales, 10% de l'espace marin européen devrait être placé sous zone de protection forte d'ici 2030. Dans cette dynamique, la zone des « Briquets » à d'Hendaye, fait l'objet d'une proposition de zone de protection forte depuis quelques années. Cette étude, supportée par des sciences participatives, a pour but d'enrichir les connaissances concernant les communautés de poissons et les habitats présents sur cette zone et ainsi impliquer la mise en place d'une zone de protection forte. Pour ce faire, des scientifiques ont mis au point un protocole, afin que des plongeurs bénévoles puissent recenser ces populations par comptage visuel et rendre compte des différents habitats, au cours de plongées. Les résultats de cette étude ont ainsi mis en lumière une richesse spécifique élevée, avec plus d'une trentaine d'espèces de poissons recensées, une diversité d'habitats importante mais aussi la présence d'espèces en danger d'extinction telle que la raie brunette. Dans cette approche, ce rapport fait état des relations entre les habitats et les communautés de poissons sur la zone des « Briquets ». Les résultats de cette étude serviront par la suite de support de décision quant à la nécessité, la localisation et la nature d'une zone de protection forte sur la côte basque.

Mots-clés : Aire Marine Protégée, Zone de Protection Forte, Sciences participatives, Poissons, Côte basque