

MASTER SML

SCIENCES DE LA MER ET DU LITTORAL
MENTION

EXPERTISE ET GESTION DE L'ENVIRONNEMENT LITTORAL

Mémoire de stage de Master 1

Année Universitaire **2022-2023**

Structure d'accueil : **Groupe Associatif Estuaire**

Tuteur universitaire : **Gauthier Schaal**

Maître de stage : **Didier Neault**



Groupe Associatif Estuaire
ENVIRONNEMENT, PEDAGOGIE & BIODIVERSITE

Avant-propos

Le Groupe Associatif Estuaire (GAE) est un rassemblement de huit associations basées à Talmont-Saint-Hilaire depuis 30 ans. Chacune porte sur un domaine en particulier que sont la biodiversité, l'éducation à l'environnement, la gestion environnementale, l'animation du pôle mer, les cultures marines, essentiellement ostréicoles et des actions environnementales hors métropole.

Fondé par Daniel Verfaillie, le GAE compte plus de 200 adhérents répartis dans une trentaine de départements. Mais les actions du GAE sont pilotés par trois administrateurs : Fabien Verfaillie, l'actuel président, Marcel Koken, un chercheur au CNRS et Jack Guichard, vice-président du GAE.

Ses activités se structurent autour de 4 axes : la sensibilisation et l'éducation à l'environnement, la gestion et la préservation de l'environnement, dont le littoral, les sciences participatives et le travail avec les acteurs locaux.

Mon stage portant sur l'étude de pêcheries médiévales s'intègre dans les projets de l'association de la Maison de l'estuaire, mais reste sous l'égide du GAE. C'est pourquoi ce rapport est délivré à ce nom.

Le rapport servira d'appui au GAE pour choisir quelle pêcherie sera la plus intéressante à restaurer entre deux pêcheries sélectionnées en amont et pour suivre l'évolution de l'état écologique de celle-ci au fil du temps, ainsi qu'un appui à la prise de décision des autorités compétentes pour autoriser la restauration de la pêcherie. Pour cela, le rapport se veut compréhensible par le plus grand nombre et essentiellement pour les stagiaires et services civiques qui continueront le projet dit « des pêcheries » par la suite.

Pour contextualiser, ce stage s'est fait sous la direction de Didier Neault, mon maître de stage et chef du projet pêcherie pour le suivi technique, de Daniel Verfaillie pour les démarches administratives, de Fabien Verfaillie pour l'appui scientifique et de Jack Guichard, fondateur du groupe des Sentinelles, pour le domaine historique et géologique. Pour plus de simplicité, ils seront nommés commanditaires dans le reste du rapport. Les Sentinelles sont des adhérents du GAE s'investissant dans les sciences participatives locales, mais également dans les activités liées au pôle mer, dont le projet pêcherie fait partie. Leur aide précieuse a permis de réaliser tous les inventaires et les expérimentations et rendre ainsi ce stage réalisable.

De plus, Max Lie, un étudiant en première année de master de génie écologique à Poitiers, a été mon binôme dans le cadre d'un stage de deux mois. Nous avons donc élaboré et réalisé ensemble les protocoles d'inventaires de la biocénose au sein des habitats qui seront développés dans la première partie du rapport. A contrario, la partie sur les blocs et les suivis ont été réalisés sans lui ce qui explique les écarts entre les dates de relevés que vous pourrez observer.

Au vu des contraintes liées aux marées, à la saison, au manque de matériel professionnel et à la nécessité d'obtenir des données rapidement, pour que mon binôme puisse constituer son dossier, il est important de souligner que l'efficacité et la rapidité d'exécution des inventaires et des mesures topographiques a été privilégié ce qui a pu amener à une diminution de la précision des résultats. En prenant en compte ces éléments, nous répondons quand même à la demande des commanditaires de faire des estimations globales des efforts à fournir pour la restauration et du niveau de biodiversité présents au sein de chacune d'elles.

Remerciements

Tout d'abord, je souhaite remercier les cinq investigateurs du projet pêcheurie qui m'ont mené à faire ce stage :

- Didier Neault, mon maître de stage, pour m'avoir transmis sa passion pour les pêcheries et pour nous avoir aidé tout au long du stage autant sur le plan matériel que pour la communication. Grâce à ses idées, son ingéniosité et son implication sans faille, le projet a pu faire un grand bond en avant ;
- Jack Guichard, Daniel et Fabien Verfaillie pour leur confiance et leurs conseils avisés autant sur le plan administratif que scientifique ;
- Camille LAURENT, ancienne service civique qui a lancé le projet en faisant les premières démarches administratives et m'a fait confiance pour ce projet.

D'autre part, j'aimerais remercier tout particulièrement mon binôme de deux mois, Max Lie, étudiant en première année de master Biodiversité, Ecologie, Evolution parcours Génie Ecologique à Poitiers, pour son travail acharné, sa bonne humeur constante et sa prise de risque en voulant travailler dans un domaine qui lui était inconnu. Ce fut un réel plaisir de travailler et de concevoir des protocoles avec lui.

Je souhaite également remercier Marcel Koken pour m'avoir fourni une loupe binoculaire de qualité pour mes identifications, Evelynne Petitgars, la trésorière, et Michel Beun, le comptable de l'association, qui ont été très bienveillants.

Je souhaite remercier également le Musée du Sable pour avoir analysé des échantillons de sables gracieusement.

Je souhaitais remercier profondément l'ensemble des stagiaires qui nous ont aidés pour réaliser les inventaires et mesures sur le terrain : Eden, Lucas, Noémie, Léa et Charlyne, ainsi que l'agent de l'environnement, Manuel Tomazzolli pour sa joie et sa gentillesse constante.

Pour leur bonne humeur quotidienne, je souhaite remercier également Violette, Rose, Titouan, Melvyn, Lisa, Pauline, Océane qui ont ensoleillé ce stage.

Enfin, je souhaite remercier profondément l'ensemble des Sentinelles qui nous ont aidés bénévolement dans nos inventaires et animations et ceux qui sont venus participer en tant qu'adhérents pour leur dévotion au projet et tous les moments de convivialité que l'on a partagé ensemble.

Mention spéciale à Thierry Perchat et Johny Le Normand qui nous ont suivis en faisant des photographies en drone et au sol de tous nos événements permettant ainsi d'illustrer ce rapport avec les pêcheries sous leurs meilleurs profils.

Dans le même sens, je souhaite remercier l'ensemble des acteurs qui ont joué un rôle clé dans la communication que sont les journalistes des Sables, de Ouest-France ou l'animateur de radio Air Show, Arnaud Kadisch, ainsi que tous nos sponsors et partenaires pour leurs dons et leur aide matériel C.O. Immobilier 85, Loc'Atlantique, Fradin SARL, Lodgim, Restaurant Donnazzurra, Cheminées JF-Beignon, Autour du Bois Concept, Mitard Yoann, Cot'Ouest matériaux, Atlantica, Fondation grand ouest, Arôme paysage, Poissonnerie de Bourgenay, Bugnot 52, le camping des dunes.

Pour finir, je voulais remercier Gauthier Schaal, mon tuteur de stage, pour son écoute et ses conseils avisés qui m'ont guidé au cours de mon stage, ainsi que son aide pour les identifications de la macrofaune benthique de l'estran. Dans la même branche, je remercie également Thomas Burel pour son expertise pour l'identification des algues.

Sommaire

Liste des figures	1
Liste des tableaux	2
Liste des abréviations	3
Introduction	4
Partie 1 : Restaurer une pêcherie, mais laquelle ?	9
1. Description des paramètres abiotiques des pêcheries	10
1.1. La topographie et le niveau d'eau	10
1.2. Les habitats en présence	14
2. Etude technique de la faisabilité	18
2.1. Inventaire des portions de murets à restaurer	18
2.2. Estimation des besoins humains et techniques	20
3. Inventaire de la biocénose au sein des habitats	26
Le choix de la pêcherie	43
Partie 2 : les suivis écologiques	45
1. Des blocs, sentinelles d'un jour ?	46
2. Faire des suivis, est-ce possible ?	58
3. Le suivi d'espèces cibles, mais lesquels ?	65
4. Résumé des suivis proposés	68
Conclusion	70
Bibliographie	71
Sitographie	73
Annexes	74

Liste des figures

Figure 1 : Carte des pêcheries recensées sur la façade atlantique et de la Manche (Normandie, Bretagne et Pays de la Loire) – (Daire et al., 2018)	4
Figure 2 : Carte de localisation des pêcheries de l'anse de la République	5
Figure 3 : Pêcheries de l'Anse de la République et leurs murets écroulés	5
Figure 4 : Enrochement et bétonnage du littoral érodés à l'Anse de la République	6
Figure 5 : Exemples de dégradations avec un témoignage d'un prélèvement de traces (à gauche), une dégradation accidentelle (à droite)	7
Figure 6 : Localisation des deux pêcheries candidatent pour la restauration	9
Figure 7 : Matériel utilisé pour les mesures topographiques	10
Figure 8 : Cartographie des transects réalisés pour la mesure des pentes et des niveaux d'eau	11
Figure 9 : Profils topographiques des pêcheries accompagnés de la courbe de tendance du profil moyen	12
Figure 10 : Profils de la profondeur d'eau dans les pêcheries	13
Figure 11 : Cartes des habitats présents dans la pêcherie 1 (à gauche) et 2 (à droite)	15
Figure 12 : Carte des travaux de restauration à fournir dans les deux pêcheries	19
Figure 13 : Schéma d'une coupe de muret (Boucard, 2020)	21
Figure 14 : Illustration de la technique de la chaîne humaine – Thierry Perchat	22
Figure 15 : Remplissage de la civière	22
Figure 16 : Utilisation de la chèvre par Didier Neault pour voir sa résistance	23
Figure 17 : Carte représentant le système de mesure pour poser les balises	30
Figure 18 : Courbes cumulatives de la richesse spécifique en fonction du nombre de quadrats des pêcheries	33
Figure 19 : Localisation des stations de relevés pour l'inventaire de la biocénose au sein des habitats	35
Figure 20 : Répartition des communautés d'espèces par habitats dans les deux pêcheries	36
Figure 21 : Répartition du recouvrement des algues par pêcheries	37
Figure 22 : Répartition du recouvrement des algues par habitats et par pêcheries	38
Figure 23 : Représentation de la répartition de la richesse spécifique (S), des indices de Shannon et de Piélou en fonction des pêcheries	39
Figure 24 : Représentation de la répartition de la richesse spécifique (S) en fonction des pêcheries et des habitats.	40
Figure 25 : Représentation de la répartition de l'indice de Shannon en fonction des pêcheries et des habitats	40
Figure 26 : Représentation de la répartition de l'indice de Piélou en fonction des pêcheries et des habitats	40
Figure 27 : Représentation de la répartition des hauteurs de blocs, du niveau d'eau à marée basse, du recouvrement de zones nues, d'algues, de faunes et d'hermelles en fonction du niveau d'immersion des blocs	52
Figure 28 : Représentation de la répartition des hauteurs de blocs, du niveau d'eau à marée basse, du recouvrement de zones nues, d'algues, de faunes et d'hermelles en fonction du niveau d'immersion des blocs et des pêcheries	53
Figure 29 : Répartition des communautés d'espèces faunistiques pour les blocs immergés et émergés	54
Figure 30 : Répartition des communautés d'espèces faunistiques pour les blocs immergés et émergés en fonction des pêcheries	54
Figure 31 : Répartition du recouvrement des algues rouge et verte dans les quadrats placés sur la face supérieure des blocs immergés et émergés en fonction du niveau d'immersion et des pêcheries	55
Figure 32 : Représentation de la répartition de la richesse spécifique (S), des indices de Shannon et de Piélou en fonction du niveau d'immersion des blocs	56
Figure 33 : Courbe d'inertie du dendrogramme lié à la similarité spécifique des stations de l'inventaire au sein des habitats	60
Figure 34 : Partition en 2 et 6 classes du dendrogramme représentant les distances entre chaque station de l'inventaire des espèces au sein des habitats selon l'indice de Jaccard	62
Figure 35 : Courbe d'inertie du dendrogramme lié à la similarité spécifique des stations de l'inventaire au sein des blocs	63
Figure 36 : Partition en 2 et 6 classes du dendrogramme représentant les distances entre chaque station de l'inventaire des espèces au sein des habitats selon l'indice de Jaccard	63

Liste des tableaux

Tableau 1 : Calcul de la pente des pêcheries (1) et (2)	13
Tableau 2 : Calcul du volume d'eau des zones d'eau permanente dans les pêcheries 1 et 2	13
Tableau 3 : Résultats granulométriques du sable de la pêcherie 1 (Source : Musée du Sable)	16
Tableau 4 : Résultats granulométriques du sable de la pêcherie 2 (Source : Musée du Sable)	16
Tableau 5 : Surfaces (en m ²) des habitats au sein des pêcheries	17
Tableau 6 : Correspondance des habitats par rapport à la typologie des habitats de la façade atlantique (Natura 2000)	17
Tableau 7 : Tonnage total de pierres à déplacer par pêcherie	20
Tableau 8 : Synthèse des résultats lié aux tests de déplacement de pierre	24
Tableau 9 : Nombres de quadrats optimum à relever par habitats et par pêcheries	34
Tableau 10 : Présentation de la richesse spécifique par groupes d'algues en fonction des pêcheries	37
Tableau 11 : Moyennes des indices de biodiversité en fonction des habitats	39
Tableau 12 : Récapitulatif des caractéristiques de chaque pêcherie	43
Tableau 13 : Moyennes de la répartition de chaque caractéristiques générale des blocs immergés et émergés avec les deux pêcheries confondues et en fonction des deux pêcheries	50
Tableau 14 : Présentation de la richesse spécifique par groupes d'algues en fonction des blocs immergés et émergés	55
Tableau 15 : Moyennes de la répartition des indices de biodiversité par niveaux d'immersion des blocs	56
Tableau 16 : Récapitulatif des suivis proposés	69

Liste des abréviations :

AFB : Agence Française de la Biodiversité
AOT : Autorisation d'Occupation Temporaire
BE : Bloc(s) émergé(s)
BI : Bloc(s) immergé(s)
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique
DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer
DML : Délégation à la Mer et au Littoral
Drassm : Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines
F : Milieu(x) de cuvettes
GAE : Groupe Associatif Estuaire
GE : Milieu(x) de galets et blocs émergés
GI : Milieu(x) de galets et blocs immergés
HIC : Habitat d'Intérêt Communautaire
Ifremer : Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer
INPN : Inventaire National du Patrimoine Naturel
LC : Least Concern pour Préoccupation mineure
M : Zone(s) mixte(s) (Sable & Galets mélangés)
N : Abondance
NA : Not Available pour désigner des données manquantes
ND : Non déterminé
NE : Non évalué
OFB : Office Français de la Biodiversité
P1 : Pêcherie 1
P2 : Pêcherie 2
R : Roche mère
R ou RE : Roche mère émergée
REBENT : Réseau Benthique (Programme de recherche d'Ifremer)
REEHAB : Reef Habitat (Projet de recherche sur les récifs d'hermes d'Ifremer)
RI : Roche mère immergée
S : Milieu(x) de sable ou richesse spécifique (en fonction du contexte)
ZNIEFF : Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique pour les Pays de la Loire

Introduction

Pêcheries d'estran, barrages de pêcheries, écluses à poissons, pièges à poisson ou encore barrages à poissons, il y a de nombreux termes existants pour nommer les structures sur lesquelles vont porter cette étude. A ces termes s'ajoutent de nombreuses méthodes différentes de construction : en bois ou en pierre sèche, fermées ou ouvertes, en forme de V ou carré, avec une porte ou un grillage, constituées de quatre murets ou d'un muret unique, qui bloquent les poissons ou mènent les poissons à un piège telle une nasse ou un filet. Ainsi, une diversité extraordinaire de structures existe sur toute la façade atlantique et de la Manche pour désigner les pêcheries fixes du littoral qui permettent de piéger des poissons sur l'estran.

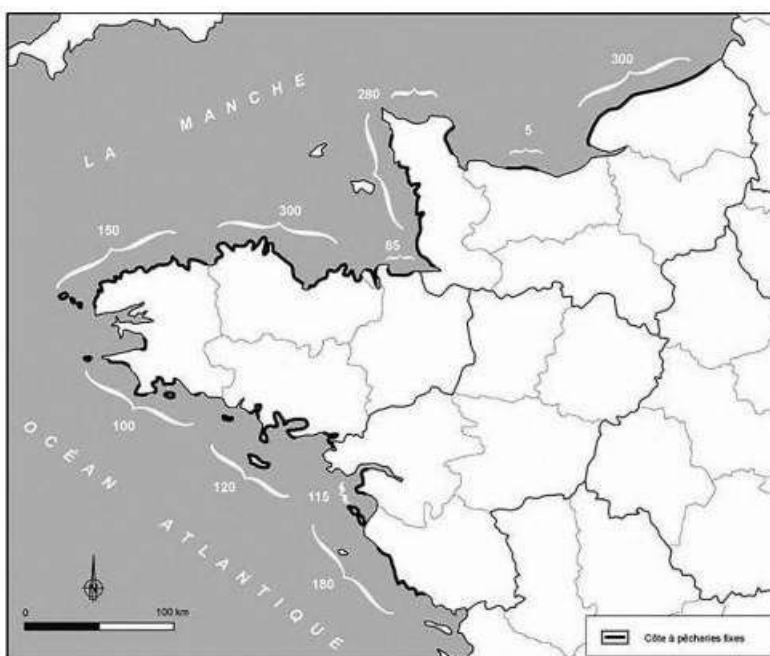


Figure 1 : Carte des pêcheries recensées sur la façade atlantique et de la Manche (Normandie, Bretagne et Pays de la Loire) – (Daire et al., 2018)

Au total, près de 1600 sites de ces installations ont été répertoriés sur le littoral de la Manche à l'Atlantique de l'Ouest de la France ayant chacun leurs spécificités (voir Figure 1). En Bretagne et au Pays de la Loire, il y a une majorité d'écluses en pierre (Daire et al., 2018). Dans la Manche, il y a une dominance de pêcheries en forme de V, construites soit entièrement en bois ou entièrement en pierre sèche (Dupont et Marchand, 2016).

Dans le cas de la Vendée, région de notre site d'étude, nous parlerons de pêcheries d'estran. Même si le terme d'écluse à poisson est également très souvent utilisé. (Sarrazin, 1992) Les sites de pêcheries les plus connues dans la région sont ceux de la Tranche-sur-Mer, de l'île de Noirmoutier, de la plage de la Paracou aux Sables-d'Olonne et de l'anse de la République à Talmont-Saint-Hilaire. Toutes ces pêcheries sont constituées de murets en pierre et sont généralement fermées avec un grillage en bois de châtaignier au niveau de la sortie d'eau pour les mieux conservées. Parmi ces pêcheries, une a été restaurée à la Tranche-sur-Mer en 2011. En Nouvelle-Aquitaine, ce sont les pêcheries de l'île de Ré qui ont été restaurées en 2017 (Source : site de l'ADEPIR).



Figure 2 : Carte de localisation des pêcheries de l'anse de la République

Pour ce qui est des pêcheries talmondaïses, elles se situent au niveau de l'anse de la République au sud de la commune de Talmont-Saint-Hilaire (voir Figure 2). Elles sont au nombre de seize, réparties au niveau de l'estran, c'est-à-dire dans la zone de balancement des marées. Elles sont constituées de roches d'un mélange de grès et de calcaires. Quant à l'estran, il est lui recouvert en partie par des plaques d'argile bariolée, du sable, des champs de blocs et de galets calcaires et de grès (Viaud et Duclous, 2003).



Figure 3 : Pêcheries de l'Anse de la République et leurs murets écroulés

Ces pêcheries talmondaïses en pierre sèche ont été construites par les moines Bénédictins de l'abbaye de Sainte-Croix au XII^{ème} siècle. En 1681, Colbert a codifié la construction et l'utilisation des pêcheries dans une ordonnance. Elles ont ensuite été utilisées jusqu'à la fin du XX^{ème} siècle, période à laquelle l'entretien des pêcheries a été interdite. Depuis, les murets des pêcheries se sont écroulés à plusieurs endroits avec le temps sous l'action des vagues et des marées rendant leur distinction parfois compliquée (voir Figure 3). Traditionnellement, elles sont constituées de murets d'une largeur de 2,50 m et d'une hauteur relative à la pente de l'estran rocheux et possédaient une porte avec un grillage en bois de châtaignier. Ainsi, à la marée haute, les poissons pouvaient passer par-dessus les murets et à marée basse, ils étaient piégés à l'intérieur des pêcheries. Les grillages en bois servaient à bloquer les poissons lors du vidage de la pêcherie à marée basse (Guichard, 2017).

Il suffisait alors aux pêcheurs de venir chercher les poissons dans les poches d'eau restantes soit avec une senne pour les seiches, les bars et les mullets, soit au sabre pour les soles par exemple. Une pêche auxiliaire, aux crustacés essentiellement des crevettes roses et des crabes, et aux mollusques essentiellement des gastéropodes et des huîtres, était pratiquée activement et l'est toujours actuellement dans le cadre de la pêche de loisir (D. Neault, communication personnelle, mai 2023).

Ces pêcheries, de par leur localisation, ont un effet de brise-lames à marée haute ce qui permet de protéger les falaises de calcaire siliceux et de marnes qui les bordent et ralentir ainsi le recul du trait de côte relativement important dans ce secteur. D'après les observations et études cadastrales de Jack Guichard, le trait de côte a reculé jusqu'à 25 mètres au niveau de l'anse de la République entre 1970 et 2017, soit un recul moyen de 53 cm/an (Guichard, 2017). Cela est dû au fait que les falaises calcaires et les marnes ont des structures facilement friables, dont l'érosion est accentuée par les intempéries, l'action combinée de la houle et des marées qui les sapent à leur pied, des ruissellements provenant du continent et du piétinement sur le bord du littoral. Des installations d'enrochement et de bétonnages ont été mis en place. Mais comme il est observable sur les photos (voir Figure 4), elles commencent à s'éroder fortement. Le recul du trait de côte et l'érosion menacent ainsi les habitations proches du rivage.



Figure 4 : Enrochement et bétonnage du littoral érodés à l'Anse de la République

Dans certaines pêcheries, il est possible d'observer des empreintes de pas de dinosaures fossilisés sur des plaques de calcaires hettangiens et des plaques d'argile bariolée découvertes en 1963 par Gilbert Bessonnat (Viaud et Ducloux, 2003). Une centaine d'empreintes ont été découvertes au total, mais victime de leurs succès plusieurs empruntes ont été prélevées pour être marchandées illégalement ces dernières décennies. De plus, l'érosion naturelle de la banche, c'est-à-dire le regroupement des plaques de calcaire et d'argile bariolée, accompagnée d'une forte fréquentation touristique et scolaire accélère leurs dégradations (Godard, 2003).

Pour se donner une idée, durant les mois de mai à juin 2023, 5 portions de plaques se sont détachées de la banche. Sur les cinq, 1 est tombée sous l'action de l'érosion, 2 ont été détachées volontairement sans être emportées, car trop lourdes et 2 se sont détachées accidentellement, car des groupes scolaires se regroupaient en trop grand nombre sur les plaques (voir Figure 5).

Figure 5 : Exemples de dégradations avec un témoignage d'un prélèvement de traces (à gauche), une dégradation accidentelle (à droite)

Ces pêcheries constituent donc un patrimoine historique fort de par la présence d'empreintes de pas de dinosaures et leur existence même qui traduit une activité vivrière ancienne tournée vers la pêche passive. (Billard et Bernard, 2016 ; Guichard, 2017)

Au fil de ces dernières décennies, les locaux ont remarqué une diminution drastique des populations de poissons et de la macrofaune globale qui se faisaient piégées ou qui vivaient dans les pêcheries. Avant, il était possible de trouver en abondance des dorades royales, des seiches, des mulets, des soles, des bars, des araignées de mer, des crabes, des crevettes, des gastéropodes et des huîtres, voir même du homard dans la zone infralittorale bordant les pêcheries. Le goémon y était également exploité par les habitants pour fertiliser les sols pour leurs activités de maraîchage dans les conches (D.Neault, D.Verfaillie, J.Guichard, les Sentinelles, communication personnelle, 2023).

Actuellement, les activités principales visibles dans l'anse de la république sont des activités de loisirs comme la pêche à pied, la randonnée, la baignade, l'observation des traces de dinosaures ou la plongée sous-marine. En période estivale, de nombreuses visites sont organisées de manière encadrée par le GAE, mais également par d'autres associations environnantes, des écoles et des centres de vacances. Ainsi, les pêcheries sont continuellement fréquentées toute l'année par les locaux et les touristes.

Les pêcheries talmondaïses sont comprises dans la zone Natura 2000 des « Marais de Talmont et zones littorales entre les Sables-d'Olonne et Jard-sur-Mer » (Livoir, 2021) (voir Figure 2). D'après l'INPN, elles sont placées en zones spéciales de conservation, car elles présentent un habitat d'intérêt communautaire, selon la directive européenne « Habitats-Faune-Flore », que sont les récifs d'Hermelles de la façade atlantique (code 1170-4 dans le Cahiers des habitats Natura 2000 - Habitats côtiers).

Sabellaria alveolata, aussi appelée hermelle, est une espèce de polychète de la famille des Sabellariidae qui construit des tubes à partir de concrétions de sables coquilliers et forme ainsi des récifs sur des substrats dur telle de la roche en milieu exposé. Ainsi, l'hermelle est une espèce ingénieuse, car les récifs qu'elle produit sert d'abri ou de zones de chasse pour de nombreuses espèces de cnidaires, verts plats, annélides, mollusques, crustacés, échinodermes, bryozoaires et ascidies. (Duprat-Brussaut et al., 2022) Dans l'anse de la République, beaucoup de crevettes roses, de poissons comme les blenidés et de crabes (crabes marbrés, étrilles, crabes des rochers et crabes vert) s'y abritent et s'y nourrissent. Une fois que les hermelles arrêtent de construire des tubes, de nombreuses algues peuvent se fixer aux récifs et se développer, ainsi les récifs sont une source de biodiversité importante.

Au sein même de l'anse de la République, les récifs sont tellement éparses et peu développés, par rapport à la zone du Veillon, qu'ils ne sont pas considérés comme fonctionnels par les gestionnaires de la zone Natura 2000 (G. Da Silva, communication personnelle, juin 2023).

D'autre part, la commune de Talmont-Saint-Hilaire est en cours de procédure pour être nommé Grand Site de France. La zonation prévoit d'intégrer les pêcheries au Grand Site de France, cela implique qu'elles seront potentiellement soumises à des réglementations particulières, mais également à une plus forte fréquentation, car la nomination de Grand Site de France donne une plus grande visibilité dans le monde entier et cela amène de nouveaux touristes étrangers.

De plus, étant sur l'estran, les pêcheries appartiennent au domaine public maritime. Cela signifie que toutes actions réalisées sur les pêcheries pouvant les modifier doivent être soumis à l'accord de la Direction Départementale des Territoires et de la Mer (DDTM) et de la Délégation à la Mer et au Littoral (DML).

Les pêcheries sont considérées comme biens culturels maritimes. Elles sont donc comprises dans une zone de redevance d'archéologie préventive, ainsi toutes actions sur un bien culturel maritime ou toutes découvertes archéologiques doivent être rapportées au Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (Drassm).

Face à l'importance patrimoniale que représente ces pêcheries et au constat d'une diminution importante ces dernières décennies de la biodiversité en leur sein, ainsi que l'érosion accéléré du trait de côte et des banches où se trouve les traces de dinosaures, Didier Neault et Jack Guichard ont proposé au GAE de restaurer une des pêcheries en respectant l'ordonnance de Colbert. Cela permettra de reconstituer une pêcherie comme à l'origine, servir de nurserie et de nourricerie pour la faune littorale qui pourra recoloniser par la suite le littoral grâce aux marées. Elle servira aussi de support pédagogique, afin de transmettre au grand public le savoir-faire des techniques de pêche traditionnelles lors d'animations.

Pour la restauration, le GAE hésite entre deux pêcheries bien différentes et voulait savoir laquelle serait la plus intéressante à restaurer autant sur le plan patrimonial et technique ou en fonction de la capacité de résilience de la faune et des habitats composant les pêcheries face aux modifications de l'hydrodynamisme et au dérangement qu'entraînera la restauration. La résilience désigne ici la durée nécessaire à la récupération d'un habitat ou d'une espèce, une fois que la pression, qu'est le dérangement lié à la restauration, a cessé (Rivière et al., 2015). Elle dépend en partie de la diversité des habitats et la biodiversité présente au sein des pêcheries, ainsi des capacités d'adaptation des espèces présentes.

De plus, pour restaurer une structure appartenant au domaine public maritime, il faut faire une demande d'autorisation d'occupation temporaire (AOT) auprès de la DDTM. Pour cela, il faut réaliser une étude d'incidence sur le modèle des formulaires de Natura 2000. Or, aucun état des lieux ou de diagnostics écologiques n'avait été réalisé ultérieurement.

L'étude décrite par la suite a donc pour objectif immédiat de pouvoir aider le GAE dans leur prise de décision et permettre de réaliser et préparer cette étude d'incidence qui mènera à la demande d'AOT. Destinée à être lue par des élus, des scientifiques et de futurs services civiques au sein du GAE, elle nécessite d'être comprise par tous d'où l'obligation d'aller dans le détail et de viser la simplicité pour être compris par le plus grand nombre.

L'objectif de ce stage est donc de répondre à plusieurs questions :

- Quel est l'état initial des deux pêcheries à étudier et quelle pêcherie est la plus intéressante à restaurer en termes de faisabilité et de résilience de la faune et la flore face aux modifications entraînées par sa restauration ?
- Comment pouvons-nous suivre l'évolution de la biodiversité pendant et après la restauration de la pêcherie choisie, pour voir son impact ?

Une partie sera dédiée pour répondre à chacune d'elles.

Partie 1 : Restaurer une pêcherie, mais laquelle ?

Les deux pêcheries candidatent pour la restauration se situent toutes les deux proches de l'accès par le chemin de la République (voir Figure 6). Elles sont relativement proches entre elles, c'est-à-dire 160 m de distance environ (mesures réalisées sur Géoportail). Pour les distinguer dans la suite du rapport, il sera nommé pêcherie 1 (ou P1), la plus petite pêcherie (2 742 m²) et pêcherie 2 (ou P2), la plus grande qui fait le double de la première (5 385 m²).



Figure 6 : Localisation des deux pêcheries candidatent pour la restauration

Sur le plan patrimonial, P2 a la particularité de comporter des traces de pas de dinosaures, dont une piste parfaitement conservée d'une dizaine de pas d'un *Eubrontes*, contrairement à P1 qui ne possède aucune trace de pas.

Ces deux pêcheries sont aussi très différentes autant sur leur forme, leur topographie, leur niveau de dégradation, les habitats qui les composent ou encore la faune et la flore présentes.

Pour mieux comprendre ces différences et les enjeux de chacune afin de les comparer, différentes études ont été réalisées. Une étude des paramètres abiotiques caractérisant les pêcheries a été réalisée pour comprendre les dynamiques qui régissent la pêcherie et avoir un état des lieux à un instant t.

Ensuite, une évaluation de la faisabilité technique de la restauration pour chacune des pêcheries a été développée, afin de comprendre, quelle pêcherie demandera moins d'effort à la restauration. Enfin, un inventaire de la biocénose au sein de chaque habitat a été effectué pour faire un état des lieux de la biodiversité et de la présence d'espèces protégées dans les pêcheries.

A savoir que la pêcherie qui ne sera pas choisie pour la restauration servira de référence, afin de voir s'il y a une évolution différente ou non entre les deux, suite à la restauration de l'autre.

L'état des lieux qui suit, sert de base pour la prise de décision du GAE et pour la demande d'AOT dans un premier temps et permettra d'étudier la possibilité de mettre en place des suivis, pour suivre l'évolution de la biodiversité de la pêcherie restaurée dans un second temps.

1. Description des paramètres abiotiques des pêcheries

Pour comprendre les paramètres abiotiques caractérisant les pêcheries, des études de la topographie, du niveau d'eau à marée basse et des habitats basés sur la granulométrie et les niveaux d'immersion ont été mis en place.

1.1. La topographie et le niveau d'eau

1.1.1. Définitions et objectifs

Le terme topographie est employé ici pour désigner le fait de calculer le niveau de pente au sein des pêcheries. L'objectif du calcul des pentes est de pouvoir identifier les différences de niveau au sol qui peuvent agir sur les habitats et savoir quelle hauteur par rapport au sol il faudra compenser lors de la restauration des pêcheries. En effet, pour comprendre pourquoi certaines zones sont immergées ou non, il faut connaître la topographie de la pêcherie. De plus, pour qu'une pêcherie soit viable et fonctionnelle, il faut que le sommet des murets soit relativement au même niveau. Cela demande donc de savoir la pente au sein des pêcheries, afin de compenser les différences de niveaux lors de la restauration des murets.

Le terme de niveau d'eau signifie, quant à lui, la profondeur d'eau présente dans les pêcheries. La connaître va permettre de savoir qu'elle est la profondeur moyenne actuelle de la retenue d'eau permanente à marée basse dans les pêcheries.

Les mesures de pente et de profondeur d'eau nous permettront ainsi de connaître le volume d'eau des poches d'eau permanentes et l'inclinaison globale du sol des pêcheries. Deux paramètres essentiels que les commanditaires souhaitent obtenir pour préparer les chantiers de restauration l'année prochaine.

1.1.2. Protocole

Le matériel utilisé pour les relevés :

- 1 niveau laser de chantier (Stanley FatMax)
d'une portée de 25 m à 360°
- 1 décamètre de 25 m
- 1 mètre à main de 5 m
- 1 perche en bois de plus de 2 m
- 1 feuille de relevée
- 1 photo aérienne de chaque pêcherie annotée

Les systèmes utilisés pour l'analyse :

- Logiciel QGIS (pour les cartographies et mesures des surfaces d'eau permanente)
- Google sheets (pour les calculs de pente et les graphiques)

Nombre de personnes nécessaires : 3 pers. (1 qui maintient la perche et le laser, 1 qui mesure, 1 qui note), possible à 2 pers. en zone émergée.



Figure 7 : Matériel utilisé pour les mesures topographiques

Période de réalisation : à marée basse lors de grands coefficients de marée le 21/04/2023 pour P1 et le 18/05/2023 pour P2

La méthode :

Le relevé topographique est réalisé le long de 3 transects établis sur le terrain et situés sur les zones où la pente est la plus représentative possible par rapport à la pente générale de la pêcherie. Les mesures de niveau sont espacées de 5 m grâce à un décamètre et sont réalisées de l'extrémité la plus proche du continent vers celle la plus proche de la mer. Les transects sont espacés de 10 m dans la pêcherie 1 et de 12,40 m à 15 m dans la pêcherie 2.

Les premiers points de relevés de chaque transect se mesurent à 5 m des murets dans la pêcherie 1, afin de ne pas biaiser le calcul de la pente en mesurant la hauteur au niveau des blocs de pierres éboulés provenant des murets. La pêcherie 2 ayant une forme très particulière, un point 0 au pied de la banche et dans la longitude des deux autres transects sont calculés et permettent de calibrer le laser. (Figure 8)

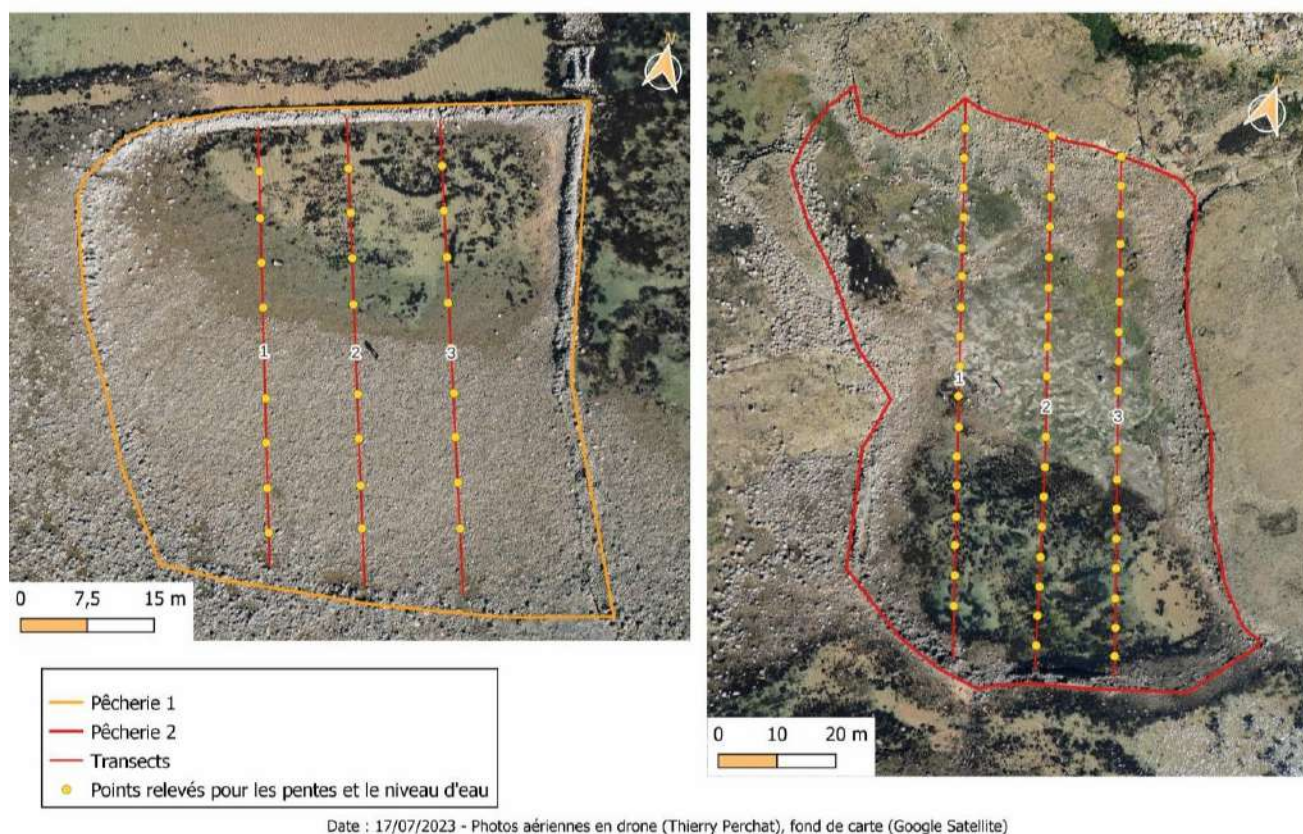


Figure 8 : Cartographie des transects réalisés pour la mesure des pentes et des niveaux d'eau

Pour la prise de mesure, la hauteur du laser est calibrée afin d'atteindre le point le plus haut de la pêcherie et mesurée grâce au mètre à main, pour faire la correction sur l'ensemble des mesures réalisées sur la pêcherie. La correction signifie calculer la différence entre la hauteur du laser (h_{laser}) et le niveau mesuré.

Pour faire les mesures, il faut placer la perche verticalement et y faire coulisser le boîtier qui permet de repérer le laser à distance. Il est ensuite mesuré et noté la distance entre le boîtier et le sol pour avoir le niveau qui sera corrigé avec h_{laser} .

La portée du laser ne pouvant pas aller à plus de 25 m, il faut déplacer certaines fois le laser pour finir le transect. Quand c'est le cas, il faut déplacer le laser sur un point déjà mesuré et ajuster sa hauteur à la hauteur mesurée sur le point considéré. Les mesures qui suivent sont alors corrigées avec le nouveau h_{laser} .

Pour le niveau d'eau, une simple mesure le long de la perche avec le mètre à main permet d'obtenir la hauteur d'eau.

Remarque :

Les mesures de niveau d'eau n'ont été réalisées que sur les points de relevé dans la zone immergée en permanence pour la pêche 1 et 2, dont certaines grandes cuvettes dans la pêche 2.

Pour les deux types de mesure, la perche doit être placée au mieux sur la roche mère ou le sable. Il faut éviter de la placer sur des blocs de pierres libres, car cela fausse les hauteurs de pente et la profondeur d'eau.

Une fois, toutes les mesures réalisées, il a été calculé la moyenne des profondeurs et des hauteurs pour chaque point de relevé de chaque pêche. Ensuite, il a été fait un graphique linéaire dans lequel apparaît toutes les mesures et moyennes des relevés. Il est alors affiché la courbe de tendance réalisée à partir des valeurs des moyennes pour la topographie. L'équation de la courbe de tendance permet ensuite de calculer la hauteur moyenne totale entre le point le plus haut et le plus bas de la courbe de tendance. La distance entre les deux points mesurés à chaque extrémité des transects donne la valeur de la longueur qui permettra de calculer la pente.

Nous pouvons alors calculer la pente en faisant le calcul suivant :

$$\frac{\text{Longueur}}{\text{Hauteur}} \times 100$$

Cela donnera la pente en pourcentage.

Pour calculer le volume d'eau permanente dans les pêcheries, le calcul à faire est :

$$\text{Volume} = \text{Profondeur moyenne} \times \text{surface}$$

Avec la profondeur moyenne calculée en faisant la moyenne des profondeurs dans la zone d'eau permanente et la surface qui est mesurée directement sur le logiciel QGIS.

1.1.3. Résultats

Pour la topographie, 27 points, soit 9 par transect ont été relevés dans la pêche 1.

Dans la pêche 2, 50 points, soit 16 pour le premier transect et 17 pour le deuxième et le troisième transect ont été relevés.

Les mesures (voir Annexe 1) et calculs réalisés permettent d'obtenir les graphiques et valeurs suivantes :

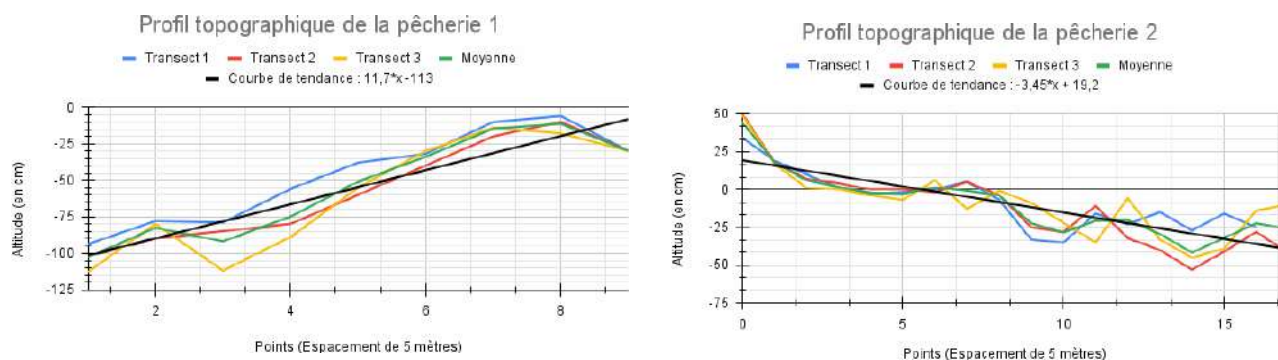


Figure 9 : Profils topographiques des pêcheries accompagnés de la courbe de tendance du profil moyen

Il est à relever que les deux profils sont opposés, car la pêche 1 présente une pente inversée sur l'estran. A première vue, la pente de la pêche 1 semble être plus importante.

Tableau 1 : Calcul de la pente des pêcheries (1) et (2)

(1)

Equation de la courbe de tendance	Hauteur totale	Longueur totale	Pente
$11,7x - 113$	105,3 cm	4 500 cm	2,34 %

(2)

Equation courbe de tendance	Hauteur totale	Longueur totale	Pente
$-3,45x + 19,2$	58,65 cm	8 500 cm	0,69 %

Ainsi, la pêcherie 2 présente une pente moyenne de 0,69 % beaucoup plus faible que la pêcherie 1 qui possède une pente de 2,34 %.

Pour la profondeur d'eau, 12 points soit 4 par transect ont été relevés dans la pêcherie 1 et 50 points dans la pêcherie 2 dont 30 points en zones immergés (voir Annexe 2).

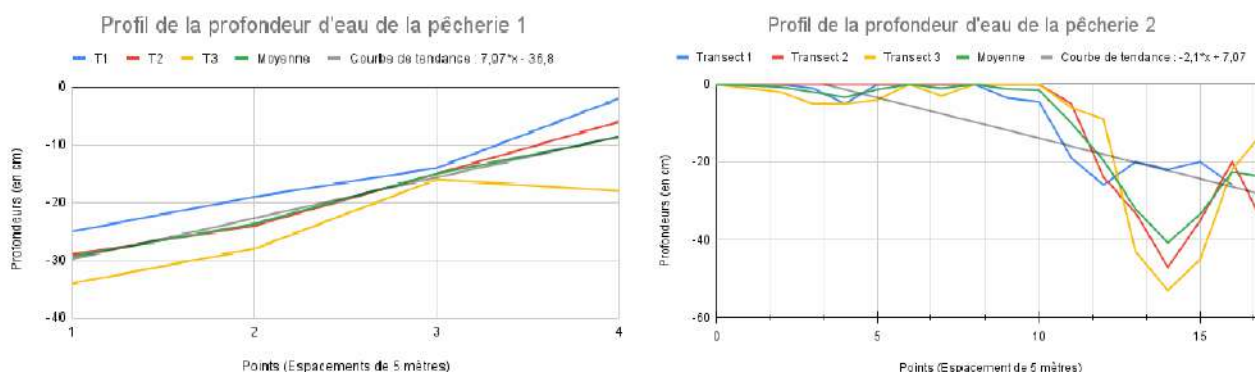


Figure 10 : Profils de la profondeur d'eau dans les pêcheries

La pêcherie 1 présente un profil presque linéaire en comparaison avec les grandes variations de la profondeur d'eau dans la pêcherie 2, matérialisant la présence de petites dépressions et l'irrégularité du sol. La pêcherie 2 comporte des zones beaucoup plus profondes que dans la pêcherie 1.

(Pour se donner une idée, les points les plus profonds ont 19 cm d'écart entre les deux pêcheries.)

Tableau 2 : Calcul du volume d'eau des zones d'eau permanente dans les pêcheries 1 et 2

Zone d'eau permanente de ...	P1	P2
Profondeur moyenne (en cm)	19,17	20,56
Surface (en m ²)	998	1976
Volume d'eau (en m ³)	191	406

Malgré la différence de profondeur observable sur les profils, la profondeur moyenne d'eau des deux pêcheries est très proche avec 19,17 cm pour P1 et 20,56 cm pour P2. Or, la surface en eau permanente est deux fois plus importante dans la pêcherie 2 que la pêcherie 1 ce qui fait que le volume d'eau l'est également. En effet, le volume d'eau dans la pêcherie 1 est de 191 m³ contre 406 m³ pour la pêcherie 2.

1.1.4. Discussion

A partir des données de pentes, il faut retenir que la pêcherie 1 présente une pente plus forte que la pêcherie 2 et qu'elles sont également inversées l'une par rapport à l'autre. Cela s'explique par le fait que la pêcherie 1 est composée d'une accumulation de galets qui ont été amenés par l'Homme pour faire une pente inversée à la mer, afin de retenir de l'eau et des poissons dans la pêcherie.

A partir des données du niveau d'eau, il faut retenir que le volume d'eau au sein des deux pêcheries est proportionnel à la surface d'eau immergée et que la profondeur d'eau moyenne est relativement équivalente entre les deux pêcheries.

Ainsi, les différences de pente n'ont pas d'impact sur les quantités d'eau retenues dans les zones permanentes qui pourraient servir pour des animations ultérieurement.

1.2. Les habitats en présence

1.2.1. Définitions et objectifs

Le terme d'habitat va être compris ici comme un biotope, c'est-à-dire un milieu biologique comprenant des conditions de vie homogène (Définition : Biotope, Le Robert, 2023) et un milieu défini par un ensemble de facteurs physiques où vit un groupe d'espèces (Définition : Habitat, Larousse, 2023).

L'objectif en déterminant les habitats présents dans la pêcherie est de pouvoir les cartographier pour comprendre leur répartition dans chaque pêcherie et avoir une base pour mettre en place les inventaires de biodiversité qui seront développés par la suite.

1.2.2. Protocole

Le matériel utilisé pour les relevés :

Des photos aériennes des pêcheries réalisées par un drone en format papier

Une carte des pêcheries en version papier

Les systèmes utilisés pour l'analyse :

Logiciel QGIS

Nombre de personnes nécessaires :

1 ou 2 personnes

Période de terrain :

Inventaire (24/04/2023) ; cartographie (19/06/2023)

La méthode :

Pour réaliser la cartographie des habitats, de nombreux facteurs biotiques et abiotiques sont couramment utilisés sur les estrans : les ceintures algales, la granulométrie, les durées et niveaux d'immersions qui donnent les étagements de l'estran, les zones battues ou abritées, etc... (Baffreau et al., 2019 ; Bernard, 2012 ; Le Hir, 2002)

Les deux facteurs qui ont été retenus dans le cas des pêcheries sont le niveau d'immersion à marée basse et la granulométrie. Les raisons étant que les pêcheries sont situées toutes les deux à l'étage médiolittoral et ne présentent pas de ceintures algales particulières, car elles sont très exposées aux vents et aux marées, c'est-à-dire dans un milieu battu.

A partir de la carte papier et en évoluant à pied dans les pêcheries, les limites des zones immergées et émergées ont été repérées et dessinées. Ensuite, il a fallu déterminer les différents types de substrats présents et délimiter leurs recouvrements. Les données d'immersions et de substrats sont ensuite reportées en polygones vectoriels de format shapefile sur une carte réalisée sur QGIS en WGS 84. Il suffit ensuite de recouper les deux types d'informations pour donner la carte de la répartition des habitats.

Parmi les substrats, il y a du sable dont la nature et la provenance étaient indéterminées. Pour mieux le caractériser, des analyses de granulométrie ont été réalisées sur des échantillons de sable prélevés sur les deux pêcheries par le Musée du Sable au Château d'Olonne.

Ils ont analysé des échantillons de 700 g de sable provenant de chaque pêcherie au niveau des bancs de sable les plus « stables » possibles. Le traitement a nécessité de renverser les échantillons dans une tour de tamis dont les mailles sont de plus en plus fines :

- 1^{er} tamis : maille de 2 mm
- 2^e tamis : 1 mm
- 3^e tamis : 0,5 mm
- 4^e tamis : 0,25 mm
- 5^e tamis : 0,125 mm

Les grains de sable sont alors répartis par taille en secouant la tour de tamis pendant 1 minute, puis la quantité de sable contenu dans chaque tamis est pesée.

1.2.3. Résultats

Suite à l'inventaire, il a été établi 7 habitats différents : la roche mère immergée (RI), la roche mère émergée (RE ou R), les galets et blocs immergés (GI), les galets et blocs émergés (GE), le sable (S), les zones mixtes (M) et les cuvettes (F).

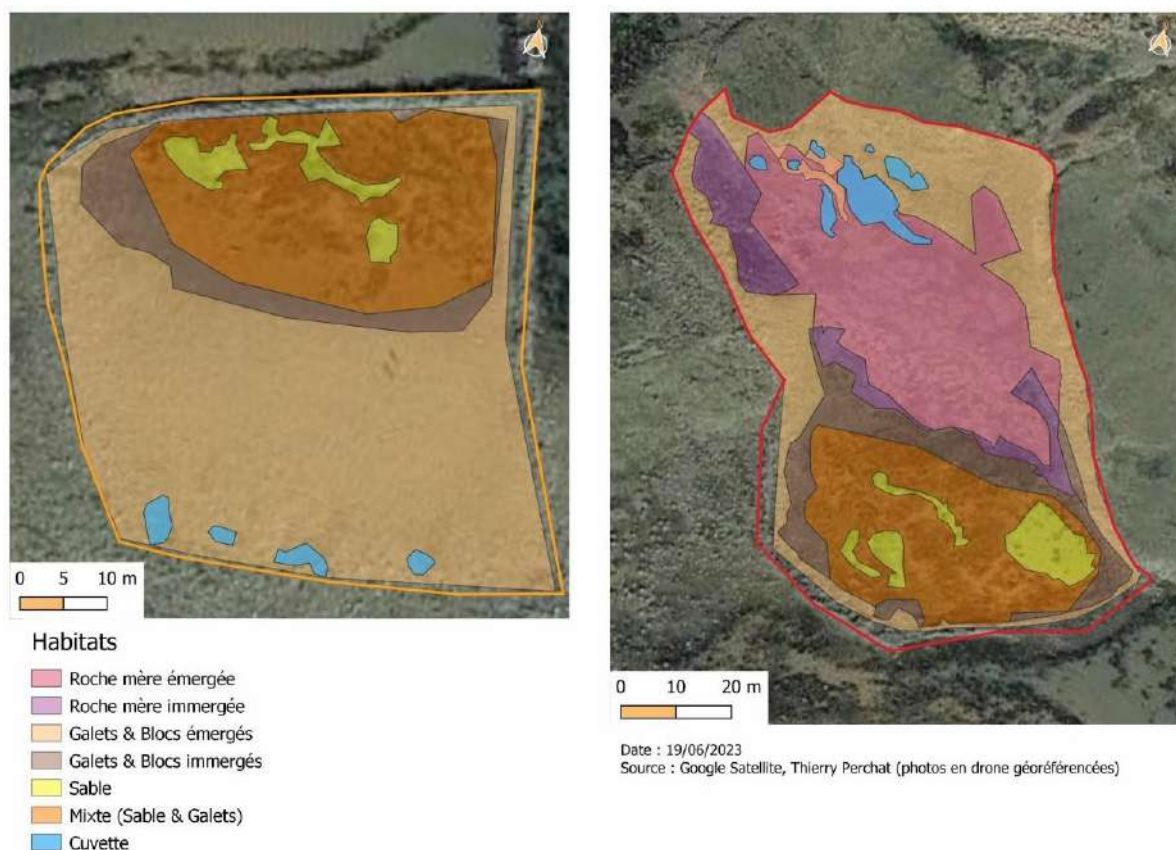


Figure 11 : Cartes des habitats présents dans la pêcherie 1 (à gauche) et 2 (à droite)

Précision typologique :

La roche mère se caractérise par le fait d'être une couche d'argile bariolée relativement lisse qui s'érode facilement.

Le milieu de galets et blocs se caractérise par la présence majoritaire de pierres calcaire détachées, libres ou fixes, qui ne forment pas une unité uniforme à l'inverse de la roche mère. Il sera considéré comme galets toutes les pierres ayant une circonférence inférieure ou égale à 30 cm, au-delà de cette valeur, il s'agira de blocs.

Un milieu est désigné comme immergé quand il est toujours couvert d'eau à marée basse et émergé quand il ne l'est pas.

Les cuvettes se distinguent des zones immergées, par le fait qu'elles ne sont pas interconnectées entre elles ou avec les masses d'eaux extérieures aux pêcheries, c'est-à-dire à la mer contrairement aux milieux dit immergés.

Les cuvettes se caractérisent aussi par une profondeur d'eau minimum de 10 cm avec un substrat majoritaire soit de galets en pêcheerie 1, soit de roche mère ou galets en pêcheerie 2.

Les zones mixtes se caractérisent par le mélange de sable et de galets l'un pouvant être majoritaire sur l'autre, et le fait qu'elles soient immergées.

Ensuite, les analyses réalisées par le Musée du Sable ont permis d'avoir des données sur la nature, la granulométrie et la provenance du sable (voir Tableaux 3 et 4).

Tableau 3 : Résultats granulométriques du sable de la pêcheerie 1 (Source : Musée du Sable)

Résultats des pesées en grammes :

Taille des grains	En g	%
grains > 2 mm	76	11
1 mm < grains < 2 mm	494	70
0,5 mm < grains < 1 mm	104	15
0,25 mm < grains < 0,5 mm	10	1,5
0,125 mm < grains < 0,25 mm	14	2
grains < 0,125 mm	2	0,3
TOTAL	700	100

Tableau 4 : Résultats granulométriques du sable de la pêcheerie 2 (Source : Musée du Sable)

Résultats des pesées en grammes :

Taille des grains	En g	%
grains > 2 mm	191	27
1 mm < grains < 2 mm	345	49
0,5 mm < grains < 1 mm	172	24
0,25 mm < grains < 0,5 mm	2	0,3
0,125 mm < grains < 0,25 mm	0	0
grains < 0,125 mm	0	0
TOTAL	700	100

Commentaire de l'analyste :

Les deux sables sont plutôt grossiers. Le sable de la pêcheerie 2 est globalement plus gros que le sable de la pêcheerie 1. Les deux sables ont beaucoup de coquillages, mais les coquillages du sable 2 sont moins abîmés. Cela peut vouloir dire que la mer y est plus calme ou qu'il y a eu un arrivage récent de coquillages. On trouve aussi des grains d'origine minérale qui ne proviennent pas de l'érosion des falaises calcaires du Veillon. Le sable trouvé pourrait provenir du dragage du Port de Bourgenay réalisé tous les ans, où le sédiment dragué est relargué près des pêcheries (Verfaillie, 2017). Le port étant localisé au nord-ouest du site et les courants marins venant du nord-ouest cette hypothèse est probable.

L'habitat « sable » se caractérise donc comme étant un sable coquillier grossier.

Enfin, le milieu mixte est un mélange du sable coquillier grossier et des champs de galets et blocs.

Chacun de ces habitats ont des répartitions et des surfaces très variées dans chaque pêcherie (voir Tableau 5). En effet au sein de P1, il y a uniquement les habitats GI, GE, S, M et F avec une dominance de l'habitat de galets et blocs émergés avec une surface de 1 674 m².

Au sein de P2, les 7 habitats sont présents. Il y a aussi une dominance des habitats de galets et blocs émergés avec une surface de 1 557 m², mais surtout de roche mère émergée avec une surface de 1 678 m².

Tableau 5 : Surfaces (en m²) des habitats au sein des pêcheries

Habitats	P1	</>	P2
RE	0	<	1678
RI	0	<	419
GE	1674	>	1557
GI	207	<	525
S	89	<	242
M	701	<	1032
F	37		152

1.2.4. Discussion

La pêcherie 2 présente une plus grande diversité d'habitats que la pêcherie 1. Cela pourrait avoir une influence sur la biodiversité et les communautés taxonomiques présentes et sur les capacités de résilience de la faune et la flore face à une perturbation entre les deux sites.

De plus, la pêcherie 2, de par sa taille, est composée d'habitats deux fois plus étendus que dans la pêcherie 1 dans la majorité des cas. Cela signifie qu'il y a plus de place pour que des cortèges d'espèces se développent et soient abondants dans cette pêcherie.

Il est à noter qu'en trois mois, les habitats ont grandement changés. En effet, les surfaces de bancs de sable ont fortement augmenté dans la pêcherie 1 et se déplacent à chaque marée. Contrairement à ceux de la pêcherie 2 qui semblent rester relativement fixe. Cela montre qu'il y a un apport et une remise en suspension fréquente du sable dans la pêcherie 1, ce qui rejoint l'analyse faite par le musée du sable disant que la mer serait plus agitée dans P1 que dans P2.

Or, le fait que le sable soit très mouvant et remis en suspension couramment peut avoir un impact négatif ou positif en fonction de la biocénose. Par recouvrement, le sable peut en effet être létale pour la faune et la flore non adaptée au manque de lumière ou au filtrage d'une trop grande quantité de sédiments ou facteur de développement pour les hermines.

Pour remplir les documents d'AOT et le formulaire de l'évaluation de l'impact d'incidence voici une correspondance du code des habitats inscrits dans le tome 2 du cahier des habitats sur les habitats côtiers. (Bensettiti et al., 2004)

Tableau 6 : Correspondance des habitats par rapport à la typologie des habitats de la façade atlantique (Natura 2000)

Habitats	Code	Libellé	Code Corine
S	1140-5	Estrans de sables grossiers et graviers	14
R	1170-2 X 1170-3	Roche médiolittorale en mode abrité et exposé	11.24
F	1170-8	Cuvettes ou mares permanentes	
G	1170-9	Champs de blocs	
M	1140-5 X 1170-9	Mélange d'estrans de sables grossiers et graviers et champs de blocs	14 X 11.24

2. Etude technique de la faisabilité

Pour évaluer la faisabilité technique de la restauration pour chaque pêcherie, une étude des portions des murets à restaurer et de la capacité humaine et matériel nécessaire pour restaurer les deux pêcheries a été réalisée.

2.1. Inventaire des portions de muret à restaurer

2.1.1. Définitions et objectifs

Le terme de portions de muret à restaurer va qualifier ici l'ensemble des parties de muret qui sont totalement ou partiellement écroulées et qui vont nécessiter la main de l'homme pour les reconstruire à leur niveau historique. Mais, il va aussi qualifier les portions du muret, qui étaient initialement creusées pour faire une sortie d'eau, qui se sont comblées et qu'il faut donc restaurer en creusant à nouveau.

L'objectif va donc être de localiser toutes les portions de muret qu'il faudra remettre à niveau, de faire une estimation des volumes de pierre nécessaire à la restauration et de localiser les zones qu'il faut creuser pour recréer les anciennes sorties d'eau.

Il est ajouté ici un objectif supplémentaire à la demande des commanditaires qui est de calculer la quantité de pierre qu'il faudra enlever dans la pêcherie 1. L'enjeu est de retrouver une pêcherie suffisamment creusée pour que la pente de 2,34% devienne quasi nulle, afin d'avoir une plus grande retenue d'eau.

2.1.2. Protocole

Le matériel utilisé pour les relevés :

Des photos aériennes des deux pêcheries réalisées par un drone

Une carte des pêcheries en version papier

1 mètre à main

1 décamètre

1 feuille de relevée

Les systèmes utilisés pour l'analyse :

Logiciel QGIS

Nombre de personnes nécessaires :

2 personnes (pour les mesures avec le décamètre)

Période de terrain :

20 et 21/04/2023

La méthode :

Après avoir repéré les portions de murets à restaurer sur une carte, il a été mesuré la longueur des portions avec un décamètre. Leur hauteur et leur largeur a été mesurée avec un mètre à main. Toutes ces mesures notées sur le terrain (en m) permettent ensuite de faire le calcul du volume en faisant :

$$\text{Volume de murets} = \text{Hauteur} \times \text{Longueur} \times \text{Largeur}$$

Pour les zones à creuser ou épierrier, seules les surfaces (en m²) sont relevées directement sur QGIS que cela soit pour les sorties d'eau ou la pente à creuser au sein de la pêcherie 1.

Pour savoir le volume de pierre à prélever au sein de la pêcherie 1, il suffit de faire le calcul suivant :

$$\frac{\text{Profondeur à prélever} \times \text{Surface}}{2}$$

Les roches calcaires ont une masse volumique variant entre 1,5 t/m³ et 2,72 t/m³ en fonction de leur porosité (Perrier et al., 2004). Donc, pour estimer la masse de pierre minimum à déplacer, en tonne, il suffit de multiplier le volume à prélever par 1,5.

2.1.3. Résultats

Les calculs de volumes montrent qu'il faudra restaurer 314,725 m³ de murets dans la pêcherie 1 et 287,25 m³ dans la pêcherie 2 (voir Figure 12). Pour les sorties d'eau, il faudra creuser sur 10 m² pour P1 et 14 m² pour P2. Et uniquement, pour la pêcherie 1, il faudra épierrer une surface de 1547 m².

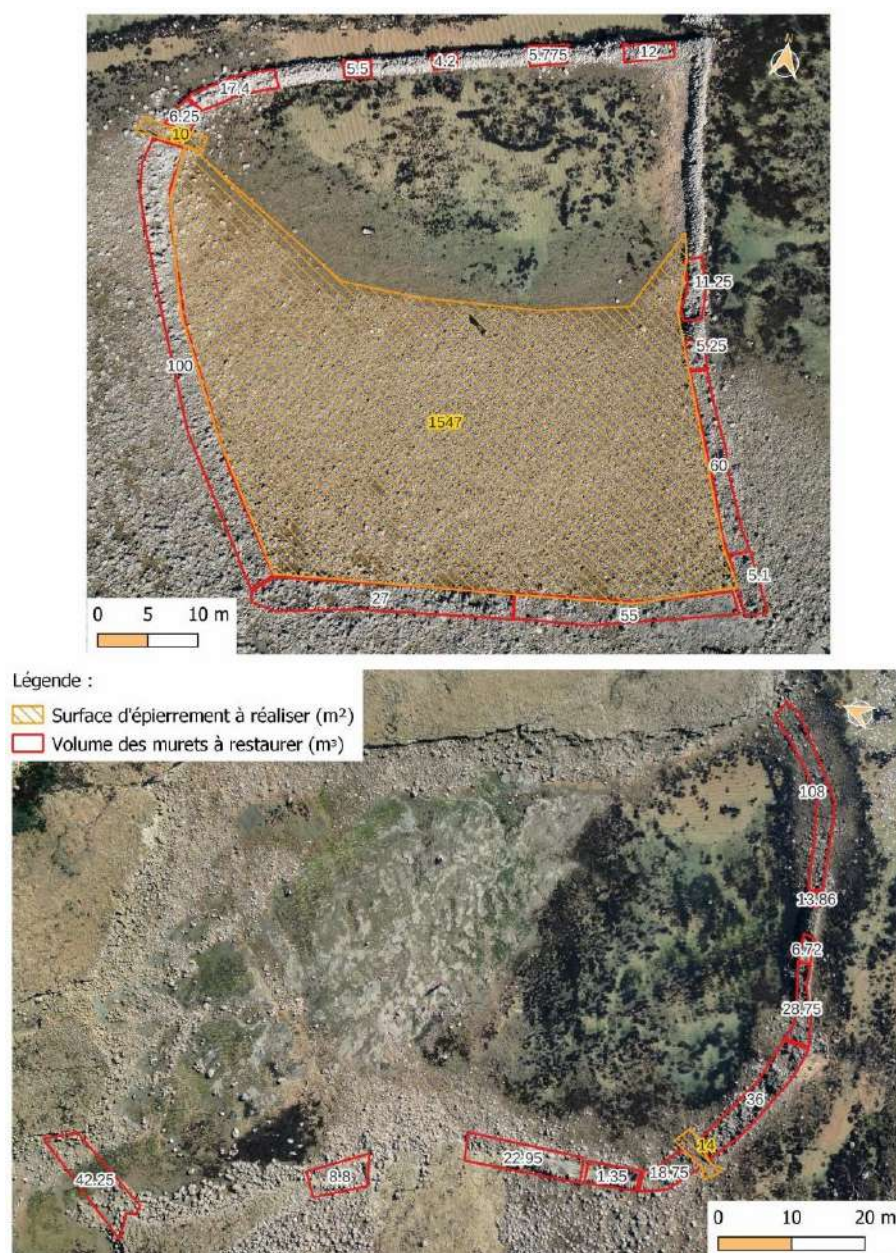


Figure 12 : Carte des travaux de restauration à fournir dans les deux pêcheries

Avec les données des pentes calculées précédemment, il est estimé à 1,053 m la profondeur à creuser dans la pêcherie 1. Cela donne donc un volume à épierrier de 814 m³.

Pour les sorties d'eau, il a été estimé qu'il faudra creuser 20 à 30 cm de profondeur ce qui donne 3 m³ de pierre et sédiments à enlever pour P1 et 4,2 m³ pour P2. Etant donné qu'il y a du sable en plus des pierres, le tonnage ne sera pas estimé ici.

Tableau 7 : Tonnage total de pierres à déplacer par pêcherie

Pêcheries	P1	P2
Masse de pierres pour les murets (en t)	472	431
Masse de pierres à épierrier (en t)	1 221	X

Une fois la conversion en tonnage réalisée, il est estimé que la restauration de la pêcherie 1 nécessitera de déplacer près de 1 693 tonnes de pierres contre 431 tonnes pour la pêcherie 2. La pêcherie 2 demandera donc beaucoup moins de quantité de pierres et d'efforts que la pêcherie 1.

2.1.4. Discussion

A partir des résultats, il a été estimé que la pêcherie 2 sera plus simple à restaurer que la 1 car il y aura une plus faible quantité de pierre à déplacer. Cela s'explique par le fait que la moitié de son périmètre est déjà à niveau grâce aux banches calcaires et argileuses qui la borde. De plus, la pêcherie 1 nécessite des travaux d'épierrement important, 1 221 tonnes de pierre à enlever, pour avoir une plus grande retenue d'eau.

Ainsi, même si elle est deux fois plus grande que la première, la pêcherie 2 nécessitera moins d'effort à la restauration même en prenant en compte les sorties d'eau à ouvrir et les murets à restaurer.

2.2. Estimation des besoins humains et techniques

2.2.1. Définitions et objectifs

Pour cette partie, le terme de besoin technique va désigner l'ensemble du matériel et des techniques disponibles et mises en place, qu'il sera nécessaire d'avoir pour restaurer le plus efficacement possible les murets en fonction du nombre de personnes présentes.

Le terme de besoin humain désignera la quantité de personnes nécessaires dans un temps donné pour une charge donnée. Par exemple, le nombre de personnes minimum et le temps qu'il faudra pour restaurer 1 m³ de murets.

L'objectif est donc de lister toutes les installations et les techniques qui ont été pensées pour la restauration d'une part, d'estimer leur efficacité, le nombre de personnes et le temps minimum nécessaire pour réussir à restaurer les murets des deux pêcheries avec ces techniques d'autre part.

Remarque :

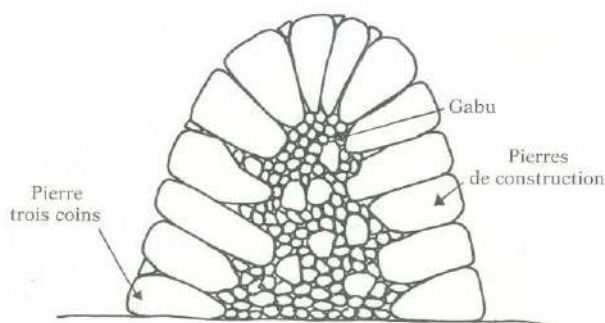
Au vu d'inaccessibilité par des machines mécaniques à cause du terrain escarpé et de la banche fragile, ainsi que de la demande des commanditaires d'utiliser des techniques médiévales ou manuelles et non motorisées, il sera proposé ici uniquement des techniques anciennes et manuelles qui vont rendre le temps de restauration assez long.

L'accessibilité aux pêcheries pouvant être compliquées à cause des enrochements de la côte, il y a également une réelle obligation que le matériel soit facilement transportable seul ou à plusieurs.

De plus, il faut que les techniques et le matériel soient relativement simple à utiliser et qu'ils rendent la restauration facile, car une grande partie des adhérents sont retraités et qu'il est souhaité que tous les profils soient capables de restaurer la pêcherie : adultes, enfants et retraités compris.

Pour mieux comprendre les protocoles qui vont suivre. Il faut bien comprendre que la restauration des murets demande de suivre une méthode bien précise (voir Figure 13). Pour restaurer un muret, il faut tout d'abord installer des linéaires parallèles de grandes pierres triangulaires à 2,5 m les unes des autres pour former les limites et la base du muret. Ensuite, il faut le remplir l'intérieur de gabu – un mélange de galets ou de petits blocs de pierre avec des coquilles de mollusques - et monter ainsi de suite le muret en suivant une inclinaison particulière de manière à former une voûte au sommet (Boucard, 2020).

Les coquilles servent de comblement dans un premier temps et de ciment naturelle dans un second temps suite à leur dégradation dans le temps et à l'action occasionnelle des hermines qui viennent s'y installer.



© Jacques Boucard

Figure 13 : Schéma d'une coupe de muret (Boucard, 2020)

L'ouverture des sorties d'eau ne seront pas pris en compte ici, car elle se fera de manière manuelle à l'aide de pelles et de seaux.

2.2.2. Protocoles

Le matériel utilisé pour le transport de pierre :

- 10 seaux de chantier ou maçonnerie (pour déplacer les galets)
- 1 civière réalisée avec un sac en toile et deux barres en bois de 2 m environ (pour déplacer les galets et blocs de moyenne taille)
- 1 barque annexe Tabur (pour alléger les porteurs lors de la traversée des zones d'eau)
- 1 système de levage de pierre en bois d'acacias et métal inspiré des engins utilisés pour la restauration du château de Guédelon, qui sera appelé ici une chèvre (pour déplacer les gros blocs)
(La chèvre est constituée d'un pied en bois et d'une poutre de 4,5 m de long, retenue par une pièce métallique pouvant pivoter à 360°.)
- 1 ensemble de chaînes en métal et de manilles pour attacher un bloc à la chèvre

Nombre de personnes nécessaires pour les tests :

- 11 personnes pour les tests du transport de pierre avec les seaux
- 2 personnes pour transporter la barque
- 1 personne pour transporter la civière
- 6 personnes pour transporter en pièces détachées la chèvre
- 2 personnes pour transporter les 10 seaux

Période de test :

16/06/2023 et 02/07/2023

Pour le déplacement des pierres, quatre techniques ont été testées : la chaîne humaine avec des seaux, la civière à 4, la civière accompagnée de la barque à 4 et le système de chèvre en bois.

Pour chaque technique, des protocoles différents sont instaurés.

Pour la chaîne humaine, 10 personnes se font passer des seaux pendant qu'une personne les remplit de moitié, soit d'environ 2,5 kg de pierres. Les 10 personnes se répartissent en quinconce et face à face de manière à couvrir 12 m, ce qui correspond à la distance la plus petite entre une source de galets libres et un des murets de la pêcherie 2 (voir Figure 14).

Les transporteurs se passent les seaux pleins en faisant un mouvement de balancier avec le bras d'une main pour s'aider du poids du seau pour le transmettre et récupèrent un seau vide de l'autre de manière à garder un flux continu de transport de seaux. Ainsi les seaux pleins naviguent de la zone de remplissage à une zone de vidage prédéfinie en amont et les seaux vides font le sens inverse. Les seaux vides sont alors remplis à nouveau.

Pour le test, 15 seaux à moitié pleins ont transité entre les deux zones.

Figure 14 : Illustration de la technique de la chaîne humaine – Thierry Perchat

Pour la civière, 4 personnes remplissent la civière de l'équivalent de 15 demi-seaux de galets en pierre, puis se mettent de part et d'autre de la civière. Les transporteurs réalisent la même distance que la chaîne humaine et renversent les pierres dans la zone de vidage.



Figure 15 : Remplissage de la civière

Dans l'optique de tester sa résistance et de pouvoir déplacer des blocs, la civière est aussi testée pour pouvoir transporter sur la même distance des blocs de taille moyenne. Pour ce test, 2 personnes soulèvent et basculent le bloc sur la civière, puis 4 personnes soulèvent la civière et emmènent le bloc sur la zone de vidage.

Pour la barque, il suffit de voir sa résistance en plaçant la civière avec le bloc de pierre dessus. Chaque porteur place une barre en bois sur une épaule et la barque soutien le poids du bloc. A l'aide de cordes attachées aux extrémités avant du radeau, les porteurs peuvent diriger la barque avec eux. La poussée d'Archimède permet ainsi de diminuer le poids du bloc lors de la traversée dans des zones d'eau.

Pour la chèvre, une fois monté, il faut enchaîner un bloc à l'extrémité de la poutre à l'aide des chaînes et des manilles à 2 personnes. Ensuite, 1 ou 2 personnes font levier à l'autre extrémité pour déplacer le bloc à l'opposé de son emplacement initial. Cela permet de déplacer des grands blocs facilement sur de petites distances (4 m environ).



Figure 16 : Utilisation de la chèvre par Didier Neault pour voir sa résistance

Pour chaque méthode, il était estimé la quantité de pierre déplacée, la distance parcourue et le temps qu'il fallait pour couvrir cette distance.

A partir de la méthode qui prend le plus de temps, une estimation du nombre de jours nécessaires pour restaurer les murets uniquement est proposée.

Le creusement des sorties d'eau correspondant à une faible surface et n'ayant pas été demandé par les commanditaires, aucune estimation du temps pour l'ouverture des sorties d'eau ne sera réalisée.

Remarque :

Toutes les pierres et tous les blocs ont été repositionnés à leur emplacement initial après les tests. Chaque bloc et pierre a été remplacé avec la face immergée initiale dans l'eau.

Le déplacement de pierre entraîne un stress et a un impact négatif pour les espèces qui utilisaient les pierres déplacées. Il est donc impératif de remettre les pierres et blocs correctement après cette intervention.

N'ayant pas encore l'autorisation de restaurer les pêcheries, ces tests se sont réalisés en dehors de la pêcherie 2, mais à proximité immédiate de celle-ci.

2.2.3. Résultats

Les résultats des tests réalisés sont récapitulés dans le tableau suivant :

Techniques Paramètres	Chaîne humaine (Galets)	Civière (Galets)	Civière (Bloc) + barque	Balancier (Bloc)
Quantité déplacée (kg)	37,5	37,5	>50	>50
Temps (Remplissage + transport)	2 min	1 min 50	1 min 30	1 min
Distance parcourue (m)	12	15	15	4
Nombre de personnes conseillées	16 10 pour déplacer 2 pour remplir les seaux 2 pour vider 1 pour ramener les seaux vides	4	8	2
Force requise	Faible	Modérée	Elevée	Modérée
Rapidité d'épuisement	Modérée	Importante	Importante	Faible

Le temps de déplacement des pierres est relativement équivalent entre les deux techniques de déplacement de galets et les deux techniques de déplacement de blocs.

Les techniques qui demandent le moins d'efforts et de force brute sont la chaîne humaine et la chèvre et celles qui demandent le moins de personnels sont les civières et la chèvre.

Les techniques qui permettent de couvrir les plus grandes distances sont la civière et la chaîne humaine quand un grand nombre de personnes peuvent être mobilisées.

Pour se donner une estimation du temps que prendrait la restauration d'une pêcherie, il suffit de diviser la quantité de pierre nécessaire pour restaurer tous les murets d'une pêcherie, avec la quantité de pierre moyenne transportable en un temps donné, puis de multiplier le résultat par le temps nécessaire pour le déplacement.

- Pour la pêcherie 2 :

Nombre de déplacements : $431\,000 / 37,5 = 11\,493,33$

Temps nécessaire : $11\,493,33 \times 2 = 22\,986,66 \text{ min} = 383,11 \text{ h}$

Le temps nécessaire pour tout restaurer est de 383,11 h.

Mais il est estimé qu'il y a environ 4 heures de battant pour amener le matériel, déplacer les pierres et remonter le matériel lors des marées supérieures à un coefficient de 70. De plus, en estimant, qu'il faut 30 minutes pour installer le matériel et 30 minutes pour le ramener et qu'il y ait des pauses de 10 minutes toutes les 30 minutes pour changer les postes de chacun et s'hydrater, il y aura l'équivalent de 40 minutes de pauses par jours d'intervention.

Donc, il y aura factuellement une durée réelle de 2h20 de déplacement de pierres par marée.

Il est alors possible de calculer le nombre de jours nécessaire à la restauration : $383,11 / 2,33 = 164,42 \text{ j}$

Ainsi, il faudra environ 165 périodes de grandes marées, c'est-à-dire 165 jours pour reformer tous les murets de la pêcherie 2.

A titre de comparaison, le temps nécessaire pour restaurer la pêcherie 1 a été calculé.

- Pour la pêcherie 1 :

Nombre de déplacements : $472\,000 / 37,5 = 12\,586,66$

Temps nécessaire : $12\,586,66 \times 2 = 25\,173,33 \text{ min} = 419,55 \text{ h}$

Nombre de jours nécessaire à la restauration des murets : $419,55 / 2,33 = 180,06 \text{ j}$

Il faudra 180 jours pour restaurer les murets de la pêcherie 1.

Remarque :

Les calculs précédents se basent sur le fait que les sources de pierres qui serviront pour la restauration se trouvent dans un périmètre de 12 mètres. En réalité, certaines pierres se trouvent au pied même des murets et d'autres à plus de 25 mètres. Les 12 mètres représentent donc une moyenne et les calculs se basent sur le temps le plus long pour déplacer des pierres sur 12 mètres. De plus, chaque technique permet de déplacer des quantités de pierres très différentes, mais bien souvent supérieures à 37,5 kg. Donc, la quantité de pierre déplacée, la distance et le temps de déplacement sont possiblement sous-estimés.

2.2.4. Discussion

A partir des résultats, il est à retenir que les techniques de chaîne humaine et de la chèvre seront conseillées si un nombre important de personnes sont mobilisées (environ 16 pers. minimum) et qu'elles ont des profils très variés.

Les techniques avec la civière, accompagnée de la barque ou non, et la chèvre seront conseillées les jours où peu de monde sera mobilisable (entre 7 et 15 pers.), mais elles nécessiteront des personnes en bonne santé.

Factuellement, il n'y a pas une grande différence de temps pour la restauration des deux pêcheries, quand il est sujet de la restauration des murets. Seuls 15 jours d'interventions les séparent. Mais comme chaque période de vives-eaux sont espacés de deux semaines à chaque fois et que mobiliser du monde pendant toute une semaine peut être compliqué. Ce décalage de 15 jours représente en réalité deux à trois mois supplémentaires pour restaurer les murets de la pêcherie 1 par rapport à la 2, en étant optimiste.

La pêcherie 2 demandera donc moins de temps et d'effort pour être restaurée.

3. Inventaire de la biocénose au sein des habitats

Dans cette partie, l'étude de la biocénose va consister à étudier les communautés faunistiques et floristiques présentes et la biodiversité en fonction des habitats au sein des pêcheries. Pour la faune, c'est la macrofaune intertidale, c'est-à-dire les espèces d'une taille entre 1 mm et 8 cm qui sera étudiée. Pour la flore, ce seront les macroalgues encroûtantes et dressées qui seront inventoriées.

Pour rappel, l'inventaire qui va suivre se fait dans un milieu anthropique, c'est-à-dire créé par l'homme. Cela signifie que les conditions abiotiques, normalement, présentes sur une zone intertidale dite « naturelle » où il n'y a pas eu d'aménagements anthropiques sont modifiées au sein des pêcheries. En effet, les conditions hydrodynamiques liées aux marées et aux vagues sont atténuées par la présence des pêcheries créant ainsi des zones abritées sur un estran initialement battu et des retenues d'eau conséquentes dans un milieu où normalement l'eau n'est pas présente à marée basse. Les conditions d'agitation et d'immersion sont alors modifiées et créent des refuges au niveau médiolittoral pour des espèces pouvant être initialement présentes à d'autres étagements de l'estran.

L'objectif en faisant cet inventaire est donc de faire un état des lieux des espèces présentes afin d'étudier le niveau de biodiversité, la répartition des communautés en fonction des habitats pour comprendre quelles communautés sont associées à quel habitat et savoir quel complexe d'habitats ont un potentiel de résilience plus élevés et sont donc à privilégier pour compenser les perturbations potentielles liées à la restauration d'une des pêcheries.

Un autre objectif essentiel est d'obtenir des données suffisamment solides pour pouvoir comparer les pêcheries entre elles, pour guider le choix de la pêcherie à restaurer. Pour cela, les données doivent permettre de choisir la pêcherie ayant un cortège d'espèces suffisamment diversifié et équilibré pour bénéficier de la restauration et résister aux perturbations qu'elle entraîne.

L'objectif final étant d'utiliser toutes ces données pour aider le GAE à avoir un référentiel de ce qu'ils peuvent trouver dans la pêcherie pour de futures animations, pour proposer un suivi avec des sciences participatives et pour appuyer et justifier la demande d'AOT auprès de la DDTM.

Le problème qui s'est alors posé était de trouver des inventaires ou des protocoles existants qui pouvaient permettre d'obtenir les données nécessaires à l'étude. Mais les conditions abiotiques particulières et la complexité des habitats présents sur les pêcheries sont tels, qu'aucun protocole existant - du REBENT, d'Ifremer, des CNRS, de l'Office Français de la Biodiversité (OFB) anciennement Agence Française de la Biodiversité (AFB), dans les articles scientifiques français ou étrangers ou les thèses universitaires - n'était applicable de manière efficace et efficiente sur notre site anthropisé. Il a donc fallu créer des protocoles de toute pièce en se basant sur nos enseignements, en s'inspirant de ce qui existait déjà pour les milieux naturels intertidaux (Baffreau et al., 2019) et en les adaptant, ce qui explique pourquoi les processus de création des protocoles seront décrits de manière détaillée pour cet inventaire.

Remarque :

Cet inventaire et son protocole a été réalisé avec l'aide de Max Lie. Seul l'analyse peut différer avec son rapport du fait qu'il avait une problématique légèrement différente pour son stage.

3.1. Définitions des objectifs

L'objectif de cet inventaire est d'obtenir une liste exhaustive des espèces présentes, de voir la répartition des communautés, la biodiversité au sein de chaque habitat et entre les pêcheries.

Ainsi, il sera possible d'identifier s'il y a des espèces rares ou protégées pouvant appuyer l'intérêt ou représenter un obstacle à la restauration des pêcheries. Cela permettra d'avoir un état des lieux du niveau de biodiversité et de la répartition des communautés faunistiques et floristiques au sein des pêcheries qui permettra de choisir quelle pêcherie, il est préférable de restaurer.

3.2. Protocoles

Le matériel utilisé :

- En général :

Petit matériel de travaux (cutter, mètre à main, scotch...)

- Pour l'établissement du protocole d'échantillonnage :

9 quadrats en gaine allant de 25, 50, 100, 200, 400, 800, 1600, 3200, 6400 cm²

Des seaux et une pelle

2 fiches terrains : des aires minimales et du nombre de quadrats par milieux

1 carte des habitats

- Pour les relevés :

3 cartes de la répartition des points de relevés pour les deux pêcheries

1 tableau indiquant les mesures pour poser les balises

1 décamètre de 100 m

1 bombe de couleur rouge écologique à la craie

Des balises faites d'un plomb de pêche et d'un bouchon de liège coloré en rouge attaché par une ficelle de 50 cm de long pour les milieux immergés et d'un caillou recouvert d'un point rouge pour les milieux émergés

2 quadrats en tuyau flexibles de plomberie percés de 16 dm²

1 quadrat en PVC de 16 dm² et 20 cm de haut avec un marquage à 10 cm de hauteur

Des pinces fines pour prélever (style trousse à dissection)

2 épuisettes

6 seaux

1 pelle

1 marqueur

1 téléphone ou appareil photo pour prendre des photos

Les fiches de relevés pour l'inventaire faunistique et floristique

- Pour le tri des échantillons de sable :

1 tamis de mailles espacées d'1 mm

Des coupelles en plastiques

1 seau

De l'eau

Des pinces fines pour prélever (style trousse à dissection)

- Pour conserver les échantillons :

60 piluliers remplis à moitié d'alcool à 90° et étiquetés au nom des stations échantillonnées pour la faune

60 sacs de congélation étiquetés au nom des stations échantillonnées pour les algues

Un congélateur pour les algues

- Pour l'identification
- 2 loupes binoculaires avec un grossissement allant de X10 à X45
- 1 loupe binoculaire avec un grossissement allant de X10 à X63
- 2 lampes pour éclairer les échantillons
- 2 coupelles en plastique blanches
- 2 bacs avec un bord de 5 cm de haut et de l'eau

Clés d'identification et sites internet utilisés :

- Hayward, P. J. (2017). *The marine environment of North-West Europe*. Dans *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe* (Second Edition. Edité par P. J. Hayward et J. S. Ryland). Oxford University Press, 808 p. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199549443.001.0001>
- Hayward, P. J., Nelson-Smith, T. et Shields, C. (1996). *Guide des bords de mer*. (Edition 2014). Delachaux et Niestlé, 352 p.
- Lincoln, R. J. (1979). *British marine Amphipoda: Gammaridea*. British Museum (Natural History), London, UK, 658 p.
- DORIS - Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatique. (s. d.). <https://doris.ffessm.fr/>
- Estran22. (s. d.). <https://www.nature22.com/estran22/estran.html>
- Force, E. (s. d.). *Clé de détermination des Algues*. To Take Nature - La Nature sous toutes ses formes. http://totakenature.fr/tag-clesdedetermination-cle_de_determination_des_algues.html
- *Seaweeds identification key – Norwegian Seaweeds*. (s. d.). <https://seaweeds.uib.no/key/>
- WoRMS - World Register of Marine Species. (s. d.). <https://www.marinespecies.org/index.php>

Les systèmes utilisés pour le protocole et l'analyse :

- Logiciel QGIS
- Excel et Google Sheets
- R Studio

Nombre de personnes nécessaires :

2 personnes pour préparer les inventaires et le matériel de prélèvement

8 personnes pour poser les balises

2 groupes de 3 personnes pour faire les prélèvements (1 qui prend les photos et tient les piluliers et les sacs de congélation, 1 qui prélève les espèces et les compte, 1 qui écrit les informations)

1 à 2 personnes pour prélever les échantillons de sable (1 qui tient le quadrat et le seau, 1 qui creuse et remplit le seau)

Période :

- Pour l'établissement du protocole et la préparation du matériel (à 2 pers.) : 2 semaines (24/04 au 06/05)
- Pour les relevés (à 6 pers.) : 2 jours (07/05 au 08/05, avec un coefficient de marée de 90 et 88 respectivement)
- Pour le tri d'échantillon de sable (à 2 pers.) : 2 jours
- Pour l'identification des espèces faunistiques et floristiques (à 2 pers.) : 5 jours + 1 semaine pour avoir une vérification auprès de professionnel (Gauthier Schaal et Thomas Burel, enseignant chercheur et doctorant à l'IUEM de Brest)
- Pour l'analyse (à 2 pers.) : 2 à 3 semaines pleines

Les méthodes :

- Pour l'établissement du protocole d'échantillonnage :

Pour l'échantillonnage, il a été décidé de faire un échantillonnage aléatoire stratifié en fonction des habitats inventoriés le 24/04/2023 (voir Figure 11). L'échantillonnage se fait à l'aide de quadrats circulaires, car cela permet de minimiser le périmètre pour une surface donnée. La taille du quadrat optimum a été déterminée grâce à la méthode des accroissements progressifs donnant l'aire minimale la mieux adaptée pour chaque habitat. Pour ce faire, un point fixe est choisi aléatoirement dans un habitat et le nombre d'espèces différentes de faune et de flore sont comptées pour chaque taille de quadrats (25, 50, 100, 200, 400, 800, 1 600, 3 200 et 6 400 cm²) positionnés au même point.

Les données recueillies permettent de dessiner une courbe linéaire où est comparé le nombre d'espèces différentes cumulées en fonction des aires du quadrat en cm² pour chaque habitat. L'aire minimale est alors l'aire optimale à partir de laquelle le nombre d'espèces observées n'augmente plus drastiquement.

Pour les tests des aires minimales dans les cuvettes, le test est réalisé dans la cuvette la plus grande de la partie émergée pour les deux pêcheries.

Une fois l'aire minimale choisie pour chaque habitat, la moyenne des aires minimales de tous les habitats des deux pêcheries est calculée donnant ainsi l'aire minimale standardisée la plus adaptée pour échantillonner tous les habitats.

Une fois l'aire minimale choisie, il faut choisir le nombre de quadrats à positionner pour chaque habitat. En sachant que le nombre de quadrats pour les plus grandes zones dépendra de l'hétérogénéité de la répartition des individus et de la richesse spécifique au sein de chaque habitat. Pour être le plus représentatif possible, la méthode utilisée est celle des répliqués. Similaire à la méthode précédente, elle consiste à compter le nombre d'espèces différentes de faune et de flore cumulées dans des quadrats de même taille, mais répétés de nombreuses fois. Le quadrat est alors lancé aléatoirement dix fois, mais toujours dans le même habitat.

Les données recueillies permettent de dessiner une courbe linéaire où est comparé le nombre d'espèces différentes cumulées en fonction du nombre de quadrats relevés par habitat. Le nombre de quadrats minimale à relever est alors celui à partir duquel le nombre d'espèces observées n'augmente plus drastiquement. (Chaque habitat par pêcherie ne demandera, donc pas obligatoirement le même nombre de quadrats à faire.)

Une fois le nombre de quadrats à relever par habitat déterminé, les points de relevés pour l'échantillonnage sont localisés aléatoirement sur le logiciel QGIS à l'aide de la carte des habitats faite sur les deux pêcheries.

Pour retrouver ces points sur les pêcheries, les GPS étant trop imprécis, il a été décidé de positionner des balises temporaires (cf. liste du matériel utilisé) grâce à un décamètre de 100 m. Pour ce faire, des points d'ancrage marqués à la bombe sur le terrain, une zonation des pêcheries et les distances entre les points d'ancrage et les points de relevés sont déterminés en amont sur QGIS.

La longueur entre le point de relevé et un point d'ancrage et la longueur totale que doit faire le décamètre, ainsi que les zones intérieures – extérieures délimitées sur QGIS, permettent alors d'avoir un système de coordonnées précis pour disposer les balises (voir Figure 17).

Il suffit que deux personnes maintiennent un décamètre de 100 m sur ces points d'ancrage et ajuste la longueur totale du décamètre pendant que trois autres personnes tirent sur le décamètre, afin de former un angle à la distance du point d'ancrage marquée sur une feuille de coordonnées et y posent la balise. Ce balisage commence dès que la pêcherie est accessible et pendant ce temps l'équipe d'observateurs amène le matériel nécessaire aux relevés. Les prospections peuvent alors commencer sans s'arrêter, car la pose des balises est plus rapide que les relevés.

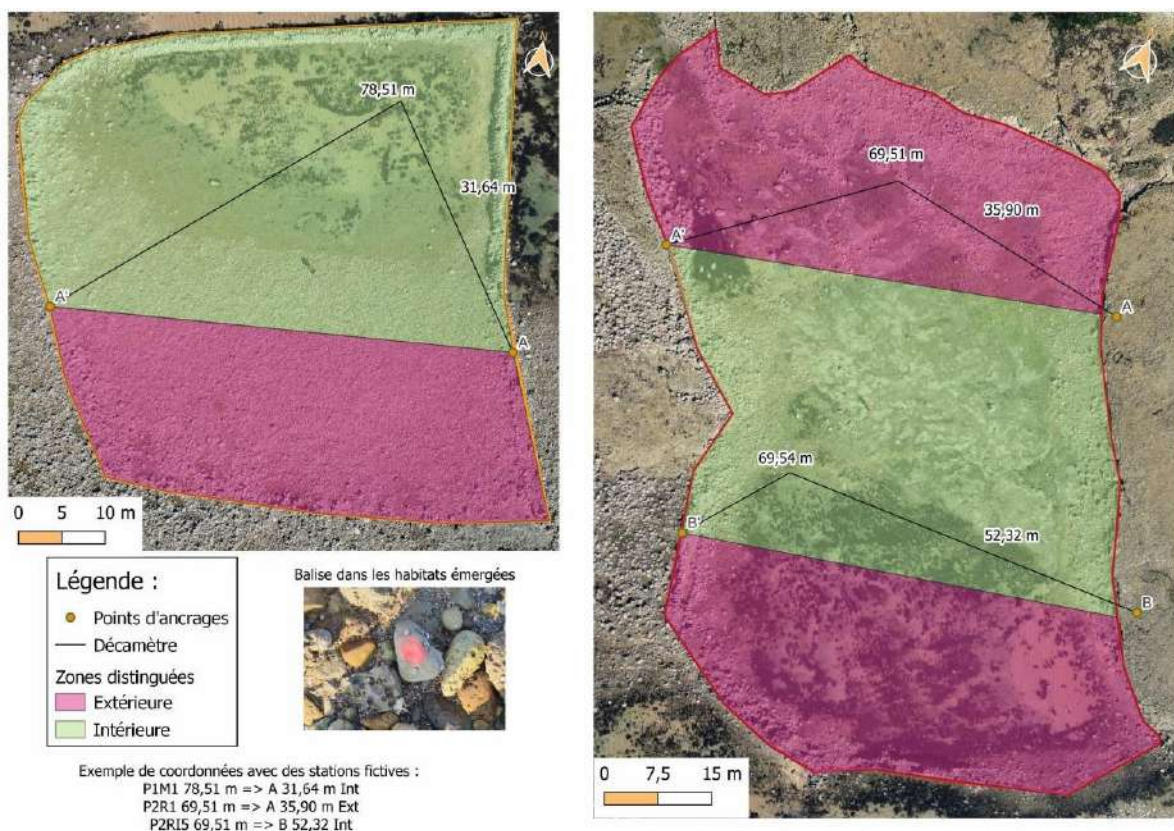


Figure 17 : Carte représentant le système de mesure pour poser les balises

- Pour les relevés :

Les périodes de relevés ont été réparties sur 2 jours de grande marée (>70 de coefficient de marée), afin d'avoir le temps d'effectuer tous les échantillonnages dans les deux pêcheries en zone immergée un jour et en zone émergée l'autre jour. Cela permet de diminuer les biais, liés à l'apport ou le retrait d'espèces pendant les deux phases de marées qu'il y a entre les deux périodes de relevés.

Au total, une trentaine de stations à relever sont réparties entre les deux groupes de trois personnes venant réaliser l'échantillonnage, afin d'avoir le temps de finir les relevés pendant les 4 heures de battant.

Avant de commencer les échantillonnages dans chaque pêcherie, il est renseigné le jour, l'heure de marée basse, le coefficient de marée, l'heure de début d'échantillonnage, la météo, la force du vent et la température, afin de constituer des métadonnées.

Pour chaque relevé, une photo du quadrat est réalisée quand c'est possible, cela permet de revenir sur la photo, s'il y a un doute sur le recouvrement d'une espèce. Il est également noté sur une fiche terrain les substrats dominant et secondaire (avec S = sable, R = roche mère, G = Galet), l'abondance en nombre d'individus des espèces animales trouvées et le recouvrement en pourcentage des algues, des balanes et des spirorbes. Quand une espèce inconnue est prélevée pour être identifiée plus tard, il est annoté « P » pour prélever.

En fonction du type d'habitat, les méthodes de relevés diffèrent :

- Pour la roche mère, les galets, le milieu mixte et les cuvettes :
 Au sein des quadrats de 16 dm², toutes les espèces présentes sur le substrat sont identifiées au mieux sur le terrain, sinon elles sont prélevées pour une identification ultérieure. Les algues sont mises dans des sacs de congélation et la faune dans des piluliers remplis d'alcool à 90°.

Quand il y a des galets, ils sont retournés pour inventorier les espèces présentes sur toutes leurs faces. Quand il y a des grandes masses d'algues, elles sont fouillées minutieusement pour trouver la faune qui se cache dedans. Si une espèce mobile se trouve sur la surface du quadrat pendant la période de relevé, elle est comptabilisée et prélevée si nécessaire.

- Pour le sable :

Un quadrat de 16 dm² en PVC est enfoncé de 10 cm dans le sable, puis le sable est creusé dans l'ensemble du quadrat jusqu'à cette profondeur avec une pelle et placé dans un seau étiqueté du nom de la station. Une période de tri est nécessaire par la suite pour prélever la faune piégée dans les seaux. Le tri va consister à tamiser le sable à l'aide d'un tamis de mailles espacées d'1 mm pour évacuer l'eau présente dans les échantillons et les sédiments fins. Puis, à l'aide de coupelles en plastique, d'eau et de pinces fine, tout ce qui ressemble à de la faune est prélevée et mis dans un pilulier avec de l'alcool à 90°.

Pour conserver les algues prélevées, elles sont mises au congélateur à -20 °C. Cela permet de conserver la couleur, la texture et les cellules des algues au mieux pendant plusieurs semaines. Lors de l'identification, il suffit de les laisser à chaleur ambiante, puis de les mettre une par une dans un bac d'eau.

- Pour l'identification :

Les espèces sont identifiées à la loupe binoculaire au grossissement X10 à X45 pour la faune et les algues et au grossissement X10 à X65 pour certaines algues. Les échantillons de faune et de flore sont immergés dans de l'eau pour mieux observer les branchies, les soies et autres parties anatomiques de petites tailles pour la faune et les cellules par transparence, la présence de poils ou de pics pour les algues.

De nombreuses clés d'identification de la faune et la flore marine ont été consultées pour réaliser nos identifications. Les clés d'identifications des algues étant très peu détaillées et de nombreux groupes faunistiques (amphipodes, annélides, némerites, plathelminthes ou cnidaires) étant compliqués à identifier, des vérifications auprès de professionnel tel que monsieur Gauthier Schaal et Thomas Burel, ainsi que la consultation de sites de recensements et d'identifications comme Estran 22, WoRMS et DORIS ont été nécessaire pour affiner nos identifications.

Les identifications peuvent aller au mieux jusqu'à l'espèce et sinon jusqu'au phylum ou l'ordre. Mais, pour de nombreux individus, si une ambiguïté est présente pour le nom d'espèce, l'identification s'arrête au genre, voire à la famille.

- Pour l'analyse :

Un tableau de données est construit regroupant toutes les métadonnées, les abondances et les recouvrements notés pour chaque station.

De plus, une liste des espèces inventoriées dans les deux pêcheries associées avec les statuts de conservation ou de protection a été réalisée et la liste des espèces ou habitats d'intérêt communautaire provenant de la liste des annexes de la directive « Habitat - Faune - Flore » à l'aide du site de l'INPN.

Ensuite, la répartition des communautés faunistiques et floristiques sont étudiées afin de se donner une idée des groupes taxonomiques dominants au sein de chaque pêcherie.

La répartition des communautés faunistiques est réalisée en regroupant les abondances d'espèces dans des groupes taxonomiques s'arrêtant au phylum ou au sous-phylum suivants : mollusque, crustacé, annélide, plathelminthe, némerite, cnidaire, échinoderme, bryzoaire, chordé, arthropode. Pour représenter cette répartition, il est calculé pour chaque milieu dans chaque pêcherie l'abondance relative de chaque communauté.

Pour cela, le calcul réalisé est : $\frac{n_{ji}}{N_i} \times 100$

Avec :

n_{ij} : le nombre d'individus dans le milieu i du groupe taxonomique j ;

N_i : le nombre total d'individus dans le milieu i .

Pour permettre le calcul avec toutes les données, les recouvrements de balanes (Chthamalus sp.) et de spirorbes sont convertis en abondance estimée, en multipliant le pourcentage de recouvrement noté par la moyenne d'individus trouvé sur une surface de 16 cm² de 10 quadrats comportant ces espèces. L'aire de 16 cm² où faire le comptage est choisie aléatoirement et représente ainsi 1% de recouvrement d'un quadrat de 1 600 cm².

De même les algues sont séparées en trois groupes : Rhodophyte (pour algues rouges), Chlorophyte (pour algues vertes) et Phaeophyceae (pour algues brunes).

La répartition des algues au sein des habitats et des deux pêcheries sont alors représentées grâce au recouvrement relatif, calculé sur le même modèle que pour les communautés faunistiques, mais en remplaçant les abondances par les recouvrements.

Les répartitions sont alors matérialisées sous forme d'histogrammes empilés avec une échelle allant de 0 à 100 pour chaque pêcherie et chaque habitat par pêcherie.

Dans le cas des algues, la richesse spécifique au sein des trois groupes est aussi calculée en fonction des pêcheries à titre informatif.

Ensuite, pour évaluer le niveau de biodiversité faunistique entre les deux pêcheries, la richesse spécifique et les indices de Shannon-Wiener et Pielou ont été calculé pour chaque station. Pour ces calculs, les balanes (*Chthamalus sp.*) et les spirorbes ont été enlevé car ils sont tellement abondants qu'ils écrasent les autres données rendant leur exploitation compliquée. Il faut donc avoir un recul sur les résultats obtenus.

La richesse spécifique (S) se calcule en faisant la somme du nombre d'espèces différentes au sein de la station.

$$- \sum p_i \times \log(p_i)$$

Avec :

S : la richesse spécifique

p_i : l'abondance relative de l'espèce $p_i =$

n_i : le nombre d'individus d'une espèce dans la station i

N_i : le nombre total d'individus toutes espèces comprises dans la station i

Cet indice varie entre $0 \leq H' \leq \log(S)$.

$$\log(S)$$

Cet indice varie entre $0 \leq J' \leq 1$

Pour les deux indices, c'est la base 2 du logarithme qui est utilisé.

(Sources : Grall et Coïc, 2005)

Remarque :

La richesse spécifique désigne le nombre d'espèces différentes trouvées au sein d'une station.

L'indice de Shannon, aussi appelé indice d'homogénéité, sert à identifier la diversité spécifique au sein d'une station. S'il y a une espèce largement dominante parmi toutes les espèces présentes ou une seule espèce présente dans la station, alors la communauté d'espèces est homogène, c'est le cas quand l'indice est proche de 0. Si toutes les espèces ont la même abondance dans la station, alors la communauté d'espèces est hétérogène, c'est le cas quand l'indice est proche de $\log(S)$.

L'indice de Piélou, aussi appelé indice d'équitabilité, permet de identifier la répartition des individus en fonction des espèces sans prendre en compte la richesse spécifique. Quand J' est proche de 0, les individus sont au sein d'une espèce qui est donc dominante. Quand J' est proche 1, les individus de l'échantillon sont répartis de manière égale au sein des espèces.

La répartition de ces indices est matérialisée par des boîtes à moustache réalisées sur le logiciel R Studio.

Pour voir, si les données de richesse spécifique, de Shannon et de Piélou sont significativement différentes ou pas entre les pêcheries, entre les habitats au sein des pêcheries et entre les habitats des deux pêcheries, des tests statistiques sont réalisés pour comparer les moyennes des données obtenues.

Les comparaisons se feront toujours avec deux échantillons uniquement. Avant de faire le test, il faut vérifier si les données des échantillons sont paramétriques ou non.

Si les données des échantillons sont indépendantes entre elles, qu'elles suivent une distribution normale et qu'il y a une homogénéité des variances entre les échantillons, alors les données sont paramétriques. Il sera alors possible d'utiliser le test t de Student, sinon il sera utilisé le test de Wilcoxon-Mann-Whitney. La distribution normale se vérifie avec le test de Shapiro-Wilk et l'homogénéité des variances se vérifie avec le test de Fisher. Les tests se font également sur le logiciel R Studio.

Pour chaque test de comparaison de moyenne, l'hypothèse H_0 est qu'il n'y a pas de différences significatives entre les deux échantillons et l'hypothèse H_1 est qu'il y a une différence significative entre les deux échantillons.

Il est accepté un risque de se tromper en rejetant H_0 de 5%, c'est-à-dire que :

- Si $p\text{-value} < 0,05$ alors on rejette H_0 et on accepte l'hypothèse H_1 , les moyennes sont alors significativement différentes.
- Si $p\text{-value} > 0,05$ alors on ne peut pas rejeter H_0 et les moyennes ne sont pas significativement différentes.

3.3. Résultats

Pour l'établissement du plan d'échantillonnage, le calcul de la moyenne des résultats des aires minimales optimales pour chaque habitat a mené à choisir la dimension de 16 dm^2 pour les quadrats.

La méthode des réplicats avec des quadrats de 16 dm^2 a permis d'obtenir les courbes cumulatives suivantes :

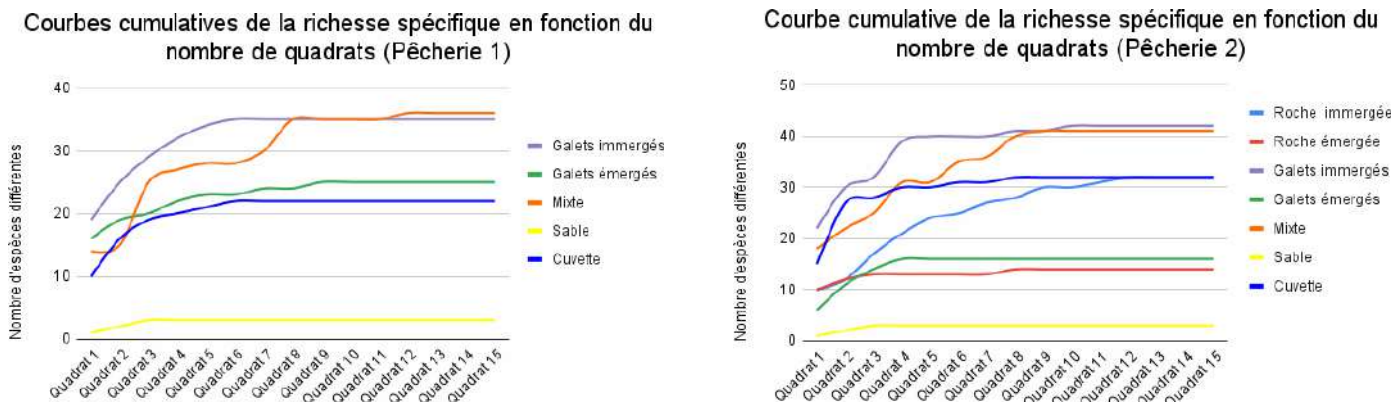


Figure 18 : Courbes cumulatives de la richesse spécifique en fonction du nombre de quadrats des pêcheries

Le nombre de quadrats à utiliser pour chaque habitat par pêcheurie est choisi au point qui suit l'inflexion de la courbe la plus forte. Par exemple, pour le milieu « cuvette » de la pêcheurie 1, le plus intéressant est de relever trois quadrats.

Globalement, le nombre de quadrats à relever varie fortement entre les habitats et entre les pêcheuries au vu de la Figure 18, pouvant aller de 3 quadrats à 9 quadrats en fonction des habitats. Il a donc fallu faire des compromis entre ce qui était réalisable sur le terrain et les résultats théoriques obtenus grâce à ces graphiques.

En sachant que les temps de relevé ne durent que 4 heures pour une marée et que les observateurs ne sont pas spécialement des experts en identification des espèces faunistique et floristique médiolittorale, il a été estimé qu'il ne fallait pas relever plus de 60 quadrats au total. De plus, faire des relevés, en milieu immergé et au niveau des galets, demande beaucoup plus de temps qu'en milieu émergé.

Les compromis acceptés ont donc mené à la répartition du nombre de relevés par habitat suivant :

Tableau 9 : Nombres de quadrats optimum à relever par habitats et par pêcheuries

Habitats	P1	P2
Roche mère immergée	X	9
Roche mère émergée	X	3
Galets immergés	5	4
Galets émergés	7	4
Mixte	8	8
Sable	3	3
Cuvette	3	3
Total	26	34

Une fois les points de relevés répartis aléatoirement sur QGIS à partir de ces données, le plan d'échantillonnage stratifié par habitat donne les cartes des points à relever suivantes (voir Figure 19).

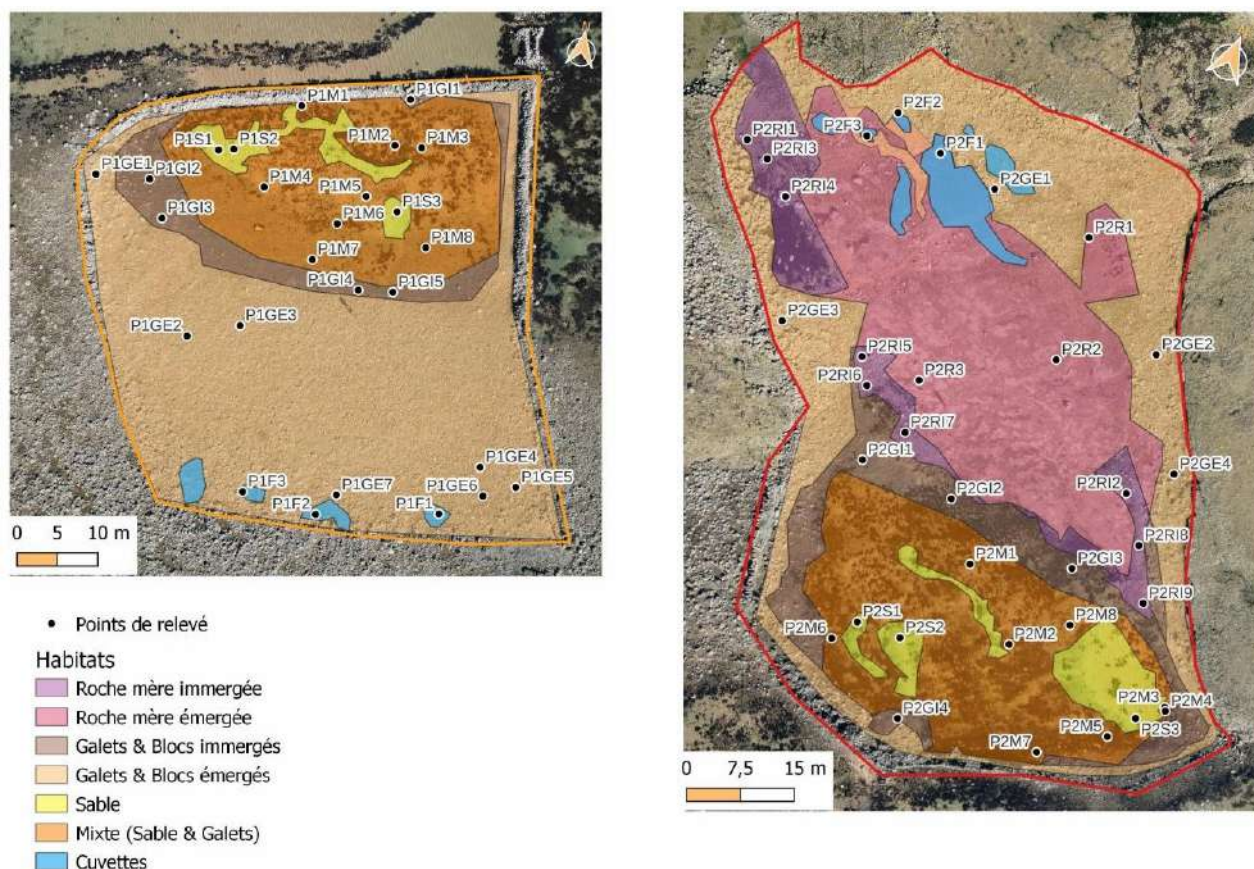


Figure 19 : Localisation des stations de relevés pour l'inventaire de la biocénose au sein des habitats

Au total, 59 stations sur les 60 prévues ont pu être prospectées par manque de temps lié aux marées pendant les deux jours. Sur toutes les stations seule la station n°8 en milieu mixte de la pêcherie 1 n'a pas été faite.

Près de 90 espèces ont été répertoriées avec 29 espèces d'algues et 61 espèces animales.

Pour la faune, il a été réalisé 34 identifications jusqu'à l'espèce, 5 au genre, 17 à la famille, 1 à l'ordre, 1 à la sous-classe, 2 à la classe et 1 au phylum.

Pour la flore, il a été réalisé 23 identifications jusqu'à l'espèce, 5 au genre et une algue épiphyte non déterminée.

En plus des individus identifiés pour l'inventaire, d'autres espèces ont été observées hors inventaire, dont 12 algues différentes identifiées jusqu'à l'espèce dont deux espèces de fucus uniquement présentes dans la pêcherie 2.

Des indices de reproduction est également à souligner. En effet, des œufs de gastéropodes dont ceux de nudibranches ont été observés en pêcherie 1 et des juvéniles de poissons dont des bars communs (*Dicentrarchus labrax*) sont vu régulièrement en plus d'un œuf de raie en pêcherie 2.

Des récifs d'hermes peu développés sont aussi présents formant plus un ciment biogénique entre des blocs écroulés et détachés du muret plus qu'un récif en lui-même. Il est à noter que pour les deux pêcheries les hermes se développent mieux au sein même des murets dans les zones où les murets sont intacts. Les zones écroulées n'en présentent pas ou alors dans un mauvais état. Des tapis minces ne formant pas de récifs à proprement parler se forment aussi autour et dans les cuvettes de la pêcherie 2.

Enfin, plusieurs observations répétées ont permis de conclure qu'une sterne Pierregarin (*Sterna hirundo*) chasse régulièrement dans la pêcherie 2 et dans les masses d'eaux qui l'entourent.

La liste de toutes les espèces observées pendant et hors inventaire, à laquelle s'ajoute la liste des espèces observées dans un second inventaire développé dans une deuxième partie (cf. Partie 2 : Les suivis écologiques) se trouve en Annexe 3.

- La répartition des communautés :

Faunistique :

Suite au calcul de l'abondance relative (voir Annexe 4), la répartition des groupes taxonomiques de la faune des deux pêcheries sont représentés en format d'histogrammes cumulés (voir Figure 20).

Figure 20 : Répartition des communautés d'espèces par habitats dans les deux pêcheries

Remarque :

Pour le calcul des abondances relatives, les pourcentages de recouvrement de *Chthamalus sp.* ont été convertis en multipliant la valeur de pourcentage par 31 individus et les spirorbes par 21 individus, soit le nombre moyen qui a été trouvé pour 1% de recouvrement.

Les résultats montrent que dans les deux pêcheries, il y a les mêmes groupes dominants en fonction de l'habitat. En effet dans les deux pêcheries, les milieux galets émergés présentent une dominance de crustacés, les milieux mixtes, de galets immergés et de sable présentent eux une dominance d'annélides. A l'inverse les cuvettes présentes une dominance de crustacés dans la pêcherie 1 et une dominance d'annélides dans la pêcherie 2.

Enfin, il est possible de voir que le milieu de roche mère émergée est dominé par la présence de crustacés et la roche mère immergée par des mollusques.

La pêcherie 1 présente donc deux groupes taxonomiques dominants parmi ces habitats les crustacés et les annélides. Quant à la pêcherie 2 en présente trois que sont les annélides, les crustacés et les mollusques.

Il est à noter que pour les milieux de cuvettes, de galets émergés et de roche mère émergée, la dominance de crustacés peut s'expliquer par la forte présence de *Chthamalus sp.*, une espèce très commune en milieu battu. La forte présence d'annélides dans les milieux mixtes, les galets immergés et les cuvettes peut s'expliquer par la forte présence de spirorbes et *Spirobranchus sp.*, deux espèces très communes dans les milieux perturbés (Le Hir, 2002).

De plus, quelle que soit la pêche, en dehors du sable, les milieux dit mixte, de cuvettes, de galets immergés et de roche émergée présentant des annélides comportent en partie des individus de *Sabellaria alveolata*.

Remarque :

Il est à relever que les arthropodes relevés dans le sable de la pêche 1 sont des collembolés marins (*Anurida maritima*). Le chordé trouvé dans les galets immergés de la pêche 1 est une ascidie. Le chordé trouvé dans le sable de la pêche 2 est un lançon (*Gymnammodytes semisquamatus*). Les chordés trouvés dans les cuvettes de la pêche 2 sont deux blennies Mordocet (*Lipophrys pholis*).

Floristique :

A partir des données recueillies, il est obtenu la répartition du recouvrement relatif des algues par pêche et par habitats (voir Annexe 5 et Figure 21 et 22) et la richesse spécifique au sein de chaque groupe d'algues en fonction des pêches (voir Tableau 10) .

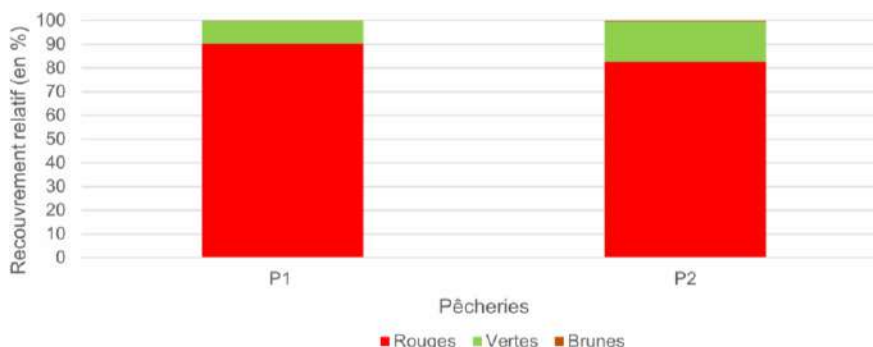


Figure 21 : Répartition du recouvrement des algues par pêches

A contrario de la faune, la flore dominante reste la même quels que soit le milieu et la pêche (voir Figure 21). Il s'agit des algues rouges avec une présence supérieure à 80 %. Par contre, la pêche 2 présente un recouvrement d'algues vertes légèrement plus important que la pêche 1. (16,9 % contre 9,7 % d'algues vertes).

Tableau 10 : Présentation de la richesse spécifique par groupes d'algues en fonction des pêches

Richesse spécifique	P1	P2
Algues rouges	13	20
Algues vertes	4	6
Algues brunes	1	1
Total	18	27

A partir de la richesse spécifique déterminée en fonction des pêches (voir Tableau 10), il est à noter que la pêche 2 présente aussi une plus grande richesse spécifique que la pêche 1 en termes d'algues rouge et verte.

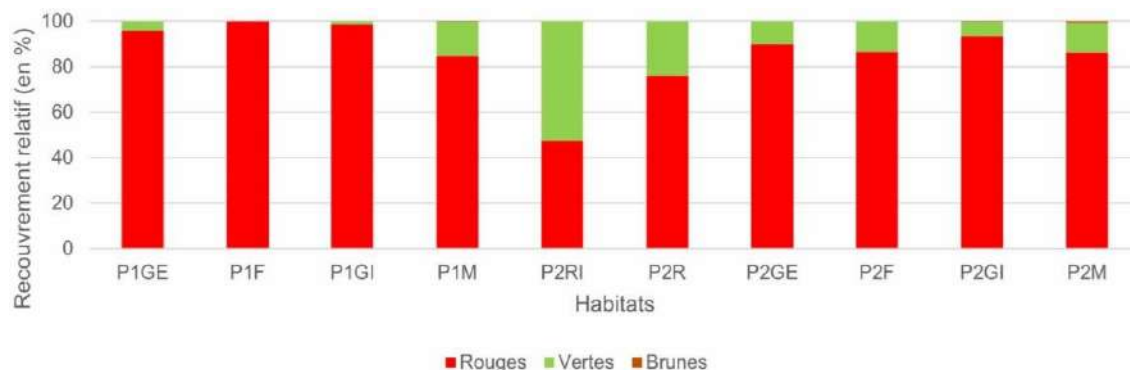


Figure 22 : Répartition du recouvrement des algues par habitats et par pêcheries

Entre les habitats également les algues rouges sont dominantes avec un recouvrement supérieur à 70 %. Seule exception pour le milieu de roche immergée de la pêcherie 2 qui présente une dominance d'algues vertes (52,6 %) suivi des algues rouges (47,4 %).

Les algues vertes sont présentes dans tous les milieux à des pourcentages allant de 1,3 % à 52,6 %. Seul le milieu des cuvettes de la pêcherie 1 ne présentait pas d'algues vertes.

Il y a une présence très faible d'algues brunes, représentée uniquement par *Sargassum muticum*, sur les deux pêcheries dans le milieu mixte (<1 %) de la pêcherie 1 et 2, ainsi que dans le milieu des galets immergés de la pêcherie 2 (<1 %).

- Les indices de biodiversité :

Le calcul de la richesse spécifique, des indices de Shannon et de Piélou (voir Annexe 6) permettent de mieux comprendre comment se répartit la biodiversité faunistique au sein des pêcheries et des différents habitats qui les composent. Elles servent également à analyser plus en profondeur ce qui a pu être relevé lors de l'étude de la répartition par groupes taxonomiques de la faune.

Remarque :

Etant donné que les échantillons sont de taille relativement différente et/ou de trop petites tailles, il s'est avéré que les échantillons étaient non-paramétriques, donc seul le test de Wilcoxon-Mann-Withney avec valeur exacte sera utilisé pour les comparaisons de moyennes.

L'ensemble des résultats des comparaisons de moyennes sont consultables en Annexe 7 et la répartition des indices de biodiversité entre les deux pêcheries sur la Figure 23.

Les deux pêcheries présentent une répartition de la richesse spécifique (avec une moyenne de P1=7,32 et P2=5,88), de l'indice de Shannon (avec une moyenne de P1=1,99 et P2=1,67) et de l'indice de Piélou (avec une moyenne de P1=0,73 et P2=0,64) qui ne sont pas significativement différentes sur le plan statistique.

En effet, les tests montrent une p-value > 0,05 pour les comparaisons des moyennes des trois indices entre les pêcheries. Il est donc possible de dire que globalement les deux pêcheries ont des moyennes de répartition identiques pour ces indices.

Les deux pêcheries ont une richesse spécifique moyenne d'environ 6,6 espèces et présente un indice de Shannon moyen relativement plus proche du log(S) que de 0 (avec respectivement : $\text{Log}(7,32) = 2,87$ et $\text{Log}(5,88) = 2,55$). Donc, elles présentent des communautés relativement hétérogènes quand les balanes et les spirorbes ne sont pas comptabilisées.

Pour les deux pêcheries, la moyenne des indices de Piélou est supérieure à 0,5. Donc, elles comportent toutes les deux une répartition des individus relativement égale entre les espèces.

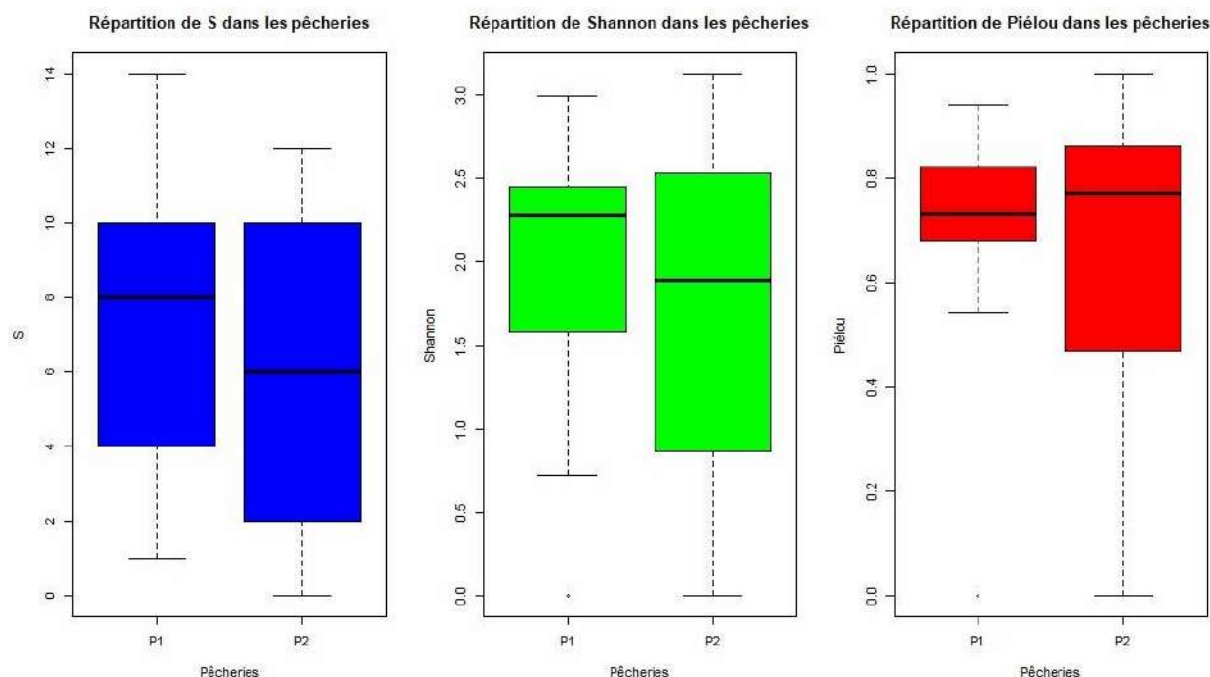


Figure 23 : Représentation de la répartition de la richesse spécifique (S), des indices de Shannon et de Pielou en fonction des pêcheries

Maintenant en regardant dans le détail, ces indices en fonction des habitats, il est possible de nuancer les premiers résultats.

Pour commencer, il est à noter que les moyennes de la richesse spécifique de tous les habitats quelle que soit la pêche varie entre 2,67 et 11 espèces, ce qui montre une faible biodiversité faunistique par milieu (voir Figure 24 et Tableau 11). Les moyennes des indices de Shannon des habitats varient entre 0,88 et 2,85 et celles de Pielou entre 0,42 et 0,86 (voir Figures 25 et 26 et Tableau 11). L'hétérogénéité des communautés au sein des échantillons et la répartition des individus par espèce est donc relativement variable en fonction des habitats, mais semblent tendre vers des communautés plutôt hétérogènes et équitables.

Tableau 11 : Moyennes des indices de biodiversité en fonction des habitats

Indices	P1F	P1GE	P1GI	P1M	P1S	P2F	P2GE	P2GI	P2M	P2R	P2RI	P2S
S	11	10,24	8,8	3,86	2,67	10,33	8,75	10	4,62	5	3,78	2,67
Shannon	2,33	2,52	2,45	1,49	0,88	2,68	2,21	2,85	1,16	1,58	1,27	1,05
Pielou	0,67	0,76	0,77	0,78	0,51	0,81	0,73	0,86	0,42	0,68	0,62	0,67

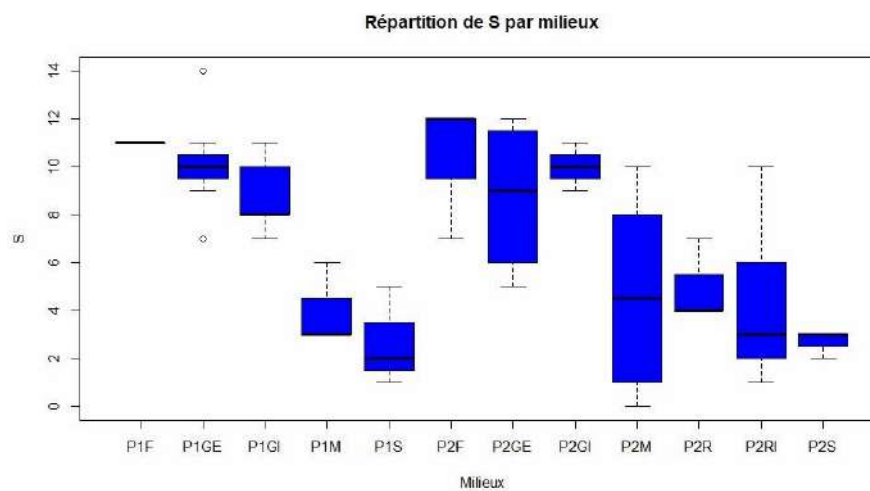


Figure 24 : Représentation de la répartition de la richesse spécifique (S) en fonction des pêcheries et des habitats

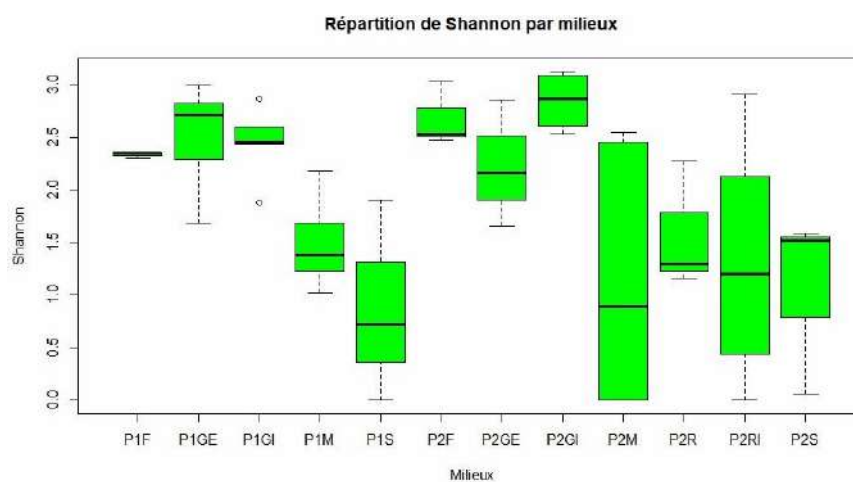


Figure 25 : Représentation de la répartition de l'indice de Shannon en fonction des pêcheries et des habitats

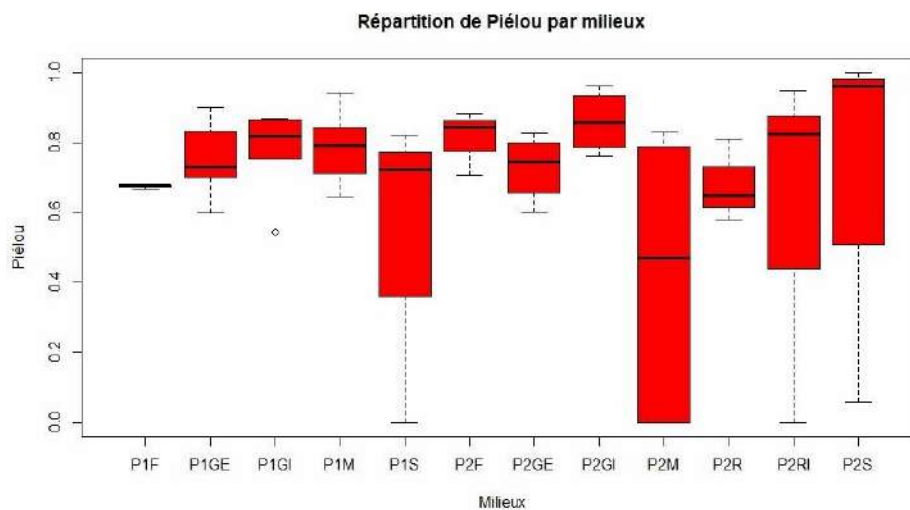


Figure 26 : Représentation de la répartition de l'indice de Pielou en fonction des pêcheries et des habitats

Selon les tests de comparaison de moyenne (voir Annexe 7), les cinq milieux comparables entre les deux pêcheries ne présentent pas de différences significatives entre leurs moyennes comparées deux à deux pour chaque indice, ce qui explique en partie les résultats des comparaisons des moyennes pour les pêcheries précédents. Cela signifie que pour un même milieu, il n'y a pas de différences significatives des moyennes de la richesse spécifique, des indices de Shannon et de Pielou entre les deux pêcheries.

Ensuite, les milieux de cuvettes (F), de galets émergés (GE) et galets immergés (GI) présentent une richesse spécifique moyenne significativement plus élevée que les milieux de sable (S) et mixte (M) dans la pêcherie 1 et plus élevés que les milieux de sables et de roches immergés (RI) dans la pêcherie 2. Dans cette dernière pêcherie, le milieu galet immergé a aussi une richesse spécifique moyenne plus élevée que le milieu mixte et celui de roche émergée (R). De plus, ce dernier milieu a un indice significativement plus élevé que le milieu de sable. Les autres milieux ne sont pas significativement différents entre eux au sein de chaque pêcherie.

Pour les indices de diversité, les résultats sont assez disparates. Dans la pêcherie 1, le milieu de galets émergés présente un indice de Shannon moyen significativement plus élevé que celui des milieux de sable et mixte et les milieux de cuvettes et de galets immergés présentent un indice de Shannon moyen aussi plus élevé que le milieu mixte. Les autres milieux entre eux ont un indice de Shannon moyen, relativement identique sur le plan statistique en tout cas.

Pour la pêcherie 2, les milieux de galets immergés possèdent un indice de Shannon moyen significativement plus élevé que les milieux de roche immergée et mixte, ainsi que le milieu de cuvettes qui possède un indice moyen plus élevé que celui de la roche immergée.

Les autres milieux entre eux ne présentent pas de différences significatives pour la moyenne des indices de Shannon.

Enfin, les moyennes des indices de Pielou pour tous les habitats entre eux au sein de chaque pêcherie ne sont pas significativement différentes.

Cela signifie que globalement les milieux de cuvettes, de galets immergés et émergés présentent une richesse spécifique bien supérieure aux autres milieux dans les deux pêcheries avec certitude. Avec ce constat, s'ajoute le fait qu'ils présentent aussi des communautés d'espèces faunistiques relativement plus hétérogènes que les autres habitats, mais dans l'ensemble tous les habitats présentes une répartition des individus inventoriés relativement équitable entre espèces.

3.4. Discussion

Tout d'abord, la présence de deux habitats supplémentaires dans la pêcherie 2 par rapport à la pêcherie 1, que sont la roche mère immergée et émergée, fait que la pêcherie 2 possède un plus fort potentiel pour avoir une abondance de mollusques et de crustacés supérieure à la pêcherie 1 qui sont les deux groupes taxonomiques, respectivement dominants dans les deux habitats.

Sur le plan floristique, la pêcherie 1 comprend essentiellement des algues rouges. Tandis que la pêcherie 2 possède une plus grande part d'algues vertes, même si les algues rouges restent largement dominantes ce qui permet d'offrir une plus grande diversité floristique. De plus, il y a une plus grande diversité d'espèces au sein de la pêcherie 2 par rapport à la 1.

Or, les algues constituent des micro-habitats et une source de nourriture essentielle pour nombre d'espèces. Plus la diversité d'algues est importante, plus le nombre d'espèces faunistiques, voire algales, pouvant en bénéficier en tant qu'épiphytes ou consommateurs directs est important.

Sur le plan de la biodiversité faunistique, les deux pêcheries montrent une richesse spécifique et un niveau d'hétérogénéité des communautés et d'équipartition des individus par espèce relativement similaire. Ainsi, il n'est pas possible d'affirmer qu'une pêcherie possède une plus forte diversité faunistique que l'autre.

Malgré cela, il est possible de distinguer trois habitats extrêmement intéressants de par la richesse spécifique et l'hétérogénéité importante qu'ils offrent en termes d'espèces faunistiques par rapport aux autres milieux : les milieux de galets immergés et émergés et les cuvettes. Cela peut s'expliquer par le fait que les galets constituent de nombreux micro-habitats pour la faune contrairement à la roche mère lisse ou le sable. Quant aux cuvettes, elles constituent des zones de refuges par la rétention d'eau à marée basse pour les espèces ne supportant pas une trop longue période d'émersion.

D'autre part, il faut souligner que dans l'ensemble, les deux pêcheries possèdent une richesse spécifique vraiment très faible pour une zone médiolittorale majoritairement rocheuse. D'après une étude non publiée de Jacques Grall, réalisée sur la Bretagne par exemple, il aurait été cohérent d'observer au minimum 110 espèces différentes pour un estran rocheux contre 62 observées lors de cet inventaire (G. Schaal, communication personnelle, cours Biologie et écologie en milieu côtier, Master 1 EGEL, 2023).

Cette grande différence pourrait s'expliquer par le fait qu'il y a une très forte accumulation d'éléments stressants pour les espèces au sein des pêcheries avec le piétinement et le retournement constant des pierres par les pêcheurs de loisirs et les touristes et le fait que c'est une zone exposée. Mais cela peut aussi être dû à un dérèglement de l'hydrodynamisme lié à la présence des murets qui peut entraîner une accumulation de sable coquilliers grossier qui se déplacent à chaque marée et va engendrer de l'ombre pour les algues photosynthétique ou « étouffer » les espèces fixées qu'il recouvre et être ainsi létale pour ces espèces. Enfin, l'activité de pêche de loisir en elle-même entraîne le prélèvement d'espèces de jour comme de nuit régulièrement ce qui peut jouer sur la diminution de l'abondance de certaines espèces fréquemment pêchées comme la crevette rose, *Palaemon elegans*.

Bien sûr, la méthode d'échantillonnage et notre expérience plus ou moins novice dans l'expertise des habitats et identifications des espèces sur le terrain et en laboratoire peut également participer à un manque de précision, de rapidité d'exécution et d'identification qu'il ne faut pas négliger. Cela a pu jouer sur le nombre d'espèces observées et identifiées.

Enfin, l'ensemble des espèces identifiées sont relativement communes et non protégées, excepté la sterne Pierregarin et l'hermelle, *Sabellaria alveolata*. (Source : INPN) La sterne est protégée au titre de l'annexe I et II de la directive européenne « Oiseaux ». Elle utilise la pêcherie 2 comme lieu de chasse, signe que la pêcherie peut constituer une source alimentaire pour des espèces autres que des poissons ou de la macrofaune intertidale.

Quant à l'hermelle, elle est une espèce d'intérêt communautaire. Pour rappel, les récifs, qu'elles forment, sont classés Habitat d'Intérêt Communautaire (HIC). Or, suite à plusieurs observations, il semblerait que la présence des murets favorise leur développement, surtout au niveau des murets les mieux conservés et au pieds des banches qui forment un muret naturel fixe. La restauration des murets pourrait donc aider les hermelles à se développer et à constituer des récifs.

Le choix de la pêche

Tableau 12 : Récapitulatif des caractéristiques de chaque pêche

Caractéristiques	P1	P2
Quantité de pierres minimum à déplacer	472 t + 1221 t à épier	431 t
Temps minimum nécessaire	180 j	165
Habitats	5	7
GE, GI et F	Zone de GE plus important Présents	(Surface 2x plus grandes) Présents
Communautés dominantes en fonction des habitats		
• Faune	Annélides, Crustacés	Annélides, Crustacés, Mollusques
• Flore	Algues rouges (Rhodophytes)	Algues rouges (Rhodophytes)
Indices de diversité	Richesse spécifique faible, cortège d'espèces hétérogène et relativement équilibré	
	Pas de différences significatives	
Présence d'hermines	Oui	Oui
Signe de reproduction	Oui	Oui
Traces de dinosaures	Absente	Présente

Suite aux résultats de l'étude, récapitulés dans le tableau 12, la pêche 2 s'avère être la pêche la plus intéressante à restaurer. D'une part, elle demandera moins d'efforts pour la restauration, mais elle a aussi un plus fort potentiel de résilience que la pêche 1.

En effet, la très grande surface des habitats et la plus grande diversité d'habitats qu'elle propose aussi, permettront à la faune et à la flore de trouver refuge au sein de la pêche. Plus les surfaces des habitats vont être grandes, plus petite sera la proportion de la zone où il y aura un impact direct lié à la restauration des murets dans la pêche et plus grande sera la capacité de refuge pour la faune et la flore dans la pêche.

Enfin, la présence de traces de dinosaures dans la pêche 2 est un élément non-négligeable dans le choix fait, car il est urgent de les protéger au moins par le biais de la restauration, tant qu'un dispositif de protection efficace n'est pas mis en place.

Dans cette optique de protection, il est prévu de recouvrir les traces par une lame d'eau de 10 à 20 cm d'épaisseur aux périodes de forte fréquentation à l'aide d'une porte pour retenir l'eau à marée basse. Par période de forte fréquentation, il est entendu la période estivale, les grands week-ends les jours fériés et les vacances.

Ainsi, les passants ne pourront pas dégrader les traces des dinosaures vu qu'elles ne seront pas visibles dans la pêche. L'eau serait retirée, les jours d'animations encadrées par le GAE ou d'autres structures qui connaissent les bonnes pratiques d'observation, en laissant la porte de la pêche ouverte à marée basse.

Il est important de souligner qu'il y a suffisamment de traces en dehors de la pêche pour que les passants puissent voir des traces. L'objectif ici est vraiment de conserver les plus belles traces des personnes n'ayant pas de bonnes pratiques d'observation.

La mise en eau des traces dans la pêcherie va augmenter le volume d'eau présent dans celle-ci, pouvant donner l'impression d'une piscine « naturelle » ou encore d'une zone de pêche de loisir. Pour éviter que la pêcherie, devienne un lieu de baignade ou le lieu de braconnage, une communication active sera mise en place par l'association. Il faudra mettre des panneaux de sensibilisation et lors des animations de tout type dans, ou proche, de la pêcherie, il faudra bien spécifier que la pêche sera interdite dedans.

Des animations de démonstration des techniques de pêches traditionnelles seront proposées au sein de la pêcherie une fois la restauration terminée pour transmettre le savoir-faire d'antan. L'objectif par ces animations sera de faire perdurer un patrimoine immatériel talmondaï au sein de la pêcherie et non pas de pêcher à proprement parler. Pour cela, l'association s'engage à faire des animations en no-kill, c'est-à-dire qu'aucun poisson ou espèce pêchable à pied ne sera prélevée dans la pêcherie.

Impact du projet et solutions proposées :

Objectivement, le déplacement de galets et de blocs va entraîner une potentielle mortalité directe pour les espèces fixes ou mobiles qui sont présentes sur les pierres, ainsi qu'une perte d'habitat et de lieux de refuge pour les espèces qui les utilisent. Il est impossible de l'éviter, mais le limiter est faisable.

Pour cela, les galets et les blocs devront être prélevés de préférence au pied même des murets à restaurer côté extérieur à la pêcherie, car beaucoup de blocs à proximité proviennent initialement des murets écroulés. Les autres pierres devront être prélevées de manière éparse dans un rayon de 100 m maximum autour de la pêcherie, c'est-à-dire qu'il ne faudra pas tout prélever au même endroit.

Ne seront prélevées que les roches libres, donc non sapées dans le sol et ne présentant pas d'hermelles fixées sur elles. Aucun bloc au sein de la pêcherie ou provenant des murets d'une autre pêcherie ne sera déplacé. D'abord, car les blocs au sein des pêcheries étudiées serviront pour faire un suivi détaillé par la suite, mais aussi, parce que l'objectif est de restaurer une pêcherie, mais pas au dépens des autres.

Pour la formation du gabu, dans les murets, il sera mélangé un ensemble de blocs et de galets avec des coquilles d'huîtres provenant des parcs ostréicoles du port de la Guittièrre, qui sont en partenariat avec le GAE. Ainsi, la matière première sera la plus locale possible.

Pour les hermelles, il est important de souligner à nouveau que la restauration des murets va favoriser leur développement sur le long terme. Malgré la possibilité de dégrader les patchs de récifs non-fonctionnels présents à l'intérieur des murets lorsque les pierres seront posées. Au vu du volume de muret qui sera restauré, les risques sont minimes à côté des bénéfices qui seront apportés aux hermelles.

D'autre part, il est prévu d'ajouter des blocs au sein de la pêcherie pour compenser les pertes potentielles et apporter des zones de refuges supplémentaires dans la pêcherie pour les espèces apportées par la marée et celles qui se développent dans la pêcherie. Ces blocs seront choisis et prélevés de la même manière que pour la restauration.

Pour la restauration, il est prévu que les bénévoles volontaires de l'association y participent, mais pas seulement. L'ambition du GAE est de transmettre autour du projet des valeurs de la solidarité et pédagogique. Dans cet objectif, il est prévu de construire un partenariat avec un service pénitentiaire d'insertion et de probation, mais également avec des écoles et de proposer des séances de restauration de murets à des entreprises ou des clubs de sport dans le cadre de journées de cohésion d'équipes.

Enfin, des suivis écologiques développés sont proposés dans la partie suivante, afin d'évaluer l'impact de la restauration et l'évolution de la biodiversité au sein de la pêcherie pendant et après le projet. Cela permettra d'ajuster les méthodes pour limiter ou compenser les pertes, s'il y en a d'observées.

Partie 2 : Les suivis écologiques

Pour rappel, cette partie va servir à répondre à la deuxième problématique qui avait été soulevée dans ce rapport, qui est « Comment pouvons-nous suivre l'évolution de la biodiversité pendant et après la restauration de la pêcherie choisie, pour voir son impact ? ».

Pour y répondre, il est proposé différents suivis à la fin du rapport dont la constitution et les objectifs vont d'abord être développés ici pour plus de compréhension.

Tout d'abord, pour les suivis, il sera nécessaire de refaire l'inventaire de la biodiversité qui a été développé précédemment. (cf. Partie 1 : 3. Inventaire de la biocénose au sein des habitats). Il devra être réalisé, une fois la restauration terminée, 2 ans plus tard, puis 5 ans après, car la faune et la flore prend du temps à s'installer et à retrouver une fonctionnalité après une perturbation.

Cela permettra donc d'avoir une vue d'ensemble de l'évolution de la biodiversité et des communautés faunistiques et floristiques avec le temps dans la pêcherie restaurée (P2) et de pouvoir les comparer avec celles au sein de la pêcherie non restaurée (P1).

Mais il a été relevé que les habitats au fil des marées pouvaient être relativement mouvants comme le milieu de sable ou le milieu mixte. Les galets aussi peuvent bouger lorsque les courants sont forts ou qu'il y a une période de tempête en hiver. De plus, le projet de rétention d'eau pour la pêcherie à restaurer va changer les temps d'immersion à certains endroits et modifier la surface de certains habitats. Cela rend donc un inventaire uniquement basé sur les habitats peu fiable pendant la période de restauration, et même après.

Il serait donc intéressant de faire un suivi de l'évolution des surfaces de chaque habitat pour comprendre la dynamique de celles-ci au cours des saisons et des années.

Pour compléter le premier type de suivi sur la biocénose au sein des habitats, il est proposé de faire un autre suivi en se basant sur l'inventaire de la faune et la flore présents sur des blocs fixes immergés et émergés, car comme leur nom l'indique ces blocs ne peuvent pas bouger, contrairement aux autres habitats.

Ce suivi permettra de suivre l'évolution de la biocénose liée à la restauration et à l'augmentation du niveau d'eau dans la pêcherie 2. Il permettra également de choisir quel milieu est le plus intéressant entre la zone immergée et la zone émergée pour ajouter des nouveaux blocs, afin de favoriser la biodiversité et le développement des populations d'espèces présentes.

Pour s'assurer de la possibilité de comparer les données des différents inventaires obtenues au sein des pêcheries 1 et 2 sans biais, une analyse de la similarité des espèces présentes dans les habitats d'une part et sur les blocs immergés et émergés d'autre part sera aussi présentée. L'objectif sera de vérifier si les conditions environnementales sont suffisamment similaires entre les habitats d'un côté et les blocs de l'autre, afin de savoir si la comparaison des stations actuelles est assez fiable pour instaurer des suivis.

A la demande des commanditaires, des pistes de suivis d'espèces cibles vont également être proposées, afin de développer un programme de sciences participatives autour du projet pour fédérer les bénévoles et suivre l'évolution de certaines espèces. Les critères de sélection de ces espèces seront donc développés avant la liste de tous les suivis proposés et le calendrier prévisionnel de leur application.

1. Des blocs, sentinelles d'un jour ?

Il est important de souligner que la constitution du protocole suivant s'est imprégnée des méthodes déjà employée pour l'inventaire au sein des habitats. Mais, il est aussi très largement inspiré des thèses de Maryvonne Le Hir sur « Les champs de blocs intertidaux à la pointe de Bretagne : Biodiversité, structure et dynamique de la macrofaune » de 2002 et de Maud Bernard sur « Les habitats rocheux intertidaux sous l'influence d'activités anthropiques : structure, dynamique et enjeux de conservation. » de 2012.

Plusieurs rapports au sein de parcs marins nationaux (Olivier et al., 2014) ou de Zones Natura 2000 (Baudinière et al., 2019), réalisés avec l'expertise de Maud Bernard, font également parti des sources d'inspiration et ont aidées à la prise de décision.

1.1. Définitions et objectifs

Pour cette étude, le terme de blocs fixes désigne l'ensemble des pierres de plus de 30 cm de circonférences ne pouvant pas être retournées à la force d'un homme en raison de son poids ou du fait qu'elles seraient sapées dans le sol, c'est-à-dire figées par un ciment biogénique tel que les récifs d'hermelles ou le sable.

En excluant les blocs mobiles du suivi tout biais lié à une pierre retournée par un pêcheur ou la force des vagues est évité (Bernard, 2012). Il est alors possible d'étudier uniquement les modifications liées à un changement du niveau d'eau ou de l'hydrodynamisme engendré par la restauration de la pêcherie (P2). Les blocs fixes permettent ainsi d'être des sentinelles, c'est-à-dire de constituer des témoins de l'évolution de la biodiversité et des communautés au fil du temps et de la restauration.

Il sera aussi distingué un bloc immergé qui se caractérise par le fait d'avoir au minimum un tiers de sa hauteur dans l'eau à marée basse, d'un bloc émergé n'ayant aucune partie dans l'eau.

Le premier objectif est de pouvoir suivre avec certitude l'évolution des paramètres abiotiques et biotiques qui caractérisent chacun de ces blocs en fonction des pêcheries et des niveaux d'immersion qui changeront au cours de la restauration.

Le second objectif de l'inventaire proposé est de constituer un état des lieux en identifiant la biodiversité présente sur les blocs immergés et émergés à marée basse. Cela se fera en étudiant la face supérieure des blocs, car c'est la partie la plus à même d'être modifiée par le changement du niveau d'eau de la pêcherie 2, mais aussi, en étudiant les blocs en entier.

Cela va permettre de répondre au dernier objectif qui est de comprendre quel niveau d'immersion est favorable pour accueillir la plus grande diversité d'espèce. Les résultats serviront à guider le GAE, afin de placer de nouveaux blocs dans le milieu le plus intéressant pour constituer un refuge et un support pour le plus grand nombre d'espèces dans la pêcherie 2 en tant que mesure compensatoire.

1.2. Protocoles

Le matériel utilisé :

- En général :

Petit matériel de travaux (cutter, mètre à main, scotch)

- Pour l'établissement du protocole d'échantillonnage :

1 quadrat circulaire en tuyau flexibles de plomberie percés de 10 dm²

1 photo aérienne en haute résolution imprimée des deux pêcheries

- Pour les relevés :

1 carte des blocs à prospecter

1 appareil photo ou téléphone pour prendre les blocs en photo

1 mètre à main pour mesurer les blocs et niveaux d'eau

Des pinces fines pour prélever (style trousses à dissection)

1 épuisette

1 marqueur

Les fiches de relevés pour l'inventaire faunistique et floristique, ainsi que les mesures de taille et niveau d'eau

- Pour conserver les échantillons :

60 piluliers remplis à moitié d'alcool à 90° et étiquetés au nom des blocs échantillonnés pour la faune

60 sacs de congélation étiquetés au nom des stations échantillonnés pour les algues

Un congélateur pour les algues

- Pour l'identification

1 loupe binoculaire avec un grossissement allant de X10 à X45

1 lampe pour éclairer les échantillons

1 coupelle en plastique blanche

1 bac avec un bord de 5 cm de haut et de l'eau

Clés d'identification et sites internet utilisés :

- Hayward, P. J. (2017). *The marine environment of North-West Europe*. Dans *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe* (Second Edition. Edité par P. J. Hayward et J. S. Ryland). Oxford University Press, 808 p. <https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199549443.001.0001>
- Hayward, P. J., Nelson-Smith, T. et Shields, C. (1996). *Guide des bords de mer*. (Edition 2014). Delachaux et Niestlé, 352 p.
- Lincoln, R. J. (1979). *British marine Amphipoda: Gammaridea*. British Museum (Natural History), London, UK, 658 p.
- DORIS - Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatique. (s. d.). <https://doris.ffessm.fr/>
- Estran22. (s. d.). <https://www.nature22.com/estran22/estran.html>
- Force, E. (s. d.). *Clé de détermination des Algues. To Take Nature - La Nature sous toutes ses formes*. <http://totakenature.fr/tag-clesdedetermination-cle-de-determination-des-algues.html>
- *Seaweeds identification key – Norwegian Seaweeds*. (s. d.). <https://seaweeds.uib.no/key/>
- WoRMS - World Register of Marine Species. (s. d.). <https://www.marinespecies.org/index.php>

Les systèmes utilisés pour le protocole et l'analyse :

- Logiciel QGIS
- Excel et Google Sheets
- R Studio

Nombre de personnes nécessaires :

1 personne pour l'établissement du protocole

3 personnes pour les relevés des blocs immergés (1 qui identifie, prend les photos et mesure, 1 qui porte le matériel de prélèvement et qui annonce les pourcentages de recouvrement du bloc entier, 1 qui écrit) et 2 personnes pour les relevés des blocs émergés (1 qui identifie, mesure et prend en photo et 1 qui écrit et porte le matériel de prélèvement)

1 personne pour l'identification et l'analyse

Période :

- Pour l'établissement du protocole et préparation du matériel : 1 semaine (30/05 au 05/06)
- Pour les relevés (à 3 pers.) : 2 jours (06/06 au 07/06, avec un coefficient de marée de 86 et 81 respectivement)
- Pour l'identification des espèces faunistiques et floristiques : 2 jours + 1 semaine pour avoir une vérification auprès de professionnel (Gauthier Schaal et Thomas Burel, enseignant chercheur et doctorant à l'IUEM de Brest)
- Pour l'analyse : 2 à 3 semaines pleines

Les méthodes :

- Pour l'établissement du plan d'échantillonnage :

Pour mettre en place le plan d'échantillonnage, un premier recensement de tous les blocs immergés (BI) et émergés (BE) en suivant des critères de sélection précis a été réalisé sur les deux pêcheries. Les blocs recensés devaient être fixes, avoir une face supérieure la plus plate possible et suffisamment grande pour accueillir un quadrat circulaire de 10 dm² et être facilement repérables sur une photo aérienne et avec des photos du terrain et des blocs.

Le choix d'un quadrat de 10 dm² a été fait pour créer une première sélectivité dans les blocs à inventorier et car selon la thèse de Maud Bernard, seule l'activité de pêche à pied de loisir pourrait entraîner un retournement d'une pierre ayant une surface supérieure ou égale à 10 dm². Ce choix limite donc les risques de retournement des blocs sentinelles par des passants. La capacité à pouvoir les repérer sur le terrain et une photo aérienne est, quant à elle, essentielle pour pouvoir faire un suivi sur plusieurs années et constituer une carte de localisation des blocs.

Les blocs correspondant à tous les critères sont notés sur une carte et reportés sur une photo aérienne géoréférencée des pêcheries sur QGIS avec une distinction entre les blocs immergés et émergés. La distinction, c'est fait en réalisant deux couches shapefiles différentes par niveaux d'immersion et par pêcheries.

A partir de ce premier recensement, 15 blocs ont été choisis aléatoirement sur QGIS pour chaque niveau d'immersion et chaque pêcherie, donnant un total de 60 blocs à prospector au total. Le choix de ne prendre que 60 blocs au total a été fait en fonction de la faisabilité et le temps d'identification qui était objectivement réalisable par un groupe de 3 personnes en 4 h par jour et sur 2 jours. En effet, suite à l'inventaire au sein des habitats et à l'obligation de réaliser les prospections deux jours de suite, pour éviter au maximum les biais liés aux marées, il était préférable de se limiter à 60 blocs.

Au total, il y a donc 4 types de blocs différents sur les cartes des relevés : les blocs immergés (P1BI) et émergés (P1BE) de la pêcherie 1 et les blocs immergés (P2BI) et émergés (P2BE) de la pêcherie 2, chacun associé à une numérotation allant de 1 à 15, soit le nombre de blocs par types de blocs (voir Annexe 8).

- Pour les relevés :

Les relevés se font quand le coefficient de marée est supérieur à 70 et deux jours consécutifs. Le premier jour, tous les blocs immergés sont prospectés. Le deuxième jour, ce sont les blocs émergés qui sont prospectés.

Avant de commencer les échantillonnages dans chaque pêcherie, il est renseigné le jour, l'heure de marée basse, le coefficient de marée, l'heure de début d'échantillonnage, la météo, la force du vent et la température, afin de constituer des métadonnées.

A chaque relevé, un quadrat de 10 dm² est posé de manière centrée sur la face supérieure du bloc.

Pour chaque bloc, une photo du bloc de dessus et une de ce qui l'entoure sont réalisées afin de créer un trombinoscope qui servira pour les suivis futurs et de revoir les pourcentages de recouvrement dans le quadrat si nécessaire.

Sur les blocs entiers, sont ensuite identifiés, mesurés et notés :

- Le substrat présent sous le bloc (G = galet, S = sable, R = roche mère) car cela peut jouer sur le type d'espèces colonisant le bloc ;
- La hauteur moyenne du bloc et la hauteur d'eau moyenne à marée basse à l'aide d'un mètre à main pour avoir les caractéristiques abiotiques du bloc ;
- Le recouvrement sur l'ensemble du bloc en pourcentage d'algues, de la faune, de roche nue et des herminelles (si présentes), ainsi que les indices d'absence/présence des espèces recouvrant le bloc pour avoir les caractéristiques de la biocénose entourant le bloc qui seront utilisées dans un second temps (cf. Partie 2 : 2.).

Pour les quadrats, il est noté : le recouvrement en pourcentage d'algues, de balanes (*Chthamalus sp.*) et de roche nue, l'abondance des espèces identifiées et/ou prélevées et s'il y a eu un prélèvement (avec un « P »).

Si des observations intéressantes en dehors de l'inventaire ou des commentaires sont à ajouter, ils sont notés.

Les prélèvements se font en dernier recours si l'espèce n'est pas identifiable à l'œil nu et seul un petit échantillon d'algue ou un seul individu par espèce est prélevé. Les algues sont mises dans des sacs de congélation étiquetés, puis dans un congélateur à -20 °C jusqu'à l'identification et la faune dans des piluliers étiquetés à moitié remplis d'alcool à 90°.

- Pour l'identification :

Le même procédé, que pour l'inventaire au sein des habitats, a été utilisé. (Cf. Partie 1 : 3.2. « Les méthodes »)

- Pour l'analyse :

D'une part, un tableau de données regroupant toutes les informations notées sur les quadrats est construit. D'autre part, un second tableau regroupant toutes les informations générales et les données d'absence/présence des espèces de faune et de flore recensés sur les blocs entiers est réalisé.

Pour les données de niveau d'eau, de la hauteur de la roche, du recouvrement d'algues, de faune, de roche nue et d'herminelles, une représentation de leur répartition en boîte à moustache a été réalisé sur R Studio accompagné d'une analyse statistique de comparaison de moyenne pour chaque paramètre entre les deux niveaux d'immersion et enfin les quatre types de blocs qui associes la pêcherie au niveau d'immersion. De la même manière que pour les indices de diversité en partie 3.2, il est d'abord vérifié si les données sont paramétriques ou non. Puis, soit le test t de Student est réalisé si les données sont paramétriques, soit le test de Wilcoxon-Mann-Whitney est réalisé si les données sont non-paramétriques.

De la même manière que dans la partie 1 : 3.2. :

- Les espèces identifiées dans l'inventaire des blocs ont été ajoutées à la liste déjà établie avec l'inventaire au sein des habitats quand elles étaient absentes avec les statuts de conservation ou de protection, s'il y en a.
- La répartition des communautés faunistiques et floristiques est étudiée en calculant l'abondance relative pour la faune - sans compter les *Chthamalus sp.*, sinon ils écrasent toutes les données - et le recouvrement relatif des algues avec les données relevées pour les quadrats, afin d'avoir une idée des groupes taxonomiques dominants sur chaque type de blocs et par pêcherie.
- Le calcul de la richesse spécifique, des indices de Shannon et Piélou pour chaque quadrat par blocs, ainsi que la comparaison des moyennes de ces indices par niveaux d'immersion et par types de blocs associés aux pêcheries ont été réalisés. Dans le but d'avoir un état des lieux de la biodiversité en fonction du niveau d'immersion des blocs par pêcheries et comprendre quel niveau d'immersion est le plus favorable à accueillir une grande diversité d'espèces, afin de savoir où il serait plus intéressant d'ajouter des blocs par la suite. Les *Chthamalus sp.* ont également été enlevés pour cette analyse, car leur présence écrasait trop les autres données pour faire une analyse fine des indices de biodiversité.
- La représentation de leur répartition en boîte à moustache et les tests de comparaison de moyenne ont également été effectués sur R Studio.

1.3. Résultats

Au cours des deux jours d'inventaires, tous les blocs à échantillonner ont pu être prospectés.

Un total de 41 espèces a été comptabilisé sur les blocs entiers, dont 34 également identifiées dans les quadrats. Pour les blocs entiers, 21 espèces animales ont été identifiées, dont 19 jusqu'à l'espèce, 1 jusqu'au genre et 1 jusqu'à la famille et 19 espèces d'algues ont été identifiées, dont 14 jusqu'à l'espèce et 5 jusqu'au genre, plus un type de lichen identifié jusqu'à l'espèce.

Parmi toutes les espèces recensées uniquement, l'hermelle, *Sabellaria alveolata* est protégée.

- Caractéristiques générales des blocs :

Les valeurs suivantes proviennent des données de l'inventaire réalisé sur les blocs entiers. Pour une meilleure compréhension de la suite, les valeurs des moyennes des caractéristiques générales sont données ci-après (voir Tableau 13).

A partir de la répartition des paramètres généraux des blocs, par niveau d'immersion (voir Figure 27) et par niveaux d'immersion associés aux pêcheries (voir Figure 28), et des tests de comparaison de moyennes réalisés avec le test de Wilcoxon-Mann-Whitney (voir Annexe 9) car les échantillons ont des valeurs non-paramétriques, plusieurs éléments sont à relever.

Tableau 13 : Moyennes de la répartition de chaque caractéristiques générale des blocs immergés et émergés avec les deux pêcheries confondues et en fonction des deux pêcheries

Caractéristiques générales	BE	BI	P1BE	P2BE	P1BI	P2BI
Hauteur des blocs (cm)	24,53	26,63	17,87	31,2	26,47	26,8
Niveau d'eau (cm)	0	19,43	0	0	19,8	19,06
Zones nues (%)	21,2	22,27	24,53	17,86	19,07	25,46
Recouvrement d'algues (%)	4,07	37,2	1,26	6,86	43,13	31,27
Recouvrement de la faune (%)	76,67	42,2	75,07	78,27	41,13	43,27
Recouvrement d'hermelles (%)	2,03	2,97	0,07	4	5,73	0,2

Pour commencer, les hermelles sont présentes sur les deux types de blocs et quelle que soit la pêcheurie concernée à des pourcentages relativement faibles.

De plus, la hauteur moyenne des blocs étudiés varie entre 17,87 cm et 31,2 cm. Or, à l'échelle d'un estran, 14 cm sont largement négligeables pour avoir une influence sur la faune présente.

Les zones nues varient quant à elles entre 17,86 % et 25,46 % ce qui est relativement peu comme différence. Mais ces valeurs sont suffisantes pour se demander pourquoi il y a des zones sans faune ni flore sur les deux types de blocs.

Le recouvrement d'algues moyen est lui très faible sur les blocs émergés (4,07 %) par rapport aux blocs immergés (42,2 %). A l'inverse, le recouvrement de la faune est plus élevé sur les blocs émergés (76,67 %) que les blocs immergés (42,20 %).

D'après les tests de comparaison de moyenne des caractéristiques en fonction du niveau d'immersion, les moyennes de la hauteur des blocs, des zones nues et du recouvrement des hermelles ne sont pas significativement différentes en fonction du niveau d'immersion.

Par contre, les moyennes du niveau d'eau et de recouvrement d'algues sont significativement plus élevés pour les blocs immergés que pour les blocs émergés. La différence de niveau d'eau entre les blocs immergés et émergés est dû à la nature même du choix des blocs émergés à prospecter comme n'ayant aucune partie du bloc dans l'eau.

En complémentarité avec le recouvrement d'algues, la moyenne du recouvrement de la faune est significativement plus élevée pour les blocs émergés que ceux immergés.

Ensuite, pour les caractéristiques des blocs immergés en fonction des deux pêcheuries, toutes leurs moyennes de répartition ne présentent aucune différence significative sur le plan statistique.

Quant aux caractéristiques des blocs émergés en fonction des deux pêcheuries, seul les moyennes de la hauteur des blocs et du recouvrement d'algues sont significativement plus élevées dans la pêcheurie 2 que la pêcheurie 1 (avec 31,20 cm de haut contre 17,87 cm et 6,86 % contre 1,26 % d'algues respectivement). Les autres paramètres ne présentent aucune moyenne de répartition significativement différente.

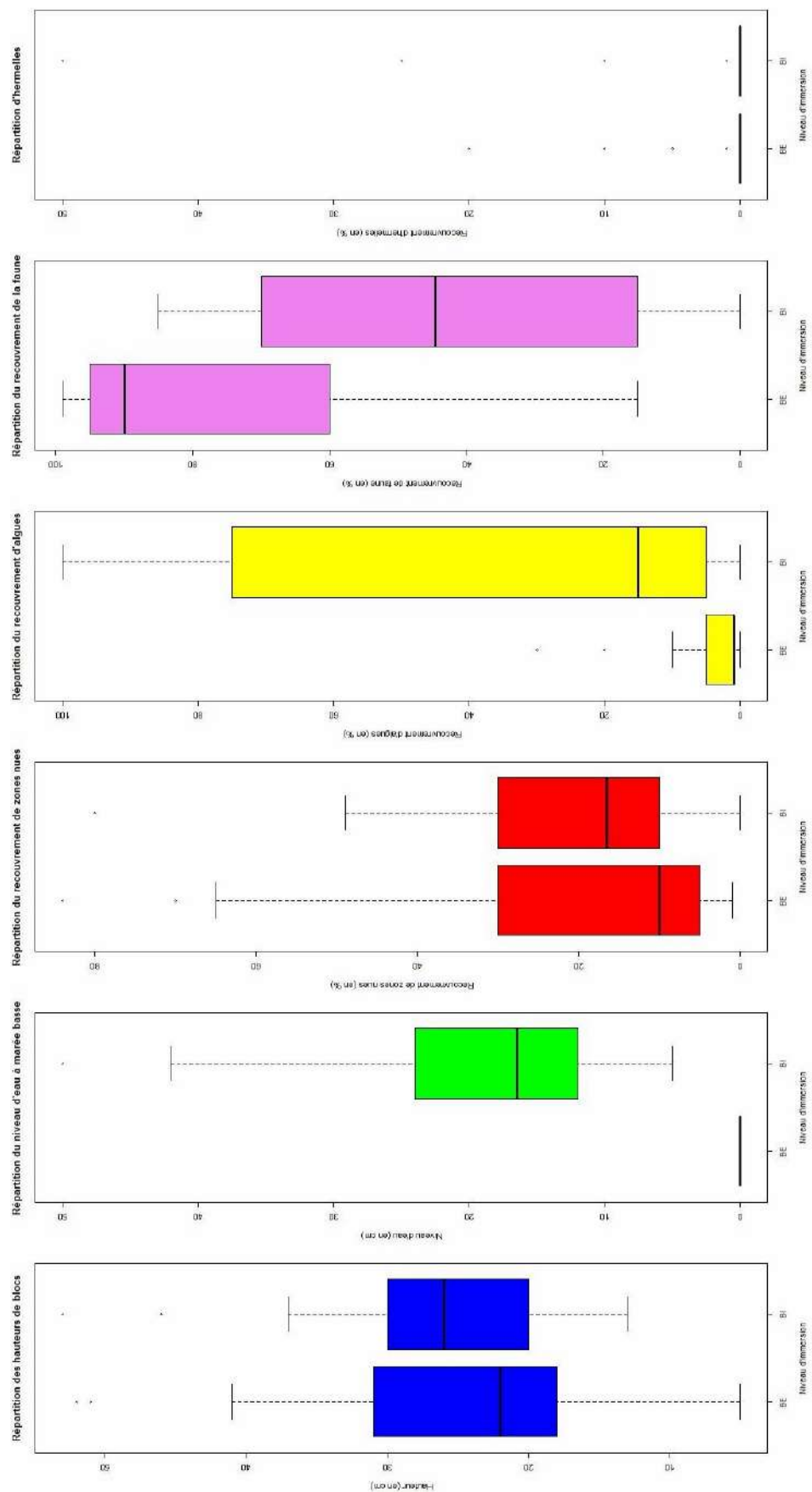


Figure 27 : Représentation de la répartition des hauteurs de blocs, du niveau d'eau à marée basse, du recouvrement de zones nues, d'algues, de faunes et d'hermines en fonction du niveau d'immersion des blocs

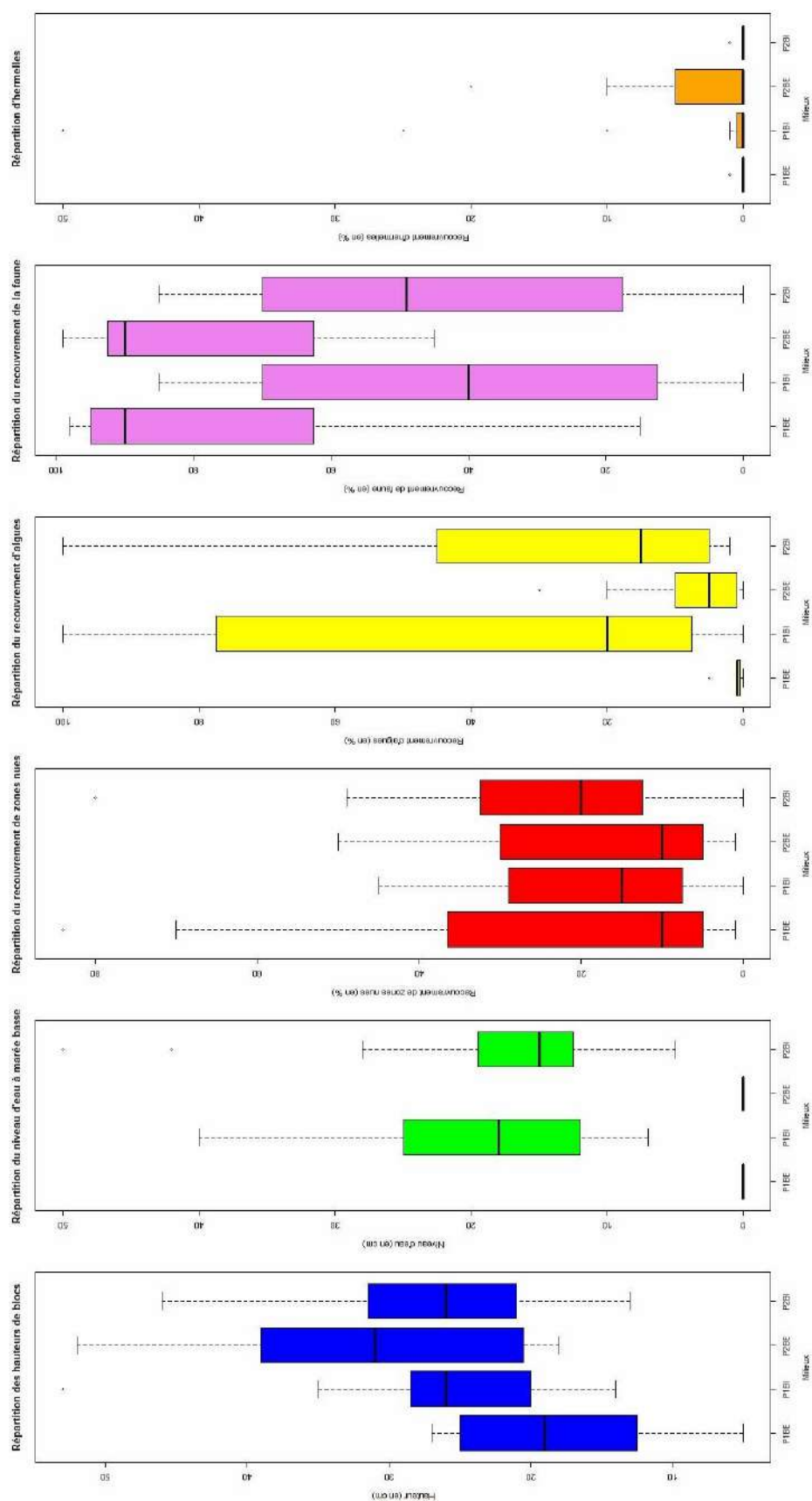


Figure 28 : Représentation de la répartition des hauteurs de blocs, du niveau d'eau à marée basse, du recouvrement de zones nues, d'algues, de faunes et d'hermelles en fonction du niveau d'immersion des blocs et des pêcheries

- La répartition des communautés :

Les valeurs suivantes proviennent des données de l'inventaire réalisé avec les quadrats.

Faunistique :

Suite au calcul de l'abondance relative de la faune par niveaux d'immersion (voir Figure 29), puis par niveaux d'immersion associé à la pêche 1 et à la pêche 2 (voir Annexe 10 et Figure 30), il est possible d'affirmer que quel que soit le niveau d'immersion et la pêche, les mollusques sont dominants sur les blocs ($\geq 95\%$), quand les balanes (*Chthamalus sp.*) ne sont pas prises en compte.

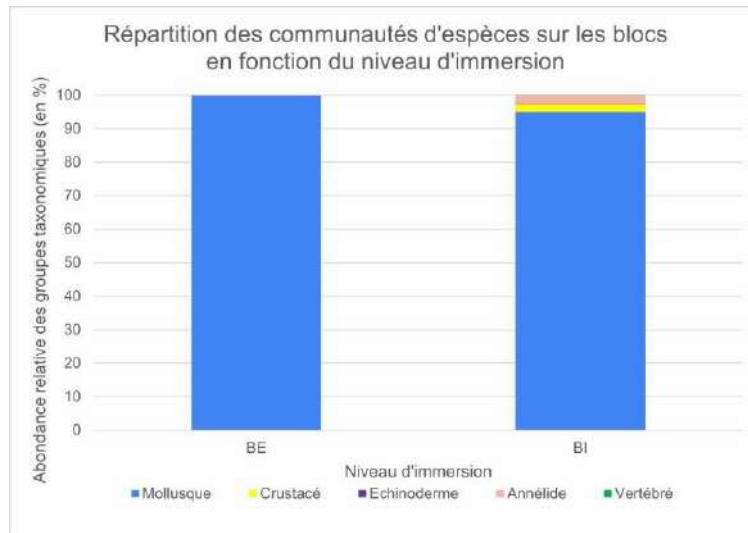


Figure 29 : Répartition des communautés d'espèces faunistiques pour les blocs immergés et émergés

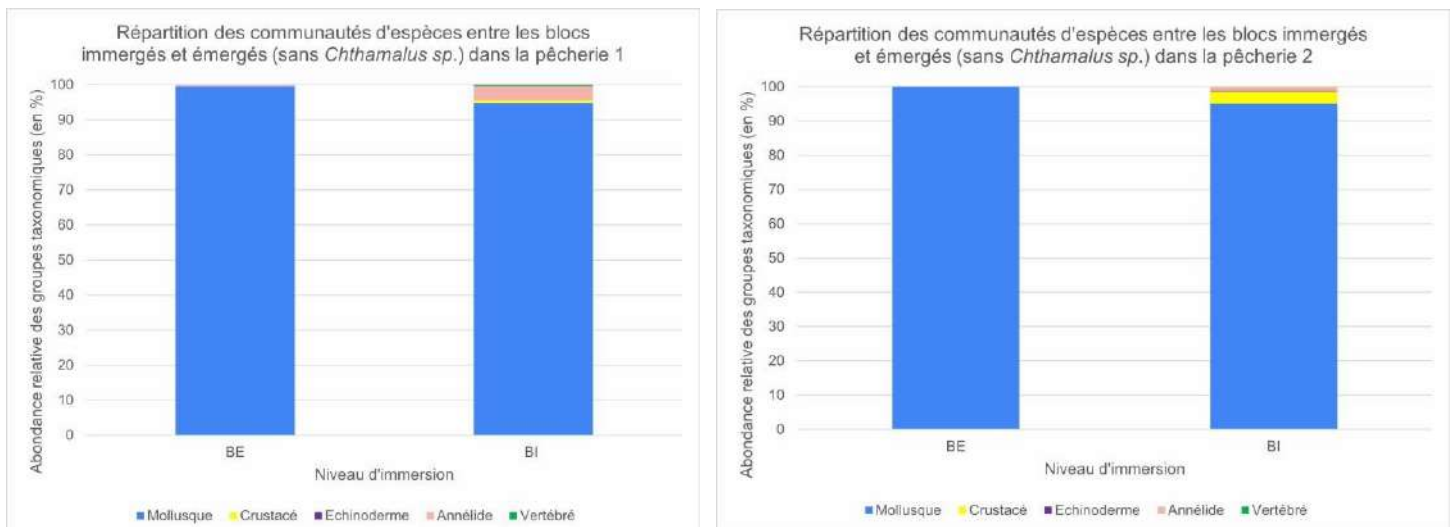


Figure 30 : Répartition des communautés d'espèces faunistiques pour les blocs immergés et émergés en fonction des pêcheries

D'autre part, les blocs immergés semblent présenter une plus grande diversité de groupes taxonomiques que les blocs émergés. En effet les blocs immergés toutes pêcheries confondues comportent les 5 groupes taxonomiques que sont les mollusques, les crustacés, les échinodermes, les annélides et les chordés contrairement aux blocs émergés qui ne possèdent que des mollusques et 1 % d'annélides dans la pêche 1. Il est aussi possible de souligner qu'entre les pêcheries 1 et 2, les groupes taxonomiques dominants secondaires sont différents pour les blocs immergés. En effet, dans la pêche 1, il s'agit des annélides avec 4 % et dans la pêche 2 il s'agit des crustacés à 3,4 % suivi des annélides à 1,2 %.

- Floristique :

Suite aux relevés des quadrats et au calcul du recouvrement relatif de chaque groupe d'algues en fonction du niveau d'immersion et du niveau d'immersion associé aux pêcheries (voir Annexe 11), seul les groupes d'algues rouge et verte ont pu être observées et étudiées (voir Figure 31).

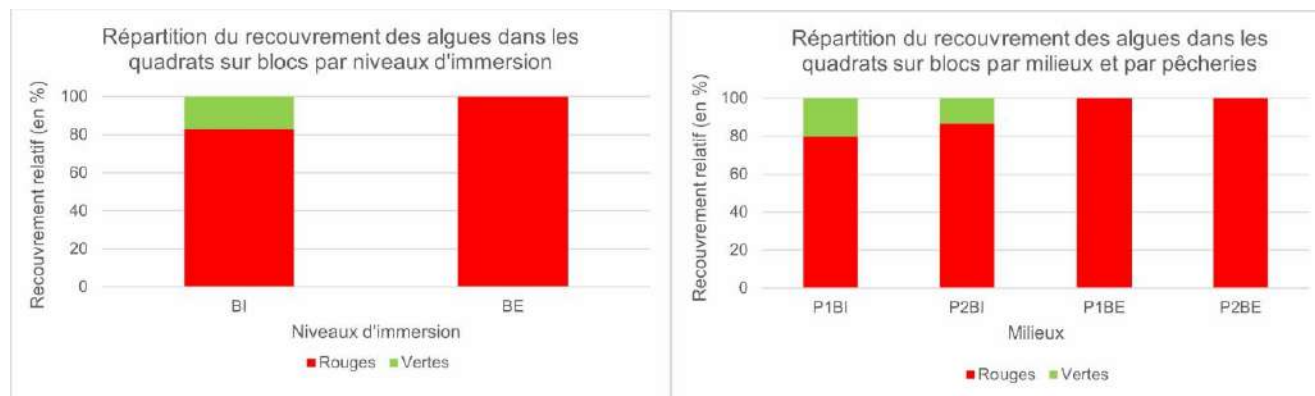


Figure 31 : Répartition du recouvrement des algues rouge et verte dans les quadrats placés sur la face supérieure des blocs immergés et émergés en fonction du niveau d'immersion et des pêcheries

Les algues rouges sont clairement dominantes (> 80 %) sur les deux types de blocs et quelles que soient les pêcheries. De plus, les algues rouges sont le seul groupe d'algue présent sur les blocs émergés. De surcroît, il est à noter que les algues vertes sont présentes uniquement sur les blocs immergés (avec 17 % de recouvrement des blocs toutes pêcheries confondues, 20,2 % dans la pêche 1 et 13,4 % dans la pêche 2). Or, il se trouve que les algues vertes en question sont uniquement du genre *Ulva sp.*

Parmi les algues rouges recouvrant les blocs, il se trouve que les blocs immergés comptent 11 espèces différentes contre seulement 4 espèces pour ceux émergés (voir Tableau 14). Donc, malgré leur proportion moindre dans la répartition du recouvrement dans les quadrats des blocs immergés, il semble que les algues rouges soient plus diversifiées quand le bloc est immergé que lorsqu'il est émergé.

Tableau 14 : Présentation de la richesse spécifique par groupes d'algues en fonction des blocs immergés et émergés

Richesse spécifique	BI	BE
Algues rouges	11	4
Algues vertes	1	0

- Les indices de biodiversité

Les valeurs proviennent des données de l'inventaire sur les quadrats uniquement.

L'explication de chaque indice et leur interprétation se trouve à la partie 3.1 Méthodes « Pour l'analyse ».

A partir des calculs de la richesse spécifique, des indices de Shannon et de Piélou (voir Annexe 12) et des tests de comparaison de moyennes de ces indices en fonction du niveau d'immersion des blocs et des pêcheries (voir Annexe 13), il est à noter que les trois indices sont significativement différents pour les blocs ayant un niveau d'immersion différents. Mais ils ne sont pas significativement différents pour les blocs ayant un niveau d'immersion identique et présentes dans des pêcheries différentes.

La suite de l'étude s'intéressera donc uniquement sur les indices de biodiversité en fonction des niveaux d'immersion des blocs uniquement (voir Figure 32).

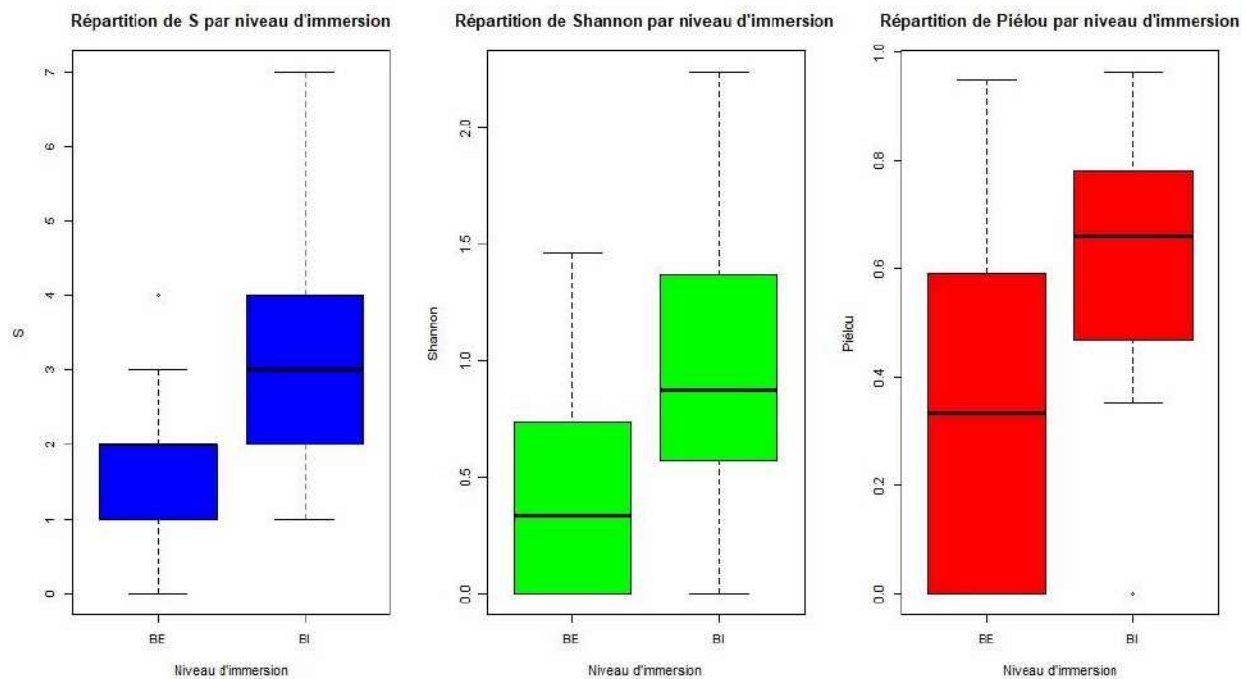


Figure 32 : Représentation de la répartition de la richesse spécifique (S), des indices de Shannon et de Pielou en fonction du niveau d'immersion des blocs

Avec une richesse spécifique moyenne variant entre 1,87 et 3, la richesse spécifique faunistique sur les faces supérieures des blocs de pierre peut être considérée comme très faible quel que soit le niveau d'immersion, sans compter la présence des *Chthamalus sp.* Les blocs immergés possèdent tout de même des moyennes de répartition significativement plus élevées que les blocs émergés pour les trois indices (voir Tableau 15).

Tableau 15 : Moyennes de la répartition des indices de biodiversité par niveaux d'immersion des blocs

Indices	S	Shannon	Pielou
BE	1,87	0,42	0,36
BI	3	0,94	0,59

En calculant le $\log(S)$ pour chaque type de blocs avec la richesse spécifique moyenne, il est obtenu : $\log(S) = 0,90$ pour les blocs émergés et $\log(S) = 1,58$ pour les blocs immergés.

Donc, à partir des données des moyennes de l'indice de Shannon, il est possible de déterminer que les blocs émergés présentent une communauté d'espèce relativement homogène et à l'inverse les blocs immergés présentent une communauté d'espèces plutôt hétérogènes.

De même, avec les moyennes de l'indice de Pielou, il est possible d'estimer que les blocs émergés présentent un cortège d'espèces où les individus sont répartis de manière très inégale entre les espèces, contrairement aux blocs immergés où les individus au sein du cortège d'espèces sont déjà beaucoup mieux équirépartis.

1.4. Discussion

Pour commencer, les résultats obtenus sur les pourcentages de recouvrement d'hermelles ne suffisent pas pour dire qu'il y a beaucoup ou peu d'hermelles en fonction des types de blocs. Mais il est possible d'affirmer qu'il y a une présence avérée d'hermelles sur les blocs immergés et émergés et dans les deux pêcheries.

Les valeurs de zones nues qui avaient été observées, montraient qu'une importante partie des blocs n'était pas couverte de faunes ou de flores. Cela peut s'expliquer par le fait que les blocs immergés et émergés sont fortement exposés à la houle et au vent dans l'anse de la République, faisant que certaines parties des blocs trop exposés ne peuvent accueillir des algues ou de la faune.

La différence d'une dizaine de centimètres entre la hauteur des blocs émergés de la pêcherie 1 et 2, n'influence pas les résultats obtenus pour les deux types de blocs, car cela reste une différence relativement faible pour qu'il y ait un réel d'impact sur la faune et la flore observée. Mais, cette différence reste intéressante pour la mise en place d'un suivi, car cela signifie que lorsque le niveau d'eau sera remonté de 10 à 20 cm pour recouvrir les traces de dinosaures dans la pêcherie 2, il y a une possibilité pour que les blocs choisis conservent leur face supérieure émergée.

Pour les caractéristiques générales, le recouvrement d'algues plus important sur les blocs immergés peut s'expliquer par le fait que l'eau de mer favorise le développement des algues. En effet, la majorité des algues ont besoin d'un minimum d'eau pour lutter contre la dessiccation ou même s'alimenter des minéraux présents dans l'eau de mer. Elles ont donc des difficultés à rester ou se développer en zone émergée trop longtemps.

De plus, il a été vu à partir des relevés des quadrats que ce sont essentiellement des algues rouges qui sont trouvées sur les blocs et qu'il y a une plus forte richesse spécifique de ces algues sur les blocs immergés qu'émergés. Cela s'explique par le fait que les seules algues présentes sur les blocs émergés sont des algues encroûtantes comme *Hildenbrandia rubra*, *Mastocarpus stellatus* et *Lithophyllum incrustans* ou cespiteuses comme *Caulacanthus okamurae* qui peuvent résister à une émergence longue. Contrairement aux algues rouge et verte dites de strates herbacées, majoritairement recensées ici, qui sont bien développées comme *Halophytys incurva* et qui ne résistent pas ou peu à une longue émergence dans la plupart des cas.

Quant aux algues vertes observées, elles sont uniquement présentes sur les blocs immergés. Cela peut s'expliquer par le fait que ce sont des *Ulva* sp.. En effet, ces algues vertes ont une lame très fine constituée d'une seule couche de cellule (<https://www.nature22.com/estran22/estran.html>), ce qui les rend sûrement peu résistantes, face à la dessiccation entre deux marées.

D'autre part, il avait été relevé que le recouvrement de la faune sur les blocs entiers émergés est beaucoup plus important que celui des blocs immergés et que selon les données relevées des quadrats, il y avait une présence unique de mollusques sur les blocs émergés - en plus des balanes qui n'avaient pas été pris en compte - alors que les blocs immergés présentaient d'autres groupes taxonomiques comme des crustacés, des annélides, des échinodermes et des vertébrés. Cela s'explique par le fait que les balanes sont des espèces fixes qui recouvrent la majorité des blocs émergés. Tout comme les mollusques identifiés (des bivalves et des gastéropodes), elles sont adaptées pour résister à une longue émergence contrairement aux algues et aux espèces mobiles comme les crustacés, les poissons appartenant aux vertébrés, ou les échinodermes observés sur les blocs immergés.

Peu d'espèces inventoriées sont réellement adaptées à l'émergence et capable de résister à la houle et aux vagues ou encore aux changements brutaux de température dans l'atmosphère sur l'estran rocheux à part les mollusques et les balanes. Cela explique aussi pourquoi les blocs émergés présentent une richesse spécifique plus faible que les blocs immergés.

Enfin, les résultats des indices de biodiversité ont montré que les blocs émergés possédaient un cortège d'espèces homogène réparti de manière inégale, alors que les blocs immergés présentaient un cortège d'espèces plutôt hétérogène avec des individus mieux répartis par espèces. Cela s'explique là encore par le fait que les conditions environnementales de temps d'émergence et d'exposition à la houle sur les blocs émergés sont tellement stressant que seul quelques espèces adaptées peuvent y vivre ou s'y fixer comme les algues cespiteuses et encroûtantes ou les mollusques et les balanes et donc s'y trouver en abondance.

A l'inverse, dans les milieux immergés, l'eau a un rôle de tampon rendant les effets de la dessiccation, des changements de températures brutaux ou d'exposition à la houle et aux vagues moins importants, voire inexistant, ce qui fait qu'il y a une plus grande diversité d'espèces d'algues et de faunes, qui peuvent vivre sur les blocs immergés. Mais cela entraîne l'apparition d'une compétition pour l'espace entre les algues et les espèces animales fixées sur les blocs et de la prédation sur les blocs entre les espèces carnivores et herbivores et/ou les espèces herbivores et les algues.

Ces phénomènes expliquent de manière simplifiée pourquoi les communautés sont plus hétérogènes et mieux équiréparties sur les blocs immergés (G. Schaal et T. Burel, communication personnelle, 2023, cours de « biologie et écologie en milieu côtier » et « des systèmes marins côtiers »).

Pour conclure, la biodiversité au niveau algale et faunistique étant plus importante sur les blocs immergés, il est conseillé d'ajouter des blocs au sein des masses d'eau permanente de la pêcherie 2. Si le GAE souhaite toujours favoriser le développement du plus grand nombre d'espèces faunistique et floristique dans le cadre des mesures compensatoires envisagées pour la restauration.

2. Faire des suivis, est-ce possible ?

Il est question ici de savoir, s'il sera possible d'utiliser la pêcherie qui ne sera pas restaurée comme élément de référence pour faire un suivi comparatif de l'évolution de la biodiversité et des communautés d'espèces présentes entre la pêcherie restaurée et celle non restaurée après la restauration. Pour cela, la similitude de la répartition des espèces observées en fonction des habitats, mais aussi des blocs entre les deux pêcheries sera vérifiée à partir des données des protocoles précédents.

Cette étude permettra également de déterminer, si tous les habitats et les blocs peuvent être comparables entre les pêcheries et comment il faudra ajuster les protocoles pour faire des suivis qui répondent aux bonnes questions.

2.1. Protocoles

Matériel :

Le tableau des données d'abondance et de recouvrement des espèces d'algues et de faunes inventoriées dans le protocole sur la biocénose au sein des habitats et celui de l'absence présence des espèces sur les blocs entiers (voir Annexes précédentes 6 et 9)

Logiciel :

R Studio
Excel

Nombre de personnes : 1

Méthode :

Pour voir si les habitats d'une part et les blocs d'autre part sont suffisamment similaires entre eux en fonction des espèces qu'ils abritent dans la pêcherie 1 et 2, il est possible de faire plein de tests et de représentations graphiques différentes. Mais, le plus intéressant dans notre situation est de réaliser une classification hiérarchique ascendante sous forme d'un dendrogramme, c'est-à-dire un arbre qui va regrouper chaque station ou bloc en fonction de la similarité des variables qui les définissent (Grall et Coïc, 2005).

Pour ce faire, il suffit de convertir les données d'abondance et de recouvrement par espèces du tableau d'espèces issue de l'inventaire au sein des habitats (de la Partie 1 :3.) en données binaires, c'est-à-dire que si l'espèce est présente, l'abondance ou le pourcentage de recouvrement est remplacé par un 1, sinon les 0 sont gardés dans les cellules.

Normalement, pour les données des blocs entiers, un tableau d'absence/présence sur ce modèle binaire était déjà fait, mais mélangé avec les données des caractéristiques générales des blocs, lors de l'inventaire. Il suffit donc d'extraire uniquement les données binaires pour chaque espèce par blocs pour créer une nouvelle matrice.

Pour les deux matrices de données, sont alors calculées les distances de Jaccard qui se calculent à partir de l'indice de Jaccard sur R Studio. Cet indice permet de calculer le degré de similarité entre deux ensembles de données en faisant le rapport entre le nombre d'espèces présentes dans les deux ensembles, sur le nombre total de fois où des espèces sont présentes dans l'un ou l'autre des ensembles uniquement et dans les deux ensembles.

Par exemple :

Espèce : (a, b, c, d, e, f, g)

A= (1, 0, 1, 0, 0, 0, 1)

B= (0, 1, 0, 1, 0, 1, 1)

On a deux ensembles A et B où sont notés l'absence ou la présence des espèces allant de (a) à (g) par un 0 et un 1.

On a ici 1 espèce qui est observée dans les deux ensembles, il y a 2 espèces présentes uniquement dans l'ensemble A et 3 uniquement dans l'ensemble B.

Donc l'indice de Jaccard est : $J = \frac{1}{2+3+1} = 0,16$

Pour calculer la distance de Jaccard entre les deux ensembles, il suffit alors de faire $1-J = 1-0,16 = 0,84$ (Indice et distance de Jaccard. (2021, 28 mai). Dans *Wikipédia*.)

En compilant, toutes les distances calculées en comparant toutes les stations entre elles et avec un jeu de données sur près de 91 espèces pour les stations de relevé des habitats et 41 espèces pour les blocs entiers relevés en fonction des pêcheries, il est possible de constituer un dendrogramme relativement solide.

Le dendrogramme permet de voir quelles stations ou quels blocs possèdent le plus de variables similaires entre eux. Il suffit juste de séparer l'arbre en plusieurs classes en fonction des grandes différences de distance observées dans les regroupements pour analyser les résultats. Cette séparation se fait en fonction de la courbe d'inertie du dendrogramme.

2.2. Résultats

Pour l'inventaire des habitats, la courbe d'inertie (voir Figure 33) obtenue est la suivante :

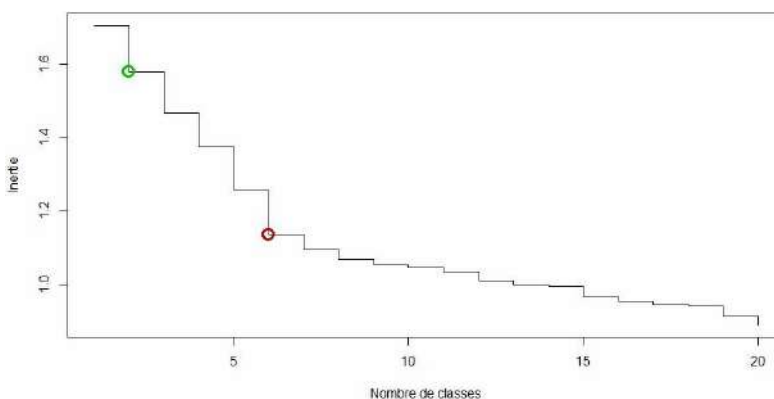


Figure 33 : Courbe d'inertie du dendrogramme lié à la similarité spécifique des stations de l'inventaire au sein des habitats

Les points vert et rouge sont placés sur les nombres de classes les plus intéressants pour séparer le dendrogramme en groupe, c'est-à-dire aux nombres de classes où il y a un plus grand saut d'inertie.

Les séparations en 2 et 6 classes semblent être les plus appropriées pour analyser le dendrogramme.

Le dendrogramme obtenu et sa séparation en 2 et 6 classes se trouve en Figure 34.

A partir de la séparation en 2 classes, il est frappant de voir une distinction nette avec d'un côté les stations S, R et RI et les stations GE, GI et F de l'autre toutes pêcheries confondues. Les stations M naviguent, quant à elles, entre les deux regroupements. Cela signifie qu'il y a une distinction des stations liée à l'homogénéité des habitats. En effet, il y a d'un côté les milieux homogènes tels que le sable et la roche mère et de l'autre les milieux de galets émergés et immergés et les cuvettes qui présentent plein de micro-habitats différents.

Les stations M, représentant les milieux mixtes liés au mélange du sable et des galets, sont tellement particulières qu'il est normal de les trouver des deux côtés. Pour la suite de l'analyse, elles ne seront donc pas prises en compte, mais il est à remarquer qu'elles se mélangent dans les deux groupes sans distinction de la pêche 1 et 2.

A partir de la séparation en 6 classes, les regroupements se font visiblement en fonction de la granulométrie, avec 3 groupes distincts uniquement constitués des stations S, M et GE. Puis, 3 groupes distincts dont un avec une majorité de stations R et RI avec présence d'une station GI, un autre groupe avec une majorité de stations GI avec présence de 7 stations M et le dernier groupe avec une majorité de stations F avec présence de 2 stations GE et 1 station M.

En regardant le niveau de mixité en fonction des pêcheries, les regroupements des stations S, GE, GI montrent une mixité forte sans distinction de stations provenant de la pêche 1 d'un côté et de la pêche 2 de l'autre. A l'inverse, le regroupement des stations F présente une distinction nette entre les stations provenant de la pêche 1 de celles provenant de la pêche 2.

Mais, il faut souligner le fait que des stations GE provenant de la pêche 2 se trouvent plus similaires aux stations F de la pêche 1 que de la 2.

Enfin, les stations R et RI étant des stations dont l'habitat est uniquement présent dans la pêcherie 2, il n'y a pas de distinctions possibles entre les deux pêcheries.

Cela signifie qu'au moins pour les milieux de sable, de galets émergés et immergés et le milieu mixte, les stations sont composées d'un cortège d'espèces tellement similaire entre les deux pêcheries, qu'elles peuvent toutes les deux être considérées comme identiques dans leur structuration faunistique et floristique. Donc, les caractéristiques environnementales de ces habitats sont également identiques quelles que soit les pêcheries.

Les suivis pourront donc se porter sur ces habitats pour suivre l'évolution des groupes taxonomiques présents entre les deux pêcheries.

A l'inverse, les stations du milieu des cuvettes présentent un cortège d'espèces strictement distinct entre les deux pêcheries, donc les structurations faunistiques et floristiques sont trop différentes entre les pêcheries. Cela indique que les conditions environnementales pour ce milieu sont suffisamment différentes entre les deux pêcheries pour décider de ne pas les garder pour comparer l'évolution de la diversité et les types d'espèces présentes entre les deux pêcheries lors des suivis.

Pour les milieux de roche mère émergée et immergée, il n'y aura évidemment pas de comparaisons possibles entre les deux pêcheries pour les suivis.

Séparation en 2 et 6 classes des stations par habitats et pêcheries

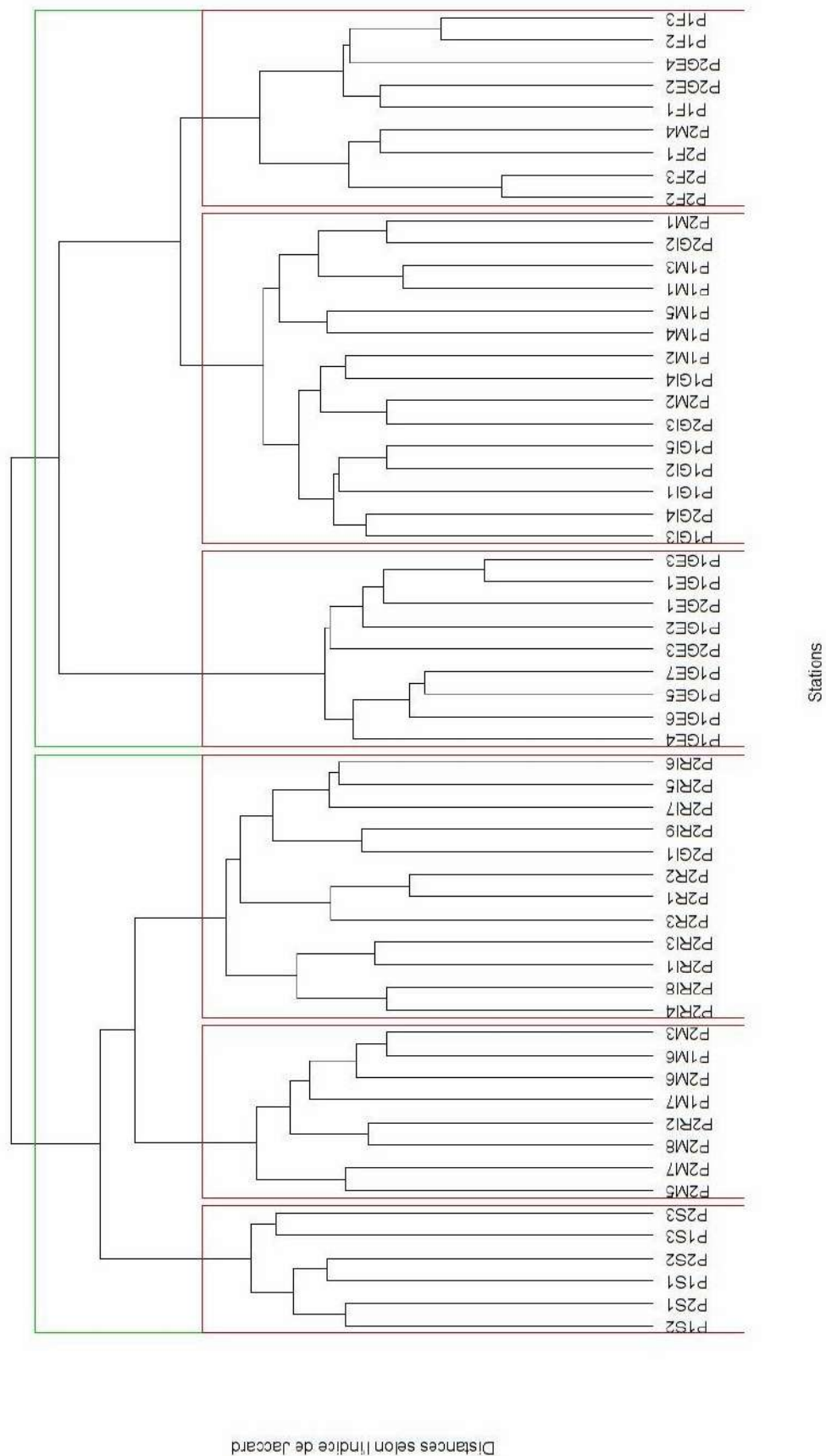


Figure 34 : Partition en 2 et 6 classes du dendrogramme représentant les distances entre chaque station de l'inventaire des espèces au sein des habitats selon l'indice de Jaccard

Pour l'inventaire des blocs, la courbe d'inertie obtenue est la suivante :

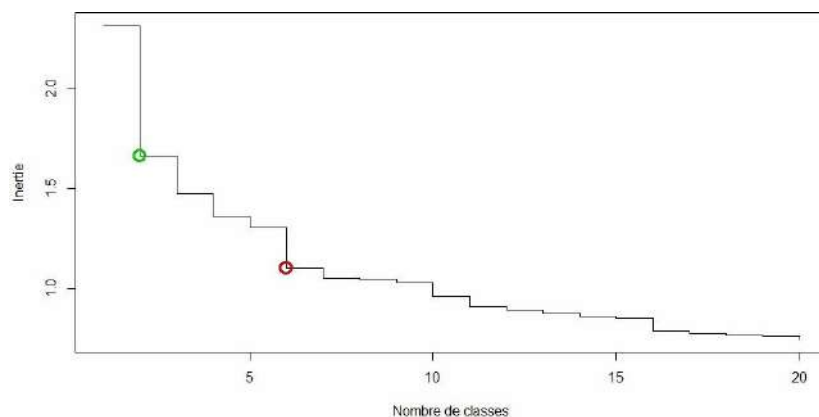


Figure 35 : Courbe d'inertie du dendrogramme lié à la similarité spécifique des stations de l'inventaire au sein des blocs

Dans ce cas de figure, les séparations en 2 et 6 classes semblent aussi être les plus appropriées pour analyser le dendrogramme.

Le dendrogramme obtenu et sa séparation en 2 et 6 classes se trouve en Figure 36.

A partir de la séparation en 2 classes, une distinction symétriquement nette s'observe avec d'un côté une majorité de 23 blocs BE, plus la présence de 7 blocs immergés, et de l'autre côté une majorité de 23 blocs BI avec la présence de 7 blocs émergés en plus.

Dans le premier groupement 15 des blocs BE proviennent de la pêcherie 1, 8 de la pêcherie 2, alors que 2 des blocs BI proviennent de la pêcherie 1 et 5 de la pêcherie 2.

Dans le deuxième groupement, 13 des blocs BI proviennent de la pêcherie 1 et 10 de la pêcherie 2, alors que les 7 blocs BE proviennent de la pêcherie 2.

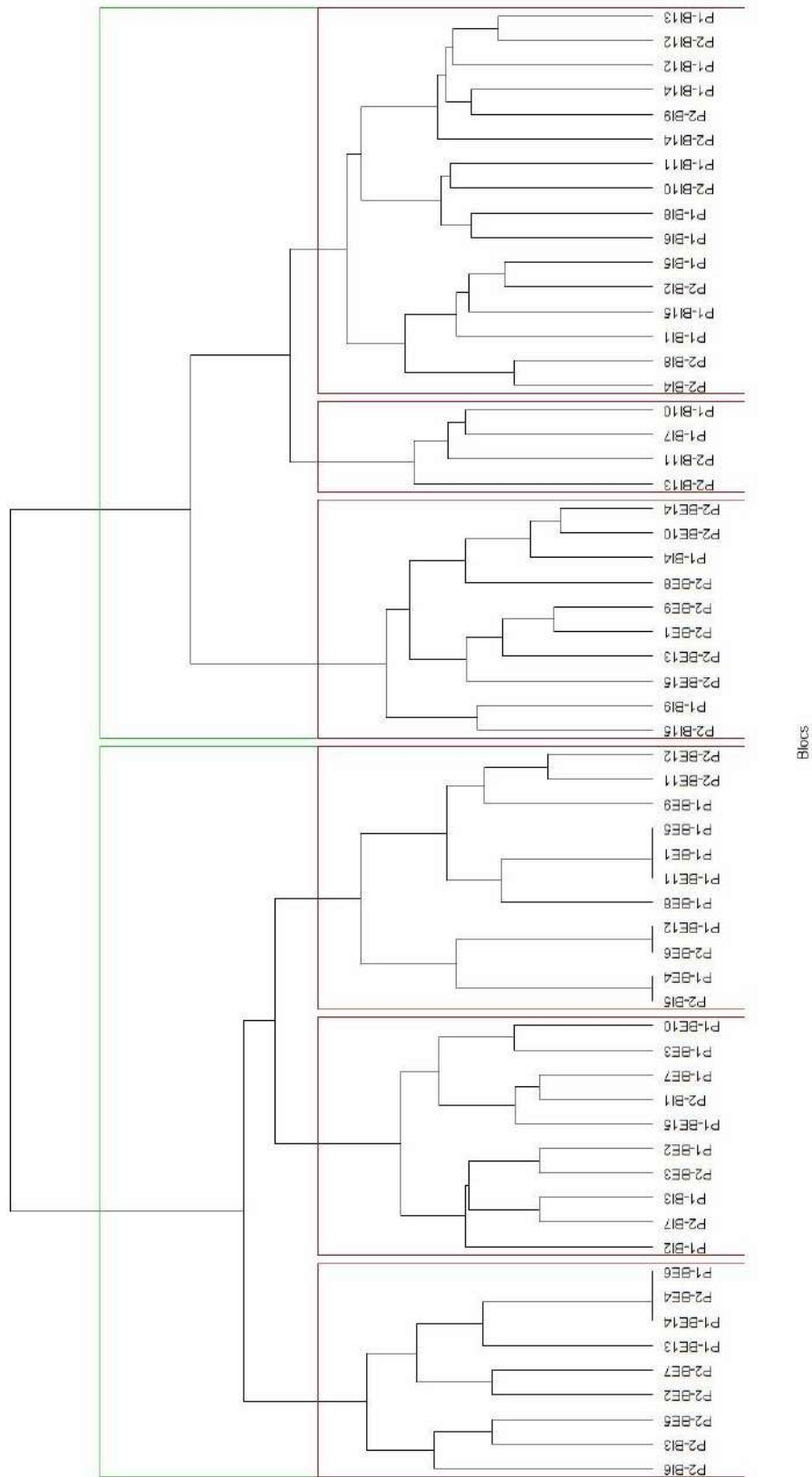
Cela signifie que sur 60 blocs prospectés, 46 blocs présentent des cortèges d'espèces suffisamment différents entre eux pour distinguer les blocs immergés et ceux émergés. Mais que 14 autres blocs principalement issus de la pêcherie 2, possèdent un cortège d'espèces trop similaires pour pouvoir les dissocier des blocs dont le niveau d'immersion leur est opposé.

A partir de la séparation en 6 classes, il est possible de voir que dans chaque regroupement, il n'y a pas de distinctions vraiment flagrantes entre les pêcheries, ni même entre les niveaux d'immersion, à part les deux regroupements à la fin uniquement constitués de blocs BI.

Cela signifie que les cortèges d'espèces sont suffisamment similaires sur 23 des blocs émergés d'une part et 23 des blocs immergés d'autre part entre les deux pêcheries pour considérer que les conditions environnementales exercées sur les deux pêcheries sont les mêmes pour ces blocs en tout cas. Et qu'au moins pour ces 46 blocs, le suivi pourra permettre de comparer l'évolution de la diversité et des cortèges d'espèces au sein des deux pêcheries.

Pour les 14 autres blocs, deux choix sont possibles : soit ils sont conservés pour faire les suivis, mais il faudra prendre en compte ces ambiguïtés lors des analyses ; soit, ils sont enlevés du suivi, mais il y aura alors un déséquilibre entre le nombre de blocs échantillonnés dans la pêcherie 1 et 2, surtout pour les blocs émergés.

Séparation en 2 et 6 classes des blocs par pêcheries et niveaux d'immersion



Distances selon l'indice de Jaccard

Figure 36 : Partition en 2 et 6 classes du dendrogramme représentant les distances entre chaque station de l'inventaire des espèces au sein des habitats selon l'indice de Jaccard

2.3. Discussion

Cette étude a permis de voir que pour les suivis des espèces, au sein des habitats et sur les blocs entiers, les pêcheries 1 et 2 seront comparables pour étudier l'évolution de la diversité faunistique et floristique, car elles possèdent des cortèges d'espèces suffisamment similaires pour dire que les habitats et les blocs sont dans des conditions environnementales plutôt similaires.

Mais, ce constat s'applique uniquement aux milieux de sable, de galets immergés et émergés, ainsi que les milieux mixtes, et pour 23 blocs émergés, dont 15 dans P1 et 8 dans P2 et 23 blocs immergés, dont 13 dans P1 et 10 dans P2.

Il sera donc conseillé de faire les suivis sur l'évolution des caractéristiques générales des blocs, de la diversité d'espèces et de la répartition des communautés d'espèces par groupes taxonomiques :

- uniquement pour les milieux de sable, mixte, de galets immergés et émergés et uniquement pour les 23 blocs émergés et les 23 blocs immergés (voir Annexe 14) qui sont certains d'être dans un environnement identique, quand l'objectif sera de comparer l'impact de la restauration de la pêcherie 2 par rapport à la pêcherie 1.
- pour tous les milieux de P2 et les 30 blocs immergés et émergés, quand l'objectif sera de voir l'impact de l'augmentation du niveau d'eau et de la restauration des murets dans la pêcherie 2 seulement.

3. Le suivi d'espèces cibles, mais lesquels ?

Pour compléter les suivis qui seront proposés à la fin de ce rapport, les commanditaires ont demandé de proposer des pistes de suivis qui seraient basées sur le modèle des sciences participatives que propose le programme nationale BioLit -L'observatoire du littoral- réalisé par Planète Mer.

En croisant les espèces recensées lors des inventaires au sein des habitats et des blocs et l'objectif de la restauration des pêcheries qui est d'accueillir des espèces communément pêchées dont les populations ont décliné, seules trois catégories d'espèces semblent intéressantes à cibler :

- les espèces protégées ou déterminantes pour désigner les zones naturelles d'intérêt écologique faunistique et floristique (ZNIEFF) des Pays de la Loire ;
- les espèces ciblées pour la pêche, autant lors de la pêche à pied actuellement que les espèces historiquement pêchées dans les pêcheries ;
- les espèces considérées comme anciennement ou toujours invasives.

Parmi ces trois catégories, il y a un important nombre d'espèces déjà observées et/ou comptabilisées sur les pêcheries lors des inventaires ou non. Mais, il y a également de nombreuses espèces susceptibles de venir dans les pêcheries, dont la présence en dehors des pêcheries est avérée et certaine. Soit elles ont été observées durant le stage, soit elles sont connues des locaux vivant près de l'anse de la République. Cela permet d'élargir le potentiel d'accueil des pêcheries et des espèces à surveiller au sein des pêcheries.

Certaines espèces sont plus ou moins difficiles à identifier sans prélever les espèces, sauf que les commanditaires veulent que le suivi se fasse sans prélèvement et qu'il soit réalisable par des non-spécialistes. Cela a donc entraîné une sélection des espèces cibles en fonction de la difficulté d'identification des espèces.

Après avoir croisé toutes ces données, il est obtenu la liste des espèces qu'il faudra suivre au fil de la restauration :

- Pour les espèces protégées et déterminantes ZNIEFF des Pays de la Loire :
Gari tellinella
Athanas nitescens (La crevette à capuchon)
Xantho hydrophilus (Le Xanthe)
Sabellaria alveolata (L'hermelle) par l'évolution des récifs d'hermelles
Fucus serratus
Pelvetia canaliculata
- Pour les espèces ou groupes d'espèces pêchées à pied ou anciennement pêchées :
Mytilidae (Les moules)
Magallana gigas (L'huître creuse)
Littorina littorea (Le bigorneau)
Sepia officinalis (La seiche)
Maja brachydactyla (L'araignée de Mer Atlantique)
Pachygrapsus marmoratus (Le crabe marbré)
Carcinus maenas (Le crabe vert)
Cancer pagurus (Le tourteau)
Xantho hydrophilus (Le xanthe)
Eriphia verrucosa (Le crabe des rochers)
Necora puber (L'étrille)
Palaemon elegans (La crevette rose)
Les oursins
Sparus aurata (La dorade royale)
Spondyliosoma cantharus (La dorade grise)
Dicentrarchus labrax (Le bar blanc)
Dicentrarchus punctatus (Le bar moucheté)
Pegusa lascaris (La sole pole)
Torpedo marmorata (La raie électrique)
Raja undulata (La raie brunette)
Scyliorhinus canicula (La petite roussette)
Osmerus eperlanus (Eperlan d'Europe)
Pleuronectes platessa (La plie)
Scophthalmus maximus (Le turbot)
Microstomus kitt (La limande-sole)
Chelon ramada (Le mullet-porc)
Sprattus sprattus (Le sprat)
Sardina pilchardus (La sardine)
Conger conger (Le congre)
- Pour les espèces considérées comme anciennement ou actuellement invasives :
Sargassum muticum
Grateloupia turuturu

Au total, il faudra donc suivre la présence de 4 espèces d'algues et 31 espèces de faune, dont 5 mollusques, 9 crustacés, 1 groupe d'échinodermes, 1 annélide, 16 poissons/vertébrés.

- Pour les algues, identifier l'évolution de la surface des tapis d'algues au fil des saisons et des années dans les deux pêcheries pourraient être intéressantes pour les algues dites « invasives ». Dans la pêche 2, il serait intéressant de voir l'évolution de la surface des tapis d'algues déterminantes ZNIEFF.

Ce travail pourrait se faire par un service civique à l'aide de photographies aériennes des pêcheries et un logiciel de cartographie comme QGIS et/ou avec des bénévoles qui mesurent les surfaces avec un décamètre ou un mètre à main sur le terrain.

Le suivi devra commencer en 2024, une fois par mois, d'avril à septembre, puis uniquement une fois en mai et en août de 2025 à 2029.

- Pour le suivi des récifs d'hermines, il faudrait faire un état des lieux du recouvrement des récifs d'hermines en septembre 2023 ou au printemps 2024 dans la pêche 2, puis tous les ans. Pour ce faire, le protocole suivant, mis en place pour le suivi des récifs d'hermines dans le cadre de directives européennes, est applicable à notre zone d'étude :

Dubois S.F., Boyé A., Cordier C., Curd A. (2020). *REEHAB - Dispositif de suivi des habitats à Sabellaria alveolata (hermines) pour la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin et la Directive Habitat Faune Flore. Guide méthodologique terrain*. Rapport Ifremer et Office Français de la Biodiversité. (Version mars 2020), 27 p.

Le protocole est facilement trouvable sur internet. Il faudra juste bien déterminer les parties de la pêche où se trouvent les patchs de récifs d'hermines les plus intéressants à étudier en amont. Il faudra également remplacer le quadrat fixe par un quadrat mobile et déployable sur la même surface que pour le protocole. Pour redéployer le quadrat toujours au même endroit, il est possible de remplacer les crochets par des points à la bombe de craie. La pêche appartenant au domaine public maritime et étant un bien culturel marin, cela empêchera toute dégradation des murets ou des traces de dinosaures.

- Pour les espèces de poissons et les seiches, simplement suivre l'absence-présence des espèces au sein de la pêche 2 le temps d'une marée, une à deux fois par mois, d'avril à septembre à partir de 2024 et pendant 6 ans, serait déjà intéressant pour voir si de nouvelles espèces se font piéger pendant les saisons et au fil de la restauration de la pêche et même après.
- Pour les crustacés, les oursins et les mollusques hors seiche, la proposition la plus réalisable serait de demander aux bénévoles ou au grand public de lancer aléatoirement 5 fois un quadrat circulaire de 16 dm² dans la partie émergée de la pêche 2 et 5 fois dans la partie immergée et compter le nombre d'individus observés par quadrats. Cela permettra d'avoir les données de 10 quadrats par personnes.

Or, s'il y a une participation active, cela permettra de compiler une base de données suffisante pour faire un suivi solide.

Pour chaque session, il faudra noter sur une fiche de renseignement, le nom de la personne qui fait le relevé et ses coordonnées, la date, le coefficient de marée, l'heure de la marée basse, l'heure de début et de fin de prospection, la météo et la température ambiante.

Pour chaque quadrat, il devra être noté sur une fiche terrain, le substrat présent (S = sable, G = galets, R = roche mère), le nombre d'individus par espèces, le recouvrement en pourcentage d'algues rouges, vertes ou brunes, la présence de tubes d'hermelles ou non.

Si l'observateur n'est pas sûr d'une identification, il faudra qu'il prenne une photo nette de l'individu sous plusieurs angles pour que le GAE puisse aider à l'identification.
Aussi, aucun prélèvement d'espèces ne sera autorisé.

Il serait intéressant de faire ce suivi une fois par mois d'avril à septembre pendant la période de restauration de la pêcherie, puis tous les 2 ans pour voir s'il y a une évolution sur le long terme des populations de ces espèces pendant 10 ans.

4. Résumé des suivis proposés :

Pour conclure, cette partie, il est présenté dans le Tableau 16, un récapitulatif de tous les suivis qu'il serait intéressant de mettre en place pour suivre l'évolution des habitats et de la biocénose de la pêcherie à restaurer (P2) pendant et après la restauration.

Il est important de mentionner que ce sont des propositions. Donc, les suivis qui seront réellement réalisés, devront être choisis par le GAE en fonction du nombre de personnes mobilisable et des compétences des stagiaires et des services civiques qu'ils auront avec eux.

La production de fiches terrains et de fiches d'identifications par espèces pour le suivi des espèces cibles devra être réalisée durant l'automne-hiver 2023 pour être prêt à l'emploi au printemps-été 2024.

Les cartes de localisation des blocs prospectés, le modèle des fiches terrains et les couches shapefile créés pour tous les inventaires déjà réalisés, ainsi que le trombinoscope des blocs inventoriés seront transmis au GAE.

Pour l'analyse du suivi de l'évolution des habitats, une compilation de cartes des habitats en fonction des mois de 2024 et des années, permettront de voir les dynamiques d'expansion et de réduction entre les habitats.

Autrement, des histogrammes montrant l'évolution des abondances et des recouvrements au fil des saisons et des années suffiront pour le suivi des algues, des crustacés, des mollusques et des oursins. En faisant des comparaisons des proportions avec le test de khi-deux et/ou des comparaisons de moyennes avec des tests de Student, Wilcoxon-Mann-Whitney ou d'ANOVA et Kruskal-Wallis, en fonction du nombre d'échantillons et de s'ils sont paramétriques.

Sinon, pour le suivi des seiches et des poissons, des histogrammes de la fréquence de présence des espèces en fonction des saisons et des années suffiront pour voir si de nouvelles espèces se font piéger dans la pêcherie et à quelle fréquence.

Ensuite, pour le suivi des récifs d'hermelles, il suffit de suivre les informations données dans le rapport fait pour le REEHAB. (Dubois et al., 2020)

Enfin, pour le suivi de la biocénose au sein des habitats et sur les blocs, il suffit de refaire les mêmes analyses que celles faites dans ce rapport et voir s'il y a des évolutions dans les résultats au fil du temps.

Tableau 16 : Récapitulatif des suivis proposés

Suivis	Pêcherie concernée	Objectif	Variable étudiés	Fréquence et durée	Protocole
De l'évolution des habitats	P1 et P2	Suivre l'évolution de la surface des habitats	Surface (en m ²)	1 fois/mois d'avril à septembre 2024 1 fois en avril et juillet de 2025 à 2029	Partie 1 : 1.2.
De la biocénose au sein des habitats	P1 et P2	Suivre l'évolution de la répartition des communautés d'espèces et de la diversité après la restauration	Abondance et pourcentage relatifs des communautés d'espèces Indices de biodiversités	Début mai de l'année de la fin de la restauration de la pêcherie + 2 ans après et 5 ans après	Partie 1 : 3.
Si comparaison de P1 et P2 => Etudier les variables pour les habitats S, GI, GE, M Si étude de l'évolution de la pêcherie restaurée => étudier que les variables de P2					
De la biocénose sur les blocs	P1 et P2	Idem + suivre l'évolution des caractéristiques générales des blocs	Idem + Hauteur d'eau, recouvrement (en %) de la faune, des algues, des zones nues et des hermelles	Idem	Partie 2 : 1.
Si comparaison de P1 et P2 => Etudier que les variables des 46 blocs (Annexe 14) Si étude de l'évolution de la pêcherie restaurée => étudier que les variables des 30 blocs dans P2					
Des espèces cibles	P2				Suggestions : Partie 2 : 3.
Algues		Suivre l'évolution de leur surface	Surface en m ²	1 fois/mois d'avril à septembre 2024 + 1 fois en mai et en août de 2025 à 2029	
Evolution des récifs d'hermelles (Dubois et al., 2020)		Idem + des espèces avec lesquelles ils interagissent	Surface de récif + abondance et recouvrement (en %) des espèces interagissant avec + Température de l'eau	1 fois/an au même mois pendant 6 ans	
Espèces de poissons et seiche		Voir l'apparition de nouvelles espèces piégées ou anciennement disparues de la pêcherie	Absence / Présence	2 fois/mois d'avril à septembre pendant 6 ans	
Crustacés, mollusques et oursins		Voir l'évolution des populations au fil du temps	Abondance Recouvrement Absence/présence d'hermelles	1 fois/mois d'avril à septembre 2024 puis tous les 2 ans pendant 10 ans	

Conclusion :

Nous aurons vu dans ce rapport que la pêcherie la plus intéressante à restaurer sur le plan patrimoniale, technique et écologique est la pêcherie 2.

De plus, des mesures de prévention, de limitation et de compensation de potentielles dégradations lors de la restauration et ultérieurement sont prévues et réfléchies consciencieusement pour protéger les récifs d'hermelles et les traces de pas de dinosaures au sein de la pêcherie.

Enfin, un ensemble d'inventaires et de pistes de suivis ont été mis en place et sont proposés dans ce rapport, afin de s'assurer de la réussite et des bénéfices apportés par la restauration tout au long du projet.

Ce rapport a ainsi répondu aux nombreuses demandes des commanditaires et pourra répondre aux interrogations du GAE et des autorités compétentes pour les conforter dans le bien-fondé du projet de restauration et appuyer positivement les décisions futures qui seront prises.

En espérant que le projet sera autorisé et que l'AOT sera obtenue pour commencer le projet l'année prochaine, il est important de souligner que, pendant la constitution du rapport, le GAE a déjà obtenu l'accord du département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (Drassm) pour la restauration de la pêcherie (voir Annexe 15).

Bibliographie :

- Baffreau, A., Caspar, A., Garcia, A. et Timsit, O. (2019). *Proposition d'un protocole de suivi des platiers intertidaux à dominance de faune en appui aux Directives européennes (DCE, DHFF et DCSMM)* GEMEL Normandie, 67 p.
- Baudinière, E., Boullard, R. et Bernard, M. (2019). *Rapport d'étude 2019 pour l'évaluation écologique de l'habitat « champ de blocs » du site Natura 2000 FR5202010 « Plateau du Four »* COREPEM, 20 p.
- Bensettiti, F., Bioret, F., Roland, J. et Lacoste, J.-P. (2004). « *Cahiers d'habitats* » Natura 2000. *Connaissance et gestion des habitats et des espèces d'intérêt communautaire. Tome 2 - Habitats côtiers*. La Documentation française, 399 p.
- Bernard, M. (2012). *Thèse - Les habitats rocheux intertidaux sous l'influence d'activités anthropiques : structure, dynamique et enjeux de conservation* [Thèse en sciences agricoles], 424 p.
NNT : 2012BRES0010 . tel-00720611v2.
- Dubois, S. F., Boyé, A., Cordier, C. et Curd, A. (2020). *REEHAB - Dispositif de suivi des habitats à Sabellaria alveolata (hermelles) pour la Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin et la Directive Habitat Faune Flore. Guide méthodologique terrain* (Version mars 2020). Rapport Ifremer et Office Français de la Biodiversité, 27 p.
- Dupont, C. et Marchand, G. (dir.). (2016). *Archéologie des chasseurs-cueilleurs maritimes: de la fonction des habitats à l'organisation de L'espace littoral. Actes de la séance de la Société préhistorique française de Rennes, p.10-11 avril 2014. = Archaeology of Maritime Hunter-Gatherers: from settlement function to the organization of the coastal zone*. Société Préhistorique Française, 425 p.
- Duprat-Brussaut, A., Barrabes, M. et Scaps, P. (2022). *Sabellaria alveolata* (Linnaeus, 1767). DORIS.
<https://doris.ffesmm.fr/ref/specie/1373>
- Godard, G. (2003). Histoire de la géologie en Talmondaise (Vendée, France). *Le Naturaliste Vendéen*, (3), p.18-23.
- Grall, J. et Coïc, N. (2005). *Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier*. IUEM (UBO)/LEMAR, 91 p.
- Guichard, J. (2017). *Le littoral talmondaise - Patrimoine historique et naturel* (Seconde Edition ; édité par l'Association « Les amis du château et du patrimoine talmondaise »), 48 p.
- Hayward, P. J. (2017). *The marine environment of North-West Europe*. Dans *Handbook of the Marine Fauna of North-West Europe* (Second Edition. Edité par P. J. Hayward et J. S. Ryland). Oxford University Press, 808 p.
<https://doi.org/10.1093/acprof:oso/9780199549443.001.0001>
- Hayward, P. J., Nelson-Smith, T. et Shields, C. (1996). *Guide des bords de mer*. (Edition 2014). Delachaux et Niestlé, 352 p.

- Le Hir, M. (2002). *Thèse - LES CHAMPS DE BLOCS INTERTIDIAUX À LA POINTE DE BRETAGNE (FRANCE) Biodiversité, structure et dynamique de la macrofaune* [Thèse - Spécialité océanologie biologique]. Université de Bretagne Occidentale, 283 p.
- Lincoln, R. J. (1979). *British marine Amphipoda: Gammaridea*. British Museum (Natural History), London, UK, 658 p.
- Livoir, B. (2021). *Document d'objectif Natura 2000 site « FR5200657 » - MARAIS DE TALMONT ET ZONES LITTORALES ENTRE LES SABLES-D'OLONNE ET JARD-SUR-MER* (vol. 1-2, vol. 1 – Etat des lieux & diagnostic). Communauté de communes Vendée Grand Littoral, 141 p.
- Olivier, S., Privat, A., Coz, Bernard, M. et Poisson, P. (2014). *Rapport de synthèse pour les suivis écologiques « champs de blocs » du territoire du Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde et de la Mer des Pertuis* (Rapport de synthèse). CPIE Marennes-Oléron, Agence Française pour la Biodiversité, IUEM, 29 p.
- Perrier, J., Mathurin, J.-L., Lacroix, H. et Grandjean, P. (2004). Méthodes de diagnostic des enrochements de berges de la vallée du Rhône. *BULLETIN DES LABORATOIRES DES PONTS ET CHAUSSEES*, (252-253), p.77-94.
- Rivière, M. L., Aish, A., Gauthier, O., Grall, J., Guérin, L., Janson, A.-L., Labrune, C., Thibaut, T. et Thiébaud, E. (2015). *Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques* (Rapport SPN 2015-69). MNHN, 52 p.
- Sarrazin, J.-L. (1992). Le littoral poitevin (XIe-XIIIe siècles) : conquête et aménagement (première partie). *Annales de Bretagne et des pays de l'Ouest*, 99 (N°1), p.13-31. <https://doi.org/10.3406/abpo.1992.3415>
- Verfaillie, F., Gomez, J., Vallée, J., Guichard, J. (2017). *Dragage du port de Bourgenay de Talmont-Saint-Hilaire. Rejet de sédiments à la côte : suivi des incidences sur le milieu récepteur*. (Version finale) Groupe Associatif Estuaire, 18 p.
- Viaud, J.-M. et Duclous, S. (2003). Journées d'étude des 28 et 29 mars 2002 à Talmont-Saint-Hilaire (Vendée). *Le Naturaliste Vendéen*, (N°3), p.3-11.

Sitographie :

Définition : Biotope. (2023). Dans *Le Robert*. <https://dictionnaire.lerobert.com/definition/biotope>

Définition : Habitat. (2023). Dans le *Larousse*. <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/habitat/38777>

DORIS - Données d'Observations pour la Reconnaissance et l'Identification de la faune et la flore Subaquatique.

(s.d.). <https://doris.ffesm.fr/>

Estran22. (s. d.). <https://www.nature22.com/estran22/estran.html>

Force, E. (s. d.). *Clé de détermination des Algues*. To Take Nature - La Nature sous toutes ses formes.

http://totakenature.fr/tag-clesdedetermination-cle_de_determination_des_algues.html

Géoportail. (s. d.). <https://www.geoportail.gouv.fr/>

Indice et distance de Jaccard. (2021, 28 mai). Dans *Wikipédia*.

[https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Indice et distance de Jaccard&oldid=183350601](https://fr.wikipedia.org/w/index.php?title=Indice_et_distance_de_Jaccard&oldid=183350601)

INPN - Inventaire national du patrimoine naturel (INPN). (s. d.). <https://inpn.mnhn.fr/>

MNHN. (s. d.). 1170-4 - *Les récifs d'Hermelles (façade atlantique) (Cahiers d'habitats)*. Inventaire National du

Patrimoine Naturel. https://inpn.mnhn.fr/habitat/cd_hab/9291

Qui sommes-nous - ADEPIR. (s. d.). <https://www.adepir.fr/l-association/qui-sommes-nous>

Seaweeds identification key – Norwegian Seaweeds. (s. d.). <https://seaweeds.uib.no/key/>

WoRMS - World Register of Marine Species. (s. d.). <https://www.marinespecies.org/index.php>

Annexes :

Annexe 1 : Tableaux des mesures de niveaux pour le relevé topographique de (P1) et (P2)

(P1)

Points	Transect 1	Transect 2	Transect 3	Moyenne
1	-94	-102	-113	-103
2	-78	-90	-80	-83
3	-79	-85	-112	-92
4	-56	-80	-89	-75
5	-38	-60	-55	-51
6	-32	-40	-30	-34
7	-10	-20	-14	-15
8	-6	-10	-18	-11
9	-30	-30	-30	-30

(P2)

Points	Transect 1	Transect 2	Transect 3	Moyenne
0	34	50	49	44,33333333
1	19	18	17	18
2	10	7	1	6
3	1	4	0	1,666666667
4	-3	0	-4	-2,333333333
5	-2	0	-7	-3
6	0	-2	6	1,333333333
7	5	5	-13	-1
8	-7	-4	-1	-4
9	-33	-25	-9	-22,33333333
10	-35	-28	-22	-28,33333333
11	-16	-11	-35	-20,66666667
12	-23	-32	-6	-20,33333333
13	-15	-40	-33	-29,33333333
14	-27	-53	-45	-41,66666667
15	-16	-41	-39	-32
16	-25	-28	-14	-22,33333333
17		-42	-10	-26

Annexe 2 : Tableaux des mesures de la profondeur d'eau des pêcheries (P1) et (P2)

(P1)

Point	Transect 1	Transect 2	Transect 3	Moyenne
1	-25	-29	-34	-29,33
2	-19	-24	-28	-23,67
3	-14	-15	-16	-15,00
4	-2	-6	-18	-8,67
5	0	0	0	0

(P2)

Point	Transect 1	Transect 2	Transect 3	Moyenne
0	0	0	0	0,00
1	0	0	-1	-0,33
2	0	0	-2	-0,67
3	-1	0	-5	-2,00
4	-5	0	-5	-3,33
5	0	0	-4	-1,33
6	0	0	0	0,00
7	0	0	-3	-1,00
8	0	0	0	0,00
9	-3,5	0	0	-1,17
10	-4,5	0	0	-1,50
11	-19	-5	-6	-10,00
12	-26	-24	-9	-19,67
13	-20	-33	-43	-32,00
14	-22	-47	-53	-40,67
15	-20	-35	-45	-33,33
16	-26	-20	-22	-22,67
17		-36	-12	-24,00

Annexe 3 : Liste de la faune et la flore recensée lors des deux inventaires de la biocénose

Embranchement	Faune	Statut	Liste Rouge	Natura2000	Inventaires
Mollusques	<i>Phorcus lineatus</i>	ZNIEFF	LC		Habitats & Blocs
	<i>Littorina littorea</i>		LC		Habitats
	<i>Steromphala umbilicalis</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Steromphala pennanti</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Patella depressa</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Patella vulgata</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Lepidochitona cinerea</i>		LC		Habitats
	<i>Acanthochitona crinita</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Cerithiopsis tubercularis</i>		LC		Habitats
	<i>Gari tellinella</i>		LC		Habitats
	<i>Hiatella arctica</i>		LC		Habitats
	<i>Magallana gigas</i>		LC		Habitats & Blocs
	Mytilidae		LC		Habitats & Blocs
	<i>Abra alba</i>		LC		Habitats
	<i>Venerupis corrugata</i>		LC		Blocs
	<i>Ocenebra erinaceus</i>		LC		Habitats
Crustacés	Sphaeromatidae	ZNIEFF	LC		Habitats
	Ampithoidae		LC		Habitats
	Hyalidae		LC		Habitats
	<i>Hyale</i> sp.		LC		Blocs
	Aoridae		LC		Habitats
	<i>Dynamene bidentata</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Chthamalus</i> sp.		LC		Blocs
	<i>Chthamalus montagui</i>		LC		Habitats
	<i>Chthamalus stellatus</i>		LC		Habitats
	Melitidae		LC		Habitats
	<i>Carcinus maenas</i>		LC		Habitats
	Dexaminidae		LC		Habitats
	<i>Palaemon elegans</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Athanas nitescens</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>		LC		Habitats & Blocs
	<i>Xantho hydrophilus</i>		LC		Blocs
	Amphipode ND		LC		Habitats
	<i>Pagurus chevreuxi</i>		LC		Habitats
	<i>Clibanarius erythropus</i>		LC		Habitats & Blocs
Plathelminthes	<i>Cycloporus papillosus</i>		LC		Habitats
	<i>Stylochoplana maculata</i>		LC		Habitats
Annélides	Chaetopteridae	ZNIEFF	LC	HIC	Habitats
	Spirorbe		LC		Habitats
	Golfingidae		LC		Habitats
	<i>Sabellaria alveolata</i>		LC		Habitats & Blocs
	Pisicolidae		LC		Habitats
	Nephtyidae		LC		Habitats
	<i>Eulalia clavigera</i>		LC		Habitats
	Spionidae		LC		Habitats
	Paraonidae		LC		Habitats
	Cirratulidae		LC		Habitats
	<i>Paucibranchia bellii</i>		LC		Habitats
	Enchytraeidae		LC		Habitats
	Polychète		LC		Habitats
	Oligochète		LC		Habitats
	<i>Spirobranchus</i> sp.		LC		Habitats
Némertes	Némerte ND		LC		Habitats
	Cephalotrichidae		LC		Habitats
	<i>Tubulanus</i> sp.		LC		Habitats
	<i>Lineus</i> sp.		LC		Habitats
	Tubulanidae		LC		Habitats
Cnidaire	<i>Anemonia viridis</i>		LC		Blocs
	<i>Actinia equina</i>		LC		Habitats
	Anémone ND		LC		Habitats
Bryozoaires	Bryozoaire ND		LC		Habitats
Echinodermes	<i>Psammechinus miliaris</i>		LC		Blocs
	<i>Leptosynapta inhaerens</i>		LC		Habitats
Arthropodes	<i>Anurida maritima</i>		LC		Habitats
Chordés	<i>Lipophrys pholis</i>		LC		Habitats
	<i>Gymnammodytes semisquamatus</i>		LC		Habitats
	<i>Coryphoblennius galerita</i>		LC		Blocs
	Ascidies ND		LC		Habitats

Annexe 4 : Tableaux des pourcentages des abondances relatives par groupes taxonomiques de la faune inventoriée au sein des habitats de la pêcherie 1 et 2

Pecherie 1	GE	GI	M	S	F	Pecherie 2	GE	GI	M	S	F	RE	RI
Mollusque	7,2	7,8	26,5	0,0	17,2	Mollusque	7,7	15,4	7,3	0,0	23,7	27,2	95,2
Crustacé	87,9	44,1	0,5	0,0	63,6	Crustacé	72,0	34,3	1,4	0,0	12,9	71,9	2,3
Plathelminthe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	Plathelminthe	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,2	0,0
Annélide	4,9	47,3	72,6	82,6	18,9	Annélide	20,3	50,0	91,1	99,4	63,1	0,7	2,4
Némerte	0,0	0,0	0,0	8,7	0,1	Némerte	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Cnidaire	0,0	0,2	0,5	0,0	0,1	Cnidaire	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Bryzoaire	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	Bryzoaire	0,0	0,3	0,3	0,0	0,0	0,0	0,0
Echinoderme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	Echinoderme	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Chordé	0,0	0,3	0,0	0,0	0,0	Chordé	0,0	0,0	0,0	0,6	0,3	0,0	0,0
Arthropode	0,0	0,0	0,0	8,7	0,0	Arthropode	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

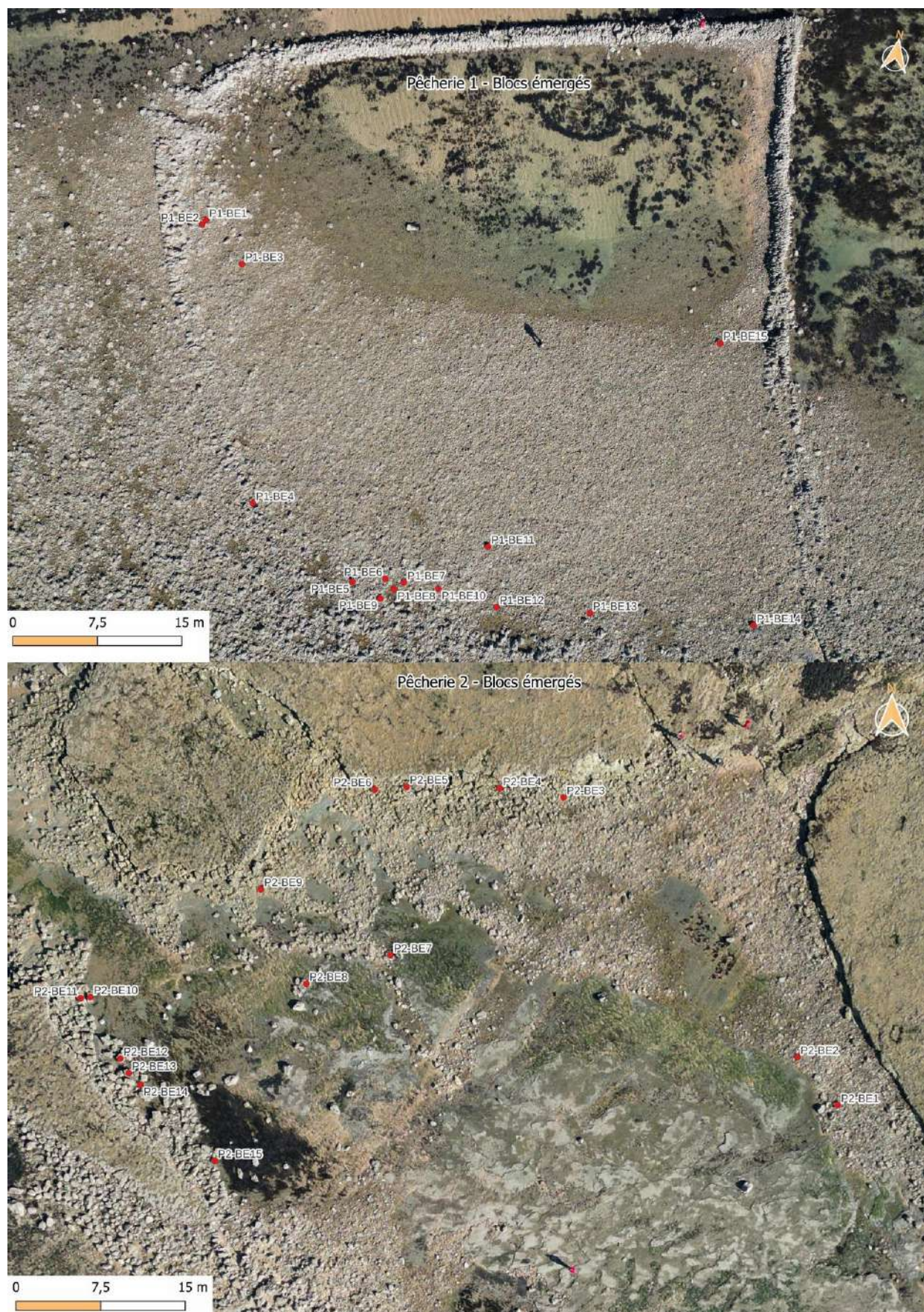
Annexe 5 : Tableau des pourcentages de recouvrement relatifs par groupes taxonomique de la flore inventoriée au sein des habitats

Annexe 6 : Tableau des indices de diversités calculés pour chaque station par habitats
(N : Abondance ; S : richesse spécifique)

Pêcherie	Milieu	Quadrat	N	S	Shannon	Pielou	Pêcherie	Milieu	Quadrat	N	S	Shannon	Pielou
P1	P1GE	P1GE1	105	11	2,7544	0,7962	P2	P2RI	P2RI1	4	3	1,5000	0,9460
P1	P1GE	P1GE2	69	10	2,9930	0,9010	P2	P2RI	P2RI2	36	6	2,3690	0,9160
P1	P1GE	P1GE3	60	10	2,8901	0,8700	P2	P2RI	P2RI3	6	1	0,0000	0,0000
P1	P1GE	P1GE4	111	7	1,6818	0,5991	P2	P2RI	P2RI4	11	2	0,4390	0,4390
P1	P1GE	P1GE5	84	9	2,3126	0,7295	P2	P2RI	P2RI5	52	6	2,1260	0,8230
P1	P1GE	P1GE6	58	14	2,7135	0,7127	P2	P2RI	P2RI6	14	3	1,1980	0,7560
P1	P1GE	P1GE7	80	10	2,2778	0,6857	P2	P2RI	P2RI7	1	1	0	0
P1	P1F	P1F1	91	11	2,3540	0,6804	P2	P2RI	P2RI8	7	2	0,8630	0,8630
P1	P1F	P1F2	68	11	2,3024	0,6655	P2	P2RI	P2RI9	27	10	2,9060	0,8750
P1	P1F	P1F3	49	11	2,3470	0,6784	P2	P2R	P2R1	47	4	1,2978	0,6489
P1	P1S	P1S1	5	2	0,7220	0,7220	P2	P2R	P2R2	42	4	1,1605	0,5803
P1	P1S	P1S2	15	5	1,9070	0,8210	P2	P2R	P2R3	39	7	2,2741	0,8100
P1	P1S	P1S3	3	1	0	0	P2	P2GE	P2GE1	62	11	2,8573	0,8260
P1	P1GI	P1GI1	62	11	2,5983	0,7511	P2	P2GE	P2GE2	58	5	1,6583	0,7142
P1	P1GI	P1GI2	67	8	1,8810	0,5440	P2	P2GE	P2GE3	17	7	2,1740	0,7744
P1	P1GI	P1GI3	50	7	2,4388	0,8687	P2	P2GE	P2GE4	89	12	2,1516	0,6002
P1	P1GI	P1GI4	33	8	2,4514	0,8171	P2	P2F	P2F1	37	7	2,4754	0,8818
P1	P1GI	P1GI5	47	10	2,8687	0,8636	P2	P2F	P2F2	70	12	3,0253	0,8439
P1	P1M	P1M1	31	6	1,7860	0,6910	P2	P2F	P2F3	116	12	2,5345	0,7070
P1	P1M	P1M2	17	5	2,1837	0,9405	P2	P2S	P2S1	5	3	1,5220	0,9600
P1	P1M	P1M3	32	4	1,5810	0,7905	P2	P2S	P2S2	3	3	1,5850	1
P1	P1M	P1M4	7	3	1,3790	0,8700	P2	P2S	P2S3	154	2	0,0570	0,0570
P1	P1M	P1M5	19	3	1,0210	0,6440	P2	P2GI	P2GI1	50	10	2,5280	0,7610
P1	P1M	P1M6	14	3	1,2960	0,8180	P2	P2GI	P2GI2	65	11	3,1254	0,9034
P1	P1M	P1M7	15	3	1,1590	0,7310	P2	P2GI	P2GI3	50	10	2,6840	0,8080
							P2	P2GI	P2GI4	30	9	3,0477	0,9615
							P2	P2M	P2M1	42	10	2,5504	0,7677
							P2	P2M	P2M2	23	8	2,4847	0,8282
							P2	P2M	P2M3	10	2	0,4690	0,4690
							P2	P2M	P2M4	21	8	2,4255	0,8085
							P2	P2M	P2M5	12	1	0	0
							P2	P2M	P2M6	23	1	0	0
							P2	P2M	P2M7	0	0	0	0
							P2	P2M	P2M8	52	7	1,3170	0,4690

Annexe 7 : Tableaux des p-value issues des comparaisons de moyennes des indices de biodiversité réalisées avec le test de Wilcoxon-Mann-Whitney pour l’inventaire au sein des habitats.
(Vert = moyennes pas significativement différentes, Rouge = moyennes significativement différentes)

Annexe 8 : Cartes des blocs immergés et émergés à prospector dans les pêcheries 1 et 2



Annexe 9 : Tableaux des p-value issues des comparaisons de moyennes des paramètres généraux des blocs réalisées avec les tests de Wilcoxon-Mann-Whitney pour l'inventaire sur les blocs entiers.
(Vert = moyennes pas significativement différentes, Rouge = moyennes significativement différentes)

Niveau d'immersion	BI-BE
Hauteur	0,2865
Niveau d'eau	1,199x10 ⁻¹²
Zones nues	0,2993
Recouvrement d'algues	1,207x10 ⁻⁰⁶
Recouvrement de faune	9,682x10 ⁻⁰⁶
Recouvrement d'hermelles	0,8214

Blocs immergés	P1BI-P2BI
Hauteur	0,7871
Niveau d'eau	0,6931
Zones nues	0,3933
Recouvrement d'algues	0,5883
Recouvrement de faune	0,9834
Recouvrement d'hermelles	0,5192

Blocs émergés	P1BE-P2BE
Hauteur	0,006121
Niveau d'eau	NA
Zones nues	0,7538
Recouvrement d'algues	0,01021
Recouvrement de faune	0,9833
Recouvrement d'hermelles	0,0574

Annexe 10 : Tableaux des pourcentages des abondances relatives par groupes taxonomiques de la faune inventoriée dans les quadrats sur les blocs immergés et émergés et en fonction des pêcheries.

Blocs	BE	BI
Mollusque	99,83	94,96
Crustacé	0,00	2,37
Echinoderme	0,00	0,15
Annélide	0,17	2,37
Vertébré	0,00	0,15

P1

Blocs	BE	BI
Mollusque	99,55	94,83
Crustacé	0	0,74
Echinoderme	0	0
Annélide	0,45	4,06
Vertébré	0	0,37

P2

Blocs	BE	BI
Mollusque	100	95,05
Crustacé	0	3,47
Echinoderme	0	0,25
Annélide	0	1,24
Vertébré	0	0

Annexe 11 : Tableaux des pourcentages du recouvrement relatif par groupes taxonomiques de la flore inventoriée dans les quadrats sur les blocs immergés et émergés et en fonction des pêcheries.

Niveaux d'immersion	Rouges	Vertes
BI	82,84	17,16
BE	100	0

Blocs	Rouges	Vertes
P1BI	79,71	20,29
P2BI	86,62	13,38
P1BE	100	0
P2BE	100	0

Annexe 12 : Tableau des indices de diversités calculés pour chaque station par habitats
(N : Abondance ; S : richesse spécifique)

Pêcherie	Immersion	Milieu	Quadrat	N	S	Shannon	Pielou
P1	BI	P1BI	P1BI1	39	4	1,09	0,55
P1	BI	P1BI	P1BI2	31	3	0,89	0,56
P1	BI	P1BI	P1BI3	10	2	0,47	0,47
P1	BI	P1BI	P1BI4	16	2	0,70	0,70
P1	BI	P1BI	P1BI5	11	2	0,85	0,85
P1	BI	P1BI	P1BI6	7	5	2,24	0,96
P1	BI	P1BI	P1BI7	6	1	0	0
P1	BI	P1BI	P1BI8	34	3	1,05	0,66
P1	BI	P1BI	P1BI9	21	3	0,86	0,54
P1	BI	P1BI	P1BI10	12	4	1,65	0,83
P1	BI	P1BI	P1BI11	18	5	1,39	0,60
P1	BI	P1BI	P1BI12	13	2	0,78	0,78
P1	BI	P1BI	P1BI13	26	2	0,39	0,39
P1	BI	P1BI	P1BI14	5	3	1,37	0,86
P1	BI	P1BI	P1BI15	14	2	0,86	0,86
P1	BE	P1BE	P1BE1	11	2	0,44	0,44
P1	BE	P1BE	P1BE2	17	1	0	0
P1	BE	P1BE	P1BE3	11	1	0	0
P1	BE	P1BE	P1BE4	17	1	0	0
P1	BE	P1BE	P1BE5	16	2	0,90	0,90
P1	BE	P1BE	P1BE6	18	2	0,65	0,65
P1	BE	P1BE	P1BE7	18	2	0,92	0,92
P1	BE	P1BE	P1BE8	14	1	0	0
P1	BE	P1BE	P1BE9	29	4	1,46	0,73
P1	BE	P1BE	P1BE10	7	2	0,59	0,59
P1	BE	P1BE	P1BE11	19	2	0,95	0,95
P1	BE	P1BE	P1BE12	10	2	0,47	0,47
P1	BE	P1BE	P1BE13	0	0	0	0
P1	BE	P1BE	P1BE14	10	2	0,47	0,47
P1	BE	P1BE	P1BE15	24	2	0,25	0,25

Pêcherie	Immersion	Milieu	Quadrat	N	S	Shannon	Pielou
P2	BI	P2BI	P2BI1	30	2	0,35	0,35
P2	BI	P2BI	P2BI2	20	2	0,81	0,81
P2	BI	P2BI	P2BI3	26	1	0	0
P2	BI	P2BI	P2BI4	34	4	1,40	0,70
P2	BI	P2BI	P2BI5	11	2	0,44	0,44
P2	BI	P2BI	P2BI6	20	3	0,57	0,36
P2	BI	P2BI	P2BI7	18	2	0,76	0,76
P2	BI	P2BI	P2BI8	12	3	1,04	0,66
P2	BI	P2BI	P2BI9	25	1	0	0
P2	BI	P2BI	P2BI10	15	5	1,56	0,67
P2	BI	P2BI	P2BI11	17	3	1,09	0,69
P2	BI	P2BI	P2BI12	31	2	0,91	0,91
P2	BI	P2BI	P2BI13	21	7	1,91	0,68
P2	BI	P2BI	P2BI14	94	3	0,88	0,56
P2	BI	P2BI	P2BI15	30	7	1,83	0,65
P2	BE	P2BE	P2BE1	35	2	0,19	0,19
P2	BE	P2BE	P2BE2	15	1	0	0
P2	BE	P2BE	P2BE3	38	2	0,40	0,40
P2	BE	P2BE	P2BE4	27	2	0,23	0,23
P2	BE	P2BE	P2BE5	24	2	0,25	0,25
P2	BE	P2BE	P2BE6	33	1	0	0
P2	BE	P2BE	P2BE7	15	1	0	0
P2	BE	P2BE	P2BE8	23	1	0	0
P2	BE	P2BE	P2BE9	28	3	0,96	0,61
P2	BE	P2BE	P2BE10	25	2	0,86	0,86
P2	BE	P2BE	P2BE11	37	3	0,93	0,59
P2	BE	P2BE	P2BE12	14	3	0,73	0,46
P2	BE	P2BE	P2BE13	21	2	0,28	0,28
P2	BE	P2BE	P2BE14	18	3	0,61	0,39
P2	BE	P2BE	P2BE15	26	2	0,24	0,24

Annexe 13 : Tableaux des p-value issues des comparaisons de moyennes des indices de biodiversité réalisées avec le test de Wilcoxon-Mann-Whitney pour l'inventaire sur les blocs.
(Vert = moyennes pas significativement différentes, Rouge = moyennes significativement différentes)

Annexe 14 : Liste des 46 blocs comparables suite à l'étude du dendrogramme

BE	BI
P1BE1	P1BI1
P1BE2	P1BI4
P1BE3	P1BI5
P1BE4	P1BI6
P1BE5	P1BI7
P1BE6	P1BI8
P1BE7	P1BI9
P1BE8	P1BI10
P1BE9	P1BI11
P1BE10	P1BI12
P1BE11	P1BI13
P1BE12	P1BI14
P1BE13	P1BI15
P1BE14	
P1BE15	P2BI2
	P2BI4
P2BE2	P2BI8
P2BE3	P2BI9
P2BE4	P2BI10
P2BE5	P2BI11
P2BE6	P2BI12
P2BE7	P2BI13
P2BE11	P2BI14
P2BE12	P2BI15

Annexe 15 : Avis de la Drassm sur le projet de réestimation



**MINISTÈRE
DE LA CULTURE**

*Liberté
Égalité
Fraternité*

Direction générale des patrimoines et de l'architecture

Département des recherches archéologiques
subaquatiques et sous-marines

Affaire suivie par : Christine LIMA
tél : 04 91 14 28 53
christine.lima@culture.gouv.fr
Dp 1779

Monsieur Fabien Verfaillie
Groupe Associatif Estuaire
Rue de Louza, le port de la Guittière
85 440 TALMONT SAINT-HILAIRE

A Marseille, le 30 mai 2023

Objet : Avis au titre de l'archéologie préventive dans le domaine public maritime sur la demande d'autorisation de « restauration d'une écluse à poissons dans l'Anse de la République », en Vendée.

Monsieur,

En application des dispositions du Code du patrimoine, Livre V, Titre II, relatives à l'archéologie préventive, je donne suite à la demande d'avis, concernant la demande de travaux sur le domaine public maritime pour « la restauration d'une écluse à poissons à Talmont Saint-Hilaire ».

Compte-tenu des travaux envisagés voués au seul entretien de la structure et sans excavation, j'ai l'honneur de vous indiquer que le ministère de la Culture n'édictera pas de diagnostic archéologique pour le projet tel qu'il est décrit dans votre présentation de projet.

Néanmoins, il est nécessaire de vous informer :

- que la pêche de la République est enregistrée comme un bien culturel maritime. Dans la carte archéologique nationale elle est enregistrée sous le numéro EA 30 1820. Dans cette perspective, nous vous demandons que tous les travaux de restauration et d'entretien des vestiges soient réalisés sans affouillement et selon des techniques traditionnelles, avec des pierres de mer rangées debout, sans liant, sans ciment. Toute modification de la structure devra faire l'objet d'une demande d'autorisation auprès du Drassm.
- que lors des travaux toute découverte de vestiges pouvant intéresser l'archéologie devra être déclarée dans les 48 heures à l'autorité maritime compétente, conformément au Code du Patrimoine (art. L 532-2 à 4) et immédiatement nous être signalée.

Le Drassm reste à votre écoute pour toute précision concernant les aspects juridiques et réglementaires relatifs à l'archéologie préventive dans le domaine public maritime ainsi que pour tout aspect scientifique relatif à la thématique des pêcheries.

Je vous prie d'agréer, Monsieur, l'expression de ma considération distinguée.

Pour la Ministre et par délégation

Copie :
DDTM / DML de Vendée

147 Plage de l'Estaque, 13016 Marseille