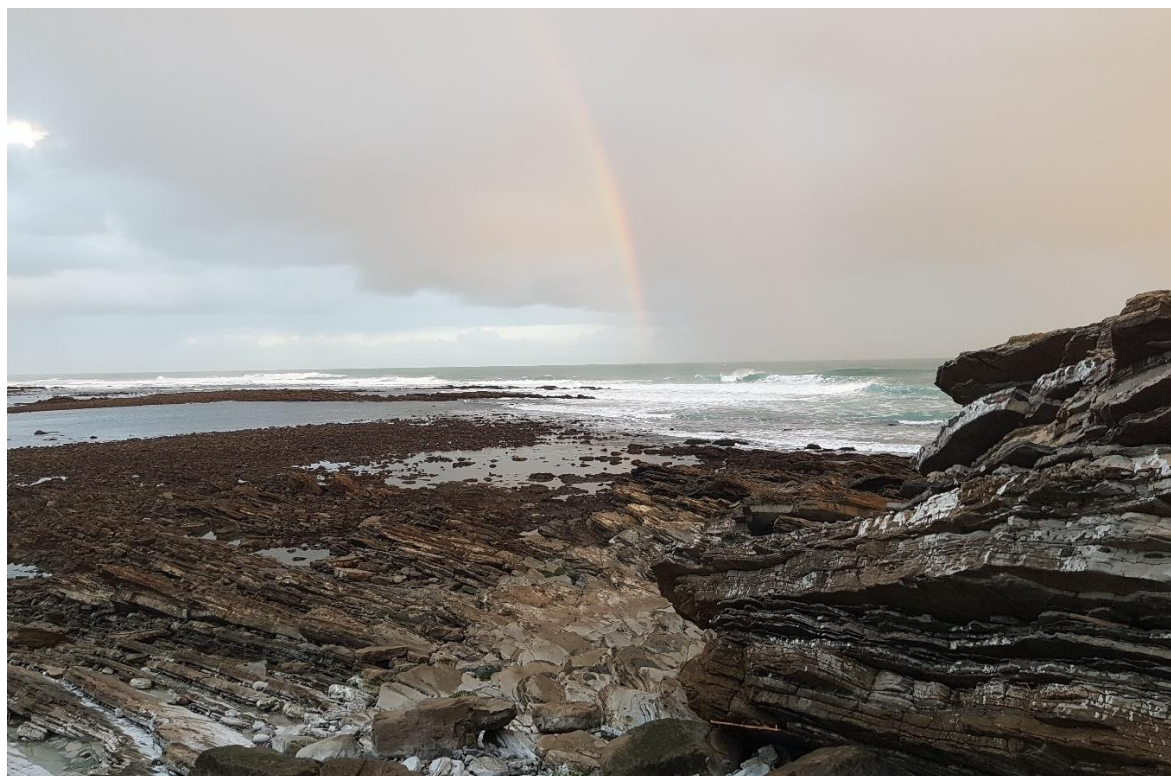


SUIVI DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE ET DES MASSIFS D'HERMELLES DES ESTRANS ROCHEUX DE GUETHARY ET DU ROCHER DU BASTA À BIARRITZ

DALENS Héloïse et VIANA Julie



Photographie de l'estran de Guéthary

@Viana Julie

Stage effectué du 11 mars au 5 mai 2019 au Centre de la Mer de Biarritz

sous la direction scientifique de Mr CASTÈGE Iker et Mme MILON Émilie



"Le présent rapport constitue un exercice pédagogique qui ne peut en aucun cas engager la responsabilité de l'Entreprise ou du Laboratoire d'accueil"

Remerciements

Nous tenons à remercier dans un premier temps notre maître de stage Mr CASTEGE Iker, directeur du Centre de la Mer de Biarritz, ainsi que Mme MILON Emilie, chargée de mission, pour nous avoir fait confiance dans la réalisation de cette étude et pour nous avoir épaulées et soutenues durant toute la durée de ce stage.

Nous tenons également à remercier Mr LALANNE Yann, ingénieur d'études en Ecologie à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour, pour avoir répondu à nos nombreuses questions et pour nous avoir aidées dans l'identification de la macrofaune benthique.

Aussi, nous remercions Mme BRU Noëlle, et Mr TENTELIER Cédric, maîtres de conférences à l'Université de Pau et des Pays de l'Adour pour leur accompagnement et leurs précieux conseils concernant la réalisation de nos analyses statistiques.

Enfin, il nous semble aussi important de souligner la sympathie de l'équipe d'animation du Centre de la Mer de Biarritz et de l'Aquarium de Biarritz comptant Mme BOLLING Laurence et Mr CONNOLE Stéphane ainsi que leurs services civiques, Melle ETCHETO Maïder et Melle MOURET Eve, qui ont su instaurer un cadre de travail agréable et serein lors de la réalisation de nos animations pédagogiques.

Avant-propos

Le Centre de la Mer de Biarritz, situé dans les Pyrénées-Atlantiques (64), est une structure associative loi 1901 de recherches et de médiations scientifiques qui s'intéresse au fonctionnement des écosystèmes marins. Il s'articule autour de 3 principaux axes :

- ❖ Des actions pédagogiques de sensibilisation auprès de scolaires (visites guidées, animations pédagogiques, ateliers sur l'estran...).
- ❖ Des recherches et expertises sur la biodiversité marine notamment au travers du programme régional ERMMA (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains) porté par le Centre de la Mer de la Biarritz. C'est un outil spécialisé sur l'évolution des populations via les suivis standardisés des divers maillons de la chaîne alimentaire (du plancton aux prédateurs supérieurs).
- ❖ Des recherches et formations sur les risques côtiers avec la mise en place de sessions de formations pour les gestionnaires ou entreprises, l'organisation de colloques scientifiques et la collaboration avec différentes structures pour mettre en place des projets de recherches (notamment avec EUCC-France) pour répondre aux problématiques posées par la pression démographique et l'élévation du niveau marin.



Figure 1 - Le Centre de la Mer de Biarritz et ses actions

@centredelamer.fr

Table des matières

Introduction.....	1
1 Présentation des sites d'étude et de la faune	3
1.1 Présentation des sites d'études.....	3
1.1.1 L'estran rocheux de Guéthary.....	3
1.1.2 L'estran rocheux de Biarritz	4
1.2 La macrofaune benthique	4
1.3 Les perturbations	5
1.4 L'intérêt de la sensibilisation et des sciences participatives.....	6
2 Matériel et méthode	7
2.1 Recensement de la macrofaune benthique des estrans rocheux	7
2.1.1 Les sites d'études	8
2.1.2 Test observateur.....	9
2.1.3 Méthode d'échantillonnage de la macrofaune benthique	10
2.2 Traitement des données	11
2.2.1 Courbe de raréfaction.....	11
2.2.2 La richesse taxonomique	12
2.2.3 Abondance moyenne.....	12
2.3 Suivi des massifs d'hermelles	12
2.3.1 Méthode photographique et relevés métriques du rocher du Basta	12
2.3.2 Méthode des transects sur l'estran de Biarritz.....	13
2.3.3 Méthode des transects sur l'estran de Guéthary	13
2.4 Les AMEs.....	14
3 Résultats et discussions	15
3.1 La macrofaune benthique des estrans rocheux	15
3.1.1 Test observateur.....	15
3.1.2 Méthode d'échantillonnage de la macrofaune benthique	15
3.2 Suivi des massifs d'hermelles	27
3.2.1 Évolution des massifs d'hermelles du Rocher du Basta	27
3.2.2 Évolution des massifs d'hermelles sur l'estran de Biarritz	28
3.2.3 État initial des massifs d'hermelles sur l'estran de Guéthary	29
3.3 Les AMEs.....	30
Conclusion	32
Bibliographie.....	33
Annexes	35
Résumé.....	53

Introduction

Le présent rapport s'inscrit dans le cadre du programme régional ERMMA (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains) qui participe à la connaissance scientifique, à l'expertise de l'évolution de la biodiversité marine en Nouvelle-Aquitaine et à l'interaction entre les scientifiques et les Institutions en charge de la gestion durable du milieu marin néo-Aquitain. Cette étude permet ainsi de rendre compte de la diversité des milieux, de l'évolution spatio-temporelle des populations benthiques, mais également de mesurer la réponse des espèces face à des atteintes environnementales.

Cette étude est établie dans le but de réaliser le suivi biologique annuel des peuplements benthiques qui correspond à l'ensemble des organismes vivant en relation étroite avec les fonds subaquatiques. On distingue deux types de benthos : le phytobenthos et le zoobenthos. La composition de ces peuplements est un bon indicateur de la qualité biologique des milieux marins puisque certaines de ces espèces sont sensibles aux variations environnementales naturelles ou d'origine anthropique (Tian *et al.*, 2009).

De ce fait, un suivi de la macrofaune benthique est réalisé sur le site de Guéthary, qui présente une forte richesse taxonomique et bénéficie d'un statut de cantonnement de pêche qui impose une réglementation particulière quant aux activités humaines. Ainsi, plusieurs stations d'échantillonnage sont déterminées dont certaines à l'intérieur du cantonnement de pêche et d'autres à l'extérieur. Depuis 2012, des stations d'échantillonnages ont également été placées sur l'estran rocheux de Biarritz au niveau du Basta. Le suivi permet de comparer la biodiversité présente sur ces différentes zones et l'évolution spatio-temporelle des populations benthiques identifiées.

En 2002, ce suivi avait notamment permis d'évaluer les conséquences de la marée noire liée au naufrage du Prestige qui avait touché l'Espagne et le littoral aquitain (Castège, Milon, et Pautrizel, 2014) mais également d'étudier le potentiel de résilience des écosystèmes marins du Golfe de Gascogne. En effet, les suivis annuels ont montré que la population benthique avait subi des modifications durant les années qui ont suivies la pollution. Il a aussi été démontré à travers ces études que certaines espèces ne sont réapparues que 5 ans après le naufrage, synonyme de la résilience de l'écosystème.

Ainsi, à la suite du naufrage du Grande America au large de la Rochelle le 12 mars 2019, le Ministère de la Transition écologique et solidaire a identifié ce suivi comme participant à l'état initial des littoraux Basques. Le suivi réalisé cette année sera donc pris comme état de référence pour les années suivantes pour étudier et analyser les potentiels impacts de ce naufrage sur les écosystèmes néo-Aquitains.

En parallèle, un suivi des massifs d'Hermelles (*Sabellaria sp.*), habitat d'intérêt communautaire, est réalisé sur le site du Rocher du Basta et sur l'estran de Biarritz depuis quelques années (Bonvallet et Schmitt, 2015 ; Lajournade-Colin et Patry, 2018). Cette année, ce protocole a été étendu à l'estran de Guéthary, dans la zone de cantonnement, afin d'obtenir

une base de données des massifs d'Hermelles et de suivre la dynamique écologique de ces derniers.

Enfin, la protection des écosystèmes littoraux passe par l'interaction et la sensibilisation du public et notamment des plus jeunes. Ces échanges de connaissances se font lors de nos échantillonnages sur le terrain et lors d'accompagnement de sorties scolaires via le programme d'Aires Marines Éducatives (AME) établi à Biarritz et la mise en place du protocole de sciences participatives (protocole BioLit).

1 Présentation des sites d'étude et de la faune

La répartition des différentes espèces faunistiques sur l'estran est liée à l'influence des marées. En effet, un véritable gradient de vie est notable en fonction de l'éloignement à la côte de la zone en question. Cet éloignement est présenté par la division de l'estran en différents étagements qui dépendent de leur immersion (*Figure 2*). A chaque étage correspond des conditions environnementales particulières auxquelles le cortège d'espèces est adapté :

- ❖ L'étage « supralittoral » est l'étage le plus près de la côte et correspond à la zone soumise aux embruns et immergée uniquement lors de vagues à fort coefficient.
- ❖ L'étage « médiolittoral » est l'étage intermédiaire et correspond à la zone de balancements des marées (zone immergée et émergée à chaque marées). Cet étage est sous-divisé en deux : le médiolittoral supérieur (entre le « supralittoral » et le « médiolittoral ») et le médiolittoral inférieur (entre le « médiolittoral » et l'« infralittoral »).
- ❖ L'étage « infralittoral » est l'étage le plus proche de l'océan et correspond à la zone qui est émergée uniquement lors des grands coefficient de marées basses.

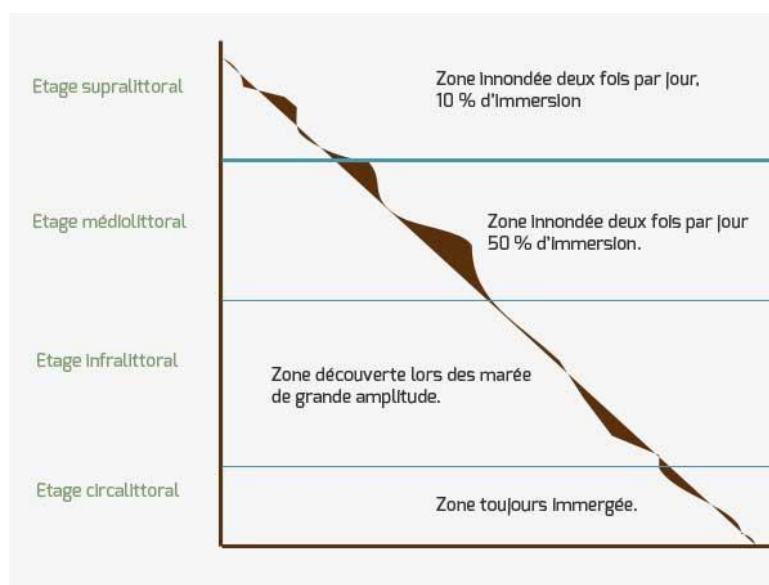


Figure 2 - Étagement du littoral

@pecheapied.net

1.1 Présentation des sites d'études

1.1.1 L'estran rocheux de Guéthary

1.1.1.1 Caractéristiques de l'estran de Guéthary

L'estran de Guéthary possède une grande diversité d'habitats divisés en 4 catégories : des zones sableuses, des flyschs (plaques de pierres possédant des anfractuosités), des champs de blocs et des cuvettes (zones restant en eau lors des basses mers). La diversité de milieux rend propice l'implantation d'une macrofaune benthique riche et diversifiée.

1.1.1.2 Cadre juridique

Cette richesse biologique du littoral de Guéthary a donc amené les politiques à proposer des outils de protections juridiques des habitats, de la faune et de la flore. Ainsi, le site de Guéthary a été classé comme ZNIEFF de Type I (Zone Nationale d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique) par le Ministère de l'environnement (INPN.). Ce statut de protection identifie donc les plages de Guéthary comme site d'intérêt patrimonial pour les espèces et leur habitat et couvre le littoral de Biarritz à Saint-Jean-de-Luz (*ZNIEFF 720012823 – Milieux littoraux de la plage des Basques à la pointe de Sainte-Barbe*). Cependant, la classification en ZNIEFF ne réglemente pas les activités anthropiques du site, il permet uniquement de recenser les zones naturelles à préserver.

Ainsi, afin d'ajouter un aspect réglementaire, les politiques ont également choisi de mettre en place un cantonnement de pêche sur le littoral de Guéthary par arrêté ministériel en 1991 (Agence Française pour la Biodiversité 2011). Ce cantonnement de pêche va de la plage de Cenitz au Port. Il a pour but de préserver le patrimoine écologique en interdisant certaines activités de pêches (pêche à la ligne, cueillette, pêche sous-marine, pose de casiers, ...) et toutes perturbations de milieux (déplacements ou retournements de blocs de roches).

1.1.2 L'estran rocheux de Biarritz

1.1.2.1 Caractéristiques de l'estran de Biarritz

L'estran de Biarritz se situe entre le port vieux et la Grande plage de Biarritz et correspond à une zone très touristique. Ce lieu, qui est très fréquenté, notamment durant la saison estivale, est donc soumis à une importante pression anthropique. En ce qui concerne les habitats présents, ils sont similaires à ceux constituant l'estran de Guéthary mais avec une dominance de zones sableuses et de flysch.

1.1.2.2 Cadre juridique

Le littoral de Biarritz, tout comme celui de Guéthary, bénéficie de certains statuts de protection. En effet, il est classé site Natura 2000 par l'Union Européenne : Directive « Oiseaux » (*FR7212002, Rochers de Biarritz : le Bouccalot et la Roche ronde* (INPN 2006)) et Directive « Habitats, Faune, Flore » (*FR7200776, Falaises de Saint Jean de Luz à Biarritz* (INPN 2014)). Ces statuts de protection visent à préserver à long terme les espèces et les habitats particulièrement menacés tout en prenant compte des préoccupations socio-économiques. De plus, un habitat d'intérêt communautaire est présent sur l'estran de Biarritz : les massifs d'hermelles. Cependant, ces statuts de protection n'entraînent pas de réglementation sur les activités anthropiques.

1.2 La macrofaune benthique

La macrofaune benthique rassemble les organismes marins vivant dans les fonds aquatiques, dont la taille est supérieure à 1 mm et visibles à l'œil nu. Le benthos est l'un des trois groupes écologiques majeurs dans la classification des organismes marins avec le plancton et le necton. Ces organismes appartiennent à plusieurs embranchement (Cnidaires, échinodermes, gastéropodes, crustacés, mollusques, ...) et peuvent être sessiles ou vagiles en se déplaçant en

rampant, en marchant ou en nageant. De même, ces organismes peuvent être des espèces coloniales ou solitaires et sont donc retrouvés en colonie ou en individus isolés.

D'une part, l'étude de la biodiversité de la macrofaune benthique permet de récupérer de nombreuses informations sur la qualité du milieu. En effet, ces espèces souvent sensibles sont indicatrices de perturbations. L'analyse de leur richesse spécifique et de la structure de leurs communautés permettent notamment d'évaluer les changements à long terme des pressions exercées par les activités humaines sur le domaine littoral. En effet, certaines espèces sont plus vulnérables aux pollutions et constituent donc de bons bio-indicateurs. Dans le cadre d'une pollution aux hydrocarbures par exemple, le schéma correspond à une disparition des brouteurs au moment de la pollution qui entraîne une explosion des algues qui elle-même va encourager la prolifération de nouveaux brouteurs (ERMMA, 2012). Le retour à des abondances normales les années suivantes laisse entrevoir la résilience de l'écosystème.

D'autre part, les hermelles (*Sabellaria* sp) sont des annélides polychètes (ou vers marins) grégaires et tubicoles considérés comme une « espèce-ingénieur » par leur construction de bio-récifs. Ces récifs sont élaborés à partir de sable et de fragments de coquillages agglomérés en tubes et regroupés en amas. Ils servent de substrats pour l'établissement d'autres espèces, mais en abritent également dans leurs anfractuosités, constituant donc un véritable réservoir de biodiversité. Ces constructions sont fragiles et subissent des pressions directes dues principalement à la pêche à pied. L'action mécanique de piétinement des récifs par les pêcheurs et la destruction des blocs de récifs pour déloger la faune, représente la dégradation la plus visible. Cet habitat bénéficie donc d'un statut de protection et est considéré comme un habitat d'intérêt communautaire. Ainsi, le suivi de ces constructions représente une veille écologique importante.

Si des massifs d'Hermelles ont déjà été identifiés en grand nombre sur le littoral de Biarritz (premier signalement : Bassenave, 1999), il semble que ceux-ci se développent également sur le littoral de Guéthary, mais de manière plus ponctuelle et sous forme de placages.

1.3 Les perturbations

Les littoraux sont des zones géographiques attractives et touristiques. En effet, Guéthary représente une station balnéaire importante sur la côte Basque et le tourisme a un poids non négligeable dans l'économie de la commune. Le littoral de Biarritz est quant à lui également très fréquenté durant la saison estivale et est donc soumis à une forte pression anthropique. Ainsi, des constructions liées à ce secteur d'activité ont vu le jour, telles que des stations d'épurations par exemple (2003 pour Guéthary).

Le tourisme entraîne également des activités de loisirs telles que la pêche, la plongée sous-marine ou encore la pêche à pied. Ces activités représentent des sources de perturbations pour les habitats, la faune et la flore, notamment au travers d'impacts directs (piétinement). Néanmoins, comme cité précédemment, une partie du littoral de Guéthary a été placée en zone de cantonnement, régulant ces activités.

D'autres activités économiques telles que la pêche industrielle ou le transport maritime peuvent aussi impacter directement le milieu et provoquer des pertes d'habitats ou de biodiversité.



Figure 3 - Exemple de perturbation anthropique ✦ Estran de Biarritz @Viana Julie

1.4 L'intérêt de la sensibilisation et des sciences participatives

Au-delà de la connaissance scientifique, l'éducation à l'environnement et la sensibilisation sont des aspects importants pour la préservation des milieux et de leur biodiversité. En effet, la sensibilisation des usagers permet de favoriser des comportements responsables et respectueux des habitats, de la faune et de la flore.

L'éducation à l'environnement « est conçue comme un processus permanent dans lequel les individus et la collectivité prennent conscience de leur environnement et acquièrent les connaissances, les valeurs, les compétences, l'expérience et aussi la volonté qui leur permettront d'agir, individuellement et collectivement, pour résoudre les problèmes actuels et futurs de l'environnement » (UNESCO/UNEP, 1988). Cette éducation peut être mise en place dès le plus jeune âge, au travers de projets pédagogiques scolaires, ou via la participation volontaire.

Les sciences participatives sont des outils de collecte d'informations scientifiques qui impliquent la participation d'un public non professionnel. Elles sont mises en place par des scientifiques qui établissent des protocoles facilement applicables pour récolter des données sur le terrain. Les données dites « opportunistes », récoltées par les volontaires, seront ensuite entrées dans une base de données scientifique. Sur le long terme, ces projets permettent d'effectuer des suivis spatio-temporels de quelques espèces cibles déterminantes d'un écosystème et de tirer des tendances.



Dans cette démarche, plusieurs Aires Marines Éducatives (AME), projet pédagogique de connaissance et de protection du milieu marin par des scolaires, ont été mises en place. Ces AME sont des zones littorales de petites tailles localisées sur le territoire communal de l'école en question et qui sont gérées de manière participative par les élèves de cycle 3 suivant des principes définis par une charte.

Deux écoles de la Côte Basque ont établi un partenariat avec le Centre de la Mer de Biarritz, en tant que référent scientifique, et ce pour une durée de trois ans (de 2017 à 2020). Il s'agit de l'école primaire du Reptou à Biarritz et de l'école primaire Jean Jaccachoury à Bidart. L'école du Reptou a établi son AME sur l'estran du Basta à Biarritz et l'école Jean Jaccachoury sur celui de Bidart.

La mission du Centre de la Mer de Biarritz au sein de ces AME est d'accompagner ces classes dans la mise en place et la gestion de leur AME, en leur apportant un soutien logistique en sollicitant des intervenants mais également un soutien scientifique en participant aux sorties de chaque écoles.

2 Matériel et méthode

2.1 Recensement de la macrofaune benthique des estrans rocheux

Dans le cadre du recensement de la macrofaune benthique sur les estrans de Guéthary et de Biarritz, le matériel utilisé est identique pour les deux sites (Tableau 1).

Tableau 1 - Matériels utilisés dans le cadre du suivi

Matériel	Utilisation	Références
Appareil photographique	Photographies des sites et de la macrofaune étudiée	x
Articles scientifiques	Identification de la macrofaune benthique et documentation sur les sites d'études	L. Huguenin et al. 2018
Cadre de 0.1 m ²	Test de l'effet observateur	x
Calendrier des marées	Mise en place du calendrier de prospection	Ville de Biarritz
Corde graduée	Quadrat de 16 m ² pour le protocole standardisé	x
Fiche terrain	Recensement et identification de la macrofaune benthique	Centre de la Mer de Biarritz
GPS	Localisation des stations géo-référencées	Garmin
Guide des bords de mer	Identification de la macrofaune benthique	Guide des bords de mer – (Hayward, Nelson-Smith, et Shields 2009)
Livret photographique	Identification de la macrofaune benthique	Blanchard et Caillaba 2013, mis à jour par Cochard et Lledo 2017

2.1.1 Les sites d'études

Le suivi est réalisé sur 2 communes du Pays Basque : La commune de Guéthary qui est suivie depuis 2002 et la commune de Biarritz qui est suivie depuis 2012 (Cazemajou-Tournie et Remazeilles 2012).

Dans un souci de clarté, l'ensemble des 22 stations géo-référencées est cartographié grâce au Système d'Information Géographique (S.I.G) en recourant au logiciel QGIS (version 3.0). Ainsi, les 20 stations de l'estran de Guéthary et les 2 stations du Basta à Biarritz sont représentées avec les différentes caractéristiques qui leurs sont associées (Annexe 1) :

L'estran de Guéthary compte 20 de ces stations d'études réparties sur 3 plages (Figure 4) :

- ❖ 12 sur la plage d'Harotzen Costa et 4 au niveau de la plage de Cenitz, c'est-à-dire dans le cantonnement de pêche,
- ❖ 4 hors-cantonnement de pêche sur la plage de Parlementia pour mettre en évidence un possible effet « cantonnement ».

Les deux dernières stations situées au Basta à Biarritz (Figure 5) permettent d'apporter des connaissances supplémentaires sur la richesse taxonomique et l'abondance de la macrofaune benthique à une échelle plus large.

Enfin, il faut noter que les 22 stations prospectées sont situées sur des étagements différents. Ainsi 7 stations sont dans la zone infralittorale, 11 se trouvent dans la zone médiolittorale inférieure et 4 dans la zone médiolittorale supérieure (Annexe 1). Ces données sont importantes car les coefficients de marées permettant l'échantillonnage ne sont pas les mêmes en fonction de l'étagement (Annexe 2).

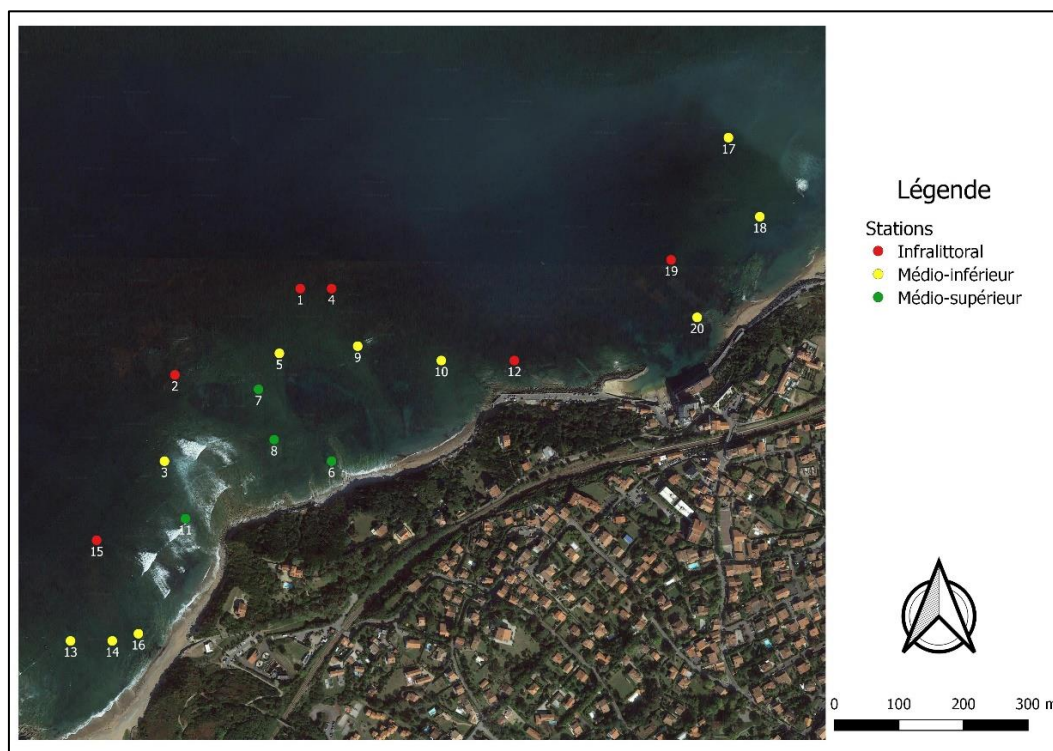


Figure 4 - Répartition spatiale des stations sur l'estran de Guéthary

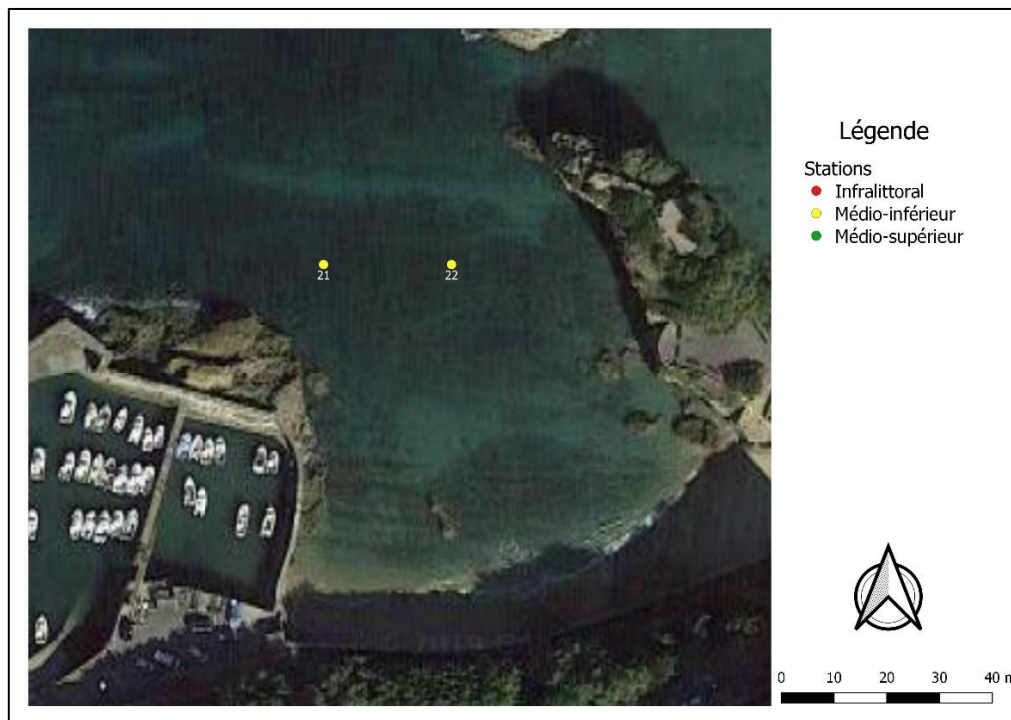


Figure 5 - Répartition spatiale des stations sur l'estran de Biarritz

2.1.2 Test observateur

L'ensemble de la récolte des données étant réalisé par deux personnes, il est important de s'assurer qu'il n'existe pas de biais induit par cet échantillonnage en binôme dans les données recueillies sur les stations. Il est donc important de réaliser un test de l'effet observateur, préalablement aux échantillonnages, pour être certain qu'il n'y ait pas de différence significative entre les moyennes des deux échantillonneurs. Pour cela, il faut placer aléatoirement 16 quadrats (pour obtenir un échantillon supérieur à 30 et pouvoir réaliser un test statistique représentatif) de dimension 31cm par 31cm (0,1 m²) sur l'un des sites d'étude puis de procéder au recensement des espèces sessiles présentes dans ces quadrats à tour de rôle (Figure 6). Les espèces vagiles ne sont pas recensées car elles pourraient entraîner un biais dans les résultats obtenus qui ne serait pas réellement représentatif d'une différence entre les moyennes des deux échantillonneurs.



Figure 6 - Quadrat du test observateur @Viana Julie

Les résultats obtenus sont ensuite soumis à un test non paramétrique de Wilcoxon apparié. L'hypothèse H0 suppose une absence de différence significative entre les données recueillies par les 2 observateurs tandis que l'hypothèse H1 suggère une différence significative des résultats. Pour déterminer l'hypothèse la plus probable il suffit de regarder la p-value obtenue grâce à ce test et qui doit être supérieure à α c'est-à-dire à 0.05. Si la p-value est supérieure à ce seuil, cela signifie que l'hypothèse H0 ne peut pas être réfutée et qu'il n'y a pas d'effet observateur significatif entre les 2 échantillonneurs.

2.1.3 Méthode d'échantillonnage de la macrofaune benthique

La méthode d'échantillonnage utilisée est la méthode d'échantillonnage par quadrat en se servant de quadrats d'échantillonnage de 16 m² (4m de chaque côté) positionnés sur chaque station suivant des coordonnées GPS (Annexe 1). Cette méthode permet d'obtenir des résultats fiables et reproductibles (Augris *et al.*, 2009). Ce protocole de suivi standardisé mis en place depuis 2003 (Libier et Irola, 2003) permet donc de réaliser un suivi sur le long terme de la macrofaune benthique sur nos sites d'études et de comparer les résultats d'une année à l'autre.

Le quadrat, est réalisé à l'aide d'une corde graduée tous les mètres puis divisé en deux parties de 8 m² chacune (Figure 7). Le choix de la taille de ce quadrat a été préalablement testée (Castège et Milon, 2014) pour permettre de recenser un maximum de biodiversité en tenant compte du temps d'étude permis par les marées. Chaque observateur est en charge de l'échantillonnage d'une de ces parties (lors du deuxième échantillonnage, les observateurs inversent leur partie pour réduire les biais d'échantillonnage).



Figure 7 - Quadrat du protocole d'échantillonnage de la macrofaune benthique 📍 Plage de Harotzen Costa @Viana Julie

La macrofaune vagile et sessile est identifiée à l'intérieur du quadrat en abondance ou en pourcentage de recouvrement sur le dessus et le dessous des blocs pour les espèces coloniales (*Balanus spp*, *Chtamalus spp*, *Spirorbis spp*, *Spirobranchus spp*, *Mytilus spp*). Pour rendre

l'identification la plus précise possible, elle est réalisée à l'aide d'un guide d'identification (Hayward, Nelson-Smith, et Shields 2009), d'un livret photo issu des précédents suivis, et d'une étude présentant les principaux taxons identifiés sur nos sites d'études (Huguenin *et al.*, 2018). Les organismes sont identifiés in situ afin de limiter l'impact de l'échantillonnage, cependant, lorsque l'identification est impossible sur le terrain, les spécimens sont pris en photo et identifiés au bureau. En raison de la taxonomie complexe de certains taxons, certains organismes sont identifiés au genre parce qu'il est impossible de recueillir les données permettant la connaissance de l'espèce.

Une estimation du recouvrement algal est également réalisée, en estimant à la fois le recouvrement total des algues sur l'ensemble du quadrat mais également en discernant les algues vertes (Chlorophycée), les algues rouges (Rhodophycée) et les algues brunes (Phéophycée). Ainsi, pour chaque station, la faune benthique et le recouvrement algal sont notés dans une fiche terrain (Annexe 3).

Cette année, les données obtenues concernant le recouvrement algal ne seront pas présentées dans ce rapport car elles ne sont pas en lien direct avec la problématique de cette étude. Néanmoins, dans le but de pouvoir réaliser un suivi sur le long terme du recouvrement algal, qui peut impacter la composition des écosystèmes (notamment les brouteurs qui se nourrissent de ces algues), les données sont consignées dans un fichier Excel.

Pour réaliser les analyses, toutes les données récoltées sur le terrain sont retranscrites dans un fichier Excel présentant à la fois les espèces ou taxons identifiés, leurs abondances, la station où ils ont été recensés (avec les coordonnées GPS), la date d'échantillonnage, le numéro de passage (1^{er} ou 2^{ème}) ainsi que le coefficient de marée.

2.2 Traitement des données

Une fois les données acquises sur le terrain, elles sont traitées à l'aide de quatre logiciels : R, Past, Excel et Qgis dans le but d'étudier l'évolution de la biodiversité par rapport aux suivis précédents. Il s'agit donc ici de quantifier la biodiversité des estrans de Guéthary et de Biarritz à l'aide de plusieurs descripteurs statistiques (richesse taxonomique et abondance) et de les vérifier à l'aide de tests statistiques (tests non paramétriques de Wilcoxon apparié ou bivarié et régressions linéaires).

2.2.1 Courbe de raréfaction

Les méthodes de raréfaction permettent d'estimer le nombre d'espèces pour un certain nombre d'individus appartenant à un jeu de donnée. Lors de cette étude, le but est de savoir si la puissance d'échantillonnage utilisée pour le protocole de recensement de la macrofaune benthique est suffisante pour pouvoir étudier par la suite certains descripteurs statistiques (richesse taxonomique et abondance moyenne). De ce fait, on réalise une courbe de raréfaction, grâce au logiciel PAST, dont l'ordonnée représente le nombre de taxons (S) et l'abscisse le nombre d'échantillons nécessaires pour obtenir des résultats représentatifs de la diversité faunistique des sites étudiés.

2.2.2 La richesse taxonomique

La richesse taxonomique représente le nombre total ou moyen des taxons recensés par unité de surface dans un écosystème ou une station d'échantillonnage donnée (nombre de taxons/passage/station/m²).

Cet indice peut être utilisé pour analyser la structure taxonomique du peuplement et pour distinguer des variations spatiales (stations taxonomiquement riches et stations plus pauvres) ou temporelles (minima et maxima en fonction des années et des stations).

2.2.3 Abondance moyenne

Les organismes sont généralement plus abondants là où les conditions de vies sont plus favorables. Comme l'abondance est liée à la capacité de survivre et de se reproduire, tout facteur influençant ces variables pour une espèce ou taxon donné fera également varier son abondance.

L'abondance moyenne représente la quantité moyenne d'une espèce ou d'un taxon donné par unité de surface ou de volume (ind./passage/station/m²).

Le suivi annuel de la richesse taxonomique et des profils d'abondance des espèces ou taxons identifiés sur les sites de Guéthary et de Biarritz est particulièrement intéressant pour suivre l'impact des potentielles perturbations environnementales pouvant impacter ces sites. En effet, face à une pollution par exemple, les espèces ou taxons peuvent suivre 3 types de réaction selon leur sensibilité (Grall et Coïc, 2006) :

- Se maintenir, pour les unités taxonomiques indifférentes à cette pollution,
- Disparaître, pour les plus sensibles
- Profiter des nouvelles conditions environnementales pour se développer, pour les unités taxonomiques tolérantes et opportunistes

Aussi dans le cadre de la mise en place de l'état initial sur les sites de Guéthary et de Biarritz suite au naufrage du Grande America, le suivi de la richesse taxonomique et de l'abondance des espèces est particulièrement important pour pouvoir observer les possibles réponses des unités taxonomiques identifiées en cas de pollution avérées sur ces sites.

2.3 Suivi des massifs d'hermelles

Les massifs d'hermelles étant considérés comme habitats d'intérêt communautaire, il est important de réaliser un suivi annuel pour s'assurer de leurs états. Sur le littoral, les massifs d'hermelles apparaissent sous forme de massifs ou sous forme de placage ce qui oblige à utiliser deux protocoles différents pour permettre le suivi spatio-temporel de ces hermelles.

2.3.1 Méthode photographique et relevés métriques du rocher du Basta

Il s'agit ici de la cinquième année de suivi de ces massifs. La présence d'hermelles dans cette zone semble liée à la conformation du site qui se trouve abrité de la lumière, de la prolifération des algues et du piétinement par des promeneurs (CREOCEAN et IMA 2000). Pour réaliser le suivi de ces massifs, le protocole est le même depuis la première année (Bonvallet et Schmitt 2015). Des photographies panoramiques sont prises au niveau des entrées Nord et Sud des cavités du rocher (Annexe 4) à l'aide d'un appareil photographique posé sur un trépied positionné au niveau de points géoréférencés pour standardiser le protocole mis en place (Annexe 5). Le but étant, à partir des clichés panoramiques, de mettre

en évidence le contour des massifs d'hermelles pour les comparer avec les photographies des études précédentes afin d'observer l'évolution dans le temps de ces massifs.

Pour compléter les informations obtenues grâce aux photographies, le périmètre de l'ensemble des massifs d'hermelles est mesuré à l'aide d'un mètre ruban. Toutes les données reportées sur une fiche terrain (Annexe 6) permettent de mettre en place une base de données Excel où est représenté chaque massif avec la photographie correspondante pour mesurer les périmètres totaux et tenter de mettre en évidence une tendance évolutive (expansion ou régression) de ces massifs. Il est important de noter que la différence de densité entre chaque massif n'est pas prise en compte dans ce protocole de suivi.

2.3.2 Méthode des transects sur l'estran de Biarritz

Pour renforcer ce suivi, un nouveau protocole a été mis en place en 2018 et vise à étudier les placages d'hermelles présent sur le platier du Basta. Le but est d'estimer, à partir de ce protocole, la quantité de ces placages et de suivre leurs évolutions temporelles. Pour ce faire, il est nécessaire de diviser l'estran en transects orientés vers le Nord et espacés chacun de 5 mètres (Figure 8). Les extrémités de ces transects sont ensuite géoréférencées ainsi que chaque placage rencontré le long de ces transects à l'aide d'un GPS (Lajournade-Colin et Patry, 2018). Le périmètre de ces placages est également mesuré via un mètre ruban. L'ensemble des résultats est retranscrit sur une fiche terrain (Annexe 7).



Figure 8 - Protocole de transect sur l'estran de Biarritz créé en 2018

2.3.3 Méthode des transects sur l'estran de Guéthary

L'estran de Guéthary ne compte pas de réels massifs d'hermelles comme sur le rocher du Basta mais de nombreux placages sont observables. Ainsi, pour réaliser un état des lieux initial de la répartition des placages d'hermelles sur cet estran, un nouveau protocole a été mis en place cette année en se basant sur ce qui est déjà réalisé sur l'estran de Biarritz, c'est-à-dire un suivi par méthode des transects.

Deux transect différents ont été établis en fonction de la plage où se situe le suivi (transect plus courts, moins larges mais plus nombreux sur Cenitz) (Figure 9). Ce choix a été fait car l'estran de Cenitz est accessible uniquement à grands coefficients et bonnes conditions météorologiques. Il est donc plus compliqué d'aller loin sur l'estran. Ainsi, adapter le suivi favorise la réalisation annuelle des transects. Une cartographie sous Qgis 3.0 a donc été réalisée afin de déterminer les point GPS des extrémités de ces transects.

Comme pour le suivi réalisé sur l'estran de Biarritz, chaque placage rencontré le long des transects est géoréférencé à l'aide d'un GPS et son périmètre est mesuré à l'aide d'un mètre ruban. L'ensemble des résultats est également retranscrit sur une fiche terrain (Annexe 7).



Figure 9 - Nouveau protocole de transect sur l'estran de Guéthary créé en 2019

2.4 Les AMEs

Dans le cadre du soutien scientifique du Centre de la Mer de Biarritz pour les AMEs, nous sommes intervenues lors d'une sortie avec l'école primaire du Reptou sur l'estran du Basta à Biarritz. Durant cette sortie, deux groupes d'une vingtaine d'élèves alternent sur deux ateliers d'une durée de 40 min environ chacun :

- Atelier A : Protocole sciences participatives qui a une base du protocole BioLit (établi par Vigie Nature) puis une partie plus élargie (Annexe 8)
- Atelier B : Collecte des déchets sur une portion de 50 m de plage par groupe et identification/comptage du type de déchets selon la grille Marine LitterWatch / OSPAR (Annexe 9)

Dans un premier temps, le protocole BioLit a donc été appliqué comme suit :

- ❖ 2 photographies de l'estran sont réalisées : une en direction de la mer et une fois sur zone en direction de la côte
- ❖ Lancer ensuite les quadrats de 33 cm de côté dans la ceinture algale. Recenser et identifier les différentes algues présentes et leur pourcentage de recouvrement ainsi que toute la macrofaune (moules, balanes, gastéropodes, ...). L'ensemble de ces informations est inscrit sur la fiche de relevé.

3 Résultats et discussions

3.1 La macrofaune benthique des estrans rocheux

Au total 11 journées de terrain ont été nécessaires pour assurer l'échantillonnage des 22 stations en réalisant 2 passages par station (sauf pour 4 stations : stations 2, 12, 15 et 17 qui, à cause de coefficients de marée trop faibles ou de mauvaises conditions météorologiques, n'ont bénéficiées que d'un seul passage).

3.1.1 Test observateur

Avant toute analyse, un test non-paramétrique de Wilcoxon apparié est réalisé afin d'étudier la présence d'un potentiel effet observateur entre les deux échantillonneurs.

Une p-valeur est obtenue pour chaque espèce comptabilisée (Annexe 10) : Une p-valeur de 0,1817 est obtenue pour *Gibbula sp* et une p-valeur de 0,1575 est obtenue pour *Patella sp*.

Ces deux valeurs étant supérieures au risque $\alpha = 0,05$, on ne peut donc pas refuser l'hypothèse initiale H_0 qui indique que les moyennes des échantillons sont significativement égales entre les deux observateurs. Ainsi, il n'y a pas d'effet observateur significatif observé et les données de comptages obtenues par les deux observateurs peuvent être rassemblées et interprétées ensemble.

3.1.2 Méthode d'échantillonnage de la macrofaune benthique

3.1.2.1 Représentativité de l'échantillonnage

Afin de pouvoir tirer des conclusions générales de nos observations, il est préalablement nécessaire de déterminer si les protocoles mis en place sur ces deux sites sont représentatifs de la biodiversité présente sur les deux sites d'études (estran de Guéthary et de Biarritz). Pour vérifier l'efficacité relative des différents protocoles, des courbes de raréfaction sont donc tracées pour chaque site. Les deux courbes suivantes sont obtenues (Figure 10 et Figure 11).

Le site de Guéthary compte 20 stations, dont 16 ont été réalisées 2 fois. Finalement, 36 échantillons ont donc été réalisés sur cet estran en 2019. On observe que la courbe s'approche d'une asymptote horizontale à partir de 30 échantillons (Figure 10), ce qui semble indiquer que la majorité des espèces vivant sur cet estran ont été détectées. On peut donc conclure que le protocole mis en place sur Guéthary semble bien représenter la biodiversité présente sur ce site.

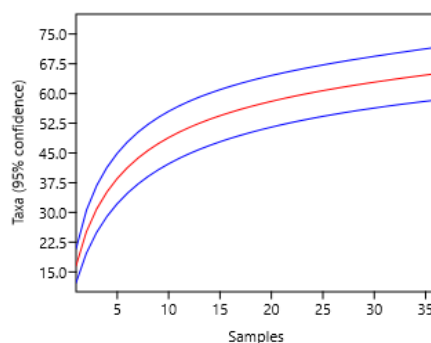


Figure 10 - Courbe de raréfaction (courbe rouge) avec son intervalle de confiance respectif ($\pm 95\%$ CI, courbes bleues) pour l'échantillonnage réalisé sur l'estran de Guéthary en 2019

Le site de Biarritz compte lui seulement 2 stations. 4 échantillons ont donc été obtenus sur cet estran en 2019. De ce fait, on observe pour cette valeur que la courbe n'est pas encore arrivée au niveau d'une asymptote horizontale (Figure 11). L'échantillonnage actuellement réalisé ne permet pas de recenser toutes les espèces qui pourraient potentiellement être présentes sur le site. Ainsi, même si des hypothèses pourront être formulées pour les deux stations échantillonnées, aucune conclusion générale ne pourra être établie pour l'intégralité du site.

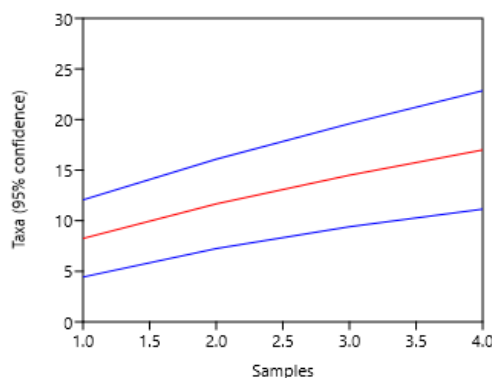


Figure 11 - Courbe de raréfaction (courbe rouge) avec son intervalle de confiance respectif ($\pm$ 95% CI, courbes bleues) pour l'échantillonnage réalisé sur l'estran de Biarritz en 2019

3.1.2.2 Analyse annuelle

Afin de pouvoir parler de l'estran de Guéthary en globalité et donc en incluant zone de cantonnement de pêche et zone hors cantonnement, il est nécessaire de vérifier si la présence de cette aire de protection impacte significativement la richesse taxonomique moyenne et l'abondance moyenne de la zone en question.

D'après le test de Wilcoxon bivarié (Annexe 11), la richesse taxonomique moyenne et l'abondance moyenne de l'année 2019 ne sont pas affectées significativement par l'aire de protection. Ainsi, il est possible de regrouper les données recueillies cette année sur l'estran de Guéthary en zone de cantonnement de pêche et en zone hors cantonnement.

Ces résultats peuvent s'expliquer par l'effet bénéfique de la zone de cantonnement à l'ensemble de l'estran de Guéthary. En effet, la plage de Parlementia (plage située hors cantonnement) pourrait bénéficier d'activités anthropiques réduites du fait de sa proximité avec les autres plages de Guéthary protégées depuis 1991.

➤ Richesse taxonomique

Sur l'estran de Guéthary, 69 unités taxonomiques de macrofaune ont été identifiées contre 21 seulement sur l'estran de Biarritz. Comme montré précédemment, cette observation peut être expliquée par l'étude de seulement 2 stations sur l'estran de Biarritz appartenant au même étage du littoral (étage médio-inférieur). Aussi, l'estran de Biarritz est possiblement soumis à une pression anthropique plus élevée puisque Guéthary bénéficie d'un classement en zone de cantonnement de pêche qui limite les activités destructrices.

Les deux cartographies des sites d'études (Figure 12 et Figure 15) montrent respectivement la répartition de la richesse taxonomique moyenne sur l'estran de Guéthary et sur celui du Basta.

Sur l'estran de Guéthary (Figure 12), on visualise ainsi l'hétérogénéité des stations en termes de richesse taxonomique moyenne. En effet, il semble que les stations ayant une richesse taxonomique moyenne élevée (entre 1,50 et 1,81 taxons/passage/station/m²) soient localisées sur une même zone géographique. Pourtant, ces stations n'appartiennent pas toutes aux mêmes étagements :

- ❖ Station 2 – étage infralittoral
- ❖ Stations 5 et 3 – étage médio-inférieur
- ❖ Station 8 – étage médio-supérieur

Il semble donc que l'étagement n'est pas le seul paramètre à influencer la richesse taxonomique moyenne observée. Cette observation est confirmée par l'analyse de la répartition de la richesse taxonomique moyenne en fonction de l'étagement sur l'estran de Guéthary (Figure 13) et de la non-significativité des différences observées par le test de Wilcoxon (Annexe 12). Cependant, ces résultats sont à nuancer par le fait que certaines stations de l'infralittoral n'ont bénéficié que d'un seul passage durant notre année de relevé. Il se peut alors que des données manquent pour cet étage du littoral. De plus, dans les rapports des années précédentes il a été statistiquement démontré une année que la richesse taxonomique était impactée significativement par l'étagement (Cochard et Lledo, 2017) alors que l'année suivante la conclusion était inverse : la richesse taxonomique n'était pas impactée significativement par l'étagement (Lajournade-Colin et Patry, 2018). Il apparaît donc difficile de juger de l'influence de l'étagement sur la richesse taxonomique.

Pour cette analyse, les deux stations médio-inférieures de Biarritz ne sont pas prises en compte puisque, comme expliqué précédemment, la richesse taxonomique moyenne calculée pour les stations de Biarritz ne représenterait pas l'entièreté du site.

Malgré tout, même si les variations de richesses taxonomiques moyennes (nombre d'espèces identifiées) entre les stations des différents étagements ne sont pas significatives, le cortège faunistique (espèces identifiées) pourrait changer. En effet, les conditions de vies des étagements sont différentes, l'étage infralittoral par exemple reste immergé plus longtemps en comparaison des deux autres étages, ce qui pourrait être propice à certaines espèces mais pas à d'autres (Bachelet et Dauvin, 1993).



Figure 12 - Répartition de la richesse taxonomique moyenne (nombre de taxon/passage/station/m²) pour l'estran de Guéthary en 2019

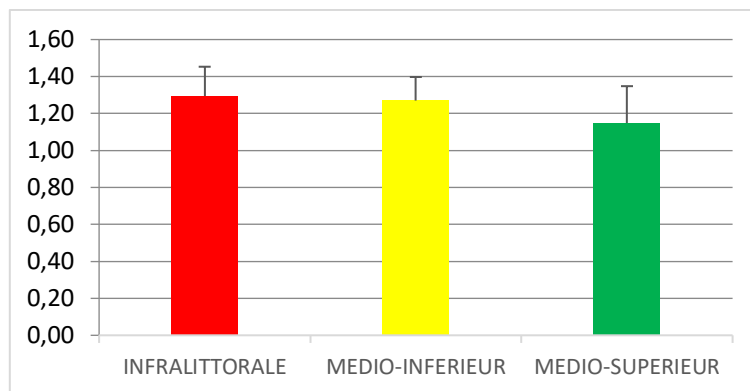


Figure 13 - Répartition de la richesse taxonomique moyenne (nombre de taxon/passage/station/m²) en fonction de l'étagement sur le site de Guéthary en 2019 (les erreurs standards sont représentées par les barres noires)

Si on regarde plus en détail (Figure 14), sur les 65 unités taxonomiques identifiées en abondance sur l'estran de Guéthary, la moitié d'entre-elles appartiennent à l'embranchement des Mollusques (22 unités taxonomiques) et à l'embranchement des Arthropodes (15 unités taxonomiques). A l'inverse, les deux embranchements les moins représentés sur le site sont l'embranchement des Plathelminthes (uniquement représenté par l'espèce *Leptoplana tremellaris*) et l'embranchement des Porifera. Cela peut s'expliquer par le fait que les vers plats sont plus difficilement observables à cause de leur morphologie (petits, plats et souvent transparents). D'un autre côté, les Porifera ne sont pas facilement discernables, ainsi, aucun individu n'a été identifié jusqu'à l'espèce. Ils ont donc tous été placés au niveau de leur embranchement, d'où le fait qu'une seule unité taxonomique soit identifiée.

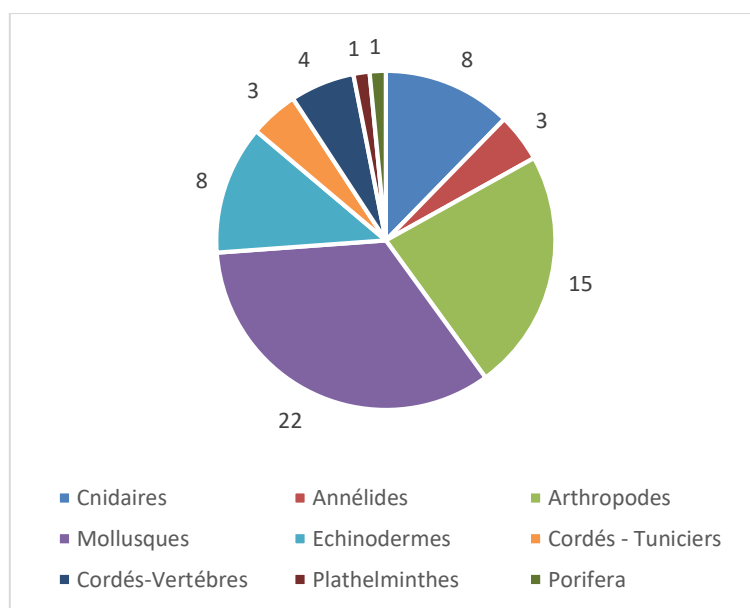


Figure 14 - Répartition de la richesse taxonomique par embranchement sur l'estran de Guéthary en 2019

A l'inverse, lorsqu'on étudie la répartition de la richesse taxonomique moyenne sur l'estran de Biarritz (Figure 15) on observe que les deux stations échantillonnées appartiennent à la

même classe comprise entre 0,44 et 0,91 taxon/passage/station/m², qui est la classe la plus basse.

De plus, sur les 21 unités taxonomiques identifiées sur l'estran de Biarritz, la seule paraissant exclusive à ce site est *Sabellaria* sp. En effet, cette espèce n'a pas été retrouvée dans les quadrats réalisés sur l'estran de Guéthary. Cependant, des observations de massifs d'hermelles ont tout de même été faites, notamment lors de la mise en place du nouveau protocole transect sur l'estran de Guéthay (cf. 3.2.3 État initial des massifs d'hermelles sur l'estran de Guéthary). Ainsi, il semble que l'estran de Biarritz ne possède aucune espèce exclusive à son site.

Malgré tout, cette conclusion est à nuancer par le fait que seulement 2 stations sont étudiées sur Biarritz, ne permettant pas un recensement représentatif des espèces/taxons qui pourraient être présents sur le site.



Figure 15 - Répartition de la richesse taxonomique moyenne (nombre de taxon/passage/station/m²) pour l'estran de Biarritz en 2019

➤ Abondance

Pour réaliser le suivi annuel des estrans de Guéthary et de Biarritz, on s'intéresse également à l'abondance moyenne pour chaque site d'étude. Pour éviter les erreurs liées aux espèces non identifiées, des analyses ont été effectuées sur des données assemblées contenant des niveaux taxonomiques différents (espèce, genre, famille, classe). Certaines espèces, comme décrit dans le protocole d'échantillonnage de la macrofaune, n'ont pas été dénombrées par comptage à vue mais par recouvrement et ne peuvent donc pas être analysées en termes d'abondance mais en termes de pourcentage de recouvrement.

Comme on a pu le voir lors de l'étude annuelle de la richesse taxonomique, 69 unités taxonomiques ont été identifiées sur le site de Guéthary dont 65 comptabilisées par dénombrement visuel et 5 par pourcentage de recouvrement. En ce qui concerne l'analyse des taxons obtenus en abondance (Figure 16), il semble que certains sont plus abondants que

d'autres (avec des valeurs moyennes comprises entre 14.6 ind./passage/station/m² et 0.98 ind./passage/station/m²) : *Gibbula spp.*, *Patella sp.*, *Pagurus spp.*, *Neoloricata*, *Ostreidae*, *Porcellana platycheles*, *Gammarus sp.* et *Pachygrapsus marmoratus*.

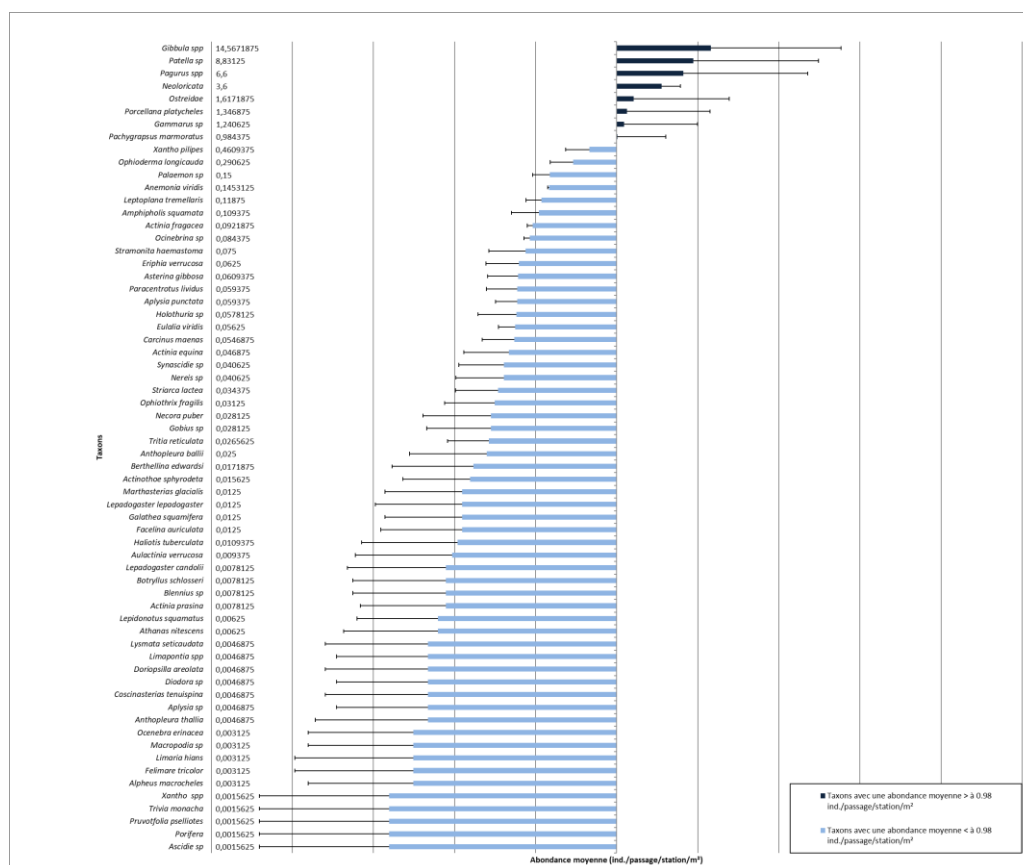


Figure 16 - Liste des taxons identifiés et comptabilisés en abondance dans les quadrats sur l'estran de Guéthary en 2019 (les erreurs standards sont représentées par les barres noires) ; les valeurs représentent l'abondance moyenne de chaque taxon (ind./passage/station/m²)

Dans le cas des taxons estimés en pourcentage de recouvrement (Figure 17), il semble également que certains sont plus représentés (avec des pourcentages de recouvrement moyens compris entre 5.9% et 18.1% par passage) : *Chtamalus spp.*, *Spirorbis spp.*, *Spirobranchus spp.*

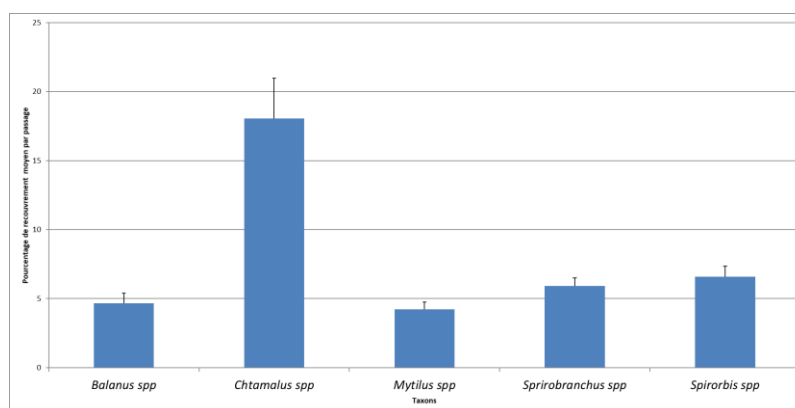


Figure 17 - Liste des taxons identifiés et comptabilisés en pourcentage de recouvrement moyen dans les quadrats sur l'estran de Guéthary en 2019 (les erreurs standards sont représentées par les barres noires)

En ce qui concerne l'estran de Biarritz, il totalise 21 unités taxonomiques identifiées. Sur ces 21 unités taxonomiques, 17 sont comptabilisées par dénombrement visuel et 4 par pourcentage de recouvrement. Pour les taxons obtenus en abondance (Figure 18), certains semblent plus abondants (avec des valeurs moyennes supérieures à 6.97 ind./passage/station/m²) : *Patella sp.*, *Paracentrotus lividus*.

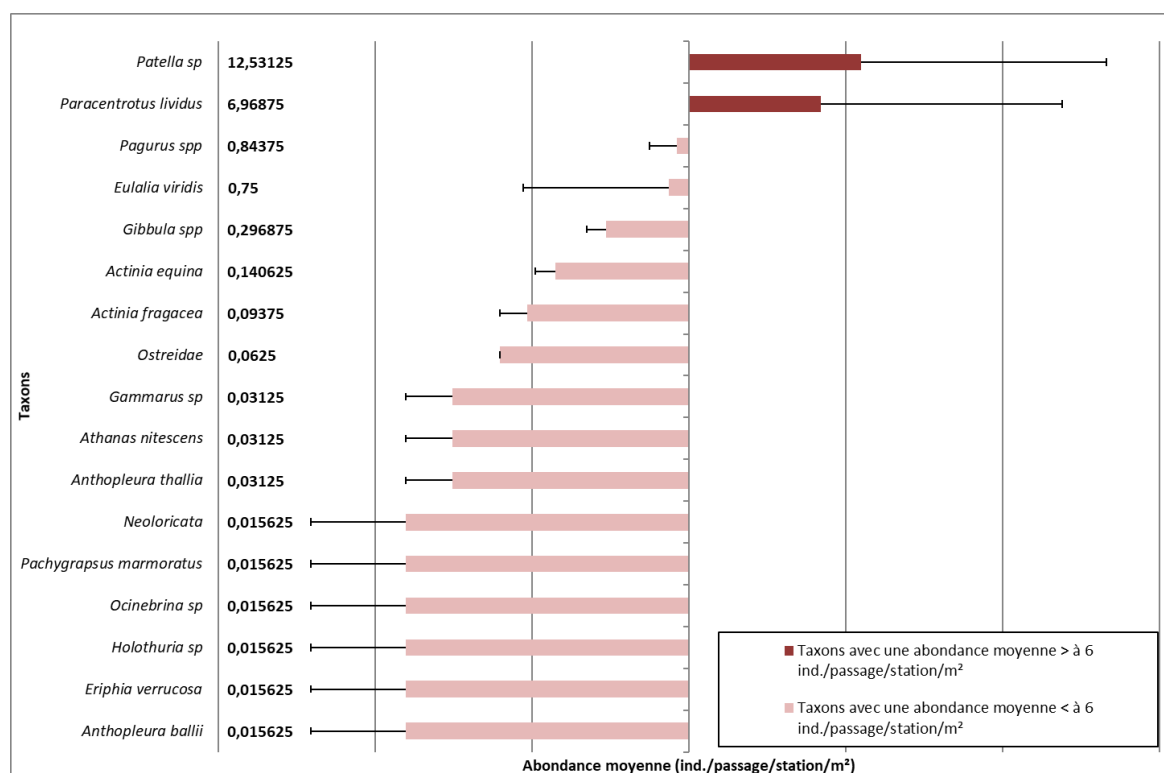


Figure 18 - Liste des taxons identifiés et comptabilisés en abondance dans les quadrats sur l'estran de Biarritz en 2019 (les erreurs standards sont représentées par les barres noires) ; les valeurs représentent l'abondance moyenne de chaque taxon (ind./passage/station/m²)

Pour ce qui est des taxons estimés en pourcentage de recouvrement (Figure 19), il apparaît là aussi que certains sont plus présents (avec des pourcentages de recouvrement moyens compris entre 11.5% et 21.3% par passage) : *Mytilus spp.* et *Chtamalus spp.*

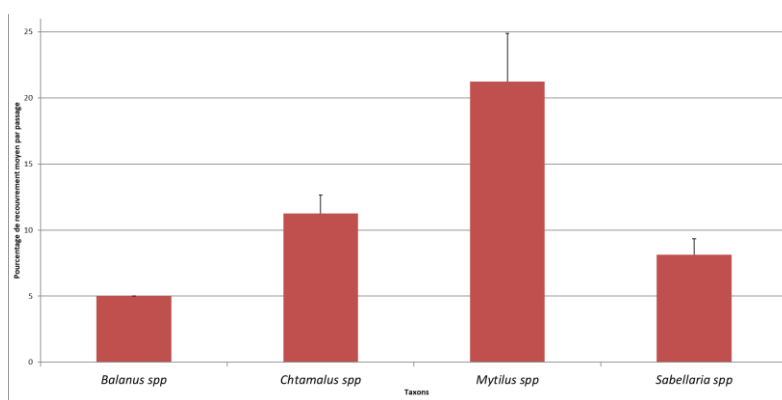


Figure 19 - Liste des taxons identifiés et comptabilisés en pourcentage de recouvrement moyen dans les quadrats sur l'estran de Biarritz en 2019 (les erreurs standards sont représentées par les barres noires)

Pour les deux estrans échantillonnés, on peut remarquer que certaines unités taxonomiques présentent d'importantes variabilités. Pour expliquer cela, on peut émettre l'hypothèse que les habitats échantillonnés sont très hétérogènes avec des milieux présentant de grandes concentrations de certains taxons (particulièrement vrai pour *Gibbula spp.* et *Pagurus spp.*). Cette hétérogénéité pourrait donc expliquer ces grandes barres d'erreur, d'autant que les quadrats utilisés pour échantillonner les sites d'études sont de 16 m² ce qui augmente fortement le risque d'observer à l'intérieur de ces quadrats des habitats hétérogènes (champs de blocs, flyschs...).

Ensuite, si on s'intéresse à la répartition de l'abondance moyenne dans chaque site d'étude en fonction des stations échantillonnées, on peut remarquer que les stations de Guéthary présentant les plus grandes abondances moyennes (avec des valeurs moyennes comprises entre 41.7 et 77.3 ind./passage/station/m²) sont les stations 2, 7, 11, 13, 14, 17 (Figure 20) qui sont réparties sur différents étagements ce qui semble montrer que l'étagement ne peut pas expliquer à lui seul la répartition de l'abondance moyenne sur ce site d'étude.

Cette hypothèse paraît dans un premier temps être en contradiction avec les résultats obtenus en étudiant la répartition de l'abondance moyenne en fonction des étagements sur ce site (Figure 16) car il semble que l'abondance moyenne n'est pas la même en fonction de l'étagement : la plus importante correspond à l'étagement médio-littoral supérieur (avec une valeur moyenne de 50 ind./passage/station/m²) et la plus faible correspond à l'étagement infralittoral (avec une valeur moyenne de 29.2 ind./passage/station/m²). Cependant, selon les résultats obtenus (Annexe 12), il semble qu'il n'y a pas de différence significative entre les différents étagements ($p\text{-value} > 0,05$) ce qui signifie que la répartition de l'abondance moyenne sur l'estran de Guéthary n'est pas impactée (du moins pas seulement) par l'étagement.

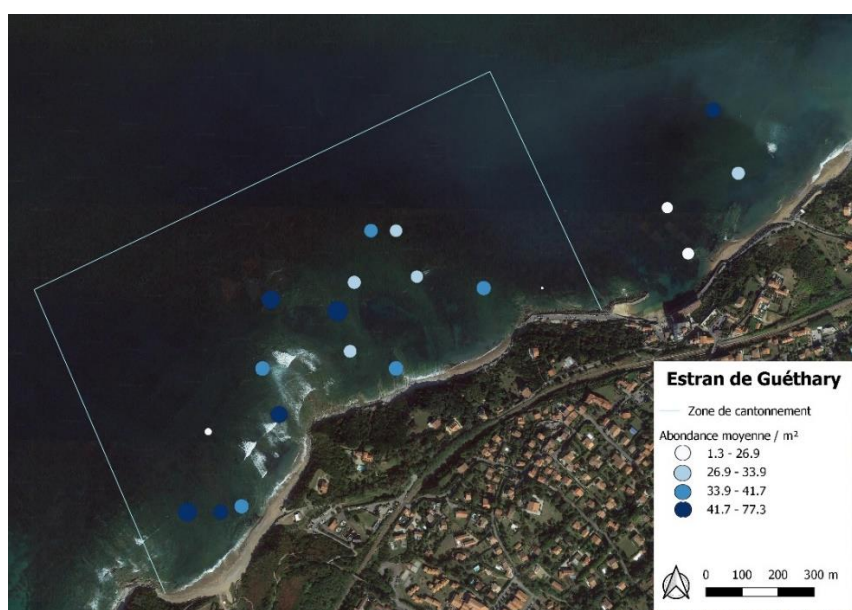


Figure 20 - Répartition de l'abondance moyenne (ind./passage/station/m²) de la faune benthique pour les stations de l'estran de Guéthary en 2019

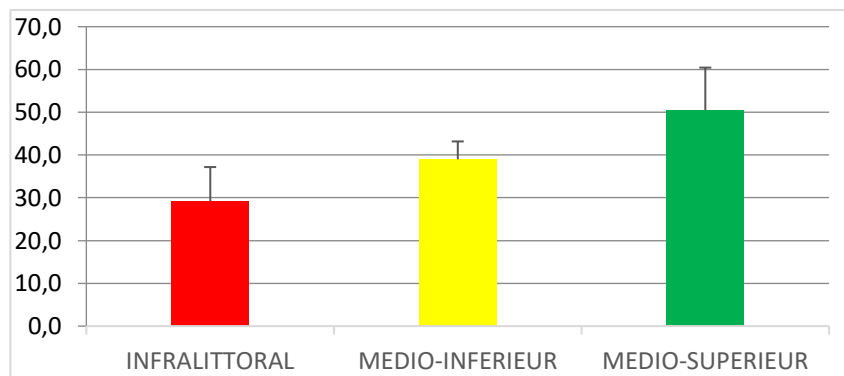


Figure 21 - Répartition de l'abondance moyenne (ind./passage/station/m²) en fonction de l'étagement sur le site de Guéthary (les erreurs standards sont représentées par les barres noires)

Pour les stations de Biarritz, on note que les stations échantillonnées présentent toutes deux une faible abondance moyenne (Figure 22), avec des valeurs moyennes comprises entre 1.3 et 26.9 ind./passage/station/m². Cependant, les observations faites ici ne proviennent que de 2 stations et ne permettent donc pas de conclure que l'ensemble de l'estran présente une faible abondance moyenne. Aussi les données recueillies proviennent de stations situées sur le même étagement (étage médio-inférieur) et sont donc insuffisantes pour réaliser une étude de la répartition de l'abondance moyenne en fonction de l'étagement.



Figure 22 - Répartition de l'abondance moyenne (ind./passage/station/m²) de la faune benthique pour les stations de l'estran de Biarritz en 2019

Enfin, si on s'intéresse de plus près à la contribution de chaque embranchement à l'abondance moyenne de l'estran de Guéthary (Figure 23), on observe que l'embranchement le plus représenté est celui des Mollusques. Il s'agit donc de l'embranchement comptant le plus de taxons identifiés, mais aussi celui dont le nombre d'individus comptabilisés est le plus grand.

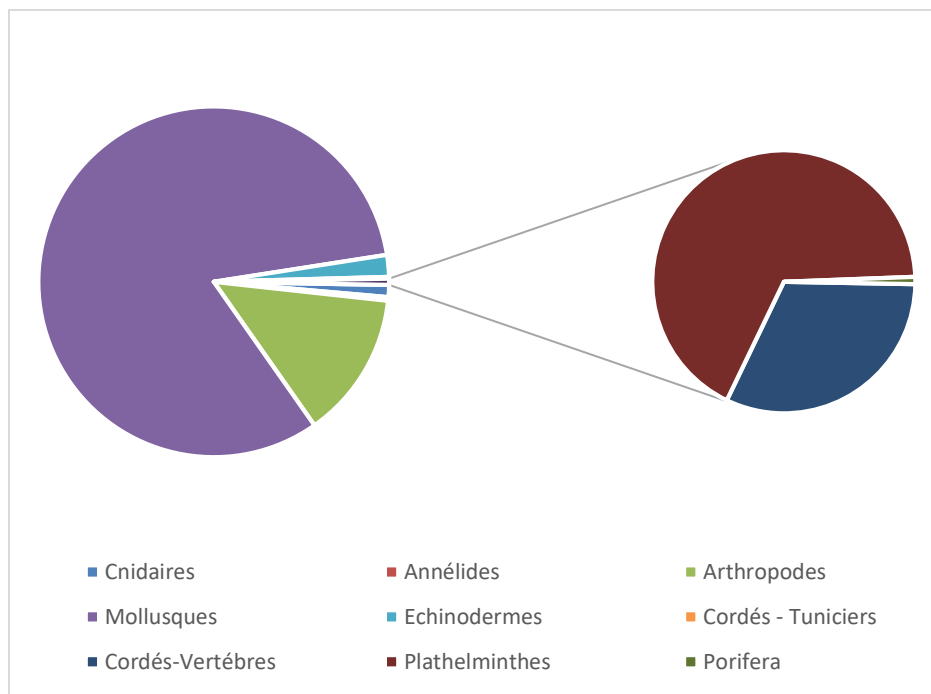


Figure 23 - Répartition de l'abondance moyenne (ind./passage/station/m²) par embranchement sur l'estran de Guéthary en 2019

3.1.2.3 Analyse interannuelle

Dans le cadre du suivi de la macrofaune benthique des estrans de Guéthary et de Biarritz, il est primordial de réaliser une analyse statistique des données recueillies pour cette année de suivi afin d'étudier les peuplements présents sur les sites d'études, surtout dans un contexte d'établissement de l'état initial. Cependant, il est également intéressant de connaître les tendances évolutives de chaque site concernant leur richesse taxonomique moyenne et leur abondance moyenne afin d'indiquer l'état de la qualité du milieu. C'est d'ailleurs dans ce but que le protocole de suivi est standardisé.

Même si l'effort d'échantillonnage est différent selon les années (4 passages par station en 2005 et enfin 2 passages depuis 2016), il a été montré (cf 3.1.2.1 Représentativité de l'échantillonnage) que 2 passages suffiraient pour inventorier la majorité des espèces. Ainsi, si des différences sont observées, ce paramètre ne les expliquerait que partiellement. Il est donc possible d'étudier la tendance annuelle concernant la richesse taxonomique moyenne et l'abondance moyenne depuis 2005 sur le site de Guéthary et depuis 2012 sur le site de Biarritz.

La Figure 24 permet de visualiser l'évolution temporelle de la richesse taxonomique moyenne sur les estrans de Guéthary et de Biarritz.

Concernant l'estran de Guéthary, on observe que la courbe de tendance linéaire semble constante, proche d'une richesse taxonomique moyenne de 1 taxons/passage/station/m². Il semblerait donc que la richesse taxonomique moyenne soit constante au cours des années. Cette hypothèse est confirmée par la réalisation d'une régression linéaire sur les données (Annexe 13, $R^2=0,0025$, $p_value=0,86$). Lors de l'analyse des résidus, une année semble tout

de même se détacher des autres : l'année 2010 possède une richesse taxonomique moyenne supérieure aux autres années (1,40 taxons/passage/station/m²). Même si l'année 2005 n'apparaît pas dans l'analyse des résidus, il est important de noter qu'elle possède la richesse taxonomique moyenne la plus faible (0,69 taxons/passage/station/m²).

Pour l'estran de Biarritz, la courbe de tendance linéaire semble décroître de 0,6 vers 0,5 taxons/passage/stations/m². Cependant, la régression linéaire nous permet d'affirmer que cette tendance à la décroissance n'est pas significative (Annexe 13, R²=0,1611, p-value=0,32). Lors de l'analyse des résidus, l'année 2014 se détache quand même des autres avec une richesse taxonomique moyenne supérieure aux autres années (0,72 taxons/passage/station/m²). De la même manière que pour l'année 2005 sur Guéthary, l'année 2016 possède la richesse taxonomique la plus faible avec 0,48 taxons/passage/stations/m², bien qu'elle n'apparaisse pas dans l'analyse des résidus.

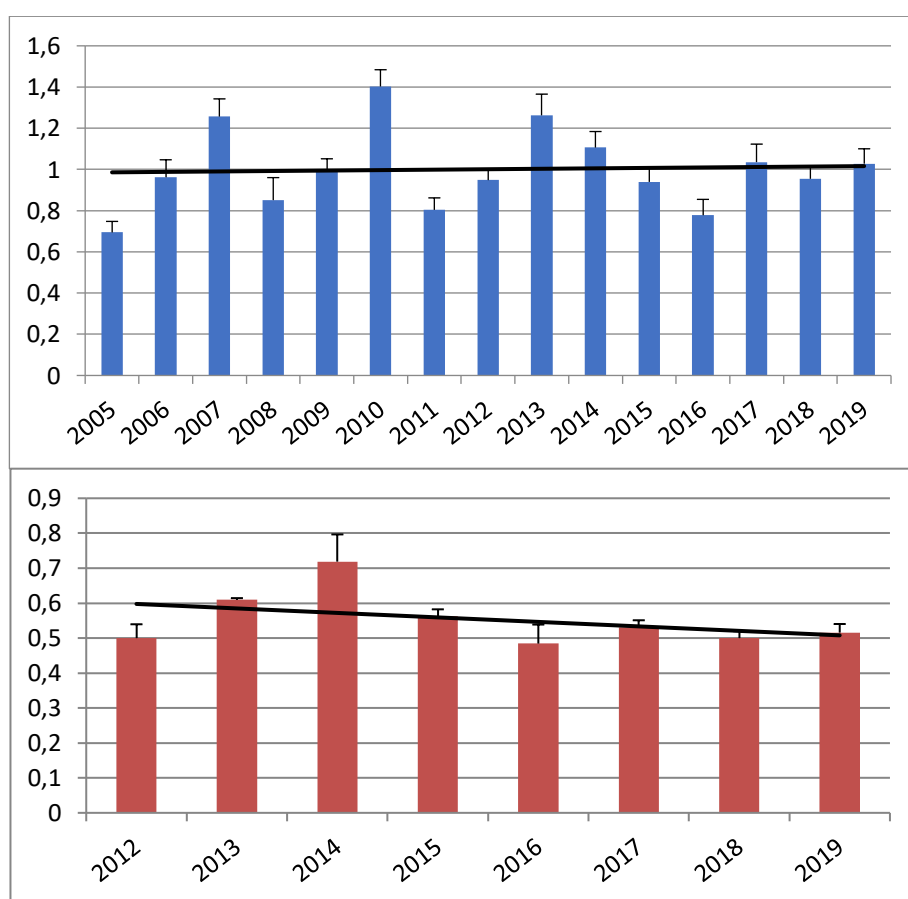


Figure 24 - Suivi annuel de la richesse taxonomique moyenne par passage et par m² sur les deux sites : l'estran de Guéthary (en bleu) et l'estran de Biarritz (en rouge) ; la droite noire représente la courbe de régression linéaire (les erreurs standards sont représentées par les barres noires)

La Figure 25 permet de visualiser la tendance annuelle de l'abondance moyenne sur les estrans de Guéthary et de Biarritz.

En ce qui concerne la courbe de tendance linéaire pour l'estran de Guéthary, elle semble diminuer au cours des années. Cette hypothèse n'est cependant pas confirmée par la

réalisation d'une régression linéaire sur les données (Annexe 13, $R^2=0,1239$, $p_value=0,20$). L'analyse des résidus permet malgré tout de remarquer que l'année 2012 se démarque par une abondance moyenne plus élevée que les autres années (95.3 ind./passage/station/m²). Bien qu'elle n'apparaisse pas dans l'analyse des résidus, l'année 2016 possède quant-à-elle l'abondance moyenne la plus faible avec 16.3 ind./passage/station/m².

Enfin, pour l'estran de Biarritz, on peut noter que la courbe de tendance linéaire semble constante (Annexe 13, $R^2=0,0007$, $p_value=0,95$), proche d'une abondance moyenne de 16.5 ind./passage/station/m². Il semblerait donc que l'abondance moyenne soit constante au cours des années. L'analyse des résidus ne révèle aucune année se détachant des autres. Cependant, il est intéressant de mettre en évidence l'année 2015 qui possède l'abondance moyenne la plus élevée, de 23.4 ind./passage/station/m². A l'inverse, l'année 2016 possède une nouvelle fois l'abondance moyenne la plus faible avec 6.2 ind./passage/station/m².

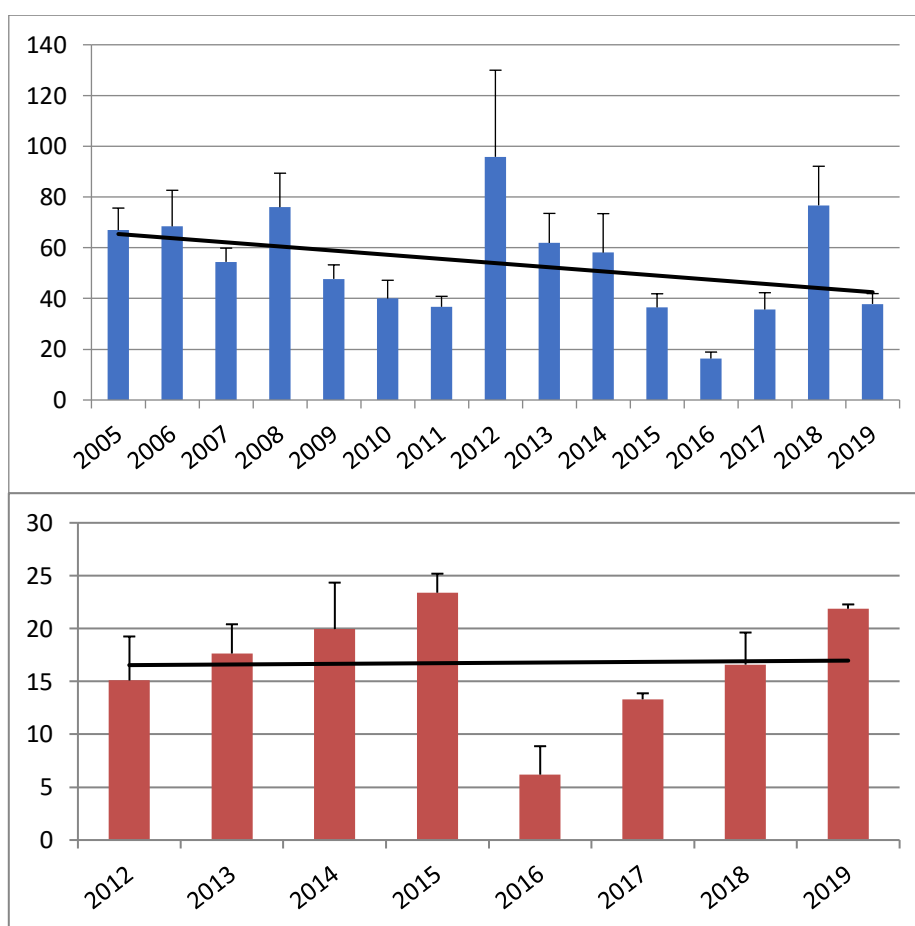


Figure 25 - Suivi annuel de l'abondance moyenne (ind./passage/station/m²) sur les deux sites : l'estran de Guéthary (en bleu) et l'estran de Biarritz (en rouge) ; la droite noire représente la courbe de régression linéaire (les erreurs standards sont représentées par les barres noires)

Aussi, en étudiant les données de richesse taxonomique moyenne et d'abondance moyenne recueillies pour les deux sites d'études non plus en termes d'évolution temporelle mais en termes de comparaison interannuelle, on peut remarquer d'importantes variations. Ces observations peuvent être expliquées par plusieurs phénomènes, le plus important étant causé

par de possibles modifications environnementales. En effet, certaines années, des boulettes de pétrole ont été relevées sur les sites d'échantillonnage, témoignant d'une pollution aux hydrocarbures (Aragues et Huguet 2011, Cazemajou-Tournie et Remazeilles 2012). Or, comme expliqué précédemment (cf 1.2 La macrofaune benthique), une pollution aux hydrocarbures se traduit généralement par un déséquilibre de la richesse taxonomique et des abondances avec l'explosion des espèces brouteuses quelques temps après le phénomène de pollution. Les variations peuvent être également dues à la mise en place directe du protocole. Le GPS utilisé, par exemple, admet une incertitude de 5 mètres, ce qui peut entraîner de légères erreurs de localisation de la station à échantillonner. Or, il est avéré que le substrat influence le cortège faunistique retrouvé (Huguenin *et al.*, 2018). De plus, si le nombre de passage n'influence pas la récolte des données, le temps passé à inventorier sur chaque station est quant à lui important et peut impacter la puissance d'échantillonnage.

3.2 Suivi des massifs d'hermelles

3.2.1 Évolution des massifs d'hermelles du Rocher du Basta

Le périmètre total des massifs d'hermelles (*Sabellaria sp*) au niveau du Rocher du Basta semble augmenter (Figure 26). Cependant, comme depuis 2015, les différences observées entre les années ne sont pas significatives (Annexe 15, tableau « TOTAL »).

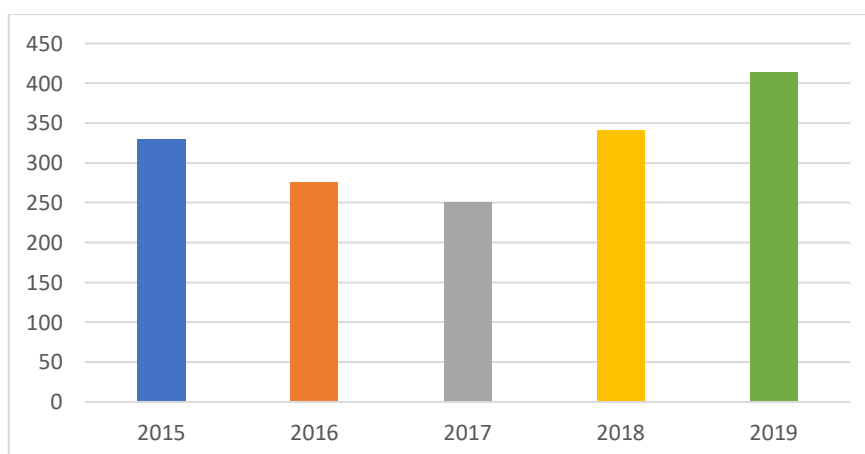


Figure 26 - Évolution du périmètre total (en m) de massifs d'hermelles (*Sabellaria sp*) au niveau du Rocher du Basta de Biarritz

En ce qui concerne l'évolution interannuelle des périmètres des massifs d'hermelles en fonction de la zone du Rocher étudiée (Figure 27), plusieurs phénomènes sont observés. En effet, si l'Entrée Nord 1 semble présenter une régression du périmètre des massifs d'hermelles identifiés, les trois autres zones (Nord 2, Sud 1 et Sud 2) semblent présenter une augmentation de ces derniers. Cependant, seuls les changements de périmètres des zones Nord 1 et Sud 1 sont significatives (Annexe 15) :

- ❖ Nord 1 : entre 2017 et 2019 ($p_value = 0,039$)
- ❖ Sud 1 : entre 2017-2019 ($p_value = 0,020$) et 2018-2019 ($p_value = 0,030$)

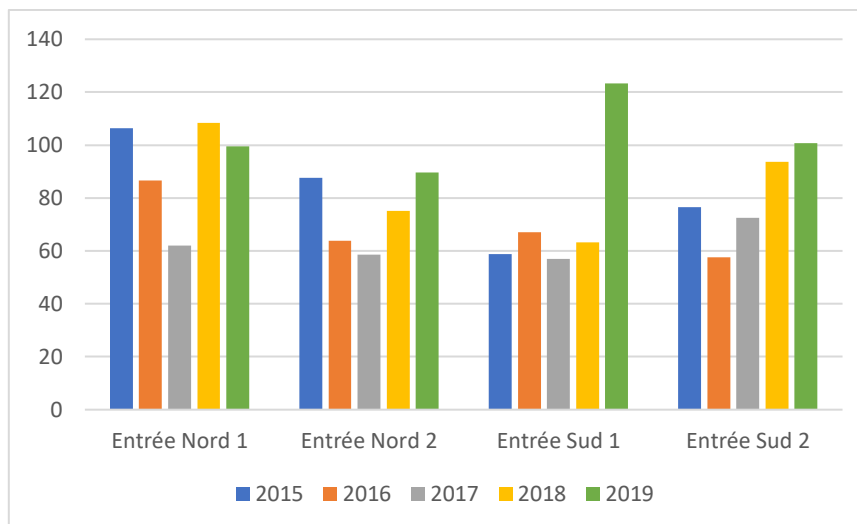


Figure 27 - Évolution des périmètres (en m) des massifs d'hermelles (*Sabellaria* sp) à Biarritz en fonction des zones d'échantillonnage

Plusieurs hypothèses peuvent être formulées concernant ces résultats. Certains massifs de la zone Nord 1 ont pu disparaître à cause du piétinement puisque cette zone se situe sous le rocher du Basta et est utilisée comme un passage. En ce qui concerne l'augmentation du périmètre des massifs de la zone Sud 1, cette différence ne s'expliquerait pas par l'augmentation du périmètre des anciens massifs mais par le recensement de nombreux massifs, peut-être préexistant avant 2019 mais jamais recensés ou nouveaux sur la zone (p_value réalisée sur l'échantillonnage avec et sans les nouveaux massifs : Annexe 15, tableau « Sud1 »).

Enfin, les erreurs d'identification des massifs ou de délimitation de ces derniers peuvent aussi expliquer les différences significatives de périmètre. En effet, l'identification des massifs par coordonnées GPS n'est pas possible puisqu'ils se situent sous le rocher et que l'appareil GPS subit des perturbations. Ainsi, l'identification se fait par reconnaissance visuelle du massif en fonction de photos réalisées les années précédentes. Cette méthode est donc approximative et peut entraîner des confusions.

3.2.2 Évolution des massifs d'hermelles sur l'estran de Biarritz

Au total, 60 placages d'hermelles ont été comptabilisés sur l'estran de Biarritz en 2019 pour un périmètre total de 602,3 mètres, contre 34 placages en 2018 pour un périmètre total de 272,3 mètres.

Ainsi, le rapport entre le nombre de massifs et leur périmètre moyen montre que les placages identifiés en 2019 auraient un périmètre moyen 1,25 fois supérieur à ceux de 2018 (Tableau 2). Mais, comme en 2018, les placages identifiés ayant les périmètres les plus grands se situent à proximité du port sur une surface verticale (Figure 28). Cette observation pourrait s'expliquer par le fait que cette zone est peu accessible au public et donc moins soumise au piétinement.

Tableau 2 - Répartition du nombre de placages et du périmètre total de ces derniers sur l'estran de Biarritz entre 2018 et 2019

Années	Nombre de placages	Périmètre total (en m)	Moyenne périmètre-placage (en m)
2018	34	272,3	8,01
2019	60	602,3	10,04

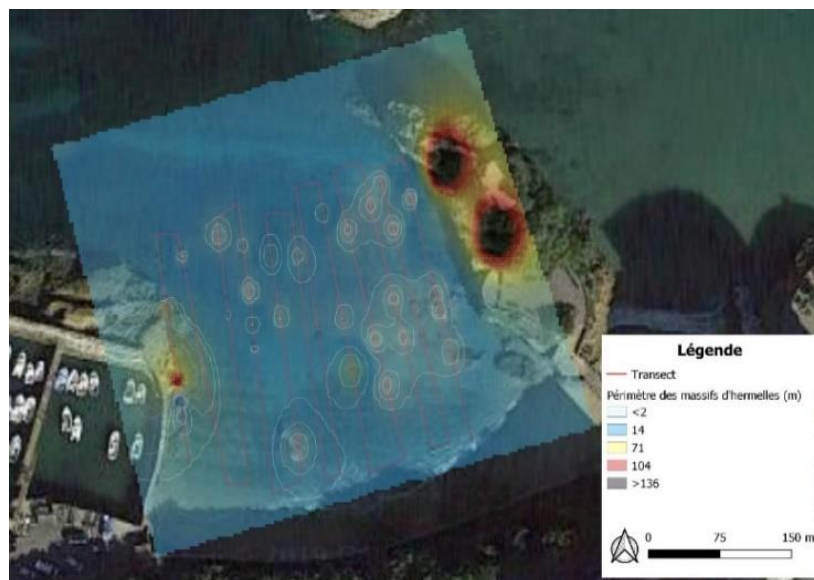


Figure 28 - Carte d'interpolation des périmètres des massifs d'hermelles (*Sabellaria sp*) en 2019 sur l'estran de Biarritz

3.2.3 État initial des massifs d'hermelles sur l'estran de Guéthary

La mise en place d'un nouveau protocole de suivi des massifs d'hermelles sur l'estran de Guéthary uniquement dans la zone de cantonnement de pêche a permis d'obtenir diverses informations.

Au total, 31 placages d'hermelles ont été comptabilisés sur les deux plages de Guéthary : Harotzen Costa et Cenitz, pour un périmètre total de 144,84 mètres.

Si la majorité des placages identifiés se situent sur la plage de Harotzen Costa, le rapport entre le nombre de massifs et leur périmètre moyen montre que les placages présents sur Cenitz auraient un périmètre moyen 4 fois supérieur à ceux de Harotzen Costa (Tableau 3).

Cette répartition signifierait que les hermelles colonisent davantage la plage d'Harotzen Costa mais se développent plus sur la plage de Cenitz.

Cependant, il est à noter que des massifs d'hermelles ont été identifiés sur l'estran de Guéthary en dehors du transect, à proximité de la station 2 notamment (Figure 29). Ainsi, même si ces massifs ne sont pas comptabilisés dans ce protocole, il est important de les notifier. Comme il s'agit de la première année de mise en place de ce protocole sur cet estran, il est possible d'envisager que celui-ci a permis de mettre en lumière la présence de massifs d'hermelles sur l'estran de Guéthary, ainsi que leur localisation, mais que ce protocole est à améliorer au cours des années suivantes.

Tableau 3 - Répartition du nombre de placages et du périmètre total de ces derniers sur l'estran de Guéthary entre ses deux plages

Plage	Nombre de placages	Périmètre total (en m)	Moyenne périmètre-placage (en m)
Harotzen Costa	29	113,41	3,91
Cenitz	2	31,43	15,72

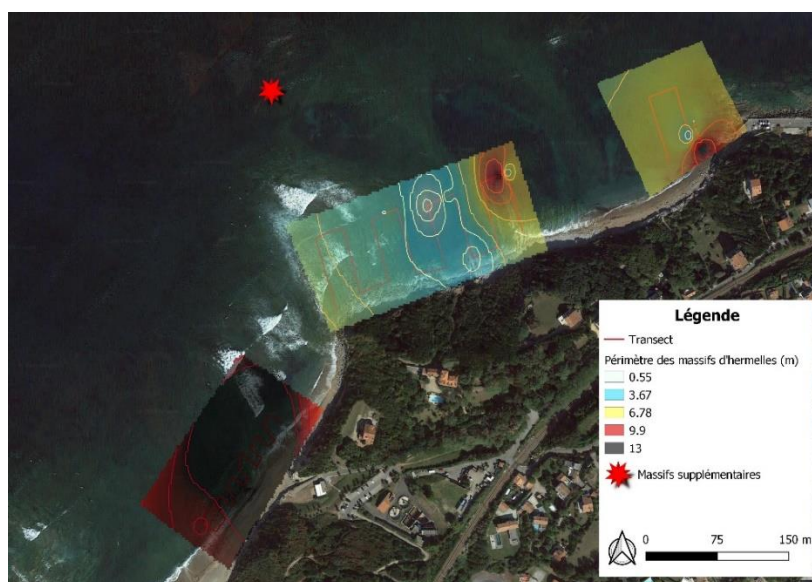


Figure 29 - Carte d'interpolation des périmètres des massifs d'hermelles (*Sabellaria sp*) en 2019 sur l'estran de Guéthary

3.3 Les AMEs

La sortie durant laquelle nous sommes intervenues s'est déroulée au cours de la matinée du jeudi 21 mars avec un coefficient de marée de 114 sur l'estran du Basta avec l'école du Reptou de Biarritz.

Cette sortie sur l'estran du Basta a permis de mettre en pratique une adaptation du protocole BioLit. La mise en place de ce dernier a permis aux élèves d'appréhender les protocoles de suivis standardisés de la faune et de la flore tels que les quadrats, et d'apprendre à identifier les espèces présentes (Figure 30). Ainsi, au-delà des informations recueillies sur le terrain qui ont été communiquées à Planète mer pour enrichir leur base de données, cette sortie a permis de sensibiliser les enfants à la protection de la faune et de la flore du littoral Basque.

Durant la mise en place de ce protocole, nous avons également pu mettre en avant l'importance de la sauvegarde des massifs d'hermelles. Intéressés par ce sujet, les élèves ont ainsi pu se rendre compte du manque d'information du grand public concernant cette espèce d'intérêt communautaire. L'objectif de ces journées éducatives est également de souligner de possibles voies d'améliorations du protocole BioLit notamment en ce qui concerne l'identification algale avec la présence de certaines algues sur le terrain non répertoriées sur le protocole, rendant problématique l'étude de la relation entre les algues et les brouteurs tels que les gibbules (*Gibbula sp*) et les bigorneaux (*Pagurus sp*).



Figure 30 – Mise en place du protocole BioLit avec l'école du Raptou sur l'estran du Basta à Biarritz @Emilie Milon

La deuxième activité proposée consistait au ramassage et au tri des déchets ramenés sur la plage par les marées. Malheureusement ce jour-là, la laisse de mer était très peu présente à cause du fort coefficient de marée qui avait ramené les déchets en haute-mer. Malgré tout, les élèves ont pu collecter les quelques déchets présents sur la plage et les trier par catégories en suivant les indications présentes sur les fiches terrains. Ils ont ainsi pu appréhender une problématique de plus en plus présente dans nos océans, à savoir la pollution due aux microplastiques.

Ainsi, au travers de cette journée pédagogique nous avons pu partager nos connaissances avec un jeune public désireux d'en apprendre davantage sur la biodiversité locale et la manière dont il peut agir au quotidien pour limiter au mieux son impact sur ce milieu fragile. D'ailleurs, tout au long de nos relevés de terrain, nous avons pu partager avec un public plus large composé de surfeurs, de touristes ou de pêcheurs fortement intéressés par notre travail. A travers ces échanges, nous avons pu nous rendre compte de l'intérêt du grand public pour la sauvegarde du littoral basque mais également du manque d'information de ces personnes sur la biodiversité présente sur ce dernier. Il semble donc important de mettre en place des panneaux d'informations pour les avertir au mieux des espèces présentes et de la manière la plus judicieuse de les préserver. Ces panneaux pourraient par ailleurs être réalisés en partenariat avec les écoles primaires participants aux sorties pédagogiques afin de compléter les connaissances acquises.

Conclusion

Cette étude décrit la diversité de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary (69 taxons identifiés) et sur l'estran de Biarritz (21 taxons identifiés). Ces travaux mettent en évidence un milieu riche et diversifié sur l'estran de Guéthary qui fait de lui un site de référence pour l'étude de la possible pollution causée par le naufrage du Grande America, puisque son suivi scientifique a débuté avant cette catastrophe.

La poursuite du suivi de la macrofaune sur les estrans de Guéthary et de Biarritz nous donne plusieurs enseignements à tirer. En effet, il semble que la richesse taxonomique moyenne et l'abondance moyenne restent constantes au cours des années sur les deux sites, en dépit de variations interannuelles.

Dans ces travaux, la présence d'une espèce à l'origine de la construction d'habitats d'intérêt communautaire, *Sabellaria* sp, a également été mise en évidence sur le site de Guéthary par la création d'un protocole de transect adapté. Déjà présente et suivi sur l'estran de Biarritz, il s'agit là de la première mise en lumière de leur présence et de leur état sur l'estran de Guéthary.

Si le suivi des massifs d'hermelles sous le Rocher du Basta à Biarritz, engagé en 2015, révèle des irrégularités de développement selon les années et les zones étudiées, seules quelques zones présentent des changements significatifs, notamment dus à des zones très accessibles au public et donc au piétinement et à des échantillonnages différents entre les années. Finalement, en échangeant avec le public sur notre travail, il est à noter que la majorité des personnes n'ont pas conscience de l'existence et de la fragilité de cette espèce, ni de son intérêt pour la biodiversité de l'estran. Il semblerait donc nécessaire de prévoir la mise en place de panneaux pédagogiques afin d'informer le public et d'assurer sa protection. Il serait également important d'ajouter, dans les années à venir, une dimension qualitative aux suivis des massifs d'hermelles sur les estrans de Guéthary et de Biarritz afin de mettre en évidence l'état de ces derniers et de proposer de possibles mesures de protection.

Ces travaux s'inscrivent donc bien dans le contexte actuel marqué par le changement global et les catastrophes environnementales, comme c'est ici le cas avec le naufrage du Grande America, et permettent également d'accroître les connaissances sur la biocénose rocheuse du littoral basque.

Des études complémentaires telles que la prise de données de paramètres physico-chimique de l'océan (pH, agitation, température ...) et de l'atmosphère (température, pression...) complèteraient les résultats et permettraient de mettre en évidence d'éventuelles interactions entre la répartition spatio-temporelle de la biocénose benthique et les variations océano-climatiques.

Bibliographie

- Aragues, A., et T. Huguet. 2011. « Etude de la répartition de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et analyse comparative ». *Rapport Centre de la Mer de Biarritz, Licence Biologie des organismes, UPPA*, 42p.
- Arraud, A., et M. Mandart. 2016. « Étude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal de l'estran de Guéthary et du Basta à Biarritz ». *Rapport Centre de la Mer de Biarritz, Licence de Biologie des Organismes, UPPA*, 47p.
- Augris, C, N Caill-Milly, et M.-N. de Casamajor. 2009. « Atlas thématique de l'environnement marin du Pays basque et du sud des Landes ». *Quae. ed. Paris*, 128p.
- Bachelet, Guy, et J.-C. Dauvin. 1993. « Distribution quantitative de la macrofaune benthique des sables intertidaux du bassin d'Arcachon », 15p.
- Bassenave, J. G. 1999. « Etude de la faune et de la flore du Basta ». *Rapport Musée de la Mer de Biarritz, 2ème DEUG, UPPA*, 6p.
- Berdoulay, M., et B. Landabure. 2008. « Étude de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux (zone de cantonnement) de Guéthary : suivi et analyse comparative ». *Rapport Musée de la Mer de Biarritz, Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, UPPA*, 72p.
- Blanchard, A., et M. Caillaba. 2013. « Étude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal des estrans rocheux de Guéthary et de Biarritz ». *Rapport Centre de la Mer de Biarritz, Licence de Biologie des Organismes, UPPA*, 52p.
- Bonvallet, N., et B. Schmitt. 2015. « Étude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal sur l'estran de Guéthary et le rocher du Basta à Biarritz ». *Rapport Centre de la Mer de Biarritz, Licence de Biologie des Organismes, UPPA*, 75p.
- Castège, I., et E. Milon. 2014. « Programme régional environnement et ressources des milieux marins aquitains », 90p.
- Castège, I., E. Milon, et F. Pautrizel. 2014. « Response of Benthic Macrofauna to an Oil Pollution: Lessons from the “Prestige” Oil Spill on the Rocky Shore of Guéthary (South of the Bay of Biscay, France) ». *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography* 106: 192p-97. <https://doi.org/10.1016/j.dsr2.2013.09.035>.
- Cazemajou-Tournie, M., et M. Remazeilles. 2012. « Étude de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et analyses comparatives ». *Rapport Centre de la Mer de Biarritz, Licence de Biologie des Organismes, UPPA*, 72p.
- Cochard, J., et M. Lledo. 2017. « Étude de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et le Rocher du Basta à Biarritz et études complémentaires ». *Rapport Centre de la Mer de Biarritz, Licence Professionnelle de Biologie appliquée aux écosystèmes exploités, UPPA*, 65p.
- CREOCEAN, et IMA. 2000. « Côte Basque : Cartographie et évaluation des habitats marins », 235p.
- ERMMA. 2012. « Bilan synthétique de la marée noire du Prestige sur le littoral aquitain », 58p.
- Gautier, J., et E. Peru. 2006. « Etude de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux de Guéthary : suivi et analyse comparative ». *Rapport Musée de la Mer de Biarritz, Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, UPPA*, 69p.
- Grall, J., et N. Coïc. 2006. « Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier », 91p.
- Guenier, Y.-M. 2002. « Valorisation du cantonnement de Guéthary : étude de la faune et de la flore du littoral ». *Rapport Musée de la Mer, Maîtrise de Biologie des Populations et des Écosystèmes, UPPA*, 27p.

- Hayward, P., T. Nelson-Smith, et C. Shields. 2009. *Guide des bords de mer : Mer du Nord, Manche, Atlantique, Méditerranée*. Les guides naturalistes.
- Henry, F., et J. Dix. 2009. « Inventaire de la faune et la flore du site de l'Estran à Guéthary ». *Rapport Musée de la Mer de Biarritz, Licence 3 Biologie des organismes UPPA*, 45p.
- Huguenin, L., Y. Lalanne, N. Bru, M. Lissardy, F. D'Amico, M. Monperrus, et M.-N. de Casamajor. 2018. « Identifying Benthic Macrofaunal Assemblages and Indicator Taxa of Intertidal Boulder Fields in the South of the Bay of Biscay (Northern Basque Coast). A Framework for Future Monitoring ». *Regional Studies in Marine Science* 20: 13p-22p. <https://doi.org/10.1016/j.rsma.2018.03.012>.
- INPN. 2006. « FSD Natura 2000 - FR7212002 », 3p.
- INPN. 2014. « FSD Natura 2000 - FR7200776 ». 2014. <https://inpn.mnhn.fr/site/natura2000/FR7200776>.
- INPN. « Inventaire ZNIEFF ». <https://inpn.mnhn.fr/programme/inventaire-znieff/presentation>.
- Kauffman, M., et P. Rouget. 2007. « Etude de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux de Guéthary : suivi et analyse comparative ». *Rapport Musée de la Mer de Biarritz, Master 1 Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques, UPPA*, 69p.
- Lacamoire, T., et O. Raphael. 2004. « Étude de la répartition spatiale de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux de Guéthary et analyse comparative 2003/2004 ». *Rapport Musée de la Mer de Biarritz, Maîtrise de Biologie des Organismes et des populations, UPPA*, 19p.
- Lajournade-Colin, B., et M. Patry. 2018. « Étude de la macrofaune benthique des estrans rocheux de Guéthary et du Rocher du Basta à Biarritz, études complémentaires ; sciences participatives et sensibilisation ». *Rapport Centre de la Mer de Biarritz, Licence de Biologie des Organismes, UPPA*, 76p.
- Lamarque, E. 2007. « Etude de la macrofaune benthique dans les cuvettes de l'Estran de Guéthary ». *Rapport Musée de la mer de Biarritz, Licence professionnelle de biologie appliquée aux écosystèmes exploités, UPPA*, 41p.
- Libier, M., et S. Irola. 2003. « Recensement quantitatif de la faune benthique du cantonnement de pêche de Guéthary ». *Rapport Musée de la Mer, Maîtrise de Biologie des Populations et des Écosystèmes, UPPA*, 21p.
- Pipot, C., et E. Malagnoux. 2010. « Suivi des biocénoses benthiques sur l'estran de Guéthary et mise en place d'un plan d'échantillonnage au Viviers basques (Pyrénées Atlantique) ». *Rapport Musée de la Mer, Licence de Biologie des Organismes, UPPA*, 22p.
- Pribat, E. 2002. « Valorisation du cantonnement de pêche de Guéthary ». *Rapport Musée de la Mer de Biarritz, Maîtrise de Biologie des Organismes et des populations, UPPA*, 20p.
- Saez, S., et S. Clavier. 2005. « Étude de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux de Guéthary : suivi et analyse comparative ». *Rapport Musée de la Mer de Biarritz, Licence Biologie des organismes, UPPA*, 57p.
- Tian, Y. Q., J. Wang, J. A. Duff, B. L. Howes, et A. Evgenidou. 2009. « Spatial Patterns of Macrobenthic Communities in Shallow-Water Tidal Embayments and Their Association with Environmental Factors ». *Environmental Management* 44 (1): 119p-35. <https://doi.org/10.1007/s00267-009-9287-7>.
- UNESCO/UNEP, International Congress on Environmental Education and Training, Moscow, 1987. 1988. « Stratégie internationale d'action en matière d'éducation et de formation relatives à l'environnement pour les années 1990 ». https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000080583_fre.

Annexes

Annexe 1 : Stations géoréférencées

Annexe 2 : Coefficient en rapport avec les étages

Annexe 3 : Fiche de relevé de terrain pour le suivi de la macrofaune benthique et du recouvrement algal des stations des estrans de Guéthary et de Biarritz

Annexe 4 : Photographies panoramiques des entrées Nord et Sud du rocher du Basta

Annexe 5 : Coordonnées GPS de l'emplacement du trépied pour réaliser les panoramiques

Annexe 6 : Fiche terrain suivi hermelles rocher du Basta

Annexe 7 : Fiche terrain suivi hermelles transect

Annexe 8 : Protocole sciences participatives

Annexe 9 : Grille Marine LitterWatch / OSPAR

Annexe 10 : Test de l'effet observateur

Annexe 11 : Test de l'effet de la zone de cantonnement sur l'estran de Guéthary

Annexe 12 : Test de l'effet de l'étagement

Annexe 13 : Régression linéaire sur les tendances annuelles

Annexe 14 : Photographies panoramiques, localisation et périmètres (en rouge) des massifs d'hermelles (*Sabellaria sp*) en fonction des différentes entrées du rocher du Basta à Biarritz

Annexe 15 : Résultats des tests de Wilcoxon pour le suivi hermelles Rocher du Basta

Annexe 16 : Tableau des tâches et calendrier du stage

Annexe 1 : Stations géoréférencées

Stations	Coordonnées		Etage	Plage
	Latitude N	Longitude O		
1	43,4276	-1,617	Infralittoral	Harotzen Costa
2	43,4264	-1,6194	Infralittoral	Harotzen Costa
3	43,4252	-1,6196	Médio-inférieur	Harotzen Costa
4	43,4276	-1,6164	Infralittoral	Harotzen Costa
5	43,4267	-1,6174	Médio-inférieur	Harotzen Costa
6	43,4252	-1,6164	Médio-supérieur	Harotzen Costa
7	43,4262	-1,6178	Médio-supérieur	Harotzen Costa
8	43,4255	-1,6175	Médio-supérieur	Harotzen Costa
9	43,4268	-1,6159	Médio-inférieur	Harotzen Costa
10	43,4266	-1,6143	Médio-inférieur	Harotzen Costa
11	43,4244	-1,6192	Médio-supérieur	Harotzen Costa
12	43,4266	-1,6129	Infralittoral	Harotzen Costa
13	43,4227	-1,6214	Médio-inférieur	Cenitz
14	43,4227	-1,6206	Médio-inférieur	Cenitz
15	43,4241	-1,6209	Infralittoral	Cenitz
16	43,4228	-1,6201	Médio-inférieur	Cenitz
17	43,4297	-1,6088	Infralittoral	Parlementia
18	43,4286	-1,6082	Médio-inférieur	Parlementia
19	43,428	-1,6099	Infralittoral	Parlementia
20	43,4272	-1,6094	Médio-inférieur	Parlementia
21	43,484	-1,5639	Médio-inférieur	Basta
22	43,484	-1,5636	Médio-inférieur	Basta

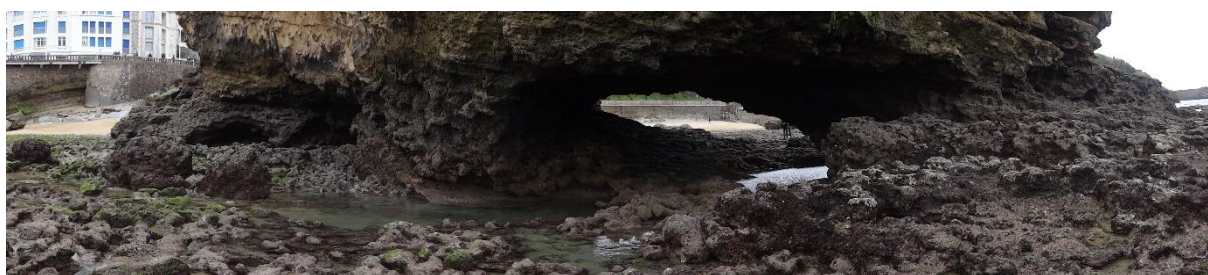
Annexe 2 : Coefficient en rapport avec les étages

Etage	Coefficient de marée minimum nécessaire	Correspondance des couleurs
Infralittoral	95	
Médiolittoral inférieur	75	
Médiolittoral supérieur	55	

Annexe 3 : Fiche de relevé de terrain pour le suivi de la macrofaune benthique et du recouvrement algal des stations des estrans de Guéthary et de Biarritz

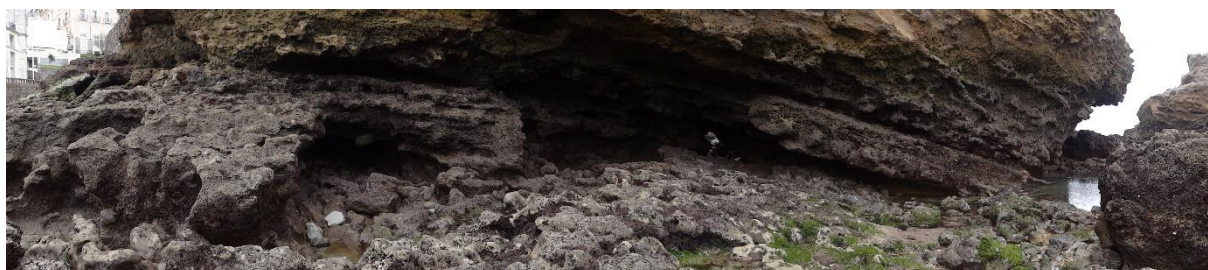
FICHE ESPECES																																																												
Lieu :	Date :	Coefficient :																																																										
Station :	Etagement :																																																											
SPONGIAIRE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><i>Halichandria panicea</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Hemimycale columella</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Hymeniacidon perlevis</i></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	<i>Halichandria panicea</i>		<i>Hemimycale columella</i>		<i>Hymeniacidon perlevis</i>																																																				
Nom scientifique	Effectif																																																											
<i>Halichandria panicea</i>																																																												
<i>Hemimycale columella</i>																																																												
<i>Hymeniacidon perlevis</i>																																																												
CNIDAIRE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><i>Actinia equina</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Aulactinia verrucosa</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Actinia fragacea</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Actinia pasina</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Anthopliaura thalia</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Actinotheria sphynodeta</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Anemonia viridis</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Anthopliaura balli</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Cerianthus pedunculatus</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Cerianthus lloydii</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Aphrodita oculinata</i></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	<i>Actinia equina</i>		<i>Aulactinia verrucosa</i>		<i>Actinia fragacea</i>		<i>Actinia pasina</i>		<i>Anthopliaura thalia</i>		<i>Actinotheria sphynodeta</i>		<i>Anemonia viridis</i>		<i>Anthopliaura balli</i>		<i>Cerianthus pedunculatus</i>		<i>Cerianthus lloydii</i>		<i>Aphrodita oculinata</i>																																				
Nom scientifique	Effectif																																																											
<i>Actinia equina</i>																																																												
<i>Aulactinia verrucosa</i>																																																												
<i>Actinia fragacea</i>																																																												
<i>Actinia pasina</i>																																																												
<i>Anthopliaura thalia</i>																																																												
<i>Actinotheria sphynodeta</i>																																																												
<i>Anemonia viridis</i>																																																												
<i>Anthopliaura balli</i>																																																												
<i>Cerianthus pedunculatus</i>																																																												
<i>Cerianthus lloydii</i>																																																												
<i>Aphrodita oculinata</i>																																																												
ANNELIDE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><i>Sabellaria</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Lepidopoda tremellaria</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Eulalia viridis</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Nereis</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Sipharobranchius triquetus</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Sipharobranchius</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Thysanozoon brachi</i></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	<i>Sabellaria</i> spp.		<i>Lepidopoda tremellaria</i>		<i>Eulalia viridis</i>		<i>Nereis</i> spp.		<i>Sipharobranchius triquetus</i>		<i>Sipharobranchius</i>		<i>Thysanozoon brachi</i>																																												
Nom scientifique	Effectif																																																											
<i>Sabellaria</i> spp.																																																												
<i>Lepidopoda tremellaria</i>																																																												
<i>Eulalia viridis</i>																																																												
<i>Nereis</i> spp.																																																												
<i>Sipharobranchius triquetus</i>																																																												
<i>Sipharobranchius</i>																																																												
<i>Thysanozoon brachi</i>																																																												
ARTHOPODE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><i>Alpheus macrocheles</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Arcturus nitescens</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Balanus</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Carcinus maenas</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Citharus</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Crangon</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Eriphia verrucosa</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Gammarus</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Macropodella</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Nereis</i> puber</td><td></td></tr> <tr><td><i>Pachygrapsus marmoratus</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Pagurus</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Palaeomon</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Lyomatia seticauda</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Pinnotheres pium</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Pisus armata</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Porcellana platycheles</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Sphaeroma</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Xantho</i> spp.</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	<i>Alpheus macrocheles</i>		<i>Arcturus nitescens</i>		<i>Balanus</i> spp.		<i>Carcinus maenas</i>		<i>Citharus</i> spp.		<i>Crangon</i>		<i>Eriphia verrucosa</i>		<i>Gammarus</i> spp.		<i>Macropodella</i> spp.		<i>Nereis</i> puber		<i>Pachygrapsus marmoratus</i>		<i>Pagurus</i> spp.		<i>Palaeomon</i> spp.		<i>Lyomatia seticauda</i>		<i>Pinnotheres pium</i>		<i>Pisus armata</i>		<i>Porcellana platycheles</i>		<i>Sphaeroma</i> spp.		<i>Xantho</i> spp.																				
Nom scientifique	Effectif																																																											
<i>Alpheus macrocheles</i>																																																												
<i>Arcturus nitescens</i>																																																												
<i>Balanus</i> spp.																																																												
<i>Carcinus maenas</i>																																																												
<i>Citharus</i> spp.																																																												
<i>Crangon</i>																																																												
<i>Eriphia verrucosa</i>																																																												
<i>Gammarus</i> spp.																																																												
<i>Macropodella</i> spp.																																																												
<i>Nereis</i> puber																																																												
<i>Pachygrapsus marmoratus</i>																																																												
<i>Pagurus</i> spp.																																																												
<i>Palaeomon</i> spp.																																																												
<i>Lyomatia seticauda</i>																																																												
<i>Pinnotheres pium</i>																																																												
<i>Pisus armata</i>																																																												
<i>Porcellana platycheles</i>																																																												
<i>Sphaeroma</i> spp.																																																												
<i>Xantho</i> spp.																																																												
CORDE - VERTEBRE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><i>Coryphoblenius galarito</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Gobius</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Lepadogaster candali</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Lepadogaster</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Nereophis</i> spp.</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	<i>Coryphoblenius galarito</i>		<i>Gobius</i> spp.		<i>Lepadogaster candali</i>		<i>Lepadogaster</i>		<i>Nereophis</i> spp.																																																
Nom scientifique	Effectif																																																											
<i>Coryphoblenius galarito</i>																																																												
<i>Gobius</i> spp.																																																												
<i>Lepadogaster candali</i>																																																												
<i>Lepadogaster</i>																																																												
<i>Nereophis</i> spp.																																																												
MOLLUSQUE	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><i>Acanthochitona</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Aplysia punctata</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Calliostoma zizyphinum</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Striarca lactea</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Berthelina edwardsi</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Doridochitona areolata</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Facelina auriculata</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Gibbula</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Halotis tuberculata</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Lapidochitona cinerea</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Limaria liam</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Littorina littorea</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Marshallina adersia</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Melanopsis neritoides</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Mytilus</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Tritia incrassata</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Tritia reticulata</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Ocenebra erinacea</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Ocenebra edwardsi</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Ocenebra</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Patella</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Phorus lineatus</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Stramonita haemastoma</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Tritia maracha</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Turnella communis</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Venerupis</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Amphiphorus squamata</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Asteria rubens</i></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	<i>Acanthochitona</i> spp.		<i>Aplysia punctata</i>		<i>Calliostoma zizyphinum</i>		<i>Striarca lactea</i>		<i>Berthelina edwardsi</i>		<i>Doridochitona areolata</i>		<i>Facelina auriculata</i>		<i>Gibbula</i> spp.		<i>Halotis tuberculata</i>		<i>Lapidochitona cinerea</i>		<i>Limaria liam</i>		<i>Littorina littorea</i>		<i>Marshallina adersia</i>		<i>Melanopsis neritoides</i>		<i>Mytilus</i> spp.		<i>Tritia incrassata</i>		<i>Tritia reticulata</i>		<i>Ocenebra erinacea</i>		<i>Ocenebra edwardsi</i>		<i>Ocenebra</i>		<i>Patella</i> spp.		<i>Phorus lineatus</i>		<i>Stramonita haemastoma</i>		<i>Tritia maracha</i>		<i>Turnella communis</i>		<i>Venerupis</i> spp.		<i>Amphiphorus squamata</i>		<i>Asteria rubens</i>		
Nom scientifique	Effectif																																																											
<i>Acanthochitona</i> spp.																																																												
<i>Aplysia punctata</i>																																																												
<i>Calliostoma zizyphinum</i>																																																												
<i>Striarca lactea</i>																																																												
<i>Berthelina edwardsi</i>																																																												
<i>Doridochitona areolata</i>																																																												
<i>Facelina auriculata</i>																																																												
<i>Gibbula</i> spp.																																																												
<i>Halotis tuberculata</i>																																																												
<i>Lapidochitona cinerea</i>																																																												
<i>Limaria liam</i>																																																												
<i>Littorina littorea</i>																																																												
<i>Marshallina adersia</i>																																																												
<i>Melanopsis neritoides</i>																																																												
<i>Mytilus</i> spp.																																																												
<i>Tritia incrassata</i>																																																												
<i>Tritia reticulata</i>																																																												
<i>Ocenebra erinacea</i>																																																												
<i>Ocenebra edwardsi</i>																																																												
<i>Ocenebra</i>																																																												
<i>Patella</i> spp.																																																												
<i>Phorus lineatus</i>																																																												
<i>Stramonita haemastoma</i>																																																												
<i>Tritia maracha</i>																																																												
<i>Turnella communis</i>																																																												
<i>Venerupis</i> spp.																																																												
<i>Amphiphorus squamata</i>																																																												
<i>Asteria rubens</i>																																																												
ECHINODERME	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><i>Asterina gibbosa</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Cassidaster tenuispina</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Echinus esculentus</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Holothuria tubulosa</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Marthasterias glacialis</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Ophiaster longicauda</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Ophiaster fragilis</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Paracentrotus lividus</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Psammachinus microtuberculatus</i></td><td></td></tr> <tr><td><i>Sphaerechinus granulatus</i></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	<i>Asterina gibbosa</i>		<i>Cassidaster tenuispina</i>		<i>Echinus esculentus</i>		<i>Holothuria tubulosa</i>		<i>Marthasterias glacialis</i>		<i>Ophiaster longicauda</i>		<i>Ophiaster fragilis</i>		<i>Paracentrotus lividus</i>		<i>Psammachinus microtuberculatus</i>		<i>Sphaerechinus granulatus</i>																																						
Nom scientifique	Effectif																																																											
<i>Asterina gibbosa</i>																																																												
<i>Cassidaster tenuispina</i>																																																												
<i>Echinus esculentus</i>																																																												
<i>Holothuria tubulosa</i>																																																												
<i>Marthasterias glacialis</i>																																																												
<i>Ophiaster longicauda</i>																																																												
<i>Ophiaster fragilis</i>																																																												
<i>Paracentrotus lividus</i>																																																												
<i>Psammachinus microtuberculatus</i>																																																												
<i>Sphaerechinus granulatus</i>																																																												
CORDE - TUNICIER	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td><i>Betryllodes</i> spp.</td><td></td></tr> <tr><td><i>Betryllus schlosseri</i></td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	<i>Betryllodes</i> spp.		<i>Betryllus schlosseri</i>																																																						
Nom scientifique	Effectif																																																											
<i>Betryllodes</i> spp.																																																												
<i>Betryllus schlosseri</i>																																																												
RECOUVREMENT ALGAL	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>Algues vertes</td><td></td></tr> <tr><td>Algues rouges</td><td></td></tr> <tr><td>Algues brunes</td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif	Algues vertes		Algues rouges		Algues brunes																																																				
Nom scientifique	Effectif																																																											
Algues vertes																																																												
Algues rouges																																																												
Algues brunes																																																												
NOUVELLES ESPECES	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 60%;">Nom scientifique</th> <th style="width: 40%;">Effectif</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> <tr><td> </td><td></td></tr> </tbody> </table>	Nom scientifique	Effectif																																																									
Nom scientifique	Effectif																																																											

Annexe 4 : Photographies panoramiques des entrées Nord et Sud du rocher du Basta



Entrée Nord 1

@Viana Julie



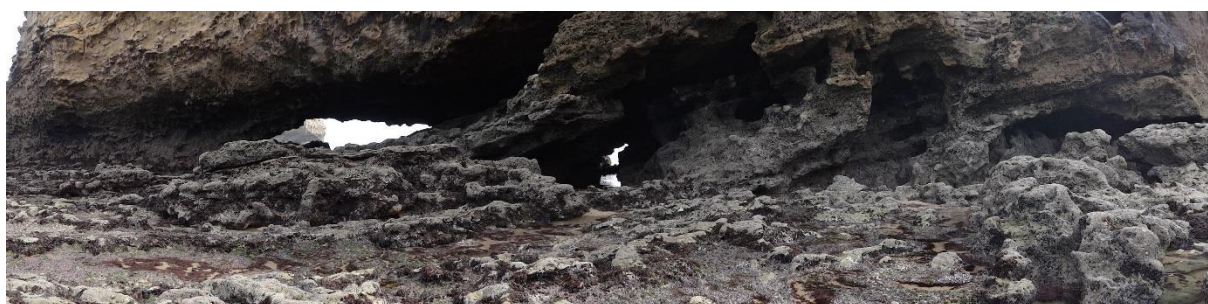
Entrée Nord 2

@Viana Julie



Entrée Sud 1

@Viana Julie



Entrée Sud 2

@Viana Julie

Annexe 5 : Coordonnées GPS de l'emplacement du trépied pour réaliser les panoramiques

Lieu	Latitude N	Longitude O
Entrée Nord 1	43,483973	-1,563255
Entrée Nord 2	43,484	-1,563
Entrée Sud 1	43,483903	-1,562988
Entrée Sud 2	43,484059	-1,562737

Annexe 6 : Fiche terrain suivi hermelles Rocher du Basta

Fiche terrain de suivi des massifs d'hermelles au rocher du Basta

• Entrée Nord 1

Massif	1	2	3	4	5	6	7	8	9			TOTAL
N° photo												
Périmètre												

• Entrée Nord 2

Massif	1	5	8	10	11	11*			TOTAL
N° photo									
Périmètre									

• Entrée Sud 1

Massif	1	1*	1**	3	8	10	12	13	13*
N° photo									
Périmètre									

Massif	15	16	17	18	19				TOTAL
N° photo									
Périmètre									

• Entrée Sud 2

Massif	1	3	4*	5	6	6**	7	9	13
N° photo									
Périmètre									

Massif	14	14*						TOTAL
N° photo								
Périmètre								

Annexe 7 : Fiche terrain suivi hermelles transect

Transect	Massifs	Longitude (W)	Latitude (N)	Périmètre
A				
B				
C				
D				
E				
F				

Transect	Massifs	Longitude (W)	Latitude (N)	Périmètre
G				
H				
I				
J				
K				
L				

[illegible]

Annexe 8 : Protocole sciences participatives

[illegible]

Annexe 9 : Grille Marine LitterWatch / OSPAR

[illegible]

Annexe 10 : Test de l'effet observateur

Jeu de données : Avec un total de 16 quadrats échantillonnés de 0,1 m² et de 2 espèces fixent comptabilisées

Les hypothèses du test non paramétrique de Wilcoxon apparié sont les suivantes :

- ❖ H0 : les moyennes sont égales entre les observateurs
- ❖ H1 : les moyennes ne sont pas égales entre les observateurs

Risque $\alpha = 0.05$

Traitement des données avec le logiciel R (Rcmdr) et résultats du test :

➤ Espèce 1 (*Gibbula sp*)

wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: Héloïse and Julie

V = 41, p-value = 0.1817

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

→ $p > 0,05$; on accepte H0, les moyennes sont égales entre les observateurs

➤ Espèce 2 (*Patella sp*)

wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: Héloïse and Julie

V = 57.5, p-value = 0.1575

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

→ $p > 0,05$; on accepte H0, les moyennes sont égales entre les observateurs

Annexe 11 : Test de l'effet de la zone de cantonnement sur l'estran de Guéthary

Les deux zones (zone de cantonnement de pêche et zone hors cantonnement) représentent la variable explicative de l'analyse tandis que l'abondance et la richesse spécifique moyenne sont ici la variable à expliquer. Afin de déterminer l'éventuel impact de l'aire de protection sur l'abondance stationnelle ainsi que sur la richesse spécifique moyenne, nous allons effectuer deux tests non-paramétriques (Wilcoxon bivarié).

Les hypothèses du test non paramétrique de Wilcoxon bivarié sont les suivantes :

- ❖ H0 : L'abondance / richesse spécifique n'est pas affectée par l'aire de protection
- ❖ H1 : L'abondance / richesse spécifique est affectée par l'aire de protection

Risque $\alpha = 0.05$

Traitement des données avec le logiciel R (Rcmdr) et résultats du test :

➤ Richesse taxonomique moyenne

```
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: cantonnement and hors-cantonnement
w = 34.5, p-value = 0.8499
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
→ p > 0,05 ; on accepte Ho, la richesse taxonomique moyenne n'est pas affectée par l'aire de protection
```

➤ Abondance moyenne

```
wilcoxon rank sum test with continuity correction
data: cantonnement and hors-cantonnement
w = 42, p-value = 0.3847
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0
→ p > 0,05 ; on accepte Ho, la richesse taxonomique moyenne n'est pas affectée par l'aire de protection
```

Annexe 12 : Test de l'effet de l'étagement

Les hypothèses du test non paramétrique de Wilcoxon bivarié sont les suivantes :

- ❖ H0 : L'abondance / richesse spécifique n'est pas affectée par l'étagement
- ❖ H1 : L'abondance / richesse spécifique est affectée par l'étagement

Risque $\alpha = 0.05$

Traitement des données avec le logiciel R (Rcmdr) et résultats du test :

➤ Richesse taxonomique

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: infra and médio-inf

W = 23.5, p-value = 0.4262

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

→ $p > 0,05$; on accepte H0, la richesse taxonomique moyenne n'est pas affectée par l'étagement

wilcoxon rank sum test with continuity correction

data: infra and médio-sup

W = 15.5, p-value = 0.8498

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

→ $p > 0,05$; on accepte H0, la richesse taxonomique moyenne n'est pas affectée par l'étagement

wilcoxon rank sum test

data: médio-inf and médio-sup

W = 23, p-value = 0.5035

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

→ $p > 0,05$; on accepte H0, la richesse taxonomique moyenne n'est pas affectée par l'étagement

➤ Abondance moyenne

wilcoxon rank sum test

data: infra and médio-inf

W = 22, p-value = 0.351

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

→ $p > 0,05$; on accepte H0, l'abondance moyenne n'est pas affectée par l'étagement

wilcoxon rank sum test

data: infra and médio-sup

W = 6, p-value = 0.1636

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

→ $p > 0,05$; on accepte H0, l'abondance moyenne n'est pas affectée par l'étagement

wilcoxon rank sum test

data: médio-inf and médio-sup

W = 10, p-value = 0.2601

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

→ $p > 0,05$; on accepte H0, l'abondance moyenne n'est pas affectée par l'étagement

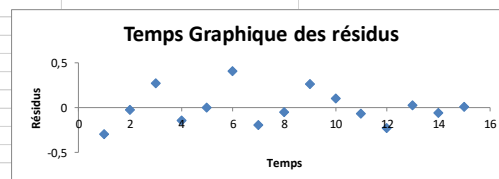
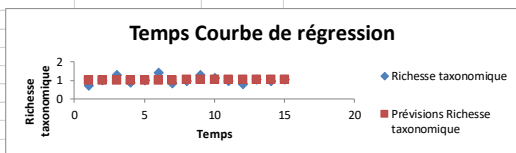
Annexe 13 : Régression linéaire sur les tendances annuelles

Le coefficient de détermination (R^2) donne une idée du pourcentage de variabilité de la variable « Richesse taxonomique moyenne » ou « Abondance moyenne », expliqué par la variable « Année ». Plus ce coefficient est proche de 1, meilleur est le modèle.

La p-value calculée (Probabilité) permet de confirmer ou d'infirmer une évolution significative (positive ou négative) : si $p_value > 0,5$, alors la variation n'est pas significative.

Les résidus normalisés sont des individus statistiques mal reconstitués par le modèle. Ils ne suivent pas la liaison qui a été mise en avant par la régression linéaire et constituent des individus dits « Atypiques ».

➤ Résultats obtenus concernant la tendance annuelle de la richesse taxonomique moyenne sur l'estran de Guéthary



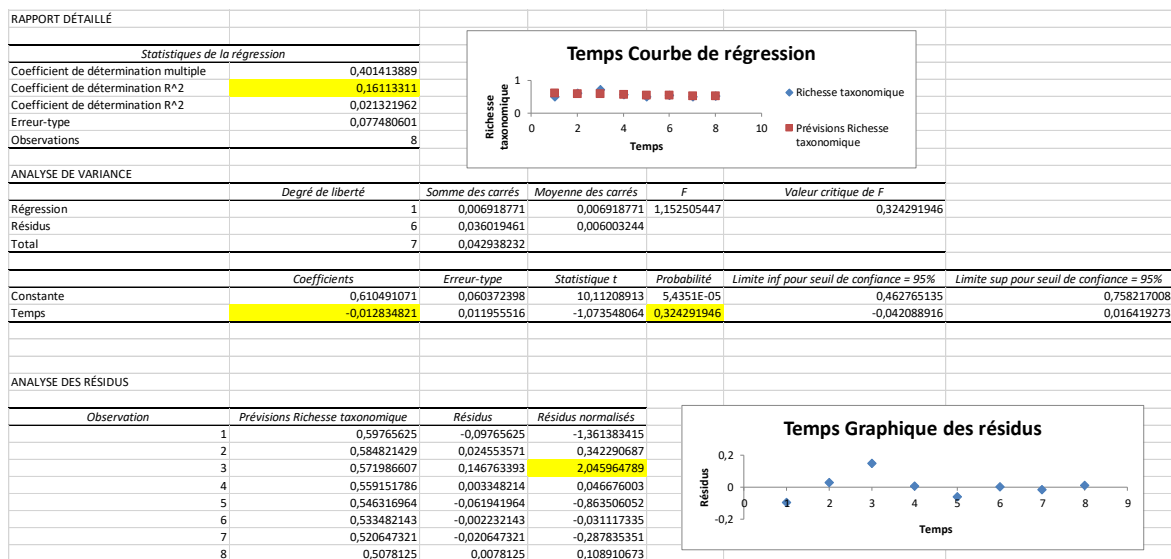
$R^2 = 0,002482964 \rightarrow 0,25\%$ de la variabilité de la richesse taxonomique est expliquée par l'année. Le reste de la variabilité est dû à des effets (autres variables explicatives) qui ne sont pas pris en compte dans cette analyse.

Coefficient directeur = 0,002155426 $\rightarrow$ tendance à l'augmentation

$p_value = 0,860015973 \rightarrow p_value > 0,05 \rightarrow$ augmentation non significative

Résidus normalisés : 6 = 2,103006877 $\rightarrow > 1,96 \rightarrow$ n'est pas adapté au modèle de régression linéaire

➤ Résultats obtenus concernant la tendance annuelle de la richesse taxonomique moyenne sur l'estran de Biarritz



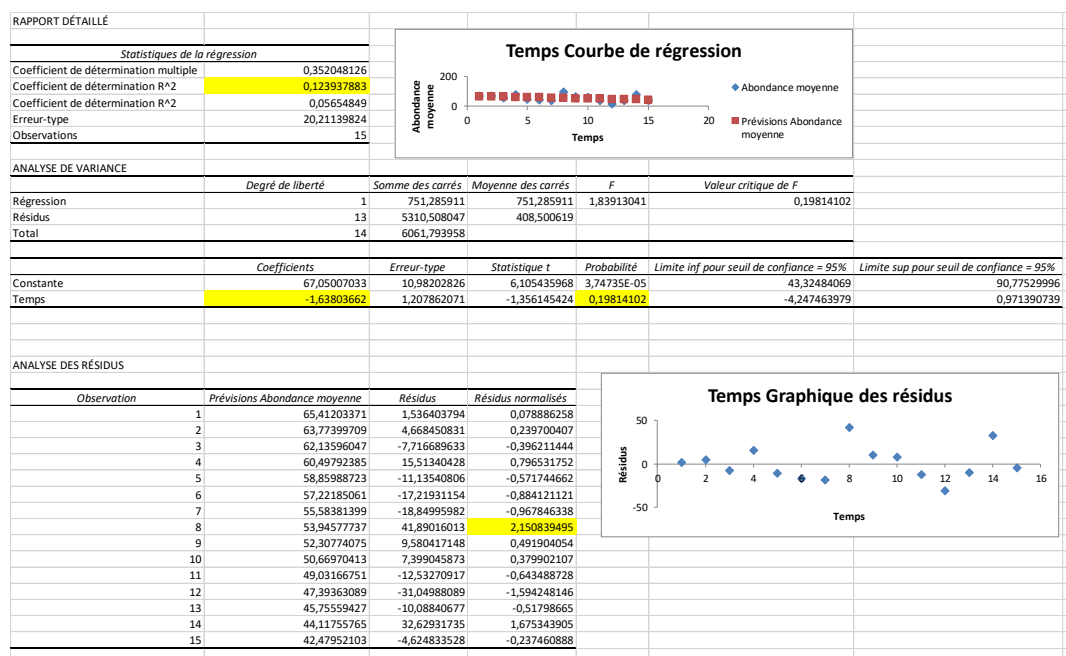
$R^2 = 0,16113311 \rightarrow 16\%$ de la variabilité de la richesse taxonomique est expliquée par l'année. Le reste de la variabilité est dû à des effets (autres variables explicatives) qui ne sont pas pris en compte dans cette analyse.

Coefficient directeur = -0,012834821 $\rightarrow$ tendance à la diminution

p_value = 0,324291946 $\rightarrow$ p_value > 0,05 $\rightarrow$ diminution non significative

Résidus normalisés : 3 (2014) = 2,045964789 $\rightarrow$ >1,96 $\rightarrow$ n'est pas adapté au modèle de régression linéaire

➤ Résultats obtenus concernant la tendance annuelle de l'abondance moyenne sur l'estran de Guéthary



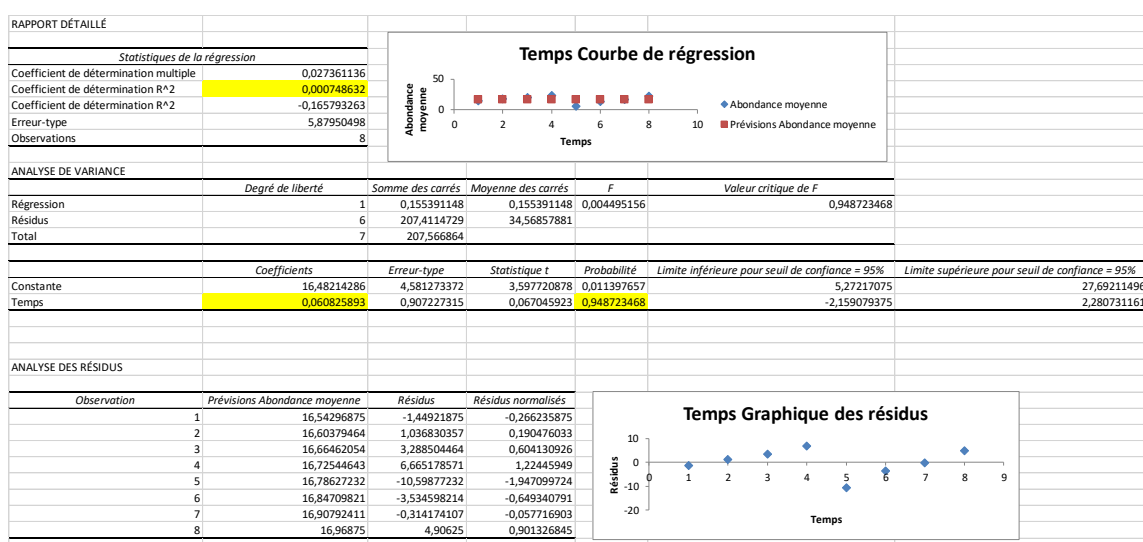
$R^2 = 0,123937883117683 \rightarrow 12\%$ de la variabilité de l'abondance moyenne est expliquée par l'année. Le reste de la variabilité est dû à des effets (autres variables explicatives) qui ne sont pas pris en compte dans cette analyse.

Coefficient directeur = -1,63803661986999 $\rightarrow$ tendance à la diminution

$p_value = 0,198141019748897 \rightarrow p_value > 0,05 \rightarrow$ diminution non significative

Résidus normalisés : 8 (2012) = 2,15083949548716 $\rightarrow >1,96 \rightarrow$ n'est pas adapté au modèle de régression linéaire

➤ Résultats obtenus concernant la tendance annuelle de l'abondance moyenne sur l'estran de Biarritz



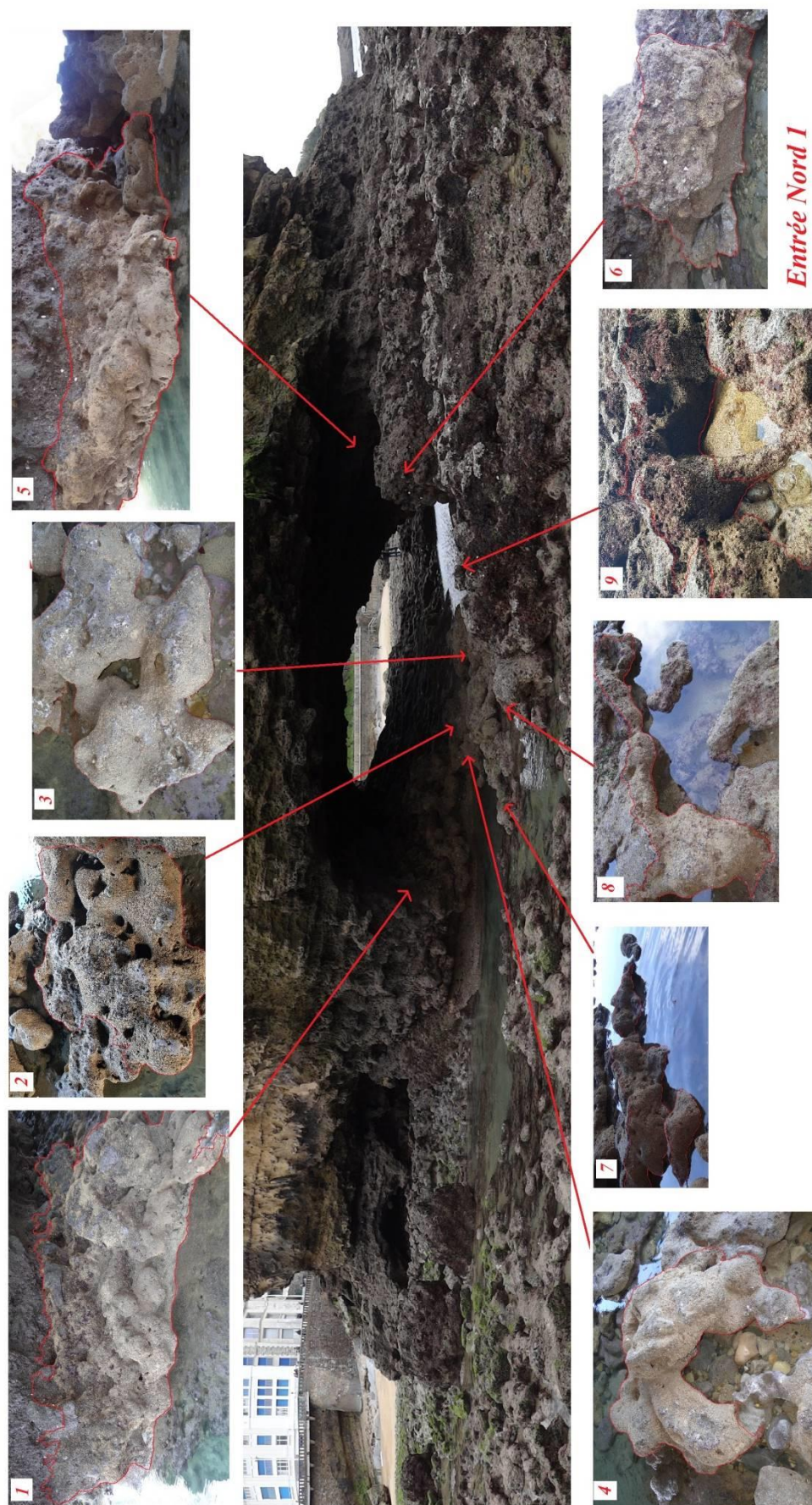
$R^2 = 0,00074863176690996 \rightarrow 0,07\%$ de la variabilité de l'abondance moyenne est expliquée par l'année. Le reste de la variabilité est dû à des effets (autres variables explicatives) qui ne sont pas pris en compte dans cette analyse.

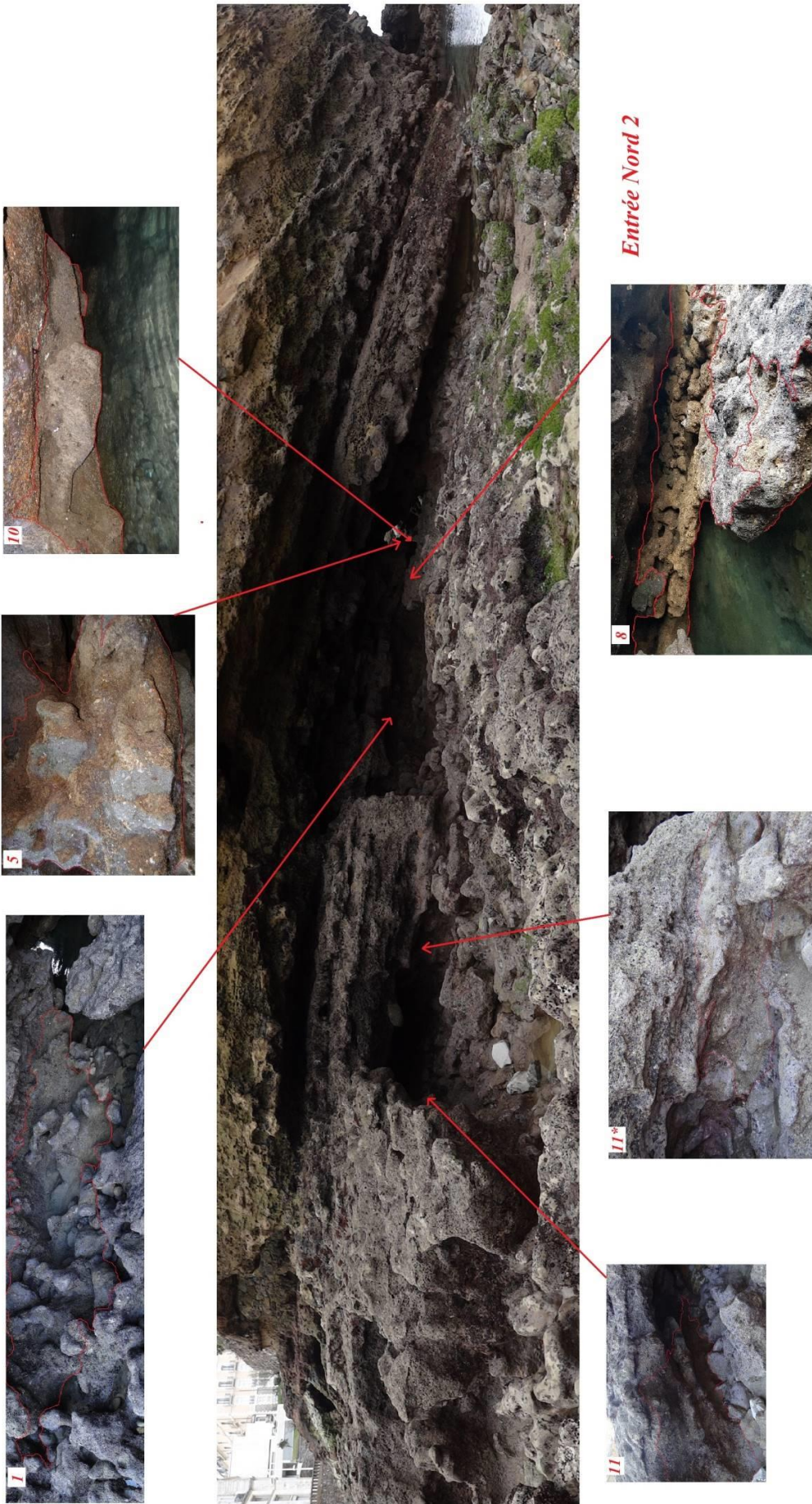
Coefficient directeur = 0,0608258928571428 $\rightarrow$ tendance à la diminution

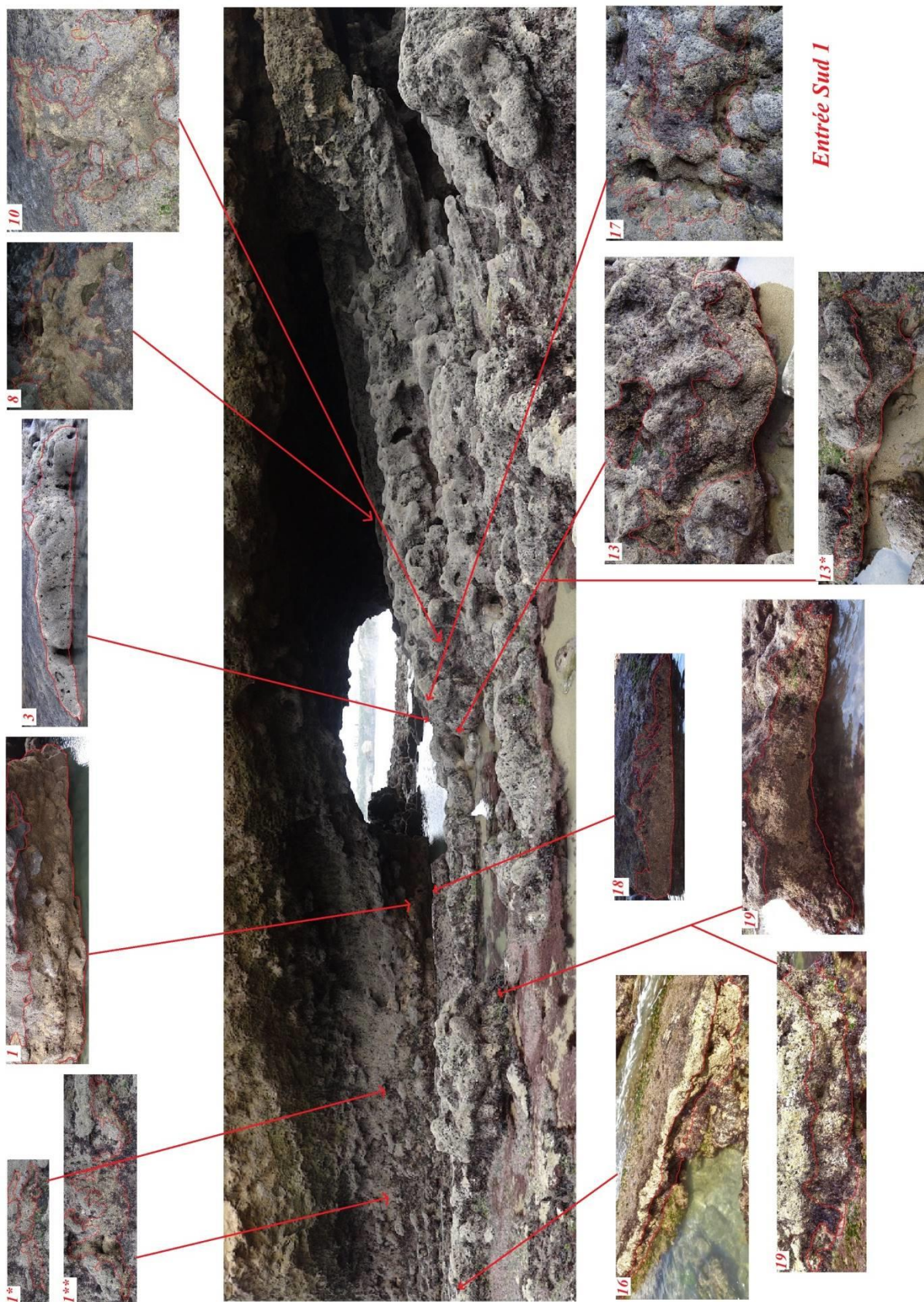
$p_value = 0,948723468392345 \rightarrow p_value > 0,05 \rightarrow$ diminution non significative

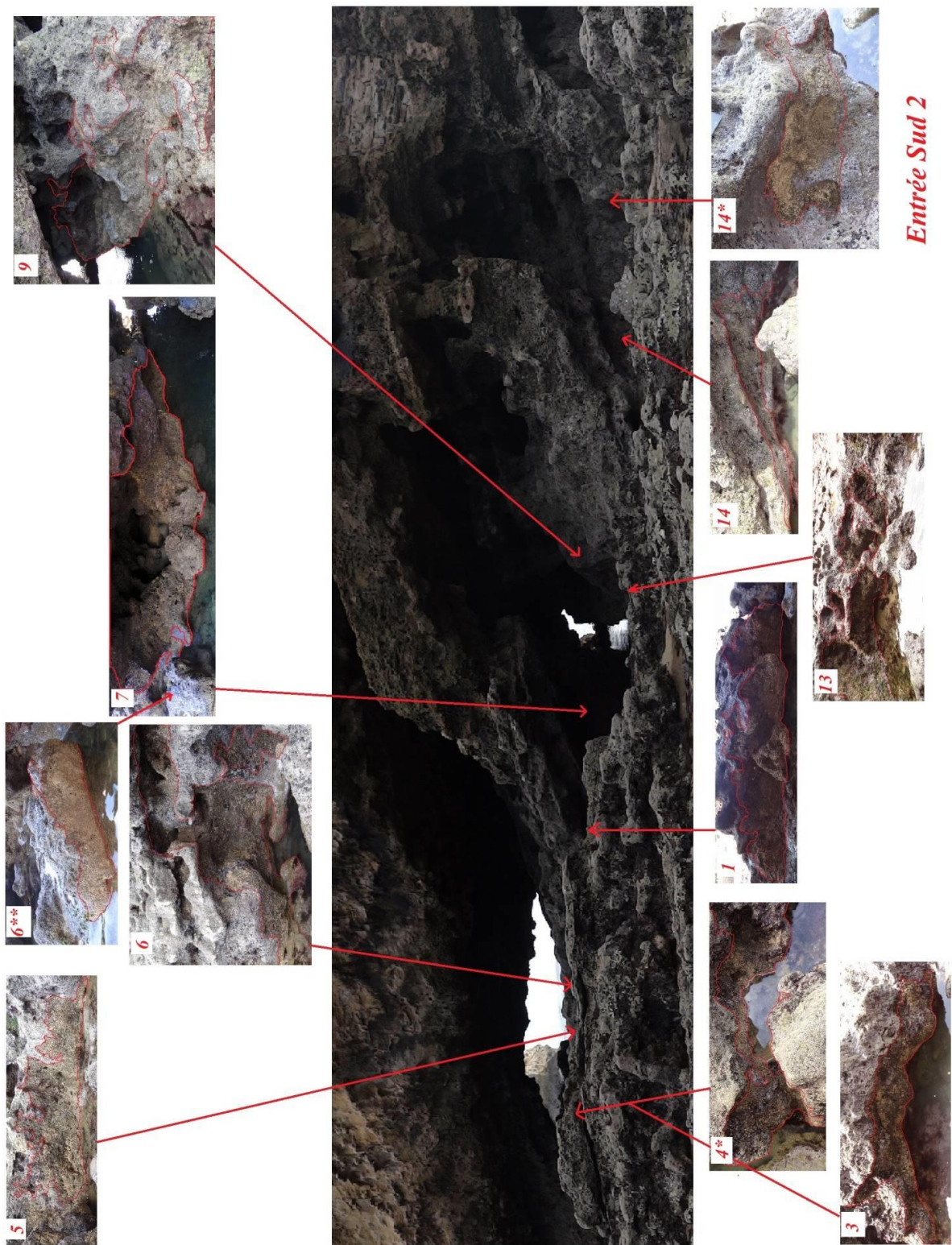
Résidus normalisés : aucuns

Annexe 14 : Photographies panoramiques, localisation et périmètres (en rouge) des massifs d'hermelles (*Sabellaria* sp) en fonction des différentes entrées du rocher du Basta à Biarritz









Annexe 15 : Résultats des tests de Wilcoxon apparié pour le suivi des massifs d'hermelles au Rocher du Basta à Biarritz

	2015	2016	2017	2018
2015				
2016	0,25			
2017	0,125	0,625		
2018	0,875	0,375	0,125	
2019	0,375	0,125	0,125	0,375

TOTAL

	2015	2016	2017	2018
2015				
2016	0,2084			
2017	0,03603	0,4017		
2018	1	0,4258	0,1641	
2019	0,7344	0,5703	0,03906	0,6523

NORD 1

	2015	2016	2017	2018
2015				
2016	0,6356			
2017	0,375	0,6356		
2018	0,7598	1	0,4185	
2019	0,9097	0,5195	0,1484	0,4688

NORD 2

	2015	2016	2017	2018
2015				
2016	0,391			
2017	0,7536	0,4017		
2018	0,804	0,6247	0,6835	
2019 avec nouveaux massifs	0,05869	0,07585	0,02016	0,03015
2019 sans nouveaux massifs	0,7197	0,6247	0,7598	0,7263

SUD 1

	2015	2016	2017	2018
2015				
2016	0,1078			
2017	0,605	0,6685		
2018	0,4954	0,1754	0,233	
2019	0,3778	0,1454	0,2462	0,782

SUD 2

Annexe 16 : Tableau des tâches et calendrier du stage

➤ Tableau des tâches

Intervenant	Idée originale	Bibliographie	Mise en place des protocoles	Collecte des données	Analyses statistiques	Rédaction
Principal	IC	JV et HD	IC, JV et HD	JV et HD	JV et HD	JV et HD
Secondaire						IC et EM

IC : Iker Castège

EM : Émilie Milon

JV : Julie Viana

HD : Héloïse Dalens

➤ Calendrier du stage

	Semaine 1	Semaine 2	Semaine 3	Semaine 4	Semaine 5	Semaine 6	Semaine 7	Semaine 8	Semaine 9	Semaine 10	Semaine 11
Bibliographie											
Terrain											
Analyses Statistiques											
Rédaction											

Résumé

Ce rapport présente les résultats obtenus au cours du suivi de la macrofaune benthique des estrans rocheux de Guéthary et de Biarritz dans le cadre du programme régional ERMMA (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains). Les espèces benthiques étant des témoins permanents de leur environnement, leur suivi est utilisé dans le but de connaître les potentielles conséquences des pollutions et des changements globaux. Ainsi, apporter des connaissances sur la composition et la répartition de la macrofaune benthique sur les estrans du Pays Basque permettra d'établir, dans les années à venir, une possible correspondance entre des modifications de composition faunistique et la pollution due au naufrage du Grande America en mars 2019, tel que cela a pu être fait lors du naufrage du pétrolier Prestige en 2002.

Aussi, un autre objectif de cette étude est de mettre en lumière les évolutions concernant l'abondance et la richesse taxonomique des estrans basques mais également la répartition géographique d'une espèce contribuant à la création d'habitats d'intérêt communautaire : *Sabellaria sp.*

Un premier plan d'échantillonnage standardisé de la macrofaune benthique tenant compte des différents étagements des estrans a été mis en œuvre. La biodiversité (macroalgue et macrofaune) a été considérée sur des quadrats de 16 m² répartis sur les trois étagements rencontrés sur les sites de Guéthary et de Biarritz. Ces données ont mis en évidence la structure actuelle des communautés benthiques des estrans ainsi que leur évolution dans le temps depuis la première année de suivi en 2002.

Un second plan d'échantillonnage standardisé des massifs d'hermelles (*Sabellaria sp.*) tenant compte de leur localisation géographique sur l'estran a été réalisé. Ces massifs ont été identifiés et recensés sur des transects et mesurés par relevés métriques. Ces données ont révélé une forte présence de massifs d'hermelles sur l'estran de Biarritz et également, pour la première année, sur celui de Guéthary.

Des propositions sont formulées pour la suite de ce travail afin que les prochains suivis puissent venir compléter la base de données déjà établie mais aussi d'assurer une certaine cohérence entre les différentes années concernant le suivi des massifs d'hermelles.

Mots clés : Estran rocheux, Guéthary, Biarritz, Golfe de Gascogne, macrofaune benthique, Centre de la mer de Biarritz, ERMMA, hermelles, veille écologique, sciences participatives