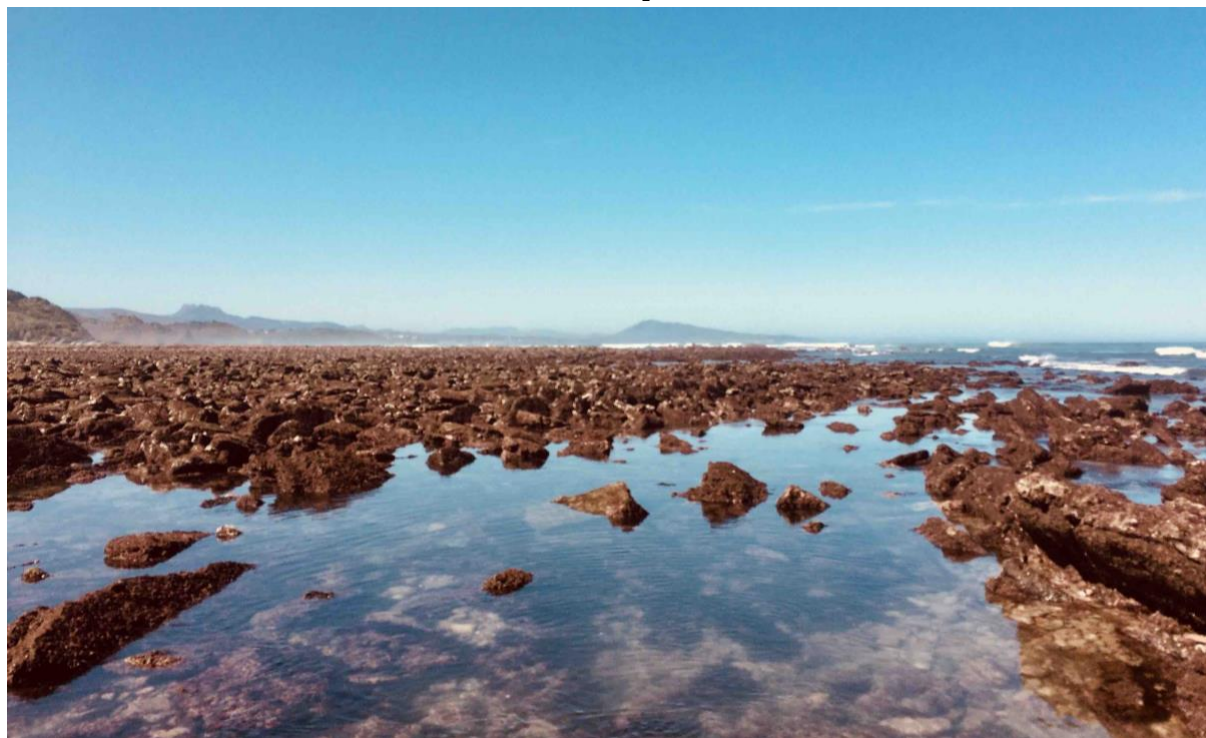


ÉTUDE DE LA MACROFAUNE BENTHIQUE DES ESTRANS ROCHEUX DE GUETHARY ET DU ROCHER DU BASTA À BIARRITZ, ÉTUDES COMPLÉMENTAIRES ; SCIENCES PARTICIPATIVES ET SENSIBILISATION

LAJOURNADE-COLIN Baptiste et PATRY Marie



Photographie de l'estran de Guéthary

© Marie Patry

Stage effectué du 13 Mars au 11 Mai 2018 au Centre de la Mer de Biarritz
Sous la direction scientifique de Monsieur CASTEGE Iker et Madame 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 souhaitons remercier en premier lieu notre maître de stage Monsieur CASTEGE Iker, directeur du Centre de la Mer de Biarritz, ainsi que Madame MILON Emilie, chargée de mission, pour leur accueil, leur accompagnement, ainsi que le partage de leurs connaissances, toujours avec sourire et bonne humeur.

Nous tenons également à exprimer notre gratitude à l'égard des équipes du Centre de la Mer de Biarritz et de l'Aquarium de Biarritz pour leur aide et leur sympathie, qui ont favorisé l'instauration de bonnes conditions de travail. Notamment à Laurence Bolling et Stéphane Connole qui nous ont chaleureusement accueilli dans leur bureau durant la totalité du stage.

Enfin, nous remercions également, Madame BURRE-CASSOU Marie-Pierre, maire de Guéthary, pour son soutien et les efforts importants entrepris par sa commune dans la gestion et la conservation de son patrimoine naturel.

Avant-Propos

Le Centre de la Mer de Biarritz est une association loi 1901, qui effectue des recherches scientifiques dans le but d'une meilleure compréhension de l'environnement et d'un partage des connaissances acquises.

Il se situe au niveau du plateau de l'Atalaye, au sein de l'Aquarium de Biarritz (Pyrénées-Atlantiques, 64). Celui-ci a été créé par la municipalité en 1933, grâce au marquis de Folin, océanographe voulant partager les découvertes du monde marin au public.

Aujourd'hui, le Centre de la Mer de Biarritz contribue à ce partage de découvertes scientifiques du monde marin en s'articulant autour de 3 pôles principaux :

- Des actions pédagogiques : par le biais de visites guidées, d'animations pédagogiques ou encore d'ateliers afin de sensibiliser le jeune public au fonctionnement de l'océan.
- Des recherches sur la biodiversité marine : au travers du programme régional ERMMA (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains) qui permet le suivi de diverses populations d'espèces marines (benthos, oiseaux, cétacés...), la publication d'articles scientifique ou encore des expertises.
- Un rôle d'interface concernant les risques côtiers : grâce à la mise en place de formations pour les gestionnaires, de colloques scientifiques, de projets de recherche ou encore de collaboration (avec l'EUCC-France par exemple).



Aquarium de Biarritz (Source : macotebasque)

Sommaire

Introduction	1
1 Présentation du contexte et des sites d'études	3
1.1 Le programme ERMMA	3
1.2 Présentation générale d'un estran rocheux	3
1.2.1 Présentation de l'estran de Guéthary	5
1.2.2 Présentation de l'estran du Basta à Biarritz	7
1.3 Massifs d'Hermelles du rocher du Basta	7
1.4 La sensibilisation et les sciences participatives	9
1.4.1 L'importance de la sensibilisation	9
1.4.2 Les sciences participatives dans le cadre des AMEs	11
2 Matériels et méthodes	13
2.1 Suivi de la faune et de la flore benthique des estrans de Guéthary et du Basta	13
2.1.1 Recueil des données	13
2.1.2 Test de l'effet observateur	15
2.1.3 Cartographie de la zone d'étude	17
2.1.4 Analyses statistiques des données	17
2.2 Suivi des massifs des Hermelles	19
2.2.1 Recueil des données	19
2.2.2 Analyse statistique des données	21
2.3 Les sciences participatives au sein des AMEs	21
3 Résultats et discussion	25
3.1 Suivi de la faune et de la flore benthique des estrans de Guéthary et du Basta	25
3.1.1 Suivi de la macrofaune	25
3.1.2 Suivi de la macroflore	33
3.1.3 Suivi temporel	35
3.2 Suivi des massifs d'Hermelles	39
3.2.1 Évolution des massifs sous le rocher du Basta	39
3.2.2 Résultats obtenus sur l'estran avec le nouveau protocole	39
3.3 Sciences participatives et Sensibilisation	41
3.3.1 Bilan des sciences participatives	41
3.3.2 La sensibilisation auprès d'un large public	43
4 Conclusion	45
Bibliographie	47
Annexes	49

Introduction

Le suivi de la faune benthique, réalisé dans le cadre de notre étude, s'inscrit dans le programme ERMMA (Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains).

Depuis 1991, une initiative de la mairie de Guéthary (64) a permis la mise en place d'une zone de cantonnement de pêche, entre la plage de Cénitz et le port, qui constitue une partie de l'estran rocheux de Guéthary. Ce cantonnement, renouvelable, a pour objectif de limiter les activités anthropiques telles que la pêche à pied et donc d'y préserver la forte richesse taxonomique. De plus, étant reconnu pour sa grande diversité, l'estran de Guéthary a été classé Zone d'Intérêt Écologique Floristique et Faunistique (ZNIEFF) de type I.

L'intérêt de préserver ce milieu est qu'il est riche en benthos, organismes aquatiques vivant à proximité des fonds marins et jouant un rôle majeur dans le fonctionnement des écosystèmes aquatiques (Dauvin, 2007). En effet, ces organismes sont au cœur de la chaîne trophique marine. Dans nos études, seul le macrobenthos, de taille supérieure à 1mm, sera étudié. Certaines espèces sont bio-indicatrices, c'est-à-dire qu'elles sont sensibles aux variations de leur environnement ou encore aux perturbations d'origine anthropiques et donnent donc des éléments de réponses sur l'état du milieu (Tian *et al.* 2009). Ces peuplements benthiques représentent donc un bon modèle d'étude.

Le Centre de la Mer de Biarritz a mis en place, depuis 2002, un suivi annuel de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux de Guéthary. Ce suivi a notamment permis d'évaluer l'impact de la marée noire en 2002, liée au naufrage du pétrolier le Prestige qui a touché l'Espagne et le littoral aquitain (Castège *et al.*, 2014). Dans le cadre de ce suivi, différents points d'échantillonnage ont été déterminés et géo-référencés, répartis à l'intérieur de la zone de cantonnement de pêche mais aussi à l'extérieur de cette zone. Cette différence permet de comparer les milieux protégés et non protégés.

En parallèle, et ce depuis 2012, un autre suivi est réalisé sur l'estran du rocher du Basta à Biarritz, zone non protégée subissant une forte anthropisation. Là encore, on retrouve des points d'échantillonnages précis permettant de faire un suivi cohérent dans le temps. Les résultats obtenus permettent d'effectuer des analyses comparatives avec ceux de l'estran de Guéthary.

Le suivi des massifs d'Hermelles (*Sabellaria sp.*), situés sous le rocher du Basta à Biarritz, est effectué depuis quatre ans et sera poursuivi cette année afin d'évaluer leur évolution et leur développement dans le temps. D'autres massifs ayant été observés au niveau de l'estran, un nouveau protocole sera mis en place cette année afin de les localiser et de les mesurer, ce qui permettra leur suivi par la suite.

Enfin, ce stage sera axé sur la sensibilisation et les sciences participatives. La sensibilisation s'effectuera au quotidien lors de nos échantillonnages mais également en travaillant auprès d'enfants sur leur Aires Marines Éducatives (AME). Dans le cadre de ces AME, un protocole de sciences participatives sera appliqué, ce qui accentuera l'aspect sensibilisation.

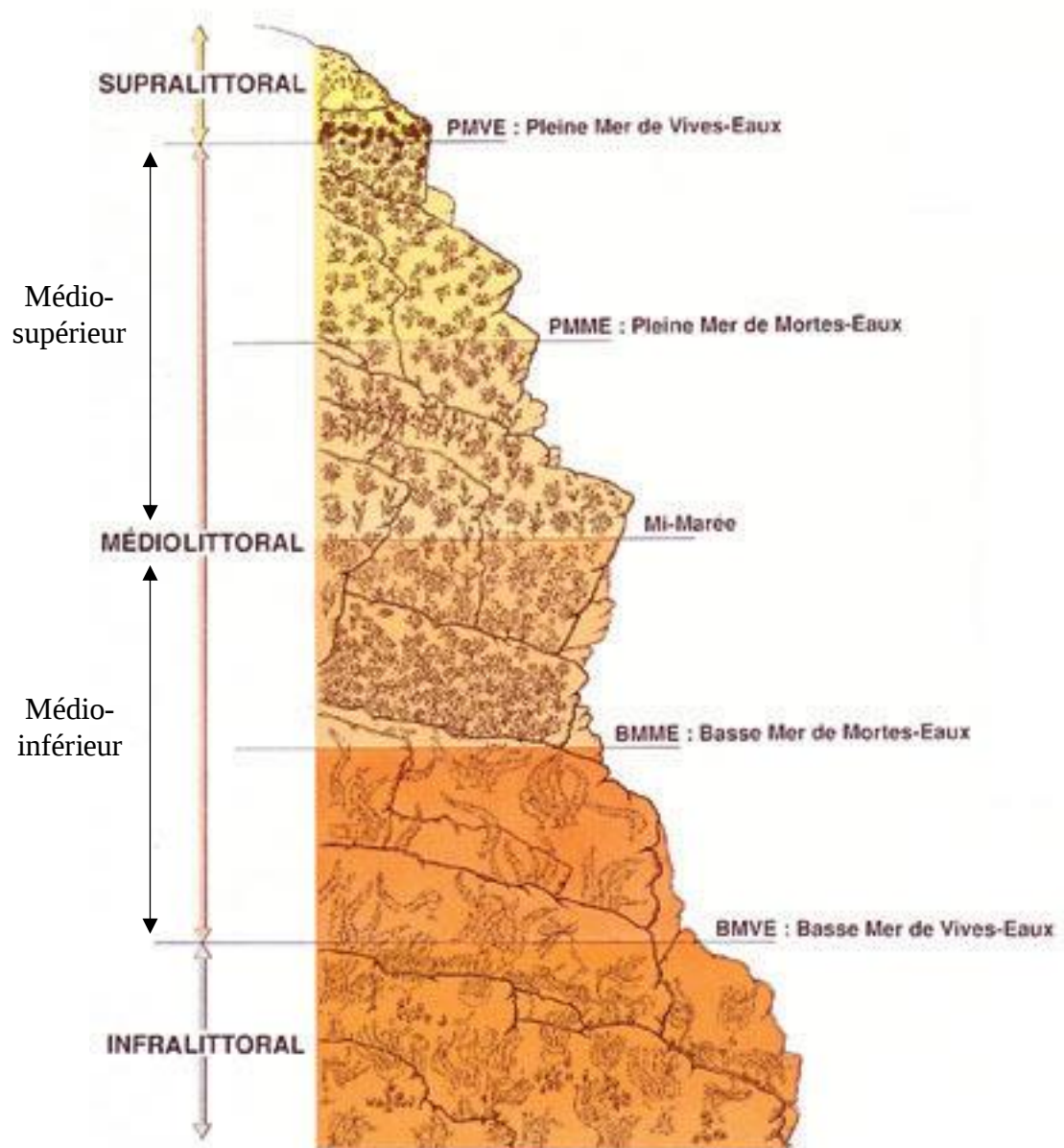


Figure 1: Étagements de l'estran et marées correspondantes

© Hotel-R/L estran

1 Présentation du contexte et des sites d'études

1.1 Le programme ERMMA

Le programme régional Environnement et Ressources des Milieux Marins Aquitains (ERMMA ; www.ermma.fr), est porté par le Centre de la Mer de Biarritz et rassemble onze partenaires : Muséum National d'Histoire Naturelle, Université de Pau et des Pays de l'Adour, Centre de la Mer de Biarritz, Météo France, Institut des Milieux Aquatiques, Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins, Affaires Maritimes, Douanes Françaises, Gendarmerie Maritime, Marine Nationale, LAPHY, Aquarium de Biarritz. Ce programme est un outil global de connaissances scientifiques sur l'évolution de la biodiversité marine en Aquitaine, qui essaye de sensibiliser un large public en communiquant le plus possible ses informations. Actuellement, trois suivis de la faune benthique sont menés grâce à l'ERMMA :

- le lac marin d'Hossegor (40), échantillonné depuis 2008 (substrat sableux)
- les prés salés d'Arès (33), échantillonnés depuis 2011 (substrat sableux)
- l'estran de Guéthary (64), échantillonné depuis 2002 (substrat rocheux)

1.2 Présentation générale d'un estran rocheux

L'estran rocheux est un milieu majoritairement composé de roches dures et peu friables. C'est une zone intertidale qui est donc immergée à marée haute et découverte à marée basse et cela de manière plus ou moins importante en fonction des coefficients des marées. De ce fait, c'est un milieu difficile présentant des conditions d'habitat particulières et changeantes telles que l'humidité, la salinité et la température. Les espèces présentes sont donc spécialisées puisqu'elles ont dû s'y adapter, ce qui en fait une zone à fort intérêt écologique.

La macrofaune et la macroflore benthique sont réparties sur l'estran selon une structuration écologique verticale en étages, en fonction de leurs exigences en lumière, en eau, en salinité et en température. Chaque étage présente des conditions relativement homogènes ainsi qu'une faune et une flore souvent spécifique (Guenier 2002). L'estran se compose de 3 étages principaux (Figure 1) :

- **L'étage supralittoral :**

Zone de transition entre le milieu marin et terrestre qui se situe au-dessus du niveau des hautes mers moyennes. Elle n'est donc quasiment jamais recouverte par l'eau (10% du temps), sauf par les embruns, des grandes marées hautes de vives eaux ou encore par des vagues de tempêtes. On y retrouve une faible diversité taxonomique car cette zone n'est pas suffisamment immergée pour permettre le développement d'espèces marines et est trop salée pour le développement d'espèces terrestres. Nous ne nous intéresserons donc pas à cette zone lors de notre étude.

- **L'étage médiolittoral :**

Il correspond à la majeure partie de la zone intertidale et est compris entre le niveau moyen des hautes mers de vives eaux et le niveau moyen des basses mers de mortes eaux. C'est l'étage le plus soumis aux balancement des marées et alterne donc entre immersion et émergence. Cette zone, accessible même lors de faibles coefficients de marées, se divise en deux parties : le médiolittoral supérieur et le médiolittoral inférieur.

- **L'étage infralittoral :**

Cet étage se situe en dessous du niveau moyen des basses mers de mortes eaux. Il est donc le plus souvent immergé (90% du temps), sauf lors de grandes marées basses de vives eaux. Cette zone présente une forte luminosité, ce qui explique qu'on y retrouve une grande diversité d'invertébrés, de vertébrés et de macroalgues.



Figure 2: Estran de Guéthary

© Marie Patry

1.2.1 Présentation de l'estran de Guéthary

1.2.1.1 Généralités

Guéthary est un village côtier situé dans le département des Pyrénées-Atlantiques (64), entre les villes de Bidart et Saint-Jean-de-Luz. A partir du Moyen-Age, le port de pêche de Guéthary est reconnu pour être un des principaux ports baleiniers du Pays Basque. Mais avec la raréfaction de cette ressource, l'activité du port s'est tournée vers la pêche côtière. Au cours du XXème siècle, l'activité touristique s'est développée, avec un attrait particulier pour la pratique des sports de glisse tel que le surf.

1.2.1.2 Caractéristiques de l'estran rocheux de Guéthary

La façade maritime de cette commune est composée de trois plages : Parlementia, Harotzen Costa et Cenitz. Ces plages ont été érodées et façonnées par les conditions climatiques et océaniques qui règne au Pays Basque. Elles reposent sur un substrat rocheux constitué de flyschs (dalles inclinées), de champs de blocs, de sable et de cuvettes d'eau immergées en période de marée basse (Figure2). Cette diversité de substrats est idéale pour permettre le développement de la macrofaune et de la macroflore benthique.

1.2.1.3 Réglementation et protection

Les activités anthropiques peuvent se manifester sous diverses formes telles la surexploitation des ressources halieutiques, le tourisme de masse ou encore la navigation maritime. Cela peut impacter directement le milieu et se traduire par une perte d'habitat et de biodiversité.

Pour faire face à cela, l'estran de Guéthary bénéficie de différents statuts de protection. Tout d'abord, il s'agit d'un site Natura 2000 au titre de la « Directive Habitat, Faune, Flore » (FR7200776, s'étalant des falaises de Saint-Jean-de-Luz à Biarritz). Cette désignation est basée sur la présence d'habitats et d'espèces d'intérêt communautaire remarquable.

L'estran de Guéthary fait aussi partie d'une Zone Naturelle d'Intérêt Écologique Faunistique et Floristique (ZNIEFF) de Type I, réunissant les secteurs de grands intérêts biologique ou écologique. Cette zone s'étend des communes de Biarritz à celle de Saint-Jean-de-Luz (ZNIEFF 720012823 – Milieux littoraux de la plage des Basques à la pointe de Sainte-Barbe). Cette désignation a pour objectif d'identifier et de décrire des secteurs présentant de fortes capacités biologiques et un bon état de conservation. C'est un des principaux outils de la politique de protection de l'environnement, utilisé notamment dans le cadre d'aménagements et de développement du territoire. Néanmoins, ce statut de protection n'a aucun poids juridique, et le non-respect de ces règles ne peut entraîner de poursuites.

Enfin, une majeure partie du littoral a été classé en 1991 en zone de cantonnement de pêche (entre le port de pêche et la plage de Cenitz). Ce statut de protection prohibe la pêche et la cueillette de toutes espèces présentes, mais aussi toutes perturbations des écosystèmes (comme le déplacement de blocs) et ce dans le but de préserver les espèces peuplant l'estran.



Figure 3: Estran du rocher du Basta à Biarritz

© Marie Patry



Figure 4: Hermelle (*Sabellaria alveolata*)

© Stanislas Dubois



Figure 5: Massif d'Hermelles (*Sabellaria alveolata*)

© Stanislas Dubois

1.2.2 Présentation de l'estran du Basta à Biarritz

1.2.2.1 Généralités

Biarritz est une ville côtière des Pyrénées-Atlantiques (64), située à 15km au Nord de Guéthary et ayant près de quatre kilomètres de trait de côte comprenant plage, falaise et estran. Cette ville est mondialement connue et attire de nombreux touristes durant la période estivale. Les conditions climatiques et océaniques sont identiques à celles observées à Guéthary.

1.2.2.2 Caractéristiques de l'estran rocheux du Basta

L'estran rocheux du Basta (Figure 3) se situe entre le port vieux et la Grande Plage de Biarritz. Le substrat retrouvé au niveau de cette zone est similaire à celui constituant l'estran de Guéthary, avec une dominance de flysch et de sable. Ce lieu est très fréquenté durant la saison estivale et est donc soumis à une forte pression anthropique.

1.2.2.3 Réglementation et protection

La ville de Biarritz bénéficie de deux sites classés Natura 2000 dont l'un au titre de la Directive « Oiseaux » (FR7212002 - Rochers de Biarritz : le Boucalot et la Roche ronde) et l'autre au titre de la Directive « Habitats, Faune, Flore » (FR7200776 - Falaises de Saint-Jean-de-Luz à Biarritz). Le réseau Natura 2000 regroupe différents sites naturels européens, terrestres et marins, identifiés par rapport à la fragilité et la rareté d'espèces animales et/ou végétales et de leurs habitats. L'objectif de ce réseau est de maintenir la diversité biologique des milieux en tenant compte des conditions socio-économiques du territoire sur lequel ils sont implantés. Cependant, aucune zone de cantonnement de pêche n'a été définie au niveau de l'estran du Basta. Ce manque de protection, couplé à une forte anthropisation, impacte le milieu et pourrait conduire à une dégradation de l'habitat et à une diminution de la richesse spécifique.

1.3 Massifs d'Hermelles du rocher du Basta

Au sein du rocher du Basta, plusieurs massifs d'Hermelles (*Sabellaria sp.*) se sont développés. Les Hermelles sont des annélides marins polychètes (Figure 4), vivant dans des massifs constitués de tubes de grains de sable, agglomérés par leurs propres sécrétions, et formant des biorécifs ressemblant à des nids d'abeilles (Figure 5). Elles se développent en eaux tempérées sur fond sableux et dans la zone intertidale. Cette espèce est considérée comme « espèce-ingénieur » de par ses constructions, qui profitent à la faune benthique environnante, l'utilisant comme zone de nourrissage, de ponte et de refuge. Cela constitue donc un réservoir de biodiversité important, d'où l'intérêt de préserver ce type d'habitat et de le classer habitat d'intérêt communautaire (Annexe I de la Directive « Habitat, Faune, Flore »).

Depuis plusieurs années, ces massifs se situent principalement au niveau de la partie basse de deux cavités du rocher du Basta. Il semblerait que cela soit légèrement différent actuellement puisque de nombreux autres massifs ont été observés sur l'estran. Toutes ces zones sont facilement accessibles et très fréquentées durant l'été. L'Hermelle étant très sensible au piétinement (Plicanti *et al.* 2016), le suivi annuel de ces massifs permet de voir si cette anthropisation porte atteinte au maintien et au développement de cette espèce, et indirectement sur la biodiversité de la zone. Ainsi, à terme, une réglementation de l'accès au site pourrait être envisager dans la mesure où cela impacterait les massifs d'Hermelles.

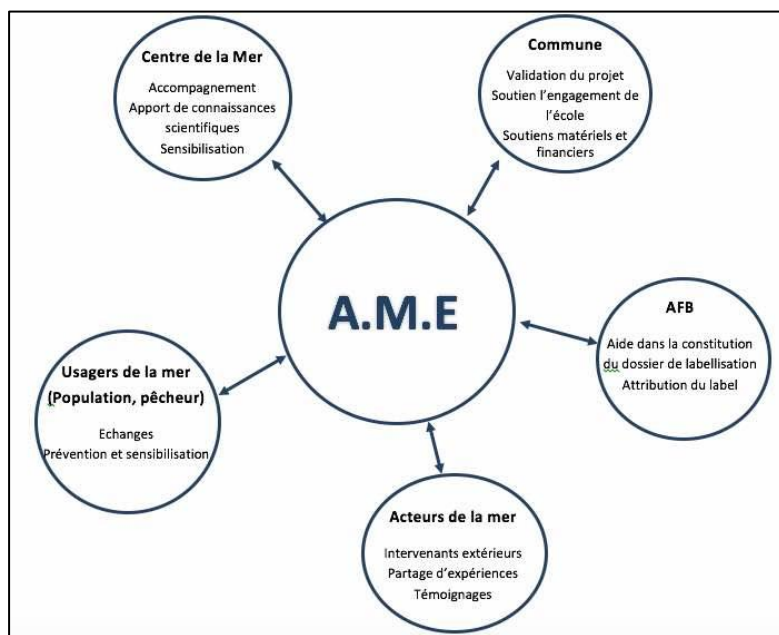


Figure 6: Schéma représentant les différents acteurs intervenant dans l'accompagnement, la gestion ou la mise en place d'une AME

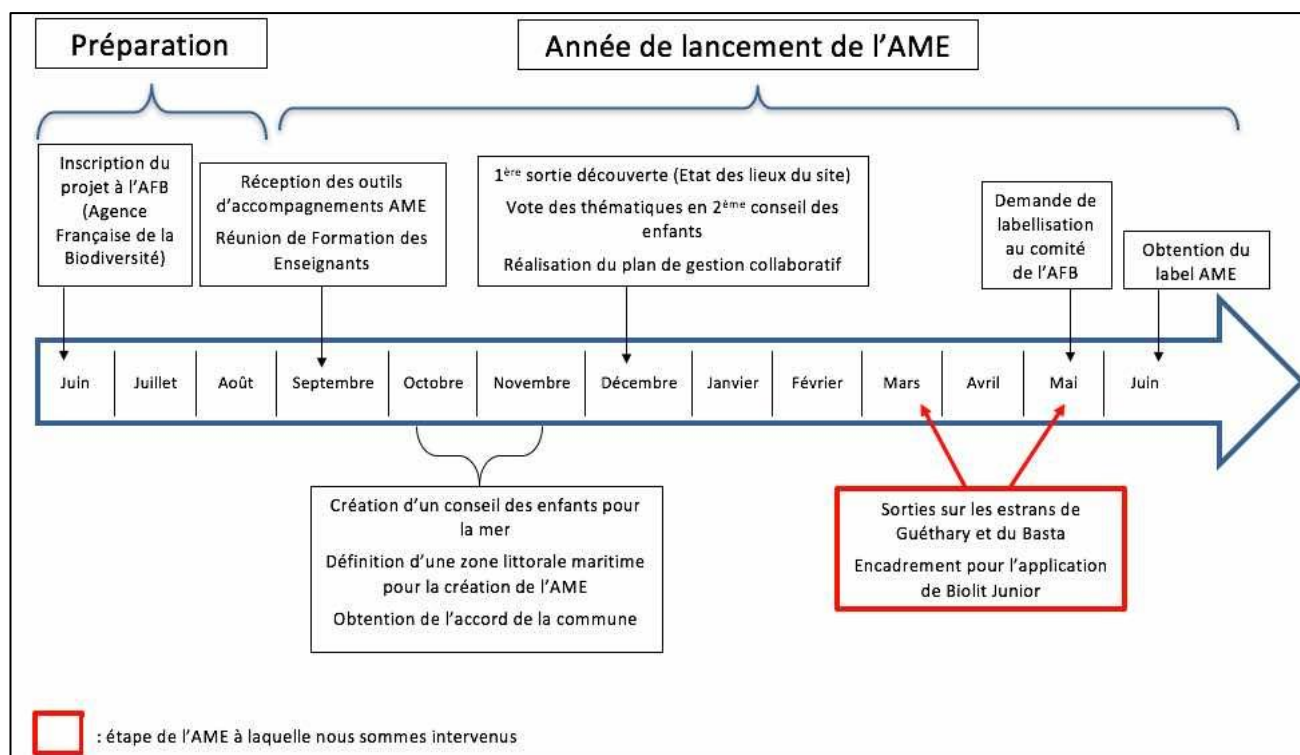


Figure 7: Frise chronologique présentant les différentes étapes clés de la création et de la mise en place d'une AME

1.4 La sensibilisation et les sciences participatives

1.4.1 L'importance de la sensibilisation

La sensibilisation permet de faire évoluer les comportements, en développant un sentiment de solidarité et de responsabilité. Cela passe avant tout par le savoir et le partage de connaissances et commence donc dès le plus jeune âge avec l'éducation. C'est une des clefs essentielles pour la préservation de la biodiversité et le changement des mentalités actuelles.

Dans ce contexte de sensibilisation, nous avons assisté durant le stage à la mise en place d'Aires Marines Éducatives (AME) et participé à leur accompagnement scientifique sur le terrain. Une AME est un projet pédagogique et éco-citoyen de connaissance et de protection du milieu marin par des jeunes publics. Plus précisément, c'est une zone maritime littorale de petite taille qui est gérée de manière participative par les élèves d'une classe de primaire, suivant des principes définis par une charte. En effet, ce sont uniquement les classes ou les écoles de cycle 3 qui sont vouées à s'inscrire à ce type de programme. Il faut également que le site côtier sur lequel porte le projet soit localisé à proximité de l'école, c'est-à-dire sur le territoire de la commune. De plus, une AME demande l'intervention directe ou indirecte de plusieurs acteurs (Figure 6).

La création d'une AME passe par une première année de lancement, nécessaire à l'obtention du label. Cette première année est primordiale pour la structuration de l'AME (Figure 7). En effet, c'est à ce moment-là que l'orientation du projet et les décisions qui en découlent sont prises (choix du site, programme d'activités, acteurs associés ...). Si le dossier est bien construit et cohérent lors de la première année, cela permettra de construire un suivi solide pour les élèves qui poursuivront ce projet au cours des années suivantes.

Ainsi, trois 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, de l'école primaire Uhanderea à Guéthary et de l'école primaire Jean Jaccachoury à Bidart. L'école du Reptou a établi son AME sur l'estran du Basta à Biarritz, l'école Uhanderea sur l'estran de Cenitz à Guéthary et l'école Jean Jaccachoury sur celui de Bidart.

De plus, chaque école a dû choisir un axe de travail qu'elle avait envie de suivre durant ces trois années. L'école du Reptou a choisi de s'orienter sur la biodiversité marine (« la biodiversité marine : mieux la connaître pour mieux la protéger »), l'école Uhanderea sur la biodiversité marine et les déchets et l'école Jean Jaccachoury sur les activités en lien avec l'océan (par exemple la pêche, les énergies marines renouvelables, les récoltes d'algues...).

La mission du Centre de la Mer de Biarritz est d'accompagner ces classes dans la mise en place et la gestion de leur AME, en leur apportant un soutien logistique (activités, réseau d'acteurs sur le territoire, lien avec la cellule d'appui AME, etc.) mais également un soutien scientifique sur le milieu marin. Dans cette optique, le Centre de la Mer de Biarritz participe aux sorties au niveau de chaque AME avec les écoles. Il s'occupe de solliciter des intervenants représentant divers acteurs locaux ou encore propose et aide à effectuer des protocoles s'inscrivant dans des programmes de sciences participatives.

1.4.2 Les sciences participatives dans le cadre des AMEs

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.

C'est dans le cadre de ces AME que des sciences participatives ont pu être effectuées durant le stage et notamment par l'application d'un protocole scientifique adapté aux scolaires durant différentes sorties sur le terrain. Ce protocole se nomme « Algues brunes et bigorneaux » et s'inscrit dans le programme de sciences participatives BioLit Junior de Vigie-Nature école. C'est une adaptation du programme BioLit qui est un programme national permettant de répondre à des préoccupations scientifiques sur l'évolution d'habitats et d'espèces littorales. Il a été créé et est porté par l'association Planète Mer et il est mené sous la responsabilité scientifique de la station marine du Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) de Dinard.

Le suivi de la biodiversité sur site, qui sera fait notamment par le biais de ce type de protocole, permettra au long terme de mesurer l'impact local du dispositif AME et de concrétiser l'objectif de préservation du patrimoine naturel dans lequel il s'inscrit.

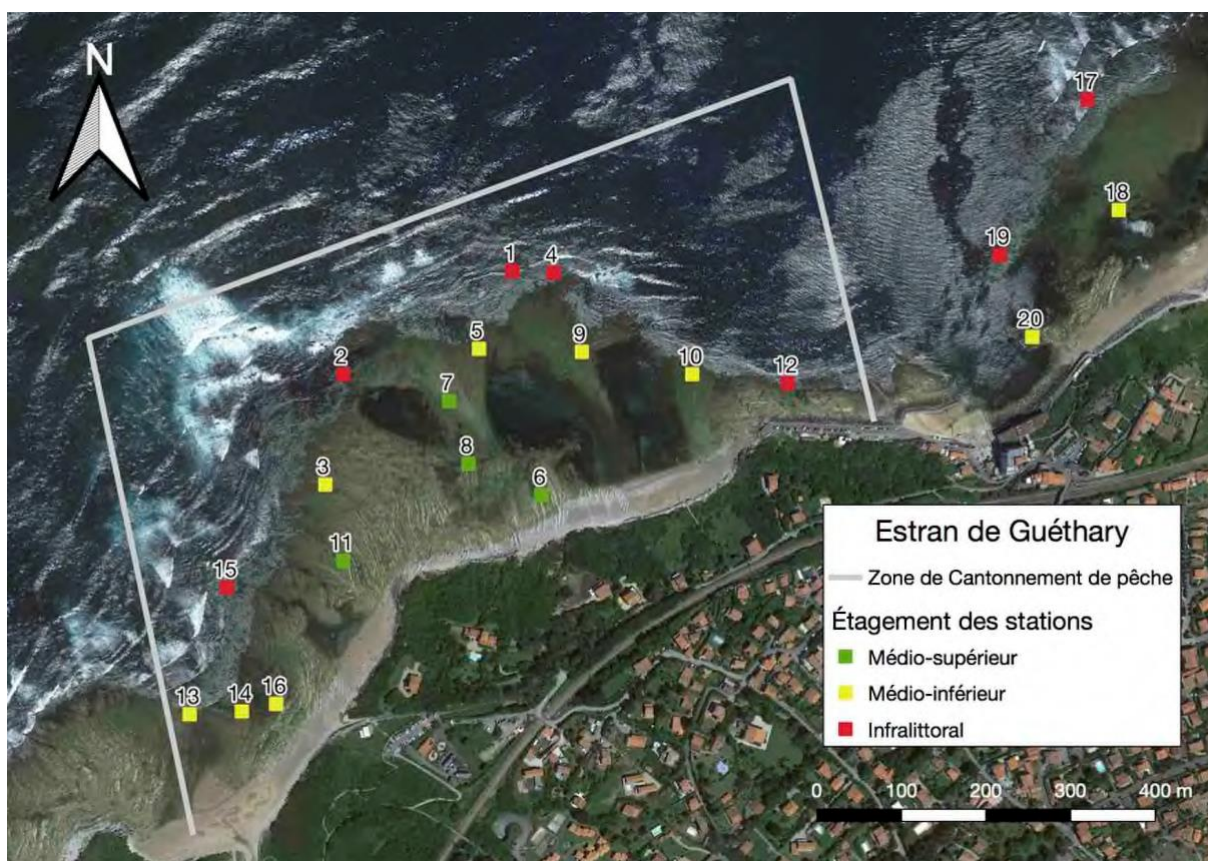


Figure 8: Localisation des stations de l'estran de Guéthary



Figure 9: Localisation des stations de l'estran du rocher du Basta à Biarritz

2 Matériels et méthodes

2.1 Suivi de la faune et de la flore benthique des estrans de Guéthary et du Basta

2.1.1 Recueil des données

Le protocole utilisé pour effectuer nos échantillonnages est le même depuis 2003 (Libier et Irola, 2003 ; Lacamoire et Raphael 2004 ; Clavier et Saez 2005 ; Gautier et Peru 2006 ; Lamarque 2007 ; Berdoulay et Landabure 2008 ; Dix et Henry 2009 ; Chouinard 2009 ; Malagnoux et Papot, 2010 ; Aragües et Huguet 2011 ; Cazemajou-Tournie et Remazeilles, 2012 ; Blanchard et Caillaba, 2013 ; Delas et Sabarot 2014 ; Bonvalet et Schmitt 2015 ; Arraud et Mandart 2016 ; Cochard et Lledo 2017). Il s'agit d'un protocole standardisé, ce qui permet d'obtenir des résultats comparables entre les différentes années d'échantillonnage et ainsi effectuer un suivi sur le long terme.

Le suivi s'effectue au sein de 20 stations, réparties sur les 3 plages constituant l'estran de Guéthary (Figure 8), et de 2 stations de l'estran du Basta (Figure 9). Celles-ci sont géo-référencées depuis le début du suivi en 2002, ce qui permet d'obtenir des données comparables chaque année.

Il faut préciser que seules les stations des plages d'Harotzen Costa et de Cenitz sont concernées par le cantonnement de pêche (16 stations), les autres étant en dehors ou située à Biarritz. Notons qu'elles sont présentes à des étagements différents puisque 7 stations se trouvent dans la zone infralittorale, 11 dans la zone médiolittorale inférieure (dont les 2 stations du Basta) et 4 dans la zone médiolittorale supérieure (Annexe 1).

Pour les stations se trouvant au niveau infralittoral, il est nécessaire d'avoir un coefficient de marée supérieur à 95 pour que la zone soit émergée, condition pour effectuer les échantillonnages. Pour celles se trouvant au niveau médiolittoral inférieur, le coefficient doit être supérieur à 75. Enfin, le coefficient doit être supérieur à 55 pour les stations situées en zone médiolittorale supérieure.

Afin de réaliser deux échantillonnages par station (2 relevés suffisent pour garder une puissance statistique convenable (Papot et Malagnoux 2010)), un planning des sorties terrain est établi indiquant les stations à échantillonner en fonction des marées (Annexe 2).

L'inventaire de ces stations s'effectue avec la méthode d'échantillonnage par quadrat. Elle consiste à réaliser un recensement des espèces faunistiques et floristiques présentes dans un quadrat de 16m², que l'on placera au niveau de chaque point GPS correspondants à nos stations. C'est une méthode permettant d'obtenir des résultats fiables et facilement reproductibles (Augris *et al.*, 2009).

Le quadrat est de forme carré, mesure 4m de côté et est réalisé à l'aide d'une corde graduée. Il est ensuite séparé en deux parties égales, chacune échantillonnée par un observateur (Figure 10). La taille du quadrat a été choisie (Castège *et al.*, 2014) et testée au préalable (Cazemajou-Tournie et Remazeilles 2012) afin de recenser un maximum de biodiversité, tout en tenant compte du temps d'échantillonnage permis par les marées.



Figure 10 : Quadrat de 16 m² séparé en deux parties égales, utilisé pour le protocole standardisé

© Marie Patry

Le recensement et l'identification de la macrofaune benthique s'effectuent par comptage visuel à l'aide d'un guide d'identification et d'un livret photo réalisé par d'anciens stagiaires (Blanchard et Caillaba 2013). Les identifications doivent se rapprocher le plus possible de l'espèce. Pour les taxons fixes et très abondants (balanes et patelles par exemple), le nombre d'individus est comptabilisé sur une petite surface. Puis une estimation du nombre de fois où l'on observe cette surface dans notre quadrat est réalisée. Une multiplication de cette valeur avec le nombre d'individus préalablement comptés évaluera l'abondance de ces espèces au sein du quadrat. Pour la faune vagile, chaque individu est dénombré afin d'en connaître l'abondance exacte. Enfin, le recouvrement algal de chaque quadrat est estimé visuellement et exprimé en pourcentage de recouvrement ordonné par classes (0-10%, 10-25%, 25-50%, 50-75%, 75-100%). Il est effectué pour les algues rouges (Rhodophycées), vertes (Chlorophycées) et brunes (Phéophycées), bien que très peu présentes dans la région.

Toutes ces informations sont répertoriées sur une fiche de relevé de terrain (Annexe 3), listant les espèces présentes les années précédentes. Des cases vides sont volontairement laissées dans le cas où de nouvelles espèces seraient observées. Le recensement d'un quadrat se termine lorsque l'ensemble des individus qui y sont présent a été identifié ou estimé.

Enfin, après chaque inventaire, les données recueillies seront rentrées dans un tableau Excel présentant les espèces ou taxons observés, leur abondance, la station, les coordonnées géographiques, le passage (premier ou deuxième), la date d'échantillonnage et le coefficient de marée.

Tout le matériel utilisé dans le cadre du suivi des estrans est répertorié dans le tableau ci-dessous :

Matériel	Utilisation	Contexte
Corde graduée	Quadrat de 16m ²	Protocole standardisé
GPS Garmin	Localisation des stations d'échantillonnage géo-référencées	x
Guide des bords de mer (Delachaux et Niestlé)	Identification de la faune benthique	<u>Auteurs</u> : P. Hayward, T. Nelson-Smith, C. Shields (1996)
Livret photo	Identification de la faune et de la flore benthique	<u>Auteurs</u> : Blanchard et Caillaba (2013), mis à jour par Cochard et Lledo (2017)
Fiche de relevé de terrain	Prise de note des données	<u>Auteurs</u> : Centre de la Mer de Biarritz
Calendrier des marées et relevés météorologiques	Prévision des sorties sur le terrain	<u>Sites internet</u> : maree.info et meteo france
Appareil photo	Photographies des sites et des espèces observées	x
Cadres de 31cm de côté	Quadrat de 0,1m ² (environ)	Test du biais observateur

2.1.2 Test de l'effet observateur

Le dénombrement et l'identification de chaque espèce est réalisé, sur toutes les stations, par deux personnes. Cet échantillonnage peut entraîner un biais dans les résultats obtenus. Il est donc nécessaire de tester cet effet observateur afin de voir s'il y a une différence significative dans les résultats obtenus.



Figure 11 : Quadrat de 0,1m utilisé pour effectuer le test observateur

© Marie Patry

Le test consiste à placer 16 quadrats (correspondant au nombre de m² d'un quadrat standard) de dimension 31cm par 31cm, répartis aléatoirement sur une zone de l'estran (Figure 11). A tour de rôle, chaque observateur procède au recensement des espèces présentes sur les quadrats. Seules les espèces dénombrables précisément seront prises en compte afin de rester le plus précis possible. Les résultats obtenus sont comparés par un test non paramétrique de Wilcoxon apparié. Une p-value est obtenue, et si elle est supérieure à 0,05 (correspond au risque α fixé à 5%), alors ce test indique l'absence d'un effet observateur significatif entre les deux échantillonneurs.

2.1.3 Cartographie de la zone d'étude

La cartographie des différentes stations d'échantillonnage est réalisée à l'aide du Système d'Information Géographique (S.I.G), traité par le logiciel Qgis (version 3.0.0). Les 20 stations d'échantillonnage géo-référencées sur l'estran de Guéthary et les deux stations de l'estran du Basta à Biarritz sont repérées, et leur numéro d'identification ainsi que leur étagement est précisé ; la zone de cantonnement de pêche est marquée à l'aide d'un cadre.

2.1.4 Analyses statistiques des données

Pour traiter les données acquises sur le terrain, et ainsi étudier l'évolution de la biodiversité rencontrée, trois logiciels sont utilisés : Excel, R et Past. De plus, différents indices de biodiversité sont calculés pour suivre l'évolution des populations benthiques :

- L'abondance relative

Cet indice correspond à la quantité relative d'un taxon donné par unité de surface ou de volume (nombre d'individus moyen / passage / station / m²). Le résultat est obtenu en faisant la moyenne des dénombrements réalisés sur chaque station.

- La richesse taxonomique

Cet indice, noté S, représente le nombre total de taxons différents relevés par station et permet de mettre en évidence l'occurrence de certains d'entre eux. C'est un bon indicateur de la biodiversité d'un milieu.

- Un indice de diversité α (calcule la diversité au sein d'un écosystème)

L'indice de Shannon-Weaver H' qui quantifie l'hétérogénéité de la biodiversité dans un site. Sa valeur est comprise entre 0 (milieu pas diversifié) et l'infini (plus l'indice est grand, plus le milieu est diversifié).

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \cdot \ln(p_i) \quad \text{avec } p_i = n_i / N$$

p_i : probabilité qu'un individu tiré au hasard appartienne à l'espèce i

n_i : nombre d'individus d'une espèce de l'espèce i

N : nombre total d'individus

Afin de mesurer la significativité de cet indice, il est nécessaire d'estimer la répartition des individus. Ainsi, l'indice de régularité de Pielou est calculé en complément et mesure l'équitabilité des fréquences entre les espèces. Sa valeur est comprise entre 0 (inégalité de répartition entre les espèces) et 1 (équi-répartition des individus/espèce).



Figure 12 : Prise des photographies panoramiques des différentes entrées des cavités du rocher du Basta à Biarritz, dans le cadre du protocole de suivi des massifs d'Hermelles (*Sabellaria alveolata*)
© Marie Patry



Figure 13 : Mesure des périmètres des massifs d'Hermelles (*Sabellaria alveolata*) à l'aide d'une corde et d'un mètre
© Marie Patry



Figure 14 : Localisation et dénomination des transects sur l'estran du rocher du Basta à Biarritz dans le cadre du suivi des massifs d'Hermelles (*Sabellaria alveolata*)

C'est le rapport entre la diversité observée H' et la diversité maximale $H'_{\max}$.

$$R = \frac{H'}{H'_{\max}} = \frac{H'}{\ln(S)}$$

H' : diversité spécifique observée
 $H'_{\max}$: logarithme du nombre total d'espèce dans l'échantillon

- Un indice de diversité β (calcule la diversité entre plusieurs écosystèmes)

L'indice de Jaccard qui évalue le taux de similarité entre deux sites. Dans cette étude, cet indice va pouvoir être utilisé pour comparer la diversité de l'estran de Guéthary avec celle de l'estran du rocher du Basta à Biarritz.

$$J(A, B) = \frac{|A \cap B|}{|A \cup B|}$$

A : nombre d'espèces recensées dans l'écosystème A
B : nombre d'espèces recensées dans l'écosystème B

2.2 Suivi des massifs des Hermelles

2.2.1 Recueil des données

2.2.1.1 Protocole appliqué au niveau des cavités du rocher du Basta

Depuis 2015, un suivi annuel des massifs d'Hermelles a été mis en place au niveau du rocher du Basta afin d'étudier leur évolution (Bonvalet et Schmitt 2015).

Chaque année, des photographies panoramiques des massifs sont réalisées au niveau des entrées Nord et Sud des deux cavités (Annexe 4). Pour réaliser ces clichés, un appareil photo, équipé d'un trépied (Figure 12), est placé au niveau de points géo-référencés (Annexe 5). En parallèle, le périmètre de chaque massif d'Hermelles est mesuré à l'aide d'une corde et d'un mètre ruban (Figure 13) et cette valeur est reportée sur une fiche terrain (Annexe 6). A noter que la différence de densité entre les massifs n'est pas prise en compte.

Les photos prises sont assemblées afin d'obtenir des clichés panoramiques où les contours des massifs sont soulignés. L'objectif est de construire une base de données Excel, dans laquelle on retrouve chaque massif, auquel est attribué une photographie, pour visualiser les périmètres totaux et voir leur évolution dans le temps.

2.2.1.2 Protocole appliqué au niveau de l'estran du rocher du Basta

Cette année, de nouveaux placages d'Hermelles ont été observés au niveau de l'estran, en dehors de la grotte. Pour estimer leur quantité et effectuer un suivi au cours du temps, nous avons mis en place un nouveau protocole complémentaire. Celui-ci consiste dans un premier temps à diviser l'estran en transects séparés de 5m les uns des autres, orientés Nord et géoréférencés à leurs extrémités (Figure 14). Chaque placage rencontré le long d'un transect sera géoréférencé, en son centre, à l'aide du GPS et son périmètre sera mesuré à l'aide d'une corde graduée. Ces résultats seront reportés sur une fiche terrain (Annexe 7). De plus, les positions estimatives des placages observés seront reportées sur une photo de l'estran (Annexe 8). Tous ces résultats, mis en relation, permettront d'effectuer des relevés précis de l'évolution de la localisation et de la taille des placages au cours du temps.

Le matériel utilisé pour ces deux protocoles est répertorié dans le tableau ci-dessous :

Matériel	Utilisation
Appareil photo + trépied	Photographie des massifs pour le protocole au niveau des cavités
GPS Garmin	Géo-référencement des placages pour nouveau protocole
Photo de l'estran	Report surface et position des placages pour nouveau protocole
Corde graduée + mètre ruban	Mesure du périmètre de chaque massif pour les deux protocoles
Fiche terrain	Report des périmètres mesurés

2.2.2 Analyse statistique des données

Les données numériques seront comparées à celles des années précédentes à l'aide du test non paramétrique de Wilcoxon sur échantillon apparié.

2.3 Les sciences participatives au sein des AMEs

Au cours de la première année de lancement, les élèves des écoles du Reptou (Biarritz) et de Uhanderea (Guéthary) ont réalisé deux sorties : une première pour découvrir l'estran choisi, sur lequel repose le projet d'AME, et une deuxième où ils ont appliqué un protocole de sciences participatives. Ce protocole s'insérerait dans la thématique Biodiversité, choisies par les deux écoles, avec en plus les Déchets pour l'école de Uhanderea.

C'est lors de ces sorties que nous sommes intervenus pour accompagner et guider les élèves dans la mise en œuvre du protocole de sciences participatives, appelé Biolit Junior « Algues brunes et bigorneaux » (Annexe 9).

Ce protocole est appliqué par les élèves de la manière suivante :

- Une première photographie de l'estran est réalisée, en direction de la mer.
- En descendant sur l'estran, les élèves identifient les types d'algues présents sur l'estran, à l'aide de fiches d'identification. Les types identifiés sont indiqués sur la fiche de relevé.
- Lorsque l'estran est traversé, et que les élèves se trouvent au bord de l'eau, une autre photographie est prise, cette fois en direction de la côte.
- Ensuite, une troisième photographie est faite au niveau de la ceinture algale étudiée. Elle est réalisée en parallèle de la côte afin de bien visualiser l'ensemble de la ceinture algale. Les élèves estiment alors le pourcentage de recouvrement des algues sur les rochers.
- Les élèves positionnent lancent ensuite aléatoirement des quadrats de 33cm de côté au niveau de la ceinture algale. Les coquillages vivants sont ramassés et triés par espèces, tandis que les espèces fixées comme les moules et les balanes sont estimées en pourcentage de recouvrement du quadrat. L'ensemble de ces informations est inscrit sur la fiche de relevé.
- Chaque espèce de coquillage trouvé est prise en photo sur une planche, dans la case correspondant au type d'algue trouvé.

Les estrans de Guéthary et du Basta étant peu pourvus d'algues brunes, les relevés seront principalement effectués sur de la roche nue ou recouverte d'autres algues (rouges ou vertes). Les données récoltées restent tout de même pertinentes car elles fournissent des informations supplémentaires sur le développement des algues brunes dans la région et permettent une complémentarité dans l'étude des relations habitats/espèces.

Pour l'école d'Uhanderea, un ramassage et un tri des déchets est réalisé en plus, afin de visualiser les différents types de déchets présents sur la plage, conformément à l'axe de travail choisi par cette école.

Le matériel utilisé est répertorié dans le tableau ci-dessous :

Matériel	Utilisation
Cadres de 33cm de côté	Procole BioLit Junior
Fiches espèces et fiche résultats	Identification de la faune benthique et prise de note des données
Appareil photo	Photographies des zones d'études et des résultats observés
Gants et seaux	Ramassage des déchets

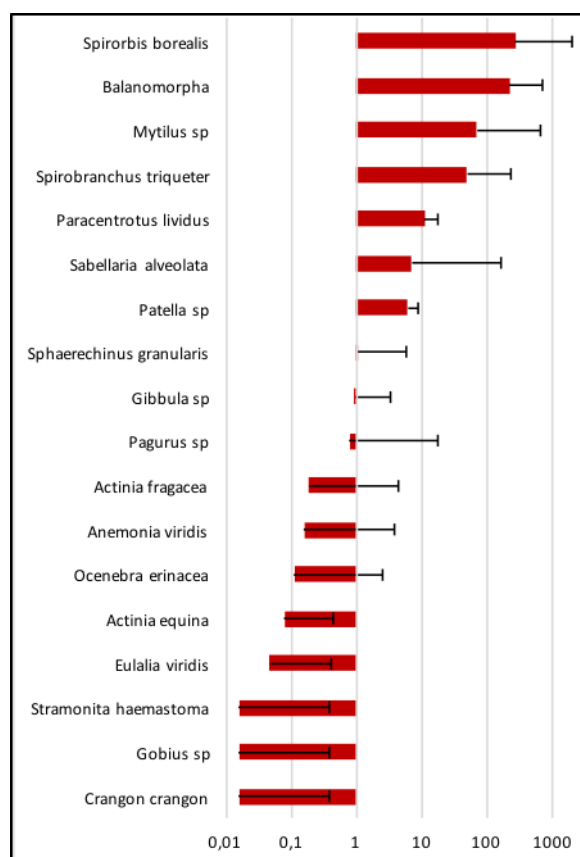
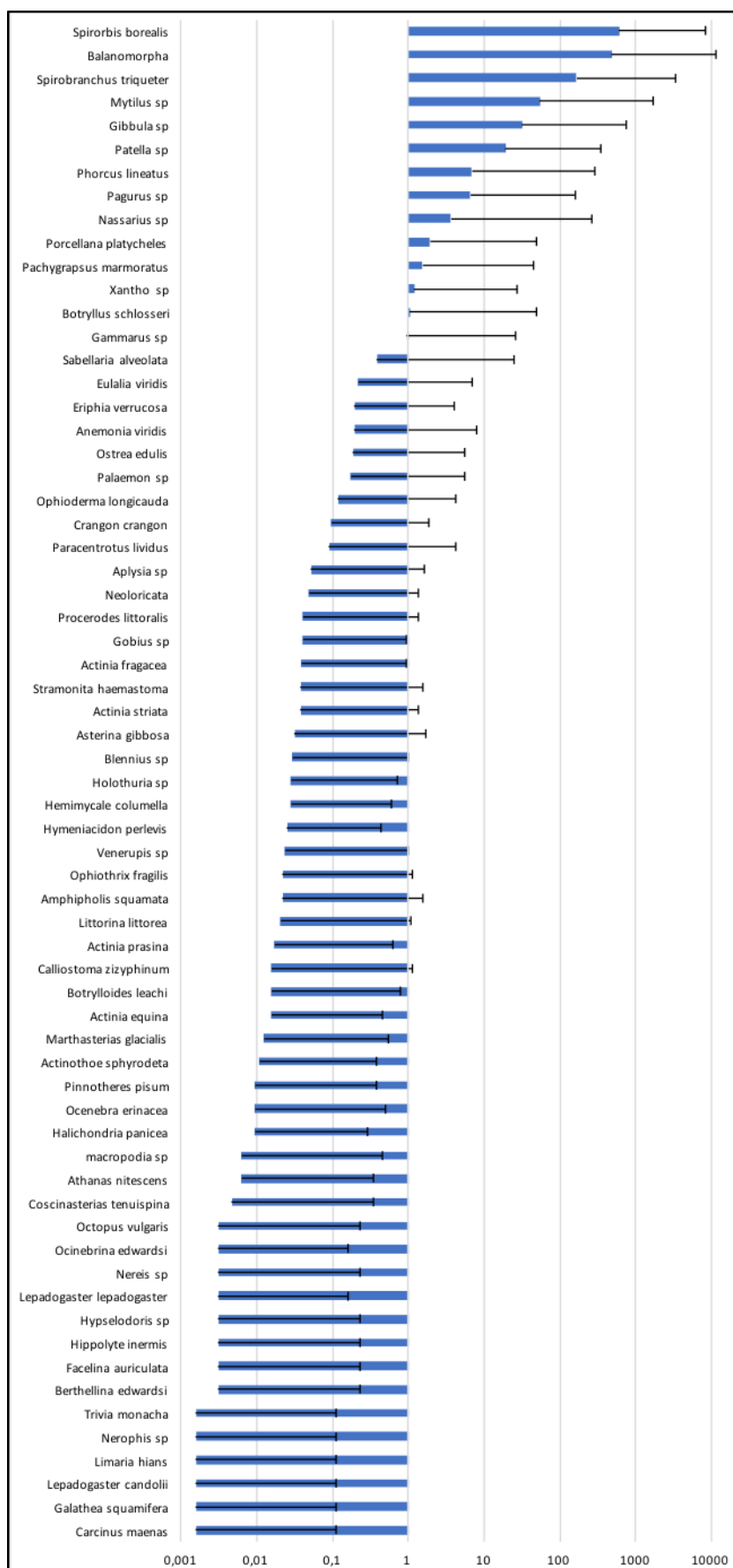


Figure 15 : Abondance relative (nombre moyen d'individus/passage/station/m²) par taxon sur les estrans de Guéthary (en bleu à gauche) et du rocher du Basta à Biarritz (en rouge à droite) en 2018, sous une échelle logarithmique de base 10 (les écarts-types sont représentés par les barres noires)

3 Résultats et discussion

3.1 Suivi de la faune et de la flore benthique des estrans de Guéthary et du Basta

Dans un premier temps, un test non-paramétrique de Wilcoxon apparié est réalisé afin d'étudier l'effet observateur entre les deux échantillonneurs (Annexe 10). Une p-valeur de 0,3125 est obtenue. Cette valeur étant supérieure au risque $\alpha = 0,05$, cela signifie que l'on accepte l'hypothèse H_0 de départ qui indique que les moyennes des échantillons sont significativement égales entre les observateurs. Ainsi, il n'y a pas d'effet observateur significatif et les données relevées par les deux observateurs peuvent donc être rassemblées et interprétées.

Pour effectuer ce suivi, 16 jours d'échantillonnages ont été nécessaires. Le protocole standardisé prévoit au minimum deux passages par station. Seulement un seul passage a pu être fait pour les stations infralittorales à causes de conditions météorologiques trop souvent défavorables. Ainsi, 37 passages ont donc été effectués au total. Les résultats concernant les stations infralittorales devront donc être exploités avec précaution.

Au total, lors de cette campagne d'échantillonnages, 66 unités taxonomiques ont été observées et dénombrées. Certains taxons étant présents en trop grand nombre, il a été choisi de les estimer. Il s'agit de *Mytilus sp*, *Balanus sp*, *Spirorbis borealis* et *Spirobranchus tricheter*. Ces taxons n'ont pas été pris en compte lors des analyses des résultats d'abondance, afin d'obtenir des résultats cohérents (sauf pour la Figure 15).

3.1.1 Suivi de la macrofaune

3.1.1.1 Abondance moyenne

La Figure 15 indique une forte différence de diversité entre les deux estrans puisqu'on observe plus d'espèces sur l'estran de Guéthary que sur l'estran du Basta. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cela : le nombre de stations échantillonnées (2 pour l'estran du Basta contre 20 pour celui de Guéthary), l'étagement unique pour les stations de l'estran du Basta (étage médio-inférieur) et la forte anthropisation constatée sur l'estran du Basta qui peut perturber le milieu et y réduire la diversité.

La Figure 15 précise que les espèces les plus abondantes sur les deux estrans sont les espèces estimées (*Balanus sp*, *Mytilus sp*, *Spirorbis borealis* et *Spirobranchus triqueter*). En effet, ces espèces vivent en colonies de plusieurs centaines d'individus, formant de nombreux placages. Outre les espèces estimées, les taxons les plus abondants sur l'estran de Guéthary sont les mollusques (*Gibbula sp*, *Phorcus lineatus* et *Patella sp*) et les crustacés (*Pagurus sp*). Sur l'estran du Basta, les patelles sont aussi des espèces très abondantes, avec les oursins violets (*Paracentrotus lividus*) et les Hermelles (*Sabellaria sp*).

L'estran de Biarritz présente un nombre bien plus important d'oursins violets. Les nombreuses cuvettes sur l'estran du Basta, pouvant servir de cachette aux oursins, pourraient expliquer cette abondance relative moindre sur l'estran de Guéthary.

Enfin, pour chaque espèce, les écarts-types sont relativement importants, indiquant une forte hétérogénéité de la répartition des espèces en fonction des stations.

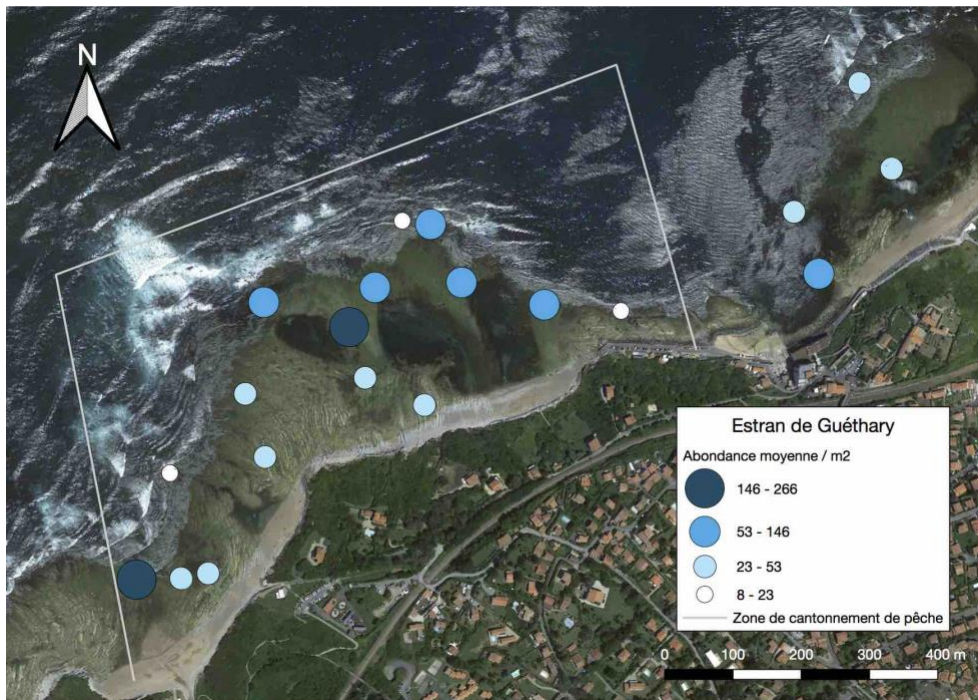


Figure 16 : Répartition de l'abondance moyenne (nombre moyen d'individus par m^2) de la faune benthique pour les stations de l'estran de Guéthary en 2018

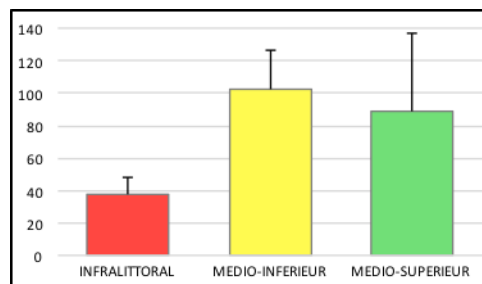


Figure 17 : Abondance moyenne de la faune benthique (nombre moyen d'individus par passage/station/ m^2) en fonction de l'étage littoral au niveau de l'estran de Guéthary en 2018 (les barres noires représentent les erreurs standards)



Figure 18 : Répartition de l'abondance moyenne (nombre moyen d'individus par m^2) de la faune benthique pour les stations de l'estran du Basta en 2018

Les Figures 16 et 18 décrivent respectivement la répartition de l'abondance moyenne sur les estrans de Guéthary et du Basta, alors que la Figure 17 décrit l'abondance moyenne en fonction des étagements littoraux sur l'estran de Guéthary.

Il n'y a pas de différence significative dans la répartition de l'abondance moyenne (Figure 16) entre la zone de cantonnement et celle hors cantonnement sur l'estran de Guéthary (résultat vérifié avec un test de Wilcoxon, $p > 0.05$; Annexe 11). Cependant, la Figure 17 montre que l'abondance moyenne varie en fonction de l'étagement littoral. En effet, elle est minimale pour l'étage infralittoral avec 38 individus/station/m², et maximale pour l'étage médio-inférieur, avec 102 individus/station/m². Ces résultats, appuyés par un test de Wilcoxon (Annexe 11), confirment qu'il y a bien une répartition inégale de l'abondance sur l'estran de Guéthary selon l'étagement et de manière significative entre l'étage infralittoral et le médio-inférieur ($p=0.04688$).

La faible abondance moyenne, au niveau de l'étage infralittoral, pourrait être liée au nombre de passages moins importants sur ces stations. Cet effort d'échantillonnage trop faible biaiserait les résultats, en sous-estimant les valeurs d'abondances sur ces stations. Il est également possible que ces stations soient principalement peuplées d'espèces solitaires, ce qui expliquerait de plus faibles valeurs d'abondances. En parallèle, les très fortes abondances moyennes retrouvées sur certaines stations des étages médio-inférieur et du médio-supérieur sont principalement dues à la présence massive de gibbules (*Gibbula sp*), notamment pour les stations 5, 7 et 13.

La Figure 18 montre que l'abondance moyenne est relativement faible sur l'estran du Basta puisqu'elle est comprise entre 8 et 53 (les deux classes d'abondance les plus basses).

Lorsque l'on se base uniquement sur l'étagement médio-inférieur, la comparaison d'abondance moyenne entre les estrans de Guéthary et du Basta indiquent également qu'il existe une nette différence d'abondance ($p = 0.003906$, Annexe 11). En effet, comme dit précédemment, l'estran du Basta est plus anthropisé et non soumis à une restriction de pêche, le rendant davantage exposé à la pêche à pied, au piétinement ou encore à la pollution.

Cependant, aucune différence significative n'a été observée entre les abondances des stations située dans le cantonnement et celles hors du cantonnement. Pour justifier cela, il est possible que le cantonnement de pêche ait un effet « protecteur » et préserve également les espèces aux alentours, ou alors que les stations qui se situent hors cantonnement présentent de fortes abondances moyennes mais de faibles richesses taxonomiques. Cela signifierait que les espèces présentes sont principalement des espèces vivant en colonies et occupant beaucoup de place, réduisant ainsi la richesse taxonomique mais augmentant l'abondance moyenne.

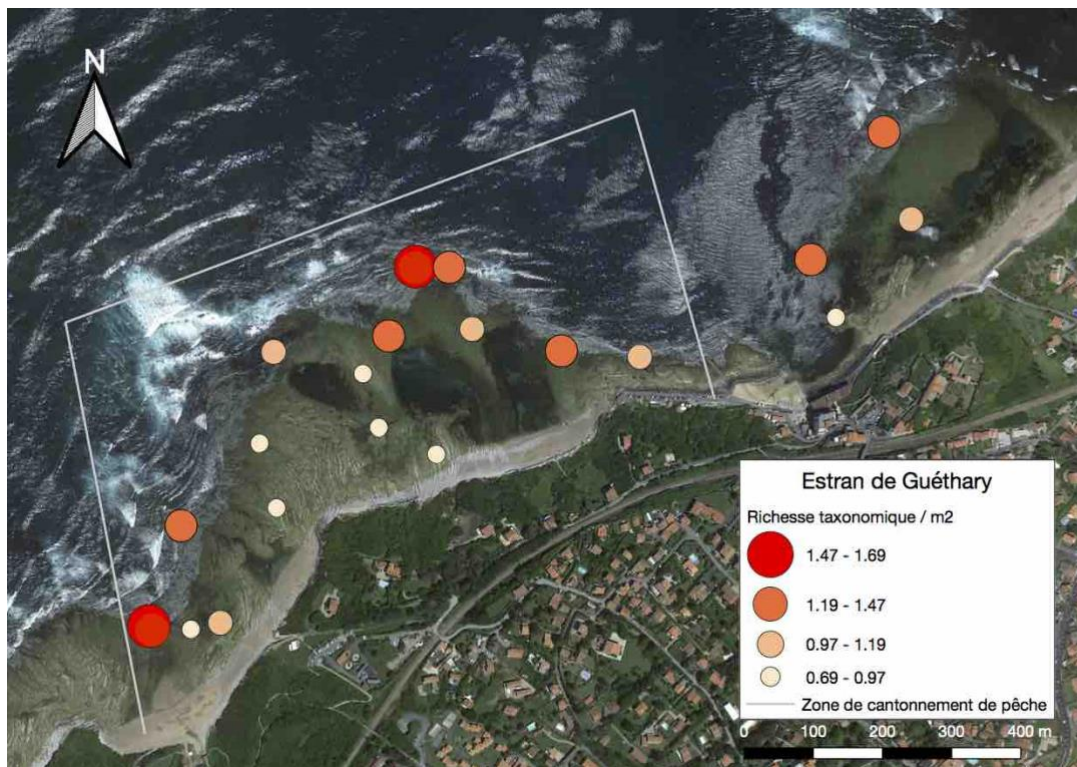


Figure 19 : Répartition de la richesse taxonomique par m² pour les stations de l'estran de Guéthary en 2018

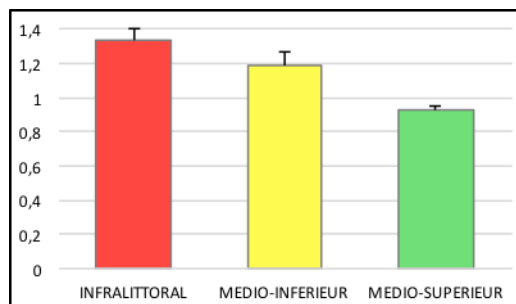


Figure 20 : Richesse taxonomique moyenne (nombre moyen de taxon par passage/station/m²) par étage littoral sur l'estran de Guéthary en 2018 (les barres noires représentent les erreurs standards)



Figure 21 : Répartition de la richesse taxonomique par m² pour les stations de l'estran du Basta en 2018

3.1.1.2 Richesse taxonomique

Les Figures 19 et 21 décrivent respectivement la répartition de la richesse taxonomique sur les estrans de Guéthary et du Basta, alors que la Figure 20 décrit la richesse taxonomique moyenne par étagement littoral sur l'estran de Guéthary. Afin d'analyser et de comparer le plus justement possible les richesses taxonomiques, c'est le rang taxonomique commun le plus proche qui sera utilisé. Il s'agit ici du genre, puisque tous les individus n'ont pas pu être identifiés jusqu'au rang d'espèce.

La répartition de la richesse taxonomique entre la zone de cantonnement et celle en dehors du cantonnement sur l'estran de Guéthary semble identique ($p > 0.05$; Annexe 12). Cependant, la Figure 20 prouve que la richesse taxonomique moyenne semble se répartir différemment en fonction de l'étagement littoral. En effet, celle-ci est minimale pour l'étage médio-supérieur avec $0,93 \text{ taxon/station/m}^2$ et est maximale pour l'étage infralittoral avec $1,33 \text{ taxons/station/m}^2$. Malgré ces observations et d'après des tests de Wilcoxon, il s'avère qu'il n'y a pas de différences significatives entre les richesses taxonomiques moyennes en fonction de l'étagement (Annexe 12). Il est donc nécessaire de rappeler que les stations présentes en infralittoral n'ont fait l'objet que d'un seul échantillonnage, ce qui peut ici biaiser les résultats.

De plus, même si les résultats ne sont pas significatifs, les variations de richesse taxonomique moyenne entre les stations des différents étagements peuvent s'expliquer par des temps d'immersion qui varient entre ces zones. En effet, l'infralittoral reste plus longtemps immergé en comparaison au médio-littoral, ce qui est davantage propice à certaines espèces solitaires et vagiles et qui pourrait expliquer des valeurs de richesse taxonomique moyenne plus importantes.

La Figure 21 montre que la richesse taxonomique moyenne est relativement faible sur l'estran du Basta puisqu'elle est comprise entre 0,69 et 0,97 (la classe d'abondance la plus basse).

Lorsque l'on se base uniquement sur l'étagement médio-inférieur, la comparaison de richesse taxonomique entre les estrans de Guéthary et du Basta indique une nette différence de richesse taxonomique moyenne. Cette observation est confirmée par le résultat d'un test de Wilcoxon qui montre qu'il y a bien une différence significative entre les richesses taxonomiques moyennes des stations médio-inférieur des deux estrans ($p = 0.01172$; Annexe 12). Comme pour l'abondance, l'anthropisation de l'estran du Basta ou encore l'absence de cantonnement de pêche pourraient être responsables de ces disparités.

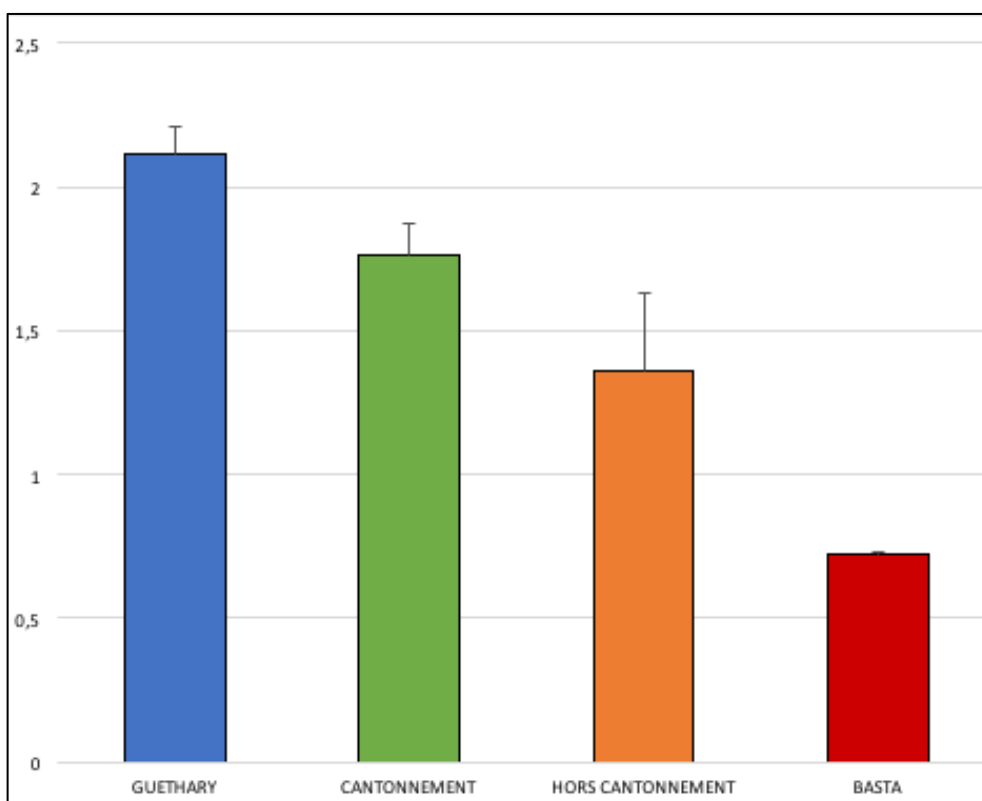


Figure 22 : Indices de Shannon-Weaver pour l'étagement médio-inférieur en fonction des différents estrans (Guéthary cantonnement et hors cantonnement en bleu, Guéthary cantonnement en vert, Guéthary hors cantonnement en orange et le Basta à Biarritz en rouge) en 2018 (les barres noires représentent les erreurs standards)

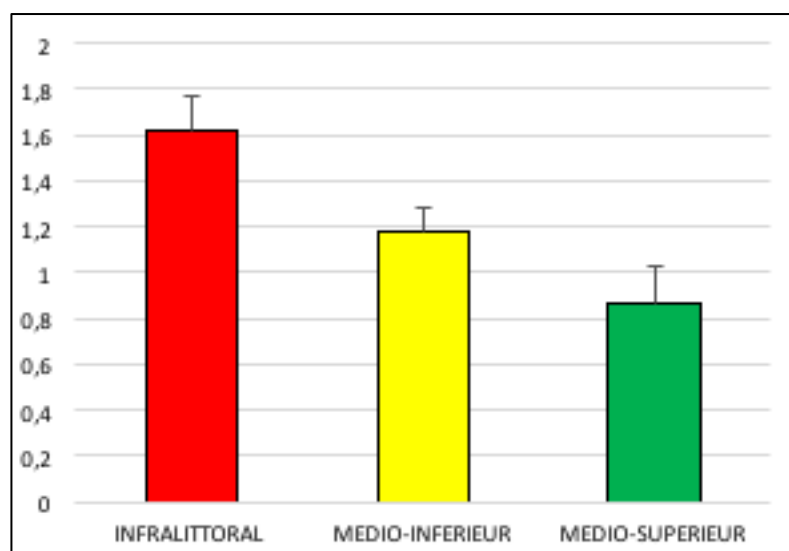


Figure 23 : Indice de Shannon-Weaver en fonction des différents étagements sur l'estran de Guéthary en 2018 (les barres noires représentent les erreurs standards)

3.1.1.3 Diversité α

Pour la diversité α , nous avons décidé de calculer l'indice de Shannon-Weaver, qui quantifie la biodiversité sur l'estran dans son ensemble. Afin de comparer l'estran de Guéthary et l'estran du Basta, mais aussi les zones de cantonnement et hors cantonnement, nous avons choisi l'étage médio-inférieur (Figure 22).

Ainsi, la Figure 22 nous indique que la diversité est bien plus importante dans le cantonnement que dans la zone hors cantonnement (1.765 contre 1.362). Ces chiffres pourraient conforter l'idée que le cantonnement aurait un effet positif sur l'estran. De plus, cette Figure 22 montre aussi que l'indice de Shannon est plus faible sur l'estran du Basta que sur l'estran de Guéthary (0.72 contre 2.115). Cela confirmerait le fait que l'estran de Guéthary est plus riche, et que l'estran du Basta présente une biodiversité plus faible.

Des différences de diversité, en fonction des étagements littoraux, sont également remarquées sur l'estran de Guéthary (Figure 23). La plus grande diversité étant observée pour l'étage infralittoral (environ 1,6) et la plus faible pour l'étage médio-supérieur (environ 0,9). Cela semble indiquer que la diversité est répartie en fonction de l'étagement littoral sur l'estran de Guéthary. Cependant, ces résultats pourraient être biaisés par les différences d'efforts d'échantillonnages sur les stations infralittorales.

3.1.1.4 Diversité β

Nous avons calculé l'indice de Jaccard pour comparer la biodiversité entre ses deux écosystèmes. En 2018, l'indice de Jaccard est 0.375 entre l'estran de Guéthary et l'estran de Biarritz. Cela signifie que seulement 37.5% des taxons recensés sont présents sur les deux habitats. Cela appuie nos résultats sur le fait qu'il y a une faible similarité entre ces deux milieux. De plus amples analyses (intégrant également des variables abiotiques) seraient nécessaires pour étudier les similitudes et différences entre la faune de ces estrans.

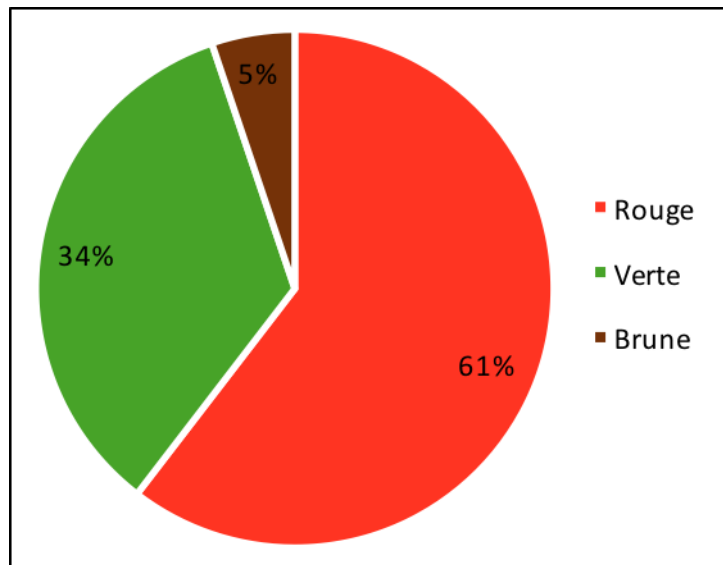


Figure 24 : Pourcentage moyen de recouvrement algal observé en fonction du type d'algue sur l'estran de Guéthary en 2018

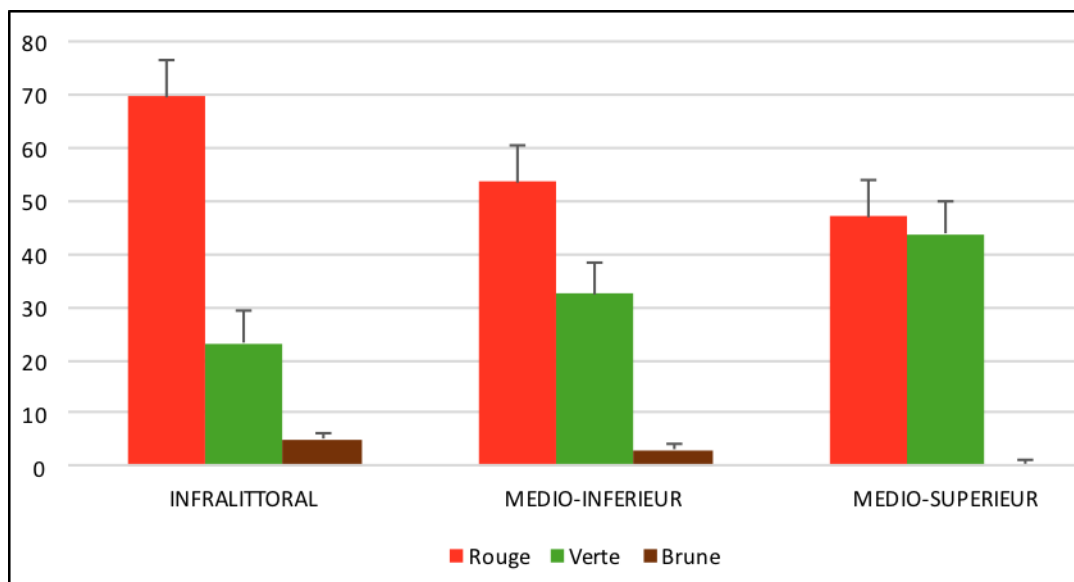


Figure 25 : Pourcentage moyen du recouvrement algal en fonction des différents types d'algues et de l'étagement littoral sur l'estran de Guéthary en 2018 (les barres noires représentent les erreurs standards)

3.1.2 Suivi de la macroflore

La Figure 24 indique la répartition de la couverture algale (en pourcentage) en fonction des classes d'algues sur l'ensemble du site de Guéthary. Sur la totalité de l'estran, tous étages confondus, ce sont les algues rouges qui dominent (61%), suivi des algues vertes (34%). Les algues brunes sont les moins présentes sur cette zone, avec un pourcentage inférieur à 10% (6%).

Ensuite, en 2018, en regardant en détail la répartition de la couverture algale au niveau des différents étages, on remarque des disparités selon les étages (Figure 25). Sur l'étage médio-supérieur, les algues vertes et rouges sont présentes en quantité similaire tandis que sur l'étage médio-inférieur, les algues rouges sont dominantes par rapport aux algues vertes. Enfin, l'étage infralittoral est essentiellement recouvert par des algues rouges, avec moins de 25% d'algues vertes. Cette répartition peut s'expliquer par le besoin d'une forte intensité lumineuse pour le développement des algues vertes.

De plus, sur les étages médio-inférieur et infralittoral, les algues brunes sont faiblement présentes, à hauteur de 5% dans le recouvrement algal totale. Ceci pourrait s'expliquer par le fait que les algues brunes ont un besoin moindre en lumière par rapport aux autres classes d'algues.

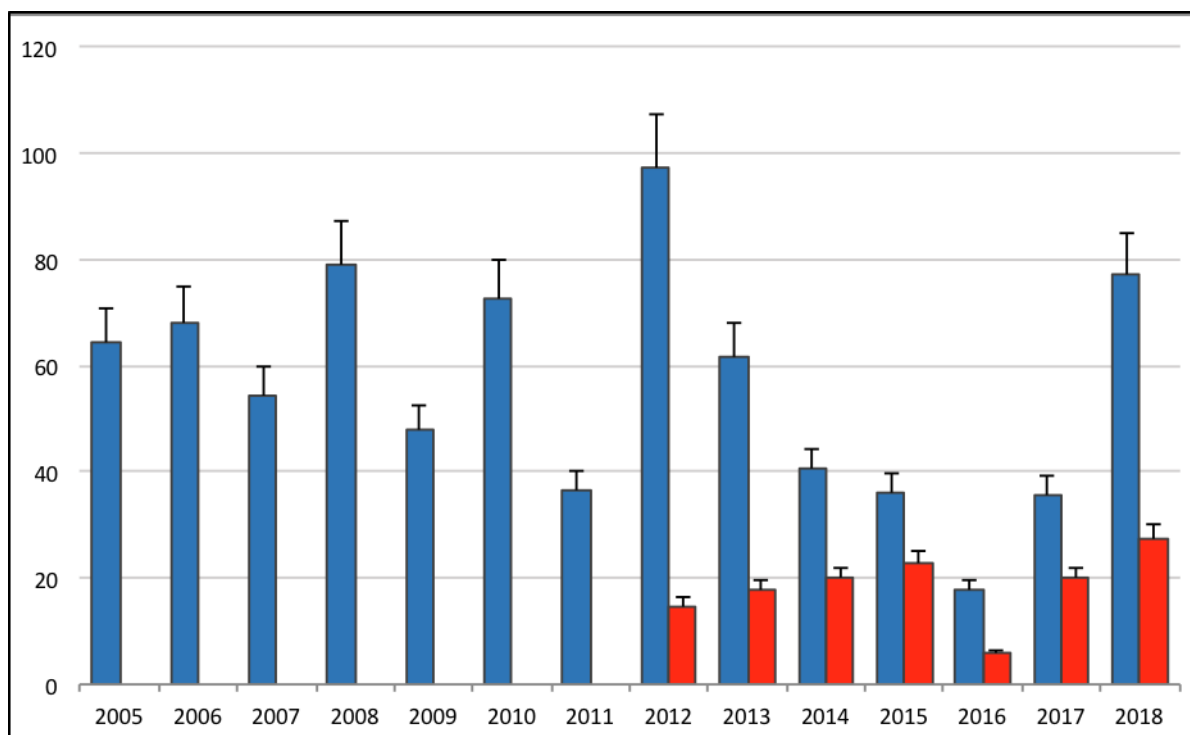


Figure 26: Évolution des abondances relatives (nombre moyen d'individus/passage/station/m) des estrans de Guéthary (en bleu) et du rocher du Basta (en rouge) depuis 2005 (les barres noires représentent les erreurs standards)

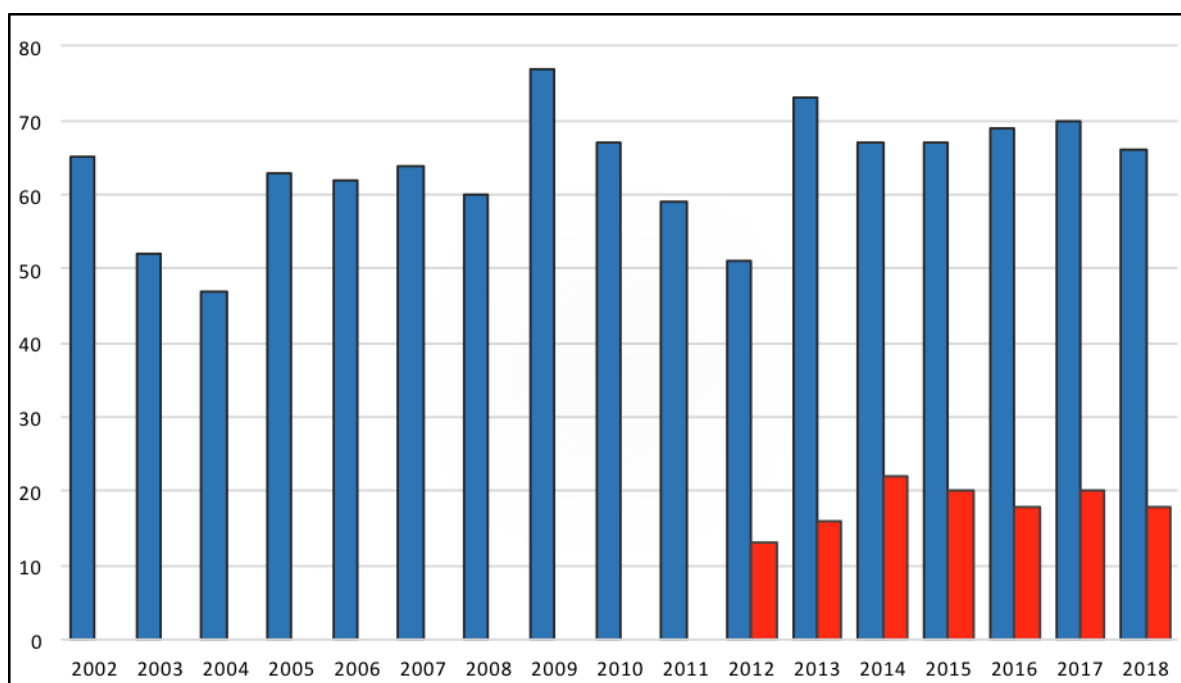


Figure 27 : Évolution de la richesse taxonomique sur les estrans de Guéthary (en bleu) et du rocher du Basta (en rouge) depuis 2002

3.1.3 Suivi temporel

3.1.3.1 *Abondance relative*

L'abondance relative a été calculée de 2005 à 2018 pour les estrans de Guéthary et du Basta (Figure 26), sans tenir compte des espèces dont le nombre est estimé, afin d'éviter les biais.

Les résultats montrent qu'entre 2017 et 2018, l'abondance relative a doublé de manière significative sur l'estran de Guéthary et est restée similaire sur celui du Basta ($p = 6.215 \times 10^{-5}$ pour l'estran de Guéthary et $p > 0.05$ pour l'estran du Basta ; Annexe 13).

Cependant, lorsque l'on s'intéresse à l'évolution depuis 2005, aucune tendance ne semble se dégager pour les deux estrans car des périodes d'augmentation et de diminution sont observées tour à tour au cours du temps. En effet, une augmentation de l'abondance est observée de 2009 à 2012 puis de 2012 à 2016 l'abondance diminue pour augmenter de nouveau de 2016 à cette année. Un test de corrélation de Spearman est réalisé sur chaque estran afin de vérifier si une tendance se dessine depuis la mise en place des suivis (Annexe 13). Ce test est non significatif pour l'estran de Guéthary, signifiant qu'il n'y a pas de tendance interannuelle particulière, mais l'est pour l'estran du Basta. A noter que l'année 2016 marque une forte baisse temporaire de l'abondance relative, peut-être liée à une perturbation d'origine anthropique.

3.1.3.2 *Richesse taxonomique*

La richesse taxonomique des estrans de Guéthary et du Basta a été calculée de 2002 à 2018 (Figure 27), en se basant sur le genre, correspondant au rang taxonomique commun le plus proche.

Entre 2017 et 2018, une très légère diminution de la richesse taxonomique est observée sur les deux estrans mais ne semble pas significative ($p > 0.05$, Annexe 13). Ces résultats pouvant être légèrement biaisés à cause du manque de passage sur les stations infralittorales.

Depuis 2002, des variations de la richesse taxonomique ont pu être observées sur l'estran de Guéthary. Deux diminutions sont marquées, notamment de 2002 à 2004 et de 2009 à 2012. La première s'explique par la marée noire due au naufrage du *Prestige* le 13 Novembre 2002, alors que la seconde pourrait être causée par un dégazage car des boulettes de pétrole avaient été trouvées sur l'estran en 2011 et 2012 (Aragües et Huguet, 2011 ; Cazemajou-Tournie et Remazeilles, 2012). A part ces deux périodes, les valeurs restent stables d'année et année sur l'estran de Guéthary. Ces fluctuations semblent mettre en évidence un phénomène de résilience de l'écosystème (Castège et al., 2014).

Pour la richesse taxonomique de l'estran du Basta, elle semble être relativement stable depuis 2012. Un nouveau test de Spearman est effectué afin de le vérifier et aucune tendance interannuelle n'est mise en évidence.

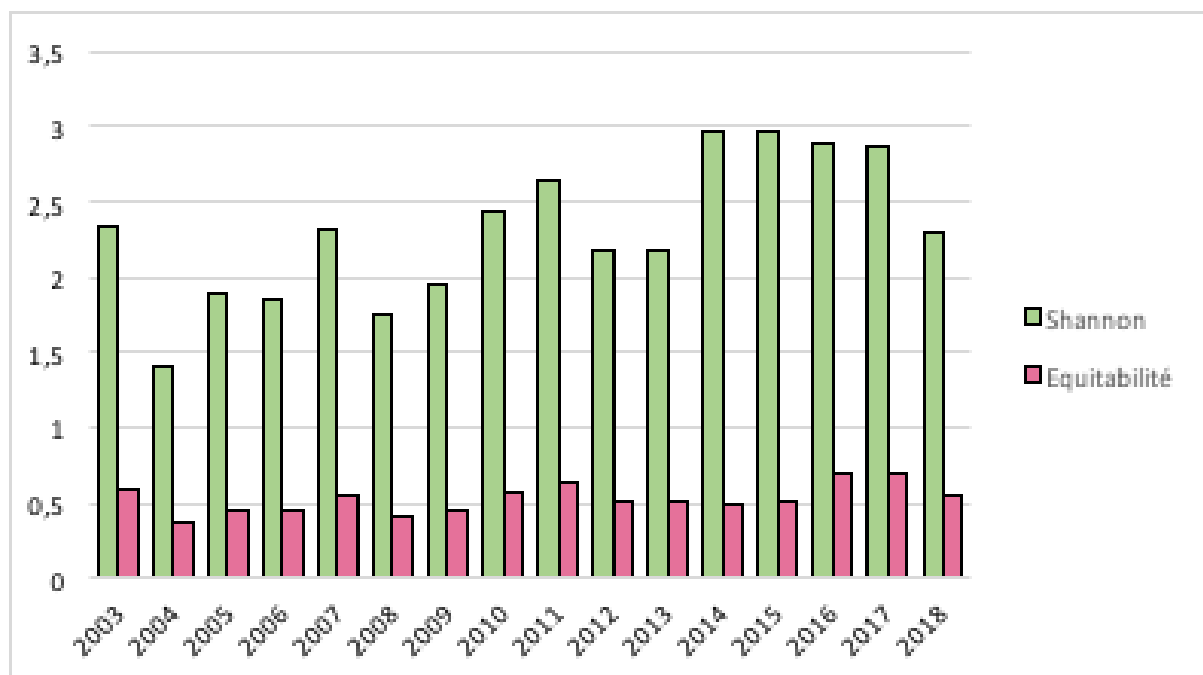


Figure 28 : Évolution de l'indice de Shannon-Weaver et de l'équitabilité au niveau de l'estran de Guéthary

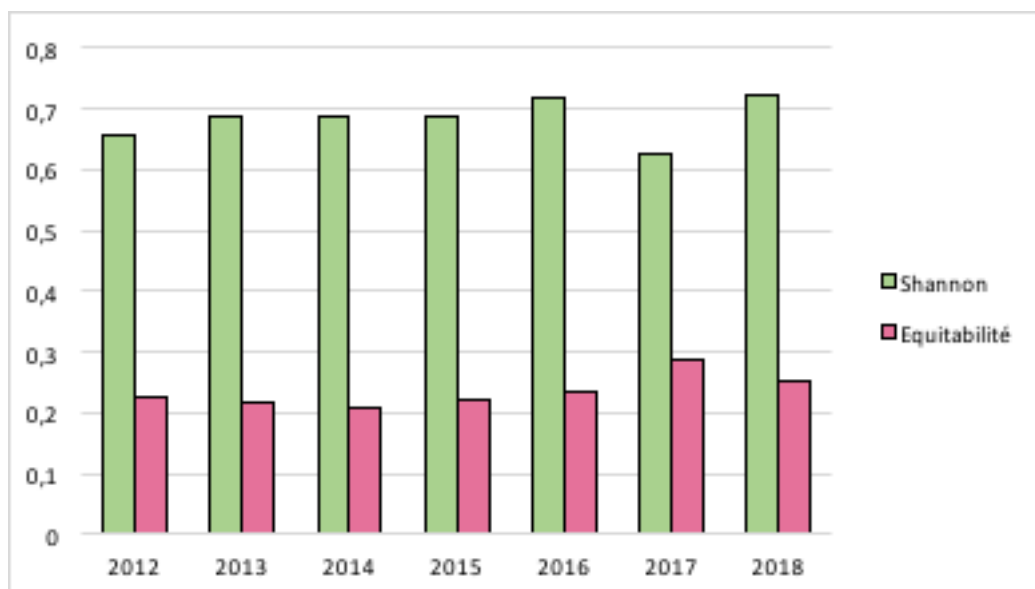


Figure 29 : Évolution de l'indice de Shannon-Weaver et de l'Équitabilité au niveau de l'estran du Basta

3.1.3.3 Diversité alpha

Sur la Figure 28, nous constatons que l'indice de Shannon-Weaver (H') de l'estran de Guéthary varie selon les années : de 1,41 en 2004 à 2,96 en 2015. A noter que la faible valeur obtenue en 2004 pourrait être liée à la marée noire provoquée par le Prestige qui a eu un impact sur l'abondance et la richesse taxonomique du milieu (Castège *et al.*, 2014).

Afin de déterminer s'il y a une tendance interannuelle sur cet estran, nous avons réalisé le test de corrélation de Spearman. Nous avons obtenu une p-value égale à 0.03265, inférieures au seuil α de 5%. Nous pouvons donc dire qu'il existe une tendance interannuelle significative dans la diversité α sur cet estran.

Les valeurs de l'équitabilité (R) varient entre 0.37 en 2004 et 0.69 en 2016. Cela signifie que les espèces ne sont pas réparties équitablement. Ceci peut s'expliquer par l'hétérogénéité du milieu, avec différents étages littoraux dans lesquelles on ne retrouve pas les mêmes conditions de luminosité, de température ou encore de salinité.

Enfin, sur l'estran du rocher du Basta à Biarritz (Figure 29), la diversité α (entre 0.65 en 2012 et 0.72 en 2018) et l'équitabilité (entre 0.20 en 2014 et 0.22 en 2015) fluctuent peu. L'indice de Shannon-Weiner (H') confirme bien le fait que la diversité est bien moins importante sur l'estran du Basta que sur l'estran de Guéthary.

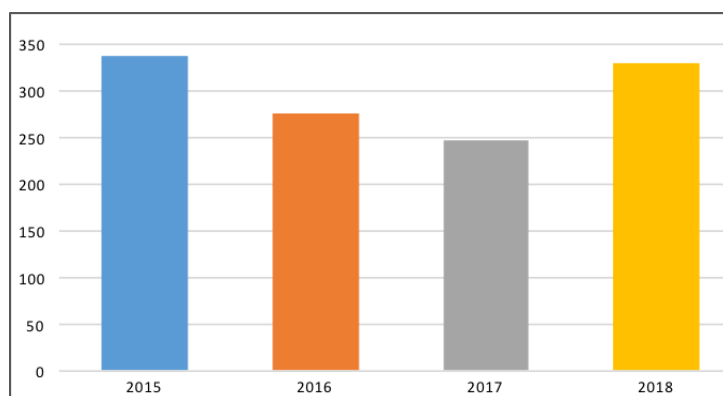


Figure 30 : Évolution des périmètres totaux (en mètres) des massifs d'Hermelles (*Sabellaria sp*) à Biarritz

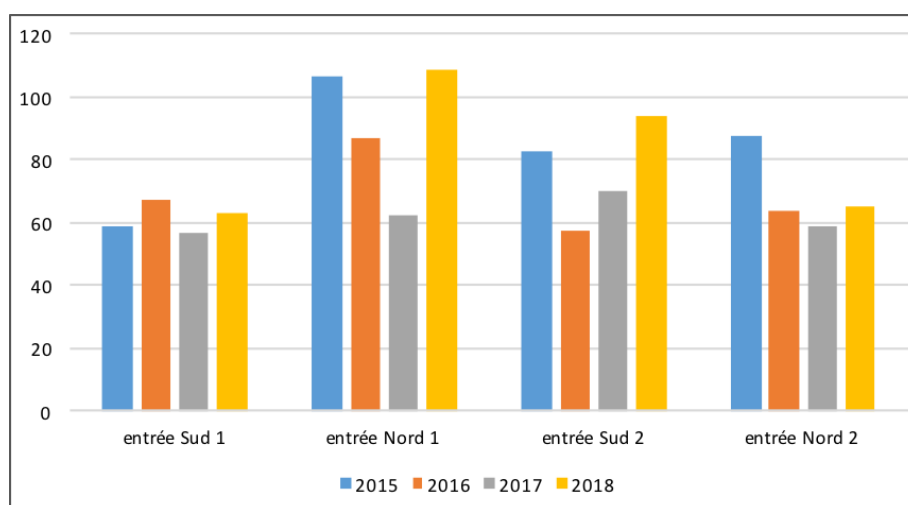


Figure 31 : Évolution des périmètres des massifs d'Hermelles (*Sabellaria sp*) à Biarritz en fonction des points d'échantillonnage

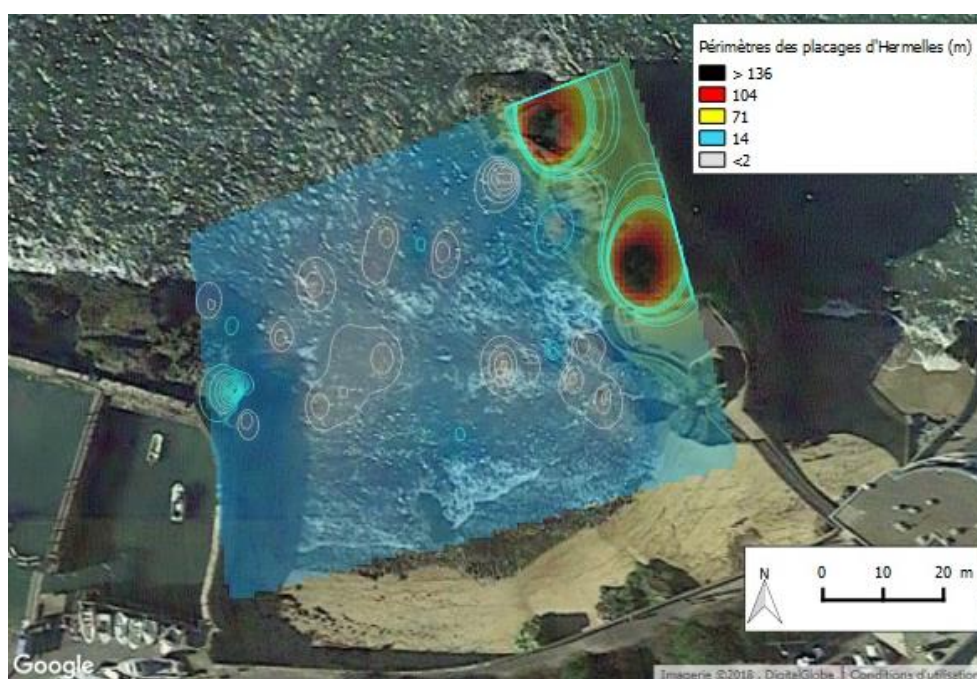


Figure 32 : Carte d'interpolation des périmètres des massifs d'Hermelles (*Sabellaria sp*) en fonction de leur localisation sur l'estran du Basta en 2018

3.2 Suivi des massifs d'Hermelles

3.2.1 Évolution des massifs sous le rocher du Basta

A partir des données obtenues, l'évolution du périmètre total des massifs d'Hermelles (*Sabellaria sp*) semble révéler, après une baisse non significative ces deux dernières années, une augmentation globale permettant de revenir au niveau observé en 2015 (Figure 30). Néanmoins, cette croissance est non significative ($p\text{-value} = 0,125$; d'après le test de Wilcoxon). Il faudra poursuivre le suivi afin de voir s'il y a une tendance qui se dégage à moyen terme sur l'évolution du massif.

De plus, en mettant en parallèle les données relevées cette année sur les périmètres de chaque entrée avec celles des années précédentes (Figure 31), des disparités sont observées. Plusieurs facteurs pourraient expliquer ces différences. En effet, certains massifs, sont facilement accessibles et peuvent être sujet au piétinement destructeur (Plicanti *et al.*, 2016), responsable de leur diminution. Aussi, de nouveaux massifs sont apparus et certains se trouvant proches les uns des autres l'an passé ont pu fusionner cette année (Annexe 14). Ces deux facteurs ont participé à la nette augmentation observée pour l'entrée Nord 1 par exemple.

Il paraît nécessaire de poursuivre le suivi de ces massifs d'Hermelles afin de mieux appréhender leur évolution sur le secteur du rocher de Basta, et d'identifier à moyen terme les zones sensibles. Elles pourraient faire l'objet d'une protection, mais aussi d'une sensibilisation des usagers sur la fragilité de ces massifs, qui s'inscrirait dans le cadre Natura 2000 qui prévoit la mise en place de panneaux pédagogiques. Le protocole de suivi pourrait être amélioré et standardisé à l'échelle nationale afin de permettre des comparaisons intersites.

Enfin, une adaptation du protocole pourrait être pertinente car il semble exister un biais observateur lors de la mesure des périmètres. Par exemple, il serait pertinent de géo-référencer chaque massif afin de rendre l'identification des massifs plus faciles.

3.2.2 Résultats obtenus sur l'estran avec le nouveau protocole

La mise en place du protocole sur le suivi des Hermelles de l'estran du rocher du Basta mets en évidence le développement de placages d'Hermelles. Cela confirme les observations faites par Cochard & Lledo en 2017.

Au total, 33 placages d'Hermelles ont été géoréférencés, pour un périmètre total de 272,36 mètres. Chaque plaquage est indiqué sur une photographie panoramique afin de visualiser l'évolution spatiale au cours des prochaines années (Annexe 15). A noter que la majorité des placages se trouvaient au niveau du Transect A, situé à côté de la digue du port, et au niveau des Transects K et L, passant sur des gros blocs proches du rocher du Basta. Cette répartition particulière pourrait signifier que les massifs d'Hermelles se développent plus aisément sur les zones plus fermées et difficiles d'accès.

Enfin, la comparaison de la répartition et la taille des placages de l'estran avec les massifs observés dans les cavités du Basta montre bien que ces derniers sont beaucoup plus développés (Figure 32). Cette différence pourrait être liée au développement récent des placages d'Hermelles sur l'estran, qui ont donc eu moins de temps pour se développer.



*Figure 33: Tri des déchets ramassés lors de la sortie avec
l'école primaire Uhanderea
© Marie Patry*

3.3 Sciences participatives et Sensibilisation

3.3.1 Bilan des sciences participatives

Les sorties durant lesquelles nous sommes intervenus se sont déroulées le 30 mars sur l'estran du Basta pour l'école du Reptou, puis les 14 et 15 mai pour l'école de Uhanderea sur l'estran de Cénitz à Guéthary.

Pour les deux écoles, les sorties se sont déroulées de la façon suivante :

- Intervention de Grégory Lemoigno, chargé de mission Natura 2000 auprès de la Communauté d'Agglomération Pays Basque. Pendant 20 minutes, il a présenté aux élèves ce qu'était une zone Natura 2000, ainsi que leur rôle et les enjeux de protection de ces sites.
- Explication aux élèves du protocole Biolit « Algues brunes et bigorneaux » par un des animateurs du Centre de la Mer de Biarritz pendant 15 minutes.
- Application du protocole Biolit Junior « Algues brunes et bigorneaux » sur l'estran. Par petits groupes, les élèves suivaient le protocole, accompagné soit par un des animateurs du Centre de la Mer de Biarritz ou par nous-même. Cette application durait environ 20 minutes.
- Recueil et tri des déchets uniquement pour l'école d'Uhanderea pendant 20 minutes (Figure 33). Le tri des déchets se faisant par catégorie, afin d'identifier les différents groupes de déchets présents.
- Bilan de la sortie.

Les sorties sur l'estran du Basta et sur l'estran de Guéthary ont donc permis d'appliquer le protocole Biolit Junior « Algues brunes et bigorneaux ». Ce protocole correspondait complètement à la thématique choisie (« La biodiversité marine : mieux connaître pour mieux la protéger »). Sa mise en œuvre a été bénéfique pour les élèves car ils ont pu exécuter un protocole scientifique, tout en apprenant à reconnaître des espèces marines.

Pour l'école d'Uhanderea, le ramassage et le tri des déchets par catégorie met en avant un des problèmes que connaissent les océans actuellement, avec une présence abondante de micro-plastiques. Cette présence de micro-plastiques pourrait conduire les élèves à inscrire, dans les objectifs de l'AME, de mener une campagne de sensibilisation sur la pollution des déchets, par le biais de panneaux de prévention par exemple.

Le protocole Biolit Junior « Algues brunes et bigorneaux » présente des limites sur la côte Basque. En effet, il n'est pas totalement adapté aux estrans de la côte Basque car les algues brunes sont extrêmement peu présentes, au contraire des algues rouges qui elles sont dominantes. Cela ne répond donc pas à l'objectif initial de ce protocole qui est d'étudier les relations entre les algues brunes et les brouteurs de type bigorneaux.

Nous avons donc fait remonter l'information à l'association Planète Mer, afin d'envisager une adaptation du protocole localement. Ils ont répondu qu'il n'était pas nécessaire d'adapter le protocole, et que justement le fait qu'il y ait d'autres types d'algues que les brunes permettaient d'enrichir leur base de données, et de visualiser les zones de présence des algues brunes sur la façade atlantique. De plus, à moyen terme, cela conduirait à montrer l'évolution géographique du développement des algues brunes.

En parallèle de ce protocole Biolit Junior, le Centre de la Mer de Biarritz, le CPIE Littoral Basque et l'Institut des Milieux Aquatiques (IMA) est en train de mettre en place un protocole, adapté aux enfants, qui a pour objectif de poursuivre le suivi de l'estran, en se calquant sur le protocole Biolit Junior. En effet, le but est d'appliquer ce protocole mixte au niveau des AME. Ainsi, d'un côté, le protocole Biolit Junior sera toujours appliqué de la même manière, et les résultats obtenus seront remontés à Planète mer ; d'un autre côté, l'approfondissement et le recensement plus large des espèces présentes sur l'estran donnera une base de données importantes, tout en ouvrant le champ de connaissances des élèves à d'autres espèces.

De notre côté, nous pensons qu'il serait intéressant de renforcer le protocole, pour qu'il ne soit pas uniquement focalisé sur les relations algue-brouteur. Cela passerait par le recensement d'espèces facilement identifiables pour les enfants. Par exemple, les espèces sélectionnées seraient des espèces indicatrices de la qualité du milieu. Nous avons sélectionné quelques espèces parmi lesquelles les bouches-rouges (*Stramonita haemastoma*), les xanthos (*Xantho* sp.), les crabes verruqueux (*Eriphia verrucosa*) ou encore les crabes nageurs (*Porcellana platycheles*). De plus, d'autres espèces présentes sur le milieu, mais pas forcément indicatrices du milieu, pourrait être échantillonnées telles que les oursins (*Paracentrotus lividus*) ou encore les étoiles de mer (*Marthasteria glacialis* et *Asterina gibbosa*). Cependant, toutes les espèces présentes sur les estrans ne sont pas forcément adaptées à la reconnaissance des enfants, comme par exemple les espèces extrêmement mobiles comme les blennies (*Blenniidae*) ou les gobies (*Gobiidae*).

La prise en compte également d'espèces indicatrices mises en évidence par le projet Bigorno (De Casamajor *et al.* 2017) serait pertinente, pour les espèces facilement identifiables par le public.

Enfin, nous pensons que ce suivi effectué par les AME pourrait également venir compléter ou être utilisé en comparaison au suivi standardisé puisque les relevés sont effectués sur les mêmes estrans. Cela permettrait de faire des comparaisons et de voir si on obtient des résultats similaires ou non et donc de tester la fiabilité du protocole mis en place avec les enfants.

Nous avons fait part de nos recommandations auprès de notre maître de stage afin que notre avis aide, éventuellement, à la prise de décision finale.

3.3.2 La sensibilisation auprès d'un large public

Cette approche au travers des sciences participatives permet, par exemple, de sensibiliser les enfants aux divers problèmes qui touchent le milieu marin. En leur faisant prendre conscience de l'environnement et des espèces qui les entourent, ils réalisent à quel point ces écosystèmes sont fragiles et qu'il faut donc les préserver. Au fur et à mesure, ils sont plus attentifs à l'impact que leur passage a sur l'estran et aux dégâts qu'ils pourraient causer (piétinement, dérangement de certaines espèces en laissant des rochers retournés...). De plus, les enfants sont souvent surpris par la pollution retrouvée dans les cuvettes ou en bord de plage et comprennent l'importance de ne pas jeter n'importe où les déchets.

Sensibiliser les enfants à tous ces problèmes, liés en général à l'anthropisation, représente un enjeu majeur car ce sont les futurs acteurs du territoire. Cependant, il est également nécessaire de sensibiliser le public adulte qui a également un impact actuel important sur la biodiversité. Cela passe avant tout par la connaissance, notamment à l'aide d'affichage préventif et explicatif ou encore directement sur le terrain (avec des promeneurs, des pêcheurs ou encore des touristes curieux lors de nos échantillonnages).

4 Conclusion

La poursuite du suivi de la macrofaune sur les estrans de Guéthary et du rocher du Basta à Biarritz nous donne plusieurs enseignements à tirer. Les variations de richesse taxonomique observées ont été mis en relation avec des pollutions par hydrocarbure et singulièrement la marée noire du *Prestige* (Castège *et al.* 2014 ; Cazemajou-Tournie et Remazeilles, 2012). En dehors de ces événements, la richesse taxonomique varie peu au cours des années, avec 66 taxons identifiés sur l'estran de Guéthary et 18 sur l'estran du Basta. Au contraire, l'abondance moyenne d'individus par taxons présente des variations interannuelles sur l'estran de Guéthary. Au niveau de l'estran du Basta, l'abondance n'a pas subi de variations significatives par rapport aux autres années.

Ensuite, le suivi des massifs d'Hermelles du rocher du Basta, engagé en 2015, révèle une irrégularité de développement selon les années et les cavités. Par exemple, sur l'entrée Nord1, après deux années de baisse (Cochard et Lledo., 2017), le périmètre de massif est revenu au niveau observé en 2015. Les massifs de cette entrée, facilement accessibles et exposés aux piétinements, se sont développés dans des zones de roches verticales, moins sensibles à ce phénomène. En ce qui concerne les autres cavités, les massifs d'Hermelles se sont également développés. La pose de panneaux pédagogiques de sensibilisation conduirait les usagers à faire attention à cet habitat fragile. De plus, un nouveau protocole de suivi a été mis en place cette année au niveau de l'estran lui-même. Les premières observations nous montrent une très forte densité à proximité des failles présentes contre la digue du vieux port, ainsi quelques failles de l'estran, zones peu touchées par le piétinement.

Enfin, un des volets principaux de notre stage a été la sensibilisation, notamment auprès d'élèves sur leurs Aires Marines Educatives. Nous les avons accompagnés et encadrés lors de sorties sur leurs AME respectives où les enfants ont appliqué un protocole de sciences participatives, Biolit Junior « Algues brunes et bigorneaux ». Ces sorties nous ont permis de les sensibiliser et de leur faire prendre conscience de la fragilité de ce milieu.

Ce stage a aussi été l'occasion de sensibiliser et faire de la prévention aux usagers de la mer. En effet, l'estran de Guéthary étant un site riche, nous expliquions aux personnes rencontrées que la pêche y était interdite, et l'intérêt d'en préserver la biodiversité. De même, les massifs d'Hermelles des cavités du rocher du Basta présentant un fort intérêt écologique, nous exposions l'importance de faire attention au piétinement et à la pollution.

Bibliographie

- Aragües, A, et Huguet. 2011. « Etude de la répartition de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et analyse comparative ». Rapport de Licence de Biologie des Organismes. UPPA. 42p.
- Arraud, A, et M Mandart. 2016. « Etude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal de l'estran de Guéthary et du Basta à Biarritz ». Rapport de Licence de Biologie des Organismes. UPPA. 29p.
- 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*. Edition Quae-Ifremer. 128p.
- Berdoulay, M, et B Landabure. 2008. « Etude de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux (zone de cantonnement) de Guéthary : suivi et analyse comparative ». Rapport de Master Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques. UPPA. 45p.
- Blanchard, A, et M Caillaba. 2013. « Etude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal des estrans rocheux de Guéthary et de Biarritz ». Rapport de Licence de Biologie des Organismes. UPPA. 23p.
- Bonvalet, N, et B Schmitt. 2015. « Etude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal sur l'estran de Guéthary et le rocher du Basta à Biarritz ». Rapport de Licence de Biologie des Organismes. UPPA. 25p.
- 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: 192-97.
- Cazemajou-Tournie, M, et M Remazeilles. 2012. « Etude de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et analyses comparatives ». Rapport de Licence de Biologie des Organismes. UPPA. 20p.
- Chouinard, S. 2009. « Evolution de la macrofaune benthique de l'estran rocheux de Guéthary : détermination de l'impact de la marée noire du Prestige ». Rapport de Master Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques. UPPA. 37p.
- Clavier, S, et S Saez. 2005. « Etude de la macrofaune benthique de l'estran rocheux de Guéthary : suivi et analyse comparative ». Rapport de Maîtrise de Biologie des Organismes et des populations. UPPA. 20p.
- Cochard, J, et M Lledo. 2017. « Etude de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et le rocher du Basta à Biarritz, et études complémentaires ». Rapport de Licence professionnelle de Biologie appliquée aux écosystèmes exploités. UPPA. 29p.
- Dauvin, J-C. 2007. « Paradox of estuarine quality: Benthic indicators and indices, consensus or debate for the future ». *Marine Pollution Bulletin*, Implementation of the Water Framework Directive in European marine waters, 55 (1): 271-81.
- De Casamajor M-N, Lalanne Y, Huguenin L, Marticorena J, Lissardy M, Bru N, D'Amico F, Liquet B. 2017. BIGORNO. Biodiversité Intertidale sud Gascogne Observation et Recherche de Nouveaux Outils de surveillance et d'aide à la décision - Rapport final. R.INT.ODE/LITTORAL/LER/AR/17.001.
- Delas, M, et S Sabarot. 2014. « Etude de la macrofaune benthique de l'estran rocheux de Guéthary et du rocher du Basta à Biarritz et analyses comparatives ». Rapport de Licence de Biologie des Organismes. UPPA. 20p.
- Dix, J, et F Henry. 2009. « Inventaire de la faune et de la flore du site de l'estran de Guéthary ». Rapport de Licence de Biologie des Organismes. UPPA. 19p.
- Gautier, J, et E Peru. 2006. « Etude de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary : suivi et analyse comparative ». Rapport de Master Dynamique des Ecosystèmes Aquatiques. UPPA. 30p.

- Guenier, Y. M. 2002. « Valorisation du cantonnement de Guéthary : étude de la faune et de la flore du littoral ». Rapport de Maîtrise de Biologie des Organismes et des populations. UPPA. 27p.
- Lacamoire, T, et O Raphael. 2004. « Etude de la répartition spatiale de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux de Guéthary et analyse comparative 2003/2004 ». Rapport de Maîtrise de Biologie des Organismes et des populations. UPPA. 19p.
- Lamarque, E. 2007. « Etude de la macrofaune benthique dans les cuvettes de l'estran de Guéthary ». Rapport de 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 de Maîtrise de Biologie des Organismes et des populations. UPPA. 21p.
- Papot, 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 de Licence de Biologie des Organismes. UPPA. 22p.
- Plicanti, A, R Dominguez, S Dubois, et L Bertocci. 2016. « Human Impacts on Biogenic Habitats: Effects of Experimental Trampling on Sabellaria Alveolata (Linnaeus, 1767) Reefs ». *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 478: 34-44.
- Pribat, E. 2002. « Valorisation du cantonnement de pêche de Guéthary ». Rapport de Maîtrise de Biologie des Organismes et des populations. UPPA. 20p.
- Tian, YQ., J Wang, JA. Duff, BL. 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): 119-35.

Annexes

Annexe 1: Liste des 22 stations d'échantillonnage avec leurs coordonnées géographiques, leur étagement et leur plage correspondante.

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

Annexe 2 : Calendrier d'échantillonnage

Date	Coefficient	Station (S) et Passage (P)	Heure BM
21-mar	92-88	S21 / S22 P1	12H56
22-mar	84-78	S21 / S22 P2	13H38
23-mar	72-66	S6 / S8 P1	14H27
29-mar	81-88	Test observateur	10H01
30-mar	94-98	S3 / S7 / S11 P1	10H45
01-avr	105-105	S2 / S5 / S9 P1	11H26
02-avr	103-100	S18 / S20 P1	12H43
03-avr	96-92	S14 / S16 P1	13H20
05-avr	74-67	S6 / S7 P2	14H33
13-avr	65-72	S8 / S11 P2	9H54
14-avr	78-84	S5 / S9 P2	10H29
15-avr	89-93	S13 P1 // S16 P2	11H04
16-avr	97-100	S3 / S13 / S14 P2	11H39
17-avr	101-102	S1 / S4 / S10 / S12 P1	12H16
18-avr	101-99	S18 / S20 P2	12H54
19-avr	96-92	S15 P1 // S10 P2	13H35
20-avr	87-81	Hermelles cavité	14H21
27-avr	77-82	Hermelles cavité	09H41
28-avr	87-91	Hermelles cavité	10H23
29-avr	93-95	Hermelles cavité + estran	11H02
30-avr	96-95	S17 / S19 P1	11H40
02-mai	89-86	Hermelles estran	12H51
03-mai	82-77	Hermelles estran	13H25

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 du rocher du Basta à Biarritz.

FICHE ESPÈCES

Lieu :

Date :

Coef :

Station :

Etagement :

	Nom scientifique	Effectif
SPONGIAIRE	<i>Halicondria panicea</i>	
	<i>Hemimycale columella</i>	
	<i>Hymeniacidon perlevis</i>	
CNIDAIRE	<i>Actinia equina</i>	
	<i>Actinia fragacea</i>	
	<i>Actinia prasina</i>	
	<i>Actinia striata</i>	
	<i>Actinothoe sphyrodeta</i>	
	<i>Anemonia viridis</i>	
	<i>Anthopleura thallia</i>	
	<i>Cereus pedunculatus</i>	
	<i>Cerianthus Lloydii</i>	
ANNELIDE	<i>Aphrodita aculeata</i>	
	<i>Eulalia viridis</i>	
	<i>Nereis spp</i>	
	<i>Spirobranchus triqueter</i>	
	<i>Spirorbis borealis</i>	
	<i>Thysanozoon bracchi</i>	
ARTHROPODE	<i>Alpheus macrocheles</i>	
	<i>Athanas nitescens</i>	
	<i>Balanus balanus</i>	
	<i>Balanus perforatus</i>	
	<i>Carcinus maenas</i>	
	<i>Chthamalus stellatus</i>	
	<i>Crangon crangon</i>	
	<i>Eriphia verrucosa</i>	
	<i>Galathea squamifera</i>	
	<i>Gammarus spp.</i>	
	<i>Macropodia spp</i>	
	<i>Necora puber</i>	
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	
	<i>Pagurus spp.</i>	
	<i>Palaemon serratus</i>	
	<i>Pestarella tyrrhena</i>	
	<i>Pinnotheres pisum</i>	
	<i>Pisa armata</i>	
	<i>Porcellana platycheles</i>	
	<i>Sphaeroma spp</i>	
	<i>Xantho spp</i>	
RECOUVREMENT ALGAL	Algues vertes	
	Algues rouges	
	Algues brunes	
NOUVELLES ESPÈCES		

	Nom scientifique	Effectif
MOLLUSQUE	<i>Acanthochitona crinitus</i>	
	<i>Acanthochitona fascicularis</i>	
	<i>Aplysia punctata</i>	
	<i>Calliostoma zizyphinum</i>	
	<i>Crassostrea gigas</i>	
	<i>Doriposilla areolata</i>	
	<i>Facelina auriculata</i>	
	<i>Gibbula spp</i>	
	<i>Haliotis tuberculata</i>	
	<i>Lepidochitona cinerea</i>	
	<i>Limaria hians</i>	
	<i>Littorina littorea</i>	
	<i>Marshallora adversa</i>	
	<i>Melarhaphe neritoides</i>	
	<i>Mytilus spp</i>	
	<i>Nassarius incrassatus</i>	
	<i>Nassarius reticulatus</i>	
	<i>Ocenebra erinacea</i>	
	<i>Ocenebrina edwardsi</i>	
	<i>Ostrea edulis</i>	
	<i>Patella spp</i>	
ECHINODERME	<i>Phorcus lineatus</i>	
	<i>Stramonita haemastoma</i>	
	<i>Trivia monacha</i>	
	<i>Turritella communis</i>	
	<i>Venerupis spp</i>	
	<i>Amphipholis squamata</i>	
	<i>Asteria rubens</i>	
	<i>Asterina gibbosa</i>	
	<i>Coscinasterias tenuispina</i>	
	<i>Echinus esculentus</i>	
	<i>Holothuria forskali</i>	
	<i>Marthasterias glacialis</i>	
	<i>Ophioderma longicauda</i>	
	<i>Ophiotrix fragilis</i>	
	<i>Paracentrotus lividus</i>	
	<i>Paracentrotus lividus</i>	
	<i>Psammechinus microtuberculatus</i>	
	<i>Sphaerechinus granularis</i>	
CORDE - TUNICIER	<i>Botryllodes spp</i>	
	<i>Botryllus schlosseri</i>	
CORDE - VERTEBRE	<i>Blennius spp</i>	
	<i>Coryphoblennius galarita</i>	
	<i>Gobius spp</i>	
	<i>Lepadogaster candolii</i>	
	<i>Lepadogaster lepadogaster</i>	
	<i>Nerophis spp</i>	

Annexe 4 : Photographies panoramiques des différentes entrées de la cavité où se trouve le principal massif d'Hermelles au Basta à Biarritz



Entrée Nord 1

© Marie Patry



Entrée Nord 2

© Marie Patry



Entrée Sud 1

© Marie Patry



Entrée Sud 2

© Baptiste Lajournade

Annexe 5 : Liste des coordonnées des 4 points géoréférencés pour la prise des photos panoramiques

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

Annexe 6 : Fiche terrain pour le protocole des Hermelles (*Sabellaria sp*) situées au niveau du rocher du Basta

massif	entrée Sud 1	N° photo	entrée Nord 1	N° photo	entrée sud 2	N° photo	entrée nord 2	N° photo
1								
2								
3								
4								
5								
5*								
6								
6*								
6**								
7								
8								
8*								
9								
10								
11								
11*								
12								
13								
14								
TOTAL								

Annexe 7 : Fiche terrain pour le protocole des Hermelles (*Sabellaria sp*) situées au niveau de l'estran du Basta

Transects	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
Massifs															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															
11															
12															
13															
14															
15															
16															
17															
18															
19															
20															
21															
22															
23															
24															
25															
26															
27															

Annexe 8 : Photographie panoramique de l'estran du Basta



Annexe 9 : Fichier terrain pour le protocole BioLit Junior par Vigie-Nature École

fiche de terrain

BioLit Junior

Commune :
 Précisez le lieu d'observation (lieu dit, plage, phare, parking...) :

 Date :/...../.....
 Début :h.....
 Horaire marée basse :h..... Coefficient de marée :

1 Photographie l'estran vers la mer :

Place-toi en haut de la zone à observer, prends une photo de l'estran en direction de la mer. L'estran est la partie du littoral qui est immergée à marée haute et qui se découvre à marée basse.

2 Descends vers la mer et observe les algues :

Les algues sont de formes et de couleurs différentes, dans ce programme nous nous intéresserons uniquement aux algues brunes (pas aux algues rouges, ni vertes). On compte au maximum 6 espèces d'algues brunes, organisées généralement en ceintures, parallèles au rivage. Toutes ne sont pas toujours présentes ou bien séparées.

En descendant vers la mer, grâce aux fiches d'identification, nomme chaque type d'algue observé et coche la case correspondante :

ALGUES VUES	Pelvétie	Fucus spiralé	Fucus vésiculeux	Ascophylle noueux	Fucus denté	Himanthale	Autres observations :
	☐	☐	☐	☐	☐	☐	☐ Roche nue ☐ Algue rouge ☐ Algue verte

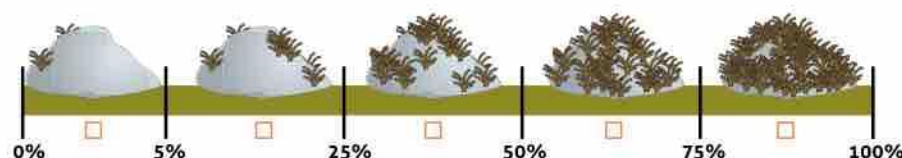
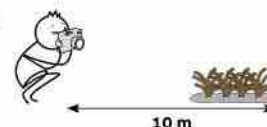
3 Photographie l'estran vers la côte :

Une fois au bord de l'eau, tourne-toi, dos à la mer et regarde le point d'où tu viens. Prends une photo. Ces deux photos de paysage seront utiles aux scientifiques pour comprendre l'environnement dans lequel tu te trouves.

4 Photographie et observe une ceinture algale :

Prends une photo de la ceinture algale que ton professeur te demande d'étudier : pour cela, mets-toi accroupi, parallèle à la côte, de façon à avoir au premier plan les algues à tes pieds, puis l'étendue de la ceinture droit devant toi sur environ 10 mètres.

Puis estime, dans un rayon de 5 mètres, le pourcentage de recouvrement de toutes les espèces d'algues sur les rochers.



5 Positionne le quadrat :

Lance le quadrat au hasard dans la ceinture algale étudiée. Si le quadrat tombe sur une flaque d'eau, relance-le. Repositionne les 4 côtés pour lui donner une forme bien carrée.

- En soulevant les algues à l'intérieur du quadrat, récolte délicatement les coquillages vivants, sauf les moules, les huîtres, les balanes et les patelles qui doivent rester fixées à la roche.
- Regroupe par espèce, tous les coquillages récoltés dans le quadrat.

Complète les tableaux en notant le nombre d'individus pour chaque espèce trouvée :



Nom de l'algue étudiée	

Espèces	% de recouvrement de la roche
Moule	%
Balane	%



Espèces	Nombre d'individus
Huître	
Littorine des rochers	
Littorine à lignes noires	
Bigorneau	
Littorine obtuse	
Littorine fabalis	
Monodonte	
Gibbule commune	
Gibbule ombiliquée	

Espèces	Nombre d'individus
Gibbule cendrée	
Gibbule mage	
Patelle	
Calliostome	
Nasse réticulée	
Pourpre	
Bigorneau perceur	
Perceur japonais	

6 Photographie les coquillages :



Prends en photo un seul coquillage pour chaque espèce trouvée, de la façon suivante :



- Sur la planche à photographier, repère la bonne case « algue ».
- Pose sur cette case le coquillage côté ouverture vers toi. Place l'étiquette du coquillage en dessous de l'animal.
- Recommence avec l'espèce de coquillage suivante.

! Pour bien informer les scientifiques, la photo ne doit pas être floue et doit montrer entièrement l'ouverture !

7 Envoi des données :



Connectez-vous et saisissez vos données à cette adresse :
vigienature-ecole.fr

Annexe 10 : Test de l'effet observateur

Utilisation du test non paramétrique de Wilcoxon apparié car il permet de comparer la différence entre valeurs appariées (ici les valeurs échantillonnées par espèces et par observateur).

Jeu de données : Sur un total de 16 quadrats échantillonnés

Espèce	Baptiste	Marie
<i>Gibbula sp</i>	182	188
<i>Patella sp</i>	270	277
<i>Pagurus sp</i>	87	97
<i>Phorcus lineatus</i>	24	19
<i>Tritia reticulata</i>	11	9

Interprétation :

H0 : les moyennes des échantillons sont significativement égales entre les observateurs (le nombre d'individus et d'espèces dénombrés est significativement équivalent)

H1 : les moyennes des échantillons sont significativement différentes entre les observateurs

Risque α : 0.05

- Si la **p-value** > **0.05**, on ne peut pas rejeter H0 au risque 0.05, donc on **accepte H0**
- Si la **p-value** < **0.05**, on ne peut pas accepter H0 au risque 0.05, donc on **accepte H1**

Résultat du test non paramétrique de Wilcoxon apparié :

wilcoxon signed rank test

data: Baptiste and Marie

V = 3, **p-value** = **0.3125**

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Ici, la p-value est supérieure à 0.05, donc on peut dire qu'il n'y a pas de différence significative entre les deux observateurs.

Annexe 11 : Tests de Wilcoxon sur l'abondance moyenne

Abondance entre cantonnement / hors cantonnement

wilcoxon signed rank test

data: Cantonnement and Hors Cantonnement

V = 2, **p-value = 0.375**

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Abondance en fonction de l'étagement à Guéthary

wilcoxon signed rank test

data: INFRALITTORAL and MEDIO.INFERIEUR

V = 2, **p-value = 0.04688**

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

wilcoxon signed rank test

data: MEDIO.INFERIEUR and MEDIO.SUPERIEUR

V = 6, **p-value = 0.875**

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

wilcoxon signed rank test

data: MEDIO.SUPERIEUR and INFRALITTORAL

V = 7, **p-value = 0.625**

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Abondance entre Guéthary/Basta (sur étagement médio-inférieur)

wilcoxon signed rank test

data: Basta and Guéthary

V = 0, **p-value = 0.003906**

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Annexe 12 : Tests de Wilcoxon sur la richesse taxonomique

Richesse taxonomique entre cantonnement / hors cantonnement

wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: Cantonnement and Hors.cantonnement

V = 4.5, **p-value** = 0.5862

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Richesse taxonomique en fonction de l'étagement à Guéthary

wilcoxon signed rank test with continuity correction

data: INFRALITTORAL and MEDIO INFERIEUR

V = 16.5, **p-value** = 0.7349

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

wilcoxon signed rank test

data: MEDIO INFERIEUR and MEDIO SUPERIEUR

V = 9, **p-value** = 0.25

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

wilcoxon signed rank test

data: INFRALITTORAL and MEDIO SUPERIEUR

V = 10, **p-value** = 0.125

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Richesse taxonomique Guéthary/Basta

wilcoxon signed rank test

data: Guéthary and Basta

V = 43, **p-value** = 0.01172

alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Annexe 13 : Tests de Spearman pour l'évolution de l'abondance relative et de la richesse taxonomique pour les estrans du Basta et de Guéthary

Evolution abondance relative

Spearman's rank correlation rho

data: Année and Guéthary
S = 60.955, **p-value = 6.215e-05**
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.8660326

Spearman's rank correlation rho

data: Année and Biarritz
S = 618, **p-value = 0.2089**
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
-0.3582418

Wilcoxon signed rank test

data: 2017 and 2018
V = 52, **p-value = 0.03256**
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Evolution richesse taxonomique

Spearman's rank correlation rho

data: Année and Biarritz
S = 33.596, **p-value = 0.3738**
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.4000661

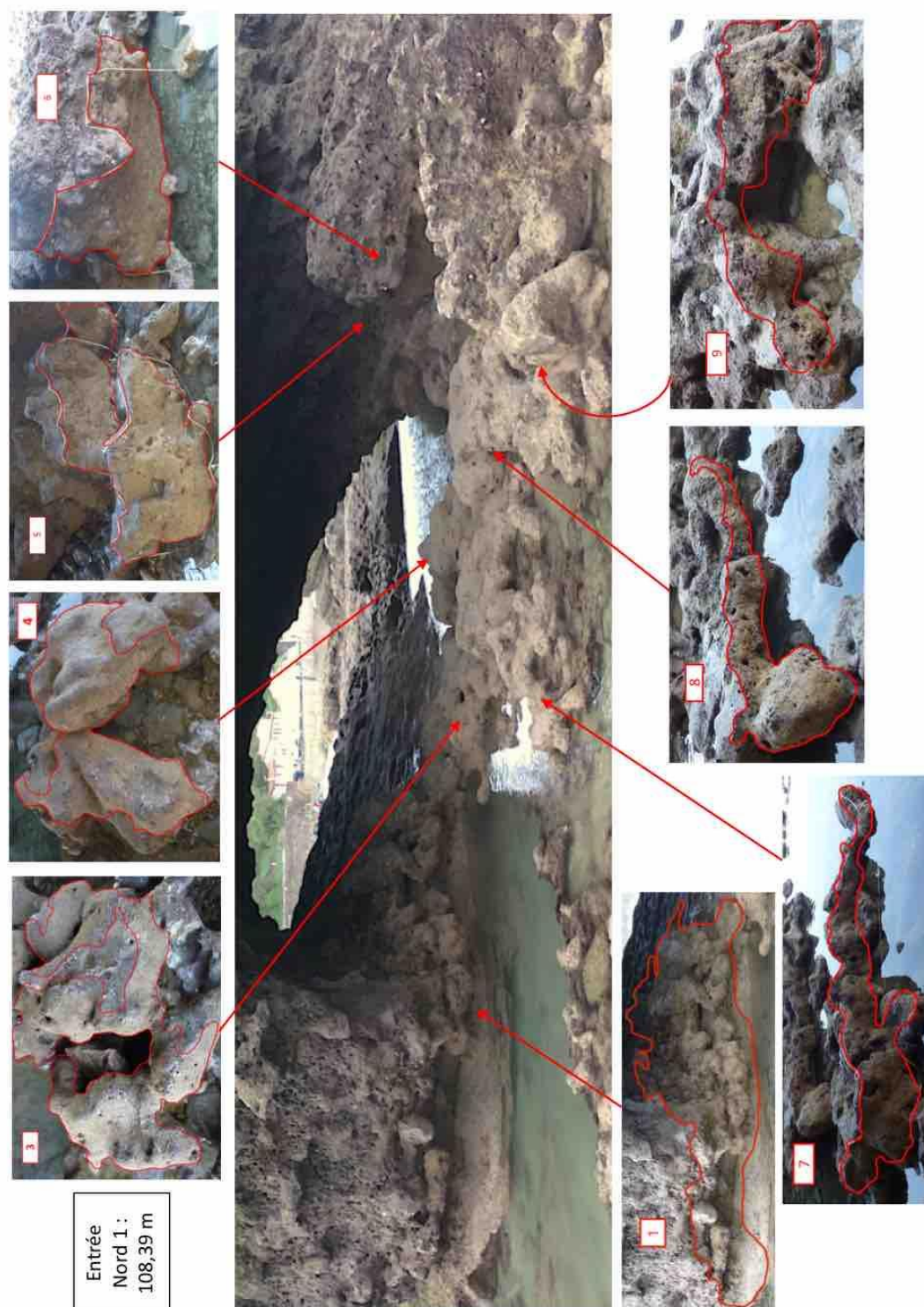
Spearman's rank correlation rho

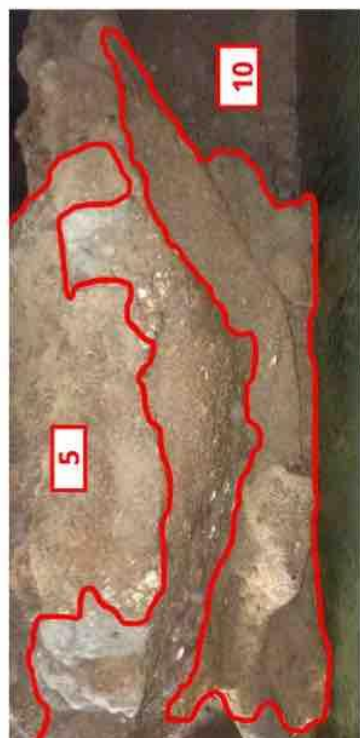
data: Année and Guéthary
S = 366.9, **p-value = 0.02207**
alternative hypothesis: true rho is not equal to 0
sample estimates:
rho
0.5503702

Wilcoxon signed rank test

data: 2017 and 2018
V = 52, **p-value = 0.4583**
alternative hypothesis: true location shift is not equal to 0

Annexe 14 : Localisation des massifs d'Hermelles (*Sabellaria sp*) et périmètres totaux en fonction des entrées





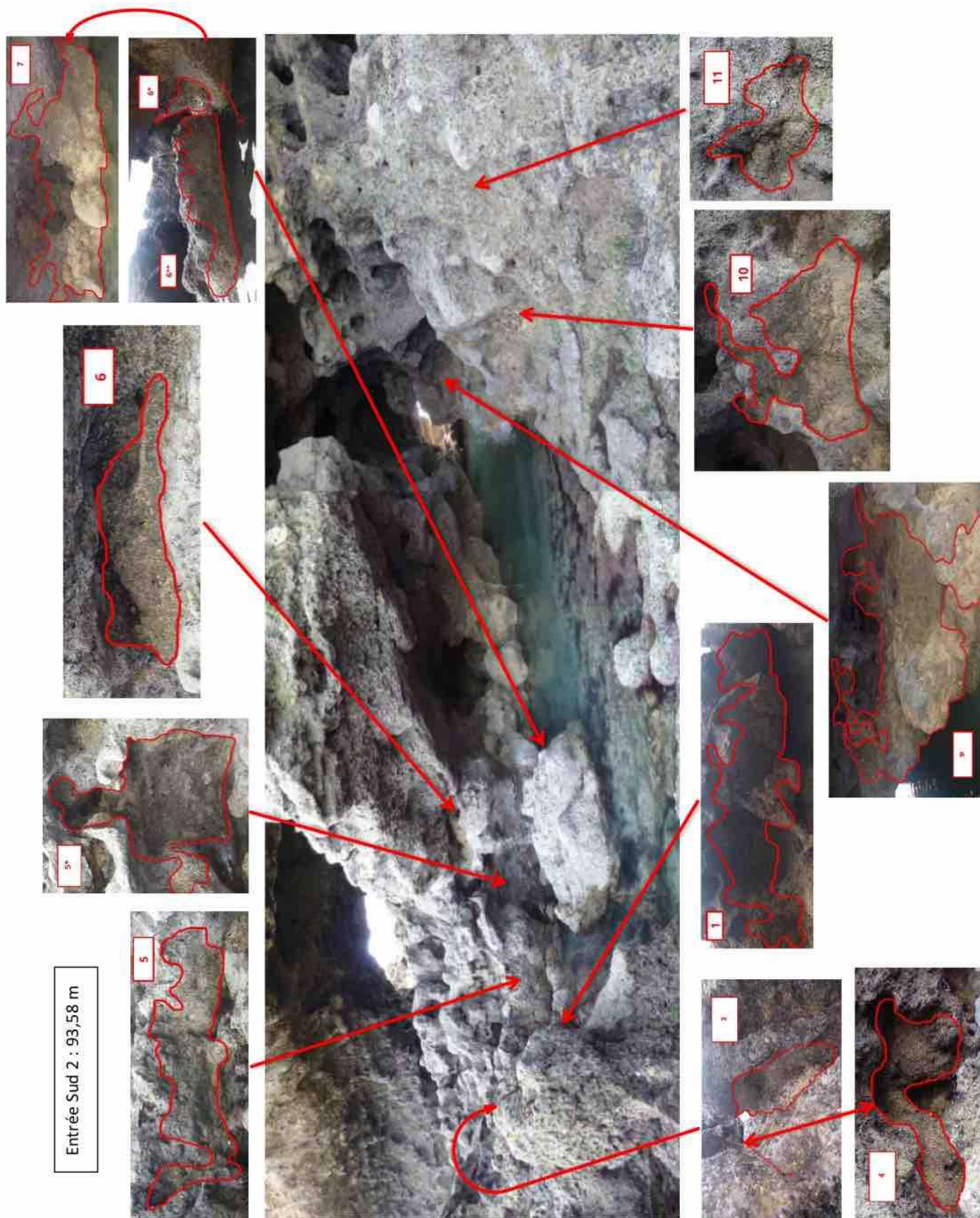
Entrée Nord 2 :
75,21 m



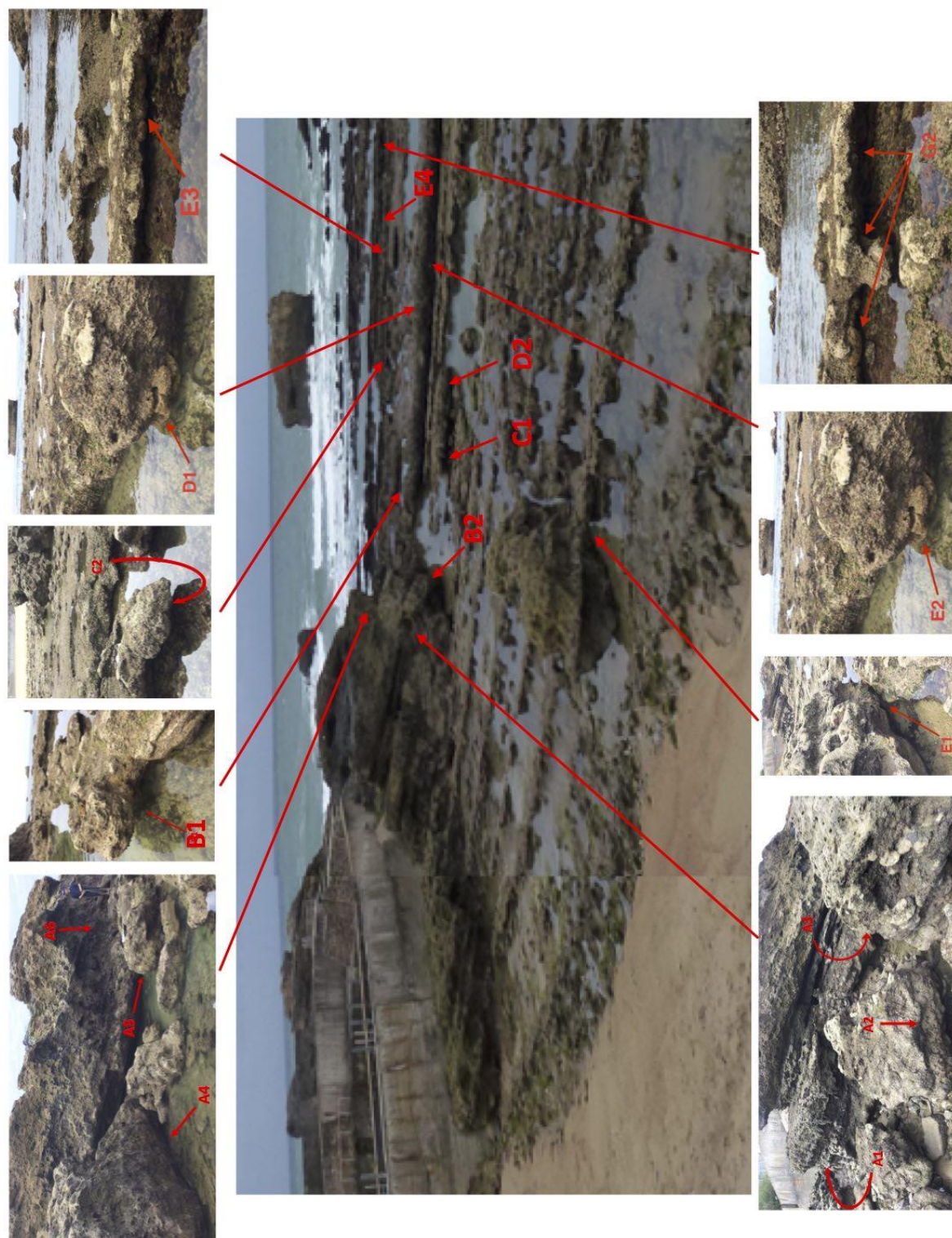


Entrée Sud 1 :
63,3 m





Annexe 15 : Localisation des placages d'Hermelles (*Sabellaria sp*) au niveau de l'estran du rocher du Basta





Résumé

Depuis 1991, la commune de Guéthary a défini une zone de cantonnement de pêche sur l'estran rocheux présent sur son territoire. En effet, la biodiversité de ce milieu est importante. Ainsi, un suivi annuel de la macrofaune benthique a été mis en place en 2002 par le Centre de la Mer de Biarritz. Ce suivi répond à deux objectifs : étudier à moyen terme l'évolution de la macrofaune benthique et la macroflore, mais aussi tenir un rôle de veille écologique pour détecter d'éventuelles pollutions.

En parallèle, un second estran est suivi depuis 2012 : l'estran du Basta à Biarritz.

Ensuite, en 2015, un protocole a été établi pour de suivre les massifs d'Hermelles (*Sabellaria* sp) sur le rocher du Basta à Biarritz. Ce suivi a pour vocation de suivre l'évolution du périmètre des massifs qui se sont développés dans les cavités de ce rocher. Pour compléter ce suivi, un suivi des placages d'Hermelles est réalisé cette année sur l'estran du Basta.

Enfin, nous avons participé à la création de deux AME (sur l'école du Reptou à Biarritz et l'école de Uhanderea à Guéthary), en accompagnant les élèves dans l'application d'un protocole de sciences participatives, Biolit Junior.

Mots-clefs : Estran rocheux, Guéthary, Biarritz, Suivi, Macrofaune benthique, Macroflore marine, Hermelles, Science participative