

BLANCHARD Audrey
CAILLABA Maxime



Université de Pau et
des Pays de l'Adour

UFR sciences et techniques Côte basque
Licence 3 de Biologie des Organismes

Etude de la macrofaune benthique et du recouvrement algal des estrans rocheux de Guéthary et de Biarritz



Source : Audrey Blanchard

Stage effectué du 03 mars au 29 avril 2013 au sein du Centre de la Mer de Biarritz
sous la direction scientifique de Mme PAUTRIZEL Françoise et M. CASTEGE Iker

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



Remerciements

Nous tenons tout d'abord à remercier Mme Pautrizel Françoise de nous avoir accueilli au sein du Centre de la Mer et de nous avoir ainsi permis de réaliser notre stage de fin de licence dans d'excellentes conditions.

Nous remercions bien évidemment notre maître de stage M. Castège Iker pour sa présence, son humour, son accompagnement et ses conseils précieux tout au long du stage. Nous tenons également à remercier Mme Milon Émilie pour sa bonne humeur, son aide dans les analyses statistiques et dans la rédaction de notre rapport.

Nous remercions enfin M. Larousset Albert, maire de Guéthary, ainsi que M. Choignard Jean pour leur accueil chaleureux dans leurs locaux et l'intérêt qu'ils portent à ce suivi.

Sommaire

	Introduction	1
I]	Contexte général	2
1.	Présentation des zones d'échantillonnages	2
1.1.	La zone d'étude de Guéthary.....	2
1.1.1.	La commune.....	2
1.1.2.	Caractéristiques de l'estran rocheux de Guéthary	2
1.2.	La zone d'étude de Biarritz	2
1.2.1.	La commune.....	2
1.2.2.	Caractéristiques de l'estran rocheux du Basta	2
1.3.	L'étagement et le régime de houle	3
1.4.	Cadre juridique	3
1.4.1.	ZNIEFF	3
1.4.2.	Cantonement de pêche	4
2.	Biodiversité de l'estran et contraintes environnementales.....	4
2.1.	La macrofaune	4
2.2.	La flore	5
2.3.	Influence des pressions anthropiques sur la biodiversité.....	6
II]	Matériels et méthodes	7
1.	Plan d'échantillonnage.....	7
2.	Mesure de la biomasse des brouteurs.....	8
3.	Traitement des données.....	8
3.1.	Cartographie	8
3.2.	Analyses statistiques.....	8
III]	Résultats - Discussions	10
1.	Analyse comparative.....	10
1.1.	Évolution de la macrofaune.....	10
1.2.	Évolution de la macroflore	11
2.	Relations entre la biomasse des brouteurs et la couverture algale.....	12
3.	Résultats de l'échantillonnage de l'estran du Basta :.....	17
	Conclusion	18
	Références	19
	Annexes	22

Introduction

Cette étude s'inscrit dans le cadre d'un suivi annuel de la macrofaune benthique de l'estran de Guéthary débuté en 2002, et de celle de l'estran du Basta à Biarritz depuis 2012, dirigé par le Centre de la Mer de Biarritz. Le suivi a révélé que ces deux sites abritent une biodiversité importante. Cette richesse taxonomique est liée aux caractéristiques physiques d'un estran, zone de balancement des marées ou zone intertidale, régulièrement émergée et immergée selon un cycle de 12h.

Le macrobenthos rassemble tous les animaux vivant sur le fond marin, par opposition aux animaux pélagiques vivant dans la colonne d'eau, et dont la taille est supérieure à 1 mm. De nombreux auteurs ont mis en évidence le rôle clef du macrobenthos dans le fonctionnement des écosystèmes côtiers (*e.g.* Goss-Custard, 1980; Baird *et al.*, 1985), de par leur contribution aux cycles trophiques et aux cycles biogéochimiques (Dame, 1996). La macrofaune benthique fait notamment office de ressource nutritionnelle majeure pour l'avifaune côtière (Evans *et al.*, 1984). Elle est composée de multiples espèces aux gammes de tolérances variées et répondant de manières différentes aux perturbations. L'étude de son fonctionnement et de sa dynamique, en plus d'avoir un intérêt scientifique lié à la richesse de son écosystème, est donc d'une grande importance pour développer une gestion efficace des écosystèmes côtiers.

Les études précédentes se concentraient principalement sur l'étude de sa dynamique et de sa réponse aux perturbations anthropiques. Nous avons décidé cette année de nous intéresser plus particulièrement à son fonctionnement. Il est pour cela important de prendre en compte aussi l'abondance et la diversité algale, les algues étant les productrices primaires de cet écosystème. Cet aspect de l'écosystème benthique a été abordé une seule fois dans le cadre du suivi annuel (Dix et Henry, 2009). Nous reprendrons le même protocole afin de pouvoir comparer les résultats et introduire ainsi un suivi de la macroflore de l'estran. Il comprend un relevé de la couverture algale totale et de chaque grand groupe (vertes, rouges, brunes).

Cette étude va plus précisément s'intéresser à la répartition spatiale des espèces de brouteurs sur l'estran en fonction de facteurs physiques comme l'étagement ou le type de substrat, ainsi qu'à la composition taxonomique et à la répartition spatiale de la couverture algale sur le site. Nous chercherons à déterminer d'éventuelles relations entre la répartition spatiale des brouteurs et celle de la couverture algale. Nous ferons également un point sur l'évolution de la macrofaune benthique depuis le début du suivi.



Fig. 1 : Localisation des villes de Biarritz et Guéthary



Fig. 2 : Exemple de Flyschs



Fig 3 : Exemple de Blocs

I] Contexte général

1. Présentation des zones d'échantillonnages

1.1. La zone d'étude de Guéthary

1.1.1. La commune

Guéthary se situe dans les Pyrénées-Atlantiques, plus précisément entre Bidart et Saint-Jean-de-Luz. Ce village de 1,4km² est connu pour son ancien port baleinier, devenu thonier et sardinier. Son estran est donc d'une grande importance culturelle et historique liée à la pêche mais également par ses criques et plages atypiques. Ce littoral, soumis à un climat océanique propre à la côte Basque (vent constant, humidité élevée, températures clémentes), a vu de nombreuses mesures se mettre en place pour essayer de le préserver.

1.1.2. Caractéristiques de l'estran rocheux de Guéthary

La caractéristique géologique du site est due à l'activité tectonique ayant suivi la formation des Pyrénées. Cela a provoqué une inclinaison des dépôts sédimentaires marins, composé de bancs gréseux (calcaire) et de bancs argileux (marnes), datant du Crétacé, appelés des « flyschs » (Fig. 2). La spécificité de la zone de Guéthary est marquée par la présence de silex dans les flyschs. La fréquence des éboulis dus à l'érosion sur l'ensemble de la zone amène une diversité des substrats avec la présence de blocs, graviers et sable grossier (Fig. 3).

1.2. La zone d'étude de Biarritz

1.2.1. La commune

A 15km au nord de Guéthary, Biarritz est reconnu comme étant la plus prestigieuse station balnéaire de la côte atlantique. Cette réputation perdure depuis la découverte de la ville par l'impératrice Eugénie en 1854. Mais Biarritz était à l'origine une ville de pêcheurs, notamment de baleine, cet héritage étant conservé par le rocher de la Vierge, le port des pêcheurs et la partie historique du Musée de la Mer. La ville, berceau du surf en Europe reste fortement tournée vers l'océan. Du fait de sa proximité avec Guéthary, elle est soumise aux mêmes conditions climatiques.

1.2.2. Caractéristiques de l'estran rocheux du Basta

Les caractéristiques géologiques sont semblables à celles de l'estran de Guéthary, avec cependant une moindre diversité des substrats liées à la faible fréquence des éboulis. L'estran est également beaucoup plus facile d'accès et se situe dans une zone plus fréquentée que Guéthary, ce qui implique une plus forte pression anthropique.

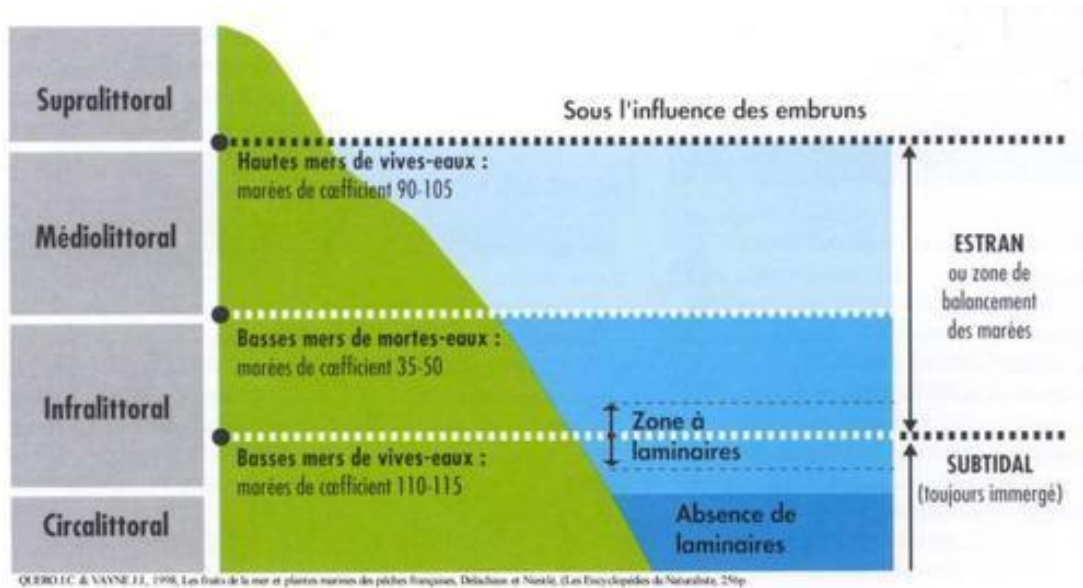


Fig.4 : Représentation des différents étagements de l'estran

1.3. L'étagement et le régime de houle

Le littoral est divisé en étages, correspondant à des zones bathymétriques différentes (Fig. 4). Les étages de la zone de balancement des marées sont l'étage médiolittoral et l'étage infralittoral.

- Etage supralittoral :

Cet étage est situé au-dessus du niveau moyen des hautes mers de vives eaux (coefficients de marée compris entre 90 et 105) et n'est recouvert que deux fois dans l'année durant les marées d'équinoxe (pas assez pour permettre la survie d'espèces marines). Il est cependant régulièrement humecté par les embruns, qui rendent le milieu salin (trop pour l'implantation d'espèces terrestres). Ces conditions extrêmes conduisent donc à une diversité spécifique très faible. Cette zone n'est pas étudiée dans le cadre du suivi annuel.

- Etage médiolittoral :

Il correspond à la zone de l'estran située entre le niveau moyen des hautes mers de vives eaux et celui des basses mers de mortes eaux (coefficients de marée compris entre 35 et 50). Il peut être divisé en deux parties, la supérieure étant émergée à chaque marée basse et l'inférieure, un peu plus profonde, nécessitant des coefficients de marée plus importants (>60) pour être émergée.

- Etage infralittoral :

Il est presque constamment immergé, ne se découvrant qu'aux grandes marées de vives eaux (coefficients supérieurs à 100).

1.4. Cadre juridique

1.4.1. ZNIEFF

L'inventaire des Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique Faunistique et Floristique a débuté en 1982 suite à une décision du ministère de l'environnement dans le but de préserver le patrimoine naturel français. La procédure a évolué au fil des années et on recense maintenant deux types de ZNIEFF :

- Les ZNIEFF de type I, de superficie réduite, sont des espaces homogènes d'un point de vue écologique et qui abritent au moins une espèce et/ou un habitat rares ou menacés, d'intérêt aussi bien local que régional, national ou communautaire. Ils peuvent aussi être des espaces d'un grand intérêt fonctionnel pour le fonctionnement écologique local.
- Les ZNIEFF de type II sont de grands ensembles naturels riches, ou peu modifiés, qui offrent des potentialités biologiques importantes. Elles peuvent inclure des zones de type I et possèdent un rôle fonctionnel ainsi qu'une cohérence écologique et paysagère.

Le littoral de Biarritz à St Jean-de-Luz est classé en zone de type I (ZNIEFF 720012823 – Milieux littoraux de la plage des Basques à la pointe de Sainte Barbe). Ce classement correspond uniquement à un recensement des zones à protéger mais n'apporte pas de protection réglementaire à la zone.

1.4.2. Cantonnement de pêche

Le cantonnement de pêche de Guéthary instaure au contraire des contraintes juridiques : interdiction de toutes pratiques de pêche (à pied ou sous-marine) et de toutes perturbations de l'écosystème (déplacement de blocs), de la plage de Cenitz au sud jusqu'au port de Guéthary au nord. Ainsi il permet de mieux préserver les biocénoses sur l'estran rocheux de la commune. Le classement en cantonnement de pêche a été demandé par la mairie de Guéthary, et accepté le 11 juin 1991 par le Comité Local des Pêches de Bayonne après proposition des Affaires Maritimes. Il est renouvelable tous les 5 ans par arrêté ministériel, sur demande de la Mairie et après consultation du Comité Local des Pêches, et a déjà été reconduit deux fois, en 1997 et en 2003.

2. Biodiversité de l'estran et contraintes environnementales

2.1. La macrofaune

Des inventaires de la macrofaune benthique de l'estran de Guéthary sont effectués depuis 2002 par le Centre de la Mer de Biarritz (Libier et Irola, 2003 ; Lacamoire et Raphanel, 2004 ; Clavier et Saez, 2005 ; Gautier et Peru, 2006 ; Lamarque, 2007 ; Berdoulay et Landabure, 2008 ; Dix et Henry, 2009 ; Schouinard, 2009 ; Malagnoux et Papot, 2010 ; Aragües et Huguet, 2011 ; Cazemajou-Tournie et Remazeilles, 2012), en collaboration avec la mairie de Guéthary et son maire monsieur Albert Larousset. Elles ont révélé une forte biodiversité, plus d'une soixantaine d'unités taxonomiques étant régulièrement retrouvée, et confirmé l'intérêt écologique du site.

Ces espèces subissent des pressions environnementales fortes dues à leur habitat. Ces contraintes sont notamment physiques et vont dépendre de l'étage considéré. Elles sont en effet soumises à des changements rapides et importants de conditions environnementales, principalement dues aux cycles des marées. La répartition des espèces varie donc en fonction de l'étage considéré (Clavier et Saez, 2005).

La zone médiolittorale est émergée approximativement 50% du temps. Les espèces qui y vivent doivent survivre à de longues durées d'émersion et donc résister à la dessiccation, supporter une salinité variable en fonction des précipitations ou de l'évaporation ou encore des changements de température (Sturbois et Ponsero, 2012). Les espèces d'estrans rocheux ne peuvent pas s'enfouir pour se protéger et doivent donc avoir un large spectre de tolérance, et être capables de développer des adaptations morphologiques et physiologiques spécifiques.



Fig 5 : Un exemple de Rhodophycée, *Gelidium spinosum*



Fig. 6 : Un exemple de Phaeophycée, *Cystoseira tamariscifolia*

La zone infralittorale n'est émergée qu'environ 10% du temps. Les organismes qui la peuplent doivent pouvoir résister à de courtes durées d'émersion. Les pressions physiques sont moins fortes que pour les espèces de la zone médiolittorale.

Quel que soit l'étage la répartition des espèces dépend aussi d'autres paramètres naturels tels que le type de substrat ou le régime de houle. Ce dernier définit trois modes (battu, semi-battu et calme) en fonction de la force des vagues. Celle-ci varie sur une même zone selon la distance par rapport à la zone d'impact (où les vagues se brisent), qui dépend de la profondeur de l'eau, ou la présence de protections naturelles comme des rochers. Les espèces fixées risquent plus d'être arrachées en mode battu mais l'oxygénation est moindre en mode calme.

2.2. La flore

Les inventaires d'algues sur l'estran sont peu nombreux. Cependant l'IFREMER en réalise dans le cadre de la DCE (directive cadre sur l'eau). Ces études mesurent le recouvrement algal et identifient les espèces présentes (De Casamajor et Lissardy, 2008)

On distingue trois groupes principaux d'algues : les algues vertes (Chlorophycées), les algues rouges (Rhodophycées, Fig. 5) et les algues brunes (Phéophycées, Fig. 6). Elles ont des préférences écologiques différentes qui conditionnent leur répartition sur l'estran (Hayward *et al.*, 2009). Comme les espèces animales elles doivent être capables de supporter des variations de salinité et de température. Elles doivent aussi supporter des durées d'émersion variables selon l'étage et donc résister à la dessiccation si elles occupent l'étage médiolittoral.

La luminosité a également un impact important sur la répartition des algues. La luminosité dépend de la profondeur de l'eau, les flux lumineux étant vite arrêtés par l'eau. Les longueurs d'ondes correspondant au rouge sont les plus vite absorbées et celles correspondant au vert sont arrêtées en dernier. Les algues vertes, captant principalement les radiations rouges, dispose de moins en moins d'énergie lumineuse quand la profondeur augmente. Les algues rouges possèdent des pigments supplémentaires qui absorbent dans le vert, ce qui leur permet d'avoir la même quantité d'énergie disponible à grande profondeur qu'à la surface. Celles qui se retrouvent émergées doivent être capables de supporter un fort ensoleillement. Les algues vertes par exemple supportent bien l'émersion et un fort éclaircissement. A l'inverse les algues rouges sont plus sensibles à la lumière et moins résistantes à la dessiccation (Hayward *et al.*, 2009).

Un substrat fixe comme les flyschs est avantageux pour les algues fixées. En revanche une forte houle risque d'arracher celles qui ont des thalles longs, contrairement aux algues encroûtantes. Certaines algues peuvent à l'inverse privilégier le mode battu en raison de la meilleure oxygénation due au brassage par les vagues.

2.3. Influence des pressions anthropiques sur la biodiversité

Les zones étudiées sont relativement facile d'accès et situées dans une région à fort attrait touristique (la population des villes de la côte basque triple en été). Elles sont par conséquent soumises à des pressions anthropiques directes. La pêche à pied est la pression la plus évidente, notamment sur les Oursins ou sur des espèces d'algues très appréciées. Mais elle entraîne aussi d'autres effets plus subtils. Certaines algues sont par exemple très sensibles au piétinement, accru en période estivale. L'estran comporte également des micro-habitats, déterminés entre autres par la luminosité. Le retournement d'une pierre entraîne la disparition d'une espèce animale fixée sur trois et modifie l'habitat constitué par les blocs pour des espèces mobiles (Le Duigou, 2010).

L'effet des activités humaines peut aussi être moins direct. Plusieurs des études sur l'estran de Guéthary se sont concentrés sur l'impact du naufrage du Prestige en 2002 (Berdoulay et Landabure, 2008 ; Chouinard, 2009 ; Castège *et al.*, 2013). Des études plus anciennes ont également porté sur l'effet de la pollution par les émissaires de Cenitz et de la jetée des Alcyons sur la biodiversité de l'estran (Lacamoire et Raphanel, 2004). Ces études nous apprennent que les pollutions diminuent généralement la richesse spécifique mais pas l'abondance, des espèces moins sensibles profitant alors de la libération de niches écologiques pour s'étendre. Dans le cas des émissaires des travaux ont été effectués et le problème semble résolu, et l'écosystème semble maintenant avoir atteint un équilibre après la marée noire du Prestige (Castège *et al.*, 2013).

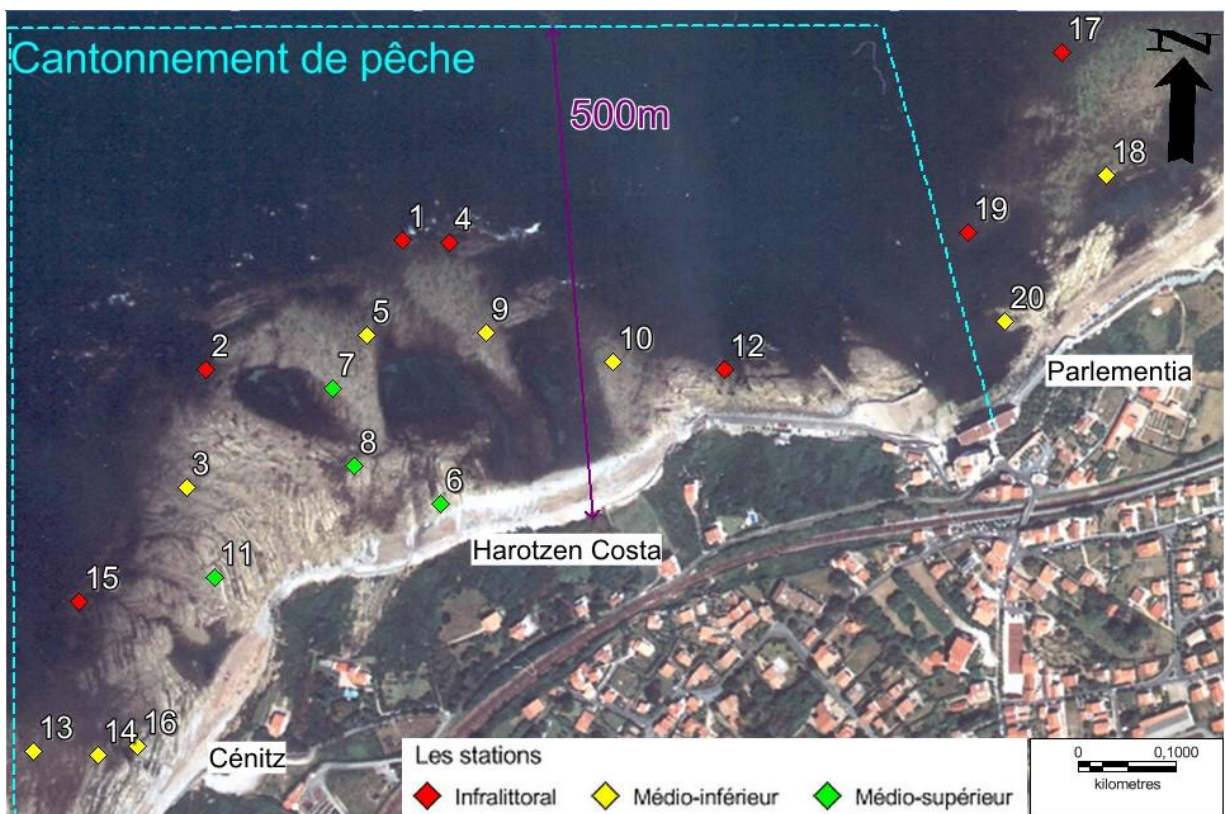


Fig. 7 : Localisation des 20 stations d'échantillonnages de l'estran de Guéthary

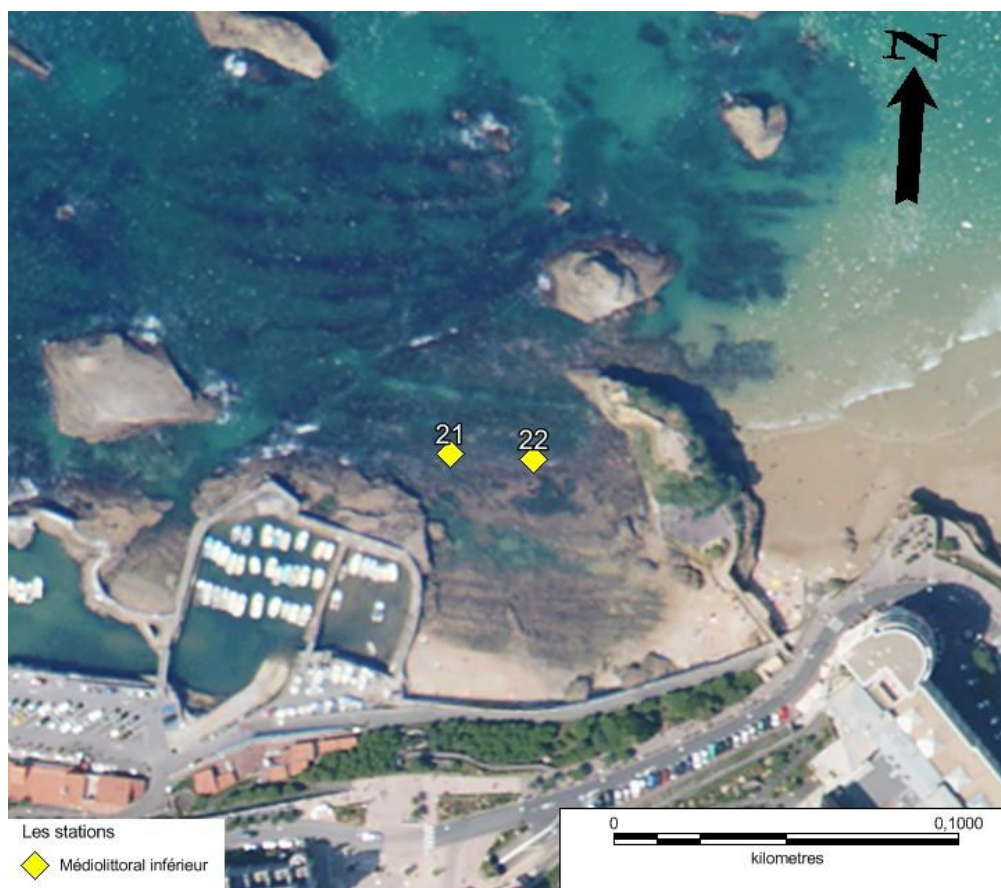


Fig. 8 : Localisation des 2 stations d'échantillonnages de l'estran du Bastia à Biarritz

III Matériels et méthodes

1. Plan d'échantillonnage

Le suivi de la macrofaune benthique se déroule dans des zones d'estran, sur les plages d'Harotzen Costa, de Cenitz et de Parlementia à Guéthary (20 stations d'échantillonnages, Fig. 7), et sur le rocher du Basta à Biarritz (2 stations, Fig. 8). Les plages d'Harotzen Costa et de Cenitz sont concernées par la zone de cantonnement de pêche précédemment évoquée. On dénombre au total 4 stations dans la zone médiolittorale supérieure, 11 dans la zone médiolittorale inférieure et 7 dans la zone infralittorale.

Chaque station d'échantillonnage est identifiée par ses coordonnées GPS, déterminées lors de la mise au point d'une méthode d'échantillonnage standard (Libier et Irola, 2003) au début du suivi. Les stations de Biarritz ont cependant été mises en place plus tardivement, en 2012.

Les stations sont situées à l'aide d'un GPS de type Garmin 12 et échantillonnées par la méthode des quadrats. Chaque station correspond ainsi à un carré de 4m de côté, délimité par une corde graduée tous les mètres. Ce carré est divisé en deux et chaque étudiant identifie et compte les unités taxonomiques qu'il observe. Pour les taxons fixes très abondants et à répartition homogène comme les balanes (jusqu'à plusieurs milliers d'individus) il est possible de faire une estimation en comptant le nombre d'individus dans un carré de 10cm de côté et en extrapolant à l'ensemble du quadrat. Pour les taxons mobiles comme *Gibbula sp.* et *Pagurus sp.*, dont les effectifs sont parfois trop important pour un comptage individuel, on compte le nombre d'individus sur un tiers du quadrat et on multiplie par trois.

La couverture algale est également évaluée visuellement pour chaque station, et exprimée en classes de pourcentage (0-10% , 10-25% , 25-50% , 50-75% , 75-100%). Cette information est complétée par l'estimation de la proportion de chaque grand groupe d'algues (vertes, brunes ou rouges) dans le quadrat. Ce protocole est identique à celui utilisé par Dix et Henry en 2009 afin de pouvoir comparer les résultats à 4 ans d'intervalle.

Chaque station doit être échantillonnée plusieurs fois afin de limiter les biais d'échantillonnage. Des études précédentes ont déterminé que quatre passages permettaient d'obtenir une bonne puissance statistique (Clavier et Saez, 2005). Cependant les conditions particulières de l'estran (accessibilité des stations possibles seulement à certaines heures et selon les coefficients de marée) et des conditions météo difficiles (fortes houles notamment) ont souvent empêché les étudiants des années précédentes de respecter cette préconisation. Malagnoux et Papot (2010) ont montré que deux passages suffisaient à garder une puissance statistique convenable.

L'identification sur le terrain est facilitée par l'utilisation d'un guide d'identification spécifique à l'estran que nous avons établi à partir du « guide des bords de mer » (Hayward *et al.*, 2009) et de la base de données en ligne DORIS (<http://doris.ffesm.fr>). Ce guide ne contient que les unités taxonomiques observées les années précédentes et doit rendre l'identification sur site plus rapide grâce à un nombre de pages plus faible. S'il est transmis aux futurs stagiaires il permettra également grâce à des photos et des critères de reconnaissance fixes d'homogénéiser les identifications d'une année sur l'autre et de diminuer les biais liés à l'utilisation de guides ou de photos différents.

Nous avons également réalisé des fiches de comptage recensant les taxons déjà observés sur la zone, classés par groupes.

2. Mesure de la biomasse des brouteurs

Nos analyses concernant les brouteurs nécessitant de prendre en compte les différences de consommation énergétique entre les taxons, nous avons choisi d'utiliser leur biomasse plutôt que leur abondance. La biomasse moyenne d'un individu a été estimée pour chaque taxon en pesant plusieurs individus et en calculant la moyenne de leurs masses. Les individus les plus lourds (>1g) ont été pesés directement sur le terrain à l'aide d'une balance de précision ± 1 g. Les individus trop légers ont dû être prélevés pour être pesés en laboratoire à l'aide d'une balance de précision ± 1 mg.

3. Traitement des données

3.1. Cartographie

Une série de cartographie des zones étudiées a été réalisée à l'aide du logiciel Mapinfo Pro v8.0. Cette analyse doit permettre une meilleure visualisation des caractéristiques physiques de l'estran (cuvettes, zones de flysch, etc...) et des résultats traités. Le SIG nous permettra également d'illustrer certaines analyses, comme la répartition de la couverture algale, ou de la biomasse des brouteurs en fonction du type de substrat.

3.2. Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques présentées ont été réalisées à l'aide du logiciel R (version 3.0.0).

➤ Test de l'effet observateur

Nous sommes deux observateurs et il faut donc vérifier que nos résultats ne sont pas biaisés par une sur ou sous-estimation d'un des observateurs. Pour cela chaque étudiant compte à tour de rôle des taxons fixés (patelles, gibbules, balanes) dans 5 quadrats de 1 m sur 1 m disposés aléatoirement. Un test non-paramétrique de comparaison des moyennes permet de vérifier une éventuelle différence entre les résultats des comptages.

La différence n'étant pas significative cette année ($p = 0.5827$), on considère que l'observateur n'a pas d'influence sur les résultats.

➤ Khi deux d'indépendance

Le test du Khi-deux d'indépendance est un test statistique permettant d'étudier l'indépendance entre deux critères sur un échantillon. Les effectifs correspondants à chaque critère doivent être supérieurs ou égaux à 5 pour appliquer ce test. Nous l'avons utilisé pour tester la dépendance entre la biomasse de différentes espèces de brouteurs et le type de substrat ou l'étage considéré.

➤ Test de corrélation Kendall

Le test de Kendall est un test non-paramétrique qui étudie la relation entre deux variables. Il nous a permis de vérifier la corrélation entre la biomasse des brouteurs et la couverture algale.

➤ AFC

L'analyse factorielle des correspondances est une méthode d'analyse des données multi-variées essentiellement descriptive. Elle nous a permis d'identifier les facteurs principaux influant sur la répartition de la biomasse des brouteurs sur le site de Guéthary.

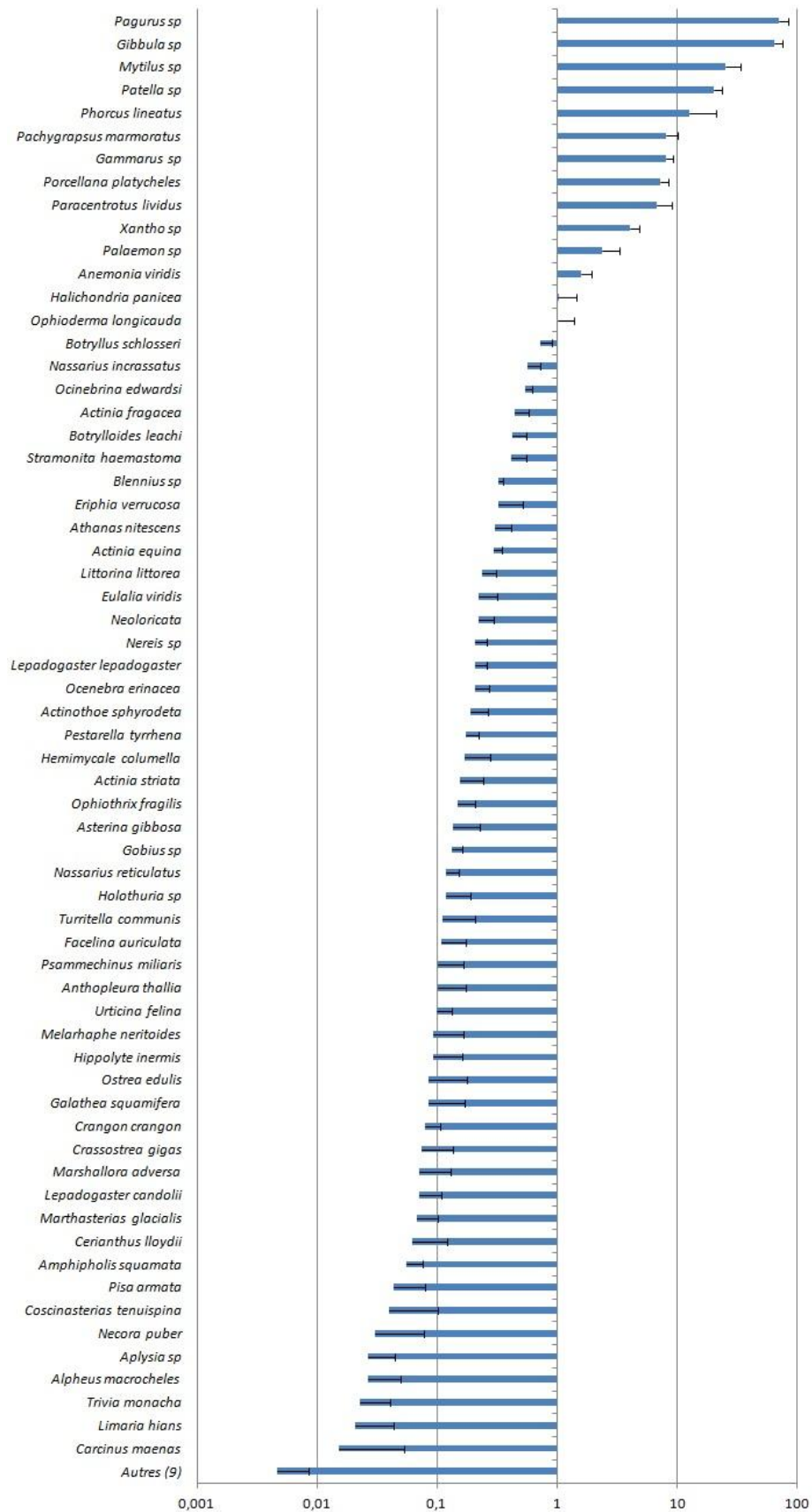


Fig. 9 : Abondances relatives des unités taxonomiques observées en 2013 à l'échelle Log10. Les taxons dont l'abondance est inférieure à 0.08 ind/m²/passage sont répertoriés en tant que « autres ».

III] Résultats - Discussions

1. Analyse comparative

1.1. Évolution de la macrofaune

72 unités taxonomiques ont été observées en 2013, représentant une abondance totale de près de 5300 individus. 48 passages ont été réalisés sur les 20 stations de Guéthary, soit environ 35h d'échantillonnage en cumulé. Deux nouvelles espèces ont été observées : *Actina striata* et *Discodoris rosi*.

La répartition des taxons est très inégale (Fig. 9), seuls 20% d'entre eux étant présents au moins une fois par m² à chaque passage dans une station, tandis que près de 40% des unités taxonomiques ne s'observent qu'une fois tous les trois passages en moyenne.

La chute de la richesse taxonomique (Fig. 10) en 2003 et surtout en 2004 s'explique par la marée noire consécutive au naufrage du *Prestige* en novembre 2002 (après le début du suivi). La pollution occasionnée a entraînée la disparition de plus de 20 espèces en 2 ans. Le site ayant été peu atteint par les plaques de mazout (Puente *et al.*, 2009) il n'y a pas eu de phénomène important d'étouffement des organismes et ce sont principalement les espèces filtreuses, plus sensibles à une dégradation de la qualité de l'eau, qui ont été impactées. L'écosystème de l'estran de Guéthary a désormais atteint un équilibre après cette perturbation mais le cortège d'espèces est cependant différent (Castège *et al.*, 2013).

Il est intéressant de noter que cette chute de la richesse spécifique s'accompagne en 2004 d'une forte augmentation de l'abondance relative (Fig. 11), qui atteint de 2 à 4 fois sa valeur habituelle. Elle correspond plus précisément à une explosion de l'abondance des brouteurs, qui pourrait être liée à un phénomène déjà observé à la suite de marées noires (Castège *et al.*, 2013). L'augmentation supposée de la couverture algale juste après le naufrage du *Prestige*, combiné à la diminution du nombre de taxons, aurait considérablement augmenté la capacité d'accueil du site pour les brouteurs. Le retour à une valeur d'abondance proche de celle de 2003 dès l'année suivante laisse penser que les brouteurs ont rapidement régulé l'augmentation de la couverture algale.

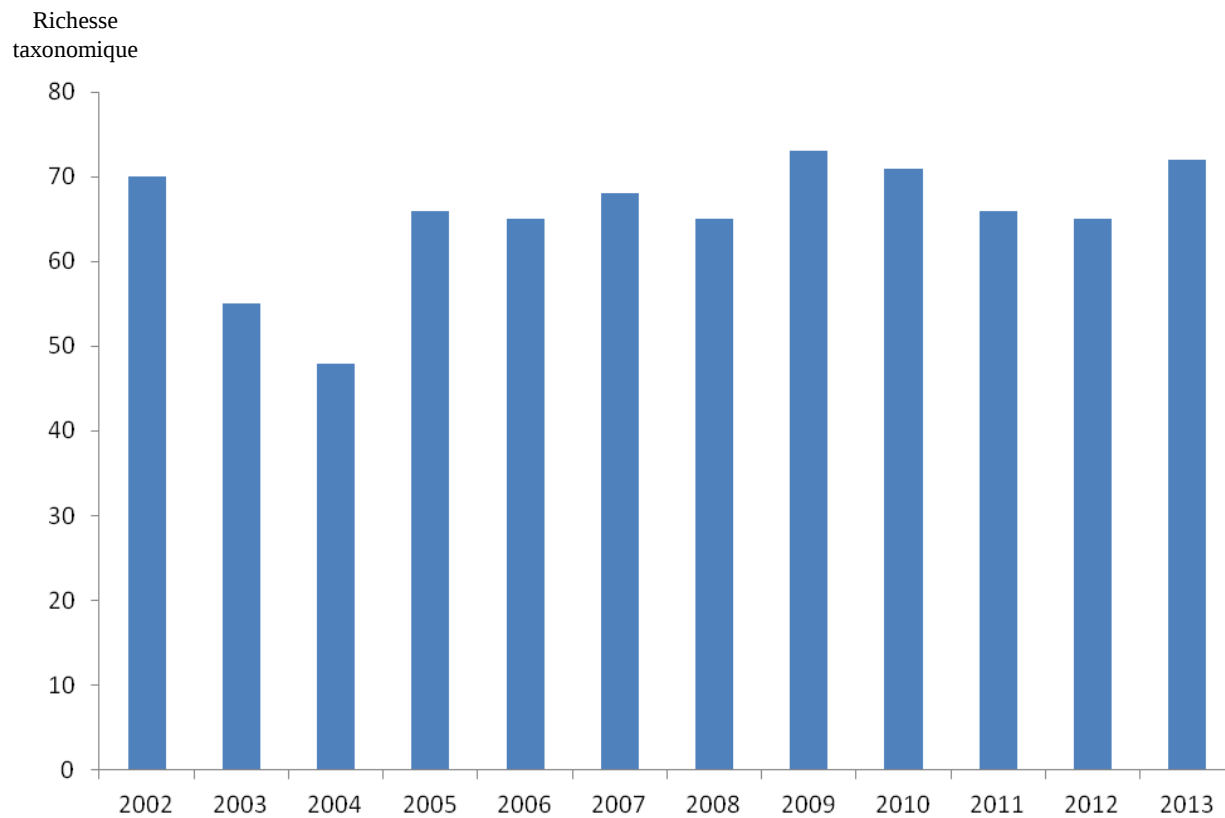


Fig. 10 : Évolution de la richesse taxonomique à Guéthary depuis 2002

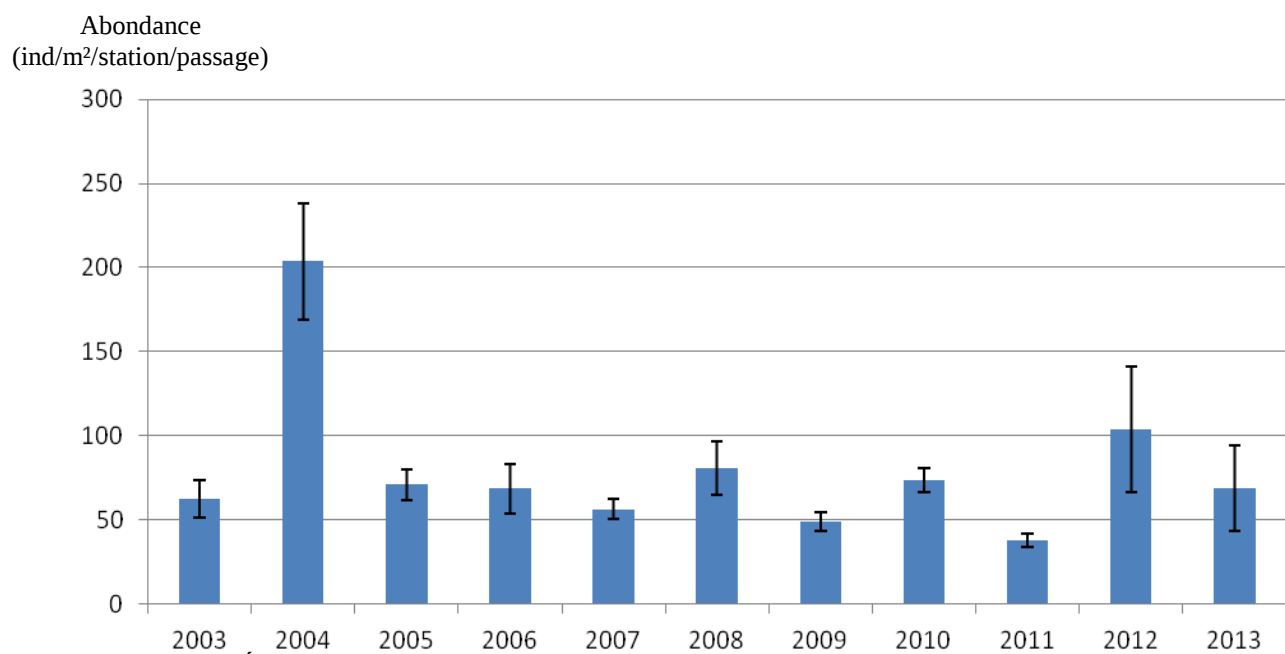


Fig. 11 : Évolution des abondances relatives (en nombre moyen d'individus par m² par station et par passage) à Guéthary depuis 2003

1.2. Évolution de la macroflore

En 2013 la couverture algale moyenne diminue quand la durée d'émersion de l'étage considéré augmente (Fig. 12). On observe ainsi une couverture deux fois plus importante en infralittoral qu'en médio-supérieur. Les algues brunes sont les moins abondantes en 2013 (Fig. 13), deux fois moins que les algues vertes et rouges qui couvrent chacune une surface égale.

Il n'y a pas de différence entre la couverture algale moyenne à Guéthary en 2009 et celle de 2013 (respectivement 63,9% et 61,1% ; $p = 0.7103$). En revanche, la composition taxonomique varie, la proportion d'algues vertes est inférieure en 2009 ($p = 0.03521$). Cette différence se traduit par une couverture algale deux fois moindre en 2009 sur l'étage médio-supérieur (Fig 12) où les algues vertes sont normalement majoritaires du fait de leur résistance à la dessiccation et à de longues durées d'émersion (Hayward *et al.*, 2009).

Cette variation à 4 ans d'intervalle pourrait être due à des différences de conditions météorologiques, telles que l'ensoleillement, ou à des différences de quantités de nutriments dans l'eau, ou encore n'être que des variations aléatoires. Nous manquons cependant de recul pour expliquer la différence observée entre 2009 et 2013, et il serait intéressant de répéter le suivi de la macroflore chaque année et d'étudier des facteurs pouvant expliquer ce phénomène.

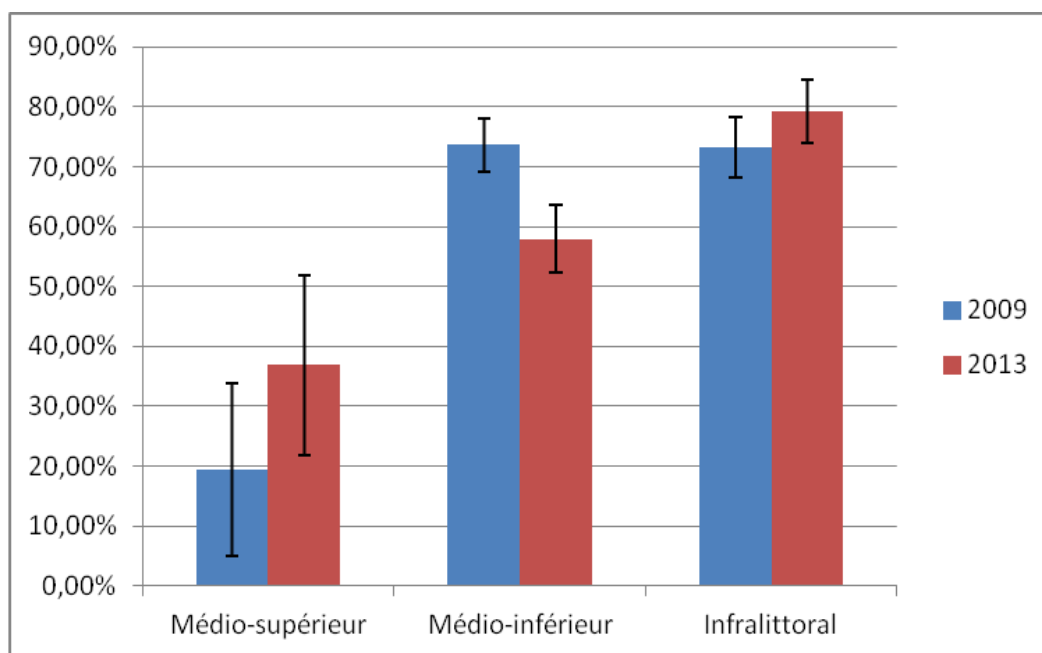


Fig. 12 : Couvertures algale moyennes par étage en 2009 et en 2013

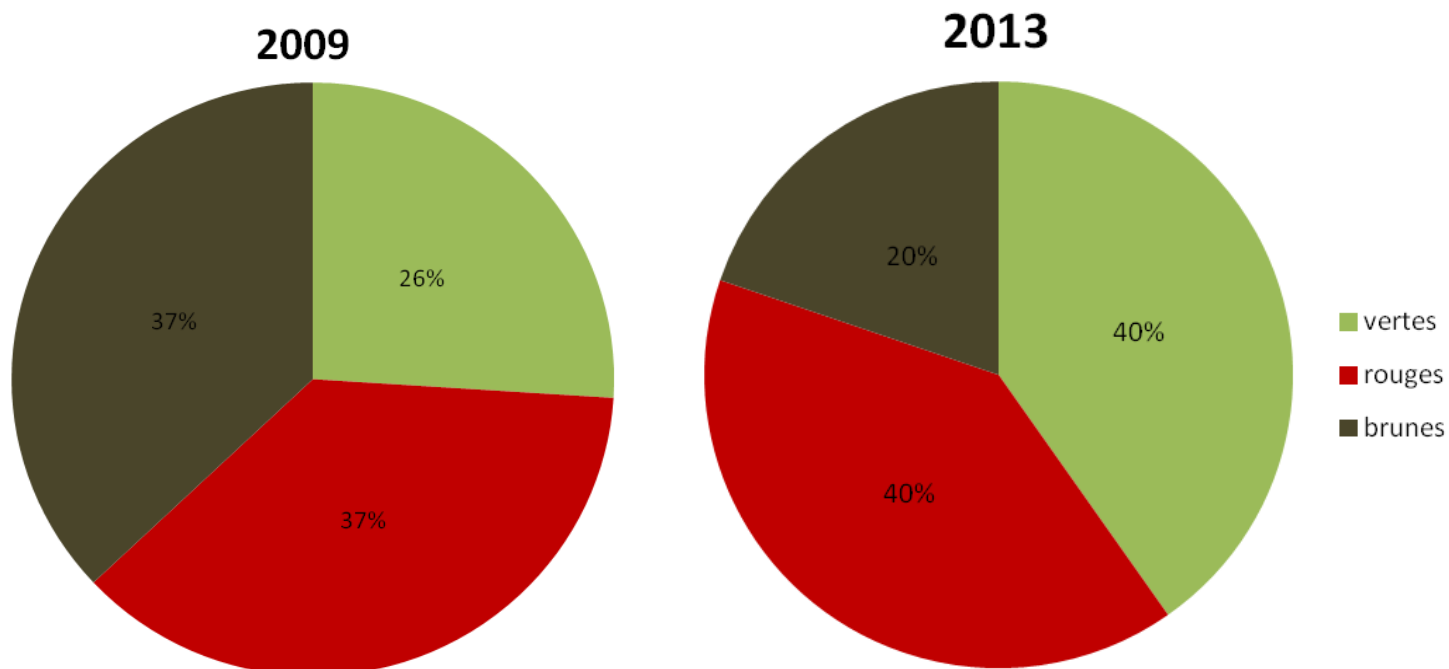


Fig. 13 : Répartition de la couverture algale entre les groupes d'algue en 2009 et en 2013

2. Relations entre la biomasse des brouteurs et la couverture algale

Les résultats des mesures de la biomasse des brouteurs sont consignés dans le tableau suivant :

Unité taxonomique	Biomasse moyenne par individu (en g)	σ	n
<i>Psammechinus miliaris</i>	72,25	11,93	4
<i>Paracentrotus lividus</i>	60,41	20,21	39
<i>Stramonita haemastoma</i>	18,78	12,94	40
<i>Patella sp</i>	11,70	7,89	60
<i>Ocenebra erinacea</i>	1,35	0,86	11
<i>Phorcus lineatus</i>	1,27	0,65	9
<i>Gibbula sp</i>	0,25	0,18	54
<i>Ocinebrina edwardsi</i>	0,25	0,06	8
<i>Nassarius reticulatus</i>	0,08	0,05	3
<i>Nassarius incrassatus</i>	0,05	0,02	7
<i>Turritella communis</i>	0,05	0,02	14
<i>Melarhaphe neritoides</i>	0,02	-	1
<i>Littorina littorea</i>	0,01	-	1

Les deux brouteurs les plus lourds sont des oursins. Plus de la moitié des taxons ont une biomasse moyenne par individu inférieure à 1g. *Littorina littorea* et *Melarhaphe neritoides* n'ayant été pesés qu'une fois ils n'ont pas été pris en compte dans le calcul de la biomasse totale.

Ces résultats rappellent l'importance de la prise en compte des différences de quantité d'énergie consommée entre les taxons, que nous avons intégré en travaillant sur la biomasse des taxons plutôt que sur leur abondance. On peut en effet raisonnablement penser qu'une seule gibbule aura moins d'effet sur la couverture algale qu'un oursin pesant en moyenne 240 fois plus qu'elle. Une étude basée sur l'abondance n'aurait pas pris en compte cet état de fait, et l'effet réel des oursins par exemple aurait été totalement masqué par le fait qu'ils soient 10 fois moins abondants que les gibbules (Fig. 9).

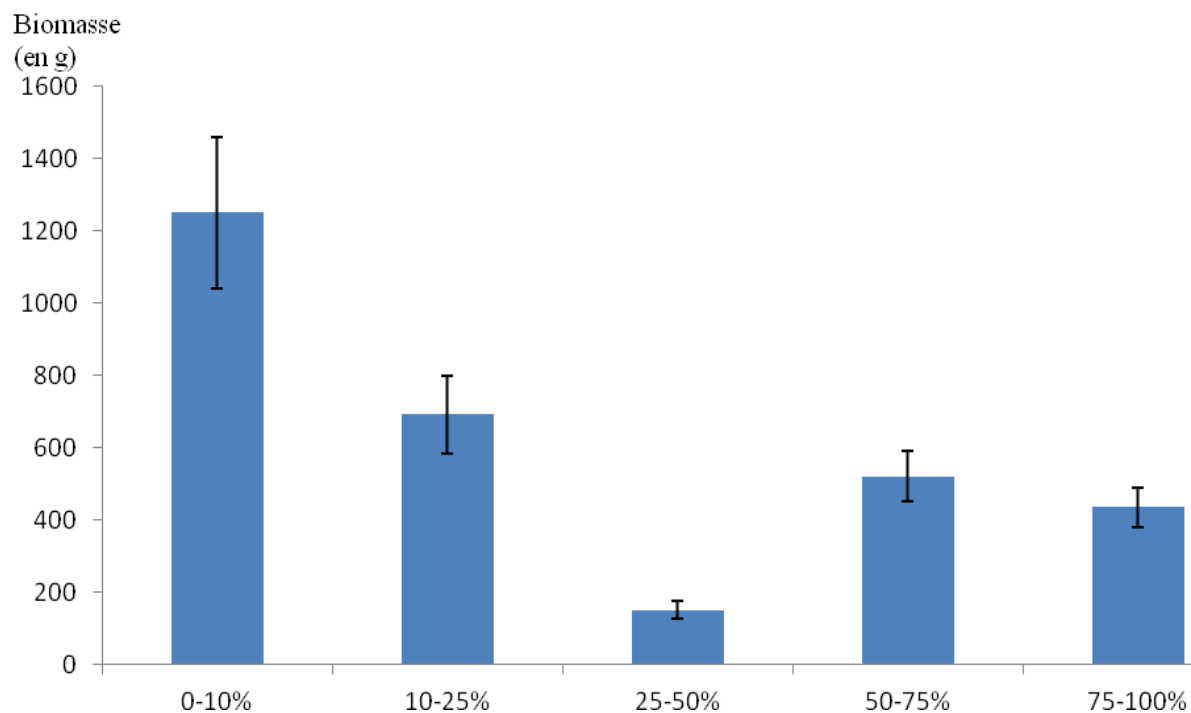


Fig. 14 : Biomasse (en g) des brouteurs en fonction du pourcentage de couverture algale sur l'ensemble du site de Guéthary

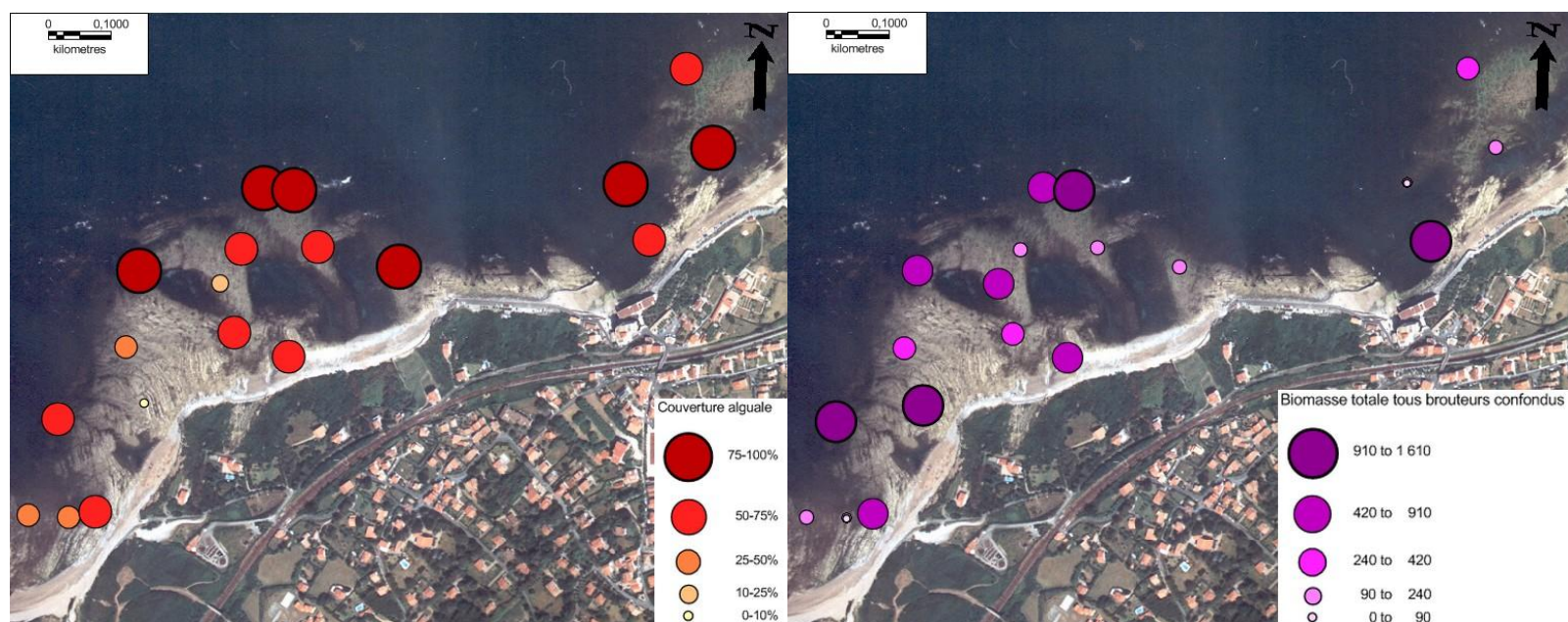


Fig. 15: Répartition de la couverture algale (à gauche) et de la biomasse moyenne (en g) de l'ensemble des brouteurs sur les stations d'échantillonnage de Guéthary

Nous avons ensuite principalement cherché à définir une éventuelle relation entre la biomasse des brouteurs et le pourcentage de couverture algale.

La première analyse a concerné la biomasse moyenne des brouteurs tous taxons confondus en fonction de la couverture algale sur l'ensemble du site de Guéthary (Fig. 14). La biomasse des brouteurs semble diminuer avec l'augmentation du pourcentage de couverture algale. La biomasse des brouteurs est trois fois plus importante dans les stations présentant moins de 10% de couverture algale que dans celles recouvertes à plus de 75%.

On observe également que les biomasses de brouteurs les plus faibles se retrouvent principalement dans les stations ayant des couvertures algales importantes (Fig. 15).

Afin de vérifier ces impressions nous avons réalisé un test de corrélation de Kendall qui nous a confirmé l'existence d'une relation négative ($\tau = -0.2566521$; $p = 0.02046$) entre la biomasse des brouteurs et le pourcentage de couverture algale. La couverture algale ne semble donc pas être le facteur limitant principal pour le développement des brouteurs sur le site. Il semblerait même que ces derniers régulent la couverture algale, puisque les stations correspondants aux plus forts pourcentages de recouvrement algal sont celles où la biomasse des brouteurs est la moins importante. A l'inverse, dans les stations où l'on observe une biomasse plus importante, la pression de broutage est suffisante pour empêcher l'établissement d'un fort pourcentage de couverture algale. Ce sont donc les brouteurs, en fonction de leur biomasse et de la pression de broutage liée, qui structurent la distribution spatiale de l'abondance algale sur le site de Guéthary.

Ce rôle de régulateur des brouteurs, accompagné d'une relation négative entre leur abondance et celle des algues, a déjà été observé lors d'études à Madère (Alves *et al.*, 2001) et en Méditerranée (*e.g.* Benedetti-Cecchi et Cinelli, 1995 ; Palacin *et al.*, 1998).

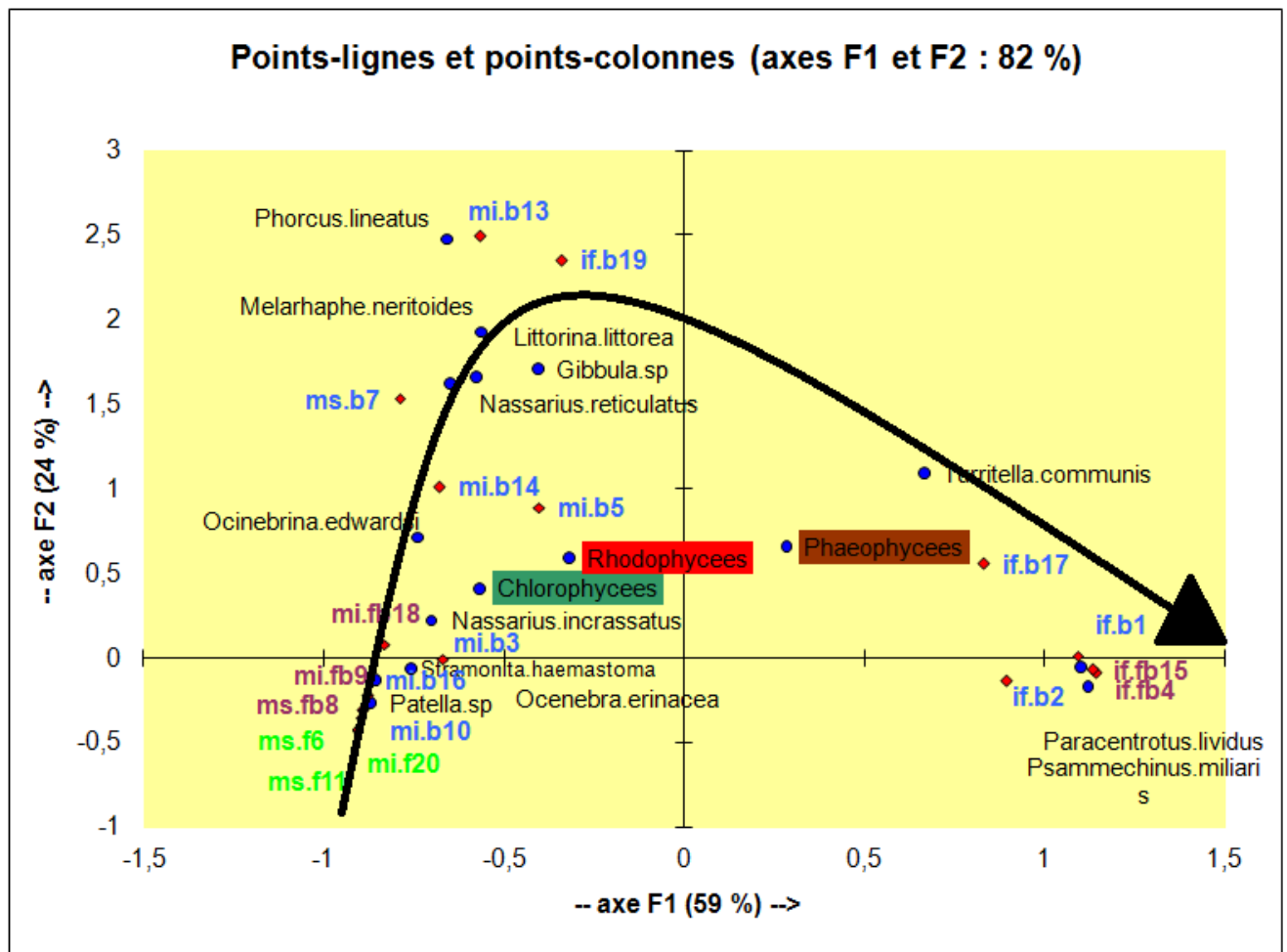


Figure 16: Relation entre la biomasse des brouteurs et les stations (ms : médio-supérieur ; mi : médio-inférieur ; if : infralittoral ; f : flyschs, en vert ; fb : flyschs/blocs, en violet ; b : blocs) au travers d'une analyse factorielle des correspondances

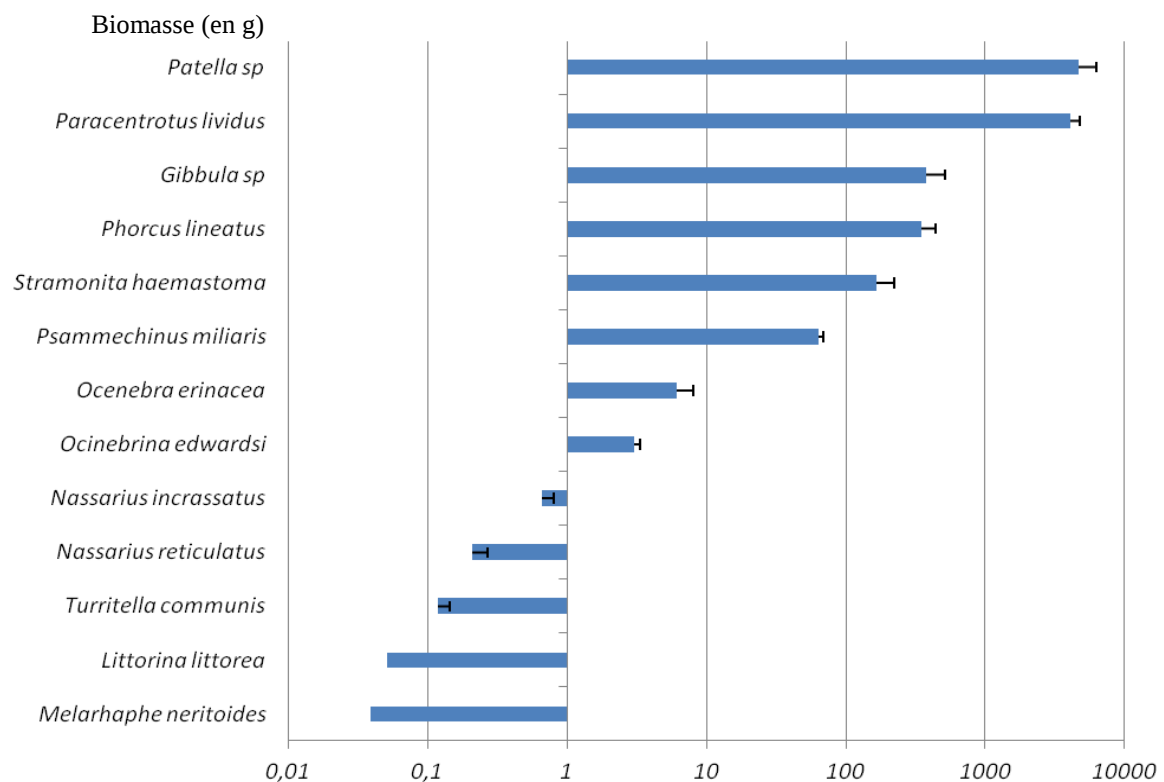


Figure 17: Biomasses relatives des brouteurs à l'échelle Log10

La zone d'étude de Guéthary représente un habitat varié, du fait de sa diversité de substrat ainsi que des variations bathymétriques inhérentes à une zone d'estran. Ces variations importantes de conditions environnementales laissent supposer que la répartition des taxons sur la zone n'est pas homogène mais dépend de leur niche écologique respective. Il nous fallait alors vérifier si la relation négative entre la biomasse des brouteurs et la couverture algale n'était pas faussée par d'autres facteurs environnementaux. Nous avons donc réalisé une analyse factorielle des correspondances (AFC) entre les taxons de brouteurs et d'algues et les stations, codées par leur étage et leur type de substrat. Elle semble effectivement montrer une répartition non homogène des brouteurs sur l'estran (Fig. 16), avec un effet Guttman mis en évidence sur l'AFC par une flèche noire. La présence d'un effet Guttman signifie que les points lignes sont fortement corrélés à l'axe principal.

L'axe F1, qui porte 59% de l'information, semble correspondre à l'étagement. Les stations de l'étage médio-supérieur sont situées à gauche, celles de l'étage infralittoral à droite, et celles de l'étage médio-inférieur entre les deux. Les unités taxonomiques qui tirent le plus l'axe F1 sont les *Patella sp.* et les *Paracentrotus lividus*, soit les deux brouteurs qui représentent le plus de biomasse (Fig. 17). La répartition de ces deux taxons serait donc soumise à un effet important de l'étage.

L'axe F2 ne porte que 24% de l'information. Il semblerait correspondre au type de substrat. Les stations de Flyschs sont les plus basses sur l'axe et les stations de Flyschs/Blocs se situent juste au dessus. Les stations de Blocs se retrouvent principalement au dessus des autres mais la démarcation est moins claire. Les unités taxonomiques qui tirent le plus l'axe F2 sont les *Gibbula sp.* et les *Phorcus lineatus*. La répartition de leur biomasse semble être influencée par le type de substrat.

L'étagement a un effet important sur la répartition de la biomasse des brouteurs, comme le montre l'effet Guttman. Le type de substrat semble aussi avoir un effet, bien que moins important. Nous avons décidé de nous concentrer sur les 3 taxons représentants le plus de biomasse, *Patella sp.*, *Paracentrotus lividus* et *Gibbula sp.*, afin d'étudier ces effets plus précisément. Les *Paracentrotus lividus* semblent clairement inféodés à l'étage infralittoral (Fig. 16). L'AFC ne permet pas d'observer une relation aussi claire pour les *Patella sp.* Il semblerait également que la répartition de la biomasse des *Gibbula sp.* soit influencée par le type de substrat mais cette relation doit être précisée.

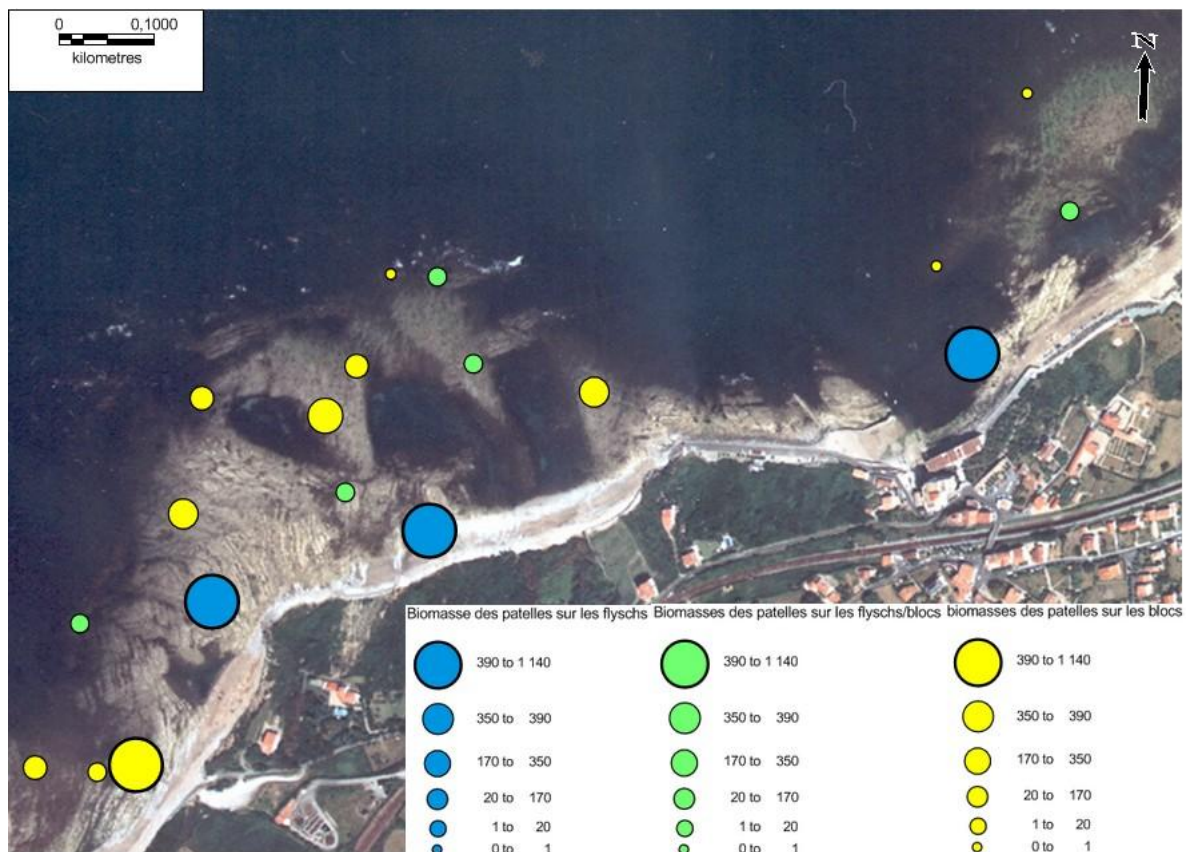


Figure 18: Répartition de la biomasse (en g) des patelles (*Patella sp*) sur le site de Guéthary

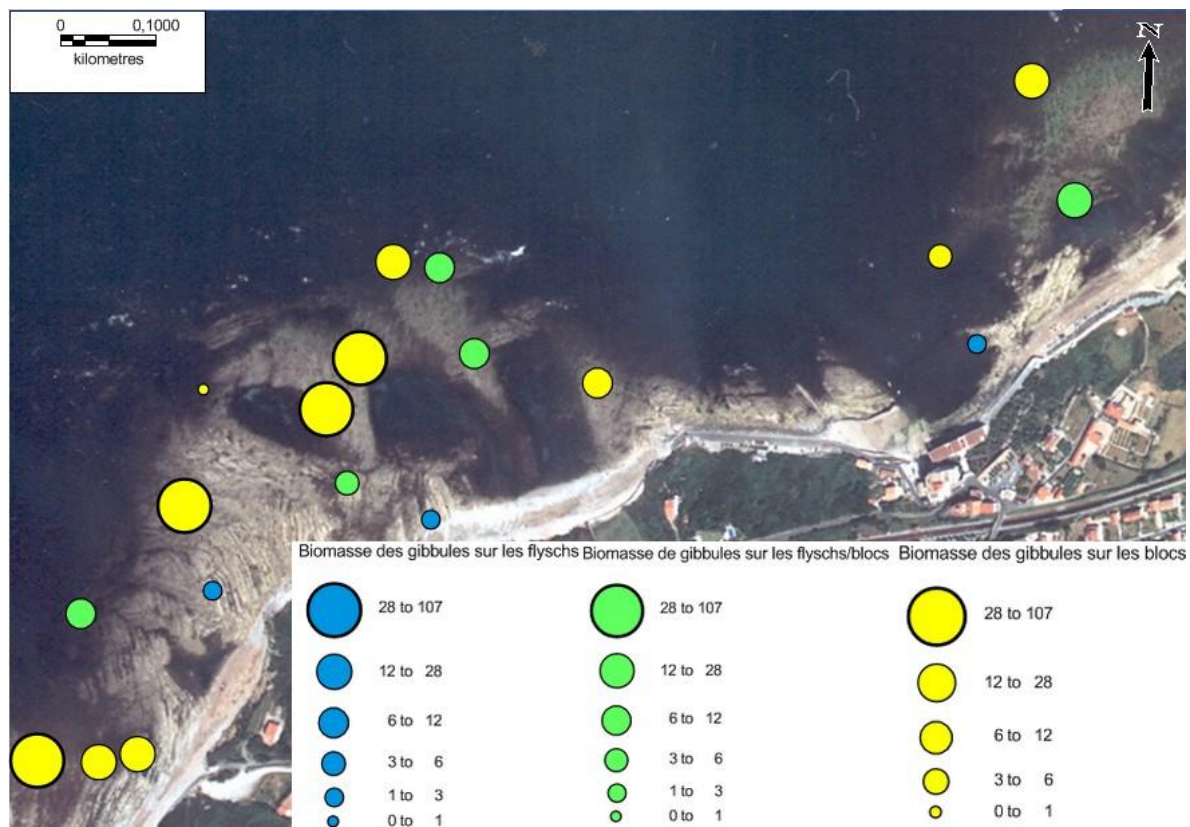


Figure 19: Répartition de la biomasse (en g) des gibbules (*Gibbula sp*) sur le site de Guéthary

Les cartes confirment l'impression donnée par l'AFC d'un effet de l'étage sur la répartition de la biomasse des patelles (Fig. 18), et d'un effet du substrat sur la répartition de la biomasse des gibbules (Fig. 19). Plus précisément, les Patelles semblent inféodées à l'étage médio-supérieur, et les Gibbules aux stations de blocs de l'étage médio-inférieur.

Des tests de Khi-deux d'indépendance ont confirmé l'effet de l'étage sur la répartition des biomasses de *Patella sp.* ($p = 2.598 \cdot 10^{-5}$), de *Paracentrotus lividus* ($p = 0.001557$) et de *Gibbula sp.* ($p = 0.04578$) ainsi que l'effet du substrat sur celle de *Gibbula sp.* ($p = 2.217 \cdot 10^{-5}$). Nous avons désormais considéré pour chacun de ces trois taxons uniquement l'étage ou le type de substrat (selon l'effet démontré) dans lequel ils sont respectivement majoritaires. Il s'agit donc de l'étage médio-supérieur pour les patelles, de l'étage infralittoral pour les oursins et des stations de blocs de l'étage médio-inférieur pour les gibbules.

Nous pouvons maintenant vérifier que la relation négative entre la biomasse de l'ensemble des brouteurs et la couverture algale n'était pas faussée, en la testant pour les 3 taxons dans leurs conditions écologiques favorables et sans effet de l'étage ou du substrat.

Nous n'avons pas testé la relation pour les *Paracentrotus lividus* car on ne retrouve que deux classes de pourcentage de couverture algale dans les stations infralittorale. Cela signifie que bien que nous disposions de 6 stations à tester, elles correspondent seulement à 2 rangs pour le test de corrélation de Kendall et sont donc insuffisantes. Ce problème ne se pose pas pour les deux autres taxons et on retrouve, indépendamment de l'étage et du type de substrat, une relation négative entre la biomasse des patelles et le pourcentage de couverture algale en médio-supérieur ($\tau = -0.6503325$; $p = 0.01968$) ainsi qu'une relation négative entre la biomasse des Gibbules et le pourcentage de couverture algale dans les blocs en médio-inférieur ($\tau = -0.5321325$; $p = 0.01464$).

Ces résultats viennent supporter l'hypothèse selon laquelle le pourcentage de couverture algale n'est pas le principal facteur limitant l'abondance des brouteurs, mais qu'à l'inverse les brouteurs régulent l'abondance des algues.

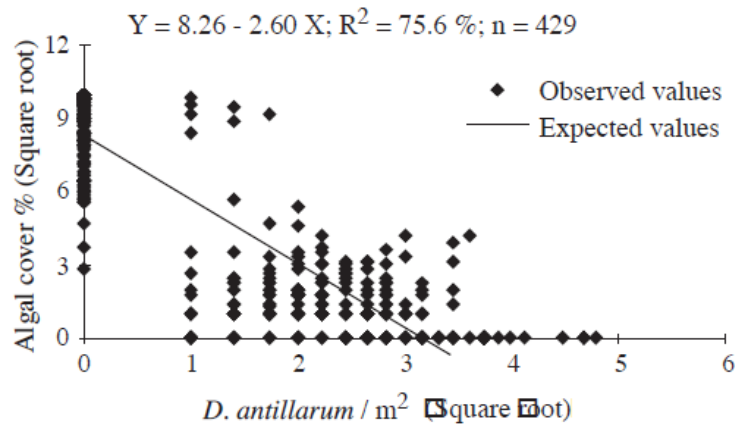


Fig. 20 : Régression linéaire entre la densité de *Diadema antillarum* et la couverture algale. $R^2 = 75.6\%$; $n = 429$. Tiré d'Alves et al.(2001)

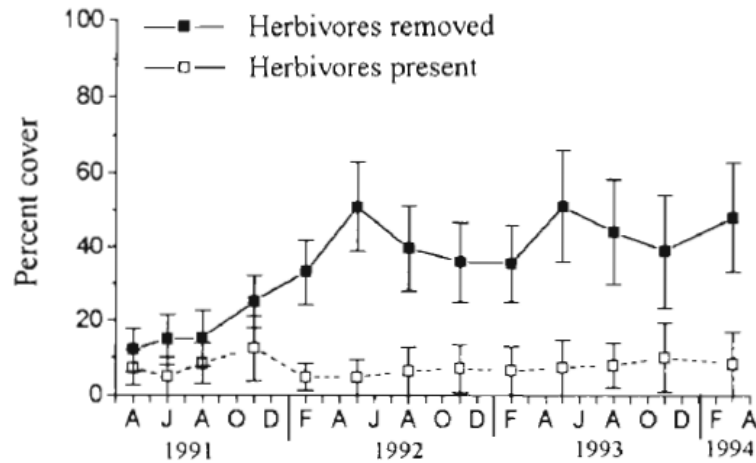


Fig. 21 : Pourcentage moyen de *Cystoseira* spp. sur les stations de l'estran rocheux au cours du temps. Tiré de Benedetti-Cecchi et Cinelli (1995)

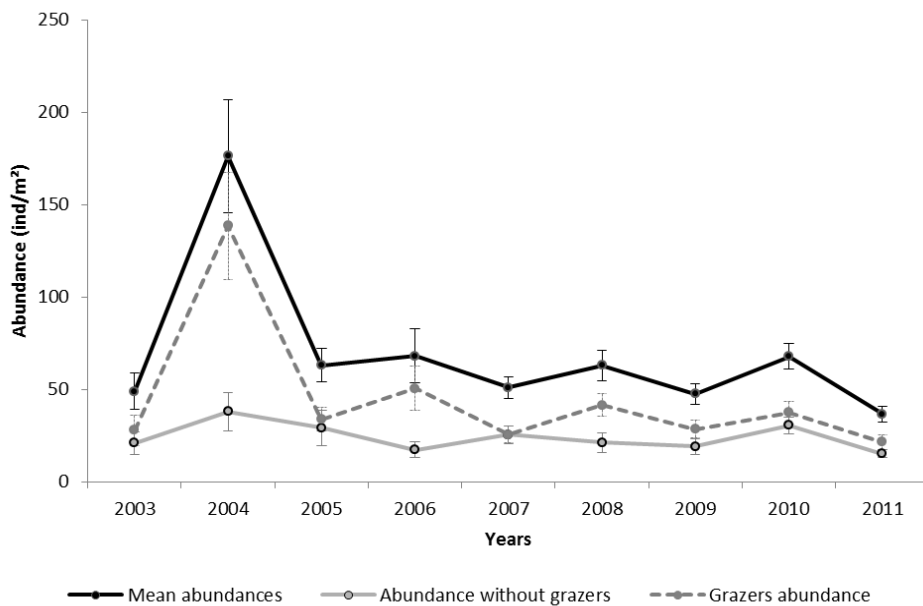


Figure 22 : Fluctuations des abondances moyennes totales, des abondances moyennes sans brouteurs et de l'abondance moyenne des brouteurs entre 2003 et 2011 dans la communauté benthique de l'estran rocheux de Guéthary. Les barres verticales représentent l'erreur standard. Tiré de Castège et al. (2013).

Une telle relation négative entre l'abondance des brouteurs et la couverture algale a également été mise en évidence par Alves *et al.* à Madère en 2001 (Fig. 20). L'étude se focalisait sur l'abondance d'une espèce d'oursin, *Diadema antillarum*. Les auteurs ont montré que les algues ne pouvaient pas atteindre des densités élevées dans les zones où l'abondance de *D. antillarum* était forte. On retrouve donc l'idée que la couverture algale ne constitue pas un facteur limitant majeur pour l'abondance d'un brouteur qui au contraire semblerait la réguler. Alves *et al.* retrouvent également une faible abondance de cet oursin dans les zones où la couverture algale est importante, et attribuent ce résultat à des facteurs secondaires comme l'exposition à la houle. Au vu de l'importance du régime de houle sur la côte Basque, il pourrait être intéressant de trouver un moyen de mesurer le degré d'exposition à la houle de nos stations d'échantillonnages, une forte exposition pouvant peut être expliquer les fortes abondances algales parfois observées.

Benedetti-Cecchi et Cinelli (1995) ont démontré le rôle de régulateur de la couverture algale des brouteurs suggéré par nos résultats en adoptant une démarche expérimentale. Ils ont mesuré l'évolution du pourcentage de couverture algale au cours du temps sur 12 stations, dont 6 dans lesquelles les brouteurs ont été retirés manuellement. Ils ont observés dans ces dernières une augmentation progressive de la couverture algale après le retrait des brouteurs, tandis que la couverture algale restait stable dans les stations avec brouteurs (Fig. 21).

Les brouteurs ont donc bel et bien un rôle de régulateur de l'abondance algale dans l'écosystème de l'estran. Ce résultat nous permet de proposer une explication à la brève explosion de l'abondance des brouteurs à Guéthary évoquée dans la première partie des résultats et mise en évidence par Castège *et al.* en 2013 (Fig. 22). L'estran aurait subi en 2003 un début d'eutrophisation consécutif à la marée noire. Elle serait due notamment à la disparition dans un premier lieu des brouteurs après la marée noire. Un phénomène semblable avait été observé après le naufrage de l'*Erika*, à Piriac-sur-mer en Loire-Atlantique (Barillé-Boyer *et al.*, 2004). Il avait été suivi d'une réapparition progressive des brouteurs, qui ont mis 3 ans à retrouver une abondance semblable à celle précédant l'accident. La couverture algale avait diminué significativement pendant ces 3 années, avant de se stabiliser en même temps que l'abondance des brouteurs, mettant encore une fois en évidence la capacité de régulation de l'abondance algale de ces derniers. La différence principale avec Guéthary est que les brouteurs y sont réapparus en très grand nombre, 5 fois plus abondants en 2004 que les autres années (Fig.22). On peut donc supposer que la couverture algale a diminué plus brutalement à Guéthary qu'à Piriac-sur-mer. La chute de l'abondance des brouteurs l'année suivante (Fig. 22) laisse penser que l'abondance des algues peut tout de même devenir un facteur limitant pour l'abondance des brouteurs si le déséquilibre entre les deux est trop important. La stabilisation des effectifs à partir de 2005 traduit certainement un retour à l'équilibre de la relation entre les brouteurs et les algues et donc la stabilisation du pourcentage moyen de couverture algale sur le site.

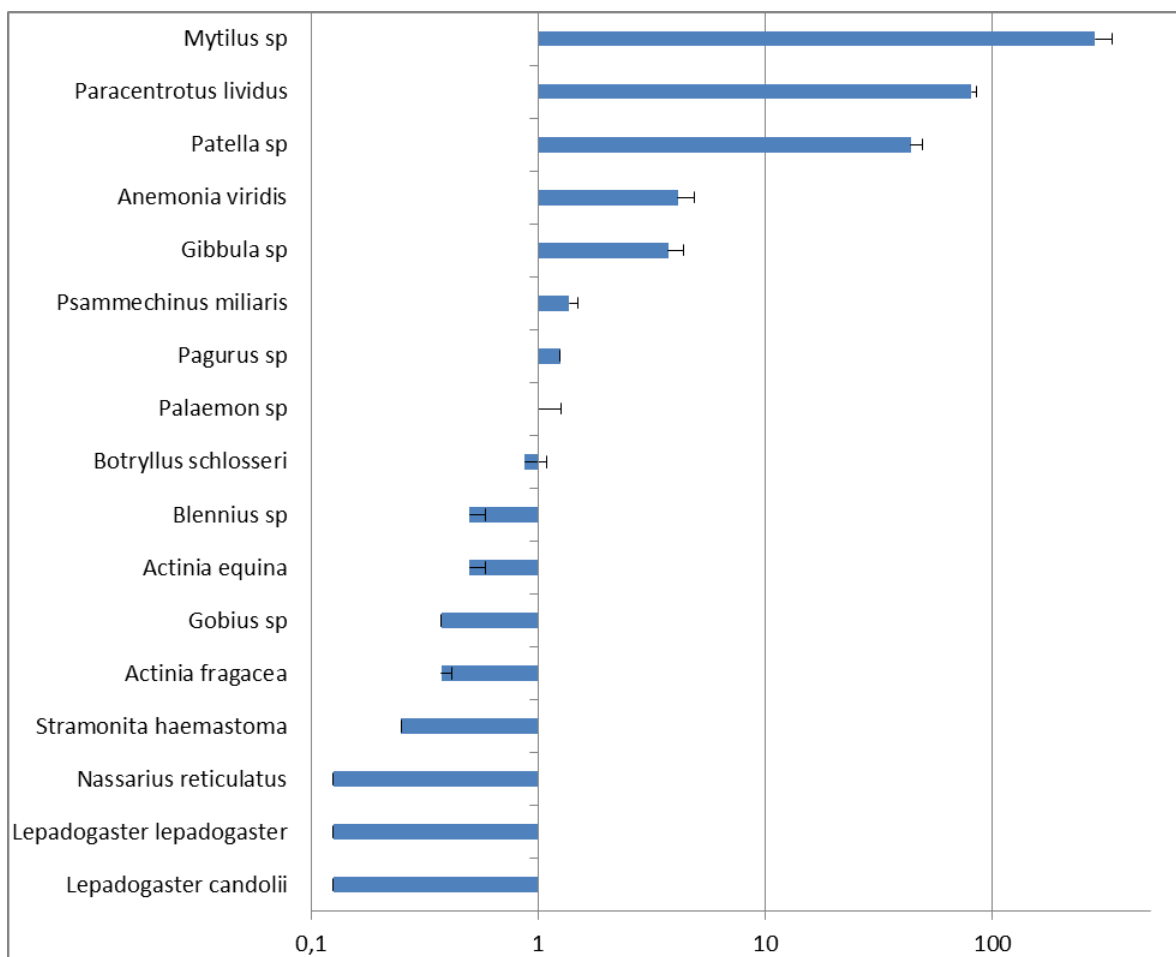


Fig. 23 : Abondances relatives (en nombre moyen d'individu par m² par station et par passage) des unités taxonomiques observées en 2013 sur l'estran du Basta, à l'échelle Log10.



Fig. 24 : Plaques de Flyschs percées de cuvettes sur l'estran du Basta

3. Résultats de l'échantillonnage de l'estran du Basta :

Nous avons retrouvé 17 unités taxonomiques sur le site du Basta à Biarritz. Nous avons observé une abondance très importante de *Paracentrotus lividus* (Fig. 23) comparée à celle de Guéthary, mais leur taille nous a semblée très inférieure. La couverture algale est composée principalement d'algues rouges, comme les stations de l'étage médio-inférieur de Guéthary. Les deux stations ne suffisent pas à établir une comparaison avec la couverture algale moyenne.

Le site de Biarritz présente de nombreuses différences avec le site de Guéthary. En effet, un seul étage est représenté, le médiolittoral inférieur; et le substrat n'est pas tout à fait comparable avec celui de l'estran de Guéthary. Il est composé de grandes plaques de flyschs horizontales percées de profondes cuvettes sableuses sans blocs (Fig. 24). Or nous avons démontré précédemment que la répartition des unités taxonomiques était étroitement corrélée à ces deux facteurs, avec un rôle plus important de l'étagement. Le Basta est également plus facile d'accès et donc potentiellement plus soumis à la pression anthropique.

Notre but étant d'avoir la zone la plus homogène possible pour limiter au maximum le nombre de facteurs secondaires influant sur la répartition de la biomasse des brouteurs et sur la structuration de la couverture algale, nous avons donc décidé de ne pas intégrer les données concernant l'estran du Basta dans les analyses précédentes.

Conclusion

Le suivi 2013 de la macrofaune benthique est le douzième d'une série débutée en 2002. 50 passages ont été réalisés sur les 22 stations d'échantillonnages situées sur les estrans rocheux de Guéthary et du Basta. Ils ont permis d'identifier 72 unités taxonomiques différentes, dont deux étaient observées pour la première fois sur l'estran, soit une abondance totale de près de 5300 individus.

L'étude avait la particularité de s'intéresser également à la macroflore, en mesurant le pourcentage de couverture algale sur les stations, en plus de l'abondance de la macrofaune. De telles mesures avaient été réalisées une première fois lors du suivi 2009 mais n'avaient pas été reproduite depuis. Le protocole mis en place à l'époque a été repris afin de permettre les comparaisons. Le site est recouvert à 61% en moyenne, avec une prédominance des algues vertes et rouges (40% du total chacune) sur les algues brunes (20% du total). Si l'abondance n'est pas significativement différente de celle relevée en 2009, une variation a été observée dans la composition taxonomique de la couverture algale, la proportion d'algues vertes étant supérieure en 2013.

Le parti a été pris dans cette étude de s'intéresser au fonctionnement de l'écosystème de l'estran, après des années consacrées à l'étude de l'impact du naufrage du *Prestige*. La prise en compte de la macroflore dans le suivi était donc essentielle puisqu'elle a permis d'étudier les relations entre les consommateurs primaires de l'écosystème, les brouteurs, et les producteurs primaires, les algues.

Une corrélation négative a été démontrée entre la répartition spatiale de la biomasse des brouteurs et le pourcentage de couverture algale. Ce résultat, complété par ceux tirés de la littérature, nous apprend que l'abondance algale ne constitue pas le principal facteur limitant l'abondance des brouteurs. A l'inverse, les brouteurs régulent la couverture algale.

L'explosion de la couverture algale suspectée après la marée noire de 2002 illustre bien l'importance de la régulation de l'abondance algale par les brouteurs. Leur disparition menacerait l'écosystème d'une eutrophisation rapide. Il est donc important de pérenniser les estimations de la couverture algale, peu chronophages, lors des prochains suivis. Il est en effet nécessaire d'avoir un recul plus important pour expliquer précisément les causes des variations de l'abondance des brouteurs et des algues et leurs effets éventuels sur le reste de l'écosystème.

Enfin, il pourrait être intéressant d'étudier de manière plus poussée les relations producteurs primaires /consommateurs primaires sur l'estran. On peut par exemple se demander pourquoi la couverture algale n'est pas homogène sur l'ensemble du site ? Une hypothèse, posée dans la littérature, proposant de considérer que l'exposition à la houle diminue l'abondance des brouteurs et permet des couvertures algales importantes, pourrait ainsi être testée sur le site.

Références

Bibliographie :

Alves, F., Chicharo, L., Serrao, E., & Abreu, A. (2001). Algal cover and sea urchin spatial distribution at Maseira Island. *Scientia Marina* **65** (4) : 383-392.

Aragües, A., & Huguet, T. (2011). *Etude de la répartition de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et analyse comparative*. Rapport de licence biologie des organismes, UPPA, 42p.

Baird, D., Evans, P., Milne, H., & Pienkowski, M. (1985). Utilization by shorebirds of benthic invertebrate production in intertidal areas. *Oceanography Marine Biology Annual Review*, **23** : 573-597.

Barillé-Boyer, A., Gruet, Y., Barillé, L., & Harin, N. (2004). Temporal changes in community structure of tide pools following the "Erika" oil spill. *Aquatic Living Resources* , **17** (3) : 323-328.

Benedetti-Cecchi, L., & Cinelli, F. (1995). Habitat heterogeneity, sea urchin grazing and the distribution of algae in littoral rock pools on the west coast of Italy. *Marine Ecology Progress Series* , **126** : 203-212.

Berdoulay, M., & Landabure, B. (2007). *Etude de la macrofaune benthique de l'estran rocheux (zone de cantonnement) de Guéthary : suivi et analyse comparative*. Rapport de master dynamique des écosystèmes aquatiques, UPPA, 45p.

Castège, I., Milon, E., & Pautrizel, F. (2013). Reponse 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 II - Special Issue - Oceanography of the Bay of Biscay* , In proof.

Cazemajou-Tournie, M., & Remazeilles, M. (2012). *Etude de la macrofaune benthique sur l'estran de Guéthary et analyses comparatives*. Rapport de licence de biologie des organismes, UPPA, 72p.

Clavier, S., & Saez, S. (Etude de la macrofaune benthique de l'estran rocheux de Guéthary : suivi et analyse comparative). 2005. Rapport de maîtrise de biologie des organismes et des populations, UPPA, 20p.

Dame, R. (1996). Ecology of marine bivalves : An ecosystem approach. *CRC Press* .

- De Casamajor, M., & Lissardy, M. (2008). *Typologie des champs d'algues sur la côte basque. Approche surfacique*. Anglet: DCE - IFREMER/LHRA.
- Evans, P., Goss-Custard, J., & Hale, W. (1984). *Coastal wader and wildfowl in winter*. Cambridge University Press, 342p
- Gautier, J., & Peru, E. (2006). *Etude de la macrofaune benthique sur l'estran rocheux de Guéthary : suivi et analyse comparative*. Rapport de master dynamique des écosystèmes aquatiques, UPPA, 30p.
- Goss-Custard, J. (1980). Competition for food and interference among waders. *Ardea*, **68** : 31-52.
- Hayward, P., Nelson-Smith, T., & Schields, C. (2009). *Guide des bords de mer, Mer du Nord, Manche, Atlantique, Méditerranée*. Delachaux et Niestlé, 357p.
- Henry, F., & Dix, J. (2009). *Inventaire de la faune et de la flore de site de l'estran du Guéthary*. Rapport de licence de biologie des organismes, UPPA, 45p.
- Lacamoire, T., & Raphanel, O. (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 populations et des écosystèmes, UPPA, 19p.
- Lamarque, E. (2007). *Etude de la macrofaune benthique dans les cuvettes de l'estran de Guéthary*. Rapport de licence professionnelle biologie appliquée aux écosystèmes exploités, UPPA, 41p.
- Le Duigou, M. (2010). *Influences écologiques de la pêche à pied récréative sur l'île d'Oléron : Impact du retournement des blocs rocheux intertidaux sur les assemblages benthiques associés*. Université de La Rochelle, Journées nationales Pêche Récréatives, Rochefort.
- Libier, M., & Irola, S. (2003). *Recensement quantitatif de la faune benthique du cantonnement de pêche de Guéthary*. Rapport de maîtrise de biologie des populations et des écosystèmes, UPPA, 21p.
- Malagnoux, E., & Papot, C. (2010). *Suivi des biocénoses benthiques sur l'estran de Guéthary et mise en place d'un plan d'échantillonnage au Viviers Basques*. Rapport de licence de biologie des organismes, UPPA, 22p.
- Palacin, C., Giribet, G., Carner, S., Dantard, L., & Turon, X. (1998). Low densities of sea urchin influence the structure of algal assemblages in the western Mediterranean. *Journal of Sea Research*, **39** (3-4) : 281-290.

Puente, A., Juanes, J., Calderon, G., Echavarri-Erasun, B., Garcia, A., & Garcia-Castrillo, G. (2009). Medium-term assessment of the effects of the Prestige oil spill on estuarine benthic communities in Cantabria. *Mar. Poll. Bull* , **58** (4) : 487-495.

Schouinard, 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 écosystèmes aquatiques, UPPA, 37p.

Sturbois, A., & Ponsero, A. (2011). *Synthèse ornithologique de la baie de Saint-Brieuc, phénologie et évolution des effectifs sur la période 1970-2010*. Réserve Naturelle de la Baie de St-Brieuc, 83p.

Sites internet :

<http://www.habitas.org.uk/marinelife>

<http://species-identification.org>

<http://www.cotebleue.org>

<http://www.ermma.fr>

<http://www.marlin.ac.uk>

Annexe 1 : Liste des stations d'échantillonnages, de leurs coordonnées (en degrés décimaux) et de l'étage auquel elles correspondent

Station	Coordonnées (en degrés décimaux)		Etage
	Ouest	Nord	
1	-1.6170	43.4276	Infralittoral
2	-1.6194	43.4264	Infralittoral
3	-1.6196	43.4252	Médio-supérieur
4	-1.6164	43.4276	Infralittoral
5	-1.6174	43.4267	Médio-supérieur
6	-1.6164	43.4252	Médio-inférieur
7	-1.6178	43.4262	Médio-supérieur
8	-1.6175	43.4255	Médio-supérieur
9	-1.6159	43.4268	Médio-inférieur
10	-1.6143	43.4266	Médio-inférieur
11	-1.6192	43.4244	Médio-supérieur
12	-1.6129	43.4266	Infralittoral
13	-1.6214	43.4227	Médio-inférieur
14	-1.6206	43.4227	Médio-inférieur
15	-1.6209	43.4241	Infralittoral
16	-1.6201	43.4228	Médio-inférieur
17	-1.6088	43.4297	Infralittoral
18	-1.6082	43.4286	Médio-inférieur
19	-1.6099	43.4280	Infralittoral
20	-1.6094	43.4272	Médio-inférieur
21	-1.5639	43.4840	Médio-inférieur
22	-1.5636	43.4840	Médio-inférieur

Annexe 2 : Exemples tirés du guide d'identification réalisé au cours du stage

Mollusques

Littorina littorea :

- Taille jusqu'à 3cm
- Coquille conique spiralée, bombée, à apex pointu
- 5 à 6 tours séparés par une suture peu profonde
- Léger relief de fines stries sombres et claires alternées
- Couleur dominante noire ou gris foncé chez l'adulte, crème à brun roux chez le jeune
- Labre épais, columelle blanche et lisse, opercule corné



Melarhapheneritoides (anciennement *Littorina neritoides*) :

- Taille de 3 à 4 mm / Diamètre de 2 à 3 mm
- Coquille turbinée à spire haute et pointue (jusqu'à 6 tours)
- Ouverture ronde côté dernier tour, pointue côté apex
- Couleur gris-bleuté (coquille sèche) ou noire (coquille humide) avec des reflets bleus
- Opercule corne en forme d'une goutte



Mollusques

Marshallora adversa :

- Taille jusqu'à 7mm
- Environ 15 tours de spire, à apex brusquement aminci
- Tours inférieurs ont chacun de tubercules spirales



Turritella communis :

- Taille : jusqu'à 5.5 cm de long / largeur maximum de 1 cm
- Coquille allongée, conique, en pointe fine, environ 20 tours de spire
- Nombreuses rainures spiralées
- Ouverture étroite et carrée
- Opercule frangée
- Couleur du brun au blanc



Résumé :

Cette étude fait partie d'un suivi annuel de la macrofaune benthique de l'estran de Guéthary démarré en 2002. Cette année, comme en 2009, la macroflore a également été étudiée. Des comparaisons ont ainsi pu être effectuées d'une année sur l'autre.

Le macrobenthos joue un rôle important dans les écosystèmes côtiers. Une bonne compréhension de son fonctionnement est capitale pour développer une gestion efficace de ces écosystèmes.

Nous avons principalement cherché à étudier le fonctionnement de l'écosystème de l'estran, à travers la relation producteurs primaires / consommateurs primaires. Nous avons ainsi pu mettre en évidence une corrélation négative entre les répartitions spatiales des algues et des brouteurs, par le biais de la couverture algale et de la biomasse de brouteurs relevées sur les 20 stations d'échantillonnages du site.

Mots-clefs : macrofaune benthique, macroflore, estran rocheux, couverture algale, abondance de brouteurs

Abstract :

This study is part of an annual survey of the benthic macrofauna of the Guethary foreshore started in 2002. This year, as in 2009, the macroflora has also been studied. Comparisons over years thus could be realized.

Macrobenthos is a key part of coastal ecosystem. A great understanding of its functioning is essential to carry out an efficient management of these ecosystems.

The main aim of our work is to study the functioning of the foreshore ecosystem, through the relation between primary producers and primary consumers. So we could show a negative correlation between algae and grazers spatial distribution, using algal cover and grazers biomass measurements on the 20 sample spots over the area.

Key-words : benthic macrofauna, macroflora, rocky foreshore, algal cover, grazers abundance