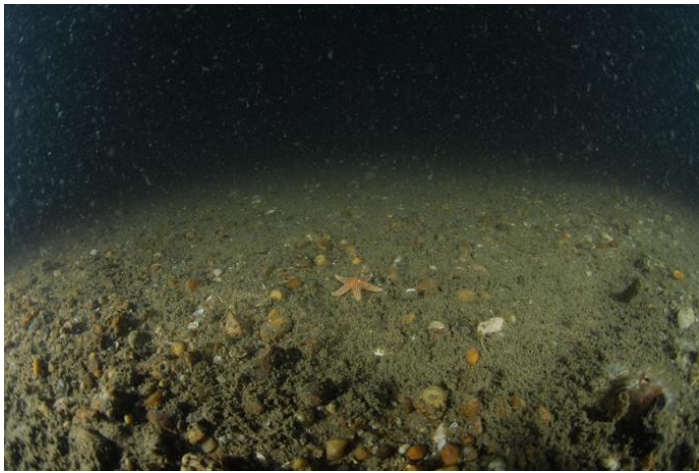


Projet de parc éolien en mer de Saint-Nazaire -Banc de Guérande – Etat initial, effets, impacts et mesures



Erwan AMICE© TBM/CNRS



Sommaire

1	Introduction.....	4
2	Etat initial.....	5
2.1	Acquisitions et analyse des données.....	5
2.1.1	Outils et techniques mis en œuvre.....	5
2.1.2	Stratégie d'acquisition des données	12
2.1.3	Analyses sédimentaires et biologiques.....	20
2.2	Résultats.....	28
2.2.1	Substrats meubles	28
2.2.2	Substrats rocheux 2013	65
2.2.3	Comparaisons 2013-2014.....	75
2.2.4	Habitats inventoriés et espèces.....	78
	84
2.3	Enjeux et conclusions	97
3	Analyses des effets du projet	102
3.1	Analyse des effets et évaluation des impacts : phase travaux	102
3.1.1	Destruction des habitats et des espèces et capacité de recolonisation.....	103
3.1.2	Altération de la qualité du milieu marin.....	116
3.2	Analyse des effets et évaluation des impacts : phase exploitation	119
3.2.1	Effets et impacts liés aux variations et/ou modifications des courants et effets d'affouillement.....	119
3.2.2	Effets des variations thermiques et des champs magnétiques.....	122
3.2.3	Effets de la présence physique des installations.....	124
3.2.4	Effets des opérations de maintenance	124
3.3	Analyse des effets : phase de démantèlement	125
4	Mesures de suivis (travaux et phase exploitation).....	126
4.1.1	Mesures de suivis des habitats et de la qualité du milieu.....	126
4.1.2	Mesures prises en cas de pollution accidentelles	128
5	Réserve.....	129
6	Bibliographie.....	130
6.1	Etat initial	130
6.2	Impacts/mesures	132

7 Figures et tableaux 133

1 Introduction

Dans le cadre du lot n° 5 dit « Saint-Nazaire » proposé dans le cahier des charges de l'appel d'offres n° 2011/S 126-208873 du 11 juillet 2011, est projeté l'implantation d'un parc éolien en mer de 80 éoliennes, pour une puissance totale installée de 480 MW. Le projet est prévu à environ 12 km au Sud de la Côte Sauvage du Croisic, sur le banc de Guérande (Carte 1). Une étude d'impact environnementale au titre du code de l'environnement est nécessaire pour obtenir l'autorisation d'exploiter le domaine public maritime. Ainsi, des expertises scientifiques sont requises sur plusieurs volets et notamment sur le compartiment benthique.

L'objectif de cette étude est d'établir une situation de référence des biocénoses marines sur le site d'implantation et sur des sites témoins. Ainsi, un état de conservation sera défini et des suivis pourront être réalisés en se basant sur un état initial le plus exhaustif possible à la fois sur les biocénoses de fond meuble et de fond rocheux. De plus, cette étude permet d'une part, de faire le point sur les données existantes, et d'autre part, d'acquérir de nouvelles données. L'ensemble de ces données est pris en compte pour apprécier la richesse du patrimoine naturel du site ainsi que l'état de conservation des habitats inventoriés.

Le rapport détaille les méthodes et moyens mis en œuvre pour permettre de dresser une cartographie détaillée des habitats et d'avoir des données quantitatives pour assurer un suivi et permettre d'apprécier l'état de conservation. Les résultats sont présentés de manière détaillée. Ce rapport indique également les résultats obtenus lors du suivi 2014. Un suivi a été en effet entrepris pour étudier la variabilité interannuelle.

Cette étude vise aussi à constituer une référence précise permettant :

- d'établir l'état initial du site en terme d'habitats, d'espèces marines patrimoniales, en déclin ou menacées,
- d'évaluer leur état de conservation ainsi que les enjeux de conservation,
- de permettre d'évaluer les enjeux et les impacts sur le site du projet,
- de proposer des mesures d'évitement de réduction voire de compensation et d'accompagnement.

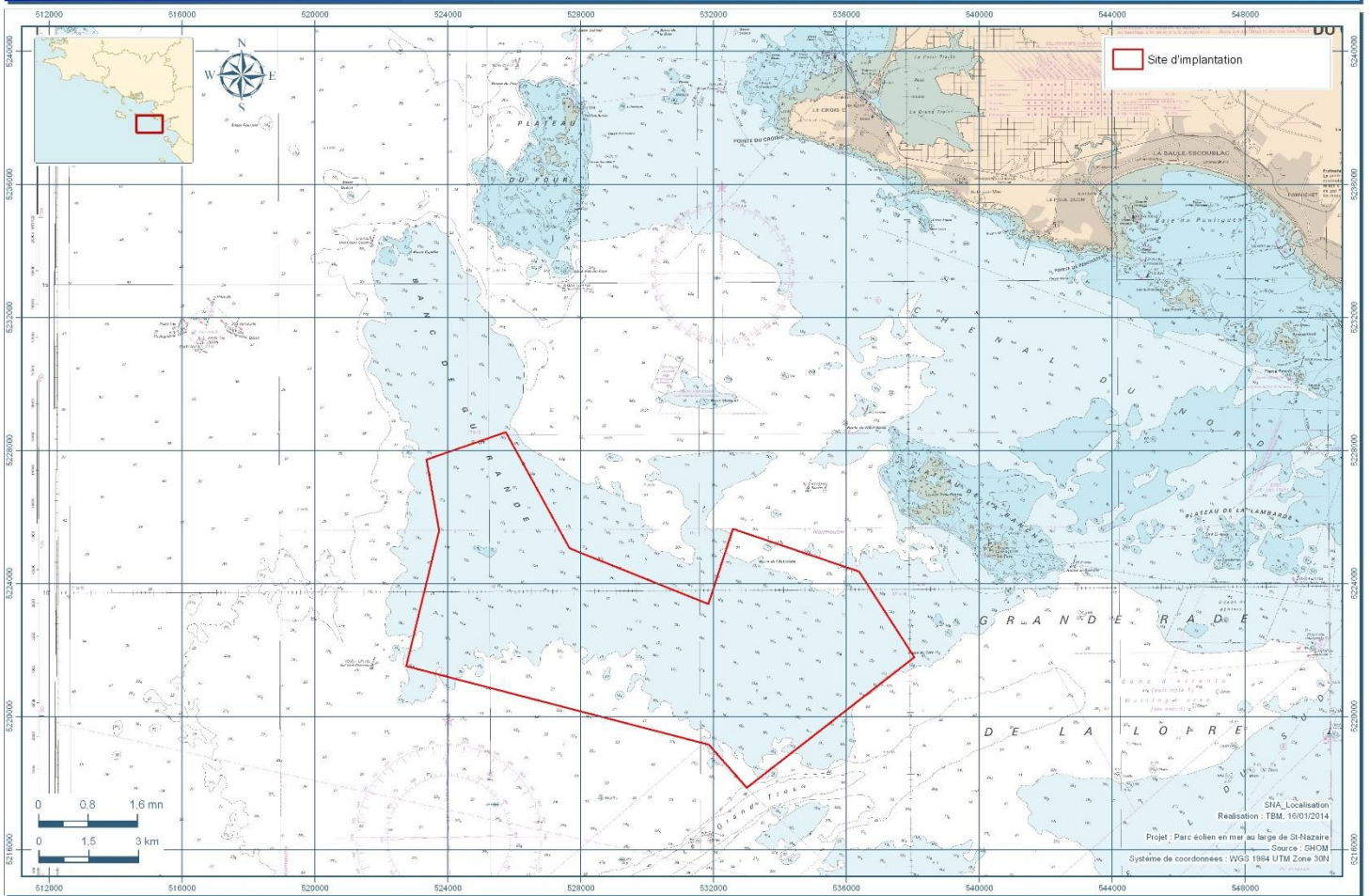


Figure 1 : Périmètre d'étude

2 Etat initial

2.1 Acquisitions et analyse des données

2.1.1 Outils et techniques mis en œuvre

2.1.1.1 Moyens nautiques



Les investigations d'imagerie vidéos et les prélèvements biosédimentaires ont été réalisés du 22 au 25 avril 2013 depuis le port de Pornichet, à bord du navire « Tzigane 2 » (NA927050).

Figure 2: Tzigane 2

Les campagnes « plongées » se sont déroulées sur plusieurs périodes du 17 au 21 juin 2013, les 26 et 27 juin 2013, les 1 et 2 juillet 2013 et les 8 et 9 juillet 2014 depuis le port de Pornichet, à bord du navire « Marina II ».

2.1.1.2 Outils d'imagerie vidéo

Une caméra vidéo couleur a été utilisée avec ou sans les LEDS incorporées (matériel conforme à la norme AFNOR NF-EN16260, décembre 2012, Figure 3). Les LEDS n'ont pas été utilisées lorsque la turbidité engendrait un effet de brillance. La caméra est fixée sur un bâti vertical (structure métallique conique) pour être utilisée en point fixe ou en dérive (suspendu au-dessus du fond). Les films sont sauvegardés sur support numérique (i.e. disque dur externe). La caméra sous-marine a été utilisée afin de valider les faciès et d'acquérir des informations complémentaires sous forme d'images (faune/flore).



Figure 2 : Caméra sous-marine. (Cliché TBM)

2.1.1.3 Engins de prélèvements sédimentaires et biologiques

Pour les prélèvements bio-sédimentaires, deux types d'engins ont été utilisés : drague et benne. La drague a servi à échantillonner des stations dites semi-quantitatives et à étudier à la fois l'endofaune et l'épifaune, alors que la benne a permis d'échantillonner des stations dites quantitatives permettant l'étude plus précise de l'endofaune.

- Données qualitatives : Drague Rallier du Baty (Figure 4)

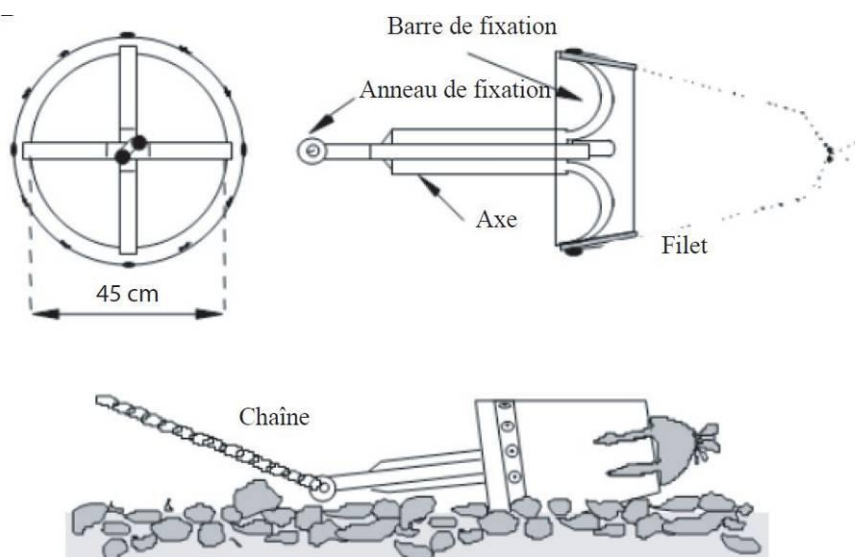


Figure 4 : Drague Rallier du Baty (Cliché TBM) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)

Cet engin trainant permet d'échantillonner sur une large variété de substrats et de déterminer dans de nombreuses situations les espèces indicatrices des principales unités de peuplement et de leurs divers faciès ; il a été utilisé comme engin de prélèvements durant l'exploration des peuplements benthiques de la Manche (Cabioch, 1968) et le Golfe de Gascogne (Glémarec, 1969) et CARTHAM. Cette drague est constituée d'un cylindre métallique robuste de 45 cm de diamètre sur lequel est placé un filet qui permet la récolte du sédiment tout en permettant l'évacuation de l'eau. Le cylindre est relié par un axe central à un anneau métallique sur lequel est fixé le gréement. Simple d'utilisation, elle a été utilisée pour les prélèvements dits « qualitatifs » dans le but de préciser les habitats biosédimentaires et d'étudier la macro- et la mégafaune associées.

Dans cette intention, pour chaque station qualitative échantillonnée, un volume moyen de 30 litres de sédiment est tamisé, directement sur le bateau, sur des tamis de maille décroissante (10, 5 et 2 mm) (Figure 5). Seules les espèces présentes sur les deux premiers tamis sont déterminées et dénombrées à bord (tri exhaustif). Les



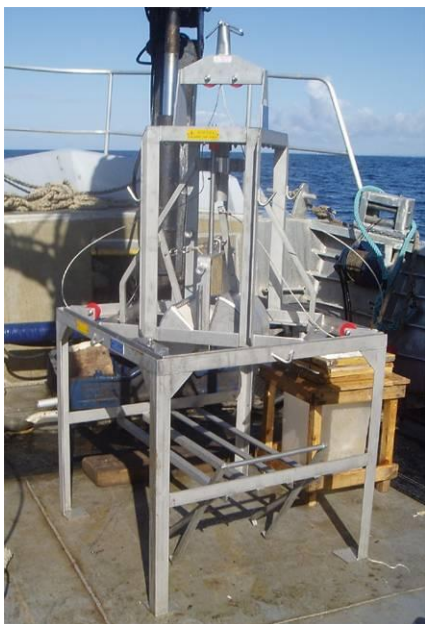
données ainsi acquises sur l'ensemble du site d'étude fournissent une excellente représentation qualitative de la distribution des espèces macrobenthiques et apportent parfois une information semi-quantitative sur le niveau d'abondance des espèces les plus communes. Ce protocole a été largement utilisé par Cabioch (1968), Glémarec (1969), Gentil (1976) ou Retière (1979) pour la cartographie et l'étude des peuplements en Manche-Atlantique. Le refus de 2 mm a été gardé et formolé pour des analyses en laboratoire.

Figure 3 : Table de tri (Cliché TBM)

Des photographies des sédiments avant le passage sur les tamis, ainsi que des prélèvements de sédiment pour l'analyse de la granulométrie et de la matière organique ont été faites pour chaque station.

- Données quantitatives : Benne Smith Mc-Intyre (Figure 6)

Cette benne a été utilisée pour l'échantillonnage quantitatif des peuplements benthiques (macrofaune des sédiments : sables, vases, graviers), aux stations dites « quantitatives ». Cet engin de prélèvement est très couramment employé pour prélever des sédiments de nature variée : depuis des sédiments vaseux jusqu'aux graviers.



*Figure 4 : Benne Smith Mc-Intyre et benne Hamon
(Cliché TBM)*

Les prélèvements « quantitatifs » réalisés pour une analyse précise de la faune et pour une évaluation de l'état de conservation des habitats, ont été effectués conformément à :

- la norme NF EN ISO 16 665 « Qualité de l'eau - Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles »,
la Fiche Contrôle de surveillance Eaux côtières Invertébrés Substrats meubles, « Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Etat des lieux et propositions, District Loire-Bretagne, REBENT, Ifremer ».

Ainsi, quatre répliquats ont été réalisés :

- trois pour déterminer et caractériser la faune benthique,
- un pour l'analyse granulométrique et des analyses physico-chimiques.

Chaque répliquat, destiné à l'analyse de la macrofaune, a été passé sur un tamis de maille carrée de 1 mm puis conditionné en flacon plastique étiqueté. La méthode de fixation s'est faite dans une solution formolée (solution d'eau de mer à 6-8 % de formol). Chaque échantillon, destiné à la caractérisation du sédiment et à son analyse physico-chimique, est conditionné conformément aux recommandations du laboratoire agréé (IDHESA-Brest) pour réaliser l'analyse chimique. Les échantillons sont réfrigérés avant dépôt dans les meilleurs délais à ce laboratoire afin notamment de garantir les agréments NF et COFRAC.

2.1.1.4 Inventaires en plongée

Pour les sessions de plongées, nous avons mis en œuvre les moyens techniques et humains nécessaires à la réalisation de cette mission (trois plongeurs scientifiques, une personne titulaire du permis côtier, des moyens nautiques adaptés, matériels, etc.). Plusieurs types d'inventaires ont été réalisés par plusieurs équipes : la Station de Biologie Marine de Concarneau (MNHN) et par TBM.

- Inventaires MNHN

Des opérations ont été effectuées par la Station de Biologie Marine de Concarneau. La personne référente pour la Station Marine de Concarneau est Sandrine Derrien-Courtel qui est en charge des suivis REBENT et DCE pour le milieu subtidal rocheux. Sur ces stations, différents types d'action ont eu lieu à savoir des transects en plongée selon la méthode de l'ECBRS (méthode issue des protocoles REBENT et DCE servant à l'évaluation de l'état de santé, Derrien-Courtel et al., 2011) et des inventaires ZNIEFF-mer sont également réalisés.

Des mesures qualitatives et quantitatives sont effectuées in situ sur des quadrats de 0,25 m² (0.5m x 0.5m). L'échantillonnage est réalisé sur platier, au sein de chaque ceinture, à raison de 10 quadrats positionnés de manière aléatoire (tout en évitant les failles, les pentes abruptes et le sédiment). En effet, en raison de la configuration du banc de Guérande (faible pente du plateau), plutôt que d'effectuer des relevés le long de transects, nous avons privilégié la réalisation systématique de 10 quadrats par site, au sein de la ceinture présente.

Quatre types de relevés sont retenus :

- le relevé quantitatif sur quadrats de la flore et la faune fixées et semi-vagiles sur substrat rocheux. Les espèces en épibiose sur d'autres organismes fixés ne sont pas prises en compte.
- le relevé semi-quantitatif de la faune vagile (poissons, mammifères marins, etc.). Les espèces observées sont listées et associées à un indice d'abondance de type : A+ (Très Abondant), A (Abondant), C (Commun), P (Présent) et R (Rare).
- Dans le cadre du relevé quantitatif sur quadrats de la strate arbustive, en plus du dénombrement des individus, deux espèces de laminaires, *Laminaria hyperborea* et *Laminaria ochroleuca* font l'objet d'une mesure de la longueur de leur stipe.
- Enfin, lorsque la linaire *Laminaria hyperborea* est présente, des mesures de longueur des stipes et de surface totale des épibioses qui les colonisent sont réalisées sur 10 individus répartis au sein de la ceinture de l'infralittoral supérieur, et sélectionnés de manière aléatoire.

L'application de ce protocole a permis d'étudier les paramètres suivants :

- Les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales présentes, quand la topographie du site le permet.
- La composition et la densité des espèces structurantes (laminaires, *Halidrys siliquosa*, *Cystoseira spp.*, *Sargassum muticum*, *Solieria chordalis*, *Gelidium corneum*, etc.) et/ou arbustives (*Desmarestia spp.*, etc.).
- La composition et la densité des algues caractéristiques de l'infralittoral.
- La composition et la densité des algues opportunistes de l'infralittoral supérieur.
- La composition et la densité de la faune dans l'infralittoral et le circalittoral.
- L'étude des stipes de *Laminaria hyperborea* et de leurs épibioses (quand l'espèce est présente).
- La structure des populations de *Laminaria hyperborea* et *Laminaria ochroleuca* (quand elles sont présentes).

Dans le cadre de ces inventaires, une base photographique est créée et regroupe l'essentiel du patrimoine du site (habitats et espèces) mais aussi des dégradations ou dysfonctionnements.

Pour les espèces patrimoniales, une base photographique est également réalisée.

- Inventaires TBM

En complément de l'approche normalisée du MNHN, des stations complémentaires ont été inventoriées. Ces investigations ont été entreprises par TBM en association avec le LEMAR (Laboratoire des sciences de l'environnement marin, UMR-CNRS, Plouzané). L'objectif est double :

- informer les cartes d'habitats
- et disposer d'une référence précise permettant de décrire les fonds rocheux tant en terme de biodiversité que d'abondance.

De plus, ces éléments permettront une approche de la fonctionnalité du milieu (biomasse, production, etc.).

Ainsi, sur ces stations, plusieurs types de relevés ont été réalisés. La figure 7 synthétise les opérations :

- 5 quadrats de 0,1 m² (Figure 8) sont prélevés à la suceuse (Figure 8),
- 3 transects de 20 m (Figure 8) sont réalisés pour compter les échinodermes et les crustacés de grande taille et les laminaires et enfin quand elles sont présentes 5 laminaires sont prélevées.

Pour les prélèvements à la suceuse, un opérateur décolle à l'aide d'un ciseau à bois l'ensemble de la faune et de la flore pendant qu'un second l'aspire avec la suceuse. La maille du filet de collecte est de 1 mm. Les algues de grande taille ont été récoltées à la main au préalable. Les échantillons sont individualisés, formolés et stockés à l'abri de la lumière. Au laboratoire, la faune et la flore ont été triées, déterminées à l'espèce et comptés.

De plus, des photographies de chaque quadrat ainsi que des photos « paysages » sont également réalisées.

Ce travail permet une description quantitative de la faune et de la flore de petite taille.

STATION

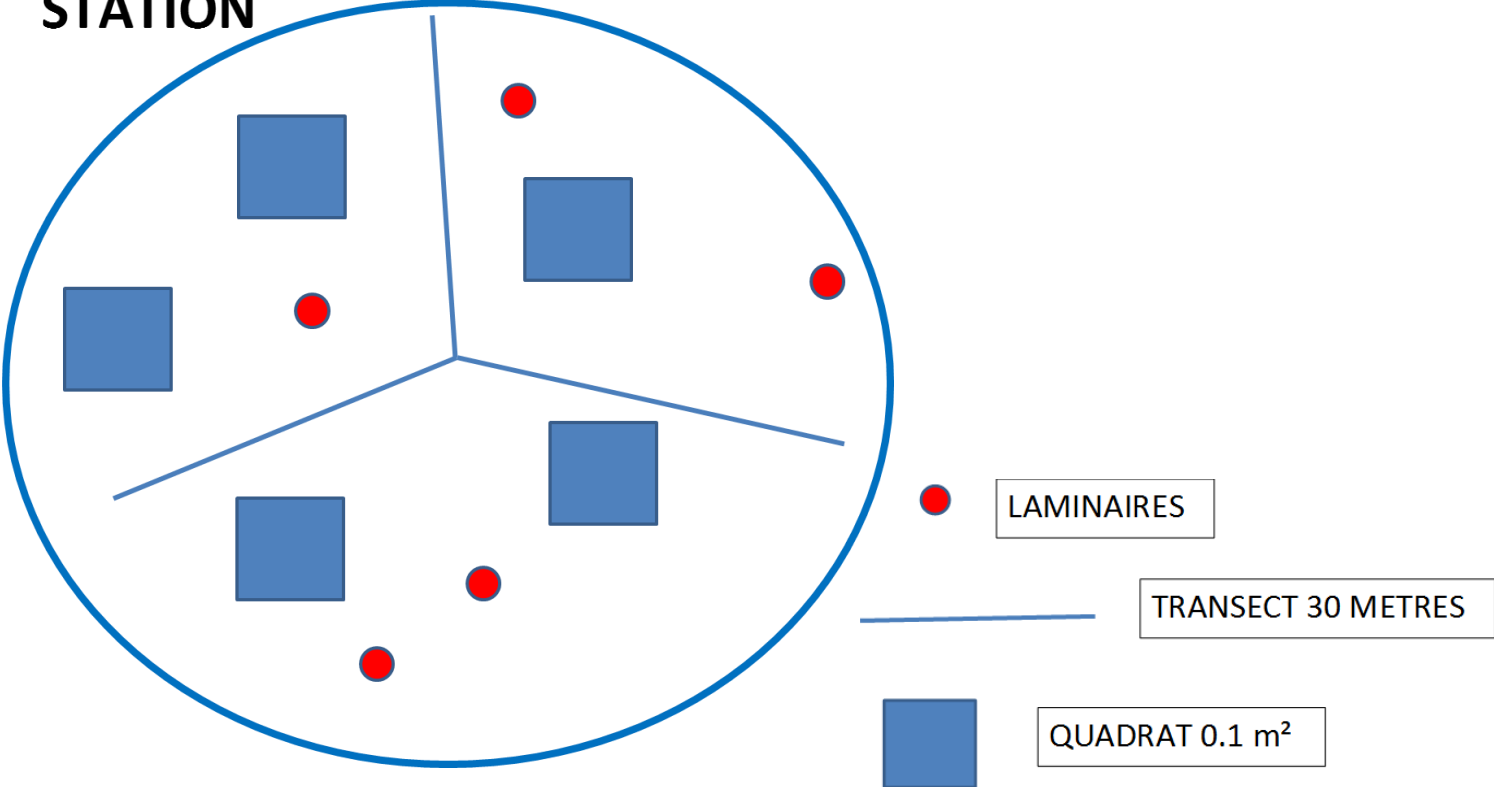


Figure 5 : Protocole entrepris sur chaque station

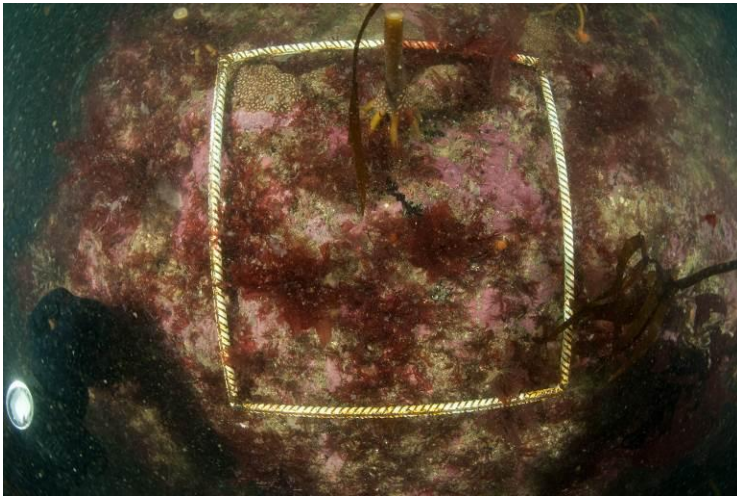


Figure 6 : Quadrat, suceuse et transect

2.1.2 Stratégie d'acquisition des données

2.1.2.1 Stratégie

L'objectif fixé par cette étude est triple :

- réaliser un état initial du site sur lequel le projet doit s'implanter (détermination de l'état de conservation du site, des enjeux environnementaux, des fonctions écologiques, etc.)
- évaluer les impacts du projet
- et établir un protocole d'évaluation avec un objectif de suivi à long terme des biocénoses marines pour mesurer dans un premier temps l'impact potentiel du projet éolien puis son impact effectif.

Pour ce faire, une cartographie précise des habitats et de leur état de conservation est donc un préalable obligatoire et la stratégie d'échantillonnage proposée dans cette étude a été réfléchi dans ce but. Le travail cartographique effectué a permis (1) de caractériser l'éventail des faciès rocheux et sédimentaires du périmètre d'étude, (2) de déterminer avec discernement un ensemble de stations pertinentes qui a été désignée comme « stations de surveillance » à suivre sur le long terme, (3) de se confronter aux contraintes engendrées par

l'utilisation de des différentes méthodes (transects en plongée, surface à échantillonner, espèces indicatrices à inventorier, etc.) afin d'établir un protocole robuste et reproductible lors des suivis ultérieurs. Ainsi, plusieurs types d'observations ont été entrepris : échantillonnage par vidéos, échantillonnage sédimentaire semi-quantitatif et quantitatif et échantillonnage rocheux.

En complément de ces investigations fines sur la zone d'étude, des stations de référence, externes à la zone d'influence potentielle du projet ont été choisies. L'intérêt d'intégrer à cette étude des stations de référence est de pouvoir discriminer et quantifier les variations naturelles ou d'origines anthropiques de celles qui sont liées au projet et qui influent le développement et la structuration des populations animales et végétales.

La Station de Biologie Marine de Concarneau (MNHN) a été impliquée dans les différentes phases du projet (réflexion sur la méthodologie, mise en œuvre des inventaires, analyses des échantillons et discussions sur l'état de conservation). Elle a été sollicitée à chacune des phases de notre travail : missions d'inventaires, d'analyses des échantillons et de discussions sur l'état de conservation.

Ainsi, plusieurs personnes et équipes sont associées à ce projet.

L'équipe du MNHM est composé de **S. DERRIEN-COURTEL, A. LE GAL, R. DERRIEN, E. CATHERINE et F. X. DECARIS.**

L'équipe du LEMAR est composé de **E. AMICE et T. Le BEC.**

L'équipe de TBM est composé de **S. CHAUVAUD, B. GUYONNET, E. JAOUEN, A. LE BELLOUR, et D. BORG.**

Pour coordonner l'ensemble des travaux, un groupe de travail « benthos » composé de TBM, du MNHN, de Nass et wind offshore et du maitre d'ouvrage s'est réuni avant chaque phase de l'étude (Compte rendu en Annexe).

2.1.2.2 Echantillonnage vidéo

Les protections caméra sous-marine ont été réalisées en privilégiant une prospection plus intense dans la zone de 0 à 15 mètres (maillage de 500 mètres) afin d'apprécier au mieux la répartition spatiale des laminaires (Figure 9). Le maillage est d'un kilomètre au-delà. Au total, 167 stations ont été échantillonnées. Ces prospections ont servi à examiner la diversité des habitats rocheux du site d'étude et à appréhender leur répartition. Elles sont aussi un moyen de repérer les sites d'intérêt sur lesquels les plongées ont, par la suite, été réalisées. Les séquences enregistrées durent entre 30 secondes et 2 minutes.

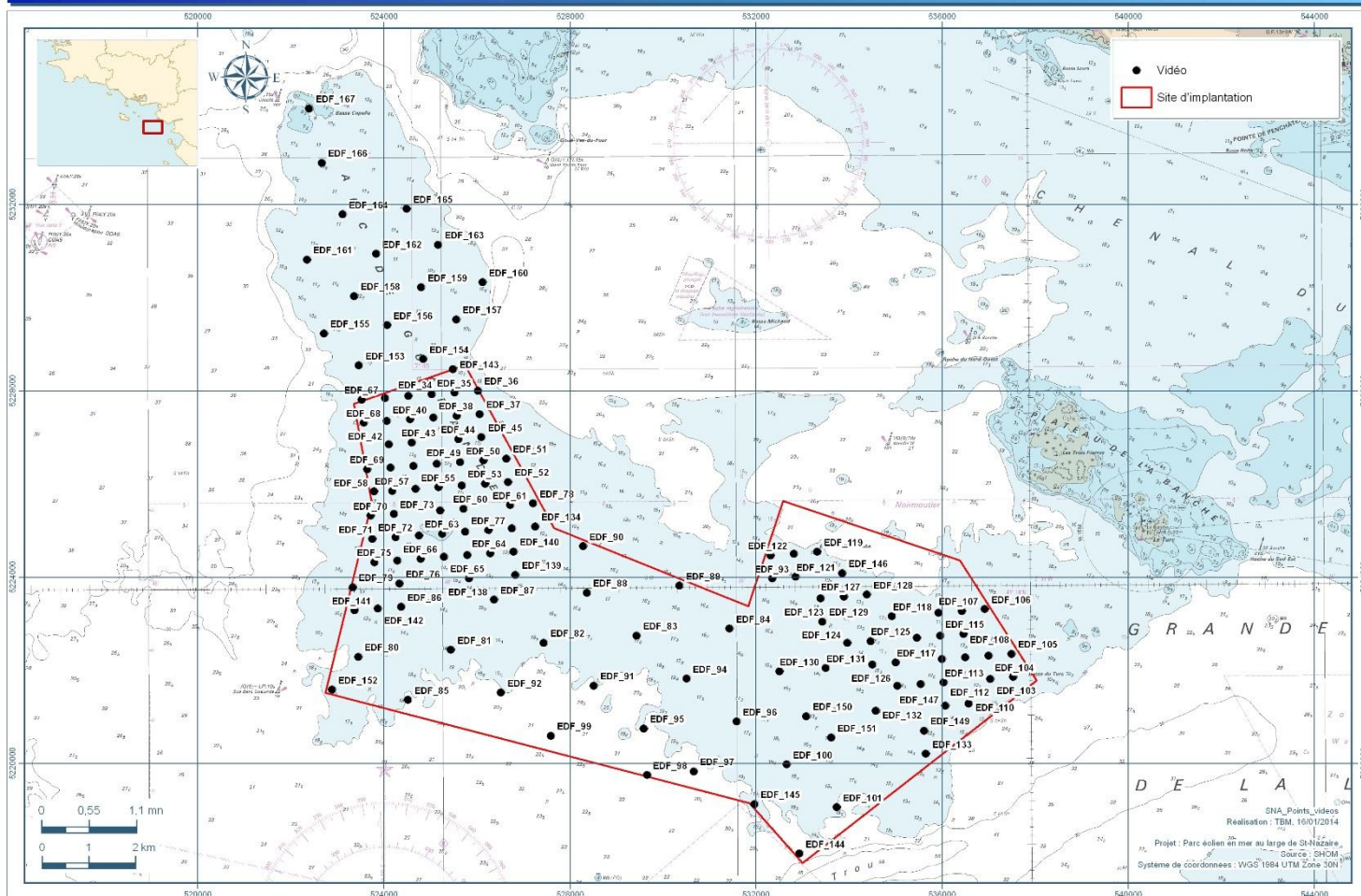


Figure 7 : Plan d'échantillonnage inventaires vidéos sous-marines.

2.1.2.3 Echantillonnage sédimentaire

- Stations semi-quantitatives

Le positionnement des stations semi-quantitatives a été fait grâce au levé acoustique réalisé par In ViVo. Comme indiqué précédemment, nous avons utilisé la drague Rallier du Baty pour recueillir des informations concernant la granulométrie des fonds et la macrofaune.

Le plan d'échantillonnage comprend 32 stations sur lesquelles des prélèvements à la drague Rallier du Baty ont été faits (Figure 10).

- Stations quantitatives

Les stations quantitatives sédimentaires ont été choisies lorsque les stations semi-quantitatives ont été prospectées. En effet, nous avons, avec les prospections semi-quantitatives obtenu une vue d'ensemble des habitats présents sur la zone. Cinq stations ont fait l'objet de prélèvements quantitatifs, à raison de quatre réplicats par station: trois sur le banc de Guérande et deux dits « référence » (Figure 11). Pour le choix des stations de référence, le travail effectué dans le cadre des inventaires sur le site Natura 2000 Loire Nord (DREAL Pays de Loire) a été utilisé pour trouver le même type d'habitat les sables grossiers et graviers sublittoraux.

2.1.2.4 Echantillonnage rocheux

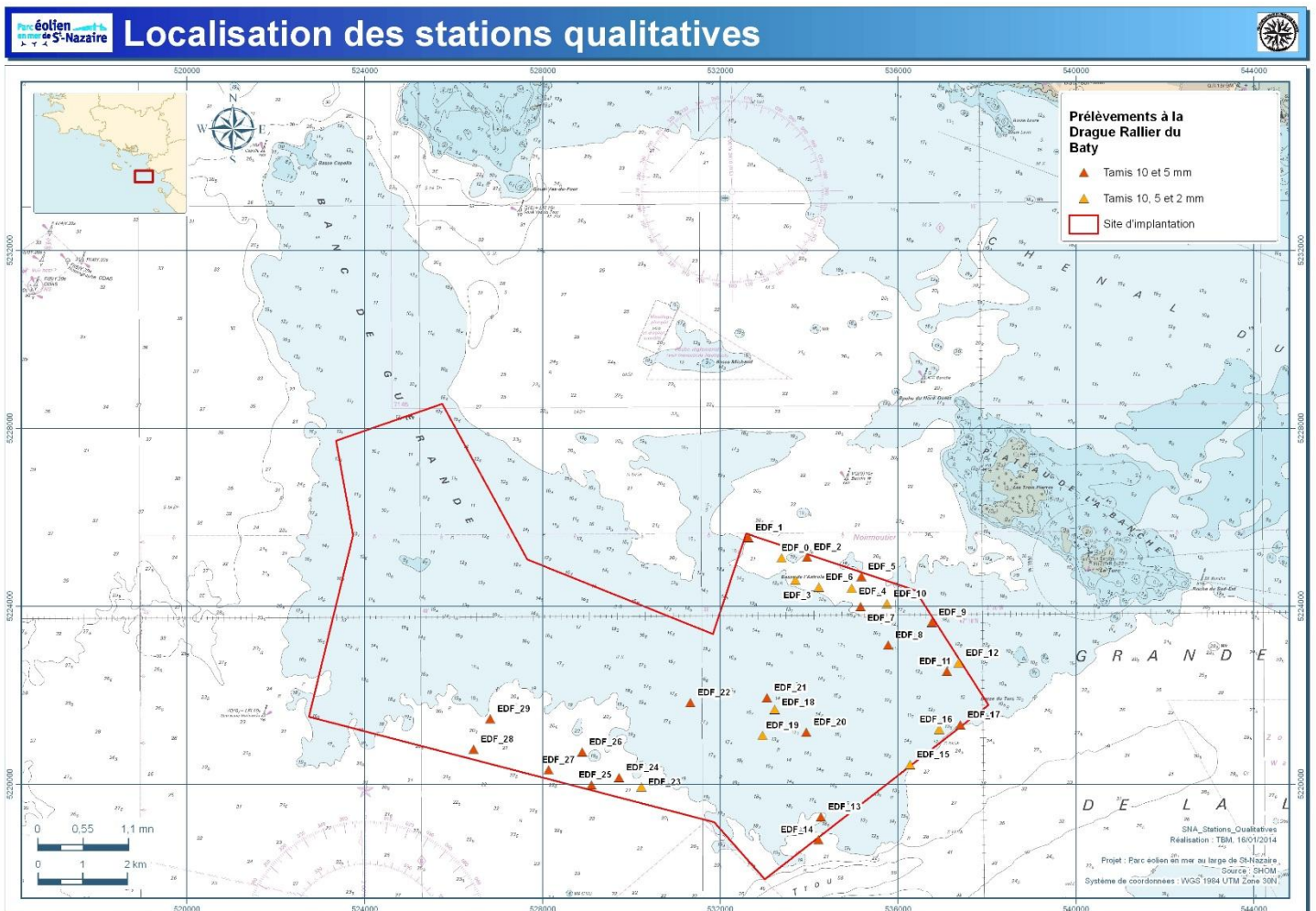
Le choix des stations rocheuses s'est fait une fois les données vidéo acquises dépouillées. Une carte des habitats a ainsi été produite. Le positionnement de ces stations a été validé lors d'une réunion du groupe de travail benthos.

- Stations MNHN

11 stations ont été positionnées pour réaliser le protocole du MNHN (Figure 12). 10 sont situées sur la zone d'étude et une servira de site de référence. Les stations G01 à G05 ont fait l'objet de relevés quantitatifs et qualitatifs (protocole « Quadrat »), et les stations G06 à G10 de relevés semi-quantitatifs et qualitatifs (protocole « Repérage Znieff »).

- Stations TBM

10 stations dans les différents habitats en couvrant l'ensemble du secteur d'étude et sur des sites références ont été étudiées (Figure 13). Six sont situées à l'intérieur du périmètre d'implantation des éoliennes et quatre seront définies comme stations de référence. De plus, deux stations supplémentaires ont été prospectées pour réaliser



des photographies.

Figure 8 : Plan d'échantillonnage inventaires semi-quantitatifs (drague Rallier du Baty).

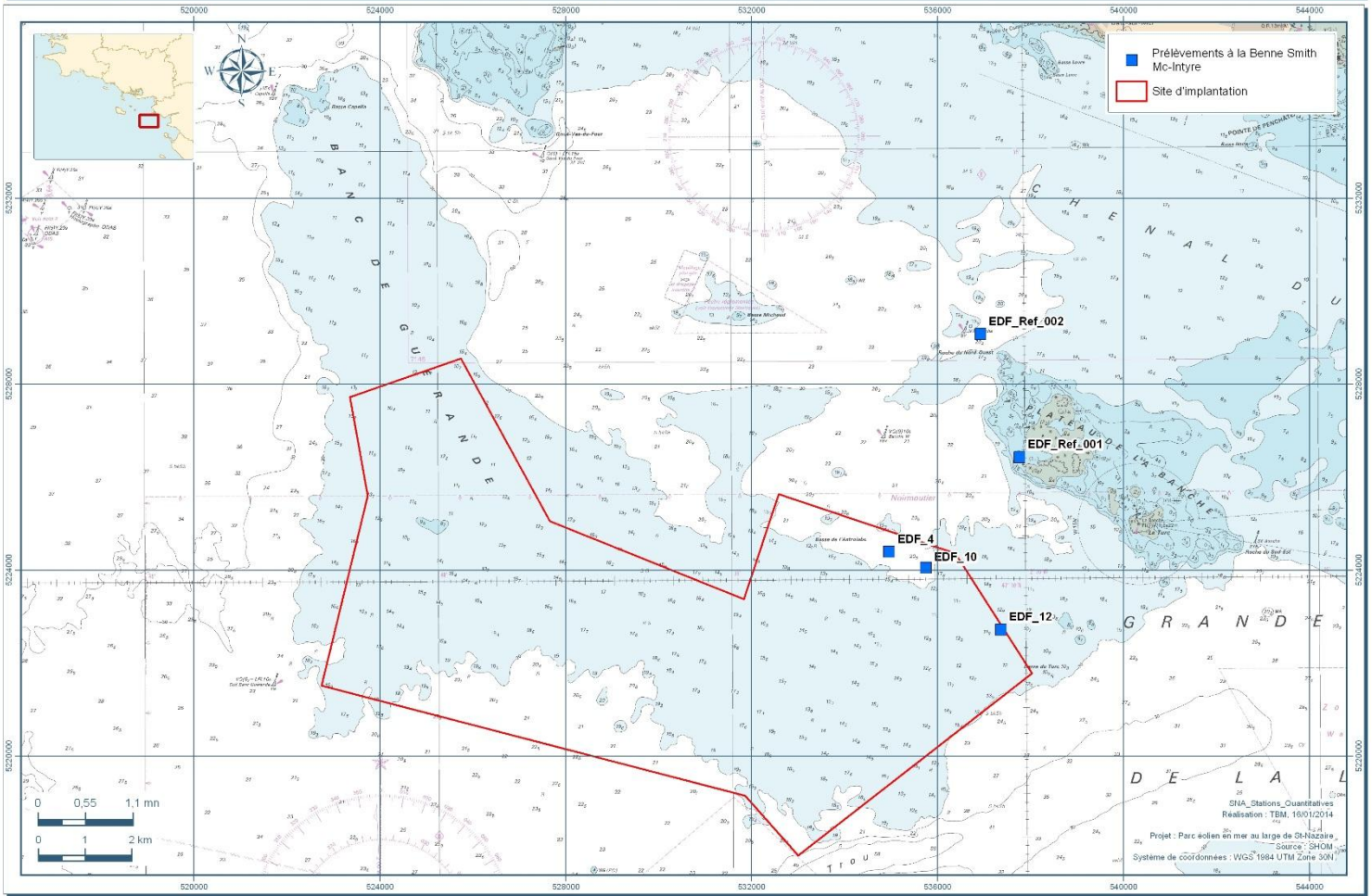


Figure 9 : Localisation des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre

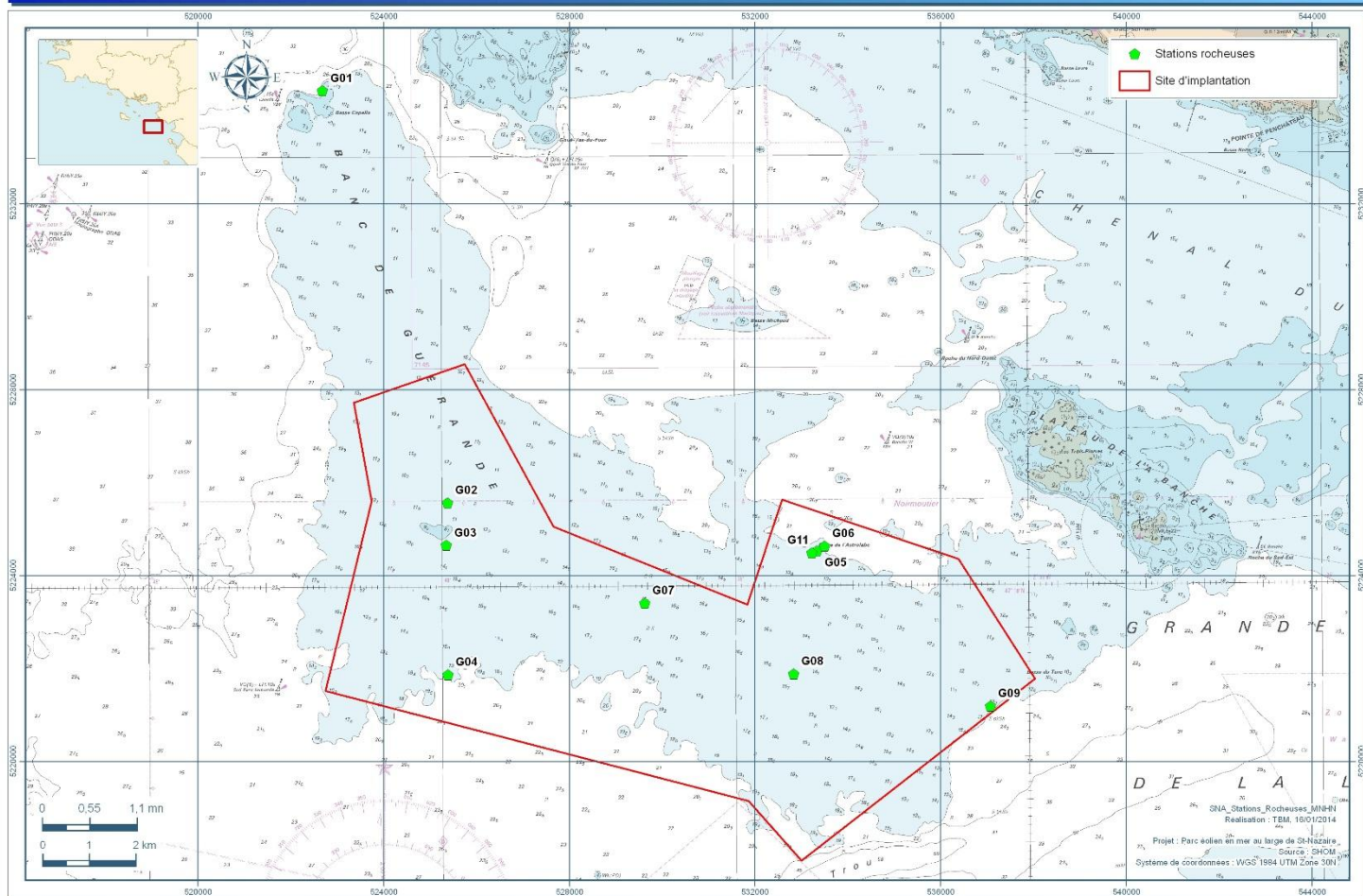
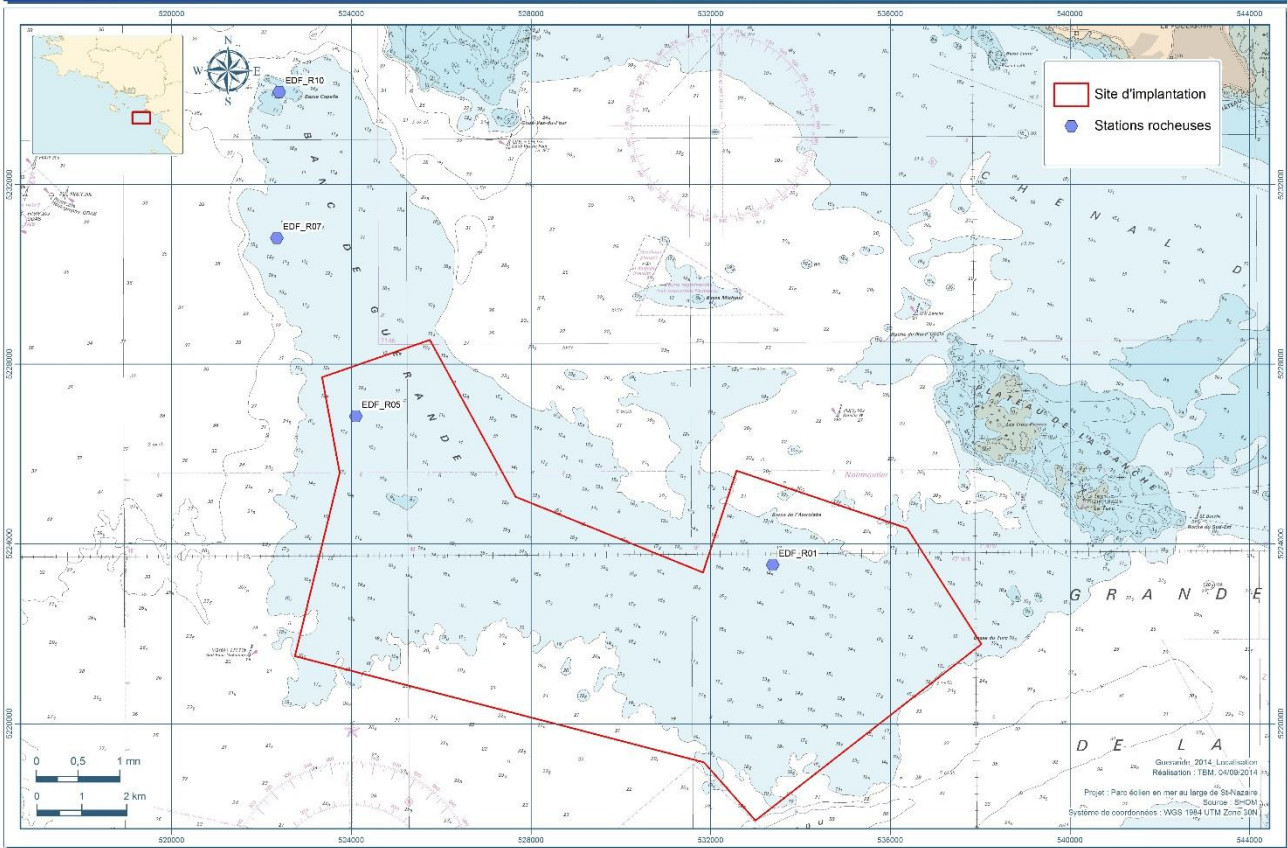


Figure 10 : Localisation des stations rocheuses MNHN.



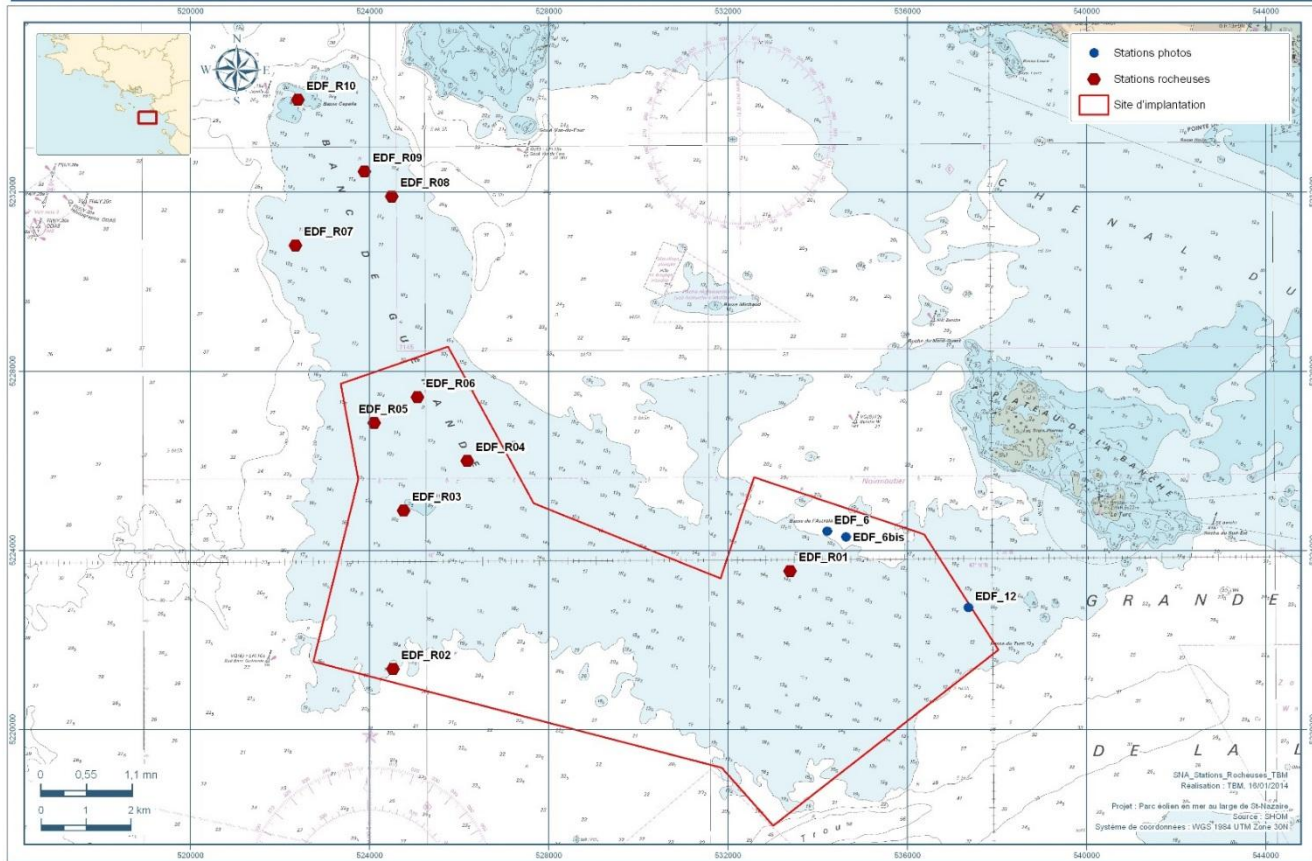


Figure 11 : Localisation des stations rocheuses TBM en 2013 et en 2014.

2.1.3 Analyses sédimentaires et biologiques

2.1.3.1 Granulométrie, Matière organique (Stations semi-quantitatives)



L'analyse granulométrique a été réalisée par tamisage à sec (tamiseuse électrique). 16 tamis de maille carrée (Norme AFNOR) ont été utilisés (Figure 14) : 64 mm, 10 mm, 6,3 mm, 5 mm, 3,15 mm, 2 mm, 1 mm, 710 μm , 500 μm , 355 μm , 250 μm , 180 μm , 125 μm , 90 μm , 63 μm et 45 μm .

Figure 12 : Colonne de tamis (Cliché TBM).

Le protocole appliqué suit plusieurs étapes standardisées bien distinctes :

- (1) homogénéisation du prélèvement,
- (2) séchage du sédiment (environ 300 g) : l'échantillon est mis à sécher dans une étuve à 60°C pendant 48h (Figure 15),



Figure 13 : Echantillons granulométriques à l'étuve (Cliché TBM).

- (3) rinçage et tamisage du sédiment sur un tamis de 45 μm : le sédiment, pesé à la sortie de l'étuve, est passé sur un tamis de 45 μm . Cette étape permet l'élimination de la fraction pélitique et du sel,
- (4) séchage du sédiment : l'échantillon est mis à sécher dans une étuve à 60°C pendant 48h,
- (5) tamisage du sédiment : le sédiment, pesé à la sortie de l'étuve, est passé sur une tamiseuse électrique (Retsch AS200 basic, 15-20 minutes à 60%) comportant une série de 15 tamis aux normes AFNOR, couvrant une gamme comprise entre 0,045 et 64 mm de vide de maille carrée.

Les données brutes correspondant aux proportions des différentes classes granulométriques nous ont permis :

- 1) de calculer les pourcentages des cinq fractions granulométriques majeures, à savoir les galets, cailloutis et graviers (i.e. ≥ 2 mm), les sables grossiers ([500 μm à 2 mm [), les sables moyens ([250-500 μm [), les sables

fins ($[63-250 \mu\text{m}]$) et les vases (i.e. $< 63 \mu\text{m}$). Le tableau 1 récapitule les échelles et dénominations granulométriques AFNOR (Chambley, 1995),

2) de calculer les moments de la distribution des différentes fractions granulométriques. Ces différents moments sont calculés selon la méthode géométrique de Folk & Ward (1957). Nous avons calculé la médiane (en μm) et l'indice de classement (σ). La médiane fournit une mesure de la tendance centrale de la distribution des différentes fractions qui composent un sédiment. L'indice de classement ou de tri, quant à lui, renseigne sur le degré d'homogénéité de la taille des particules d'un sédiment.

En fonction de la valeur de l'indice de classement, les sédiments sont définis comme :

- très bien classés si $\sigma < 1,27$;
- bien classés si σ est compris entre 1,27 et 1,41 ;
- modérément bien classés si σ est compris entre 1,41 et 1,62 ;
- modérément classés si σ est compris entre 1,62 et 2,00 ;
- pauvrement classés, si σ est compris entre 2,00 et 4,00 ;
- très pauvrement classés, si σ est compris entre 4,00 et 16,00 ;
- extrêmement pauvrement classés, si $\sigma \geq 16,00$.

La teneur en matière organique totale a été estimée par la méthode de la perte au feu.

Le protocole appliqué suit plusieurs étapes bien distinctes :

- (1) homogénéisation du prélèvement,
- (2) séchage du sédiment: l'échantillon est mis à sécher dans une étuve à 60°C pendant 48h,
- (3) pesée numéro 1 (Masse échantillon sec),
- (4) passage au four à moufle pendant 4 heures à 450°C ,
- (5) pesée numéro 2 (Masse échantillon sans cendre).



Trois sous-échantillons ont été mesurés sur le même prélèvement de sédiment (Figure 14).

Figure 14 : Réplicats pour la Matière Organique (Cliché TBM)

2.1.3.2 Analyses physico-chimiques

Des analyses physico-chimiques sur les sédiments ont été réalisées sur chaque prélèvement échantillonné au niveau des stations quantitatives meubles (Figure 11).

Conformément à la circulaire associée à l'arrêté du 14 juin 2000 (associé à l'article R.214-6 du Code de l'Environnement), les analyses ont porté sur :

- la caractérisation du sédiment : le Carbone Organique Total (COT), la matière sèche, l'Aluminium, la densité et la granulométrie,
- les éléments traces inorganiques : Arsenic, Cadmium, Chrome, Cuivre, Nickel, Plomb, Mercure, Zinc,
- les composés traces organiques : les PCB réglementaires (28, 52, 101, 118, 138, 153, 180), 16 HAP, les dérivés de l'Etain (TBT, DBT, MBT),
- les nutriments : Azote NTK et phosphore total.

La démarche d'analyse des résultats retenue vise à définir l'état du milieu (sédiments) en prenant en compte les niveaux réglementaires dits GEODE des arrêtés du 09 août 2006 (métaux et PCB), du 23 décembre 2009 (TBT) et du 8 février 2013 (HAP), mais aussi le calcul du score de risque (logiciel GEODRISK ®). Il est bien noté qu'un nouveau décret du 17 juillet 2014 est paru mais les campagnes étant réalisées avant la parution de celui-ci, notre analyse est basée sur les précédents..

2.1.3.3 Tri et détermination

Au laboratoire, les échantillons, conditionnés au cours de la campagne en mer, ont été triés et analysés selon un protocole standardisé.

Préalablement à l'étape du tri, chaque échantillon a été placé sur un tamis de maille carrée de 1 mm et rincé à l'eau pendant au moins une heure pour en extraire le formol. L'échantillon rincé est alors mis dans une cuvette, puis minutieusement trié à la pince fine afin de prélever tous les organismes de la macrofaune (>1 mm) qu'il contient. Ces organismes sont placés en pilulier avec de l'alcool à 70° en attendant l'étape de détermination.

La détermination taxonomique de chaque individu est réalisée à l'aide d'une loupe binoculaire et/ou d'un microscope jusqu'au niveau de l'espèce dans la majorité des cas et tant que l'état des individus le permet. Seuls les németes, les plathelminthes et les oligochètes ne sont mentionnés qu'au niveau de l'embranchement ou groupe taxonomique. Le référentiel taxonomique utilisé est l'European Register of Marine Species (ERMS) (Costello et al., 2001) ainsi que le World Register of Marine Species (WORMS).

2.1.3.4 Traitement des données

Pour chacune des stations, l'analyse des prélèvements permet de mesurer plusieurs paramètres. L'objectif de l'ensemble de ces analyses est de caractériser les habitats mais également leur état de conservation au travers d'indices comme :

- la **richesse spécifique, S** (nombre total ou moyen d'espèces recensées par unité de surface),
- l'**abondance totale et moyenne, A** (nombre d'individus d'une espèce),
- les **groupes taxonomiques** recensés,
- pour les substrats meubles, la détermination de l'**Indice d'Evaluation de l'Endofaune Côtière (I2EC)** et de l'**indice biotique (AMBI)** a été réalisée à partir des données quantitatives obtenues avec la benne Smith Mc-Intyre.

L'objectif du calcul de ce type d'indice est d'estimer l'état de santé du milieu et ses modifications éventuelles grâce à des groupes d'espèces dont la présence ou l'absence, et l'abondance relative témoignent de déséquilibres au sein des peuplements (Alzieu, 2003).

L'Indice d'Evaluation de l'Endofaune Côtière (I2EC) se fonde sur la distinction au sein de la macrofaune benthique de cinq groupes écologiques regroupant des espèces ayant en commun une sensibilité similaire vis-à-vis de la matière organique en excès et face au déficit éventuel d'oxygène résultant de sa dégradation. Cinq groupes écologiques de polluto-sensibilités différentes ont été identifiés par Hily (1984) et complétés par de nombreux auteurs (Grall et Glémarec, 1997, Borja et al., 2000, etc.). Ils sont définis comme suit :

- **groupe écologique I** : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a hypertrophisation du milieu,
- **groupe écologique II** : espèces indifférentes à une hypertrophisation. Ce sont des espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de la matière organique,
- **groupe écologique III** : espèces tolérantes à une hypertrophisation. Elles sont naturellement présentes dans les vases ; comme leur prolifération est stimulée par un enrichissement du milieu, elles sont alors un indice du déséquilibre du système,
- **groupe écologique IV** : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1an) abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées,
- **groupe écologique V** : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositores, proliférant dans les sédiments réduits.

La figure 17 illustre l'évolution des groupes écologiques en fonction d'une perturbation croissante liée à un enrichissement en matière organique.

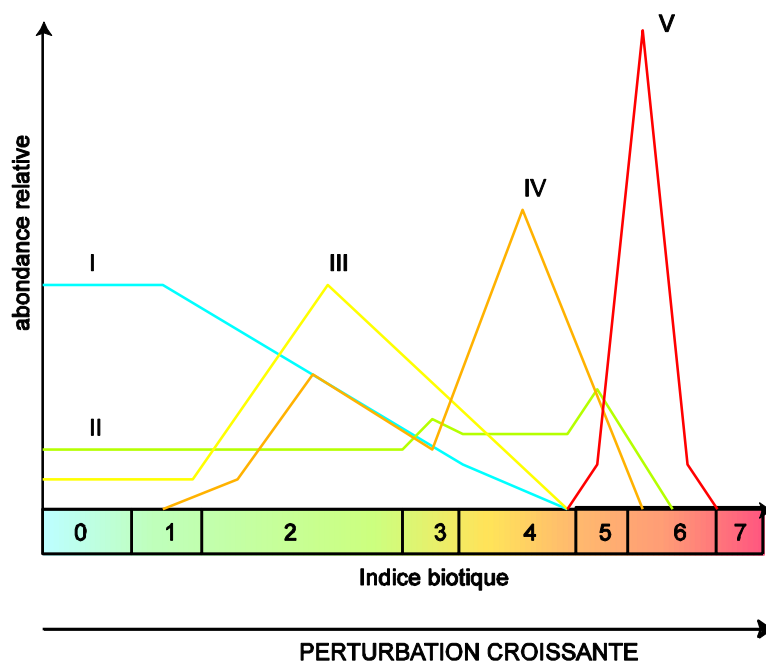


Figure 17 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).

Une fois les pourcentages des groupes écologiques définis, un indice est calculé par le biais d'une clef (Grall et Glémarec, 2003) afin de limiter la part de subjectivité.

Le modèle d'évaluation de l'I2EC reconnaît quatre grandes étapes d'enrichissement du milieu (indice I2EC pair de 0 à 6), (Tableau 1) et quatre étapes de transitions ou écotones (indice I2EC impair de 1 à 7).

Entre les quatre étapes présentées ci-dessus il existe des étapes de transition (ou écotone) qui correspondent aux chiffres 1, 3, 5 et 7. Ces phases de transition sont définies par une abondance et une richesse spécifique inférieures aux valeurs caractérisant un peuplement en équilibre.

- I2EC = 1 : Peuplement normal, groupes I et II dominants, appauvri en abondance mais pas nécessairement en richesse spécifique.
- I2EC = 3 : Stade de transition avec le milieu pollué. Il est peut être caractérisé par la dominance d'une espèce indifférente (Groupe II). Le groupe I est encore présent et le groupe IV fait son apparition.
- I2EC = 5 : Stade de transition avec le milieu fortement dégradé. Il peut être caractérisé par une espèce indifférente. Les groupes III et IV sont présents mais le groupe I a disparu.
- I2EC=7 : Milieu à pollution maximale, quasi azoïque ou présence de deux ou trois espèces du groupe V.

Tableau 1 : Pourcentage des différents groupes écologiques définissant les indices de valeur paire et l'état de santé du milieu (Grall, 2003 in Alzieu, 2003)

Groupes écologiques	I2EC			
	0	2	4	6
I	>40	20-40	<20	-
III	20-40	>40	20-40	<20
IV	<20	<20	>40	20-40
V	-	-	+	>40
Etat de santé du milieu	Normal	Enrichi	Dégradé	Fortement dégradé

Tableau 2: Valeurs d'AMBI et état des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000)

AMBI	Groupe Ecologique dominant	État de la Communauté benthique
0,0 < AMBI ≤ 0,2	I	Normal
0,2 < AMBI ≤ 1,2		Appauvrissement
1,2 < AMBI ≤ 3,3	III	Déséquilibré
3,3 < AMBI ≤ 4,3		Vers pollué
4,3 < AMBI ≤ 5,0	IV-V	Pollué
5,0 < AMBI ≤ 5,5		Vers très pollué
5,5 < AMBI ≤ 6	V	Très pollué
non calculable	Azoïque	Azoïque

Basé sur le modèle de l'I2EC, un second indice biotique est calculé, l'AMBI (Tableau 2). Le Coefficient Benthique (CB ou AMBI) a été créé par Borja et al. (2000). Il consiste à pondérer le pourcentage de chaque groupe écologique présent par le poids de sa contribution dans la représentation du niveau de perturbation :

$$CB = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

Cette formule a l'avantage de transformer l'indice en variable continue, permettant l'utilisation de tests statistiques pour en vérifier la validité. De plus, il permet de s'affranchir de la subjectivité pour attribuer une valeur lorsque deux groupes écologiques sont en proportions équivalentes. Enfin, il permet de révéler d'infimes variations dans la composition faunistique du peuplement (Glémarec, 2003).

Néanmoins, en fonction des habitats et des perturbations, ces deux indices peuvent être complémentaires ; c'est pourquoi ils seront calculés tous les deux. De plus, pour certains habitats comme les estuaires, ces indices sont en cours de validation par les experts notamment dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau.

Analyses multivariées

Des analyses multivariées ont été utilisées sur les données faunistiques qualitatives et quantitatives. Une méthode d'analyse et de représentation de la structure des peuplements à partir d'une matrice « espèces-stations » a été mise en œuvre pour identifier des assemblages faunistiques correspondant respectivement à des groupements de stations « biologiquement homogènes » à un certain degré de similarité. Au préalable, nous avons transformé nos données qualitatives en présence-absence. Le but de cette transformation est d'adapter le jeu de données de la manière la plus propice à l'identification des unités de peuplement. Pour les données quantitatives, les espèces ont subi une transformation $\log(x+1)$.

Une méthode de groupement hiérarchique, la Classification Ascendante Hiérarchique (C.A.H.) a été effectuée pour visualiser les regroupements de nature similaire. Les regroupements sont interprétés selon les caractéristiques de ces peuplements et les paramètres environnementaux connus dans les différentes stations. Les C.A.H. sont réalisées en prenant la distance euclidienne pour les données environnementales et l'indice de similarité de Bray-Curtis pour les données faunistiques. Le logiciel utilisé est PRIMER[®] (version 6). Après la détermination des groupements d'échantillons biologiques issus des méthodes multivariées, la procédure SIMPER du logiciel PRIMER est utilisée pour identifier les espèces influentes en comparant les groupements d'échantillons deux à deux (Clarke et Warwick, 2001). Cette procédure permet d'identifier plus précisément les espèces les plus discriminantes pour expliquer l'ordination et les regroupements observés. Cette procédure n'est pas une méthode statistique inférentielle (ANOVA, Kruskal-Wallis, etc.) mais au contraire une méthode exploratoire.

2.1.3.5 Typologie des Habitats

Le référentiel retenu est celui du rapport du MNHN qui est paru en avril 2013 (Michez et al., 2013). En effet, plusieurs référentiels existent aujourd'hui comme les cahiers d'Habitats Natura 2000 (2004) ou la classification EUNIS. Cette dernière est la seule typologie couvrant les eaux marines européennes et qui est utilisée notamment dans les programmes européens comme MESH et UK SeaMap. Les spécialistes des Universités, des Stations marines et d'Ifrémer ont proposé une typologie pour les eaux françaises, et plus particulièrement en Bretagne, en intégrant les derniers résultats des groupes de réflexions qui travaillent sur ce sujet. Cette nouvelle proposition de typologie des habitats marins benthiques en Bretagne a été utilisée (Bajjouk et al., 2010 ; Bajjouk, 2009 ; Guillaumont et al., 2008). C'est sur cette typologie que le MNHN s'est appuyé pour créer une nouvelle typologie, celle utilisée dans cette étude.

Cette nouvelle typologie repose sur trois grands ensembles de substrats (meubles, rocheux et habitats particuliers). En fonction de la précision recherchée, trois niveaux hiérarchiques peuvent être distingués pour chacun de ces trois ensembles. Le niveau 1 reste très général alors que les niveaux 2 et 3 apportent des précisions sur les populations animales et végétales, ou encore sur le taux de recouvrement.

Les documents de référence qui ont été utilisés pour la typologie des habitats sont récapitulés dans la bibliographie.

2.2 Résultats

2.2.1 Substrats meubles

2.2.1.1 Caractéristiques granulométriques des stations échantillonnées

10 analyses granulométriques ont été réalisées. Les photographies ainsi que les analyses granulométriques de tous ces points sont consultables en Annexe 1.

Tableau 3 : Médiane et indice de tri du sédiment des 10 stations en milieu sédimentaire échantillonnées à la drague Rallier du Baty.

Stations	Médianes	Indices de tri
EDF_00	483,5	1,5
EDF_03	736,4	5,1
EDF_04	673,5	1,8
EDF_10	734,6	1,9
EDF_12	556,8	3,5
EDF_15	1024,9	3,4
EDF_16	484,4	1,7
EDF_18	701,2	2,8
EDF_19	700,4	5,6
EDF_23	767,8	3,0

Aux différentes stations échantillonnées, la médiane du sédiment varie entre 480 μ m aux stations EDF_00 et EDF_16 et 1024 μ m à la station EDF_15 .Les sédiments sont principalement composés de sables moyens à grossiers et graviers. La proportion de vases est nulle.



Figure 18 : Exemples de sédiments observés.

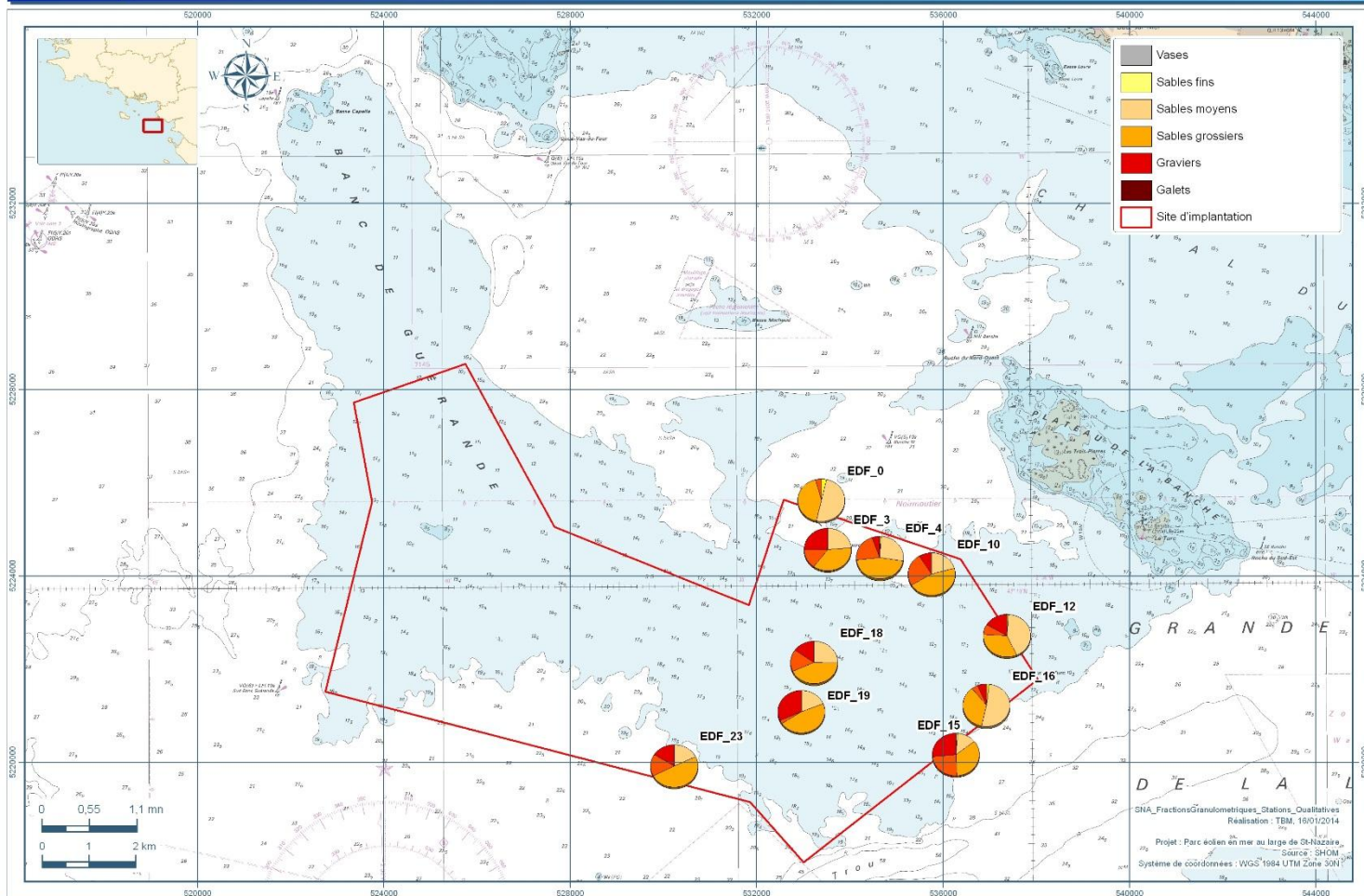


Figure 19 : Carte des fractions sédimentaires.

L'indice de tri du sédiment (σ) varie entre 1,5 à la station EDF_00 et 5,6 à la station EDF_19 (Tableau 3). Ces résultats indiquent une légère hétérogénéité des sédiments puisque les stations vont de très pauvrement triées à bien classées. On peut remarquer l'absence de vase dans les sédiments. Le diagramme triangulaire de Shepard illustre cette légère hétérogénéité dans les sables moyens à grossiers (Figure 20). Une seule station est caractérisée par des sables un peu plus fins, EDF_00.

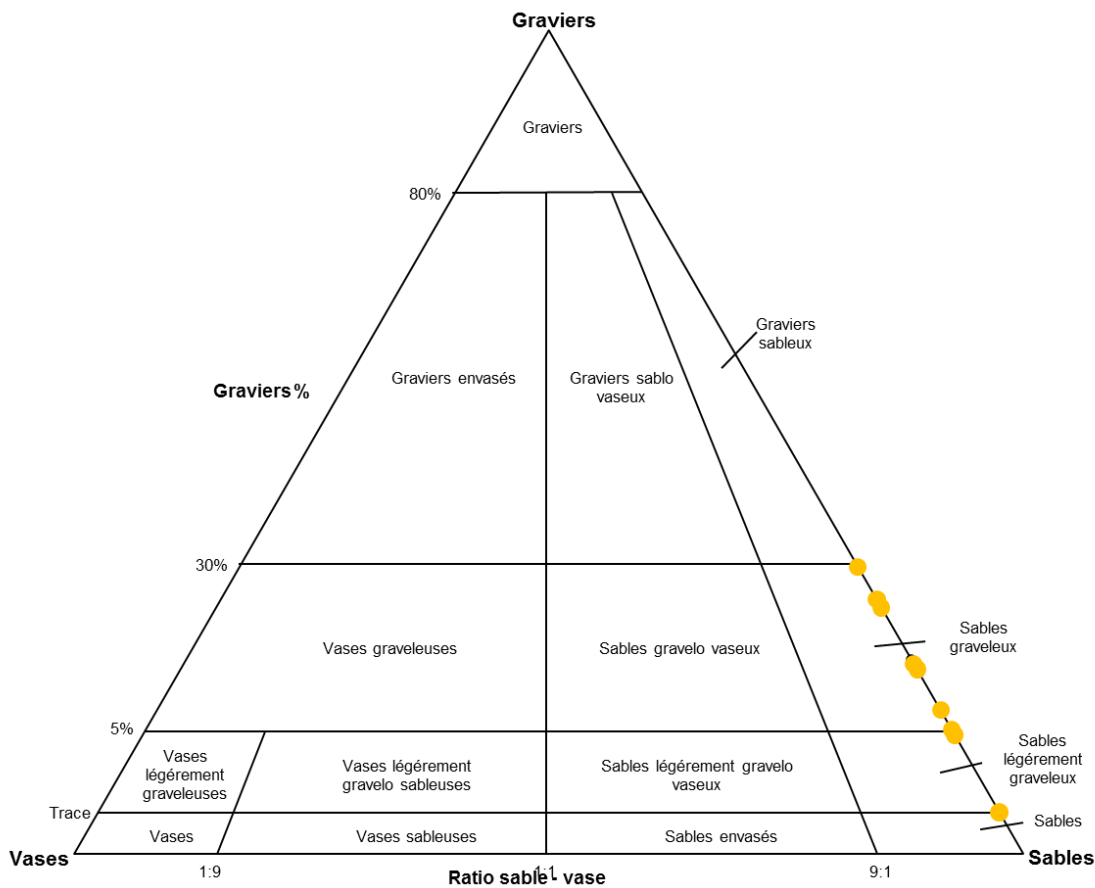


Figure 150 : Représentation graphique des stations échantillonnées selon le diagramme de Sheppard réalisé sur la base de trois systèmes de coordonnées granulométriques : les graviers (> 2mm), les sables (0,063 – 2 mm) et les vases (< 0,063 mm). En jaune = les sables fins à moyens et en Orange = les sédiments grossiers, selon les correspondances EUNIS Niveau 13.1.2 Matière organique

La teneur moyenne en matière organique est faible et est comprise entre 1,60 % et 2,25 % (figure 21).

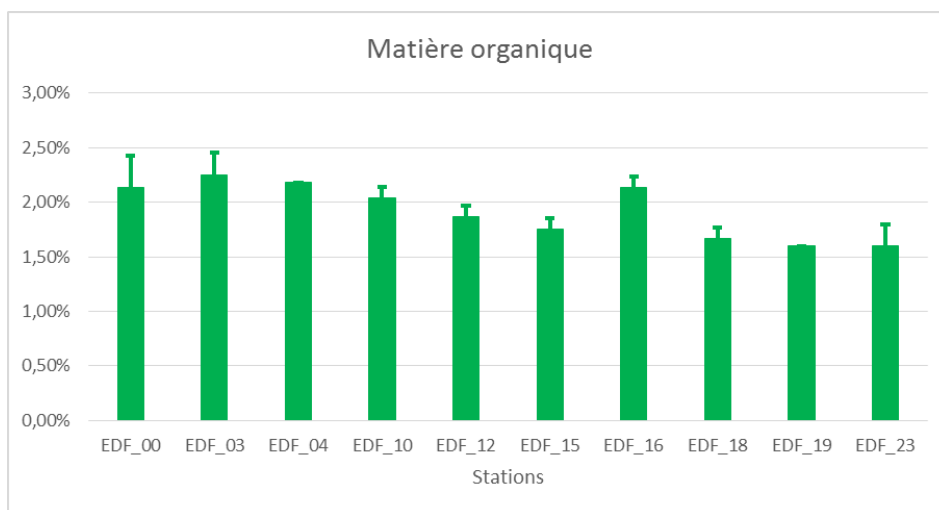


Figure 21 : Teneurs moyennes en matière organique.

2.2.1.2 Stations semi-quantitatives

- Traits dominants de la macrofaune

Sur 30 dragues Rallier du Baty, nous avons réalisé l'inventaire exhaustif de la faune sur les tamis de 10 et 5 mm. L'inventaire sur la maille de 2 mm n'a pu être réalisé que sur 11 échantillons. En effet, certains prélèvements étaient en réalité de la roche (Figure 22).

L'analyse de ces échantillons biologiques (correspondant à 30 litres de sédiment par station) a permis de recenser plus de 1242 individus, et d'identifier 98 taxons. Les annexes 2 et 3 récapitulent les données obtenues. Les abondances sur les tamis de 10 et 5 mm sont comprises entre 0 et 378 individus (Figure 23 et 25) et entre 9 et 436 individus sur les trois tamis (Figure 24 et 27). Les valeurs minimales sur les tamis de 10 et 5 mm sont observées sur les stations de roche comme la station EDF_08 alors que la valeur maximale est notée pour la station EDF_06. La majorité des stations ont des abondances inférieures à 50 individus. Si les trois tamis sont regardés, les valeurs sont minimales pour la station EDF_16 et maximales pour la station EDF_06. La station avec le plus fort effectif est dominée par l'échinoderme *Ophiothrix fragilis* (Figure 26).

En termes de richesse spécifique, les valeurs sur les mailles de 10 et 5 mm sont comprises entre 1 (EDF_16) et 15 (EDF_08) et entre 3 (EDF_12) et 20 (EDF_19) sur les trois mailles.



Figure 162 : Exemple de stations rocheuses inventoriées à la Drague Rallier du Baty (Cliché TBM)



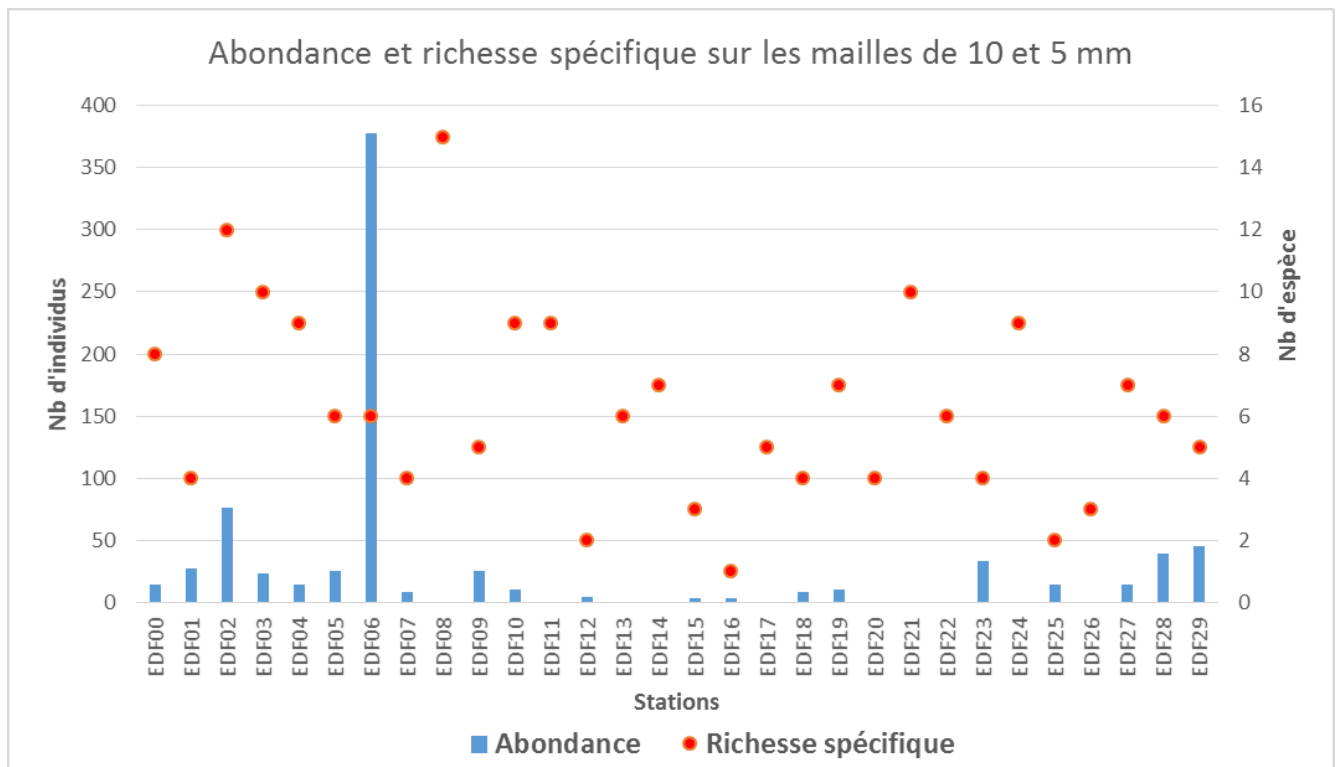


Figure 173 : Abondance et richesse spécifique (Drague Rallier du Baty, 30 litres de sédiment, tamisage sur 10 et 5 mm)

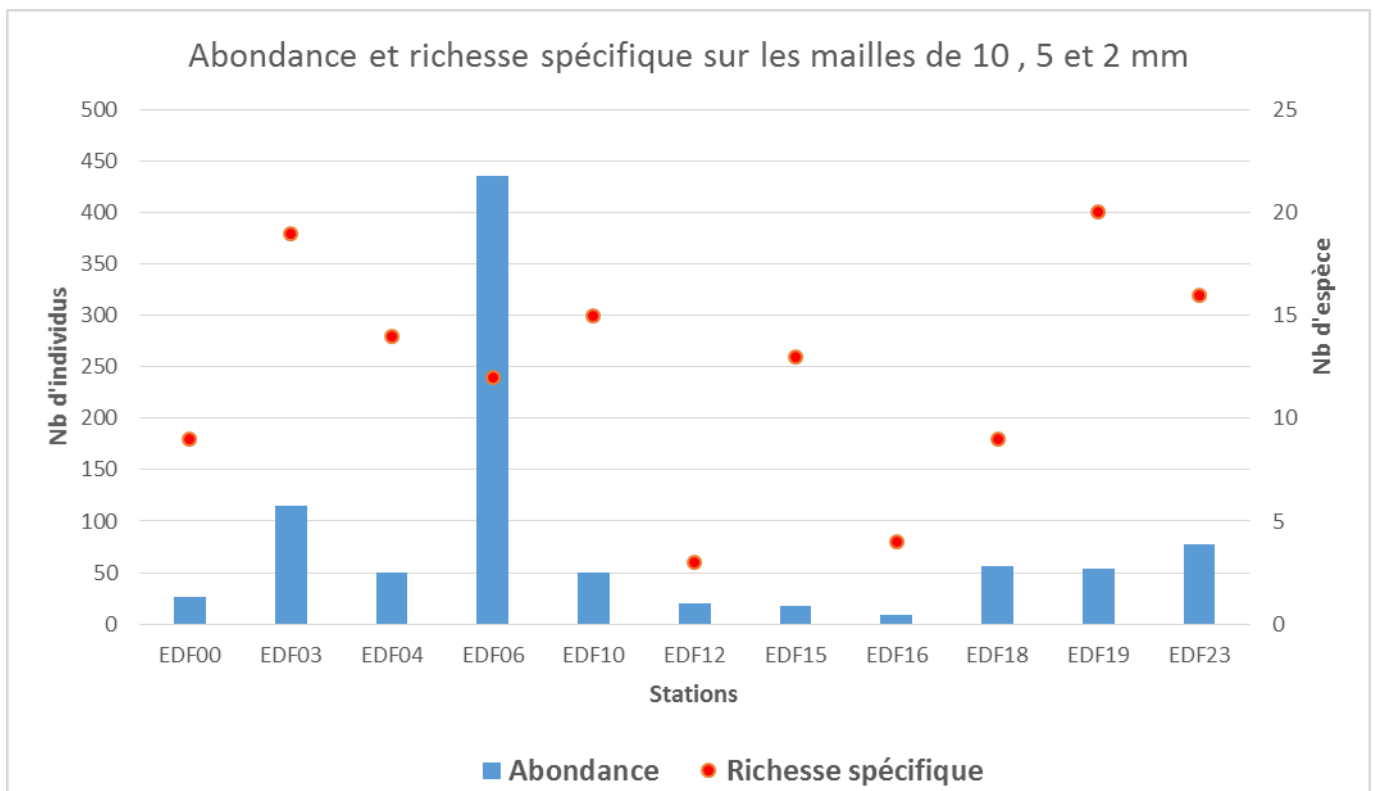


Figure 24 : Abondance et richesse spécifique (Drague Rallier du Baty, 30 litres de sédiment, tamisage sur 10, 5 et 2 mm)

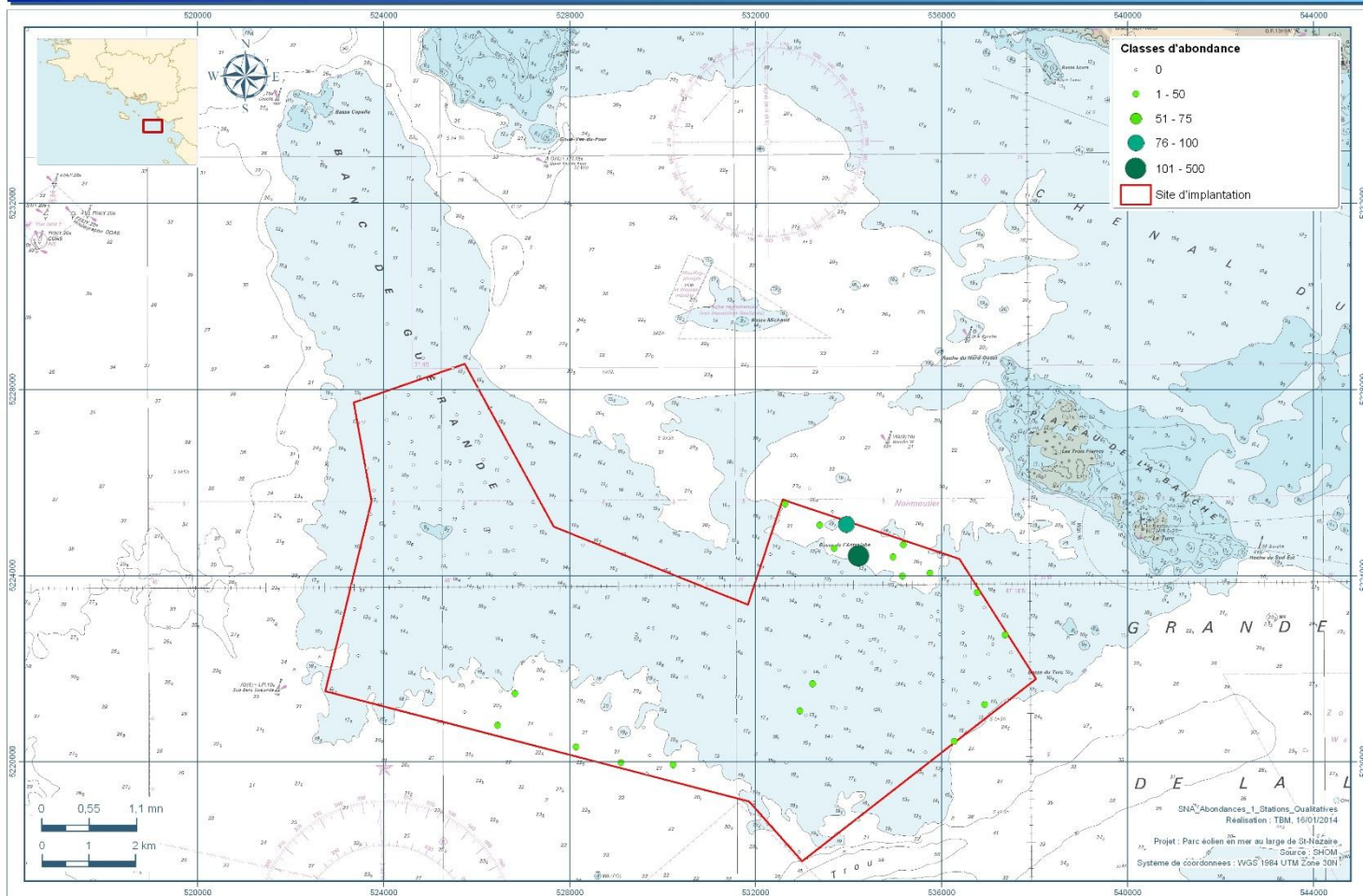


Figure 185 : Abondances pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10 et 5 mm.



Figure 26 : Illustration de la station EDF_06 et de l'échinoderme *Ophiothrix fragilis* (Cliché TBM et cliché TBM-LEMAR)

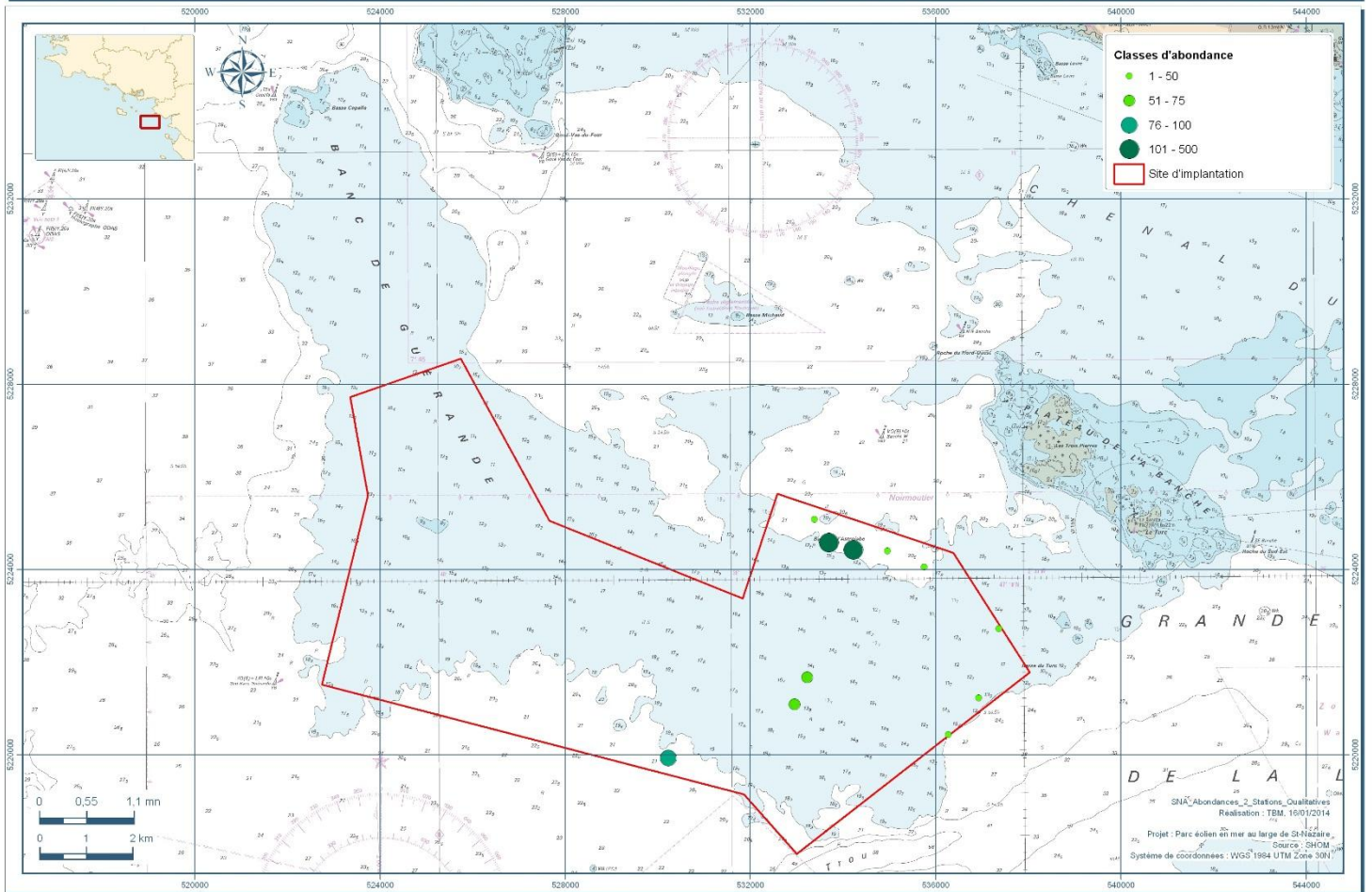


Figure 2719 : Carte des abondances pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10, 5 et 2 mm.

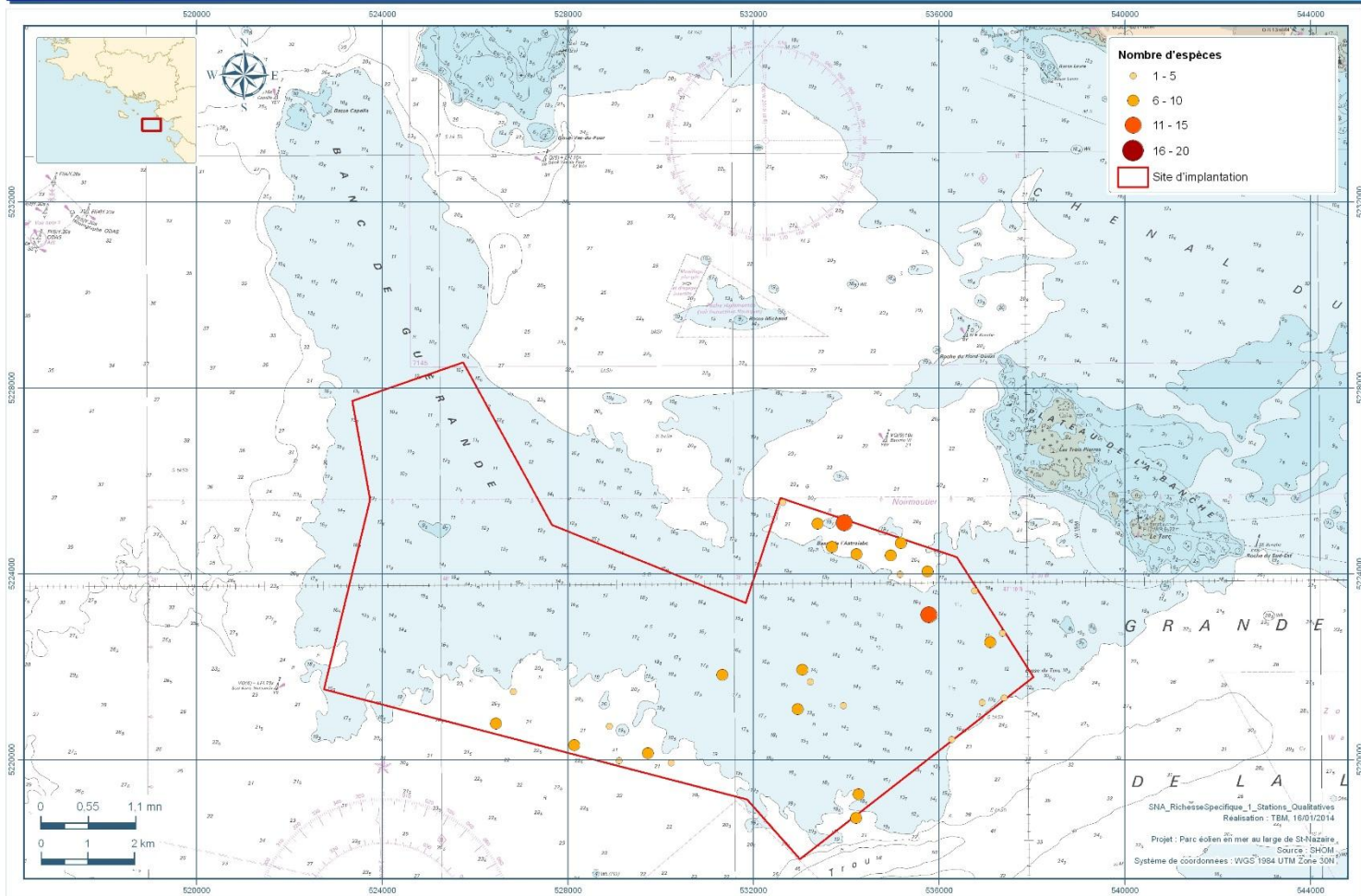


Figure 28 20 : Carte des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10 et 5 mm.

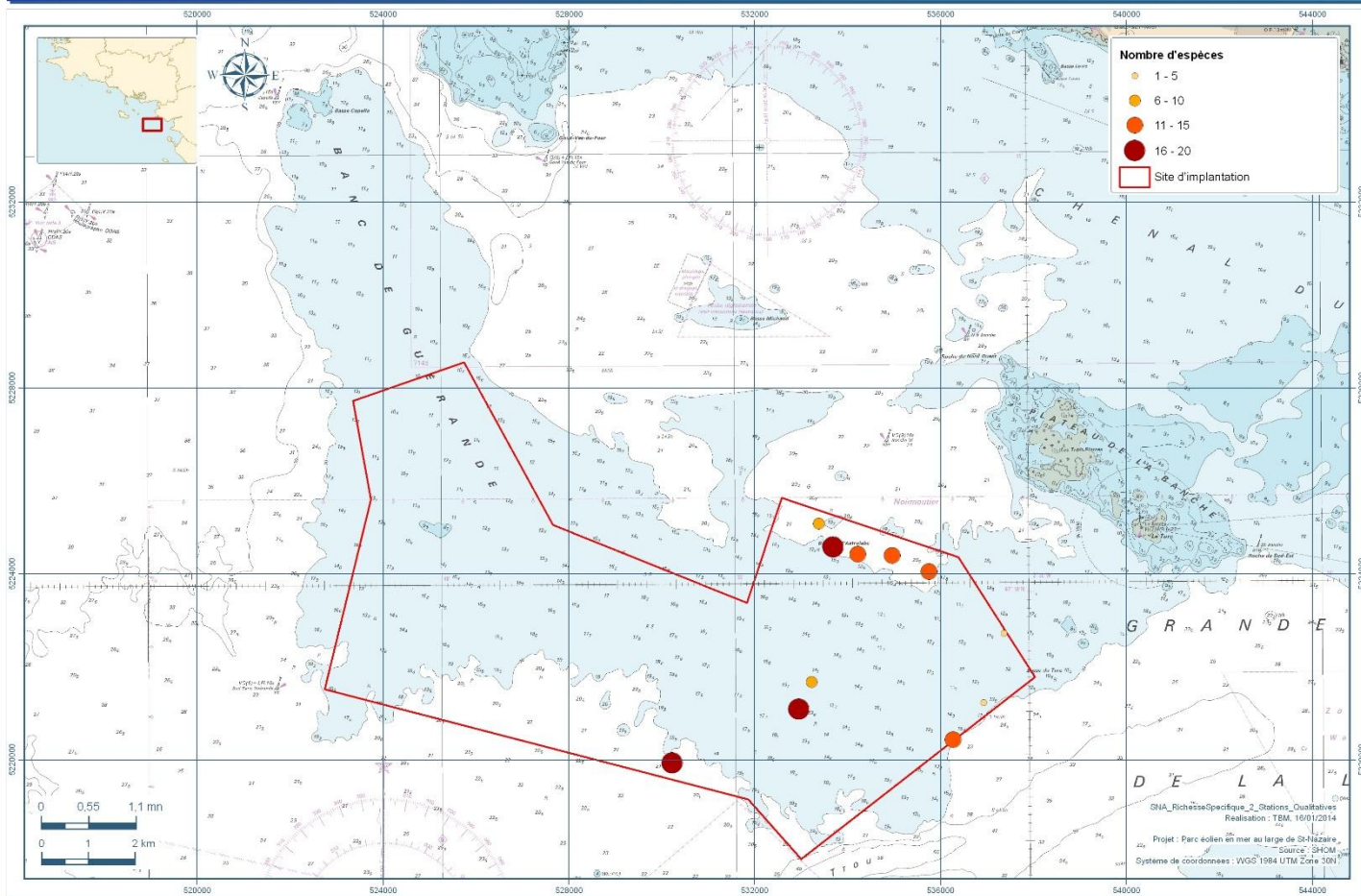


Figure 29 : Carte des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10, 5 et 2 mm.

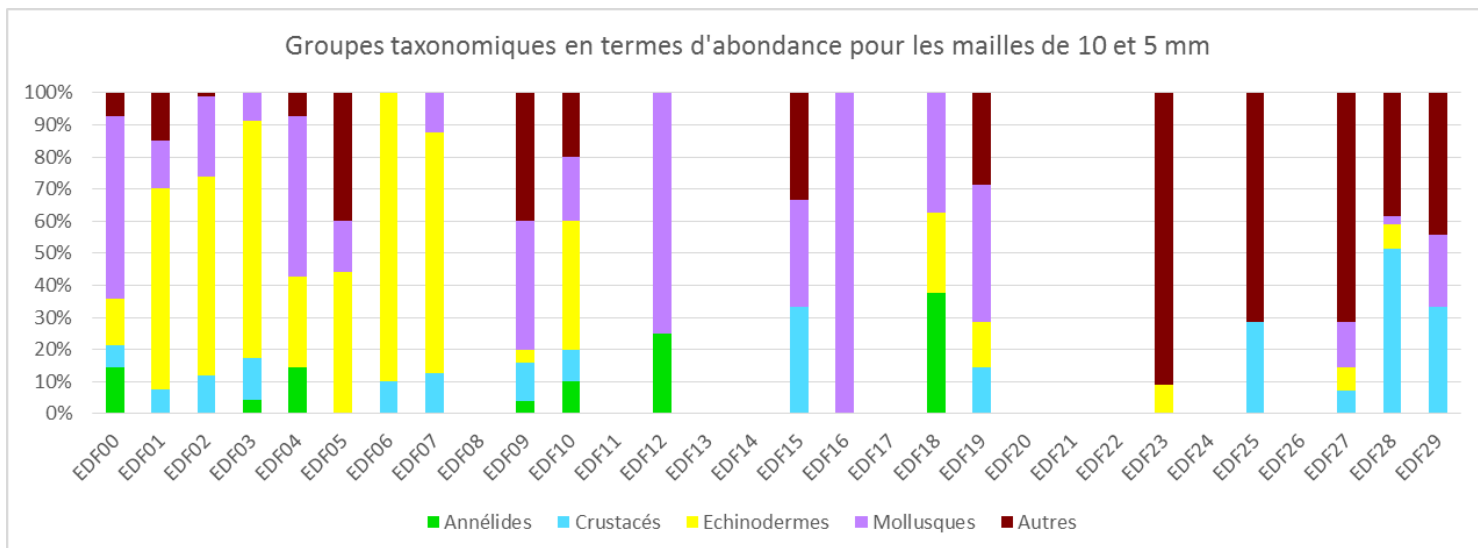
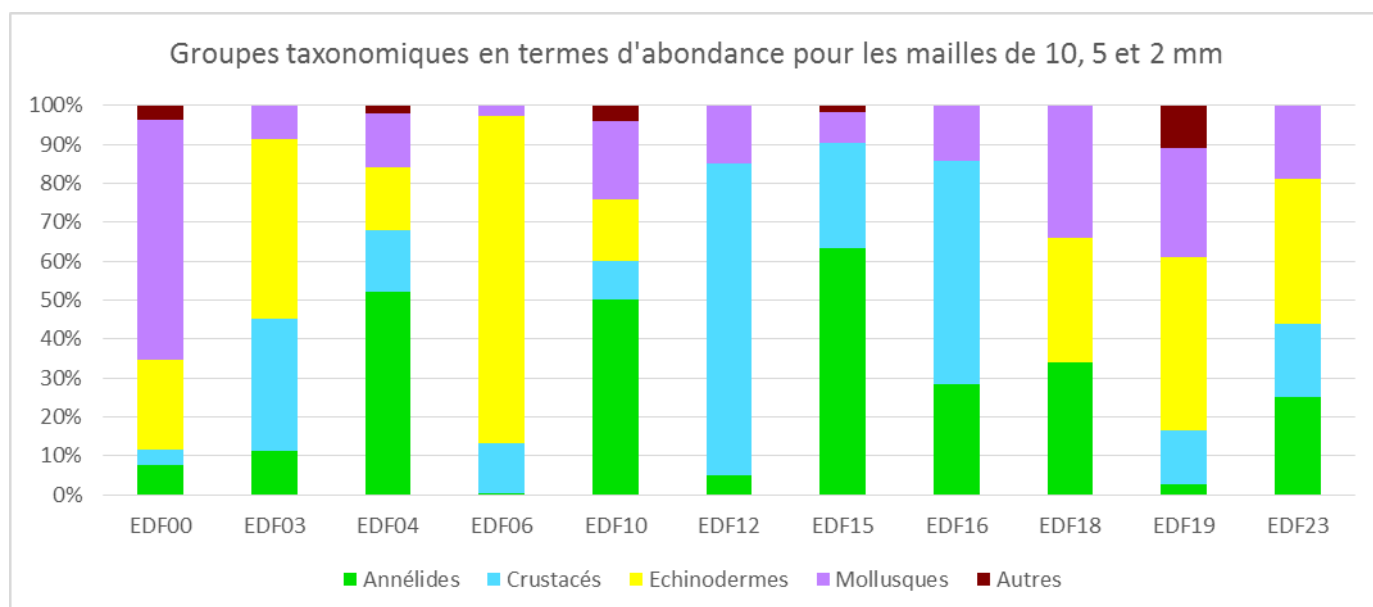


Figure 210 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les mailles de 10 et 5 mm et pour les mailles de 10, 5 et 2 mm



Une grande variabilité est observée sur les groupes taxonomiques entre les stations. L'abondance des individus récoltés peut être dominée par presque tous les groupes. Sur les mailles de 10 et 5 mm se sont les mollusques et les échinodermes qui dominent dans la majorité des stations alors que sur les mailles de 10, 5 et 2 mm tous les groupes sont bien présents à savoir les annélides, les crustacés, les échinodermes et les mollusques (figures 30, 31 et 32). En termes de richesse spécifique (figures 33, 34 et 35), même si les proportions sont légèrement variables en fonction des stations, deux groupes sont dominants sur les mailles de 10 et 5 mm : l'épifaune sessile (cnidaires, éponges, bryozoaires, tuniciers) et les mollusques. Sur les mailles de 10, 5 et 2 mm, deux types de stations sont observées ; celles dominées par quatre groupes taxonomiques (annélides, mollusques, échinodermes et crustacés) et celles dominées par trois groupes taxonomiques (annélides, mollusques et crustacés).

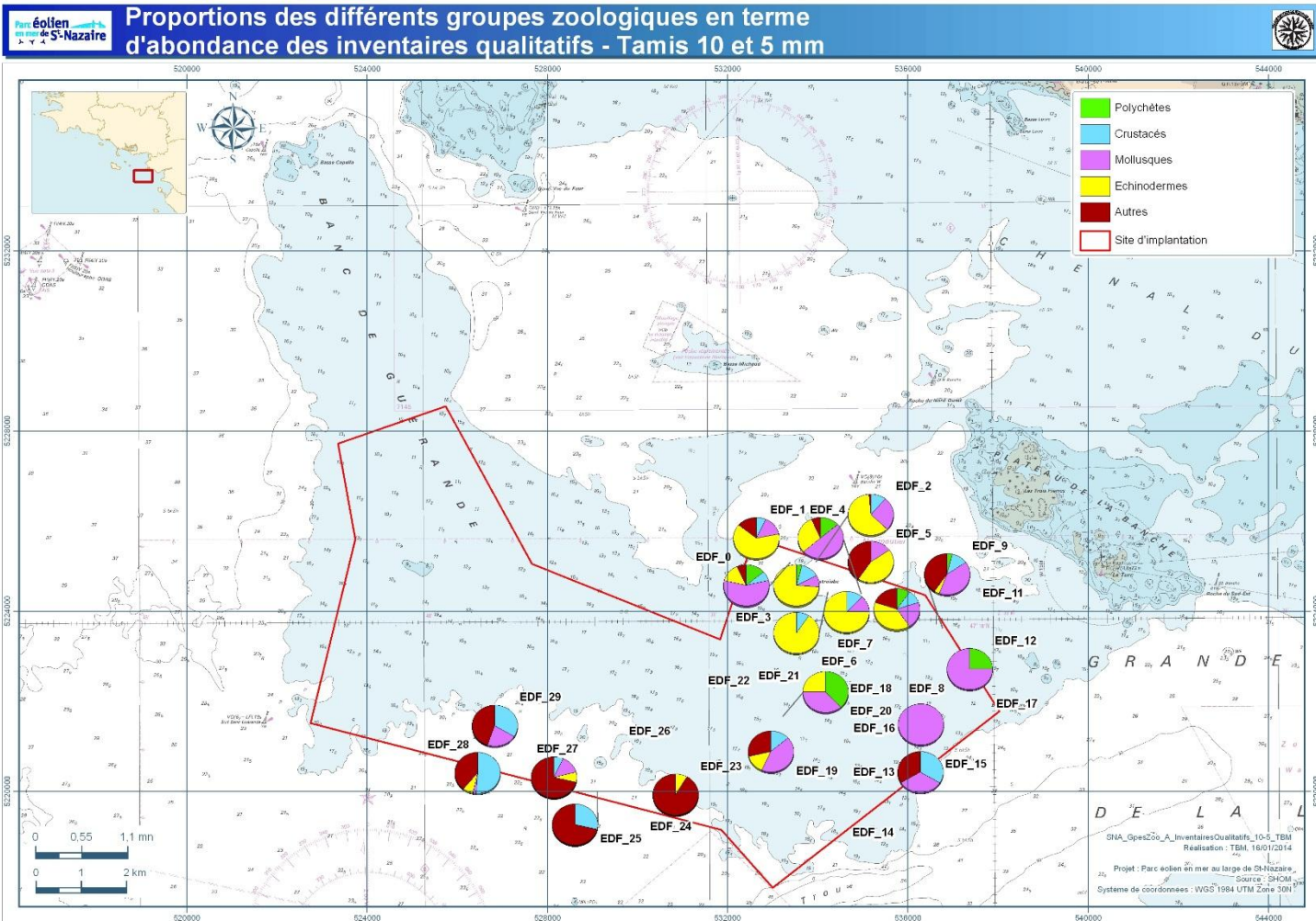


Figure 221 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10 et 5 mm.

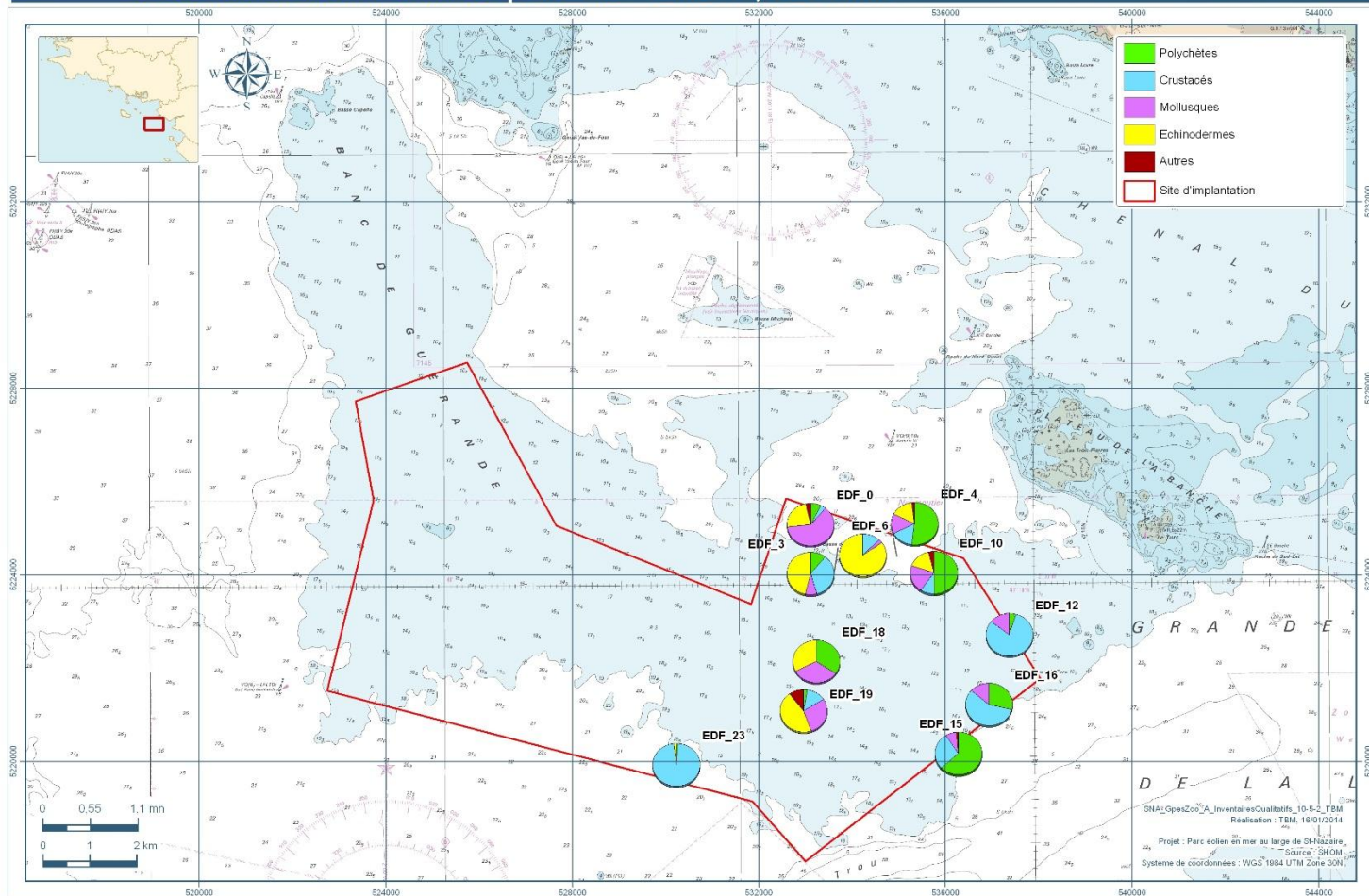


Figure 232 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10, 5 et 2 mm.

Groupes taxonomiques en termes de richesse pour les mailles de 10 et 5 mm

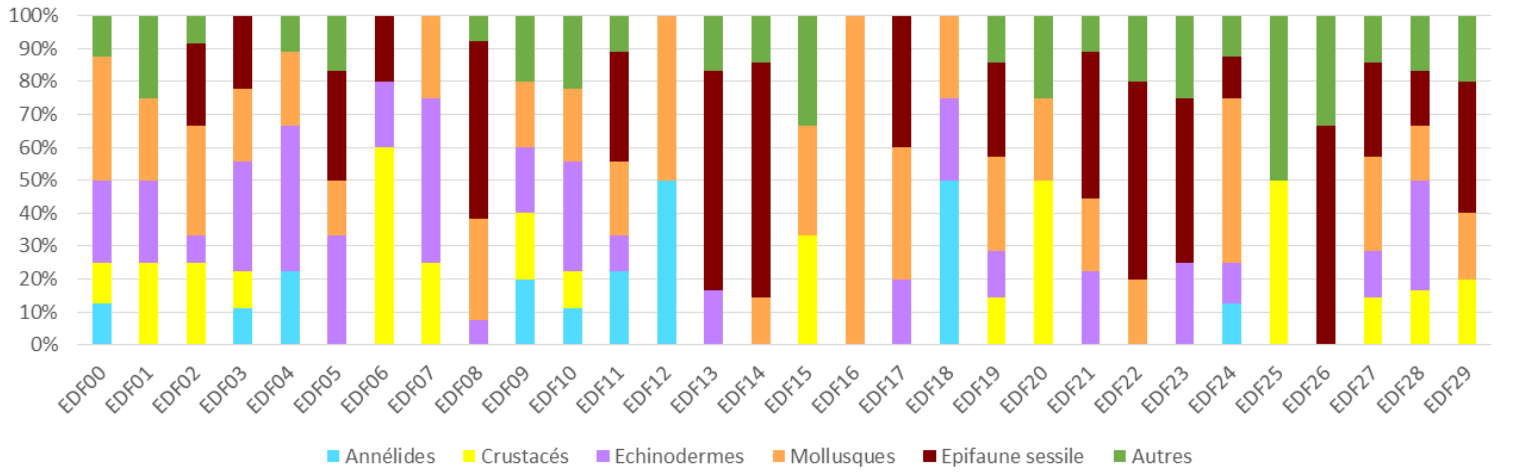
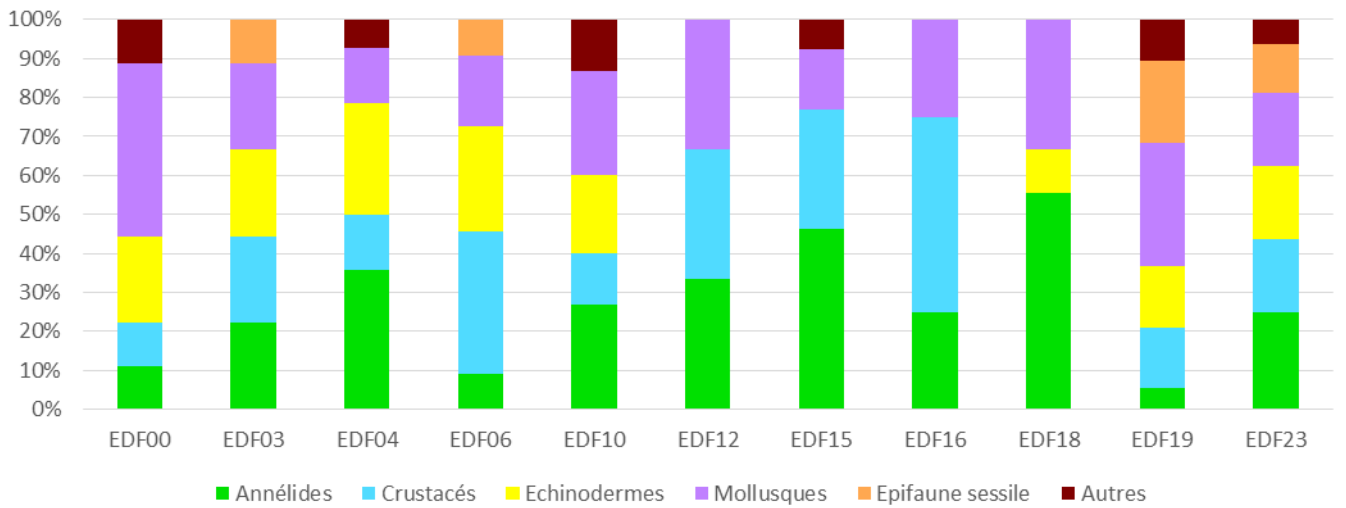


Figure 243 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

Groupes taxonomiques en termes de richesse pour les mailles de 10, 5 et 2 mm



pour les mailles de 10 et 5 mm et pour les mailles de 10, 5 et 2 mm

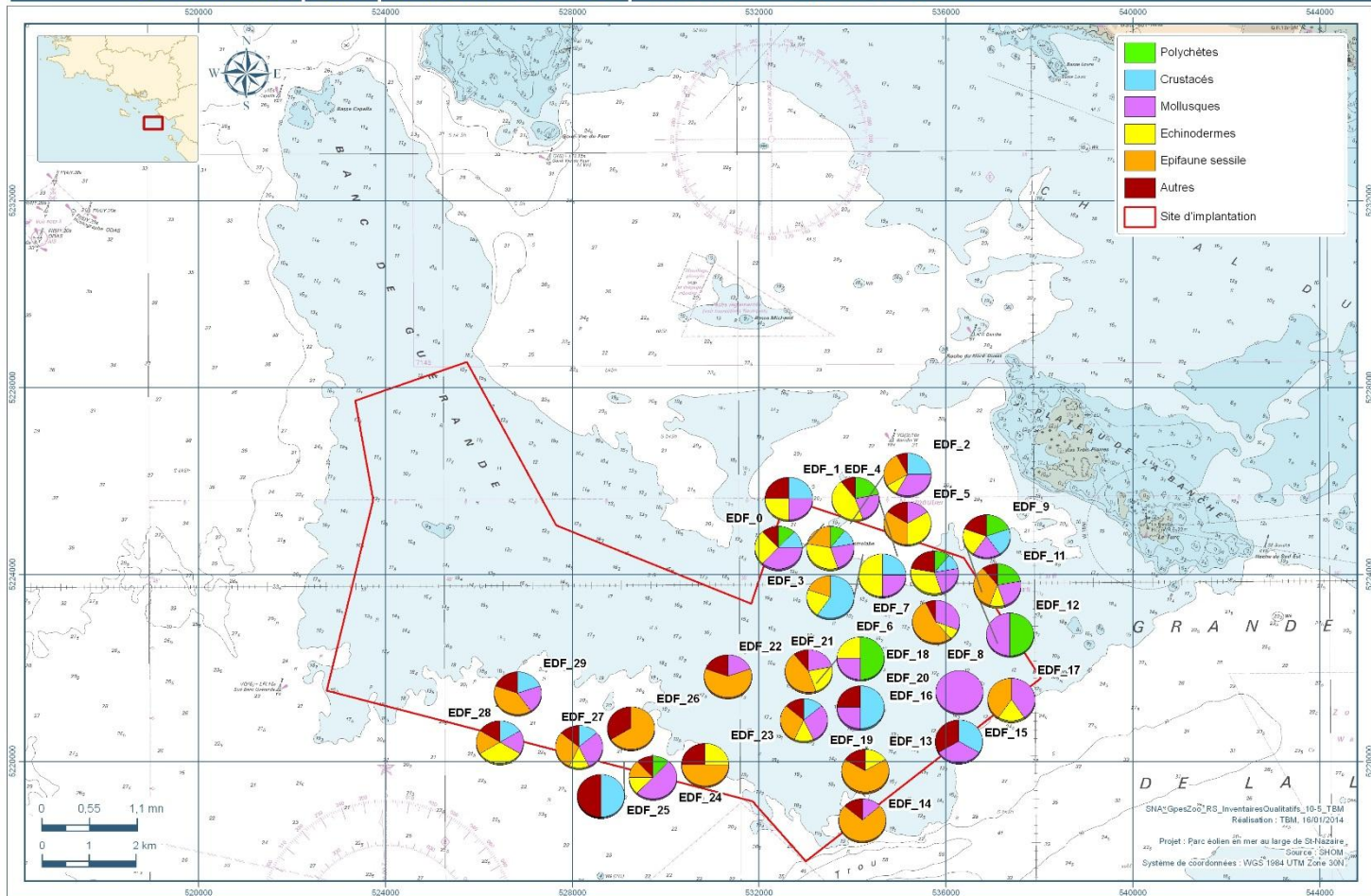


Figure 254 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty pour les mailles de 10 et 5 mm.

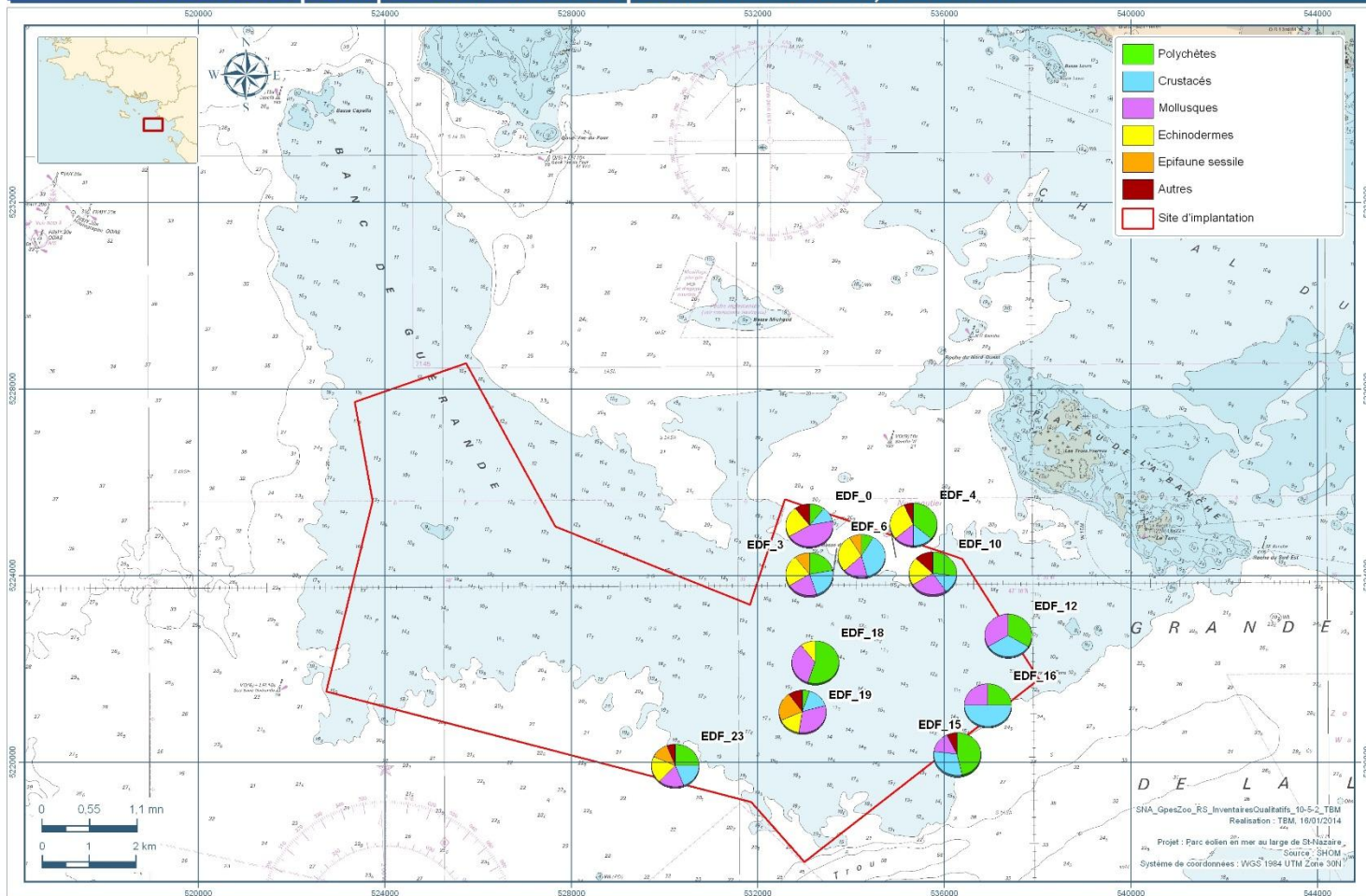


Figure 265 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty pour les mailles de 10, 5 et 2 mm.

2.2.1.3 Identification des principales caractéristiques de peuplements de substrat meuble

Nous avons réalisé une analyse multivariée pour identifier les stations apparentées. Nous avons transformé nos données en présence-absence sur les mailles de 10 et 5 mm. Le but de cette transformation est d'adapter le jeu de données de la manière la plus propice à l'identification des unités de peuplement. La figure 36 illustre les regroupements de stations apparentées. La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) réalisée sur la matrice présence-absence, isole 3 groupes. Les groupes 1 et 2 sont statistiquement différents (test du SIMPROFF) et le groupe 3 isole 11 stations avec des particularités comme les stations de roche. L'assemblage **1** est constitué de six stations. Elles sont caractérisées par le mollusque *Spisula elliptica*, la polychète *Lumbrineris sp.* et l'échinoderme *Echinocyamus pusillus* (procédure SIMPER). L'assemblage **2** regroupe 13 stations qui sont caractérisées par l'échinoderme *Ophiothrix fragilis*, le mollusque *Anomia epphipium* et le crustacé *Pisidia longicornis* (Procédure SIMPER). Ainsi le groupe 1 indique des espèces à affinité sabulicole alors que le groupe 2 est composé d'espèce à affinité sabulicole et gravicole.

Dans un deuxième temps, nous avons transformé les données obtenues sur les mailles de 10, 5 et 2 mm en $\log(x + 1)$ pour mieux apprécier les regroupements et mieux identifier les espèces caractéristiques des groupes (figure 37). Trois groupes sont également statistiquement différents (test SIMPROFF). Le groupe isole une seule station (EDF_16). Les groupes 2 et 3 sont composés par cinq stations chacun. Les espèces caractéristiques de ces deux groupes sont respectivement pour le groupe 2 les polychètes *Lumbrineris sp.*, *Pisione remota* et le mollusque *Spisula elliptica* ; et pour le groupe 3 les crustacés *Anapagurus hyndmani* et *Pisidia longicornis*, l'échinoderme *Echinocyamus pusillus* et l'échinoderme *Ophiothrix fragilis*. Comme dans la première analyse, le groupe 2 indique des espèces à affinité sabulicole alors que le groupe 3 est composé d'espèce à affinité sabulicole et gravicole.

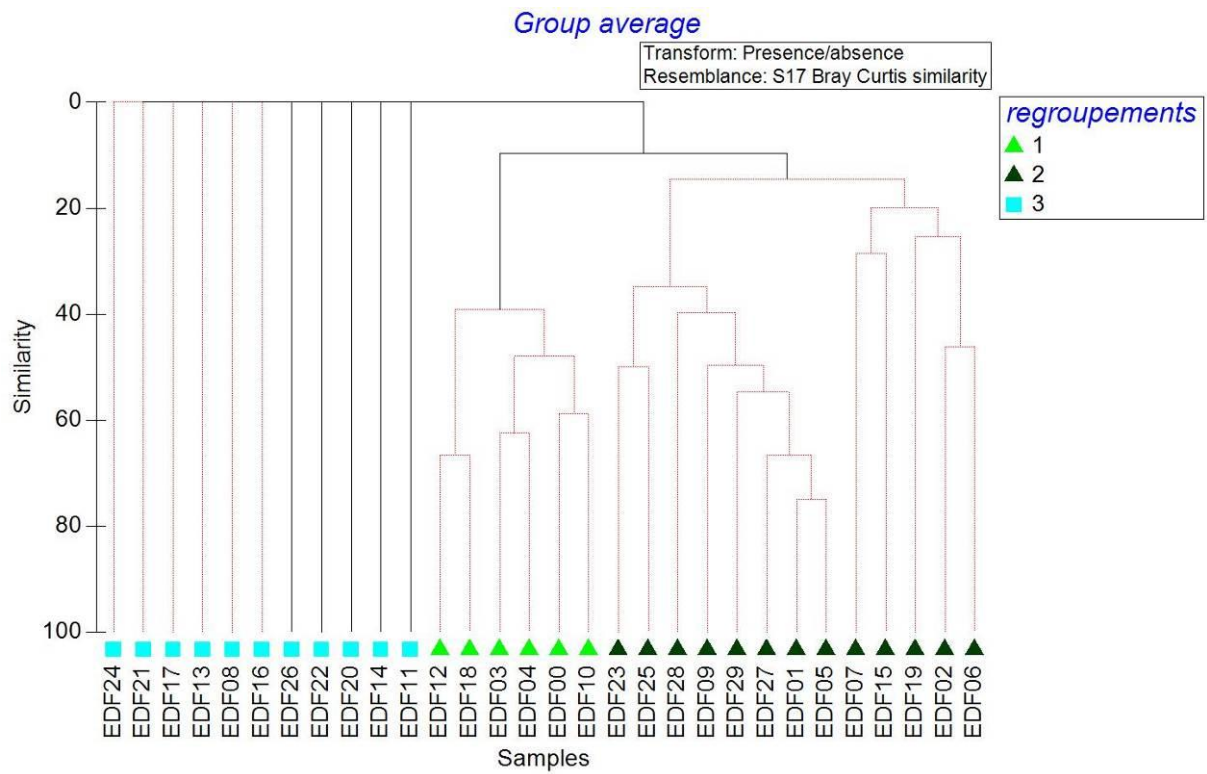
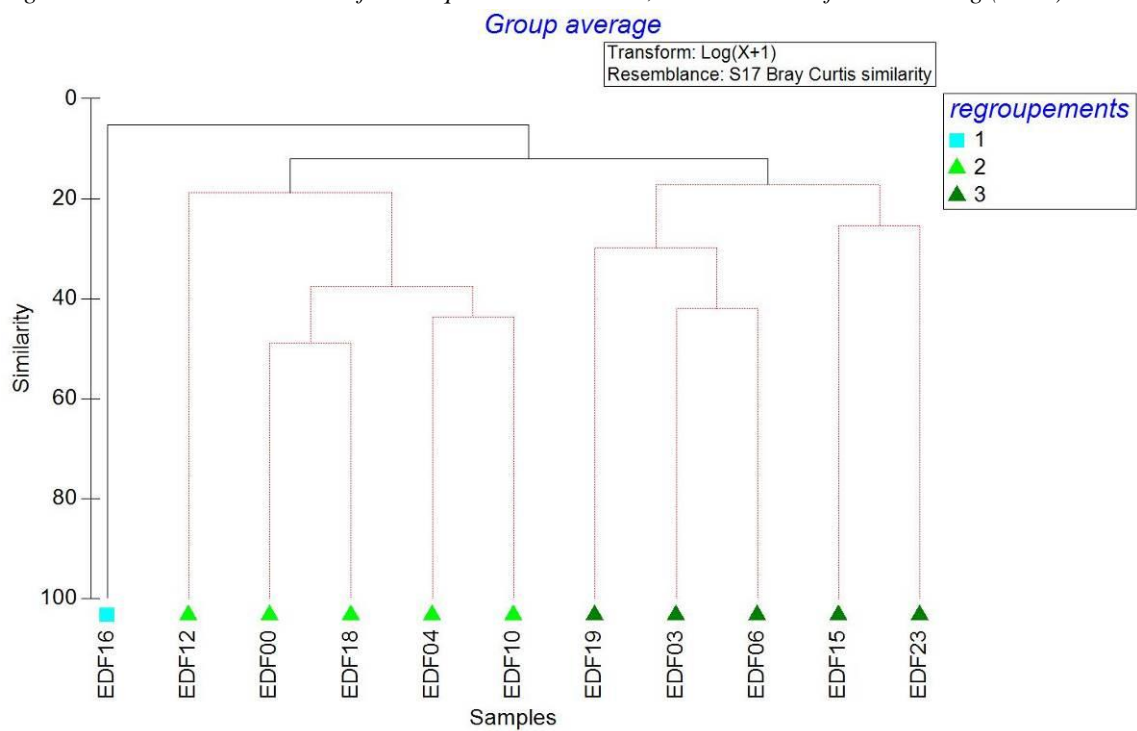


Figure 27 ; CAH sur les données faunistiques des mailles de 10 et 5 mm transformées en présence-absence

Figure 28 : CAH sur les données faunistiques des mailles 10, 5 et 2 mm transformées en $\log(x + 1)$



2.2.1.4 Stations quantitatives

Un total de cinq stations quantitatives a été échantillonné à la benne Smith Mc Intyre. Le choix des stations s'est fait en fonction de la granulométrie observée sur le terrain et des espèces associées. L'annexe 4 illustre les stations et l'annexe 5 indique le tableau de données.

- Paramètres structuraux et groupes taxonomiques de la macrofaune

Sur l'ensemble des échantillons analysés, 318 individus ont été dénombrés et 88 taxons ont été identifiés (Annexe 4).

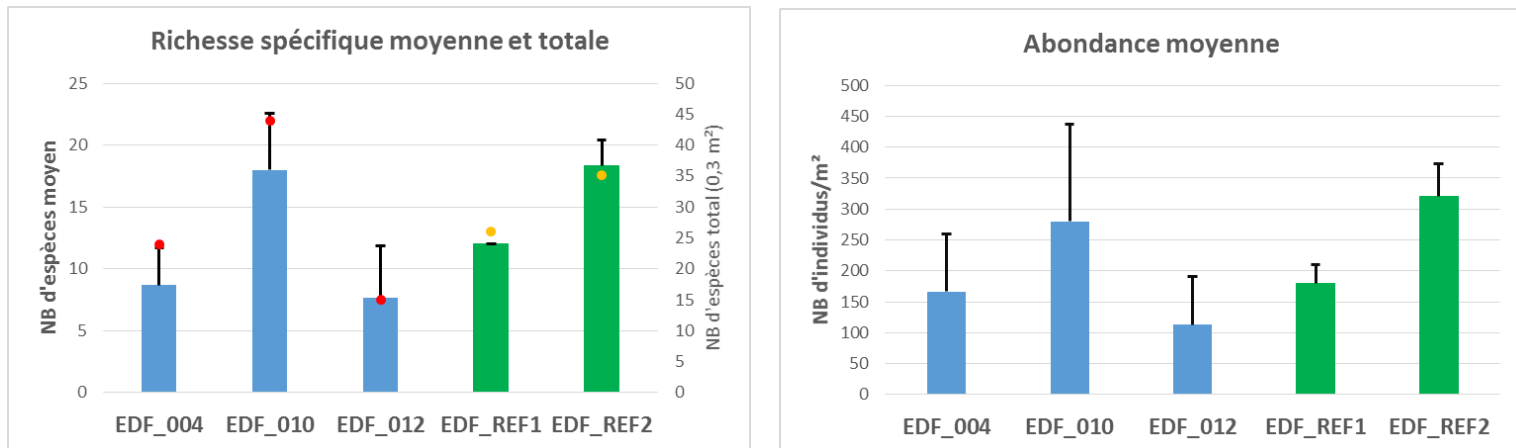


Figure 29 : Richesse spécifique moyenne et totale, et Abondance moyenne (nb d'individus par m²)

Les richesses spécifiques moyennes sont comprises entre 8 et 18 espèces pour les stations situées sur la zone d'étude et entre 12 et 18 espèces pour les deux stations références (Figures 38 et 39). Les richesses totales varient entre 15 et 44 sur l'ensemble des stations pour un total de 88 espèces observées. Les abondances moyennes varient de 120 individus par m² à 280 individus par m² pour les stations sur le banc de Guérande et entre 180 et 320 individus par m² (Figures 38 et 40). Ainsi, des variabilités, entre les stations mais également à l'intérieur des stations, sont observées.

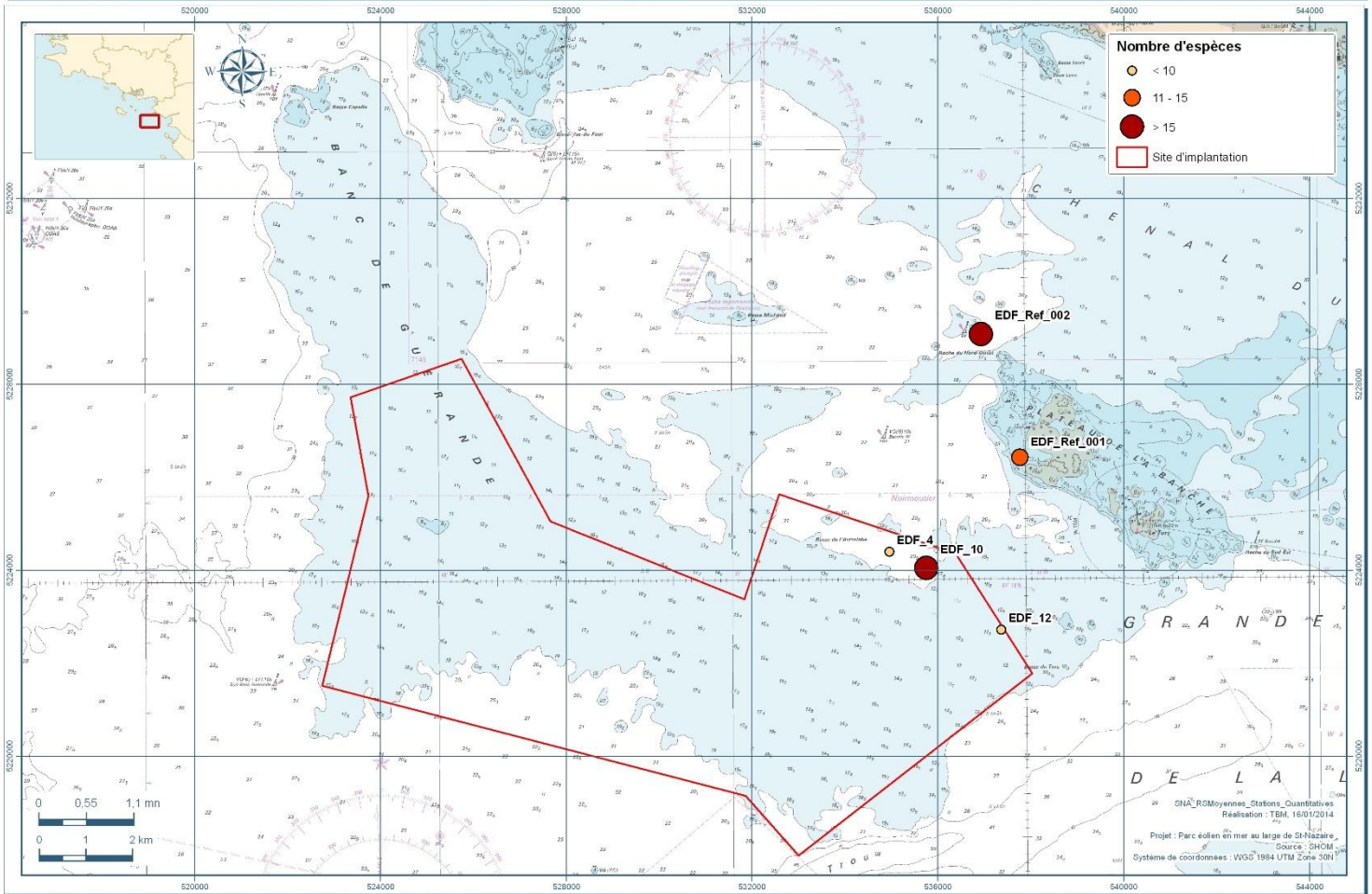


Figure 39 : Richesse moyenne pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

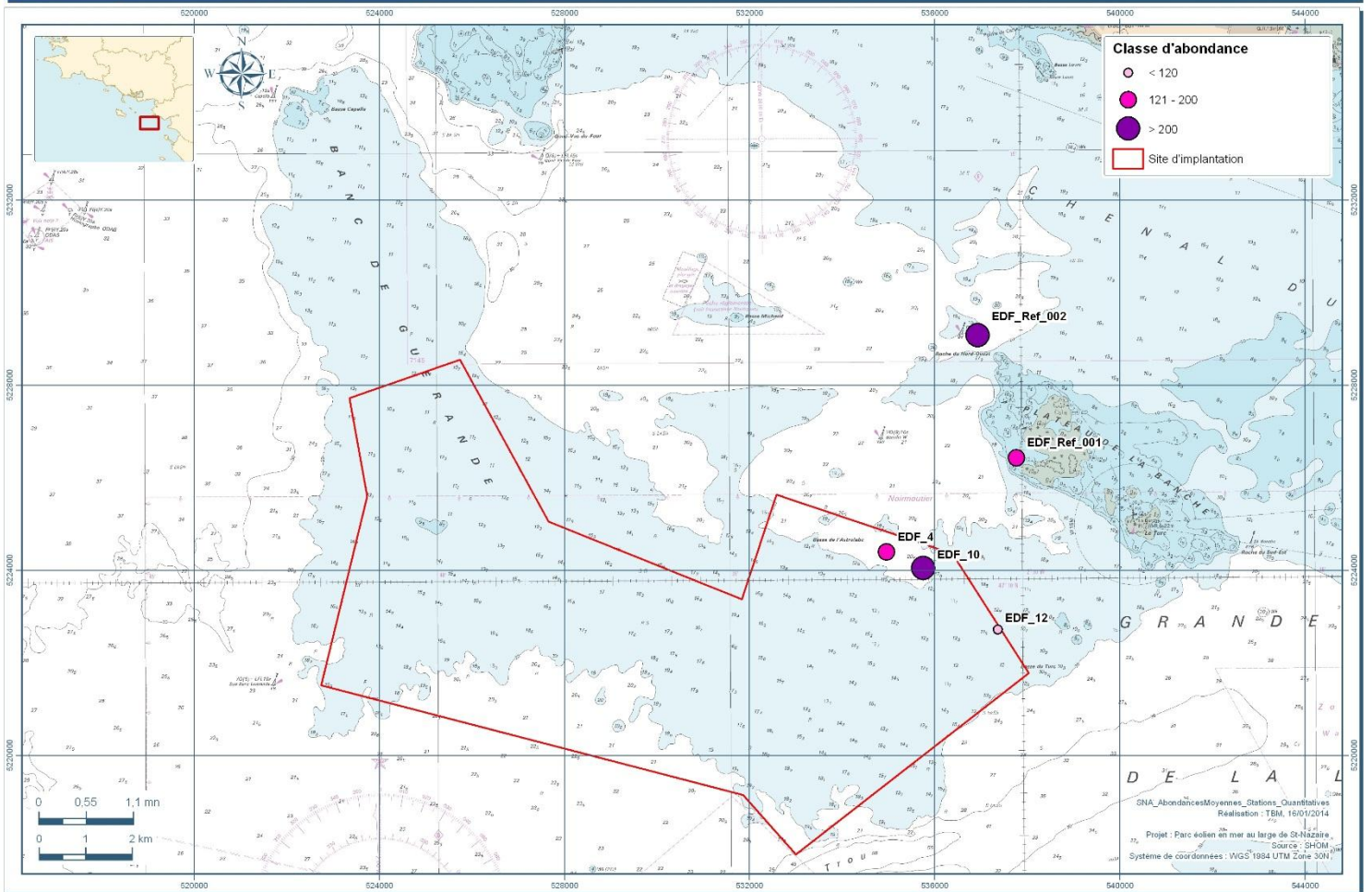


Figure 40: Abondance moyenne pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

L'analyse des groupes taxonomiques en termes d'abondance révèle une composition taxonomique assez semblable avec la dominance des polychètes. Les autres groupes sont présents et les échinodermes sont en proportion importante sur les stations EDF_10 et EDF_12.

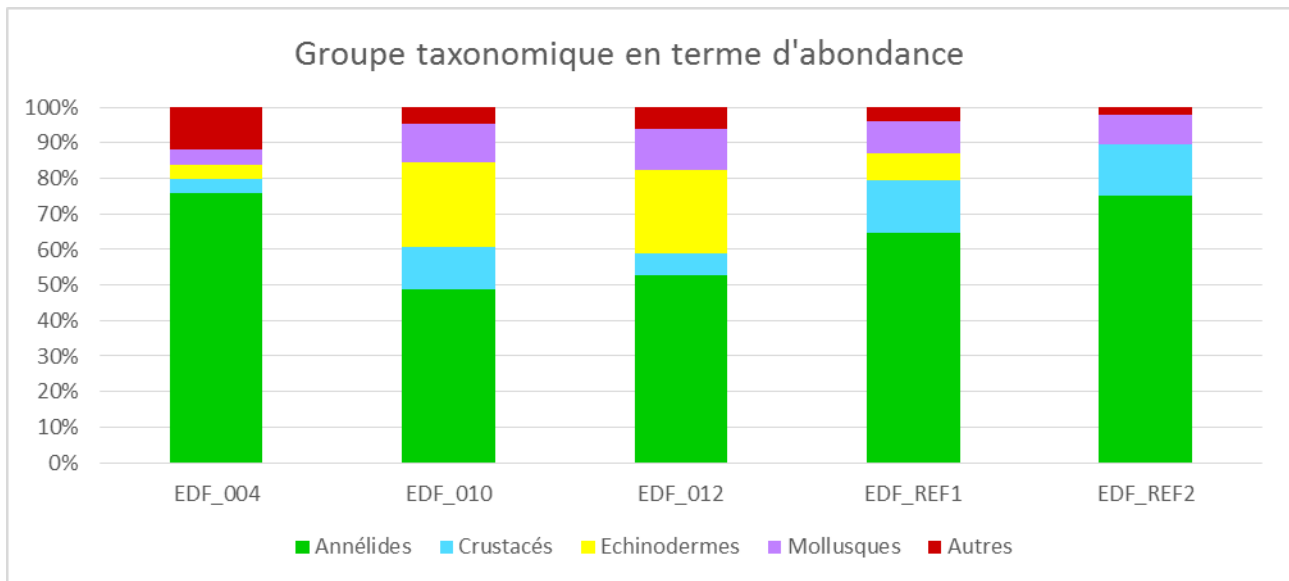


Figure 41 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

Les proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique illustrent la plus grande diversité des polychètes par rapport aux autres groupes comme les crustacés et les mollusques.

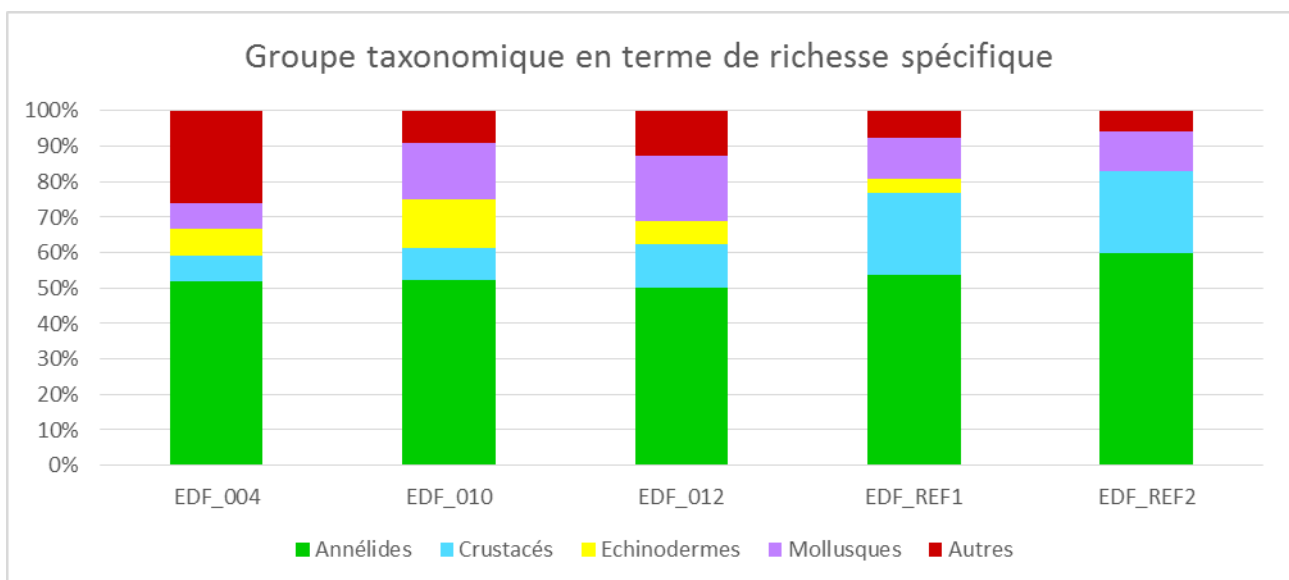


Figure 302 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

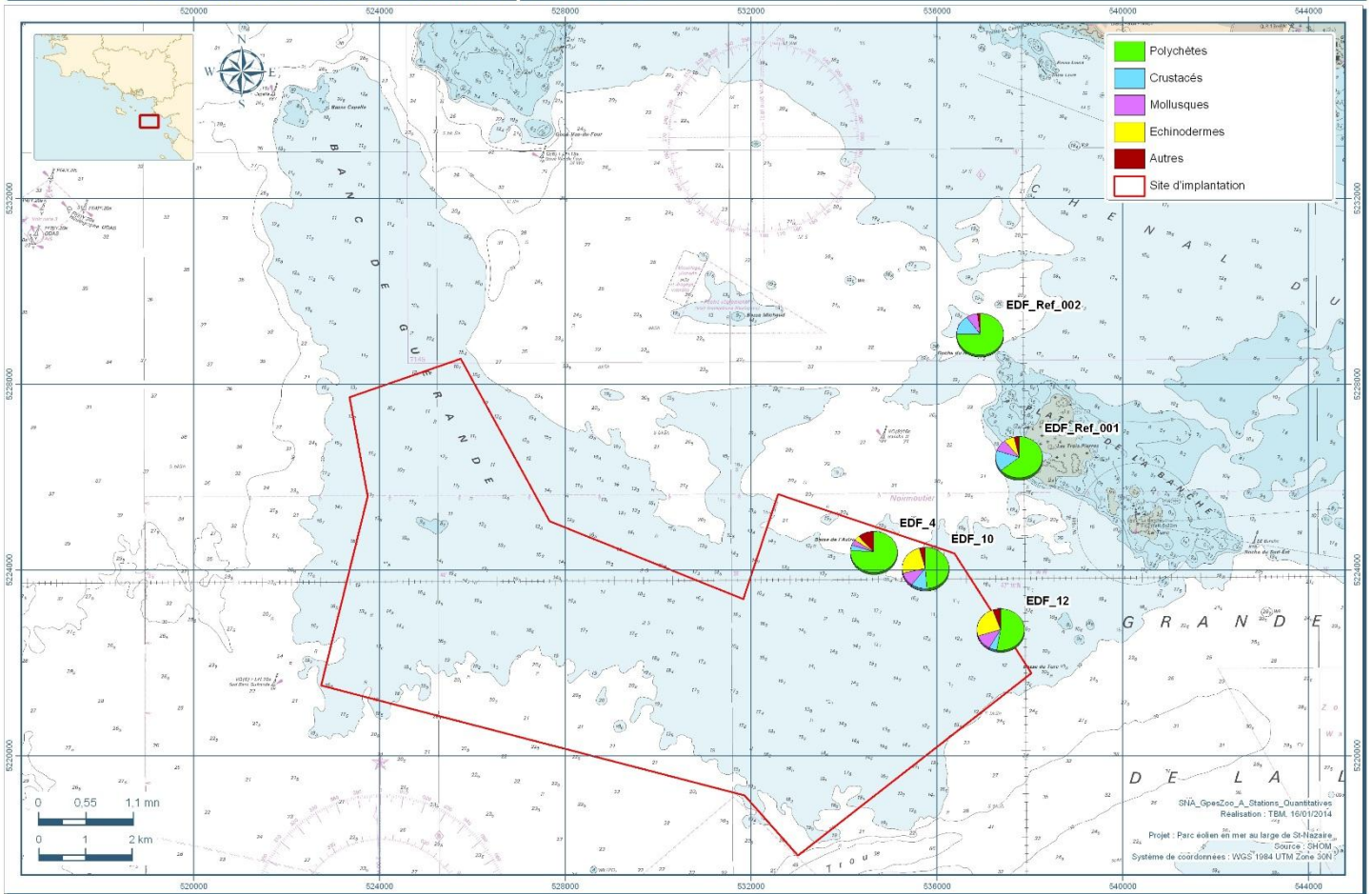


Figure 313 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

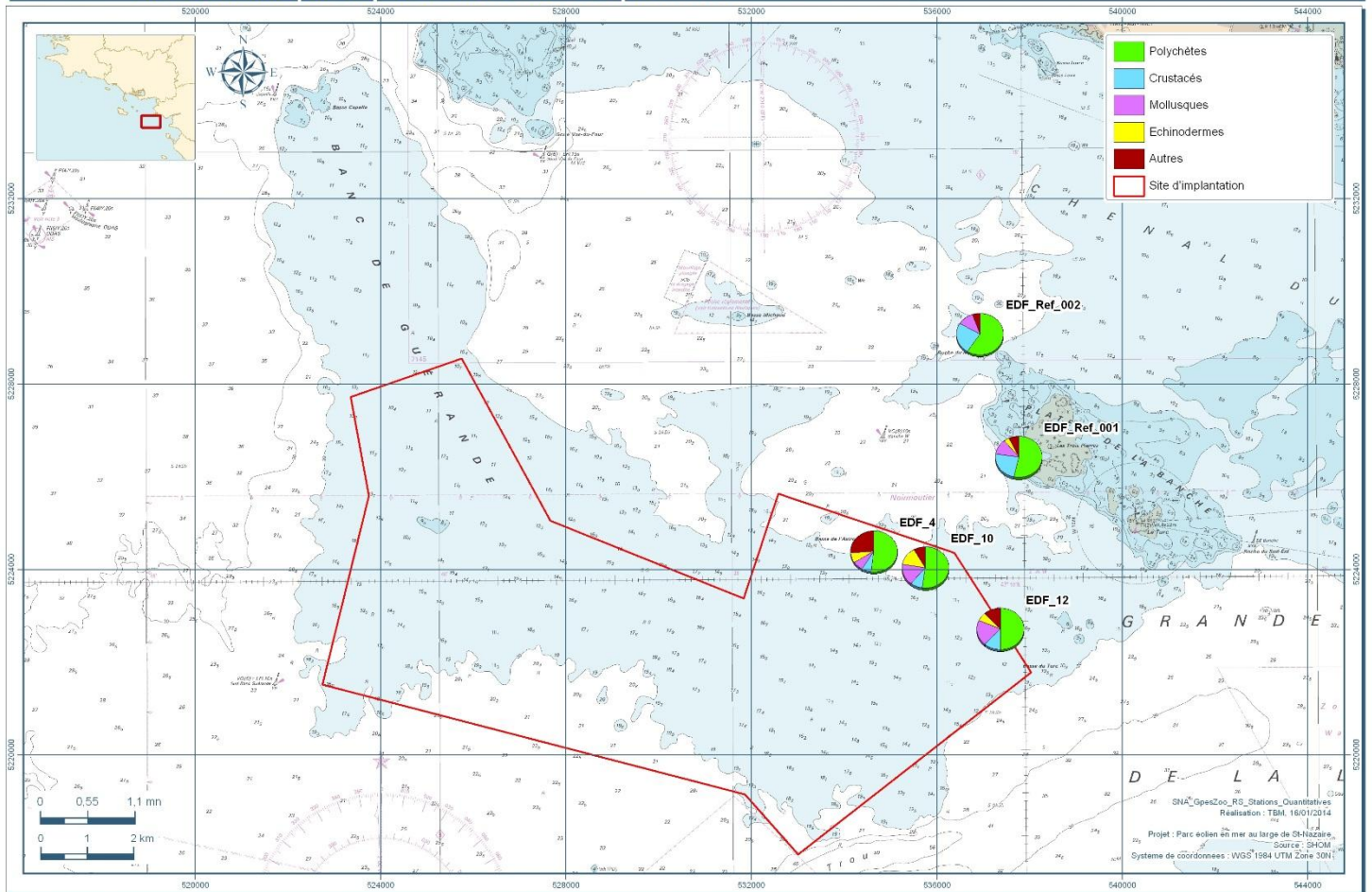


Figure 324 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

À l'aide de la CAH, il est possible d'illustrer les regroupements entre les stations. Ces analyses ont été réalisées en considérant la totalité des espèces échantillonnées et les densités ont subi une transformation $\log(x+1)$, permettant de pondérer les fortes densités de certaines espèces.

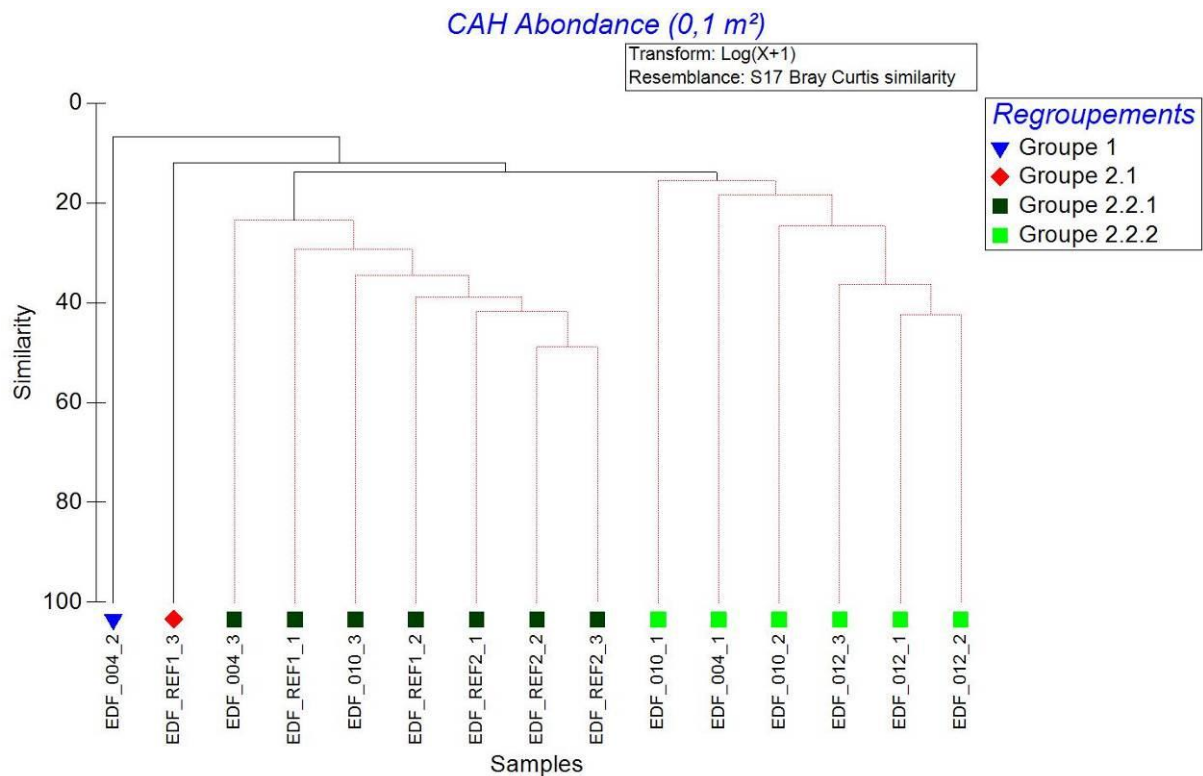


Figure 335 : CAH sur les abondances transformées en $\log(x + 1)$

Ces analyses séparent tout d'abord deux répliquats, un sur la station EDF_004 et un sur EDF_REF1_3. Les deux autres groupes sont statistiquement différents (test du SIMPROFF). L'assemblage **2.2.1** isole sept stations dont les espèces dominantes et discriminantes sont des polychètes comme *Lumbrineris futilis*, *Pisione remota* et *Eulalia mustela* (procédure SIMPER). L'assemblage **2.2.2** est caractérisé par des polychètes *Glycera lapidum* et *Syllis hyalina* et l'échinoderme *Echinocyamus pusillus*. Ainsi, le cortège des espèces est caractéristique des sables grossiers et graviers sublittoraux mais les espèces du groupe 2.2.1 sont plus à affinité sable grossier alors que celles du groupe 2.2.2 sont à affinité sable moyen.

- Physico-chimie des sédiments

Le tableau 4 synthétise les résultats des analyses et les fiches de résultats du laboratoire IDHESA.

ANALYSES PHYSICO-CIMIQUES DES SEDIMENTS- EDF - BANC DE GUERANDE

		NIVEAUX REGLEMENTAIRES dits GEODE						
		Arrêtés du 14 juin 2000, du 23 décembre 2009 et du 08 février 2013		25/04/2013 (EL_191)	25/04/2013 (EL_192)	25/04/2013 (EDF 12)	25/04/2013 (EDF 10)	25/04/2013 (EDF 4)
		N 1	N 2	EDF REF_001	EDF REF_002	EDF_012	EDF_010	EDF_004
Métaux	Al (g/kg MS)			6,4	6,6	5,2	2,6	2,9
	As (mg/kg sec)	25	50	8	14	4,9	3,6	5,1
	Cd (mg/kg sec)	1,2	2,4	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
	Cr (mg/kg sec)	90	180	3,7	3,8	3,2	4,4	4,5
	Cu (mg/kg sec)	45	90	<2	<2	<2	<2	<2
	Hg (mg/kg sec)	0,4	0,8	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04
	Ni (mg/kg sec)	37	74	<2	<2	<2	<2	<2
	Pb (mg/kg sec)	100	200	7,3	9,4	6,4	5,2	4,4
	Zn (mg/kg sec)	276	552	6,2	7,6	7	8,1	5,6
Dérivés de l'Etain	DBT (mg/kg sec)			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	MBT (mg/kg sec)			<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
	TBT (mg/kg sec)	0,1	0,4	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005
HAP	Somme des 16 HAP (mg/kg)			<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Fluoranthène (mg/kg sec)	0,6	2,85	<0,01	0,02	<0,01	<0,01	<0,01
	Fluorène (mg/kg sec)	0,02	0,28	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02	<0,02
	Benzo(a)anthracène (mg/kg sec)	0,26	0,93	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(a,h)anthracène (mg/kg sec)	0,06	0,16	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(b)fluoranth (mg/kg sec)	0,4	0,9	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(k)fluoranth mg/kg sec	0,2	0,4	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(a)pyrene (mg/kg sec)	0,43	1,015	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Benzo(ghi)pérylène (mg/kg sec)	1,7	5,65	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Indeno(1,2,3-cd)pyr (mg/kg sec)	1,7	5,65	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Acenaphthylene (mg/kg sec)	0,04	0,34	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
	Acénaphthène (mg/kg sec)	0,015	0,26	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015	<0,015
	Anthracène (mg/kg sec)	0,085	0,59	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03	<0,03
	Chrysène (mg/kg sec)	0,38	1,59	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
	Naphtalene (mg/kg sec)	0,16	1,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05
	Phénanthrène (mg/kg sec)	0,24	0,87	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
Pyrene (mg/kg sec)	0,5	1,5	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	
PCB	PCB 028 µg/kg sec	25	50	<10	<10	<10	<10	<10
	PCB 052 µg/kg sec	25	50	<10	<10	<10	<10	<10
	PCB 101 µg/kg sec	50	100	<10	<10	<10	<10	<10
	PCB 118 µg/kg sec	25	50	<10	<10	<10	<10	<10
	PCB 138 µg/kg sec	50	100	<10	<10	<10	<10	<10
	PCB 153 µg/kg sec	50	100	<10	<10	<10	<10	<10
	PCB 180 µg/kg sec	25	50	<10	<10	<10	<10	<10
somme de PCB µg/kg sec	500	1000	<20	<20	<20	<20	<20	
Bactériologie	Entérocoques intestinaux			<10	<10	<10	<10	<10
	Eschérichia coli			10	<10	<10	<10	<10
Physico chimie	MS % prod brut			78	79	76,1	76,5	78,3
	Densité			1,94	1,91	1,78	1,79	2,02
	COT			<1,5	<1,5	<1,5	<1,5	<1,5
	Azote Kjeldahl (mg/kg sec)			200	300	200	400	200
	Phosphore (mg/kg sec)			160	240	200	180	170
				Négligeable	0,1 Faible	Négligeable	Négligeable	Négligeable
Score de risque				1	1	1	1	1
COT				0	0	0	0	0
Azote NTK				0	0	0	0	0
Phosphore				0	0	0	0	0
PO				1	1	1	1	1

Tableau 4 : Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments

Aspects sédimentaires

L'analyse granulométrique est indispensable, et en particulier la détermination de la proportion de sédiments fins (vases < 63 µm), afin de comprendre les processus de contamination éventuelle et de définir les habitats potentiels pour la faune benthique associée au sédiment.

L'analyse granulométrique (réalisée par la méthode Laser) repose sur la séparation des différentes fractions dimensionnelles exprimées en pourcentages de poids sec.

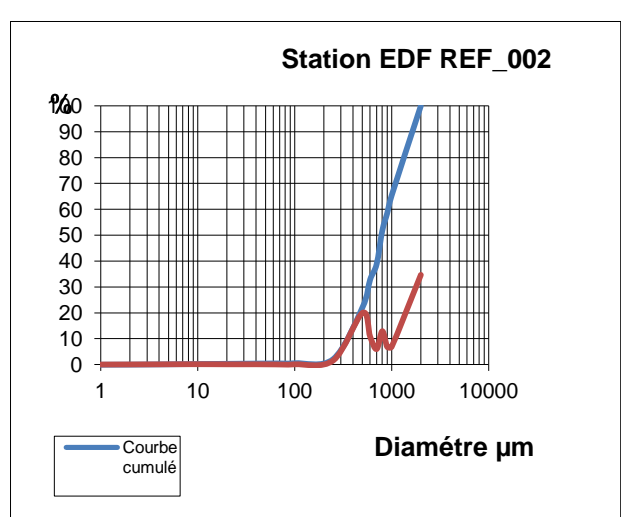
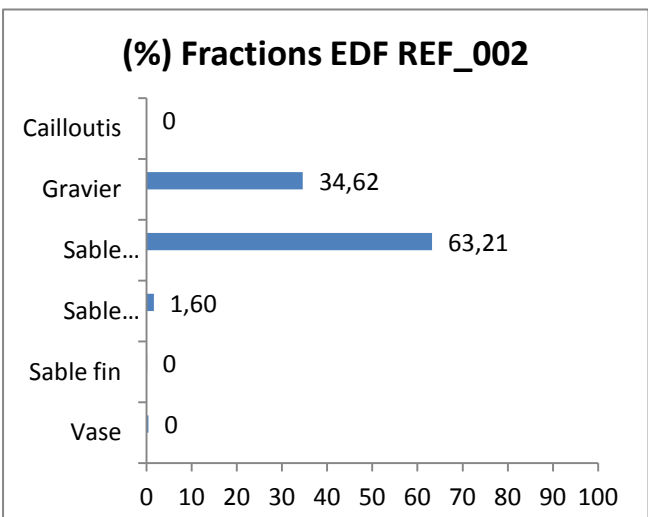
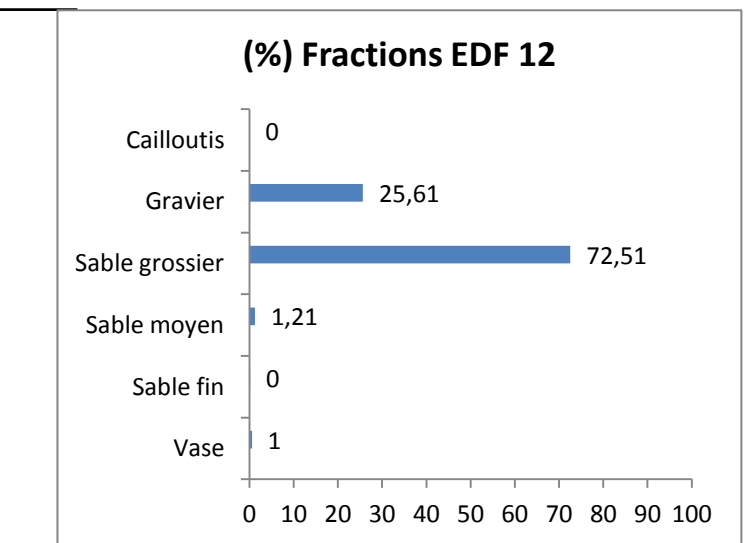
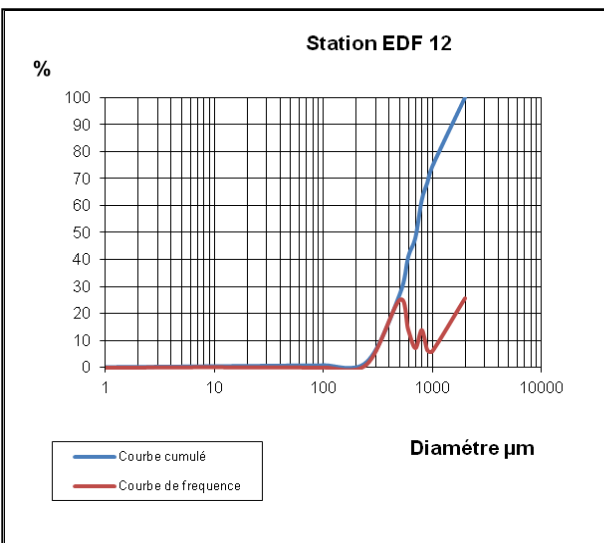
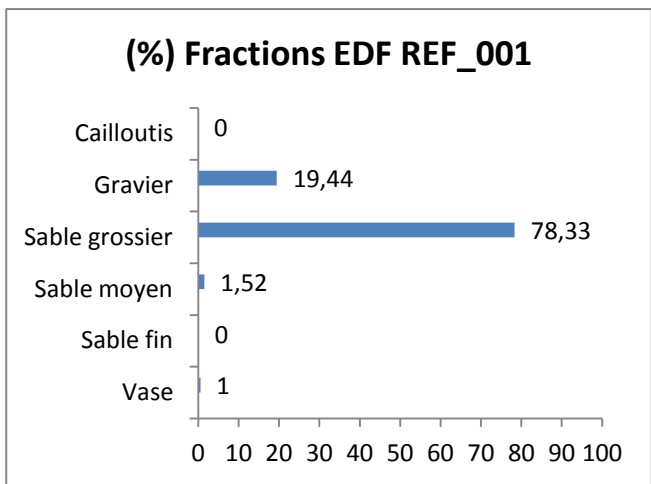
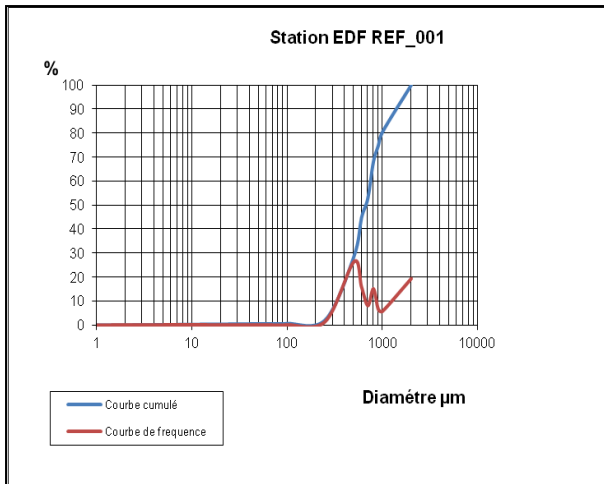
Les fractions isolées sont :

- les vases (< 63 µm),
- les sables fins (63-250 µm),
- les sables moyens (250-500 µm),
- les sables grossiers (500 µm à 2 mm),
- les graviers (2 à 64 mm),
- les galets (>64 mm).

Le tableau 5 associé à la figure 46 et aux résultats d'analyses IDHESA montrent que les sédiments, et ce sur l'ensemble des stations, sont des sables grossiers et le pourcentage de vase est inférieur à 1%.

Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments

Granulométrie (Classes de taille)	EDF REF_001	EDF REF_002	EDF_012	EDF_010	EDF_004
0 - 63µm	0,54	0,45	0,55	0,67	0,47
63-250µm	0,15	0,14	0,15	0,23	0,15
250-500µm	1,52	1,60	1,21	2,58	1,01
500-2000µm	78,33	63,21	72,51	69,83	65,64
2-64mm	19,44	34,62	25,61	26,70	32,72
64mm	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Habitats sédimentaires	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers	Sables grossiers



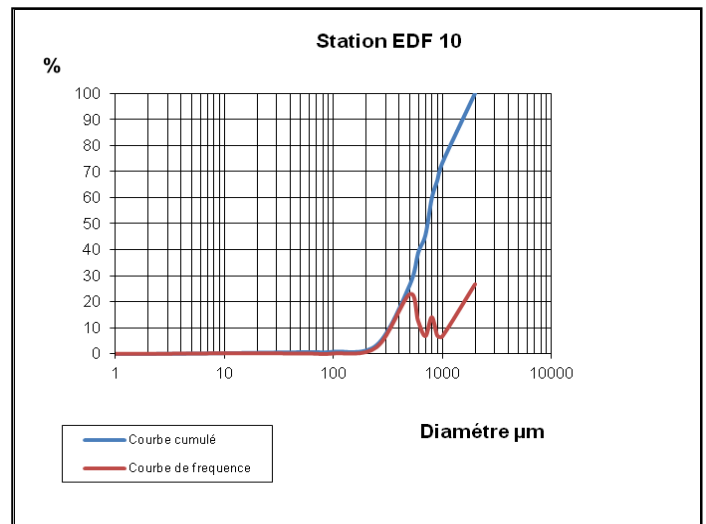
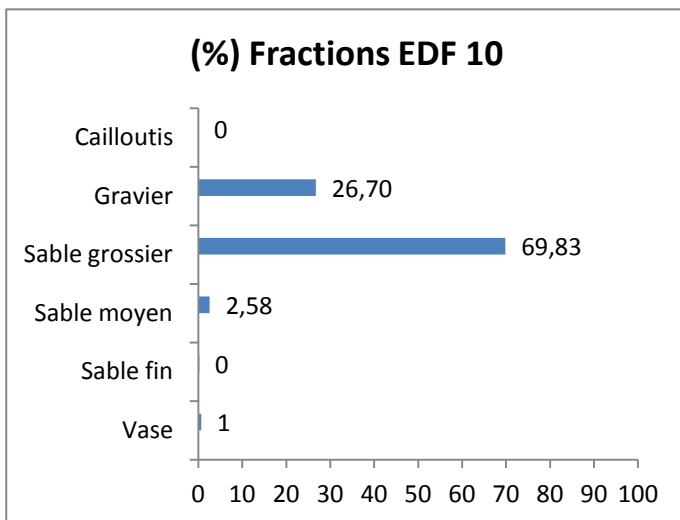
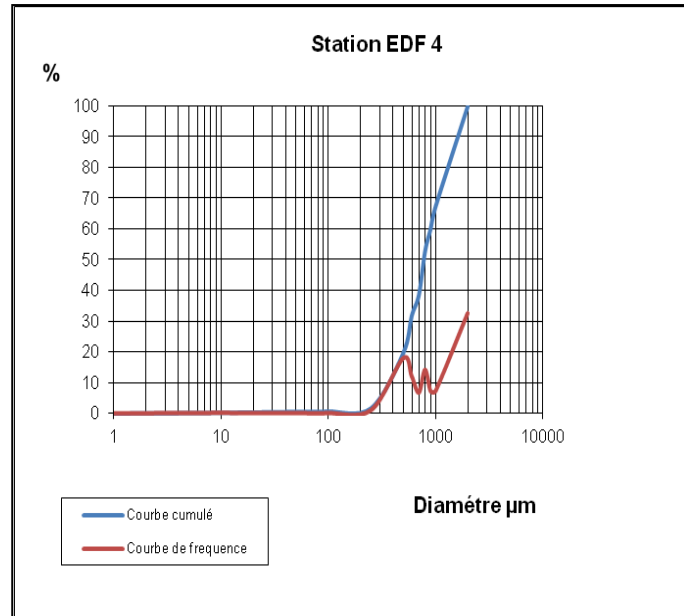
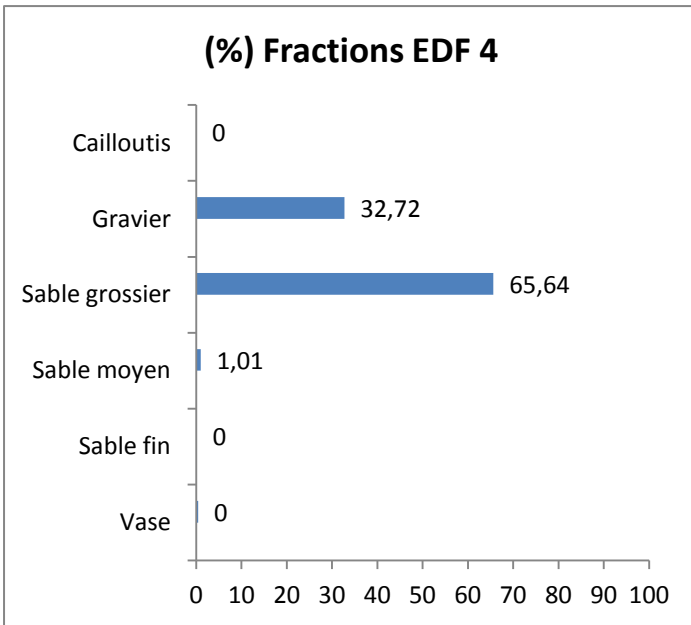


Figure 4634 : Analyse granulométrique

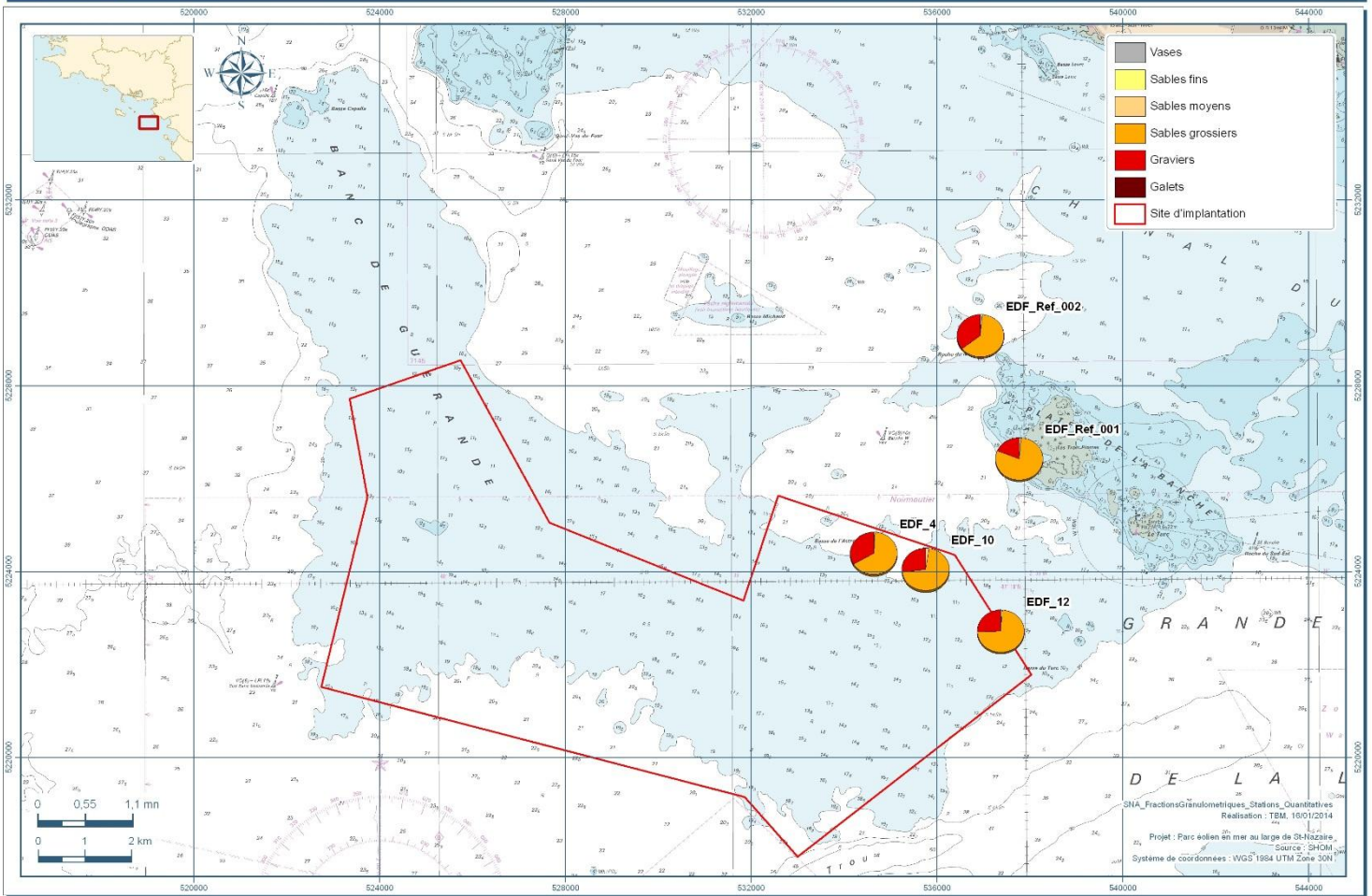


Figure 4735 : Carte des fractions sédimentaires.

Eléments traces métalliques et PCB

L'arrêté du 09 août 2006 fixe ces niveaux de référence N1 et N2 à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins estuariens présents en milieu naturel ou portuaire. Ces niveaux concernent les éléments métalliques et les Polychlorobiphényles (PCB).

Les tableaux ci-dessous rappellent ces niveaux pour les métaux et les PCB.

Tableau 6 : Valeurs guides des niveaux 1 et 2 pour les métaux (mg/kg de sédiment sec) retenues par la France (Arrêté du 09/08/2006)

Contaminant (mg/kg sec)	Niveau 1	Niveau 2
Arsenic (As)	25	50
Cadmium (Cd)	1.2	2.4
Chrome (Cr)	90	180
Cuivre (Cu)	45	90
Mercure (Hg)	0.4	0.8
Nickel (Ni)	37	74
Plomb (Pb)	100	200
Zinc (Zn)	276	552

Tableau 7 : Valeurs guides des niveaux 1 et 2 pour les congénères de polychlorobiphényles (mg/kg de sédiment sec) retenues par la France (Arrêté du 09/08/2006).

Contaminant (mg/kg sec)	Niveau 1	Niveau 2
PCB totaux	0.5	1
PCB congénère 28	0.025	0.05
PCB congénère 52	0.025	0.05
PCB congénère 101	0.05	0.1
PCB congénère 118	0.025	0.05
PCB congénère 138	0.05	0.1
PCB congénère 153	0.05	0.1
PCB congénère 180	0.025	0.05

Les concentrations en éléments métalliques et PCB sont inférieures aux niveaux réglementaires.

Tributylétain TBT

Concernant le TBT, l'arrêté du 23/12/2009 vient modifier l'arrêté du 09 août 2006 en précisant des valeurs réglementaires à prendre en compte pour le TBT lors de l'analyse des sédiments marins. Ces seuils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8 : Valeurs guides des niveaux 1 et 2 du TBT (mg/g sec) (Arrêté du 23/12/2009)

Contaminant (mg/kg sec)	Niveau 1	Niveau 2
Arrêté du 23/12/2009		
TBT (Cation)	0.1	0.4

Les concentrations en tributylétain sont inférieures aux seuils réglementaires.

Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)

L'arrêté du 08/03/2013 complète les arrêtés précédents et précise les seuils réglementaires à prendre en compte pour les HAP lors de l'analyse des sédiments marins. Les seuils sont présentés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 9 : Valeurs guides des niveaux 1 et 2 des HAP (mg/g sec) (Arrêté du 08/02/2013)

Contaminant (mg/kg sec)	Niveau 1	Niveau 2
Fluoranthène (mg/kg sec)	0,6	2,85
Fluorène (mg/kg sec)	0,02	0,28
Benzo(a)anthracène (mg/kg sec)	0,26	0,93
Benzo(a,h)anthracène (mg/kg sec)	0,06	0,16
Benzo(b)fluoranth (mg/kg sec)	0,4	0,9
Benzo(k)fluoranth mg/kg sec	0,2	0,4
Benzo(a)pyrene (mg/kg sec)	0,43	1,015
Benzo(ghi)pérylène (mg/kg sec)	1,7	5,65
Indeno(1,2,3-cd)pyr (mg/kg sec)	1,7	5,65
Acenaphthylene (mg/kg sec)	0,04	0,34
Acénaphène (mg/kg sec)	0,015	0,26
Anthracène (mg/kg sec)	0,085	0,59
Chrysène (mg/kg sec)	0,38	1,59
Naphtalene (mg/kg sec)	0,16	1,13
Phénanthrène (mg/kg sec)	0,24	0,87
Pyrene (mg/kg sec)	0,5	1,5

Les concentrations en Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques sont inférieures aux seuils de détection du laboratoire et donc aux seuils réglementaires.

Scores de risque

Les sédiments côtiers renferment de nombreuses substances dont certaines présentent un caractère toxique avéré : éléments métalliques, organiques (PCB, HAP et TBT).

La notion de risque « est une grandeur qui caractérise un événement indésirable par sa probabilité d'occurrence et par la gravité des dommages liés à la réalisation de cet événement » (Alzieu, 1999).

L'évaluation du risque (logiciel GEODRISK) s'appuie sur l'évaluation de la nuisance potentielle ou réelle des sédiments :

Risque = Danger x Transfert x Cible

L'évaluation prend en compte :

- le danger potentiel de la source de pollution en fonction de sa nature et des quantités de substances émises,
- le transfert de la source vers la cible, en fonction de son potentiel de mobilité et des voies d'exposition,
- l'existence et la vulnérabilité de cibles potentielles.

Le calcul du score de risque global du sédiment prend en considération, pour chaque contaminant analysé (métaux et PCB), dans un premier temps les scores de danger potentiel et de transfert, et, dans un deuxième temps, les scores de toxicité et de sensibilité de l'écosystème. Il peut varier de 0 (risque négligeable) à 3 (risque fort).

Tableau 10 : du calcul du score de

Score de risque (Sr)	Evaluation du risque	<i>Evaluation du risque en fonction du score</i>
0	négligeable	
0 < Sr ≤ 1	faible	
1 < Sr ≤ 2	moyen	
2 < Sr ≤ 3	fort	

Le Score de Risque (Geodrisk ©) est négligeable excepté pour la station de référence 2 (EL-192) où le score de risque est faible.

Pollution organique

La pollution organique est évaluée par trois paramètres (Alzieu, 2003) : l'azote organique total (NTK), le phosphore total (P) et le carbone organique total (COT). Afin d'utiliser les valeurs de façon synthétique, il est possible de les rassembler en classes ou indices, comme le montre le tableau ci-dessous.

Tableau 11 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003).

Carbone organique total (COT)		Azote (NTK)		Phosphore	
Valeurs	Indices	Valeurs	Indices	Valeurs	Indices
< 0,6	0	< 600	0	< 500	0
0,6-2,3	1	600-1200	1	500-800	1
2,4-4	2	1200-2400	2	800-1200	2
4,1-5,8	3	2400-3600	3	>1200	3
> 5,8	4	>3600	4		

L'indice de Pollution Organique est égal à la somme des trois indices.

La dégradation de cette matière organique a pour conséquence une détérioration du milieu, un appauvrissement en oxygène pouvant aller jusqu'à l'anoxie.

Les indices de pollution organique (fonction des concertations en Carbone Organique Total, Azote NTK et Phosphore Total) sont très faibles.

Autres résultats : Bactériologie

Le nombre d'entérocoques intestinaux détecté est inférieur au seuil de détection du laboratoire.

Concernant *Escherichia coli*, seule la station de référence 1 (EL-191) présente un nombre de bactéries supérieur au seuil de détection ; celles-ci sont néanmoins faibles (10 npp/g).

- I2EC et AMBI

Les figures 48 et 49 détaillent les pourcentages des groupes écologiques représentés. L'Indice d'Evaluation de l'Endofaune Côtière (I2EC) de chaque station est ensuite calculé à partir de la liste des espèces, de l'abondance, de la richesse spécifique et de la diversité.

Les stations sont dominées par des espèces des groupes écologiques I et II (Figure 48). La présence d'espèces du groupe écologique III est à remarquer sur toutes les stations alors que le groupe écologique IV n'est observé que sur trois stations dans des proportions très faibles. Enfin, aucune espèce du groupe écologique V n'a pas été inventoriée. L'I2EC pour les stations est de 0 indiquant un milieu non perturbé (tableau 12).

Les résultats pour l'AMBI sont présentés dans le tableau 6. Les valeurs sont comprises entre 0,94 et 1,14. Ceci corrobore les résultats obtenus avec l'I2EC et illustre aussi la présence **d'un milieu non perturbé et d'une qualité du milieu qualifié de bon.**

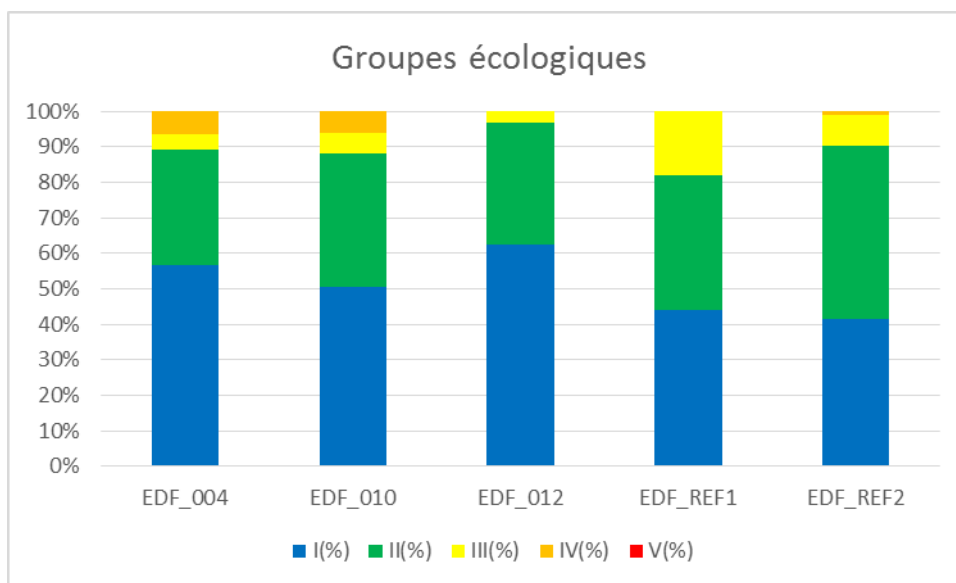


Figure 48 : Groupes écologiques

Stations	EDF_004	EDF_010	EDF_012	EDF_REF1	EDF_REF2
AMBI	0,94	1,06	0,63	1,14	1,04
I2EC	0	0	0	0	0

Tableau 12 : I2EC et AMBI

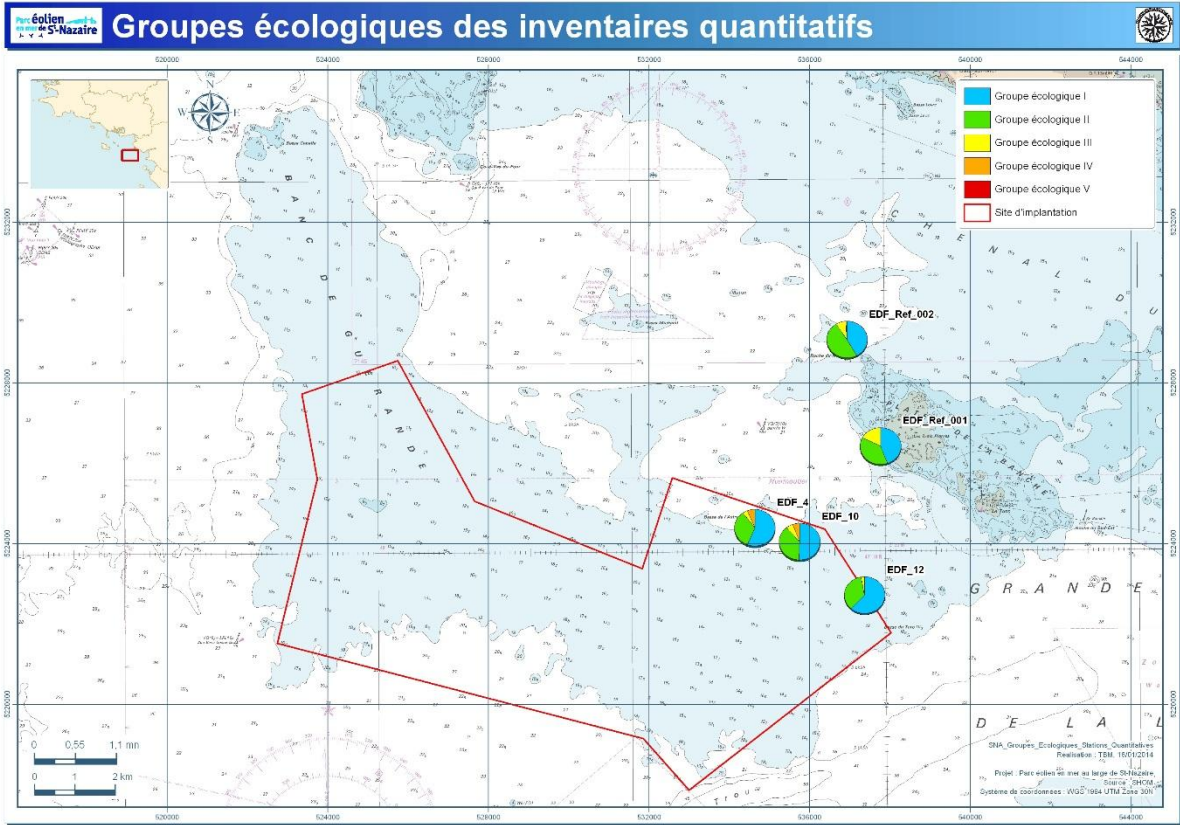


Figure 36 : Groupes écologiques des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

2.2.2 Substrats rocheux 2013

2.2.2.1 Quadrats

Sur l'ensemble des échantillons analysés, 9950 individus ont été dénombrés et 212 taxons faunistiques ont été identifiés (Annexe 6). Les stations EDF_R01 à EDF_R06 sont situées sur la zone de projet alors que les stations EDF_R07 à EDF_R10 servent de référence et sont localisées en dehors de la zone du projet au Nord-Ouest du banc de Guérande.

- Recouvrement

Le recouvrement dans les quadrats est indiqué sur la figure ci-dessous. Les laminaires sont observées sur les stations EDF_R05 et EDF_R10. Les algues rouges et les algues calcaires sont représentées sur chaque station. Les algues rouges sont majoritaires sur les stations EDF_R04, EDF_R05 et EDF_R10. Les algues sont dominantes sur la station EDF_R08. La faune à savoir les Cnidaires (*Alcyonium digitatum*, hydres, *Corynactis viridis*, etc.) et les éponges (*Cliona celata*) est observée sur 7 stations. Les cnidaires sont dominants sur les stations EDF_R01 et EDF_R06.

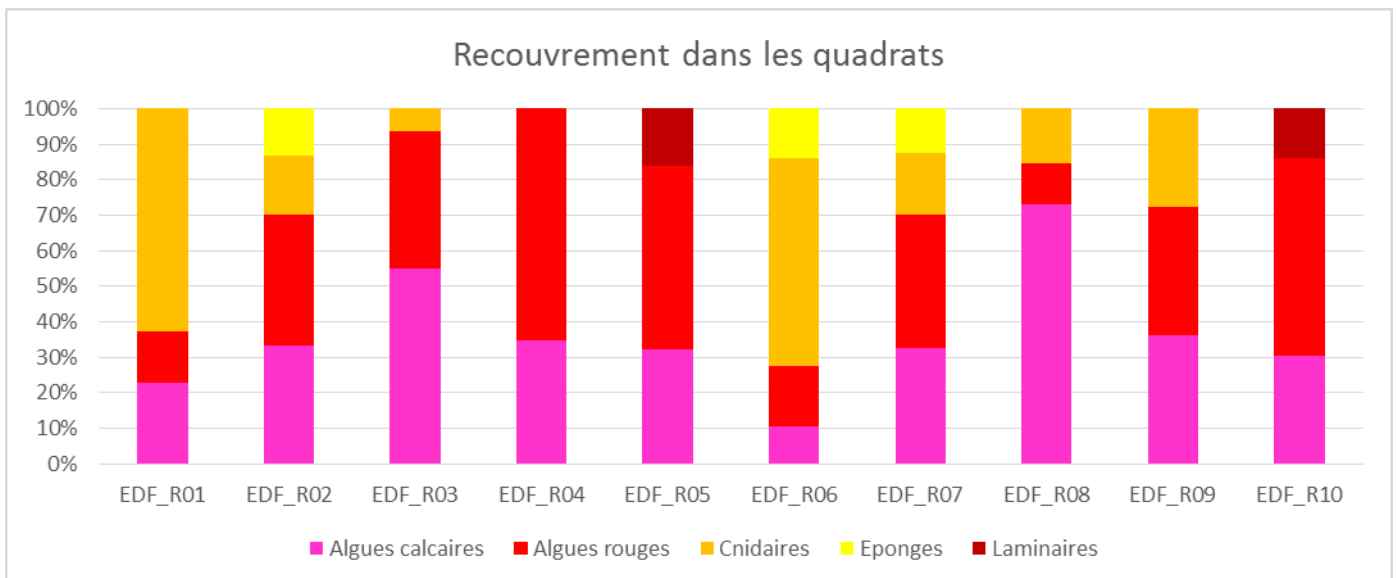


Figure 50 : Recouvrement dans les quadrats de 0.1 m²

- 3.2.1.2 Faune vagile

Les abondances moyennes varient de 1735 individus par m² à 4700 individus par m² pour les stations sur la zone de projet et entre 1900 et 4250 individus par m² sur les stations références du banc de Guérande (Figures 51 et 52). Les richesses spécifiques moyennes sont comprises entre 36 et 50 espèces pour les stations situées sur la zone d'étude et entre 33 et 46 espèces pour les deux stations références. Les richesses totales varient entre 58 et 94 sur l'ensemble des stations pour un total de 212 espèces observées. Ainsi, des variabilités, entre les stations mais également à l'intérieur des stations, sont observées notamment sur les abondances.

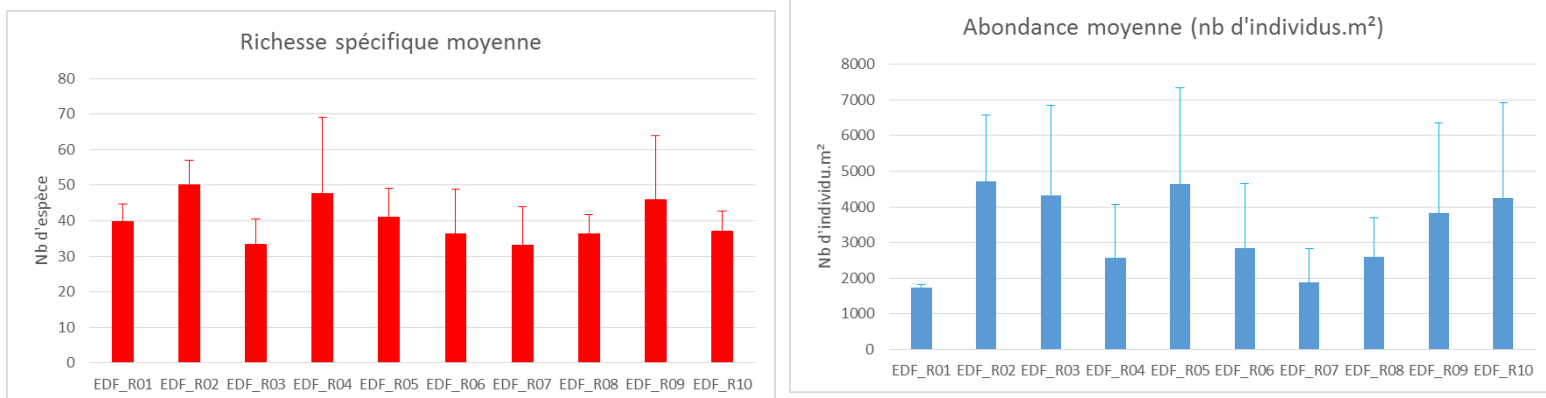


Figure 51: Richesse et abondance moyenne dans les quadrats (0,1 m²)

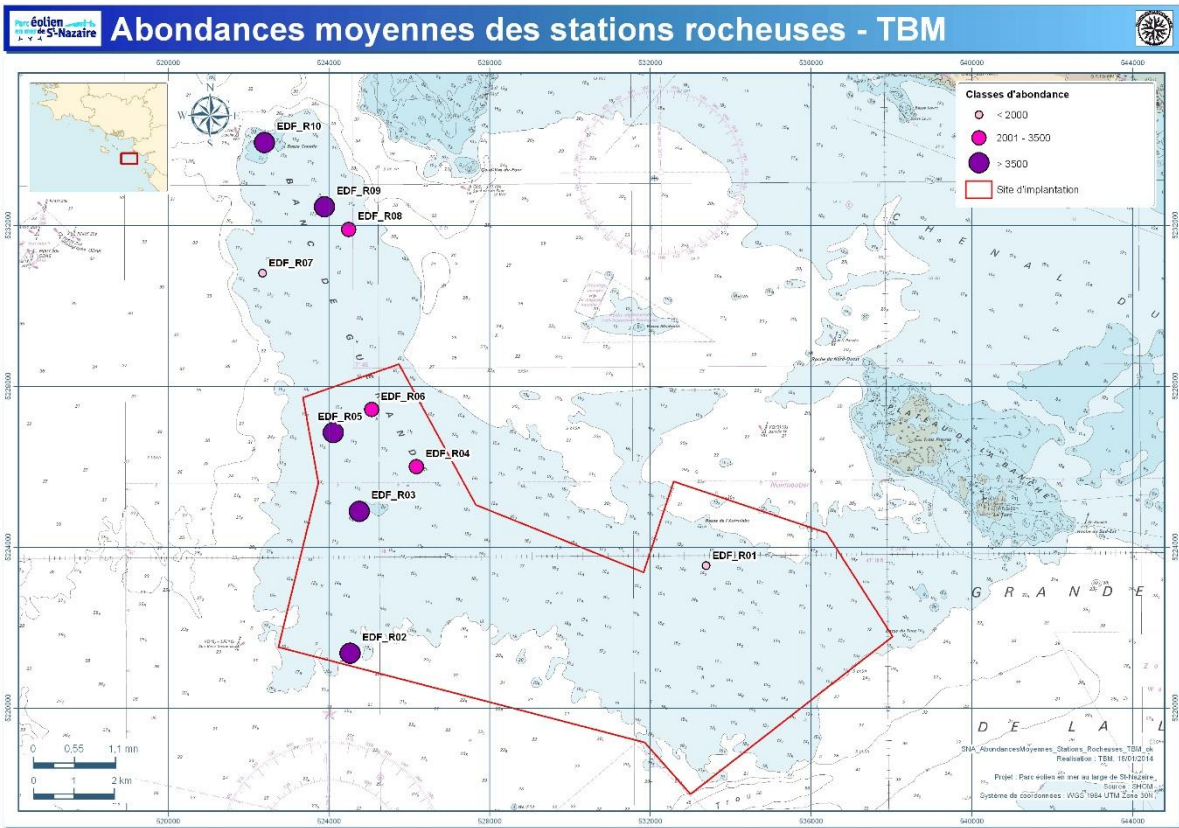


Figure 52: Abondance moyenne pour les prélèvements à la suceuse

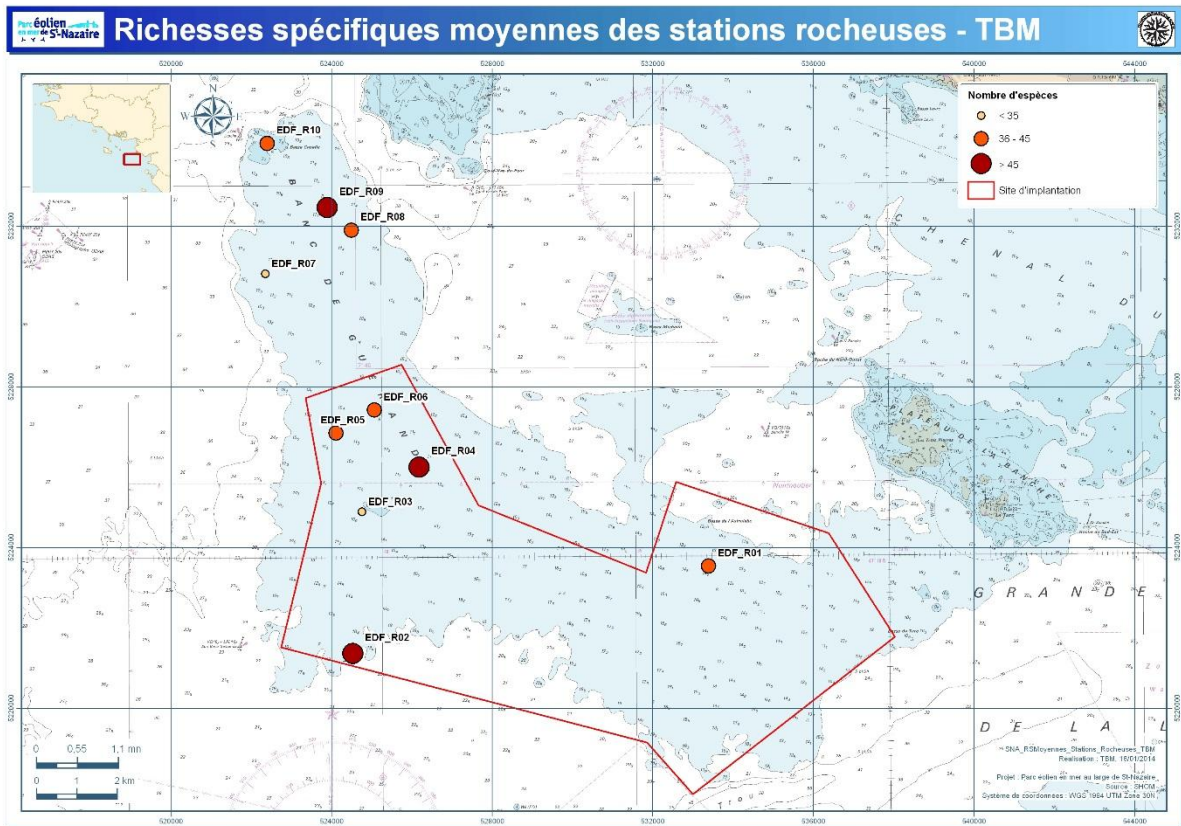


Figure 53 : Richesse spécifique moyenne pour les prélèvements à la suceuse.

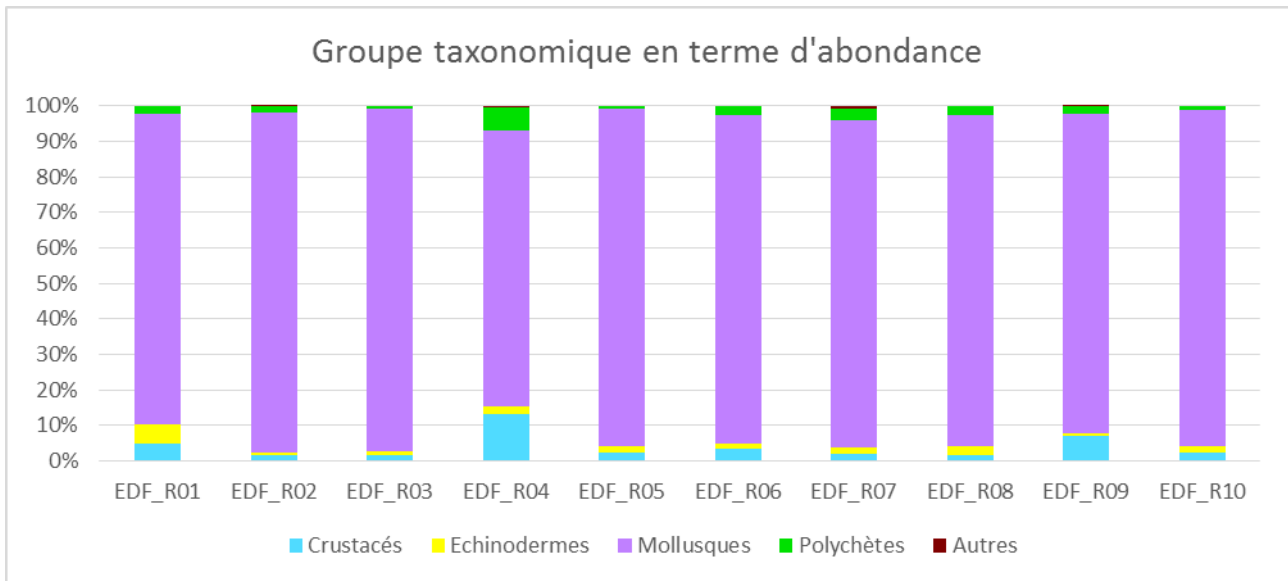


Figure 54 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

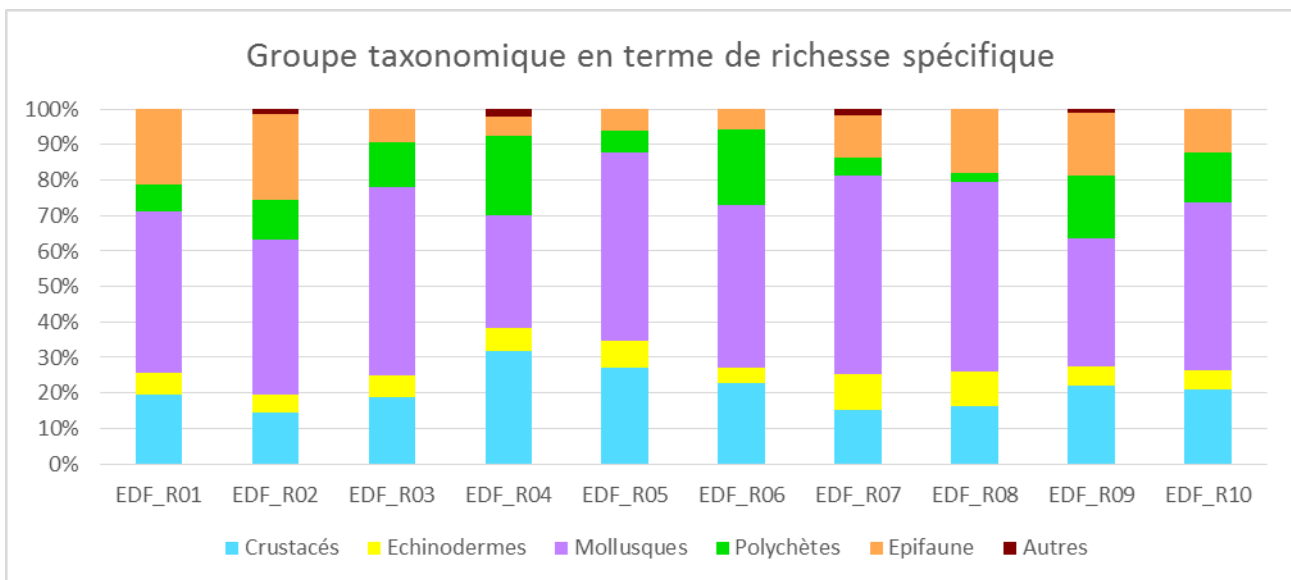


Figure 55 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

L'analyse des groupes taxonomiques en termes révèle une composition taxonomique assez semblable avec la dominance des mollusques. Les pourcentages sont compris entre 80 et 95 %. Les autres groupes sont présents mais en faible proportion. Les proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique illustrent une nouvelle fois une homogénéité entre les stations et la plus grande diversité est observée pour les mollusques. Les deux autres groupes les plus diversifiés sont l'épifaune sessile et les crustacés.

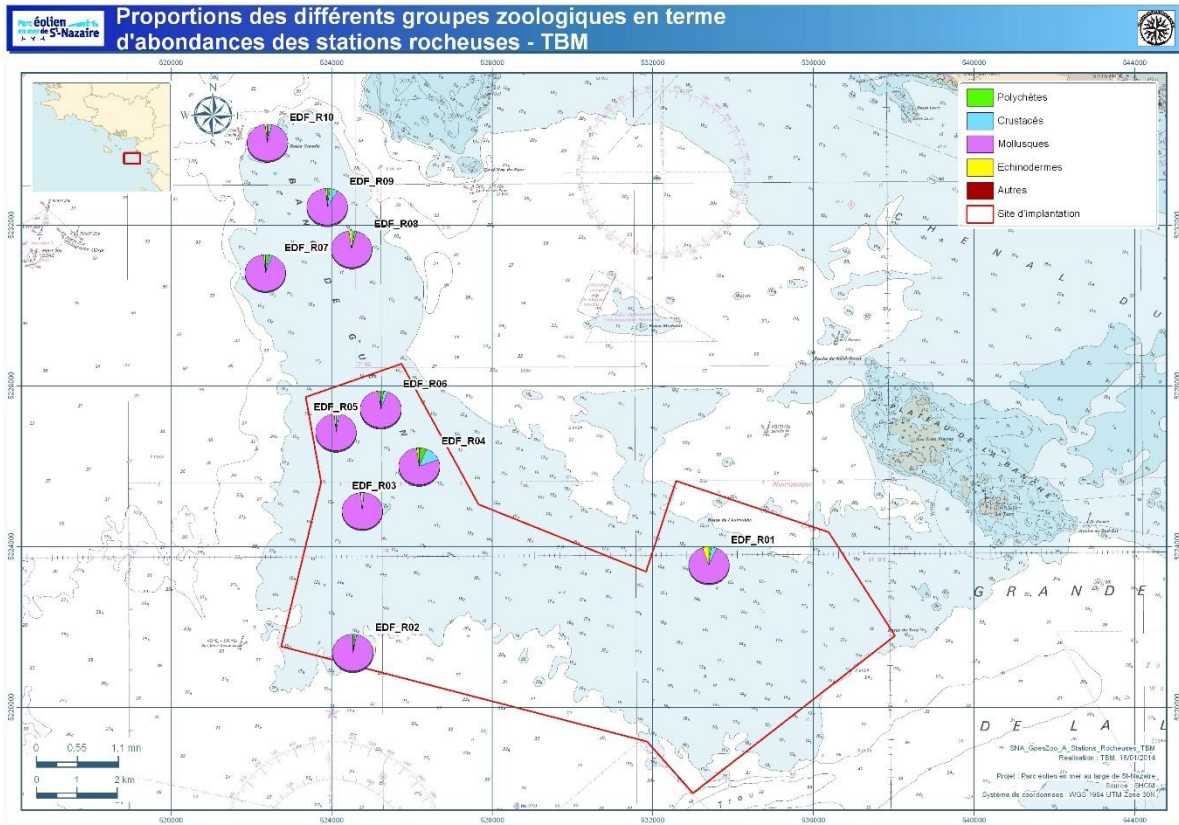


Figure 56 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la suceuse.

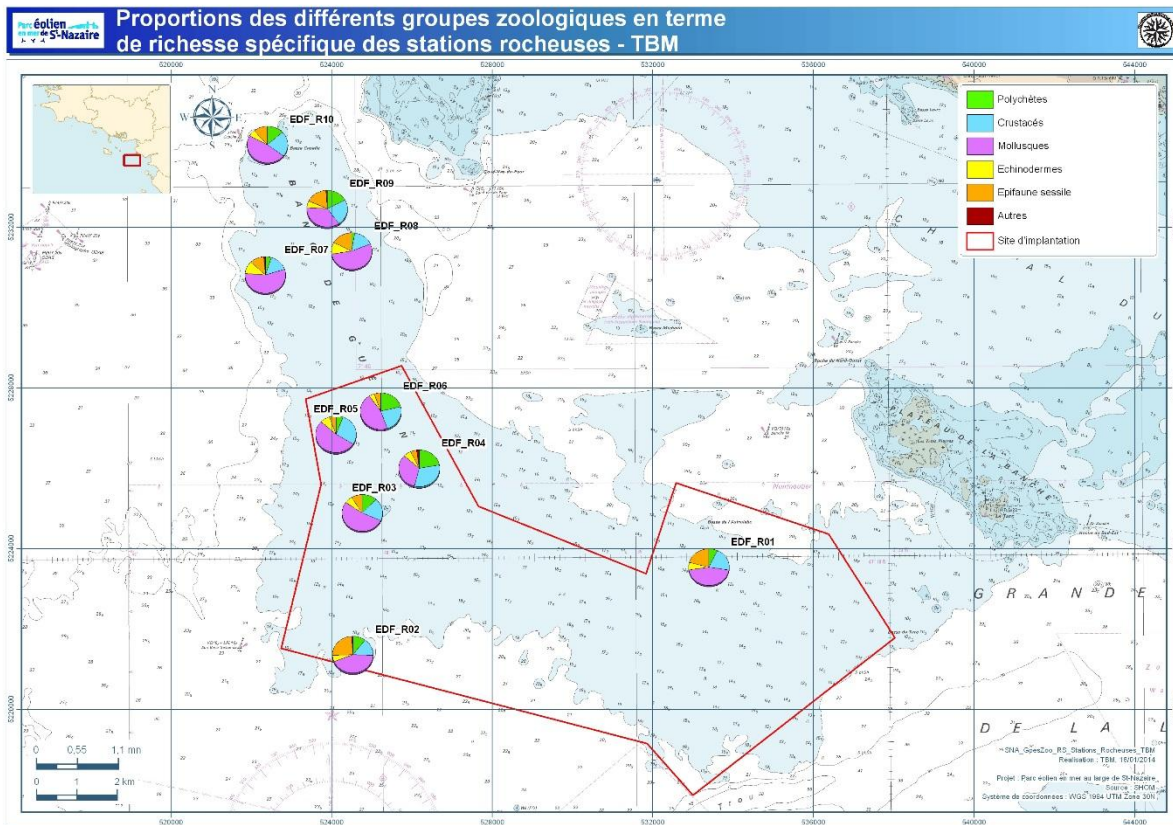


Figure 57 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la suceuse.

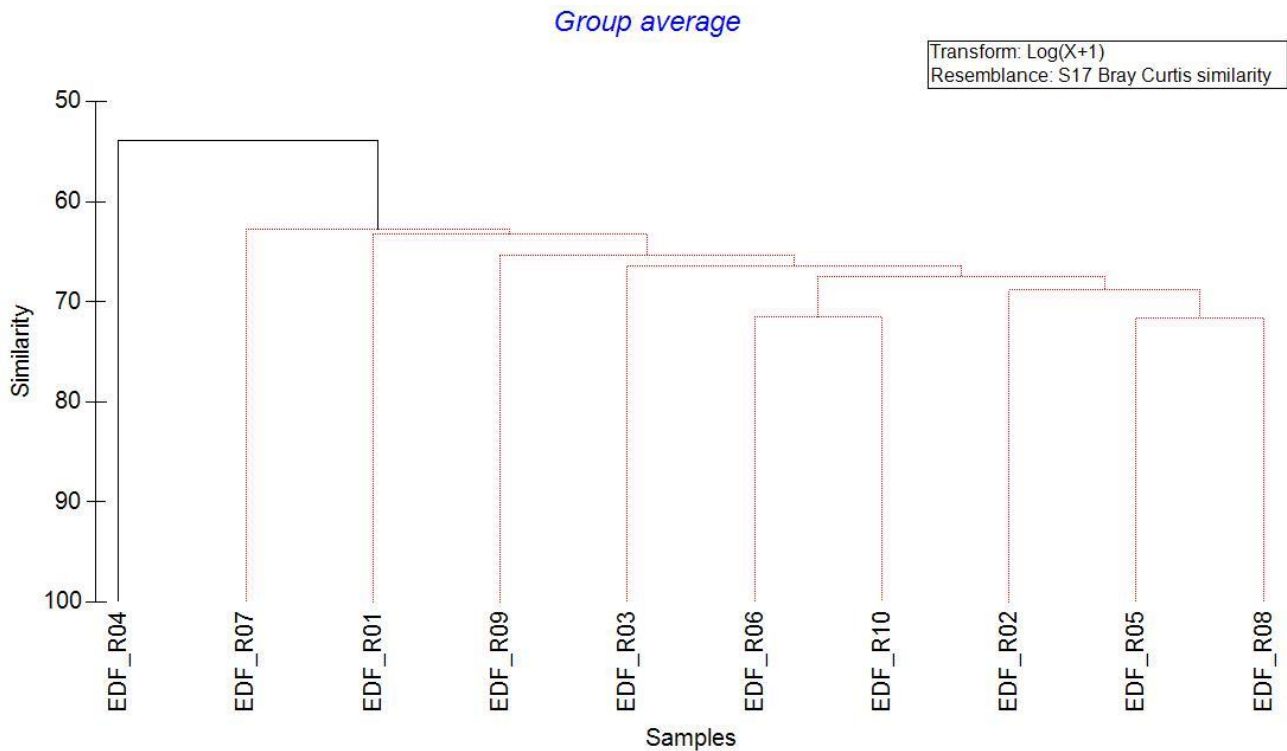


Figure 58: CAH sur les abondances totales des données faunistiques des prélèvements à la suceuse transformées en $\log(x + 1)$

À l'aide de la CAH, il est possible d'illustrer les regroupements entre les stations. Ces analyses ont été réalisées en considérant la totalité des espèces échantillonnées et les densités ont subi une transformation $\log(x+1)$, permettant de pondérer les fortes densités de certaines espèces.

Ces analyses indiquent la présence d'un seul groupe de station hormis EDF_R04. Ce groupe est statistiquement homogène (test du SIMPROFF). Cet assemblage est caractérisé par les espèces dominantes et discriminantes que sont les mollusques *Musculus costulatus*, *Rissoa parva*, *Bittium reticulatum* et *Onoba semicostata* (procédure SIMPER). Ces espèces sont des micro gastéropodes brouteurs sauf le bivalve *Musculus costulatus* qui est un filtreur.

2.2.2.2 Transects

- Algues

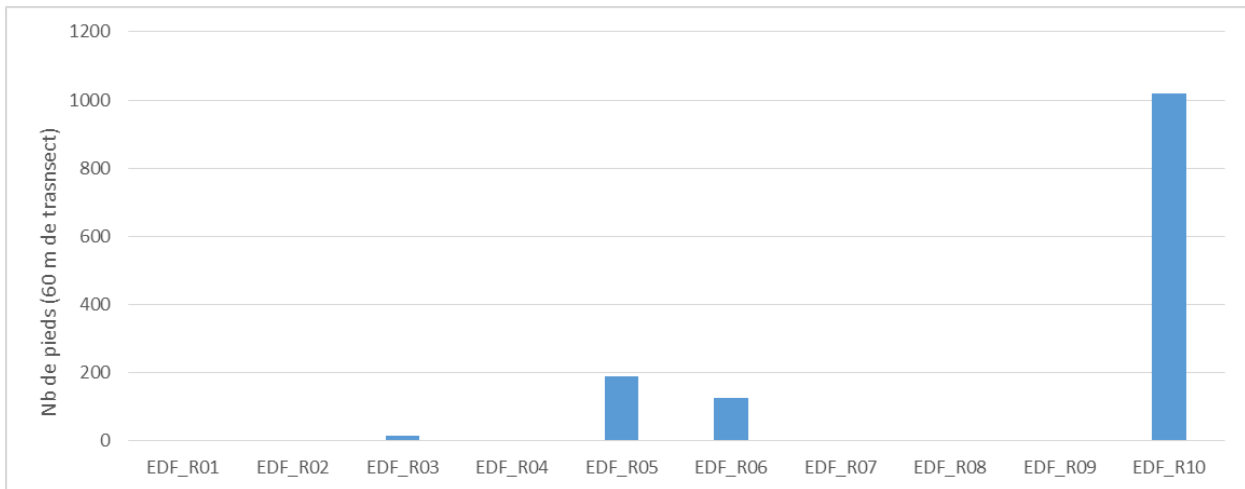


Figure 59 : Nombre de pieds de macroalgues dans les trois transects de 20 mètres

Figure 60 : Proportion pour les algues *Laminaria hyperborea* et *Halidrys siliquosa* dans les trois transects de 20 mètres

Les figures 59 et 60 indiquent le nombre de pieds de macroalgues observé lors des comptages sur les transects. Ainsi, les laminaires sont présentes sur la zone d'étude sur les stations EDF_R03, EDF_R05 et EDF_R06. Sur les stations références, elles sont observées sur la station EDF_R10. Les valeurs sont nettement plus importantes sur la station EDF_R10. En ce qui concerne les espèces, *Laminaria hyperborea* domine et *Halydris siliquosa* n'est observée que sur les stations de la zone d'étude.

- Faune

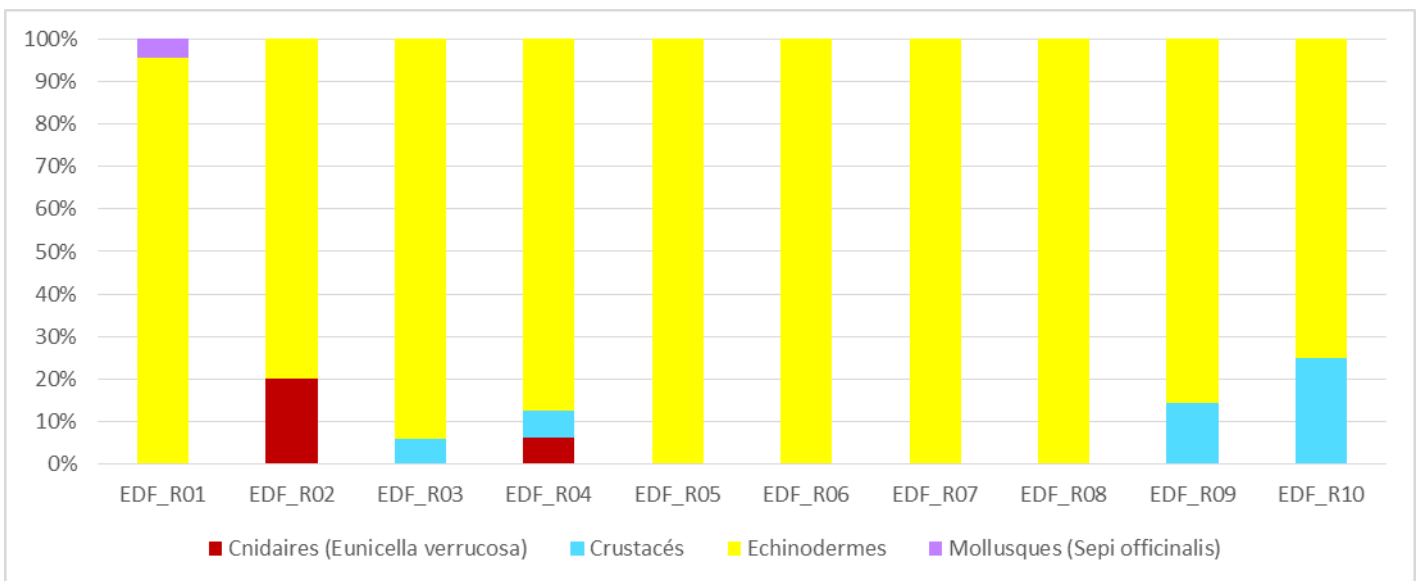


Figure 61: Pourcentage en groupe taxonomique en termes d'abondance dans les trois transects de 20 mètres

La diversité taxonomique pour la faune est illustrée sur la figure 61. Les échinodermes sont largement dominants. L'abondance moyenne en échinodermes est variable en fonction des stations (Figure 62). Les valeurs sont comprises entre 1 et 7 individus sur la zone d'étude et entre 1 et 4 sur les stations références. Une variabilité intra-station est observée. La figure 63 indique la variabilité de la composition spécifique en échinodermes. Deux espèces sont dominantes l'oursin *Echinus esculentus* et l'étoile de mer *Asterias rubens*. Ces deux espèces sont présentes à la fois sur la zone d'étude et sur les stations de référence.

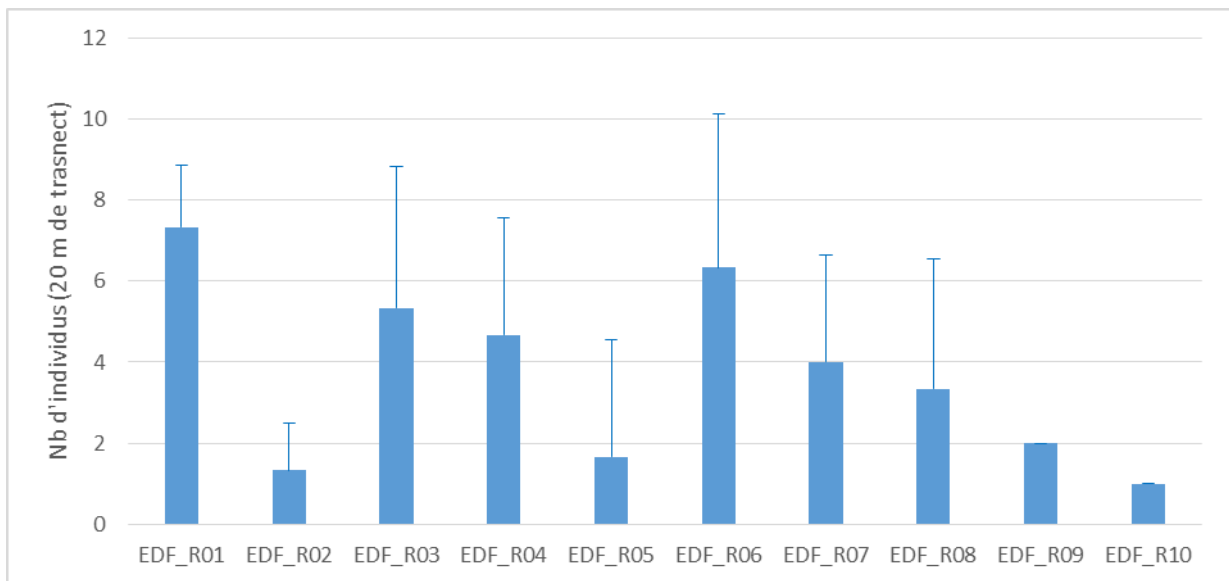


Figure 62: Nombre d'individus moyen appartenant aux échinodermes dénombré dans les transects de 20 mètres

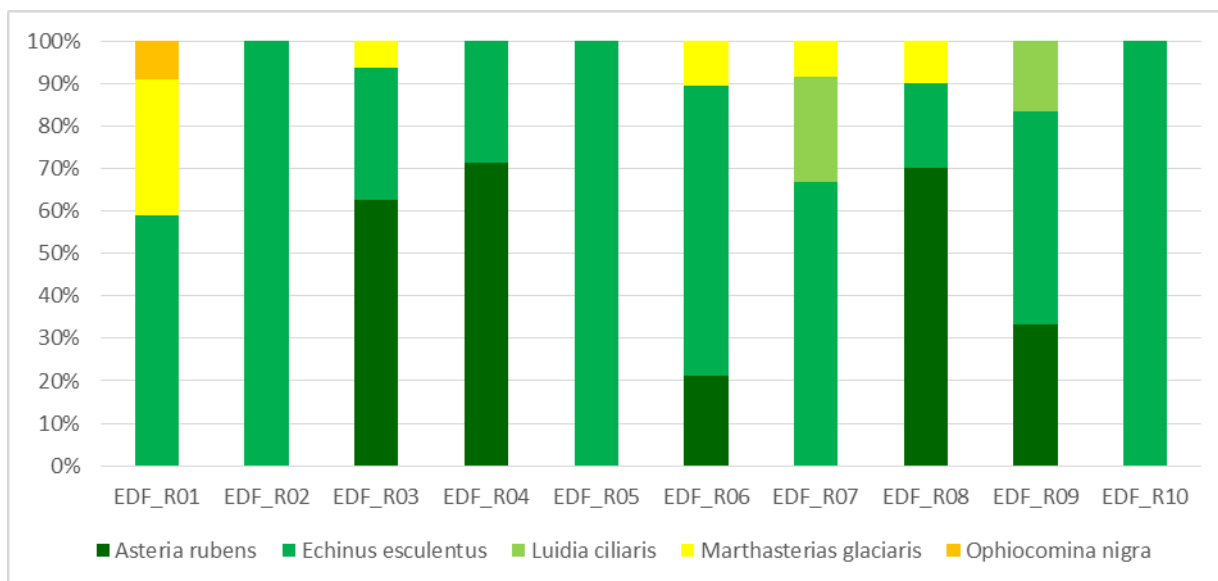


Figure 63 : Pourcentage des différentes espèces d'échinodermes dénombré dans les transects de 20 mètres

2.2.2.3 Prospections MNHN

Les résultats de ces prospections sont indiqués en annexe VII.

2.2.3 Comparaisons 2013-2014

Aucune tendance n'est observable sur les abondances moyennes entre 2013 et 2014 (Figure 64). Les valeurs sont supérieures en 2014 sur les stations EDF_R01 et EDF_R07. En revanche, elles sont inférieures sur la station EDF_R05. Pour la station EDF_R10, les valeurs sont proches. Les richesses spécifiques moyennes sont pour les quatre stations étudiées toujours supérieures en 2014. Les valeurs sont comprises entre 53 et 84 espèces en 2014. Un total de 212 espèces a été observé en 2013 et 270 en 2014. Ainsi, des variabilités interannuelles sont mises en évidence.

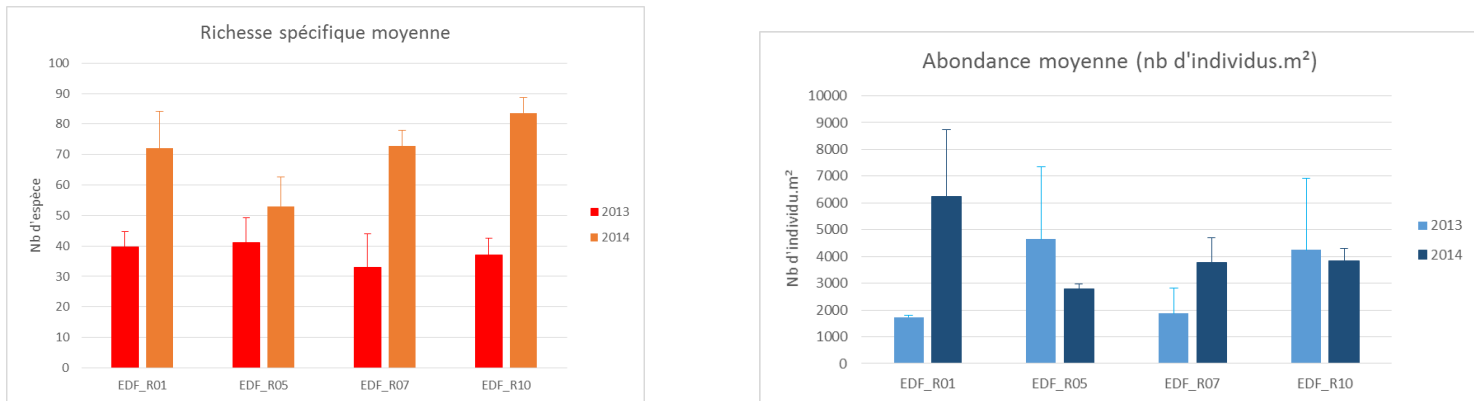


Figure 64: Richesse et abondance moyenne dans les quadrats (0,1 m²)

L'analyse des groupes taxonomiques en termes révèle une légère différence dans la composition taxonomique entre les deux années (Figure 65). Les pourcentages des crustacés sont légèrement supérieurs en 2014 au détriment des mollusques. Les autres groupes sont présents mais en faible proportion. Les proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique illustrent une nouvelle fois une légère différence entre les deux années. La diversité des polychètes a augmenté au détriment des mollusques.

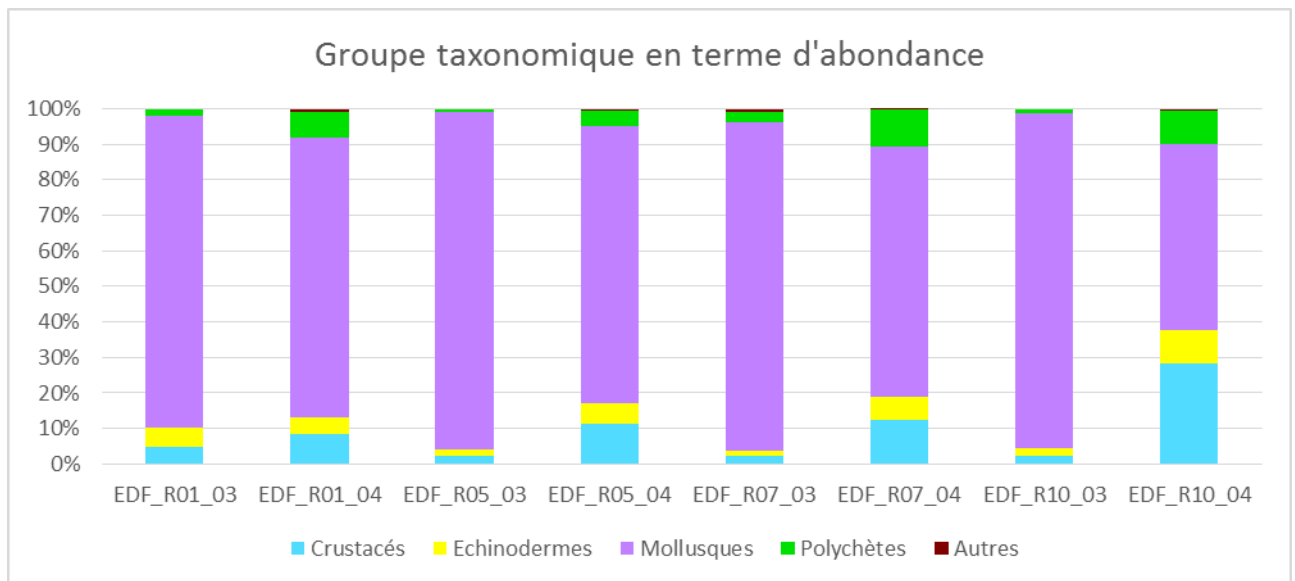


Figure 65 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

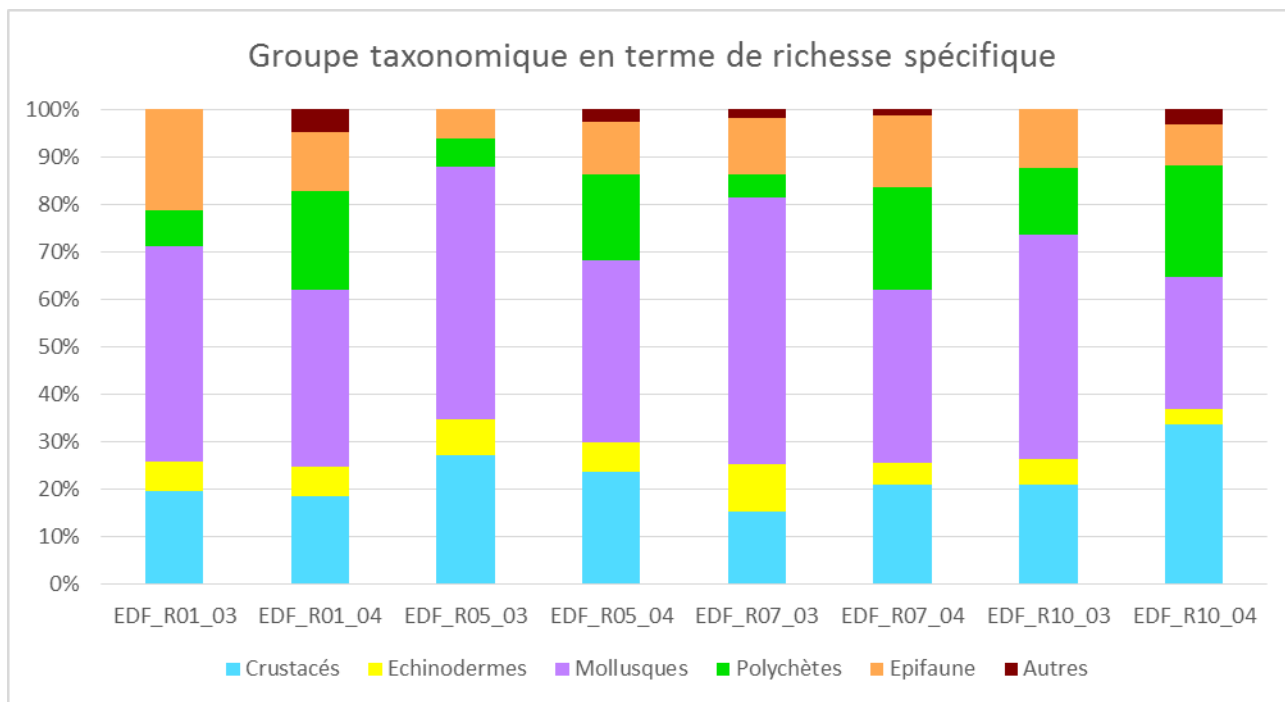


Figure 66 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

Les figures 67 et 68 indiquent le nombre de pieds de macroalgues observé lors des comptages sur les transects en 2013 et 2014. Ainsi, une diminution importante du nombre de pied de laminaires est observée. En ce qui concerne les espèces, *Laminaria hyperborea* domine la station EDF_R10 alors qu'*Halydris siliquosa* est observée sur EDF_R05.

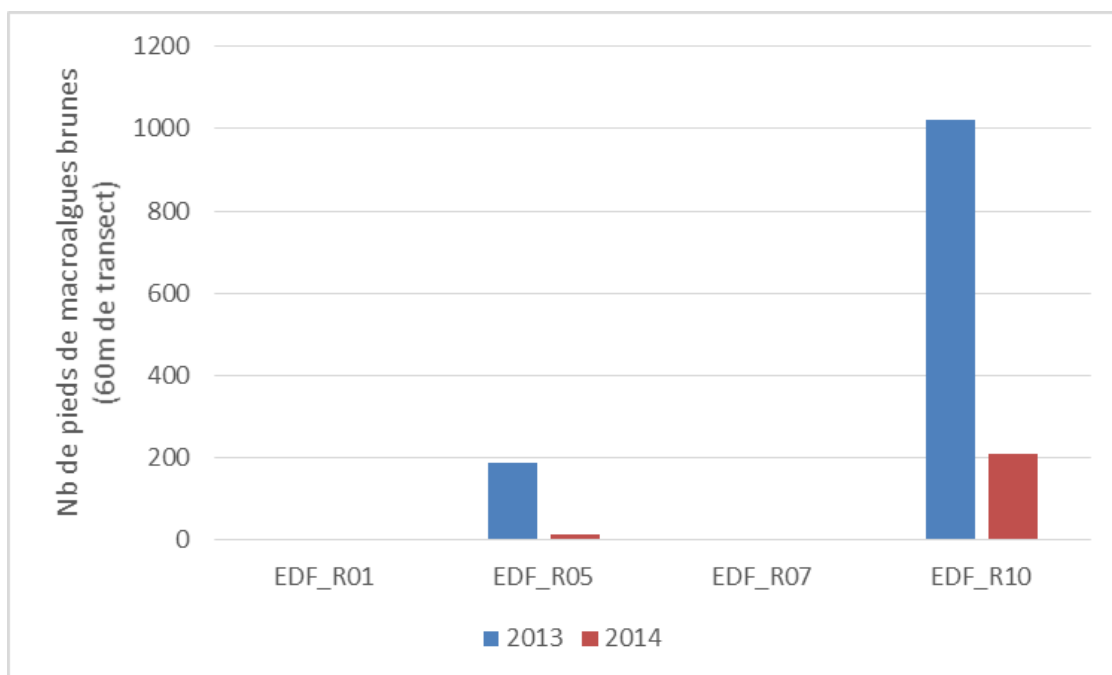


Figure 67 : Nombre de pieds de macroalgues dans les trois transects de 20 mètres

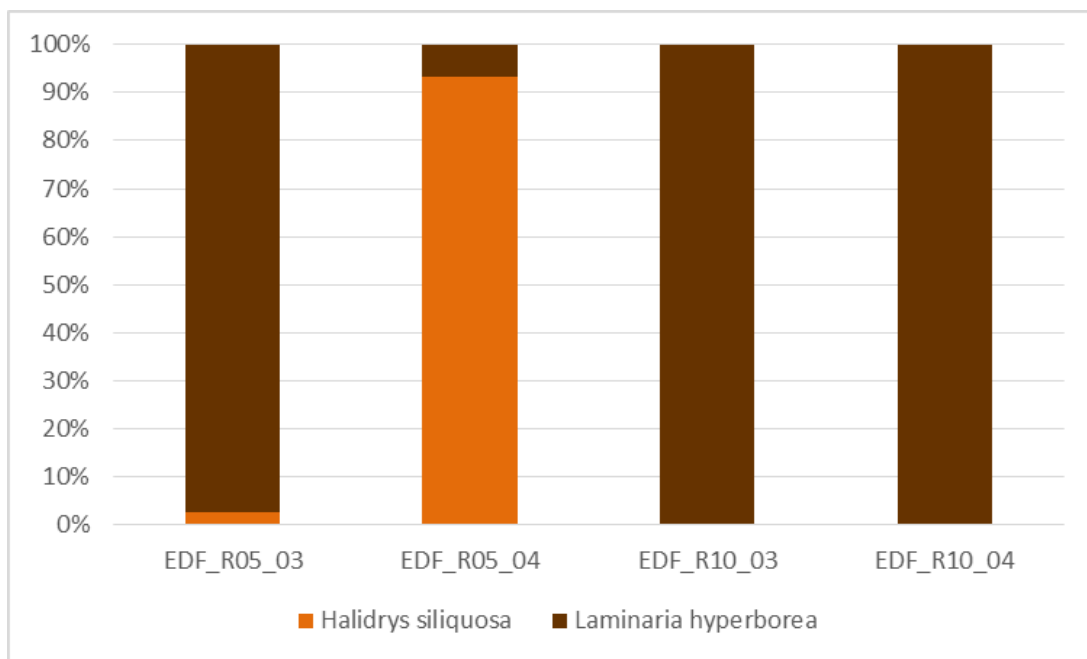


Figure 68: Proportion pour les algues *Laminaria hyperborea* et *Halidrys siliquosa* dans les trois transects de 20 mètres

2.2.4 Habitats inventoriés et espèces

Pour définir nos habitats, nous nous sommes appuyés sur plusieurs critères comme les analyses granulométriques et biologiques mais également sur les vidéos sous-marines et les photographies réalisées lors des prélèvements. L'annexe 7 récapitule les stations vidéo sous-marines. Enfin, des recherches d'espèces « indicatrices » soit d'un peuplement soit d'un étage (infralittoral et circalittoral) ont également été entreprises. Cette dernière analyse est plus subjective que les analyses granulométriques et statistiques.

2.2.4.1 Habitats inventoriés

Les résultats des analyses morpho-sédimentaires et biologiques ont permis de caractériser quatre entités de substrats rocheux et trois entités de substrats meubles. Pour les substrats rocheux, 20 faciès sont présents ou potentiellement présents (Derrien et al., Annexe 8). Les différents habitats subtidaux sont présentés ci-après. Les faciès sont décrits dans le rapport du MNHN (Annexe 8).

A) Substrats rocheux

En milieu subtidal, l'étage infralittoral rocheux de la zone d'étude est caractérisé par des forêts à laminaires mixtes (*Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides*) et par des zones à laminaires mixtes clairsemées. Les forêts de laminaires denses et les zones à laminaires clairsemées indiquent la présence d'une strate arbustive importante avec des laminaires de plusieurs mètres de hauteur. Les espèces de laminaires observées sont *Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides*. La première espèce est la composante essentielle des forêts de laminaires alors que la seconde est une espèce opportuniste qui va coloniser les endroits où *Laminaria hyperborea* ne peut pas se maintenir et où les laminaires ont été exploitées.

Les codes MNHN sont : R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par *Laminaria hyperborea* et R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par *Laminaria hyperborea* (Figure 69).

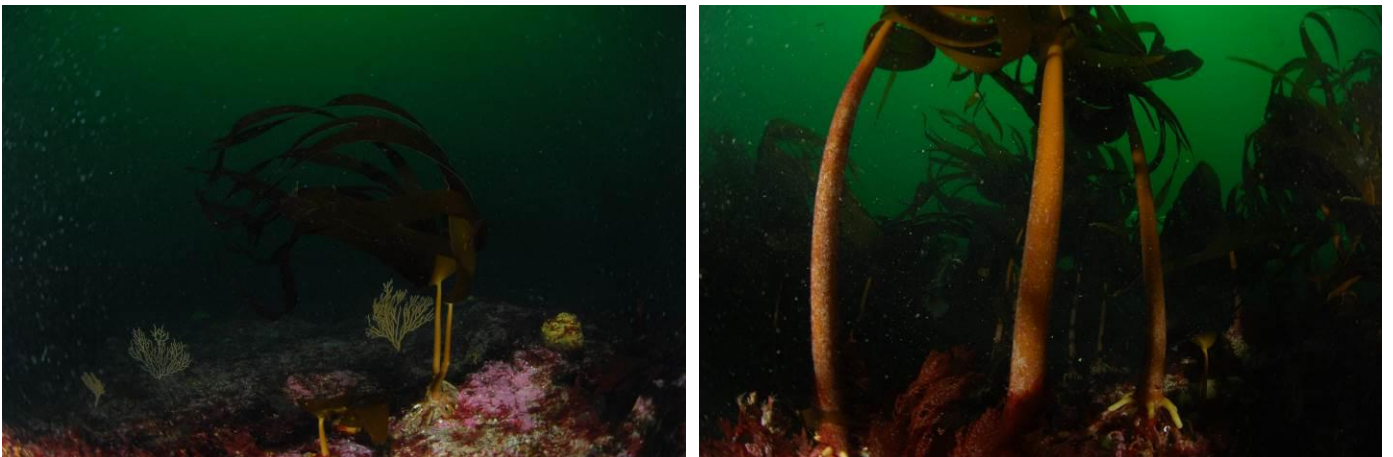


Figure 69 : Laminaires clairsemées et forêt de laminaires

Ensuite, les laminaires vont disparaître et les algues rouges ainsi que les algues calcaires vont prédominer. Cet habitat commence également à abriter des espèces faunistiques caractéristiques de l'habitat suivant. La transition entre les deux habitats se fait progressivement.

Le code MNHN est : R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, *Cystoseira* et/ou *Halidrys* et/ou *Sargassum* (Figure 70).



Figure 70 : Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, *Cystoseira* et/ou *Halidrys* et/ou *Sargassum*

Enfin, lorsque nous atteignons le circalittoral côtier, l'habitat : « Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers » est observé. Cet habitat est caractérisé par la présence de quelques algues sciaphiles et par une belle diversité de faune fixée. La dominance de la faune fixée sur les algues est croissante en fonction de la profondeur. La faune fixée est caractérisée par une grande variété 1) de cnidaires appartenant aux anthozoaires comme *Alcyonium digitatum* et *Corynactis viridis* et 2) d'éponges comme *Cliona celata*. Cet habitat témoigne d'un hydrodynamisme intense.

Le code MNHN est : R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers (Figure 71).

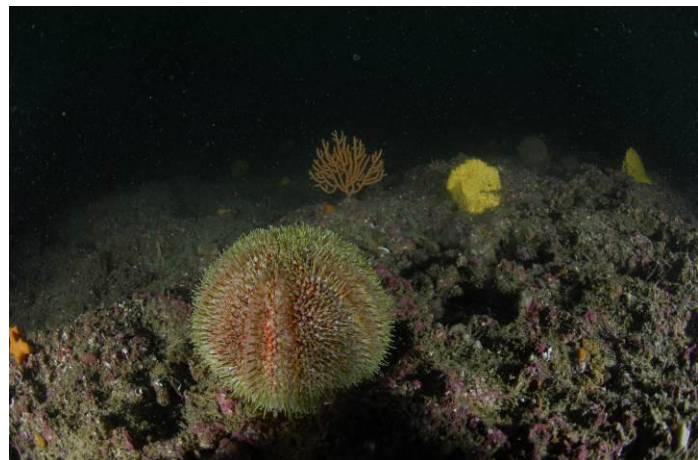
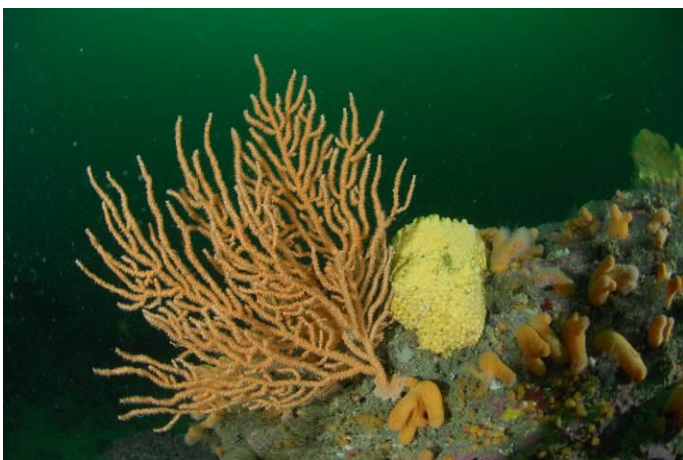


Figure 71 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers

B) Substrats meubles

Sables grossiers et graviers sublittoraux marins du circalittoral côtier

Ce type d'habitat est peu répandu sur le site d'étude mais est couramment rencontré le long des côtes exposées. Il est composé de sables moyens à grossiers et de sables graveleux et se rencontre à des profondeurs de 15 à 25 mètres. La faune qui caractérise cet habitat est composée d'espèces sabulicoles et gravicoles tolérantes telles que des polychètes (*Glycera lapidum*, *Eulalia mustela*, *Notomastus latericeus*).

Le code MNHN pour ce type de peuplement est M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers (Figure 72).



Figure 72: Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers

Galets et Cailloutis circalittoraux

Cet habitat est mieux représenté que le précédent. Deux types d'habitats sont observés : les Galets et cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et Galets et cailloutis circalittoraux à *Ophiothrix fragilis*. Ces habitats ne peuvent être échantillonnés uniquement à la drague Rallier du Baty car la fraction de galets et cailloutis empêchent les bennes de fermer. De plus, la fraction de sédiment grossier et gravier est très variable, ce qui conditionne la présence d'espèce de l'endofaune. En effet, les galets et cailloutis et tous les micro-habitats vont être favorables à une multitude d'espèces sessiles et vagiles. De plus, il est typique que ce type d'habitat ne soit pas dominé par une ou deux espèces mais par une mosaïque d'espèces. En effet, plusieurs espèces d'éponges telle que *Dysidea fragilis*, *Halichondria sp.*, *Myxilla sp.*, d'hydriaires telle que *Halecium halecium*, *Sertularia cupressina*, *Tubularia indivisa* ou encore des bryozoaires telle que *Flustra foliacea* sont inventoriées. En termes d'abondance, on peut remarquer la prédominance de l'ophiure *Ophiothrix fragilis*.

Les codes MNHN sont : M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et *Ophiothrix fragilis* (Figure 73).



Figure 73 : Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et Ophiothrix fragilis

2.2.4.2 Carte d'habitat

Sur le site d'étude, la déclinaison des habitats en niveau 2 est toujours possible par contre pour le niveau 3 ce n'est pas le cas pour les galets et cailloutis. Les cartes pages suivantes illustrent la cartographie des habitats marins inventoriés avec la typologie MNHN (Michez et al., 2013). Ces cartes indiquent les différentes étapes avant l'obtention de la carte globale. La carte page suivante représente les données nouvelles acquises dans le cadre de cette étude. Pour le reste de la carte globale, nous avons utilisé pour cette réalisation d'autres sources comme la carte sédimentaire et la carte bathymétrique. Enfin, la carte figure 77 synthétise les données acquises et les extrapolations et indique la carte des habitats du banc de Guérande.

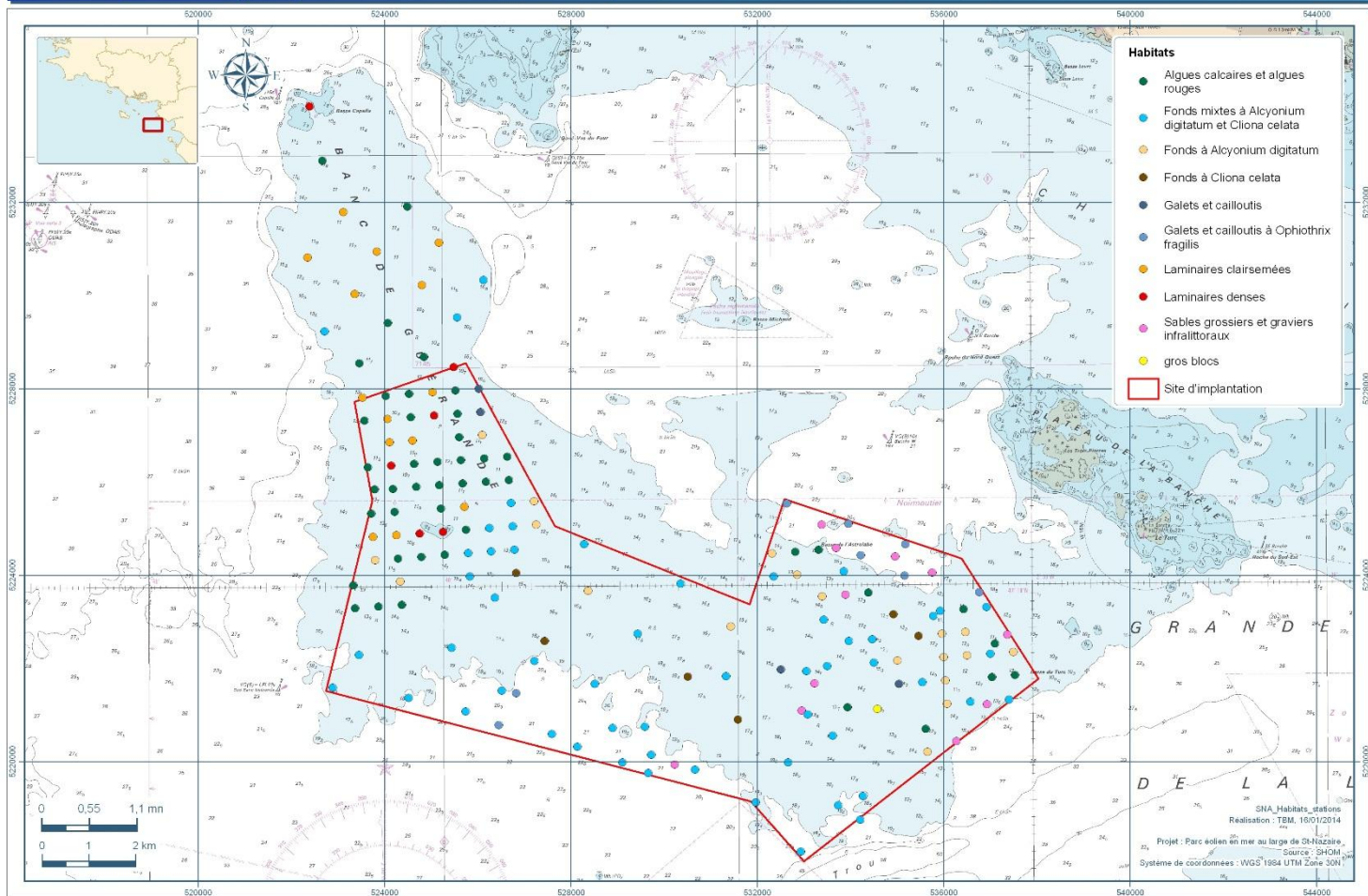


Figure 74 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées en 2013

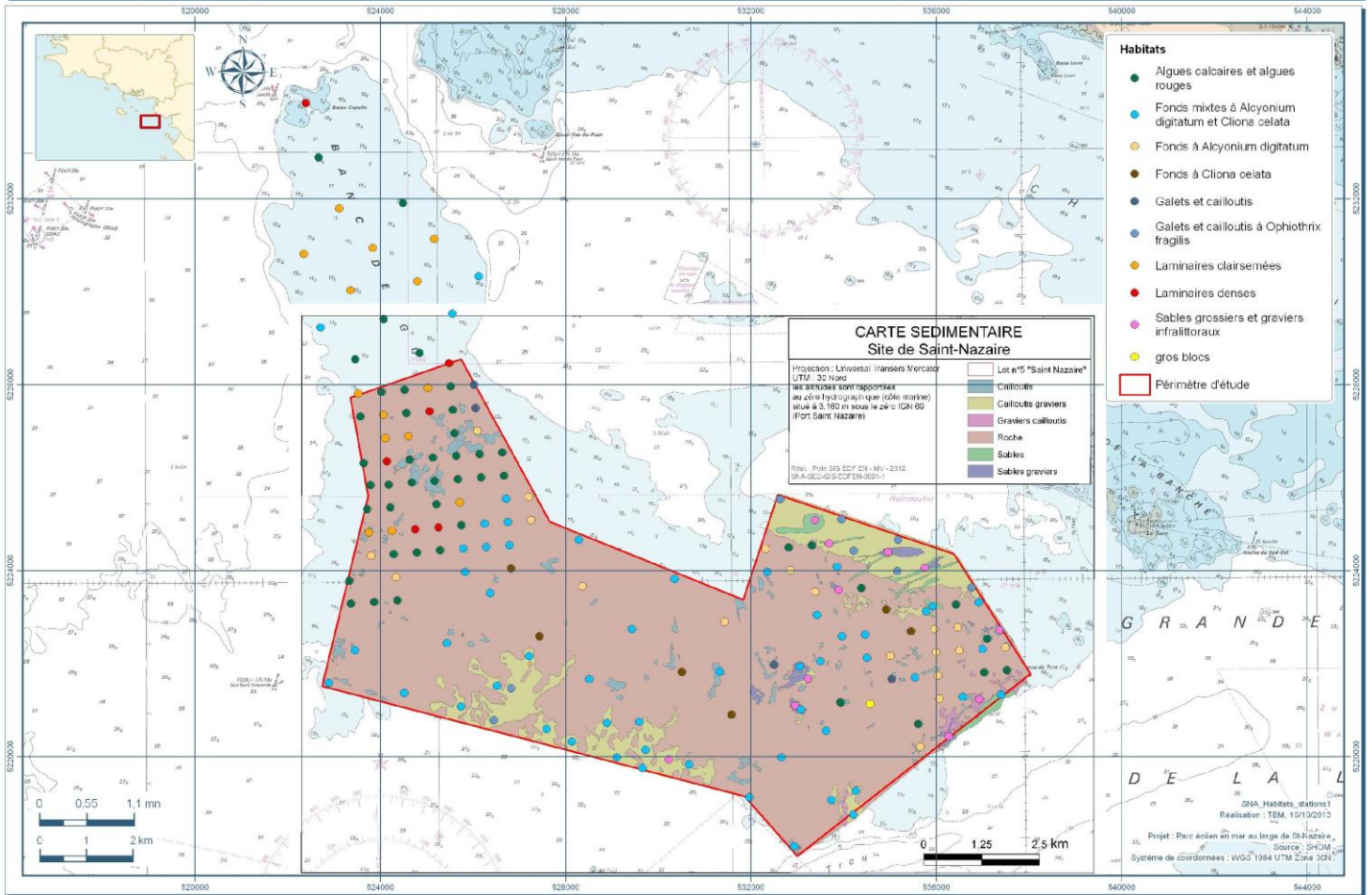


Figure 75: Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées en 2013 et carte sédimentaire.

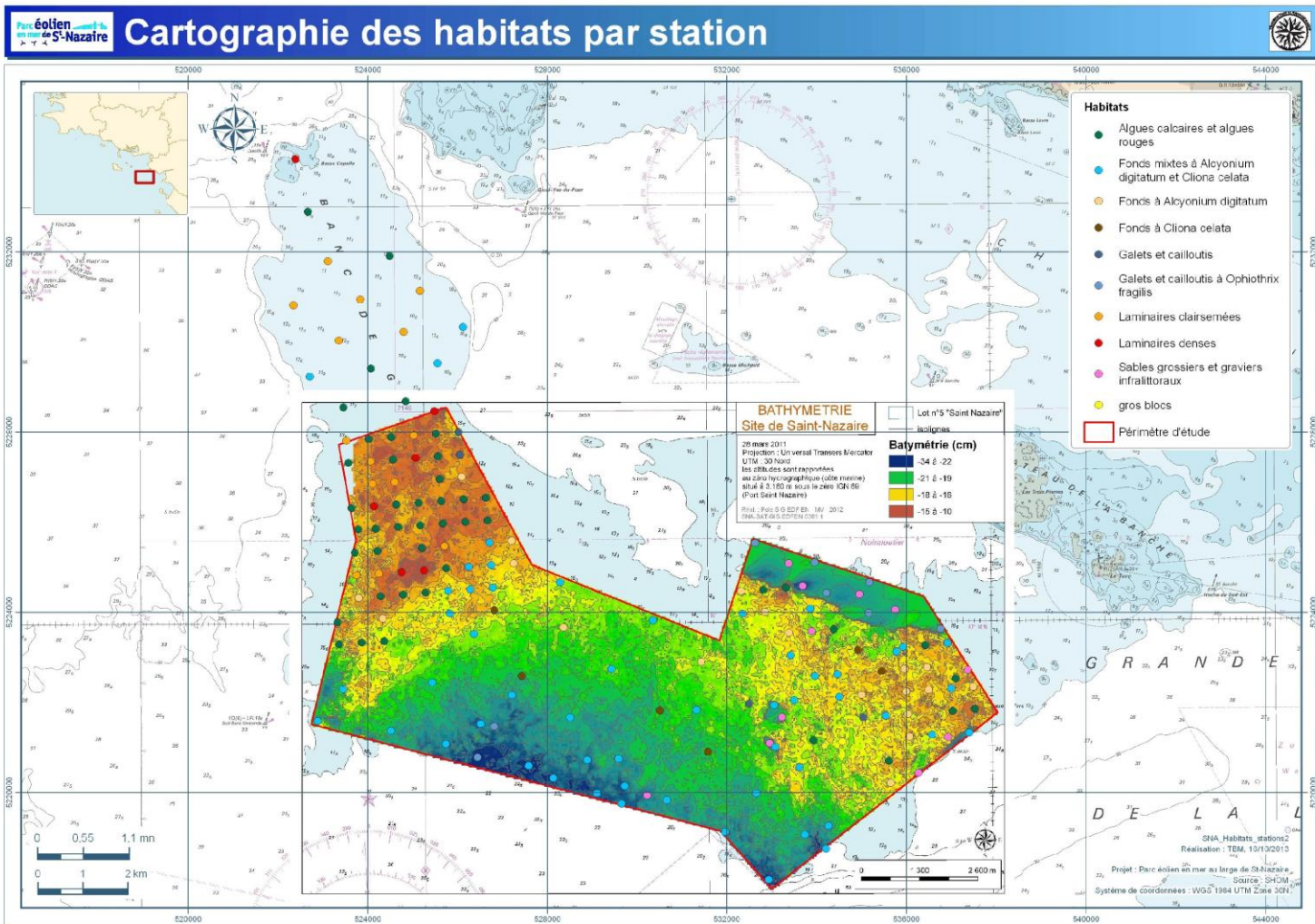


Figure 76 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées en 2013 et carte bathymétrique.

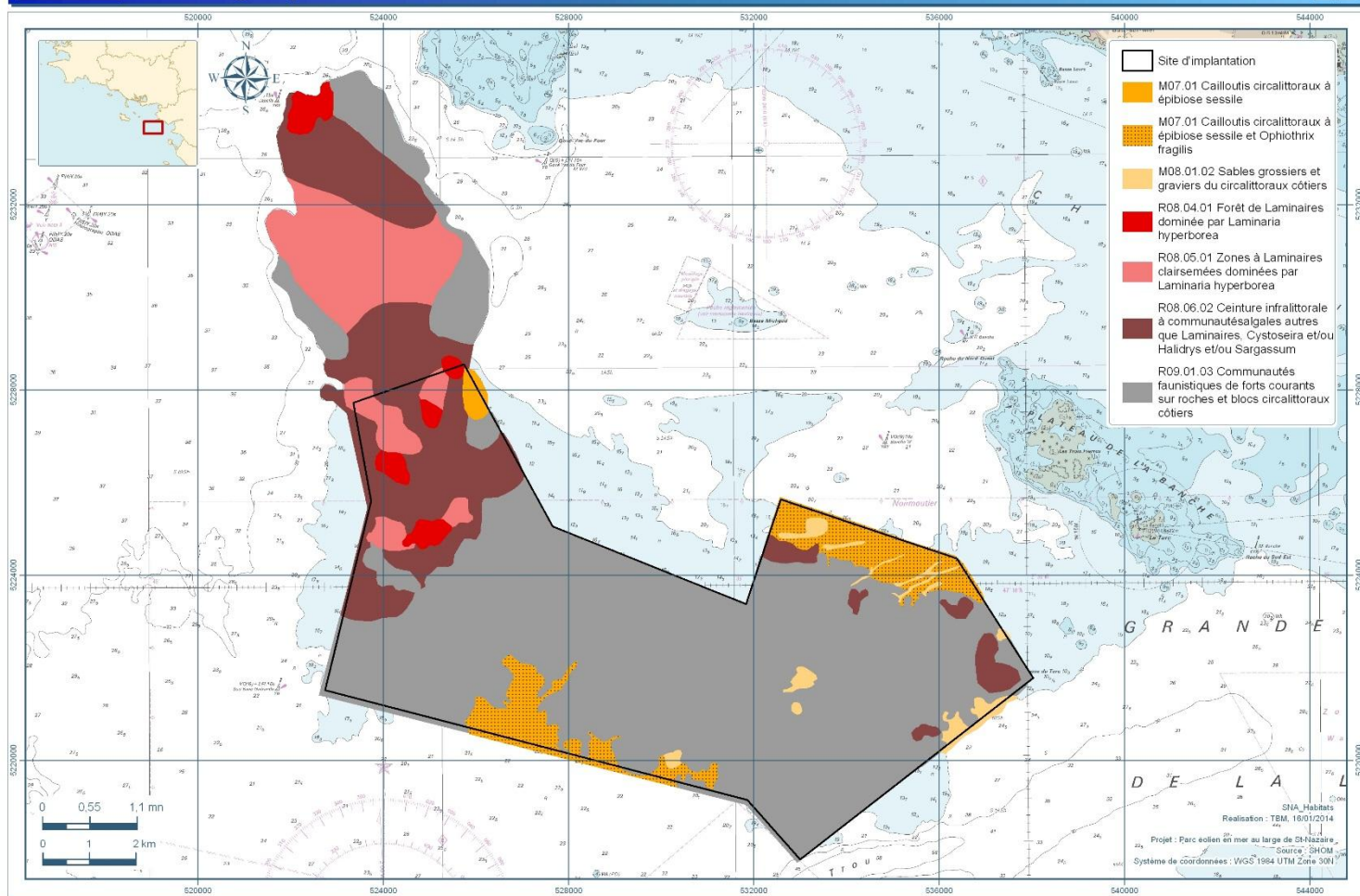


Figure 77 : Carte des habitats benthiques 2013.

La figure ci- dessous illustre la répartition des habitats déclinés au niveau 2 et 3 de la typologie du MNHN et le tableau page suivante indique les surfaces respectives de ce niveau.

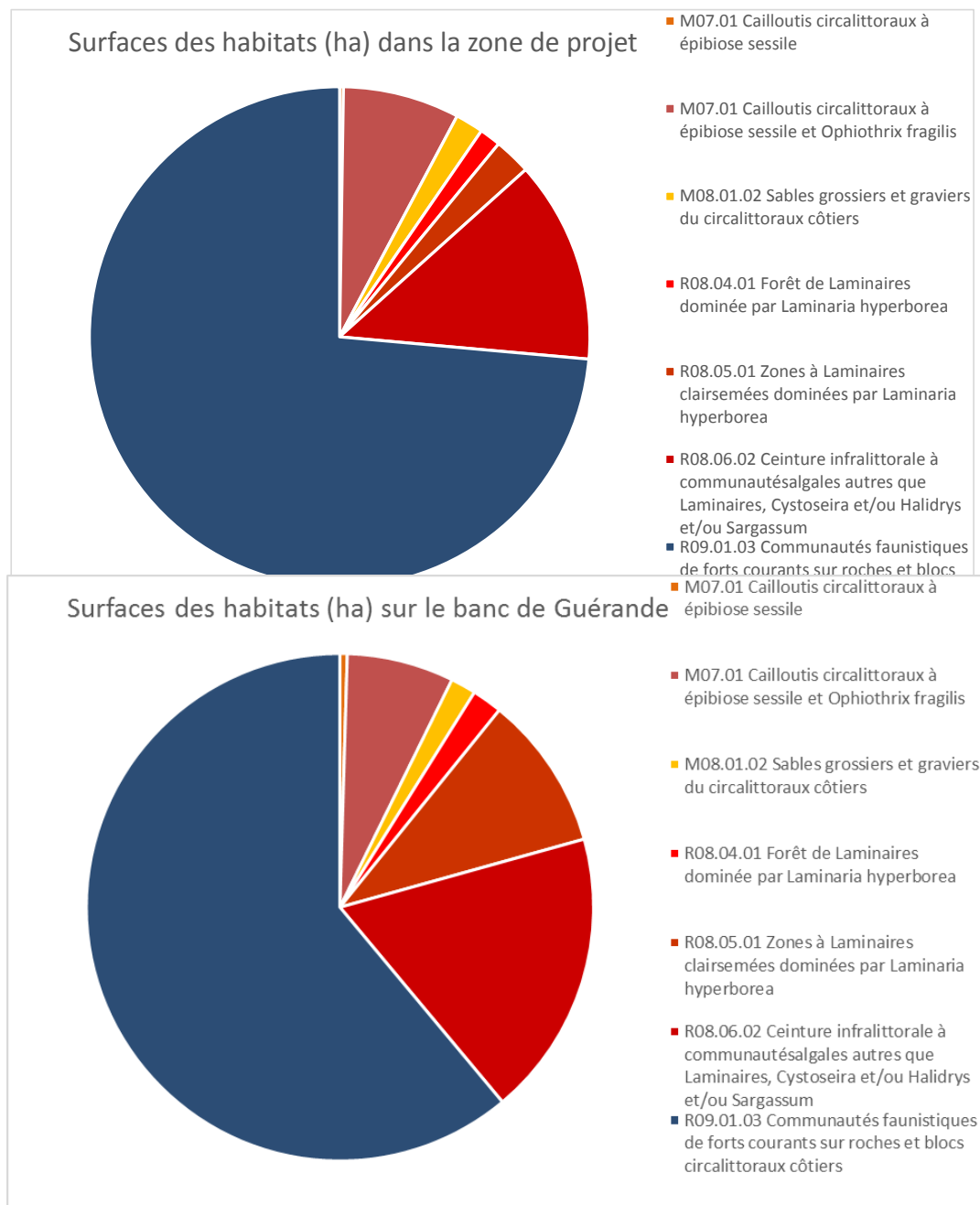


Figure 78 : Répartition des groupes d'habitats de niveau 2 et 3 sur le site de projet et sur le banc de Guérande

Tableau 13 : Surfaces (ha) pour les habitats selon le niveau 2 et 3 de la typologie MNHN (Michez et al., 2013) sur le banc de Guérande et sur la zone de projet. La différence entre les deux zones est également indiquée.

	Surfaces sur le banc de Guérande	Pourcentage	
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	47,39	0,46%	
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et <i>Ophiothrix fragilis</i>	696,75	6,82%	
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	165,07	1,62%	
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	195,61	1,92%	
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	1005,67	9,85%	
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	1864,20	18,26%	
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	6236,17	61,07%	
Surface totale	10210,86		

	Surfaces sur la zone projet	Pourcentage	Différence (ha)
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	18,78	0,24%	28,62
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et <i>Ophiothrix fragilis</i>	580,12	7,54%	116,63
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	139,34	1,81%	25,73
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	105,68	1,37%	89,93
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	183,31	2,38%	822,37
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	1006,83	13,08%	857,36
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	5664,43	73,58%	571,74
Surface totale	7698,49		2512,37

Les habitats dominants sur les deux zones sont :

- les roches et blocs circalittoraux avec 73 % et 61% de la surface pour respectivement la zone de projet et le banc de Guérande (Tableau 13).
- Le deuxième habitat est la ceinture infralittorale à algues rouges qui occupe 13 et 18% de la surface.

Ce sont ensuite les laminaires, qu'elles soient denses ou clairsemées, représente 4 et 12 % de la surface. Ainsi, 929 ha supplémentaires sont observés hors de la zone d'implantation. Enfin, les sédiments meubles sont peu présents avec 9% de la surface à la fois sur le d'implantation et le banc de Guérande. L'habitat majoritaire est les cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et *Ophiothrix fragilis*.

2.2.4.3 Espèces ZNIEFF

Les investigations du MNHN ont permis d'identifier 24 espèces ou taxons déterminants dans la zone d'étude, dont 8 sont également présents sur la station témoin (Annexe 8). 8 espèces sont considérées comme « peu communes » (Liste 2), mais ne forment pas sur les stations prospectées de faciès particulièrement développés. Une seule espèce, *Scyllarus arctus* identifiée sur G09, fait l'objet d'une proposition du statut « Espèces protégées » (Liste 3).

14 sont des « espèces autochtones rares » (Liste 5) dont deux spongiaires, *Homaxinella subdola* et *Pseudosuberites sulphureus*, qui sont inventoriés sur 6 stations. 5 sont des « espèces ingénieurs et/ou jouant un rôle d'indicateur d'importance, permettant un habitat diversifié » (Liste 6). Ce sont essentiellement des grandes algues brunes qui sont rencontrées sur les stations G01, G02 et G03.

Avec les prospections sur les quadrats, avec la drague et la benne, cinq espèces supplémentaires ont été observées : les crustacés *Achaeus cranchii* et *Ampelisca spinipes*, le mollusque *Sphenia binghami* et les polychètes *Sabellaria spinulosa* et *Goniadella gracilis*. Une espèce est inscrite sur la liste 5, deux sur la liste 6, une sur la liste 2 et enfin une sur la liste B2. Dans ces inventaires, des espèces déjà signalées par le MNHN ont également été observées comme des espèces de spongiaires (*Guancha lacunosa*) ou des cnidaires (*Gymnangium montagui*). Les cartes figures 74 à 77 récapitulent les localisations de ces espèces.

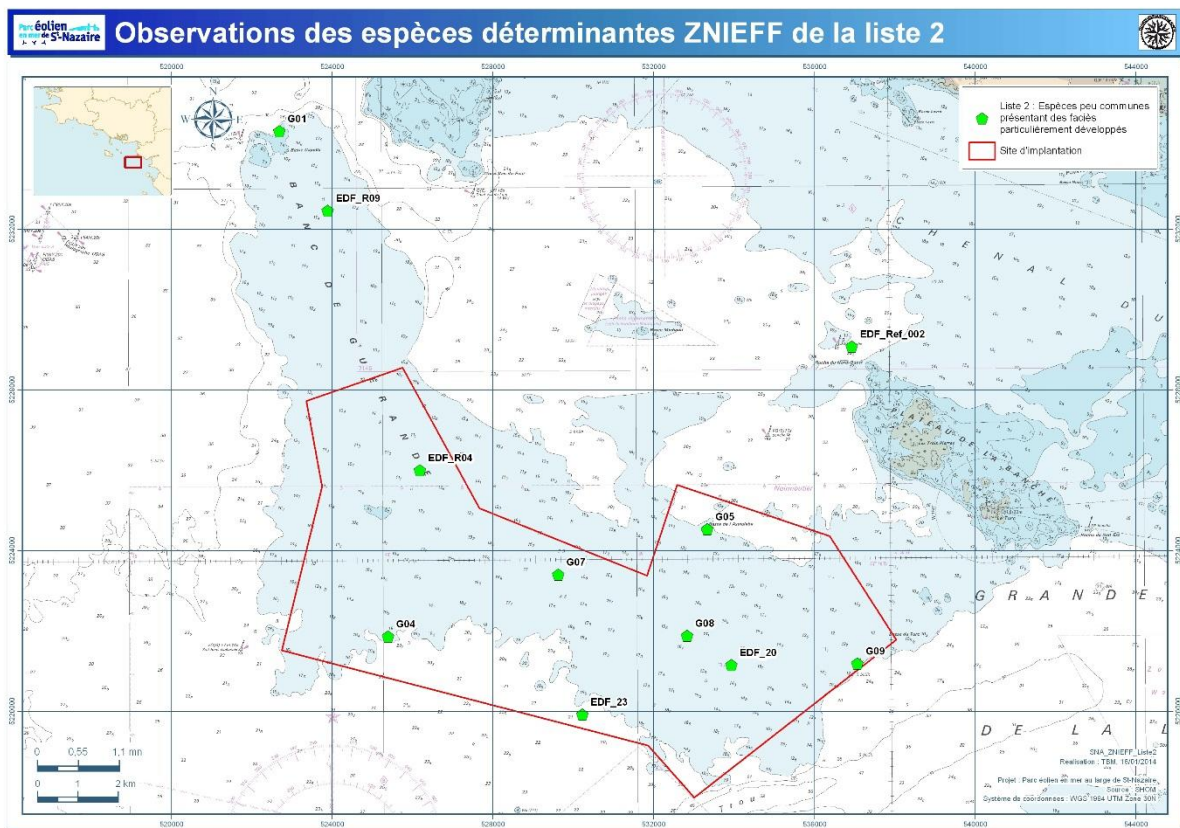


Figure 79 : Localisation des observations des espèces déterminantes ZNIEFF de la liste 2

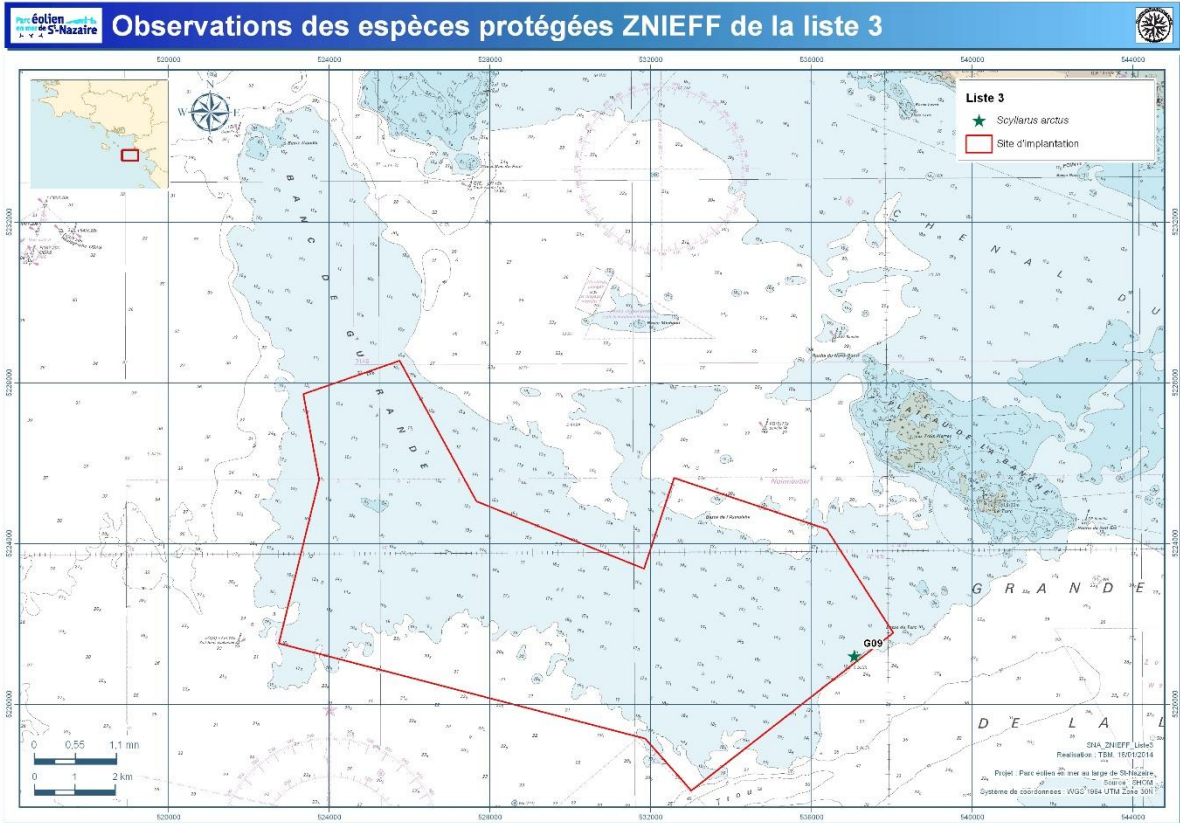


Figure 80 : Localisation des observations des espèces déterminantes ZNIEFF de la liste 3

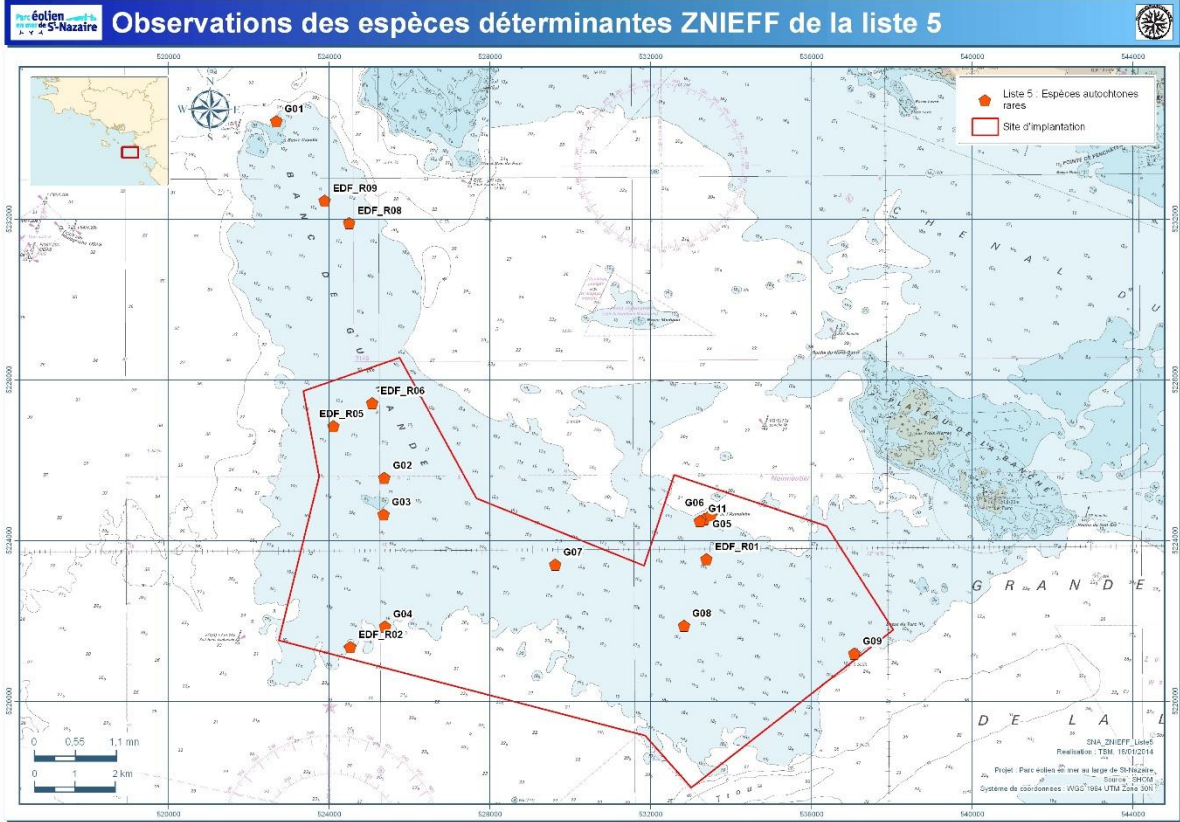


Figure 81: Localisation des observations des espèces déterminantes ZNIEFF de la liste 5

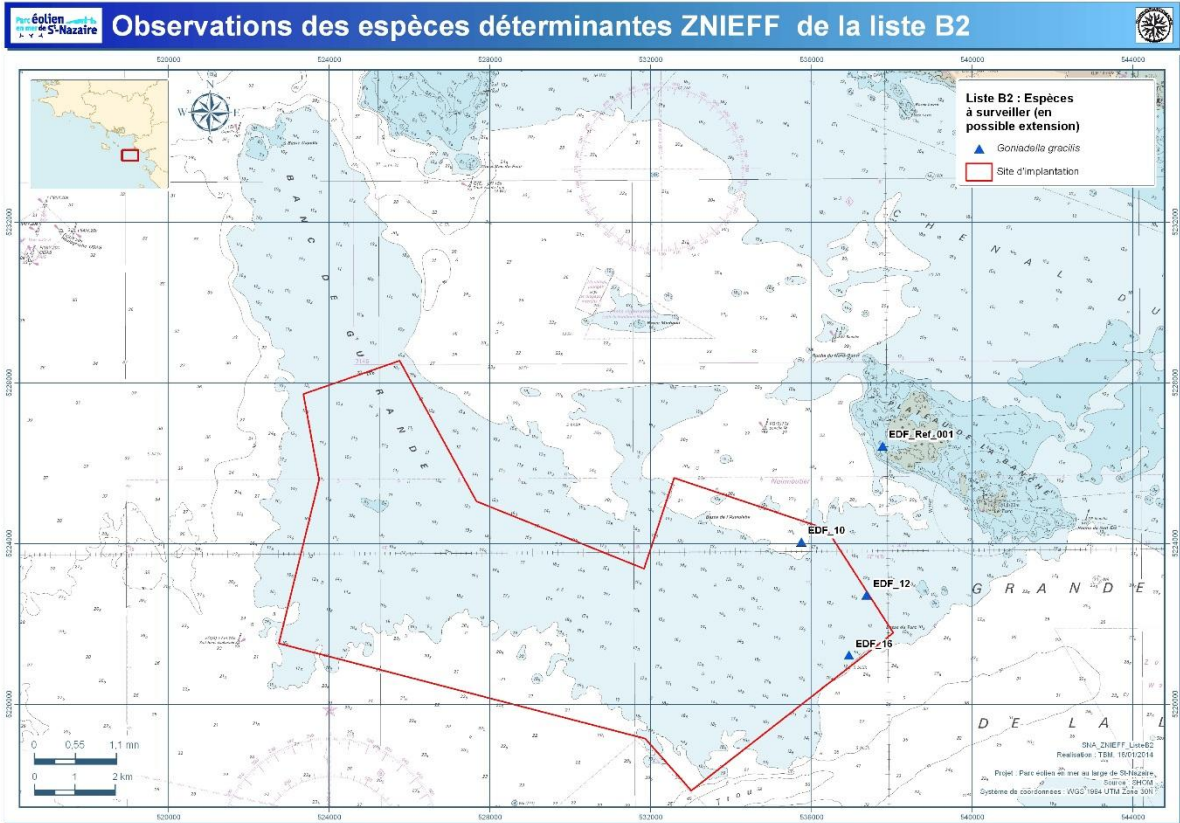


Figure 82: Localisation des observations des espèces déterminantes ZNIEFF de la liste B2

2.3 Enjeux et conclusions

Cette étude a porté sur à la fois sur une zone projet, la zone d'implantation des éoliennes, mais également sur le banc de Guérande. Cette stratégie permet de comparer les surfaces et les habitats présents sur les deux zones. Ainsi, l'ensemble de la zone d'étude est constituée de deux ensembles sédimentaires: les substrats meubles et les substrats rocheux. L'approche cartographique en combinant des moyens de prospection par vidéo, des prélèvements et des observations biologiques pour caractériser les peuplements macrobenthiques montre que le site est original avec un nombre intéressant de faciès mais est assez homogène.

Les substrats meubles

Il est peu représenté, seule la partie Nord-Est abrite des surfaces de sédiment de sable mobile et des galets cailloutis. Ces habitats représentent moins de 9% de la surface de la zone projet et du banc de Guérande. Les galets et cailloutis dominent largement. Les sédiments grossiers sont présents sous forme de placage et par endroit où la couche sédimentaire est très faible (Figure 83). Dans tous les secteurs, le sédiment apparaît très propre et la qualité du milieu est qualifiée de bonne. L'analyse sur les cortèges d'espèces n'indique aucune espèce révélatrice d'un enrichissement en matière organique anormal. Ceci est corroboré par l'ensemble des analyses physico-chimiques.

Le substrat rocheux subtidale

Il couvre 90 % de la zone projet et 91 % du banc de Guérande, et est composé de quatre habitats majeurs et 20 faciès ont été inventoriés.

- L'habitat qui est le mieux représenté avec plus de 73% de la surface sur la zone de projet et plus de 60% sur le banc de Guérande est celui des communautés faunistiques de forts courants. Cet habitat circalittoral est riche et homogène. En effet, plusieurs espèces ZNIEFF-Mer y ont été inventoriées mais la structure des peuplements pour la faune vagile est similaire sur l'ensemble du banc de Guérande. Les espèces sessiles, ont quant à elles des distributions plus aléatoires.
- Le deuxième habitat dominant en termes de surface est l'habitat à algues rouges. Cet habitat abrite une diversité algale intéressante par rapport à l'habitat précédent mais une nouvelle fois les communautés de faune vagile ont une structure reflétant l'homogénéité pour ce compartiment.
- Enfin, les deux derniers sont des habitats à laminaires qu'ils soient denses ou clairsemées occupent 12% sur le banc de Guérande et seulement 4% de la surface sur la zone d'étude. Les forêts denses de laminaires (1,37% de la zone du projet) sont localisées au niveau des bathymétries les plus hautes alors que forêts clairsemées sont situées en périphérie jusqu'à une profondeur de 15m. En effet, l'habitat à algues rouges est présent rapidement. Les laminaires, *Laminaria hyperborea* et *Saccorhiza polyschides* vont jouer un rôle important comme support de diversité et comme zone refuge pour les poissons. Ces deux espèces sont

inscrites sur la liste 6 des espèces déterminantes ZNIEFF-Mer. Ainsi, ces espèces sont qualifiées d' « espèces ingénieuses et/ou jouant un rôle d'indicateur d'importance, permettant un habitat diversifié ». Les inventaires sur la faune vagile ne révèlent pas une diversité plus grande que les autres habitats. La structure des peuplements est similaire entre les différents habitats pour la faune vagile. Comme indiqué précédemment la richesse sur le banc de Guérande est importante mais homogène au sein de la zone pour ce compartiment.

Ainsi, les habitats rocheux et les faciès observés sur la zone d'étude témoignent de l'influence de forts courants, de la turbidité et des dépôts sédimentaires. En effet, l'influence de la Loire se visualise par la présence d'espèces et de faciès de milieux turbides avec un hydrodynamisme important (*Cliona celata*, *Alcyonium digitatum*, etc.). Une influence sédimentaire due aux courants est très bien visible notamment au centre du banc de Guérande et sur les bords nord-est et est. Ainsi, les placages sédimentaires sont mobiles et la couche sédimentaire y est majoritairement. Concernant les laminaires, un seul faciès est représenté : le « faciès à *Laminaria hyperborea* - *Laminaria ochroleuca* : Sous-Faciès à algues filamenteuses (mode abrité) ». Ce faciès indique également une influence des dépôts sédimentaires sur le « faciès à *Laminaria hyperborea* – *Laminaria ochroleuca* » typique.

Le banc de Guérande abrite donc une diversité intéressante avec de nombreux faciès mais est soumis naturellement à des pressions comme la turbidité, les forts courants et les dépôts sédimentaires. Ces facteurs vont être un frein pour l'installation et le développement de certaines espèces comme les laminaires, comme le montre les tableaux de surface d'habitats. Le suivi, réalisé en 2014, illustre l'influence des fortes tempêtes hivernales sur ces laminaires. En effet, une baisse importante du nombre de pied est observée en 2014. L'intérêt de réaliser un suivi annuel sur quelques stations est bien démontré permettant ainsi de se rendre compte des variations interannuelles de la faune et la flore.

En revanche, ces facteurs environnementaux vont être favorables aux espèces du circalittoral nombreuses espèces d'éponges et d'hydrires par exemple). L'homogénéité observée sur la faune vagile est liée à l'architecture du banc de Guérande. En effet, très peu de faille ou grotte ou tombants sont présents. Ces milieux peu représentés sont des niches écologiques pour de nombreuses espèces. Le banc de Guérande est un plateau très peu accidenté qui est parsemé de galets, blocs et gros rochers. Quelques tombants sont observés en périphérie mais ceux-ci sont rares.

Le tableau 14 illustre les enjeux sur la zone d'étude en se basant sur l'état initial. Les habitats à laminaires du fait de leur rareté sur le site et de leur valeur écologique majeure ont un enjeu fort sur la zone d'étude. Les autres habitats rocheux ont un enjeu moyen car même si des espèces ZNIEFF y sont observées ainsi qu'une belle diversité celle-ci est relativement homogène sur la zone d'étude et occupent une surface importante. Les habitats meubles en revanche ont des enjeux négligeables à nuls.

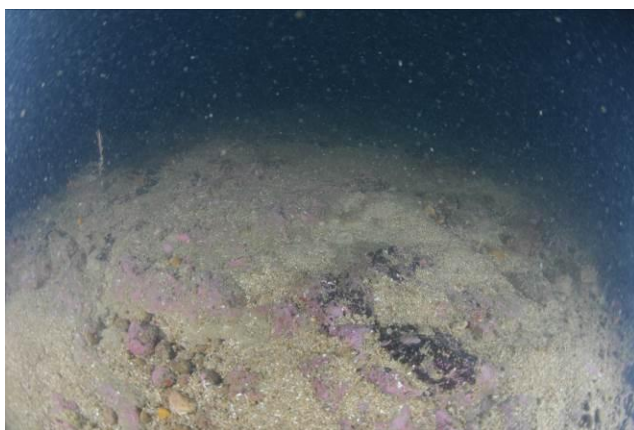


Figure 83 : placage de sédiments sur le banc de Guérande

Tableau 14 : Habitats et enjeux

Habitats	Espèces structurantes	Approche état de conservation	Rareté locale (zone de projet)	Rareté biogéographiques	Enjeux
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	Epifaune sessile et l'échinoderme <i>Ophiothrix fragilis</i>	Bon	Bien représenté	Localisé en Atlantique mais bien représenté en Manche	Négligeable
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	Espèces robustes et résistantes aux courants	Bon	Peu représenté	Très bien représenté mais soumis à des pressions anthropiques	Négligeable
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	<i>Laminaria hyperborea</i>	Bon mais soumis à des pressions (turbidité et dépôts sédimentaires)	Peu représenté	Bien représenté	Fort
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	<i>Laminaria hyperborea</i> et <i>Halydris siliquosa</i> parfois	Bon mais soumis à des pressions (turbidité et dépôts sédimentaires)	Peu représenté	Bien représenté	Fort
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautésalgales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	Algues rouges	Bon	Bien représenté	Bien représenté	Moyen
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	Eponges (<i>Cliona celata</i>) et cnidaires (<i>Alcyonium digitatum</i>)	Moyen à bon, signe d'un hydrodynamisme important mais également d'une turbidité et de dépôt sédimentaire	Bien représenté	Bien représenté	Moyen

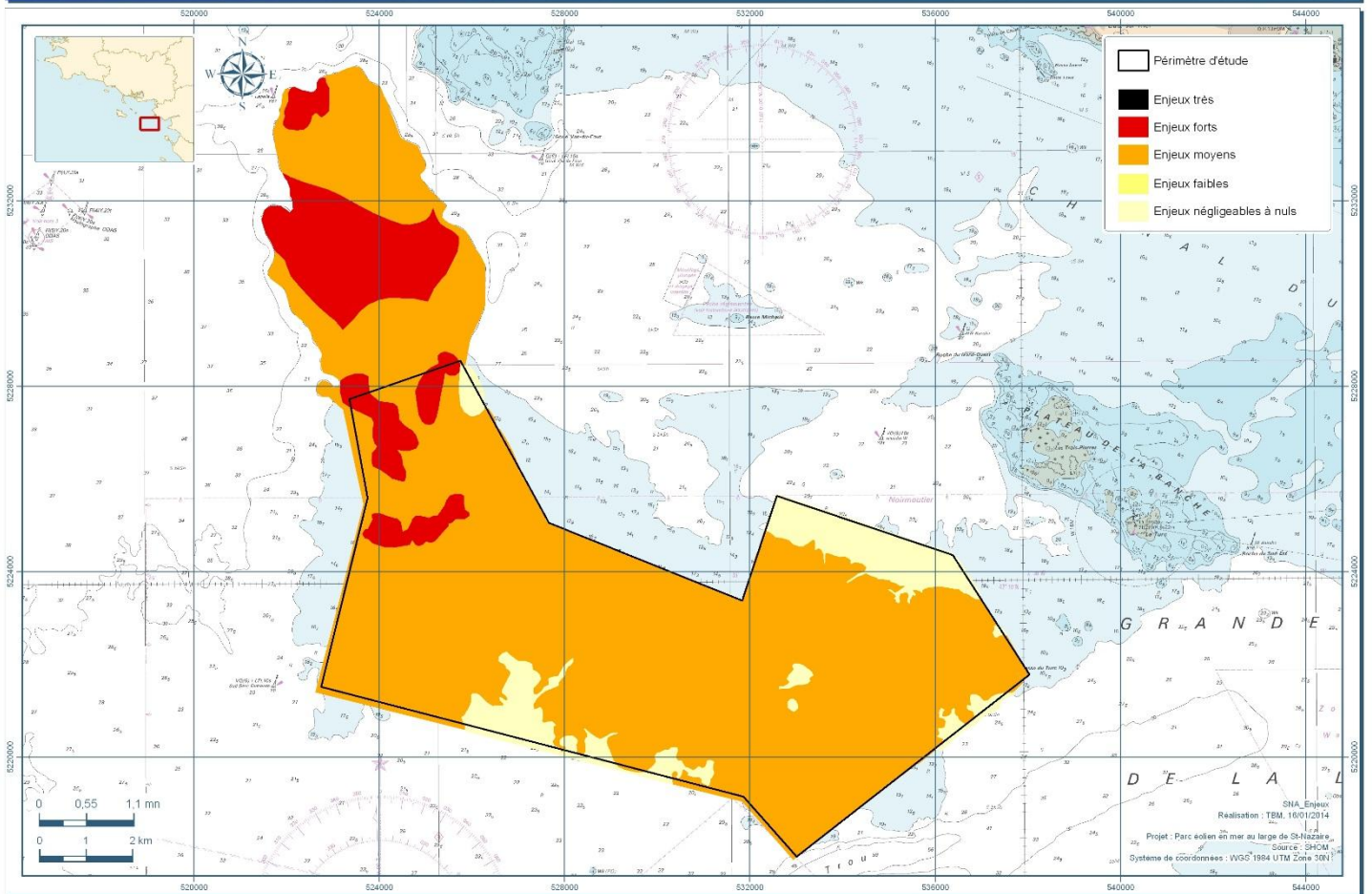


Figure 84 : Carte des enjeux.

3 Analyses des effets du projet

Définitions préalables

Le présent rapport a pour objectifs d'évaluer les effets et les impacts du projet sur le compartiment habitats benthiques (et espèces inféodées) pour les phases travaux, exploitation et démantèlement.

Il est au préalable rappelé les notions d'effets et d'impacts ainsi que les méthodes d'analyses mises en œuvre dans cette étude :

- l'effet décrit une conséquence d'un projet sur l'environnement.
- l'impact est la transposition de cet événement sur une échelle de valeur.

Les impacts sont donc qualifiés (direct, indirect, temporaire ou permanent) et dans la mesure du possible quantifiés. L'analyse de l'impact prend en compte les enjeux concernant les habitats évalués lors de l'état initial

3.1 Analyse des effets et évaluation des impacts : phase travaux

L'habitat est une « partie de l'environnement » dont les organismes dépendent directement ou indirectement. L'habitat inclut l'environnement physique (nature du substrat, bathymétrie, etc.), l'environnement chimique (salinité, oxygène dissous) et biologique (organisations et relations entre les individus, source de carbone). La structure est fournie par les animaux, la flore, les sédiments et les paramètres du milieu (eau, température, éléments nutritifs). Les forêts de laminaires, les fonds de sables ou de vases sont des exemples d'habitats distincts des populations marines.

Les effets et les impacts sont donc étudiés pour chaque phase du projet (travaux, exploitation, démantèlement) et pour les compartiments physique, chimique et biologique caractérisant l'habitat.

3.1.1 Destruction des habitats et des espèces et capacité de recolonisation

Effets et impacts sur la zone d'emprise stricte

Les impacts liés à la destruction directe des habitats seront de deux ordres :

- Travaux de mise en place des structures
- Résidus de forage

A) Travaux de mise en place des structures

Sur la zone d'emprise, l'effet des travaux est la destruction directe des habitats et des espèces inféodées. La mise en place des structures monopieux, des câbles et du poste de livraison en mer aura donc un **impact direct** sur les habitats situés au droit des travaux. Les cartes pages suivantes indiquent la localisation des pieux des éoliennes et du réseau de câble et la figure 84 illustre la carte des enjeux/emprise résultant de l'état initial faune, flore et habitat.

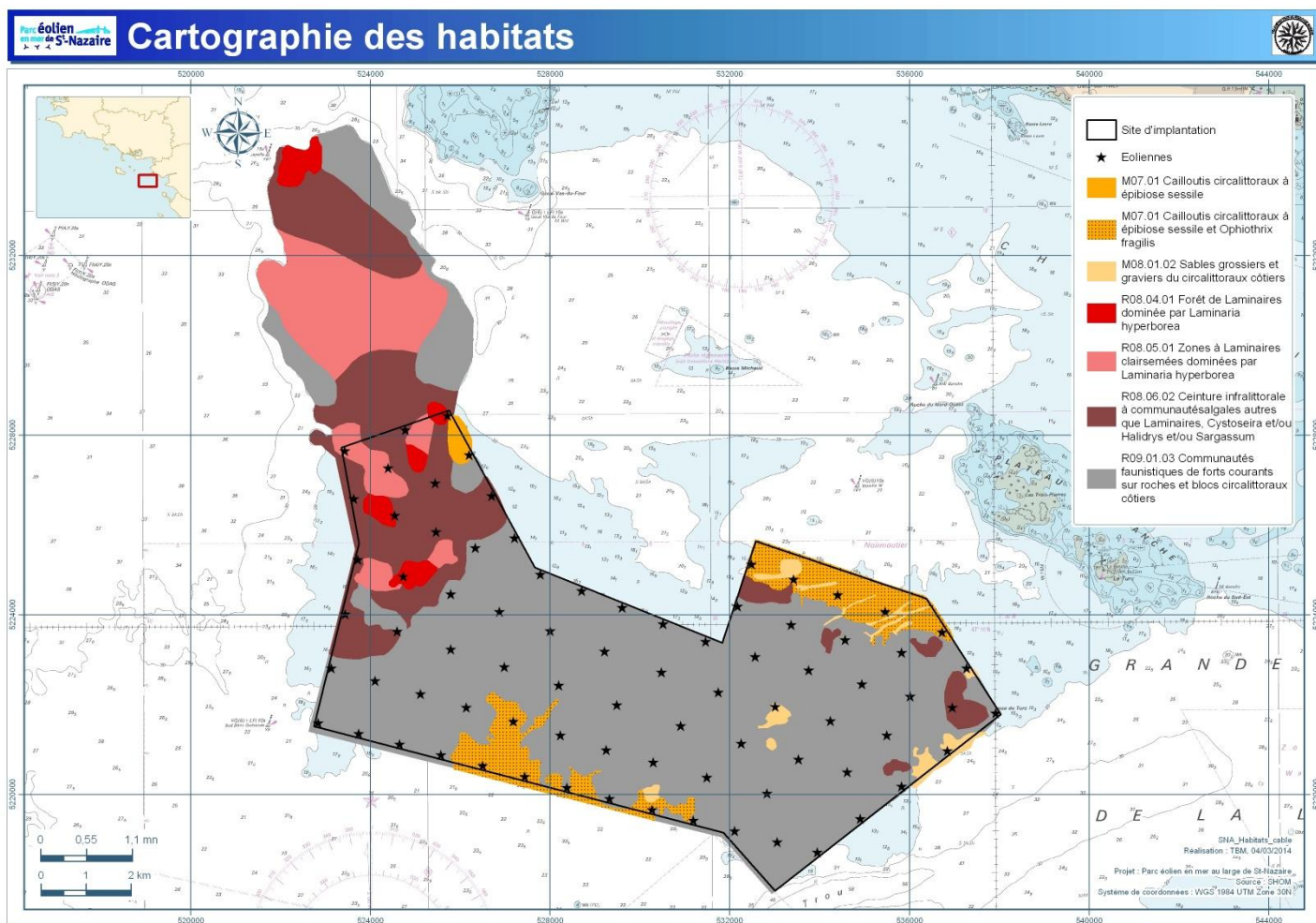


Figure 85 : Cartographie de la localisation des éoliennes.

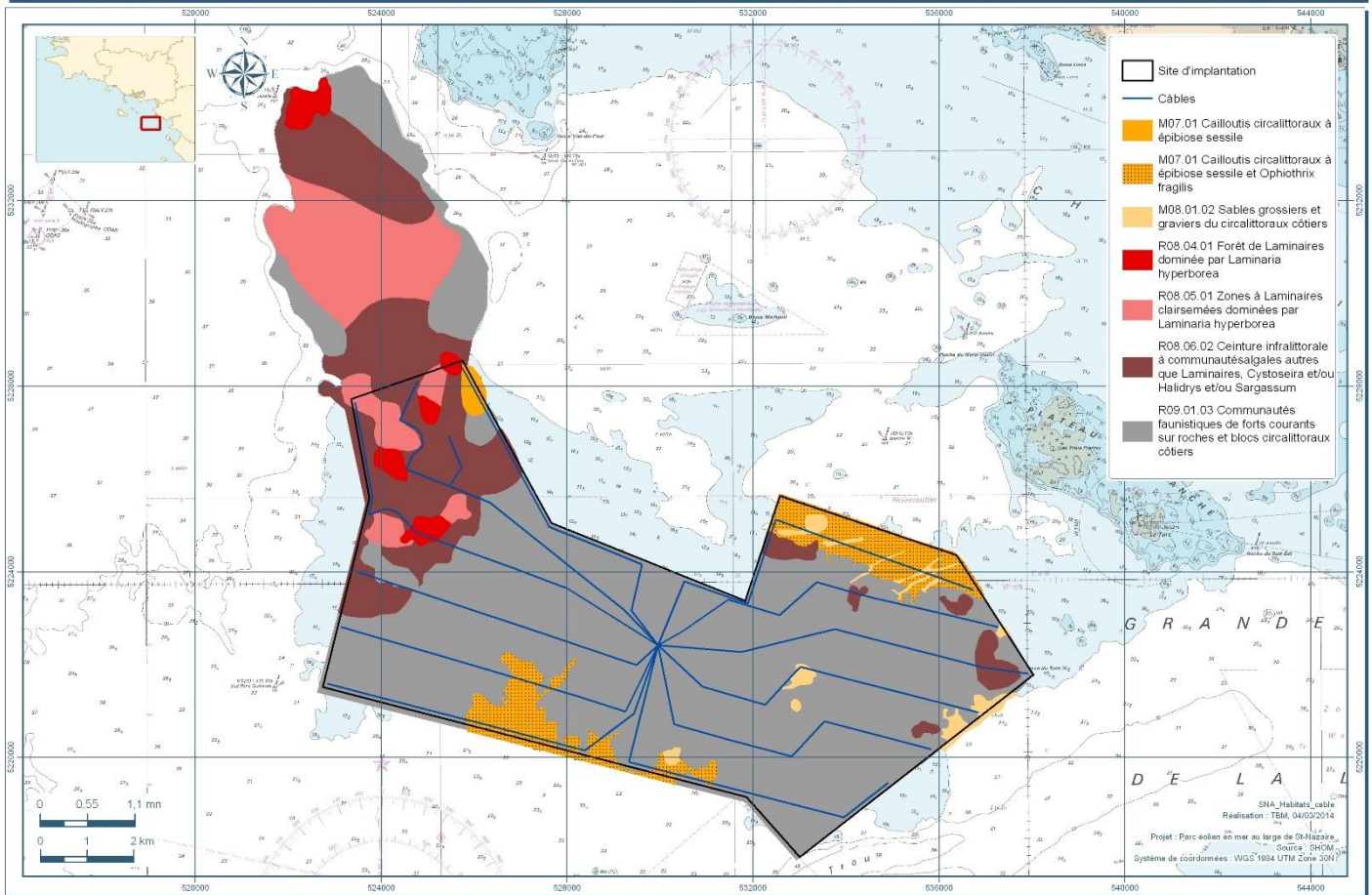


Figure 86: Cartographie du réseau de câbles.

Les tableaux ci-dessous présentent pour chaque habitat, les surfaces détruites sur la zone projet par rapport à la surface des habitats inventoriés dans le cadre de l'état initial. Les impacts sont également évalués et sont fonction des enjeux et de la surface détruite concernée.

Pour les pieux, une surface de 38,29 m² a été prise en compte. La figure 87 indique la localisation des pieux avec un diamètre de 7 mètres. Les surfaces impactées sont négligeables car les pourcentages sont compris entre 0,003% et 0,011% de surface de la zone projet. De plus, il faut considérer l'emprise du poste de livraison électrique (également appelé sous-station). Ce poste de livraison sera constituée d'une fondation jacket de quatre à 8 pieds qui font 3m de diamètre chacun soit une surface maximale totale au sol de 56 m². Cette sous-station sera positionnée dans l'habitat « Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers ». La surface impactée est négligeable car le pourcentage est de 0,0001 % de surface de la zone projet.

Sur cinq éoliennes localisées sur l'habitat « Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile » au Nord-Ouest du site d'étude, des emprises dues à des protections anti-affouillement doivent être prises en compte. Les protections anti-affouillement sont un remblai de pierre (diamètre maximum : 65m ; hauteur maximale : 2,5m) nécessaire pour prévenir l'érosion sédimentaire qui peut se produire autour de la fondation. La surface impactée est négligeable car le pourcentage est de 0,28 % de surface de la zone projet

Tableau 15 : Enjeux, surface en ha détruite sur la zone projet par les pieux et impacts.

Habitats	Enjeux (état initial)	Nombre de pieux, Surface détruite (ha) et pourcentage par rapport à la surface total de l'habitat sur la zone projet	Impacts directs et permanents
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	Négligeable	5 pieux, 0,019ha et 0,003%	Négligeable
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	Négligeable	3 pieux, 0,011ha et 0,008%	Négligeable
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	3 pieux, 0,011ha et 0,011%	Faible
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	2 pieux, 0,008ha et 0,004%	Faible
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	Moyen	8 pieux, 0,031ha et 0,003%	Négligeable
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	Moyen	54 pieux, 0,207ha et 0,004%	Négligeable

Pour les câbles, nous avons pris une protection extérieure des câbles maximale de 7 mètres de part et d'autre du câble (Données EMF). Cette hypothèse est donc maximaliste. La figure 88 illustre le réseau de câble avec une emprise de 14 mètres. Les surfaces impactées sont plus élevées que pour les pieux mais elles restent négligeables car les pourcentages sont compris entre 0,25% et 2,22%.

Enfin, lors de la phase de forage, les navires dédiés ont une emprise de 64 m² sur le fond. Cette surface correspond aux « jambes » du navire qui lui permettent d'être stable sur le fond. L'emplacement exact du navire n'est pas connu à ce jour. Pour le calcul des surfaces, nous avons pris le même habitat que celui où se trouve le pieu. Les surfaces impactées sont négligeables car les pourcentages sont compris entre 0,004% et 0,010%.

Tableau 16 : Enjeux, surface en ha détruite sur la zone projet par les câbles et impacts

Habitats	Enjeux (état initial)	Surface détruite (ha) et pourcentage par rapport à la surface total de l'habitat sur la zone projet	Impacts directs et permanents
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	Négligeable	13,27ha et 2,22%	Négligeable
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	Négligeable	1,86ha et 1,34%	Négligeable
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	1,01ha et 0,95%	Faible
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	0,45ha et 0,25%	Faible
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	Moyen	17,66ha et 1,75%	Négligeable
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	Moyen	106,93ha et 1,89%	Négligeable

Tableau 17 : Enjeux, surface en ha détruite sur la zone projet par les « jambes » des bateaux lors du forage

Habitats	Enjeux (état initial)	Surface détruite (ha) et pourcentage par rapport à la surface total de l'habitat sur la zone projet	Impacts directs et temporaires
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	Négligeable	0,064ha et 0,010%	Négligeable
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	Négligeable	0,013ha et 0,009%	Négligeable
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	0,006ha et 0,006%	Faible
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	0,019ha et 0,010%	Faible
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	Moyen	0,045ha et 0,004%	Négligeable
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	Moyen	0,346ha et 0,006%	Négligeable

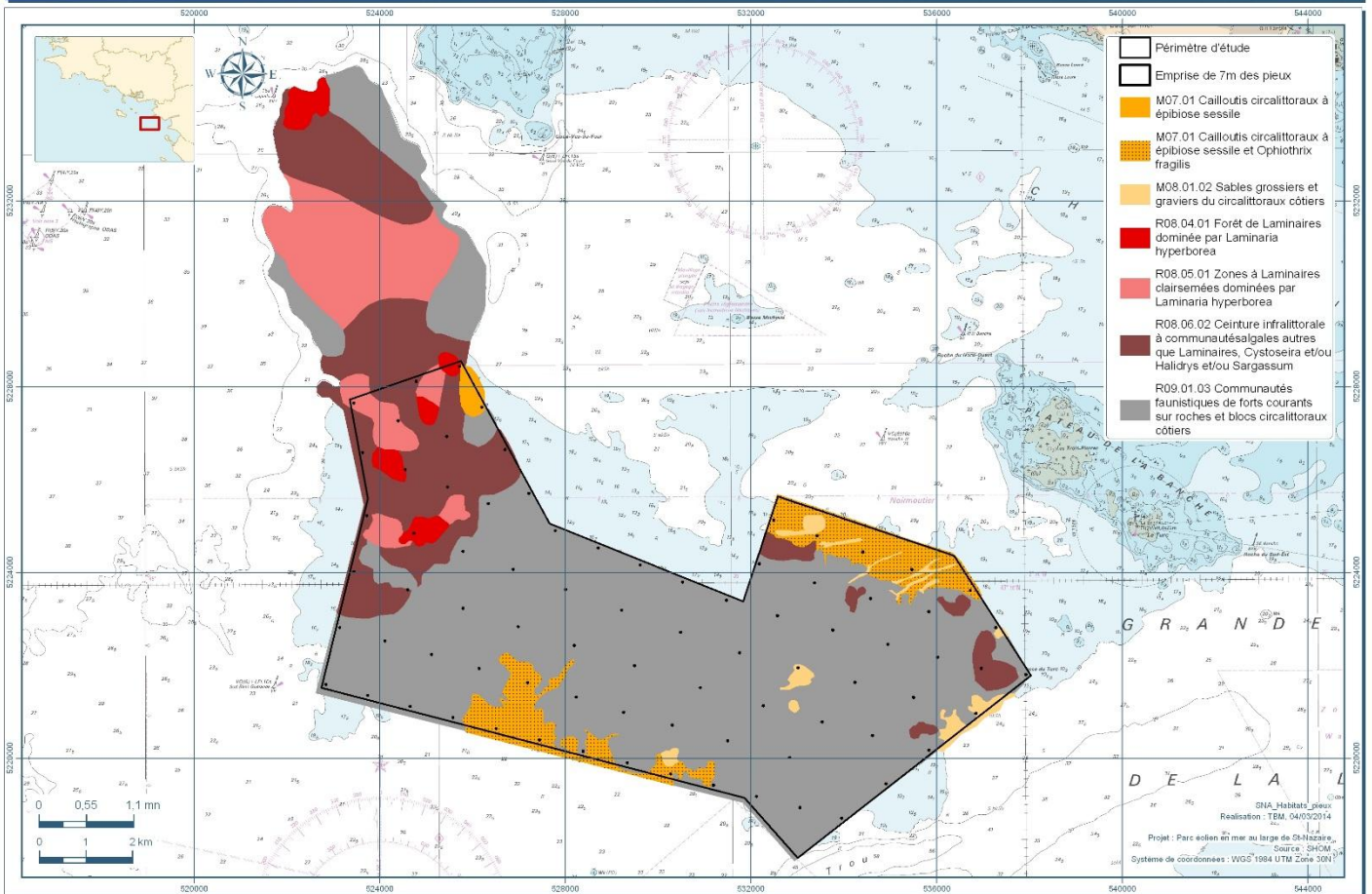


Figure 87 : Cartographie de l'emprise des éoliennes (diamètre du pieu = 7 mètres, surface = 38,29 m²).

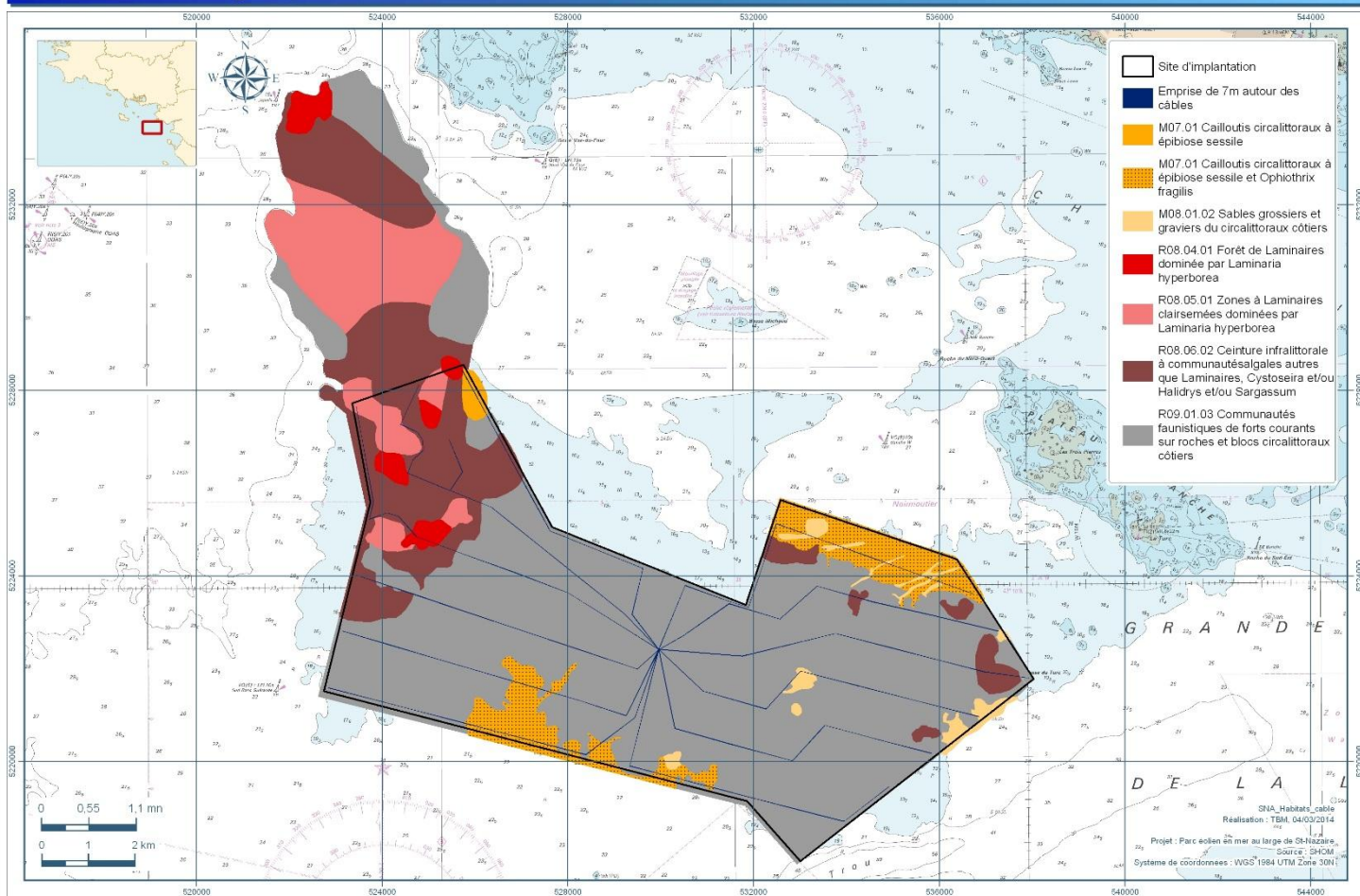


Figure 88: Cartographie de l'emprise du réseau de câbles (emprise de 14 mètres).

La destruction des habitats sera donc très localisée et limitée à l'étendue des interactions mécaniques directes avec les fonds marins : préparation des fonds, forage, ensouillage ou pose d'une protection extérieur des câbles. Pour l'ensemble des structures mises en place (pieux, protection anti-affouillement, câbles, poste), **l'impact sera direct et permanent sur la zone d'emprise stricte.**

Pour information, le tableau 18 récapitule les surfaces impactées par le projet. Les surfaces impactées par habitats sont comprises entre 0,26 et 2,51%. Le projet, tout habitat confondu, aura un impact sur 1,87% de la zone projet soit une surface de 143,63 ha. **L'impact est donc jugé faible.**

Tableau 18 : Surface en ha détruite par rapport à la zone projet par les pieux et protection anti-affouillement, les câbles, les « jambes » des bateaux lors du forage et la sous-station.

Habitats	Pieux et protections	Câbles	Bateau	Sous-station	Total	Pourcentage	Impacts directs et temporaires
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	1,68	13,27	0,06		15,1	2,51%	Négligeable
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	0,01	1,86	0,01		1,88	1,35%	Négligeable
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	0,01	1,01	0,01		1,03	0,97%	Faible
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	0,01	0,45	0,02		0,48	0,26%	Faible
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	0,03	17,66	0,04		17,74	1,76%	Négligeable
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	0,21	106,93	0,35	0,0056	107,48	1,90%	Négligeable
TOTAL	1,95	141,18	0,49	0,0056	143,63	1,87%	Faible

B) Résidus de forage

Pour installer les fondations constituées chacune de monopieu de 7 m de diamètre, il est nécessaire de réaliser des forages. Concernant les techniques d'installation, deux sont actuellement envisagées pour faire pénétrer le monopieu dans le substrat : 1) le battage seul et 2) le battage – forage – battage. Le forage s'effectue à l'eau de mer. Par conséquent, les résidus de forage se mélangent avec l'eau contenue dans le pieu. La mixture (98% d'eau, 2 % de matériaux) ainsi obtenue et confinée à l'intérieur du monopieu est pompée par un système de circulation inverse pour ramener en surface les résidus du forage. Les matériaux de ces résidus sont composés de 5% à 10% de fines et de 95% à 90% de matériaux plus grossiers. Les matériaux grossiers ont un diamètre

compris entre 1 mm et 130 mm ce qui correspond à des sables très grossiers (1 à 2 mm), des graviers (2 à 20 mm) et des galets (20 – 200 mm). Ces matériaux ne sont pas pollués.

Le forage est donc envisagé pour cette deuxième technique d'installation. En effet, en cas de refus de battage, le forage est alors nécessaire pour poursuivre l'installation de la fondation. Ce forage peut être réalisé sur tout ou partie de la profondeur d'enfoncement du monopieu. Ainsi, dans le cas maximaliste d'un forage (diamètre 5m) sur toute la profondeur d'enfoncement du monopieu (20m) lors de la séquence battage forage, le volume maximal de matériaux serait donc de 392 m³ de sédiments non pollués par forage. Les impacts des résidus grossiers (>1mm) sur les habitats benthiques sont évalués dans les paragraphes suivant. Ceux liés aux fines sont traités dans le paragraphe 3.1.2 (altération du milieu marin).

- **Effet du dépôt sur le fond des résidus (direct)**

Une fois la mixture récupérée, les résidus grossiers sont redéposés sur le fond au pied des fondations. Ce processus permet d'éviter un rejet en surface qui aurait des effets difficilement quantifiables sur les habitats benthiques en raison de la dispersion des matériaux dans la colonne d'eau.

Une fois déposé sur le fond, le volume maximal de résidus produit (392 m³), formera un cône d'environ 22,4 mètres de diamètre sur 3 mètres de haut, ce qui correspond à une surface au sol de 393 m². Les résidus de forage concernent 40 éoliennes. Leur localisation n'étant pas encore connue précisément, nous avons choisi une vision maximaliste à savoir une concentration des forages pour les pieux situées dans les habitats à enjeux fort et modéré. Le tableau 19 indique le nombre de forages considérés par type d'habitats suivant cette approche. Ainsi, une surface de 15720 m² est impactée soit 0,02% de la zone projet. Le tableau 20 présente, pour chaque habitat, les surfaces détruites sur la zone projet par rapport à la surface des habitats inventoriés. Les impacts sont également évalués et sont fonction des enjeux et de la surface détruite concernée.

Tableau 19 : Nombre de forages par type d'habitat

Habitats	Nombre de forages
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	0
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	0
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	3
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	2
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	8
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	27
Total zone du parc éolien	40

Tableau 20 : Enjeux, surface en ha détruite sur la zone projet par les résidus de forage et impacts

Habitats	Enjeux (état initial)	Surface détruite (ha) et pourcentage par rapport à la surface total de l'habitat sur la zone projet	Impacts directs et temporaires
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	Négligeable	0ha et 0%	Négligeable
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	Négligeable	0ha et 0%	Négligeable
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	0,12ha et 0,11%	Faible
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	0,08ha et 0,04%	Faible
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	Moyen	0,31ha et 0,03%	Négligeable
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	Moyen	1,06ha et 0,02%	Négligeable

Les surfaces impactées sont négligeables car les pourcentages sont compris entre 0,02% et 0,11% de surface de la zone projet. La destruction des habitats sera donc directe et localisée. L'impact correspond à un écrasement et un étouffement des habitats. **L'impact sera direct et temporaire puisque les sables grossiers et les galets seront remis dans le système sous l'action de la houle et des courants. Les impacts sont jugés faibles.**

- **Effet de la remise en mouvement des résidus (indirect)**

La remise en mouvement des résidus de forage peut par ailleurs entrainer une destruction des espèces par arasement. L'arasement peut provoquer en particulier l'abrasion des algues.

Toutefois, la présence de sédiments grossiers et galets est démontrée dans l'état initial sur la zone projet (Figure 89). Des mouvements de ces sédiments se produisent sous l'action de la houle et des courants, provoquant naturellement le phénomène d'abrasion décrit précédemment. Ainsi, nous avons estimé, a minima, que le stock de graviers et de galets représente 10% de la surface de la zone projet, soit 770ha. Les résidus de forage correspondent à une surface de 2,6ha soit un surplus de 0,3% du stock naturel. Enfin, il convient de tenir compte de la distribution spatiale et temporelle des travaux qui module l'effet d'arasement. Le dépôt des résidus de forage se fera en effet progressivement au fur et à mesure des forages sur une surface relativement importante.

L'impact est donc jugé négligeable sur la majorité des habitats hormis les habitats à laminaires. En effet, du fait de la sensibilité accrue de ces habitats à l'abrasion et en dépit du faible apport de matériaux au regard du stock évalué sur site, les impacts sont jugés faibles.

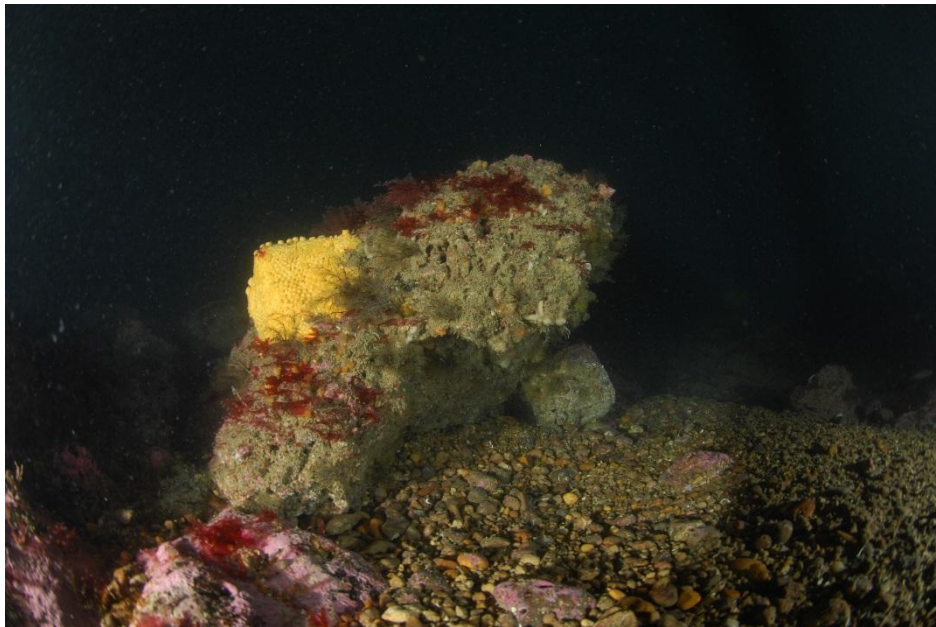
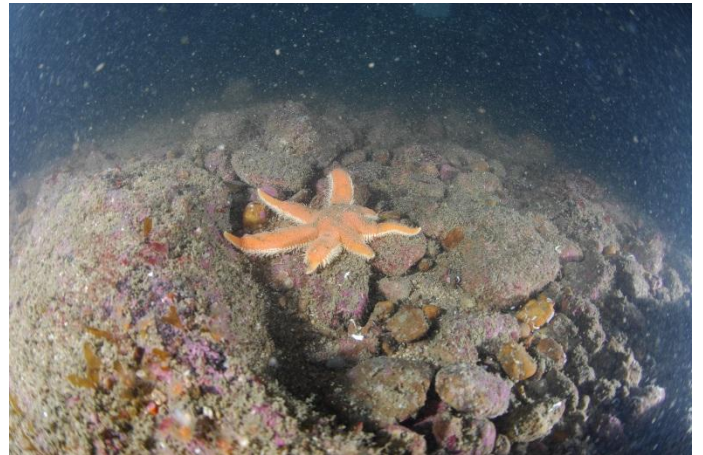
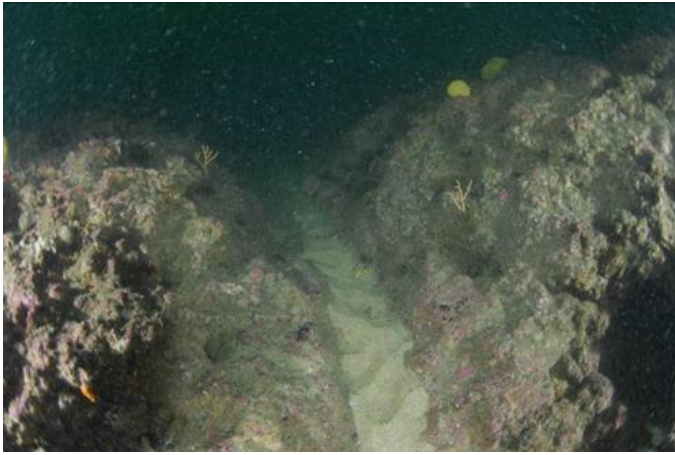


Figure 89: Placage de sédiments grossiers et présence de galets.

Ainsi, si les deux effets sont considérés (recouvrement/destruction des habitats et abrasion), l'impact lié aux résidus de forage est considéré comme faible.

Résilience et recolonisation

Les chapitres suivants présentent les conditions :

- de recolonisation vers l'état de référence (résilience) des milieux, meubles et rocheux dans le cas **d'un impact temporaire**
- de recolonisation vers autre état, vers un autre habitat dans le cas **d'un impact permanent**

i) Sédiments meubles et résilience

Pour les fonds de cailloutis, de sables grossiers et graveleux, les impacts liés à la mise en place des câbles seront moins importants que sur les fonds rocheux.

Dans le cas du projet, les travaux pour le passage des câbles auront un effet, pour partie similaire, aux opérations de dragage ou à d'extraction de sédiments. La différence entre le projet et ce type de travaux réside dans le fait, qu'après pose du câble, la tranchée sera comblée à partir du sédiment déposé sur les bords.

Aussi, contrairement à l'extraction où la modification de l'habitat est physique et biologique, lors de la pose du câble, la modification de l'habitat sera essentiellement biologique.

Les impacts toucheront principalement les espèces faunistiques sessiles et vagiles dont les ophiures.

En revanche, l'endofaune est susceptible d'être moins affectée. En effet, si les espèces de l'endofaune ont moins de chance d'être transportées par les courants, elles ont potentiellement plus de capacité de résistance (Lozach, 2011). Il est considéré (Lewis et al., 2002 in Lozach, 2011) que ces espèces ont plus de chances de survivre à une perturbation telle que l'extraction des granulats puisque c'est dans leur nature de vivre sous le sédiment.

La recolonisation d'un site peut avoir lieu par l'intermédiaire de trois processus principaux : la migration des adultes (mobilité), le recrutement (arrivée de juvénile dans une population) et la dérive de certaines espèces par les courants (Lewis et al., 2002, in Lozarch, 2011).

Dans le secteur littoral concerné par le projet, soumis à un fort hydrodynamisme et considérant que l'impact sur le milieu physique est moindre (récupération physique courte), il peut être estimé que les temps de récupération biologique de ces habitats meubles grossiers seront compris entre 3 et 4 ans (Lozarch, 2011). **Les impacts seront donc directs et temporaires.** La présence des pieux sur les substrats meubles peut également modifier le recrutement ainsi que la productivité locale (Degraer et al., 2012a,b). La zone d'influence est d'environ 50 mètres (Degraer et al, 2012a,b). Dans ce cas, l'impact est direct et permanent.

ii) Milieux rocheux et résilience

Quatre habitats sont concernés. Il s'agit de :

- R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par *Laminaria hyperborea*,
- R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par *Laminaria hyperborea*,
- R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, *Cystoseira* et/ou *Halidrys* et/ou *Sargassum*,
- R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers.

Les habitats les plus sensibles sont ceux associés à la présence de laminaires. Ainsi, un paragraphe spécifique sur cet habitat a été rédigé même si les surfaces impactées lors de ce projet sont négligeables. Ces précisions

permettront aussi de se rendre compte que les laminaires varient naturellement en fonction de plusieurs paramètres environnementaux.

L'habitat « laminaires »

Généralités

Aujourd'hui plusieurs facteurs naturels et climatiques menacent ces habitats (turbidité de l'eau, élévation de la température, accroissement de l'ensoleillement, de la fréquence des tempêtes, etc.), mais également leur exploitation (Leclerc, 2013). Ainsi, pour bien apprécier les impacts sur les laminaires, il est important de rappeler leurs sensibilités à certains paramètres comme la variation de salinité et aux conditions thermiques. De plus, l'extension verticale du champ algal varie selon la pénétration de l'énergie lumineuse, laquelle dépend de la transparence de l'eau. La profondeur moyenne pour *Laminaria hyperborea* est de 20 mètres mais elle peut atteindre jusqu'à 40 mètres dans des secteurs comme à Molène ou le plateau de Rochebonne où la limpidité des eaux permet cette extension.

Un autre paramètre à prendre en compte est la nature du substrat. En effet, celui-ci va intervenir sur la répartition des algues. Ainsi, pour *Laminaria hyperborea*, le port dressé de cette algue impose que le substrat soit suffisamment résistant pour ne pas être renversé par la poussée de la houle. Par conséquent, les zones les plus riches sont celles constituées par le roche mère et de gros blocs. Les galets ne sont pas propices à son développement.

Enfin, des variations annuelles et interannuelles sont observées. Par exemple, les champs de laminaires subissent de fortes réductions d'abondance au cours de l'hiver. Cette réduction peut atteindre 70% de la biomasse estivale.

Cet habitat particulier va héberger une faune et une flore diversifiées et va jouer un rôle majeure dans la chaîne trophique (Leclerc, 2013).

Recolonisation

Dans des endroits exposés, chaque automne une quasi éradication de la population de laminaires peut être observée. Néanmoins, les champs parviennent à se renouveler. Le cycle biologique des laminaires serait donc capable de s'adapter à des réductions importantes de densités.

Pour *Laminaria hyperborea*, qui a une durée de vie assez longue, la rotation des individus est beaucoup plus longue. Ainsi, tant que l'espace est colonisé, la place offerte au recrutement est réduite voire nulle. Seules de fortes mortalités permettent l'installation de nouvelles générations. Son mode de reproduction permet une occupation rapide des fonds. La croissance peut s'adapter aux conditions de densité sur les fonds. Elle est ralentie en situation de forte colonisation du milieu. L'acquisition de la maturité sexuelle est plus précoce sur les champs éclaircis du fait de l'accélération de la croissance.

Plusieurs exemples de recolonisation sont disponibles. Dans le cadre d'une ANR (Agence Nationale de Recherche), la station biologique de Roscoff a mis en place des expériences d'éradications expérimentales chez différentes espèces de laminaires (*Laminaria digitata*, *Laminaria hyperborea*, *Laminaria ochroleuca* et *Undaria*

pinatifida) et dans différents sites afin d'étudier la résilience de ces espèces aux perturbations et de mieux comprendre la dynamique de succession au sein de ces communautés (Valéro, 2011). Ainsi, comme après une coupe à blanc dans une forêt, la succession des espèces et la vitesse de recolonisation peut être analysée après éradication expérimentale. Les résultats montrent que *Saccorhiza polyschides* possède la meilleure capacité à coloniser les sites vides ce qui confirme le caractère opportuniste de cette espèce annuelle. Elle est ensuite remplacée par *Laminaria digitata* puis par *Laminaria hyperborea*, cette dernière n'étant visible que plus de 2 ans après l'éradication. La densité ainsi que la composition en espèces sont restaurées assez rapidement (soit deux ans après éradication). Mais ce n'est pas le cas pour la biomasse qui met beaucoup plus de 2 ans à se retrouver le niveau initial pour *Laminaria digitata*, cette dynamique étant probablement encore plus lente pour *Laminaria hyperborea* (5 à 10 ans). Une autre étude a montré que la restauration des champs de *Laminaria digitata* se faisait de façon égale au bout de 18 mois après un enlèvement des algues par coupe ou par arrachage (Arzel.). La dynamique de population de la plupart des espèces semble donc largement dépendante du recrutement. Les analyses génétiques mettent en avant que celui-ci est local et provient principalement des plants adultes situés à proximité (Valéro, 2011). Une autre étude menée sur des forêts de laminaires *Laminaria hyperborea* exploitées montre un retour à l'état de référence relativement lent (supérieurs à 5ans) (Christie H et al, 1998). Cette étude indique que les laminaires ont une taille supérieure à 1 mètre après 2-3 ans. Les auteurs confirment également l'importance des populations à proximité pour améliorer la recolonisation.

Dans le contexte du projet de parc éolien, les laminaires seront détruites sur une petite surface (moins de 1% pour l'habitat Laminaires denses), ce qui implique un éventuel retour vers un état de référence dans un laps de temps minimum de 5 ans. La présence d'autres pieds de laminaires situées à proximité des zones de travaux (zone Nord-Ouest du banc de Guérande (Basse Capella par exemple)) vont permettre une recolonisation plus efficace. Néanmoins, une évolution vers un milieu différent (dominance de *Saccorhiza polyschides*, autres algues brunes ou rouges et faune associée) est également possible. *Saccorhiza polyschides* est déjà présente sur le site d'étude mais a été observée en faible nombre en 2013. Des processus de compétition seront donc possibles et sont souvent observés notamment entre *Saccorhiza polyschides* et *Laminaria hyperborea*. La destruction d'une partie de l'habitat « forêt de laminaires » ouvrirait des brèches que l'espèce annuelle, la laminaire : *Saccorhiza polyschides*, pourrait exploiter grâce à ses capacités accrues de dispersion et de recrutement suivie d'une croissance rapide. Par la suite, l'espèce pérenne : *Laminaria hyperborea*, a priori meilleure compétitrice, remplacerait *Saccorhiza polyschides* et fermerait les brèches (Valéro, 2011).

Conclusions

Les Laminaires sont un élément important de l'environnement littoral. Les espèces montrent une adaptation aux conditions parfois extrêmes du milieu. Cette diversité exceptionnelle fait que les zones à laminaires représentent pour les zones côtières tempérées à froides une valeur patrimoniale équivalente à celle des mangroves ou des récifs coralliens (Leclerc, 2013).

En termes de recolonisation et de dynamique de population, de nombreuses études soulignent que les cycles de vie sont très différents entre espèces et qu'ils varient aussi au sein d'une espèce le long de son aire de

distribution. Les études et suivis doivent donc impérativement tenir compte, non seulement de ces fortes différences entre espèces, mais aussi de la variabilité spatiale intra spécifique (inter populations). La prise en compte des facteurs environnementaux est également indispensable.

i.i.i) Principe de recolonisation vers un autre habitat

En fonction du type de travaux, des matériaux déposés autour des zones de travaux, au niveau des câbles (mise en place de protection extérieure, enrochement, galets et cailloutis, etc.), la recolonisation pourra se faire mais vers une autre trajectoire, c'est-à-dire vers une structure et une dynamique différentes de celle d'origine.

Ainsi, si lors des travaux les résidus de forages seront laissés sur place, le milieu pourrait être recolonisé par les espèces inféodées aux sables grossiers, graviers ou galet, la taille des résidus étant comprise entre 1mm au minimum et environ 130 mm au maximum.

La colonisation sera fonction des habitats situés à proximité, du milieu physique et du potentiel de diffusion ou de migration des espèces.

Pour exemple, les pieux, les structures portantes des éoliennes mais aussi des protections des câbles constitueront un support dur favorable à la recolonisation. Cet effet est qualifié d'effet « récif » (MEDDE, 2012).

La colonisation des ouvrages dépendra des matériaux utilisés, de leur rugosité ou complexité structurelle. Par exemple, la présence ou non de protection de fondations tels que les blocs béton ou des enrochements aura des répercussions sur la recolonisation de la flore et de la faune. Dans le cas du projet, les fondations de la structure et les câbles seront protégés par la mise en place d'une protection extérieure.

De plus, la présence des habitats et communautés benthiques environnantes sera également déterminante pour cette recolonisation (Nord-Ouest du banc de Guérande, Plateau du Four, Plateau de la Banche). Sur le parc éolien en mer, les substrats durs sont majoritairement représentés et offrent ainsi les conditions favorables à une recolonisation rapide.

Les suivis déjà réalisés sur les parc éoliens en mer (Wihelmsen et *al.*, in MEDDE, 2012, Degraer et *al.*, 2012a,b) montrent que les structures sont colonisées par deux types d'assemblages :

- Dominances de bernacles et de *Mytilus edulis*,
- Dominances d'anémones, d'hydroïdes et de Tuniciers.

La capacité de recolonisation sera, par ailleurs, fonction des peintures antifouling (ou équivalent) susceptibles d'être utilisées.

3.1.2 Altération de la qualité du milieu marin

3.1.2.1 Effets de l'altération du milieu sur les habitats

Les travaux nécessaires à la pose des structures (pieux, câbles, poste de livraison) sont susceptibles de remettre en suspension des matériaux y compris des matériaux de forage (cf. §B).

Les effets pourront être la détérioration des habitats en raison de l'extension du panache turbide et de la modification de la nature sédimentaire des fonds induite mais aussi de la masse d'eau concernée.

Les impacts sont susceptibles d'être plus importants pour les espèces sensibles à l'augmentation de la turbidité comme les laminaires et en particulier les espèces pérennes comme *Laminaria hyperborea* qui peuvent alors être remplacées par des espèces opportunistes annuelles comme *Saccorhiza polyschides* (Derrien et al., 2009). En effet, la modification de la structure des communautés algales et des forêts de laminaires peut être mise en lien avec la température de l'eau et la turbidité (Derrien-Courtel, Grall, 2013). Le manque de lumière à l'immersion et une mauvaise adaptation aux conditions locales pourraient être la cause de la disparition des laminaires dans certains sites, où la turbidité des eaux aurait fortement augmenté ces dernières années. En effet, la quantité de lumière reçue doit rester suffisamment importante pour permettre aux laminaires d'assurer sa photosynthèse.

Les zones les plus sensibles sont présentes au niveau des sites d'implantation situés au nord-ouest du parc éolien où l'espèce dominante est *Laminaria hyperborea*.

3.1.2.2 Extension du panache turbide

- Modélisation

Dans le cas du projet, la modification des conditions hydrodynamiques (houles et courants) et l'extension du panache turbide (en phase travaux) ont fait l'objet d'étude hydrosédimentaire (ARTELIA, 2013).

Le modèle utilisé, pour les courants et le panache turbide est Telemac-2D (ARTELIA).

Les paramètres utilisés pour modéliser l'extension du panache turbide sont les suivants :

- étude de la turbidité générée par la fraction granulométrique D50 = 100 µm soit les sables fins, pour un débit de rejet de 1m³/h,
- une durée de 5 jours de travaux de forage avec rejets centrés sur une marée de coefficient 95,
- une modélisation effectuée sur une durée de 6 jours supplémentaires après les travaux de forage,
- une modélisation effectuée dans les conditions de marée de vives eaux (Coefficient 95), heure/par heure.

- Evaluation des impacts

Concernant l'extension du panache turbide, les simulations ont été faites pour les travaux sur les emplacements des éoliennes GO1 (située au nord-ouest du parc) et C07 (située au milieu du parc), emplacements correspondant à deux potentiels ateliers de forage réalisés en simultané (approche maximaliste).

Les résultats peuvent néanmoins être équivalents voire inférieurs, les calculs ayant été effectués pour les conditions de travaux susceptibles d'avoir un impact « maximal ».

Ainsi, les valeurs maximales de Matières En Suspension (MES) sont les plus fortes au droit immédiat et à quelques mètres du point de rejet mais redescendent très rapidement en dessous de 0,5 m/l. Ces concentrations générées lors de la phase travaux sont bien inférieures aux épisodes de moyenne ou de forte agitation sur la zone et en période d'expulsion du panache turbide de l'estuaire de la Loire.

Il peut donc être conclu à un impact nul des travaux en phase chantier sur la turbidité du milieu (Artelia, VP, 2013).

Aussi, les impacts liés à la remise en suspension des matériaux lors de la phase travaux sont considérés comme négligeables concernant les habitats et espèces associées.

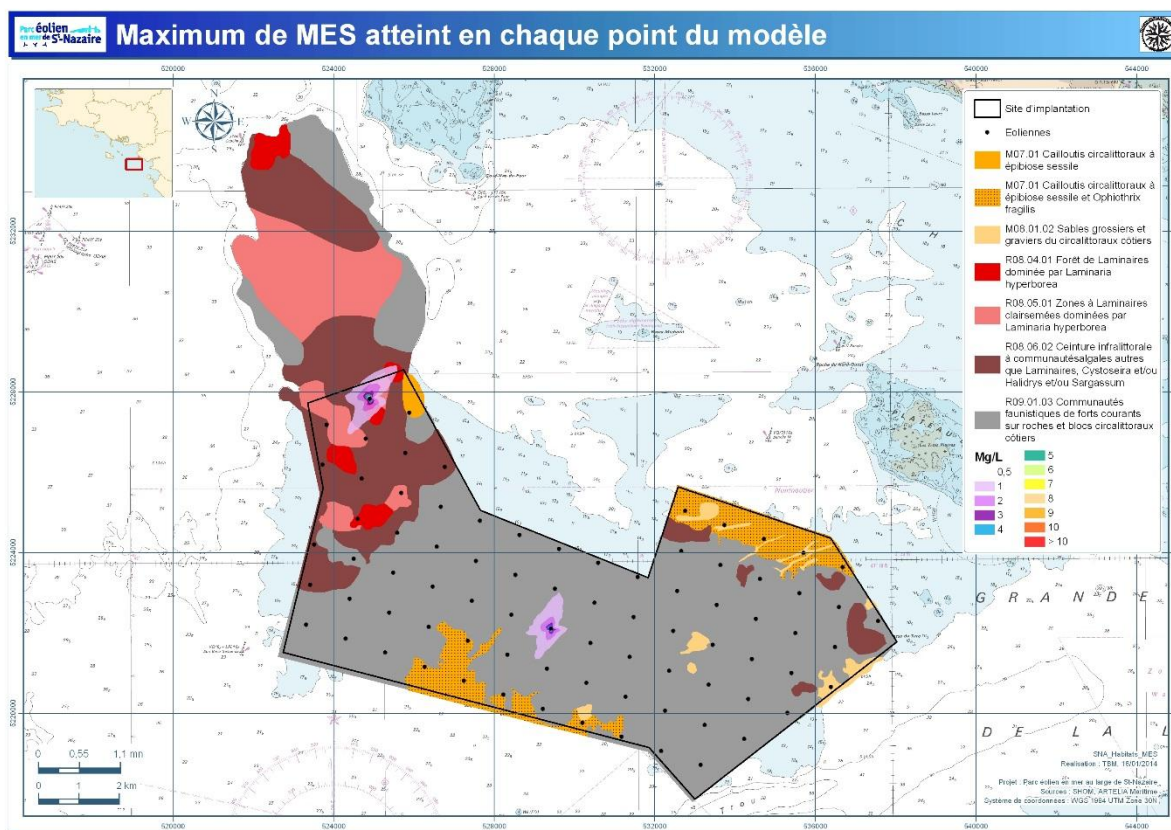


Figure 90 : Matière en suspension (Données ARTELIA, 2013)

3.1.2.3 Qualité du milieu

Les sédiments situés sur le Banc de Guérande et à proximité ont fait l'objet d'analyses physico-chimiques. Comme précisé à l'état initial, les sédiments présentent des taux de matière organique faibles (indice de Pollution Organique faible) et des scores de risque négligeables (métaux et PCB) (sur le banc de Guérande). Les concentrations des éléments métalliques et organiques sont en dessous des seuils réglementaires.

Ainsi, les impacts liés aux risques de contamination du milieu marin et donc des habitats en phase travaux seront temporaires, nulles à négligeables.

3.2 Analyse des effets et évaluation des impacts : phase exploitation

3.2.1 Effets et impacts liés aux variations et/ou modifications des courants et effets d'affouillement

Comme déjà précisé, la modification des conditions hydrodynamiques (houles et courants) en phase exploitation, a fait l'objet d'une modélisation (ARTELIA, 2013) : l'un représentant la situation actuelle (Banc de Guérande vierge de tout aménagement), le second représentant la situation aménagée. Le banc de Guérande va accueillir un parc de 80 éoliennes de fondation de type monopieu de diamètre égal à 7m.

Les deux modèles ont reproduit la même période : du 15 septembre au 21 septembre 2009. Cette période présente, en effet, une large gamme de coefficient de marée et de mesures de courant *in situ*.

Une modification de la masse d'eau et en particulier une modification des courants mais aussi les effets d'affouillement sont susceptibles de modifier les conditions d'équilibre de l'écosystème et des habitats benthiques :

- pour les milieux rocheux : modification des structures faunistiques et algales,
- pour les milieux meubles : modification de la nature des fonds et donc des habitats.

3.2.1.1 Courants

Ces modifications locales des conditions hydrodynamiques induisent des modifications locales des contraintes de cisaillement sur le fond et conduisent à la mobilisation des sédiments qui sont alors transportés par les houles et courants.

Les résultats des études menées permettent de préciser que les impacts du champ d'éoliennes sur l'hydrodynamisme concernent les courants uniquement. La variation du niveau d'eau au cours de la simulation est identique dans les configurations actuelle et aménagée, ainsi que les directions des courants (ARTELIA, 2013).

D'après l'analyse des différentielles heures par heure réalisées pour la marée de coefficient 93, il apparaît que les impacts sur les courants sont les plus forts lorsque les vitesses d'écoulement sont les plus fortes. L'impact est donc plus important aux pics d'intensité des courants et pour les marées de plus fort coefficient. La carte page suivante illustre les modifications de courants induites.

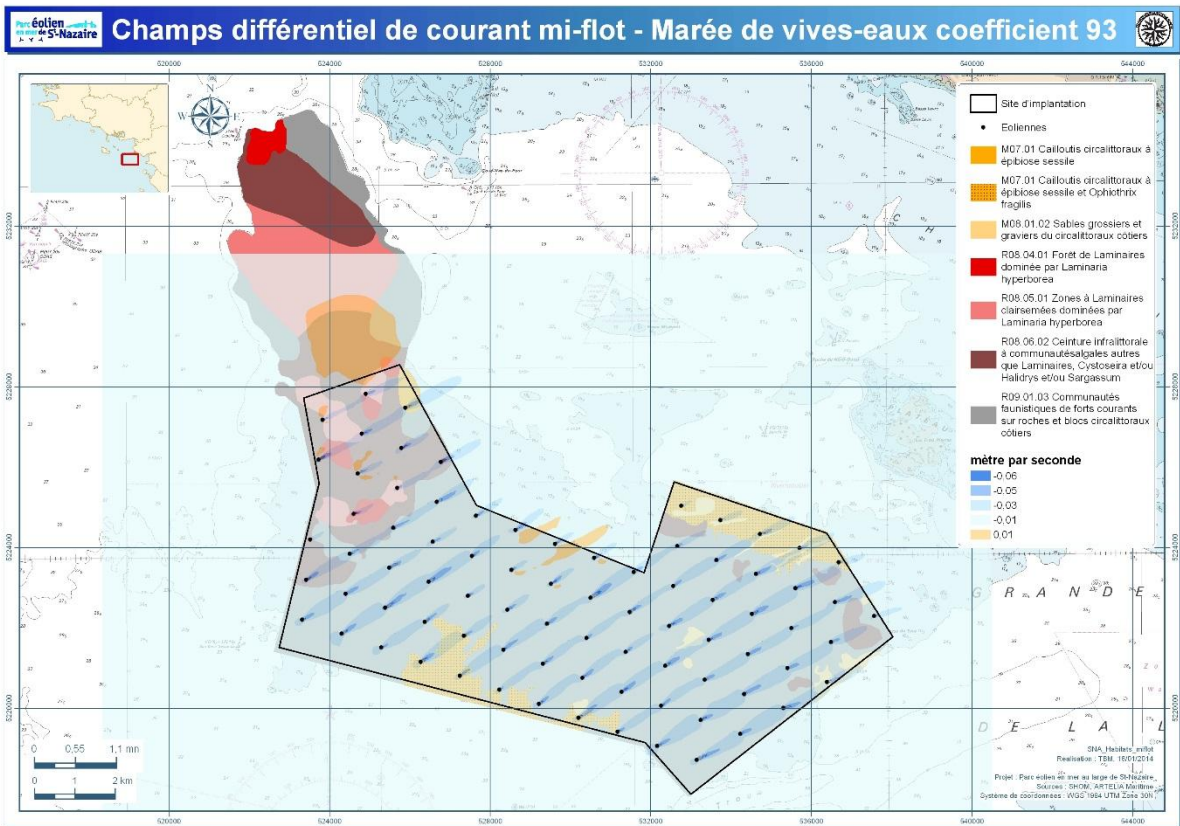
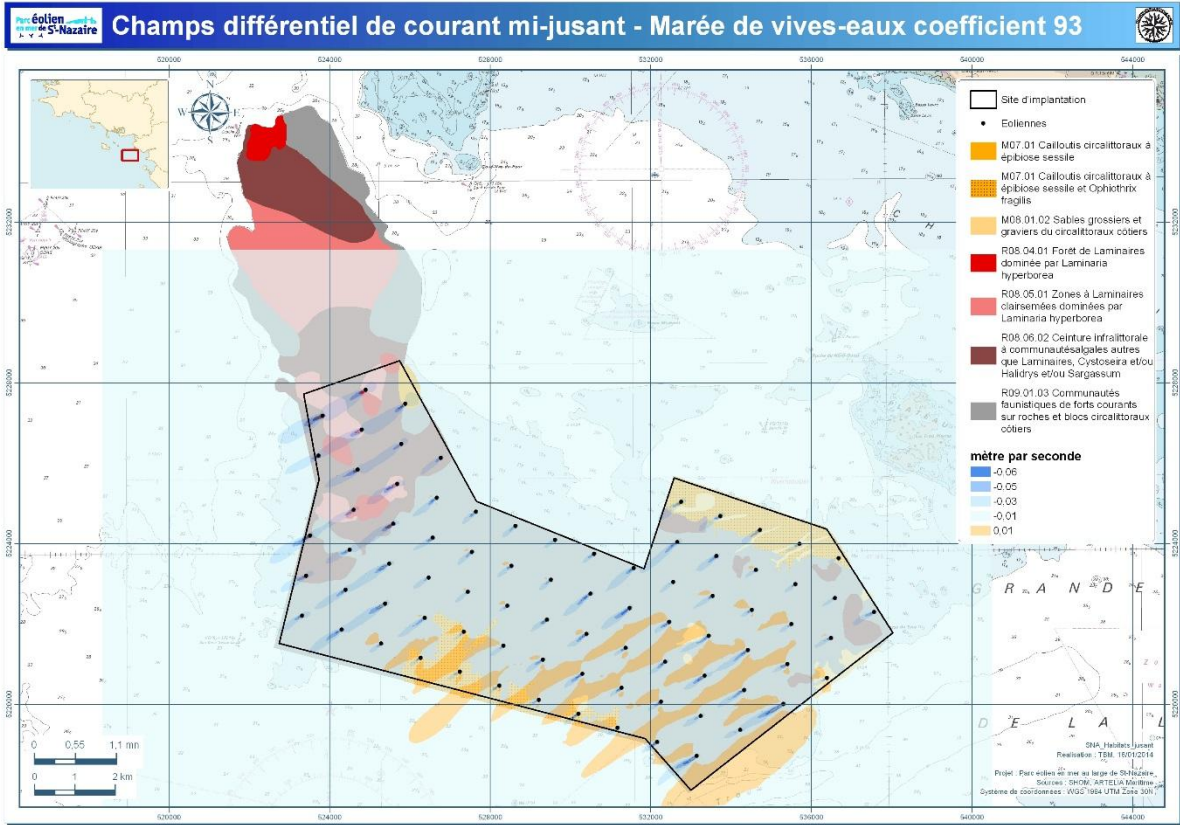


Figure 91 : Champs différentiels de courant (Données ARTELIA, 2013)

Dans la zone du parc, les écarts relatifs des vitesses de courants de flot et de jusant sur trois points P1, P3 et P4 ont été étudiés (figure 87).

En chacun de ces trois points, la vitesse aux pics de flot et de jusant est réduite dans la configuration aménagée :

- Au point P1, l'impact des éoliennes est le plus important au jusant (réduction de 0,026 m pour la marée de coefficient 93 soit une réduction de 5,28 %)
- Au point P3, la réduction de vitesse est du même ordre de grandeur au flot et au jusant, de l'ordre de 0,018 m pour une marée de coefficient 93 soit une réduction d'environ 4%).
- Au point P4, la réduction de vitesse est au contraire plus importante au flot (- 0,024 m pour la marée de coefficient 93 soit -5,12%).

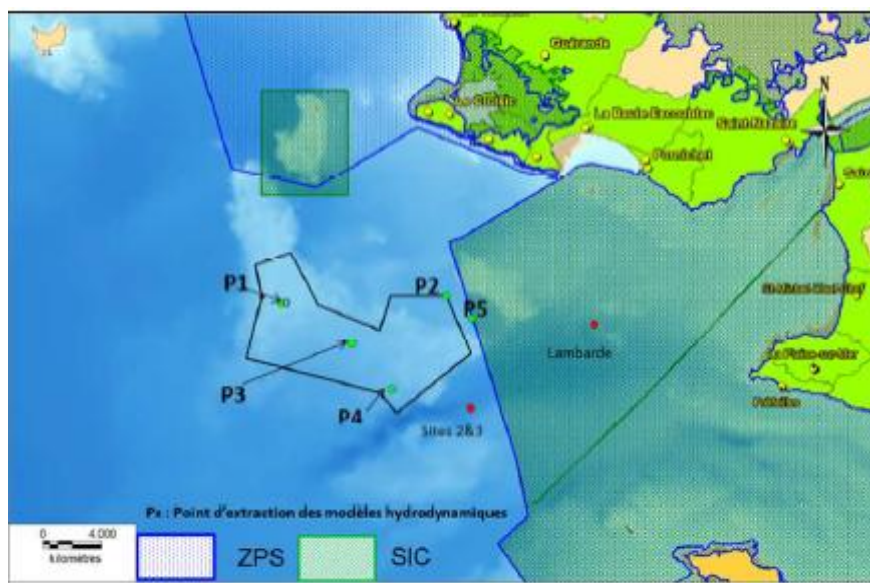


Figure 92: Localisation des points d'extraction des séries temporelles (ARTELIA, VP 2013)

Hors du parc, les écarts relatifs des vitesses de courant aux pics de flots et de jusant sur deux points P2 et P5 (figure 86) ont été étudiés.

Ainsi au point P2, les vitesses ne varient pas de +/- 0,001 m/s, soit moins de 0,5% de la vitesse initiale pour les marées de coefficient 97 et 73 et moins de 1,0% pour une marée de coefficient 43.

Au point P5, les vitesses ne sont pas réduites de plus de 0,004 m/s pour les marées de coefficients 93 et 73, ce qui correspond à 1,05% et 1,34 % de la vitesse initiale.

L'analyse des impacts issue du modèle, à l'échelle du parc, montre que les impacts restent très localisés dans le parc éolien et aux abords immédiats des turbines. En dehors de la zone du parc, les effets sont négligeables.

Aux regards des conditions hydrodynamiques locales (courant fort et forte turbidité), la réduction des courants dans l'emprise du parc aura un impact négligeable sur les habitats benthiques (milieu rocheux et meubles).

3.2.1.2 Effets d'affouillement

Le processus d'affouillement en pied d'une structure immergée correspond à une modification locale des contraintes hydrodynamiques :

- Accélération de l'écoulement à proximité de l'obstacle du fait de la convergence des lignes de courant.
- Modification des conditions de houle (selon les phénomènes de diffraction et de réfraction).
- Accroissement de l'énergie turbulente de l'écoulement, due à la génération de tourbillons à proximité de la structure.

Pour s'affranchir de ce phénomène, des protections anti-affouillement seront installées. En effet, dans le cadre du projet, cinq protections seront installées. Ainsi, les impacts liés à l'affouillement seront très localisés dans un périmètre réduit. Les dimensions des fosses d'affouillement seront au maximum de 56 m de rayon autour de la pile (ARTELIA, 2013). Les conditions d'affouillement et les modifications sédimentaires induites (fosses, dunes, queue de comète) seront fonction de l'épaisseur des sédiments érodables connue et de leurs caractéristiques physiques (cohésion, etc.). L'épaisseur sédimentaire sur le site est très faible.

Cet impact sera où les protections sont présentes négligeable et sera local et permanent quand les protections sont absentes.

3.2.2 Effets des variations thermiques et des champs magnétiques

3.2.2.1 Variations thermiques

Le transport de l'électricité produite par les câbles peut entraîner des hausses de température aux abords des câbles et des machines.

Une certaine part de l'énergie transportée par le câble est perdue sous forme de dégagement de chaleur, ce qui entraîne une augmentation de température à la surface du câble et dans son environnement immédiat.

Les facteurs déterminant le degré d'élévation de la température autour du câble sont le type de câble, le niveau de transmission, les caractéristiques du sédiment, la profondeur d'enfouissement, et les conditions ambiantes. On considère également que la dissipation de chaleur est plus importante dans le cas de transport de courant alternatif (OSPAR, 2008, in CETMEF, 2010).

A titre indicatif, une augmentation maximale de 2,5°C a été mesurée à proximité directe d'un câble électrique de 132 kV et un seuil maximal d'élévation de température des sédiments de 2°C à 20 cm de profondeur est fixé en Allemagne (OSPAR, 2008, in CETMEF 2010).

Le Connecticut Siting Council (CSC, 2001) a examiné l'effet de la chaleur rayonnant des câbles ensouillés dans le fond marin dans le cadre du projet « Cross Sound Cable Interconnector », un système de câbles à haute tension en courant continu ensouillé entre la Nouvelle Angleterre et Long Island à New York. Le CSC a estimé que l'augmentation de la température au niveau du fond marin immédiatement au-dessus du câble était de 0,19

°C alors que l'augmentation correspondante de la température de l'eau était de 0,000006 °C. L'échauffement potentiel est donc considéré comme impossible à détecter par rapport aux fluctuations naturelles dans les sédiments environnants.

Les suivis des communautés benthiques en lien avec l'augmentation de chaleur de part et d'autre de câbles électriques sont rares, et les impacts de tels effets sur ces communautés sont donc difficiles à évaluer.

Il est néanmoins admis que de nombreux organismes marins réagissent à de très faibles augmentations de température ambiante de l'ordre des variations pouvant être constatées à proximité d'un câble électrique sous-marin.

On peut ainsi s'attendre à ce que l'augmentation de température autour des câbles sous-marins puisse induire des changements sur la composition de la faune et de la flore benthiques en agissant sur la physiologie, la reproduction, la mortalité, et la migration de certaines espèces.

En outre, des perturbations indirectes de la faune benthique peuvent également être attendues, en lien avec l'effet des augmentations de température sur les équilibres physico-chimiques et bactériologiques du compartiment sédimentaire (OSPAR, 2008).

Cet impact sera néanmoins localisé à proximité immédiate du câble. La surface d'habitats concernés sera faible. L'impact lié aux variations thermique pourra être considéré comme faible.

3.2.2.2 Champs magnétiques

Les connaissances actuelles indiquent une sensibilité aux champs électromagnétiques pour au moins trois catégories d'espèces (mollusques, arthropodes et échinodermes). La magnétosensibilité des invertébrés serait ainsi susceptible d'être inférieure à 100 nT (Kirschvink and Gould, 1981 ; Lohmann and Lohmann 1996b ; Walker et al. 1984, in Normandeau associates, 2011) tandis que leur sensibilité aux champs électriques serait perceptible pour des gammes de 3 à 20 mV/cm (Steullet et al. 2007, in Normandeau associates, 2011).

Les observations d'impacts sur les invertébrés restent enfin assez peu développées. Les impacts potentiels seraient à déterminer à partir de la sensibilité de l'espèce à ces champs et des fonctions vitales que supportent son système électro ou magnéto sensoriel. Les suivis existants semblent indiquer une sensibilité globalement faible mais ces conclusions méritent d'être approfondies par une recherche plus adaptée à l'évaluation des impacts de l'électromagnétisme.

Alors qu'aucun suivi ciblé n'a été spécifiquement effectué pour déterminer si la présence de câbles électriques sous-marins et de champs magnétiques associés affectait les répartitions de crustacés et de mollusques, les surveillances effectuées pour répondre à d'autres objectifs relatifs aux parcs éoliens en mer n'ont pas montré l'existence d'un tel effet. Il existe donc des incertitudes quant à l'importance de cet impact potentiel (Berr, 2008).

3.2.3 Effets de la présence physique des installations

Lors d'analyse des impacts pendant la phase travaux (chapitre précédent), il a été détaillé les principes de restauration des habitats et de recolonisation des structures par un habitat. L'effet « récifs » induits par la présence de la présence des structures a donc déjà été développé.

3.2.4 Effets des opérations de maintenance

Les opérations de maintenances peuvent comporter des risques pour les habitats :

- Remaniement des fonds. Cet impact est nul puisque les engins nautiques utilisés pour la maintenance ne seront pas ancrés.
- Risque de pollutions accidentelles sur les engins nautiques, par les produits ou fluides utilisés pour la maintenance, par des fuites d'huiles sur les structures elles-mêmes. Le caractère accidentel ne permet pas la qualification ou la quantification de l'impact.

Le tableau 21 récapitule les impacts sur les différents habitats. Ils sont jugés de négligeables lors de la phase d'exploitation.

Tableau 21 : Synthèse des impacts sur la zone projet lors de la phase d'exploitation

Habitats	Enjeux (état initial)	Impacts lors de la phase d'exploitation
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	Négligeable	Négligeable
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	Négligeable	Négligeable
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	Négligeable
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	Négligeable
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	Moyen	Négligeable
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	Moyen	Négligeable

3.3 Analyse des effets : phase de démantèlement

Lors de la phase de démantèlement, la même analyse que celle faite précédemment peut être reprise (Phase travaux). En effet, les impacts vont concerner les habitats, la qualité du milieu et la turbidité.

Toutes les structures devront être enlevées. Le retrait des câbles va imposer la destruction des protections extérieures créées. Cette phase peut induire des impacts faibles si la roche mère est détruite et si des galets sont « créés » à la place de la roche mère et des gros blocs. Ceci aura un impact sur la recolonisation dont celle des laminaires qui pourra être empêchée. De plus, la turbidité peut localement être augmentée en fonction du processus choisi.

Lors du retrait des pieux des trous de 20 mètres de profondeur et d'un diamètre de 7 mètres vont subsister. Si les trous sont laissés tels quel, ils se combleront progressivement avec les apports sédimentaires locaux. Ils peuvent aussi servir de « refuge » pour certaines espèces. Néanmoins, au niveau de ces trous, il est peu envisageable d'obtenir une recolonisation par les laminaires. La turbidité peut localement être augmentée en fonction du processus choisi.

Le tableau 22 récapitule les impacts sur les différents habitats lors de la phase d'exploitation. Ils sont jugés de faibles pour les zones à laminaires et de négligeables pour les autres habitats.

Tableau 22 : Impacts sur la zone projet lors de la phase de démantèlement

Habitats	Enjeux (état initial)	Impacts directs et permanents
M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile	Négligeable	Négligeable
M08.01.02 Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers	Négligeable	Négligeable
R08.04.01 Forêt de Laminaires dominée par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	Faible
R08.05.01 Zones à Laminaires clairsemées dominées par <i>Laminaria hyperborea</i>	Fort	Faible
R08.06.02 Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	Moyen	Négligeable
R09.01.03 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	Moyen	Négligeable

4 Mesures de suivis (travaux et phase exploitation)

4.1.1 Mesures de suivis des habitats et de la qualité du milieu

Les changements globaux modifient la distribution des espèces et la structure des populations, notamment en décalant la localisation des optima environnementaux (augmentation de la température, différence de salinité, etc.). Ainsi, réaliser un suivi préalable sur plusieurs années serait intéressant pour apprécier la variabilité naturelle des habitats et notamment ceux à laminaires. En effet, l'année 2013 serait une année différente des précédentes (Derrien-Courtel, com. pers., ELV, 2013) notamment sur le recrutement des laminaires.

Ainsi plusieurs types de suivis peuvent être envisagés. Premièrement, l'étude des variations annuelles serait très intéressante pour renforcer les données disponibles pour l'état initial. Grâce à ces compléments, les variations temporelles des habitats à enjeux moyens et forts seront bien appréhendées.

Deuxièmement le suivi de l'effet de l'affouillement doit être absolument étudié. En effet, il a été démontré que les modifications hydrodynamiques à proximité des pieux peuvent modifier les communautés faunistiques présentes initialement (Coates et al, 2011). Par conséquent, cet effet doit être suivi avec un protocole adapté comme celui illustré sur la figure 88. Lors de ces expériences en Mer du Nord, des transects de stations sont échantillonnées. Elles sont disposées en fonction des courants et placés à 1, 7, 15, 25, 50, 100 et 200 mètres du pieu. L'objectif est de voir les modifications induites par la présence du pieu sur les communautés benthiques.

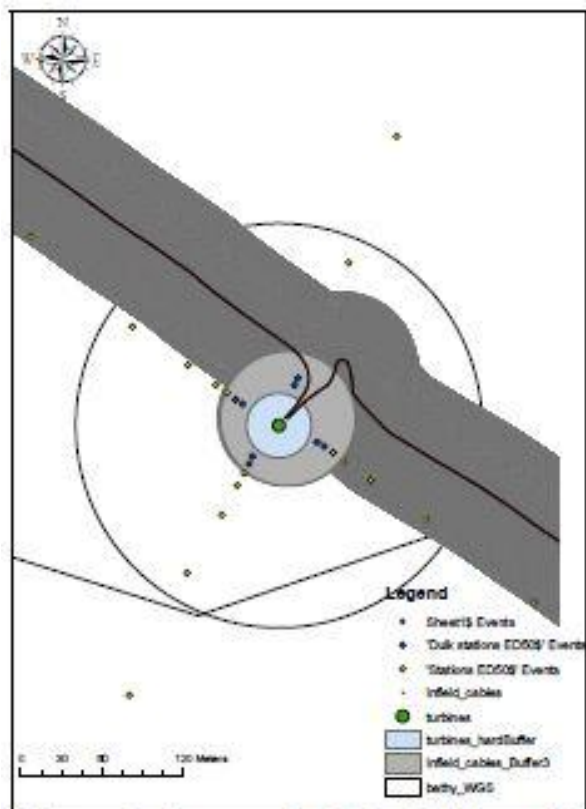


Figure 93 : Protocole de suivi mis en place en Mer du Nord (Coates et al., 2011)

Enfin, un suivi des structures peuvent être envisagés. En effet, les pieux et les câbles vont servir de support pour un certain nombre d'espèce. Cet effet « récif » peut être important et peut modifier le fonctionnement de l'écosystème initialement en place. La figure 89 illustre la colonisation d'un pieu en Mer du Nord.



Figure 94 : Colonisation d'un pieu en Mer du Nord (Degraer et al., 2012)

Les stations de références inventoriées lors de l'état initial seront à revisiter juste avant le lancement de la phase travaux. Les inventaires concerneront la flore et la faune mais également la topologie du fond. En effet, la disposition des blocs et des galets sur le fond sont le résultat d'une longue évolution. Ainsi toute modification de cet équilibre va provoquer de nouveaux réarrangements. Ce nouvel état d'équilibre est à étudier pour voir s'il est favorable à l'installation d'un champ algale stabilisé par exemple.

Enfin, un suivi de plusieurs paramètres environnementaux (salinité, température, turbidité, chlorophylle) serait un plus car ces paramètres peuvent influencer sur les changements des habitats et des espèces. Ainsi, il sera pertinent de pouvoir dissocier les causes des changements observés. En effet, elles peuvent être provoquées par 1) des changements naturels dans la zone d'étude, 2) d'autres perturbations anthropiques ou par 3) l'installation du parc éolien.

Ces suivis pourront être complétés par les analyses paramètres physico-chimiques (Cf. Dossier Loi sur l'Eau : qualité de l'eau, suivi du panache turbide).

De la même manière, un suivi de la recolonisation pourra est envisagé après la phase de démantèlement.

4.1.2 Mesures prises en cas de pollution accidentelles

L'ensemble des mesures sera prise pour limiter ce risque de contamination du milieu (toxicité) : kit antipollution pour les navires, utilisations d'huiles ou autres fluides biodégradables. En outre, des mesures de prévention doivent être mises en place si un accident devait arriver malgré les précautions prises.

5 Réserve

Ce rapport présente les effets et impacts du projet sur les habitats et les communautés benthiques. A ce titre, il prend en compte les éléments relatifs à la qualité du milieu (eau/sédiments) et les impacts du projet sur ces mêmes compartiments.

Dans ce rapport, l'analyse (phase exploitation, travaux et mesures) est faite sans ces éléments qui seront intégrés ou développés dans le dossier Loi sur l'Eau et l'étude d'impact : Impacts (ou incidences) sur le milieu aquatique, mesures ERC et mesures de surveillance pendant la phase travaux (Pièce 5 du DLE).

Il conviendra donc de mettre en cohérence ces différents éléments : qualité de l'eau, mesures, peintures antisalissures, huiles et autres produits utilisés, procédures en cas de pollution accidentelles, Plan Environnement mis en œuvre, etc.

6 Bibliographie

6.1 Etat initial

Bajjouk, T., Derrien, S., Gentil, F., Hily, C., Grall, J., 2010. Typologie d'habitats marins benthiques : analyses de l'existant et propositions pour la cartographie. Habitats côtiers de la région Bretagne-Note de synthèse n°2, Habitats du circalittoral. IFREMER. 39 pp.

Bajjouk, T., 2009. Cahier des charges pour la cartographie d'habitats des sites Natura 2000 littoraux. Guide méthodologique. IFREMER. 115 pp.

Borja, A., Franco, J., Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin* 40: 1100-1114.

Cabioch, L., 1968.. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques de la Manche Occidentale. Université Pierre & Marie Curie, Paris.

CAHIERS D'HABITATS NATURA 2000 – 2004.- *Habitats côtiers*. La Documentation française. 399 pp.

Chassé, C., Glémarec, M., 1976. Principes généraux de la classification des fonds pour la cartographie biosédimentaire. *J. Rech. Océanogr*, 1:1-12.

Clarke, K.R., Warwick, R.M., 2001. Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Plymouth Marine Laboratory, Plymouth, UK.

Costello, M. J., Emblow, C., White, R., 2001. European Register of Marine Species. A check-list of the marine species in Europe and a bibliography of guides of their identification, 463 pp.

Cogan, C.B., Todd, B.J., Lawton, P., Noji, T.T., 2009. The role of marine habitat mapping in ecosystem-based management. *ICES J Mar Sci*, 66, 2033-2042.

Commission Européenne, 1999.- Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne. EUR15/2. 132 pp.

Davies, C.E., Moss, D., Hill, M.O., 2004. EUNIS Habitat Classification Revised 2004. Report to the European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity, Paris for European Environment Agency, Copenhagen. October 2004. 307 pp. (<http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>).

European Commission, 2007a.- Interpretation manual of European Union Habitats. EUR 27.144 pp.

European Commission, 2007b.- Guidelines for the establishment of the Natura 2000 network in the marine environment. Application of the Habitats and Birds Directives. 112 pp.

EUSeaMap 2010.- Preparatory action for development and assessment of a European broad scale seabed habitat map. EC Contract MARE/2008/07 (JNCC Eds). 223 pp.

Folk, R.L., Ward, W.C., 1957. Brazos River Bar: A study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary and Petrology* 27: 3-26.

Gentil 1976

Gentil, F., 1976. Distribution des peuplements benthiques en baie de Seine. Thèse de Doctorat, Université de Paris VI, Paris.

Glémarec, M., 2003. Les indices biotiques en milieu sédimentaire. In *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*. Alzieu C. (coord.) Editions Ifremer : pp. 31-50

Glémarec, M., 1969. Les peuplements benthiques du plateau continental Nord-Gascogne. Thèse de doctorat d'État, Sciences Naturelles, Faculté des sciences de Paris, Brest, 167 pp.

Grall, J., Coïc, N., 2006. Synthèse des méthodes d'évaluation de la qualité du benthos en milieu côtier. Editions Ifremer.

Grall, J., Glémarec, M., 2003. L'indice d'évaluation de l'endofaune côtière I2EC. In *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion* Alzieu C. (coord.). Editions Ifremer : pp. 51-86.

Grall, J., Glémarec, M., 1997. Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the bay of Brest. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44(Supplement A), 43-53.

Gray, J. S., McIntyre, A. D., Stirn, J., 1992. Manuel des méthodes de recherche sur l'environnement aquatique. Onzième partie. Evaluation biologique de la pollution marine, eu égard en particulier au benthos. *FAO Document technique sur les pêches*, N° 324, 53.

Guillaumont, B., Bajjouk, T., Rollet, C., Hily, C. et Gentil, F., 2008. Typologie d'habitats marins benthiques : analyse de l'existant et propositions pour la cartographie (habitats côtiers de la région Bretagne) – Note de synthèse, Projets Rebent-Bretagne et Natura-Bretagne. IFREMER.

ICES, 2006.- Report of the Working Group on Marine Habitat Mapping (WGMHM), 4–7 April, 2006, Galway, Ireland, ICES CM 2006/MHC:05, Ref. FTC, ACE 136 pp.

Michez et al., Typologie des habitats marins benthiques français de Manche, de Mer du Nord et d'Atlantique. Version 1. Rapport SPN 2013-9, MNHN, Paris, 32 pages.

Pearson, T., Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 16: 229-311.

OSPAR, 2008.- List of threatened and/or declining species and habitats (2008). Reference number OSPAR 2008-07.

PROJET Mapping European Seabed Habitats (MESH), 2008.– Guide de cartographie des habitats marins. IFREMER.

Retière, C., 1979. Contribution à la connaissance des peuplements benthiques du Golfe Normanno-Breton. Thèse d'état, Université de Rennes, Rennes.

Schaal G., Riera P., Leroux C., 2011. Food web structure within kelp holdfasts (*Laminaria*): a stable isotope study. *Marine Ecology*, DOI: 10.1111/j.1439-0485.2011.00487.x

Trigui, R.J., 2009. Influence des facteurs environnementaux et anthropiques sur la structure et le fonctionnement des peuplements benthiques du Golfe Normanno-Breton. Thèse de doctorat d'Océanologie Biologique, Muséum National d'Histoire Naturelle.

Typologie EUNIS version 102004 (European Environment Agency), 2004. 310 pp.

Typologie EUNIS version 2008.

6.2 Impacts/mesures

Artelia, 2013. Parc éolien du Banc de Guérande Lot : Hydrodynamisme – Hydrosédimentaire , Société Parc du banc de Guérande, 90 p et annexes.

Christie, H et al, , 1998. Regrowth of kelp and colonization of epiphyte and fauna community after kelp trawling at the coast of Norway. *Hydrobiologia*, 375-376, 49-58.

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., 2012a. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. Heading for an understanding of environmental impacts. 168 pages.

Degraer, S., Brabant, R., Rumes, B., 2012b. Offshore wind farms in the Belgian part of the North Sea. Selected findings from the baseline and targeted monitoring. 168 pages.

Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., Grall, J., 2013. Regional-scale analysis of subtidal rocky shore community. *Helgoland Marine Research*, Volume 67, Issue4, p.713.

Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., 2009. Fiche de synthèse d'habitat "Laminaires", IFREMER-DREAL Bretagne.

ELV, 2013. Prospection du banc de Guérande –Campagne ELV 2013.

Leclerc, J-C., 2013. Biodiversité, structure et fonctionnement trophique des communautés associées à *Laminaria hyperborea* en conditions naturelles et exploitées en Bretagne. Thèse de doctorat, 274p.

Lozach S, 2011. Habitats benthiques marins du bassin oriental de la Manche : Enjeux écologiques dans le contexte d'extraction de granulats marins. Thèse de doctorat, 308p.

Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'Energie, Energies marines renouvelables – Etude méthodologique des impacts environnementaux et socio-économiques, version 2012, 342 p. et annexes.

Valéro, M., 2011. ECOKELP : Dynamics of kepl forest biodiversity in northern and southern hemispheres : ecological, social and economic aspects. Projet ANR-06-BDIV-012. Rapport d'activité.

7 Figures et tableaux

Liste des figures

Figure 1 : Périmètre d'étude	5
Figure 2: Tzigane 2	5
Figure 2 : Caméra sous-marine. (Cliché TBM).....	6
Figure 4 : Drague Rallier du Baty (Cliché TBM) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)	7
Figure 3 : Table de tri (Cliché TBM)	7
Figure 4 : Benne Smith Mc-Intyre et benne Hamon (Cliché TBM)	8
Figure 5 : Protocole entrepris sur chaque station	11
Figure 6 : Quadrat, suceuse et transect.....	12
Figure 7 : Plan d'échantillonnage inventaires vidéos sous-marines.	14
Figure 8 : Plan d'échantillonnage inventaires semi-quantitatifs (drague Rallier du Baty).	15
Figure 9 : Localisation des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre	16
Figure 10 : Localisation des stations rocheuses MNHN.	17
Figure 11 : Localisation des stations rocheuses TBM en 2013 et en 2014.	19
Figure 12 : Colonne de tamis (Cliché TBM).....	20
Figure 13 : Echantillons granulométriques à l'étuve (Cliché TBM).....	20
Figure 14 : Réplicats pour la Matière Organique (Cliché TBM)	21
Figure 17 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).	24
Figure 18 : Exemples de sédiments observés.....	28
Figure 19 : Carte des fractions sédimentaires.	29
Figure 150 : Représentation graphique des stations échantillonnées selon le diagramme de Sheppard réalisé sur la base de trois systèmes de coordonnées granulométriques : les graviers (> 2mm), les sables (0,063 – 2 mm) et les vases (< 0,063 mm). En jaune = les sables fins à moyens et en Orange = les sédiments grossiers, selon les correspondances EUNIS Niveau 13.1.2 Matière organique	30
Figure 21 : Teneurs moyennes en matière organique.....	30
Figure 162 : Exemple de stations rocheuses inventoriées à la Drague Rallier du Baty (Cliché TBM).....	31
Figure 173 : Abondance et richesse spécifique (Drague Rallier du Baty, 30 litres de sédiment, tamisage sur 10 et 5 mm)	32
Figure 24 : Abondance et richesse spécifique (Drague Rallier du Baty, 30 litres de sédiment, tamisage sur 10, 5 et 2 mm)	32
Figure 185 : Abondances pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10 et 5 mm.....	34
Figure 26 : Illustration de la station EDF_06 et de l'échinoderme <i>Ophiothrix fragilis</i> (Cliché TBM et cliché TBM-LEMAR)	35
Figure 2719 : Carte des abondances pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10, 5 et 2 mm.	36

Figure 28 20 : Carte des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10 et 5 mm.....	37
Figure 29 : Carte des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10, 5 et 2 mm.	38
Figure 210 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les mailles de 10 et 5 mm et pour les mailles de 10, 5 et 2 mm	39
Figure 221 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10 et 5 mm.....	40
Figure 232 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty sur les mailles de 10, 5 et 2 mm.....	41
Figure 243 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les mailles de 10 et 5 mm et pour les mailles de 10, 5 et 2 mm.....	42
Figure 254 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty pour les mailles de 10 et 5 mm.....	43
Figure 265 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty pour les mailles de 10, 5 et 2 mm.....	44
Figure 29 : Richesse spécifique moyenne et totale, et Abondance moyenne (nb d'individus par m ²)	47
Figure 39 : Richesse moyenne pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.....	48
Figure 40: Abondance moyenne pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.....	49
Figure 41 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance	50
Figure 302 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique	50
Figure 313 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.	51
Figure 324 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.	52
Figure 335 : CAH sur les abondances transformées en log (x + 1)	53
Figure 4634 : Analyse granulométrique	58
Figure 4735 : Carte des fractions sédimentaires.	59
Figure 48 : Groupes écologiques.....	63
Figure 36 : Groupes écologiques des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.	64
Figure 50 : Recouvrement dans les quadrats de 0.1 m ²	65
Figure 51: Richesse et abondance moyenne dans les quadrats (0,1 m ²)	66
Figure 52: Abondance moyenne pour les prélèvements à la suceuse	67
Figure 53 : Richesse spécifique moyenne pour les prélèvements à la suceuse.....	67
Figure 54 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance	68
Figure 55 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique	68
Figure 56 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la suceuse.....	69
Figure 57 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la suceuse.....	70
Figure 58: CAH sur les abondances totales des données faunistiques des prélèvements à la suceuse transformées en log (x + 1)	71

Figure 59 : Nombre de pieds de macroalgues dans les trois transects de 20 mètres.....	72
Figure 60 : Proportion pour les algues <i>Laminaria hyperborea</i> et <i>Halidrys siliquosa</i> dans les trois transects de 20 mètres	72
Figure 61: Pourcentage en groupe taxonomique en termes d'abondance dans les trois transects de 20 mètres	72
Figure 62: Nombre d'individus moyen appartenant aux échinodermes dénombré dans les transects de 20 mètres	73
Figure 63 : Pourcentage des différentes espèces d'échinodermes dénombré dans les transects de 20 mètres	74
Figure 64: Richesse et abondance moyenne dans les quadrats (0,1 m ²)	75
Figure 65 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance	75
Figure 66 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique	76
Figure 67 : Nombre de pieds de macroalgues dans les trois transects de 20 mètres.....	76
Figure 68: Proportion pour les algues <i>Laminaria hyperborea</i> et <i>Halidrys siliquosa</i> dans les trois transects de 20 mètres	77
Figure 69 : Laminaires clairsemées et forêt de laminaires.....	79
Figure 70 : Ceinture infralittorale à communautés algales autres que Laminaires, <i>Cystoseira</i> et/ou <i>Halidrys</i> et/ou <i>Sargassum</i>	80
Figure 71 Communautés faunistiques de forts courants sur roches et blocs circalittoraux côtiers	80
Figure 72: Sables grossiers et graviers du circalittoraux côtiers.....	82
Figure 73 : Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et M07.01 Cailloutis circalittoraux à épibiose sessile et <i>Ophiothrix fragilis</i>	84
Figure 74 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées en 2013.....	86
Figure 75: Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées en 2013 et carte sédimentaire	87
Figure 76 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées en 2013 et carte bathymétrique.....	88
Figure 77 : Carte des habitats benthiques 2013.....	89
Figure 78 : Répartition des groupes d'habitats de niveau 2 et 3 sur le site de projet et sur le banc de Guérande.....	90
Figure 79 : Localisation des observations des espèces déterminantes ZNIEFF de la liste 2 ...	93
Figure 80 : Localisation des observations des espèces déterminantes ZNIEFF de la liste 3 ...	94
Figure 81: Localisation des observations des espèces déterminantes ZNIEFF de la liste 5 ...	95
Figure 82: Localisation des observations des espèces déterminantes ZNIEFF de la liste B2 .	96
Figure 83 : placage de sédiments sur le banc de Guérande.....	99
Figure 84 : Carte des enjeux.....	101
Figure 85 : Cartographie de la localisation des éoliennes.....	103
Figure 86: Cartographie du réseau de câbles.	104
Figure 87 : Cartographie de l'emprise des éoliennes (diamètre du pieu = 7 mètres, surface = 38,29 m ²).	107
Figure 88: Cartographie de l'emprise du réseau de câbles (emprise de 14 mètres).	108
Figure 89: Placage de sédiments grossiers et présence de galets.....	112
Figure 90 : Matière en suspension (Données ARTELIA, 2013).....	118

Figure 91 : Champs différentiels de courant (Données ARTELIA, 2013)	120
Figure 92: Localisation des points d'extraction des séries temporelles (ARTELIA, VP 2013)	121
Figure 93 : Protocole de suivi mis en place en Mer du Nord (Coates et al., 2011)	126
Figure 94 : Colonisation d'un pieu en Mer du Nord (Degraer et al., 2012).....	127

Liste des tableaux

Tableau 1 : Pourcentage des différents groupes écologiques définissant les indices de valeur paire et l'état de santé du milieu (Grall, 2003 in Alzieu, 2003).....	25
Tableau 2: Valeurs d'AMBI et état des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000) ..	25
Tableau 3 : Médiane et indice de tri du sédiment des 10 stations en milieu sédimentaire échantillonnées à la drague Rallier du Baty.	28
Tableau 4 : Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments.....	55
Tableau 5 : Résultats des analyses physico-chimiques des sédiments.....	56
Tableau 6 : Valeurs guides des niveaux 1 et 2 pour les métaux (mg/kg de sédiment sec) retenues par la France (Arrêté du 09/08/2006).....	60
Tableau 7 : Valeurs guides des niveaux 1 et 2 pour les congénères de polychlorobiphényles (mg/kg de sédiment sec) retenues par la France (Arrêté du 09/08/2006).	60
Tableau 8 : Valeurs guides des niveaux 1 et 2 du TBT (mg/g sec) (Arrêté du 23/12/2009)....	60
Tableau 9 : Valeurs guides des niveaux 1 et 2 des HAP (mg/g sec) (Arrêté du 08/02/2013)..	61
Tableau 10 : Evaluation du risque en fonction du calcul du score de risque	62
Tableau 11 : Définition des classes ou indices de contamination pour les trois micropolluants exprimant la pollution organique (Alzieu, 2003).	62
Tableau 12 : IZEC et AMBI	63
Tableau 13 : Surfaces (ha) pour les habitats selon le niveau 2 et 3 de la typologie MNHN (Michez et al., 2013) sur le banc de Guérande et sur la zone de projet. La différence entre les deux zones est également indiquée.	91
Tableau 14 : Habitats et enjeux	100
Tableau 15 : Enjeux, surface en ha détruite sur la zone projet par les pieux et impacts.....	105
Tableau 16 : Enjeux, surface en ha détruite sur la zone projet par les câbles et impacts.....	106
Tableau 17 : Enjeux, surface en ha détruite sur la zone projet par les « jambes » des bateaux lors du forage.....	106
Tableau 18 : Surface en ha détruite par rapport à la zone projet par les pieux et protection anti-affouillement, les câbles, les « jambes » des bateaux lors du forage et la sous-station.	109
Tableau 19 : Nombre de forages par type d'habitat	110
Tableau 20 : Enjeux, surface en ha détruite sur la zone projet par les résidus de forage et impacts	111
Tableau 21 : Synthèse des impacts sur la zone projet lors de la phase d'exploitation.....	124
Tableau 22 : Impacts sur la zone projet lors de la phase de démantèlement.....	125