



Inventaire cartographique des habitats marins du site Natura 2000 Trégor Goëlo FR5300010



Mars 2012

SOMMAIRE

1. Introduction	3
2. Présentation du site Natura 2000, caractéristiques et localisation (Fiche Natura 2000, INPN)	6
3. Acquisitions et analyse des données	7
3.1 Outils et techniques mises en œuvre.....	7
3.1.1 Moyens nautiques et modes de positionnement.....	7
3.1.2 Systèmes acoustiques.....	8
3.1.3 Outils d'imagerie vidéo.....	9
3.1.4 Engins de prélèvements sédimentaires et biologiques.....	9
3.2 Stratégie d'acquisition des données.....	12
3.2.1 Stratégie	12
3.2.2 Systèmes acoustiques.....	12
3.2.3 L'échantillonnage sédimentaire	13
3.3 Analyses bathymétriques et morpho-sédimentaires	19
3.4 Analyses sédimentaires et biologiques	19
3.4.1 Granulométrie, Matière organique et données hydrologiques	19
3.4.2 Tri et détermination.....	21
3.4.3 Traitement des données.....	22
3.4.4 Typologie des Habitats	27
4. Résultats	29
4.1 Levé au sonar latéral : les principaux ensembles morpho-sédimentaires.....	29
4.2 Les principales unités de peuplements des substrats meubles.....	37
4.2.1 Caractéristiques granulométriques des stations échantillonnées	37
4.2.2 Matière organique et données hydrologiques	44
4.2.3 Stations semi-quantitatives	47
4.2.4 Stations quantitatives	57
4.2.5 Habitats inventoriés et espèces	67
5. Conclusions	101
6. Bibliographie.....	103

1. Introduction

La cartographie des habitats marins constitue un enjeu majeur pour la gestion des habitats benthiques côtiers, et plus généralement pour la définition des états de référence des écosystèmes marins (Cogan et al., 2009). Les besoins d'inventaires et de suivis de ces habitats, notamment sur les sites protégés, conduisent à mettre en place des actions à différentes échelles d'observations spatiales et temporelles. Plusieurs programmes existent aujourd'hui. On peut citer le "Mapping European Seabed Habitats (MESH) project" qui réunit depuis 2004 un ensemble de 12 partenaires provenant de Grande-Bretagne, Irlande, Pays-Bas, Belgique et France. Très récemment le programme UK SeaMap 2010 a été lancé à la suite d'un projet pilote en Mer d'Irlande, du projet UK SeaMap 2006 et du programme MESH. Ce projet doit produire des cartes des fonds marins pour les zones marines anglaises. Enfin des groupes de travail du Conseil International pour l'Exploration de la Mer (CIEM) existent et permettent d'acquérir de nouvelles connaissances sur la cartographie des habitats. Ces groupes produisent des rapports de synthèse disponibles correspondant au « ICES Working Group on Marine Habitat Mapping » (WGMHM).

Pour les côtes françaises, l'inventaire du patrimoine biologique et l'étude des fonctionnalités des habitats marins s'inscrivent dans ces démarches et sont donc deux enjeux écologiques au cœur des préoccupations scientifiques actuelles. Les directives européennes telles que la Directive Habitats (Natura 2000) ou Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin (DCSMM) ou les conventions pour les mers régionales telles la convention OSPAR en sont d'ailleurs le récent reflet. De plus, comme les pressions sont de plus en plus grandes sur nos zones côtières mais également sur les zones du large, la mise en place de méthodes et de technologies pour cartographier et évaluer les différents sites sont maintenant fortement nécessaires.

Dans le cadre du marché « Inventaires biologiques et analyse écologique de l'existant - NATURA 2000 en mer - Lot n°4 Sites DFF Atlantique Bretagne Nord » des Aires Marines Protégées, des inventaires et des études sur les habitats marins ont été effectués. L'objectif principal est l'acquisition de données biosédimentaires par imagerie acoustique et par prélèvements biologiques sur les différents sites Natura 2000 du Nord Bretagne. Cette étude permettra 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 sera pris en compte pour apprécier la richesse du patrimoine naturel ainsi que l'état de conservation des habitats inventoriés.

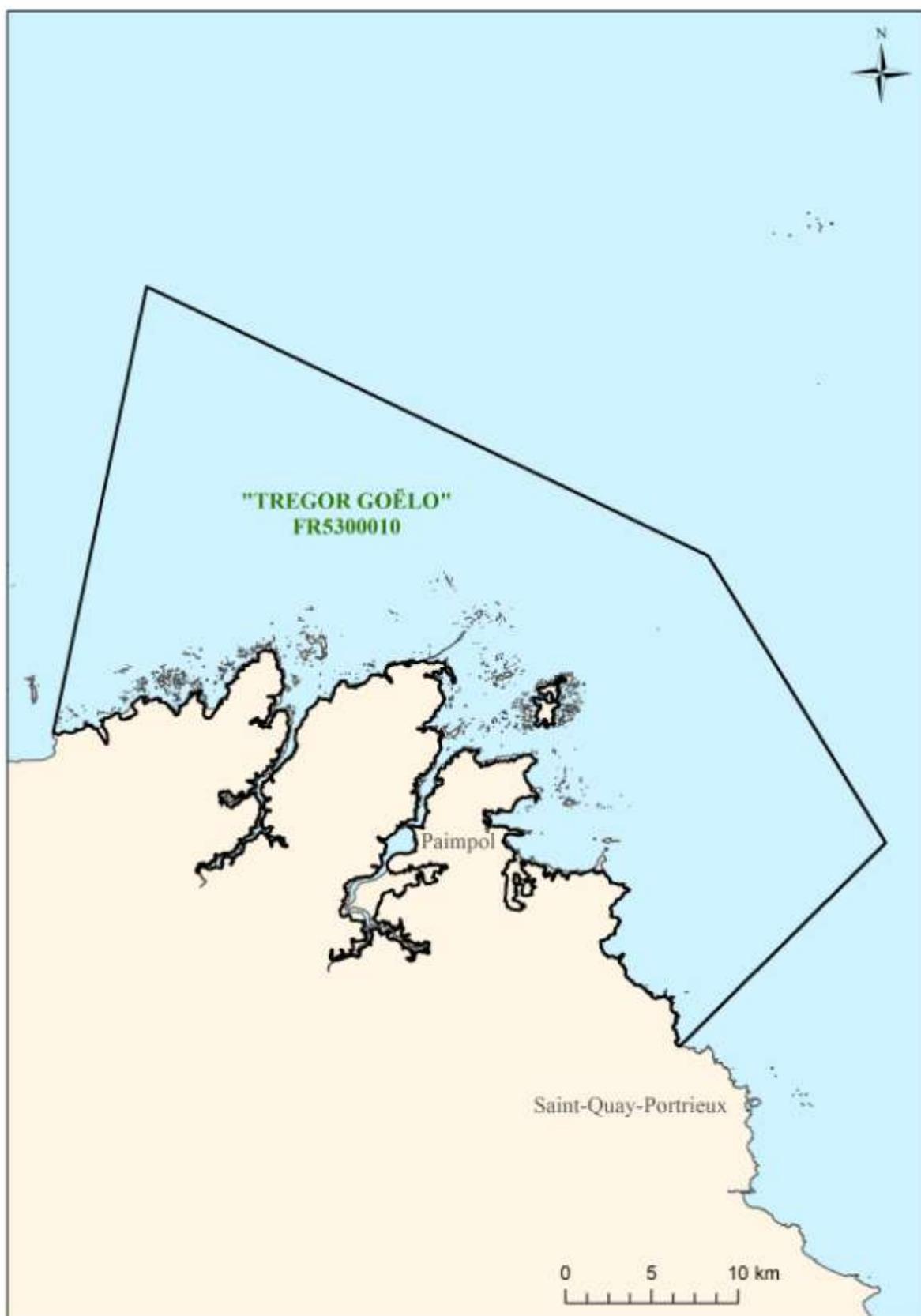
Le rapport détaille les méthodes et moyens mis en œuvre pour permettre de dresser une cartographie exhaustive des habitats Natura 2000 sur l'exemple du site Trégor Goëlo FR 5300010 (Carte 1). Les résultats sont présentés de manière détaillée.

Les cartographies établies devront permettre de :

- caractériser les habitats et les peuplements associés,
- caractériser les zones d'intérêt écologique et aider à la définition des mesures de protection,
- établir des indicateurs pour la surveillance de la qualité écologique des milieux.

Cette étude vise aussi à constituer une référence précise permettant :

- d'établir l'état initial du site en terme d'habitats Natura 2000, d'espèces marines patrimoniales, en déclin ou menacées au regard de la convention OSPAR ou de la DHFF),
- d'évaluer leur état de conservation ainsi que les enjeux de conservation,
- de permettre la prise de décision en matière de gestion des sites et de suivre l'évolution des habitats et espèces Natura 2000 ; *in fine* les résultats permettront d'apprécier l'efficacité des mesures de gestion.



Carte 1 : Localisation de la zone d'étude et du site Natura 2000 Trégor Goëlo FR5300010.

2. Présentation du site Natura 2000, caractéristiques et localisation (Fiche Natura 2000, INPN)

Le site Natura 2000 Trégor Goëlo FR5300010, d'une superficie de 88119 ha, est particulièrement riche et diversifié sur le plan patrimonial et paysager. Entre terre et mer, le secteur du Trégor-Goëlo propose une côte jalonnée par des estuaires, des falaises parmi les plus imposantes de Bretagne, des baies abritées et une multitude de basses et d'écueils dans un contexte bathymétrique de transition à l'échelle de la Bretagne nord. A l'ouest et à l'est, ce périmètre s'étend entre les zones rocheuses de Trélevern et celles de Plouha. Ainsi, l'ensemble du fonctionnement des écosystèmes marins et côtiers, depuis les zones profondes jusqu'au littoral, se trouve intégré dans un ensemble cohérent qui se poursuit sans discontinuité avec le site voisin autour du Trégor et des Sept-Îles.

L'extension 2008 permet de prolonger les deux vastes échancrures du Trieux et du Jaudy dont les débouchés sont encadrés par des platiers et des zones meubles, très intéressants au niveau écologique. L'ensemble forme un milieu riche qui se traduit par une productivité primaire importante dont bénéficient d'ailleurs les activités conchyliques et halieutiques du secteur.

Tant au niveau du proche espace côtier qu'au niveau du large, ce périmètre se compose d'une mosaïque très riche d'habitats : récifs, herbiers de zostères, zone de cailloutis, zones de Maërl, zones de placages à *Sabellaria spinulosa*.

Les récifs de ce site sont surtout représentatifs de la roche en mode exposé depuis les niveaux hauts de l'estran jusqu'à la roche infralittorale. Les points de suivis du REseau BENThique pour les sites de Moguedhier (leTrieux), de la Pointe du Paon (île de Bréhat), Kein an Duono (Jaudy) n'ont pas montré une richesse spécifique très importante pour les zones les plus basses (malgré des ceintures de Laminaires denses) mais la zone d'estran se révèle intéressante avec de nombreux champs de blocs dont l'état de conservation est moyen. L'intérêt que représentent les placages de *Sabellaria spinulosa* est également majeur pour la zone. L'habitat « récifs » est aussi présent sous forme de cailloutis et graviers rocheux au bas des tombants à des profondeurs plus importantes de 60-70 m.

3. Acquisitions et analyse des données

3.1 Outils et techniques mises en œuvre

3.1.1 MOYENS NAUTIQUES ET MODES DE POSITIONNEMENT

Les investigations d'imagerie au sonar latéral et les prélèvements biosédimentaires ont été réalisés en plusieurs sessions au cours des mois de mai, juin et juillet 2011 à bord d'un navire océanographique de la Station Biologique de Roscoff le NEOMYSIS (Figure 1). Ce navire est équipé de treuil et portique permettant la mise à l'eau des engins de prélèvement.



Figure 1: NEOMYSIS

La position du navire est mesurée par un GPS en mode différentiel. Au cours des acquisitions acoustiques, un GPS mobile (embarqué) reçoit en temps réel des corrections venant du sémaphore le plus proche et/ou des satellites issus de la constellation EGNOS (Figure 2). Les données récoltées lors des campagnes effectuées sont positionnées en WGS84. La précision en xy est de l'ordre de 1 à 2 mètres.



Figure 2: Antenne GPS et récepteur radio positionnés à l'aplomb du sondeur.

3.1.2 SYSTÈMES ACOUSTIQUES

3.1.2.1 Sonar latéral



Le sonar utilisé pour cette étude est le sondeur CMAX (Figure 3). Il a été utilisé à une fréquence de 370 KHz avec une fauchée latérale de 150 m.

Ce sonar est constitué d'un poisson avec un capteur de pression permettant d'indiquer sa profondeur. Les données sont enregistrées directement sur l'ordinateur.

Figure 3: Sonar latéral CMAX.(Cliché Hocer)

3.1.2.2 Logiciels d'acquisition et de traitements (Figure 4)

Navigation

Le logiciel de navigation utilisé était HYPACK 2010. Ce dernier permet de visualiser en temps réel la trajectoire du navire. En complément, le logiciel ArcMap a permis de sauvegarder la navigation en cas de perte de signal.

Acquisition

L'enregistrement des données du sonar latéral et du sondeur bathymétrique a été réalisé via le logiciel Side Scan Survey (fenêtre HYPACK). Les données bathymétriques ont également été



enregistrées sur l'interface du sondeur Ceeducer Pro. Ce réplicat permet de doubler l'information en cas de dysfonctionnement du logiciel HYPACK.

Figure 4: Instrumentation à bord. (Cliché Hocer)

3.1.3 OUTILS D'IMAGERIE VIDÉO

Une caméra vidéo couleur a été utilisée avec ou sans les LEDS incorporées (Figure 5). 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 5 : Caméra sous-marine. (Cliché TBM)

3.1.4 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 6)

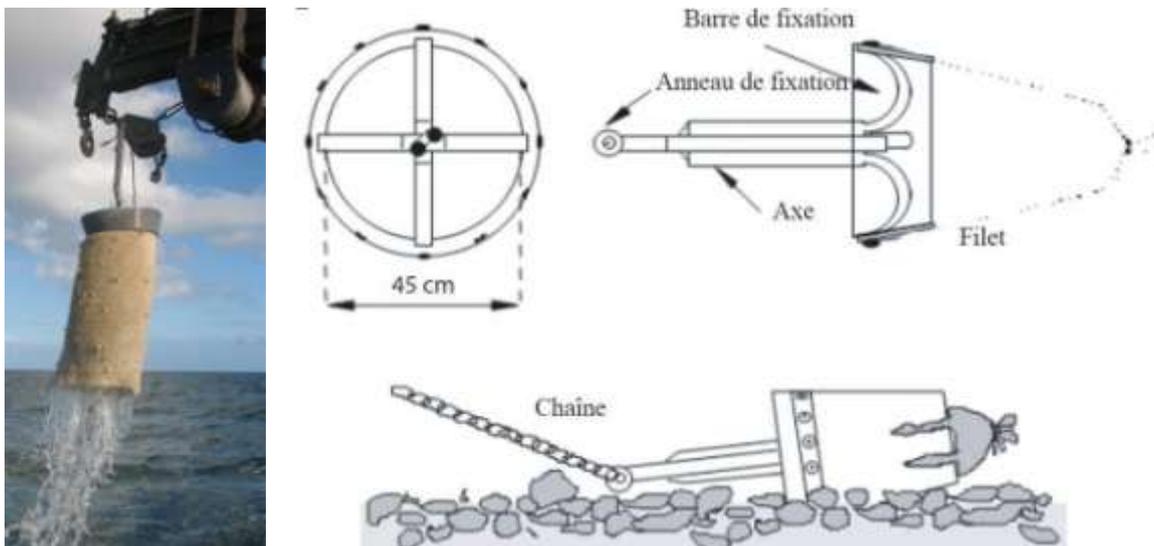


Figure 6 : Drague Rallier du Baty (Cliché TBM) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)

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). 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 7). 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. La différence c'est que nous n'avons pas gardé le refus de 2 mm car notre but était de tout déterminer à bord et de voir si avec les refus de 10 et 5 mm les habitats pouvaient être décrits. De plus, l'analyse détaillée de la fraction de 2 mm aurait nécessité beaucoup de temps au laboratoire pour le tri et la détermination.

Figure 7 : 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 faits pour chaque station.

- Données quantitatives : Benne Smith Mc-Intyre (Figure 8)

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 8: Benne Smith Mc-Intyre (Cliché TBM)

Les prospections ont porté sur les espèces benthiques. L'épifaune et l'endofaune de la grande macrofaune ont été prises en compte en priorité car son identification est moins chronophage et suffisante à la définition des habitats. Cependant la diversité de la macrofaune pour les principaux habitats a été également étudiée par le biais des échantillons quantitatifs. En effet, pour une évaluation précise de l'état de conservation du site, l'étude de cette composante est nécessaire.

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 la mesure de la matière organique (ou Carbone Organique Total).

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).

3.2 Stratégie d'acquisition des données

3.2.1 STRATÉGIE

Le nombre de stations d'échantillonnage est défini en fonction de la surface du site étudié de façon à ce que le nombre de points de prélèvement assure un maillage et une couverture de la zone satisfaisants. Ces stations sont destinées à un échantillonnage semi-quantitatif et pour une partie d'entre elles, à un échantillonnage quantitatif. Le choix des stations quantitatives est arrêté lorsque l'analyse des stations semi-quantitatives permet d'obtenir une vue d'ensemble des habitats présents sur la zone. Les campagnes d'acquisition des données morphologiques, sédimentologiques et biologiques sont couplées. Cette méthode permet de réduire les coûts et de travailler en complémentarité et en réactivité.

3.2.2 SYSTÈMES ACOUSTIQUES

L'utilisation de techniques indirectes basées sur l'émission d'ondes acoustiques est essentielle car elle permet une vision globale et rapide de l'ensemble des fonds marins. On utilise pour ce faire un dispositif de sonar à balayage latéral qui se compose d'un « poisson », remorqué au-dessus du fond à une vitesse d'environ 5 nœuds, qui émet sous l'eau des ultrasons de très courte durée d'impulsion (Figure 9). Le signal acoustique se propage dans l'eau et est rétrodiffusé avec plus ou moins d'intensité suivant la nature et la morphologie du fond.

Le sonar restitue une image acoustique du fond en différentes teintes de gris selon l'intensité du signal rétrodiffusé. Sur ces images, les limites de faciès (roches, graviers, sables, vase, etc.) et la morphologie des fonds (rides de sable, dunes, etc.) y sont en général bien visibles.

En revanche, l'interprétation de la nature précise des sédiments nécessite un calibrage des images obtenues à l'aide de prélèvements de sédiments et d'observations *in situ*. Les images obtenues, appelées sonogrammes, peuvent être assimilées à des photographies aériennes.

Après traitement, les profils d'imagerie acoustique géo-référencés sont intégrés dans un logiciel SIG pour y être interprétés en termes de nature de fond.

Dans le cadre du levé sur le site du Trégor-Goelo (FR 5300010), 125 profils ont été réalisés, ce qui représente une distance parcourue de 280 km. Avec une fauchée de 300m à la côte et 600m au large, les profils acquis ont donc permis de couvrir une surface d'environ 96 km².

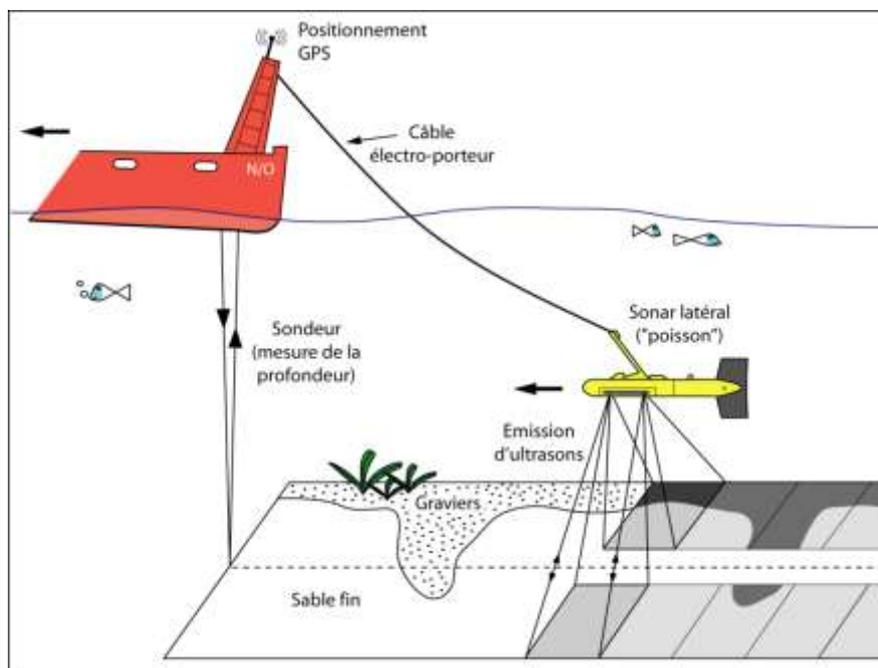


Figure 9 : Principe de mise en œuvre du sonar à balayage latéral (Pluquet, 2006).

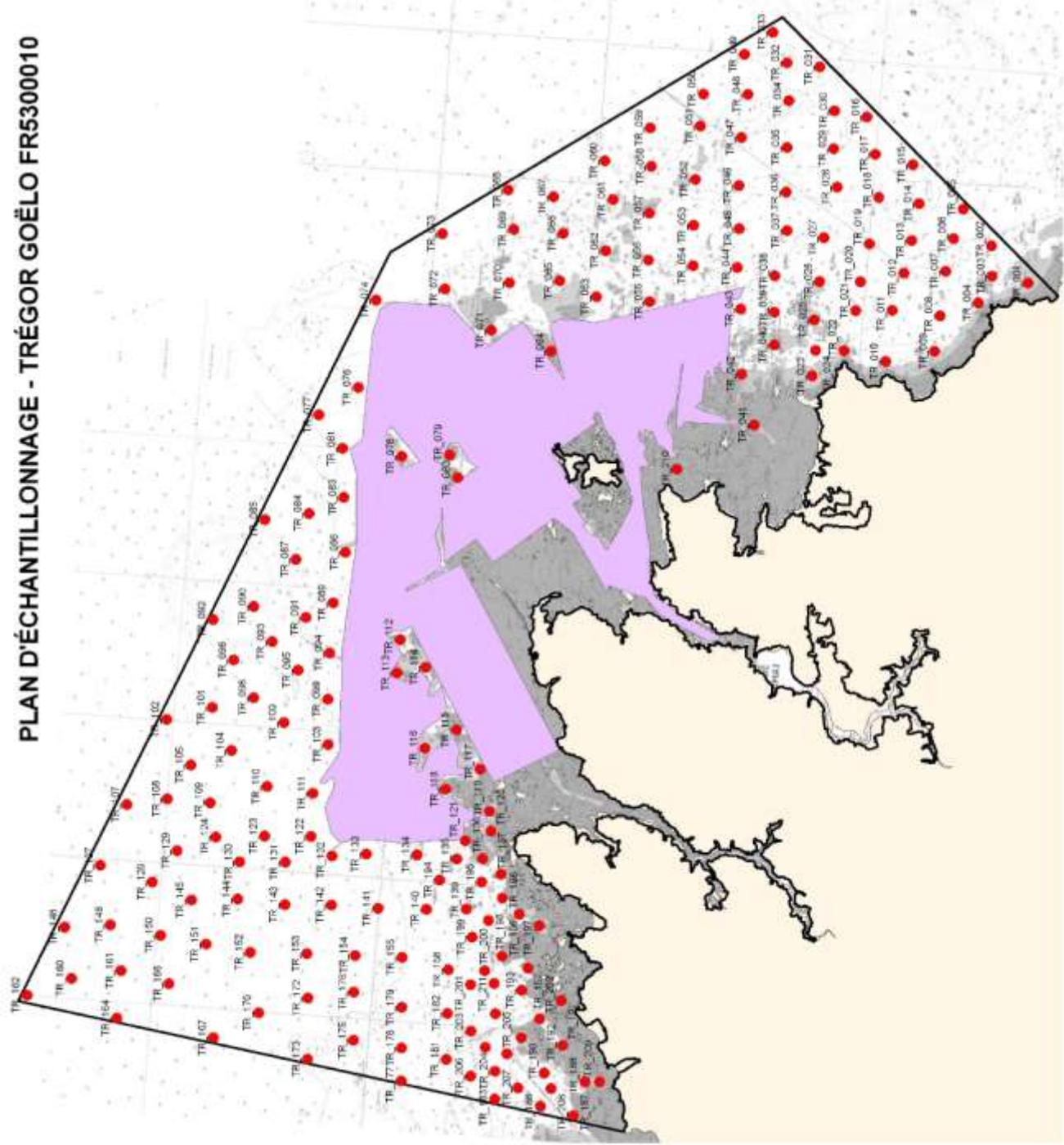
3.2.3 L'ÉCHANTILLONNAGE SÉDIMENTAIRE

La stratégie de calibration sédimentaire des faciès acoustiques a été conduite à la drague Rallier du Baty. Cet engin de prélèvement permet à la fois de recueillir des informations concernant la granulométrie des fonds en plus de celles sur la macrofaune. De plus, des acquisitions vidéo ont été faites, mais n'ont pas été réalisées systématiquement sur toutes les stations. Les séquences enregistrées durent entre 30 secondes et 2 minutes.

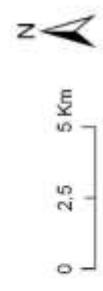
Le plan d'échantillonnage du site de Côtes de Granit Rose comprend 211 stations (Carte 2) sur lesquelles des prélèvements à la drague Rallier du Baty et des acquisitions vidéo ont été

réalisés (Cartes 3 et 4). 14 stations ont fait l'objet de prélèvements quantitatifs, à raison de quatre répliqués par station (Carte 5).

PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE - TRÉGOR GOËLO FR5300010



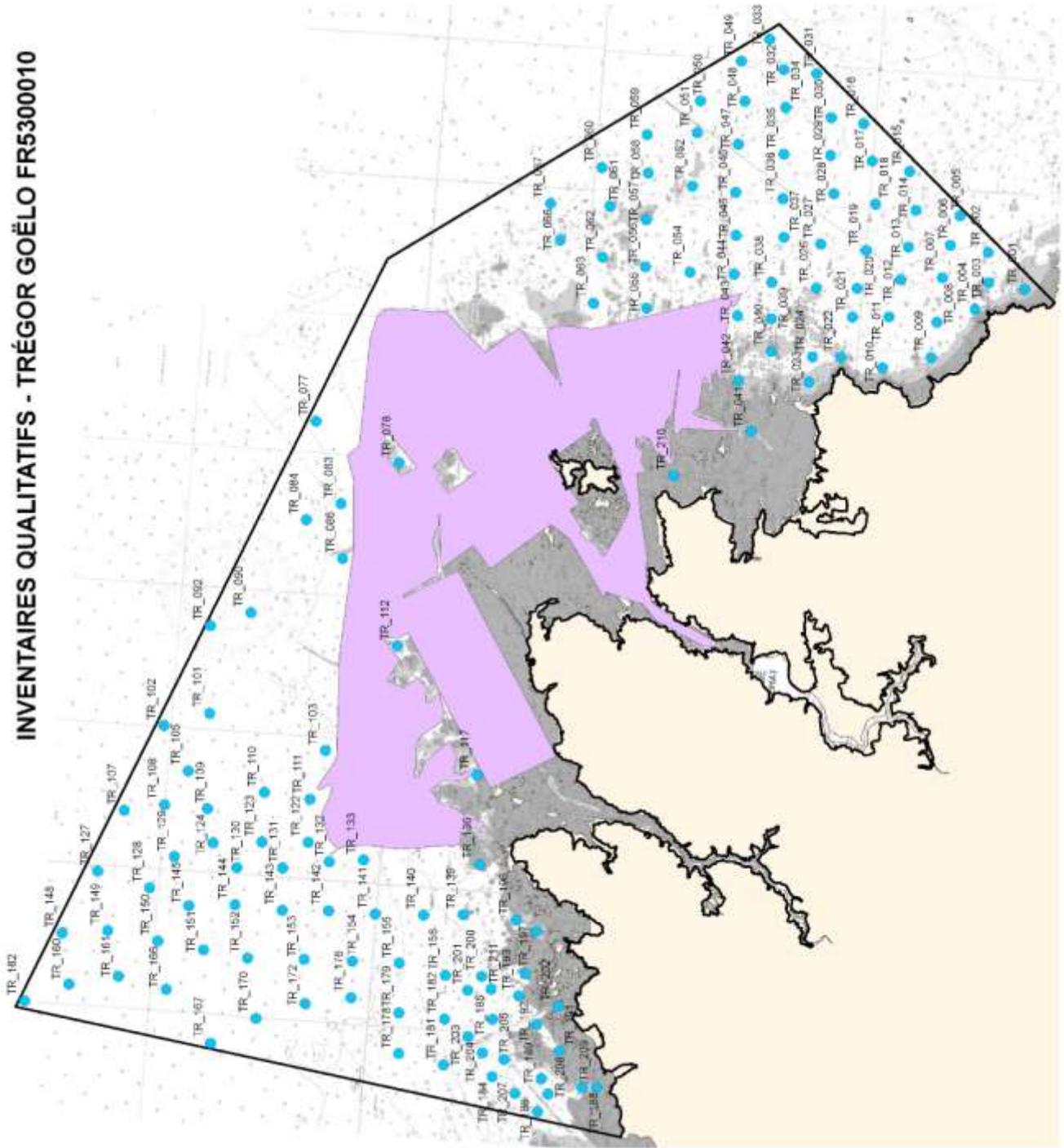
- Points de prélèvements
- ▭ Périmètre "Trégor Goëlo" FR5300010
- ▭ Périmètre Rebent



Sources des données :
 - SHOM, cartes nautiques 7151, 7152 & 7153, 1998. A utiliser w/ complément des cartes et ouvrages (multibeam)
 - IGN, 2007 (plan de côte mis à jour v2_july07)
 - Plan de Régulation
 - Point numérique REBENT, Wener
 Réalisation :
 TBM - S4A, Châteauneuf / HOCHEP marche nautique 2009 - Janvier 2012

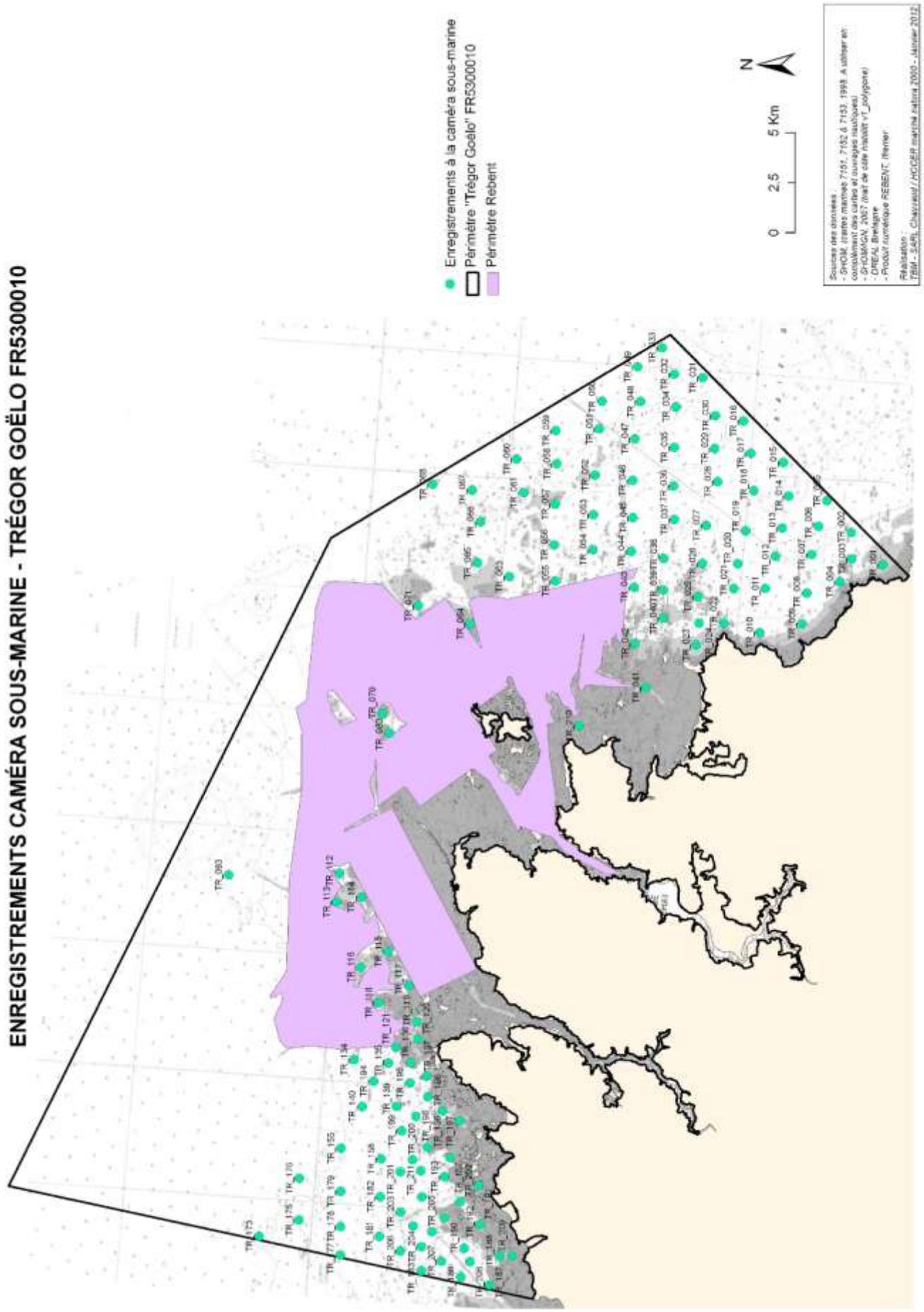
Carte 2 : Plan d'échantillonnage.

INVENTAIRES QUALITATIFS - TRÉGOR GOËLO FR5300010



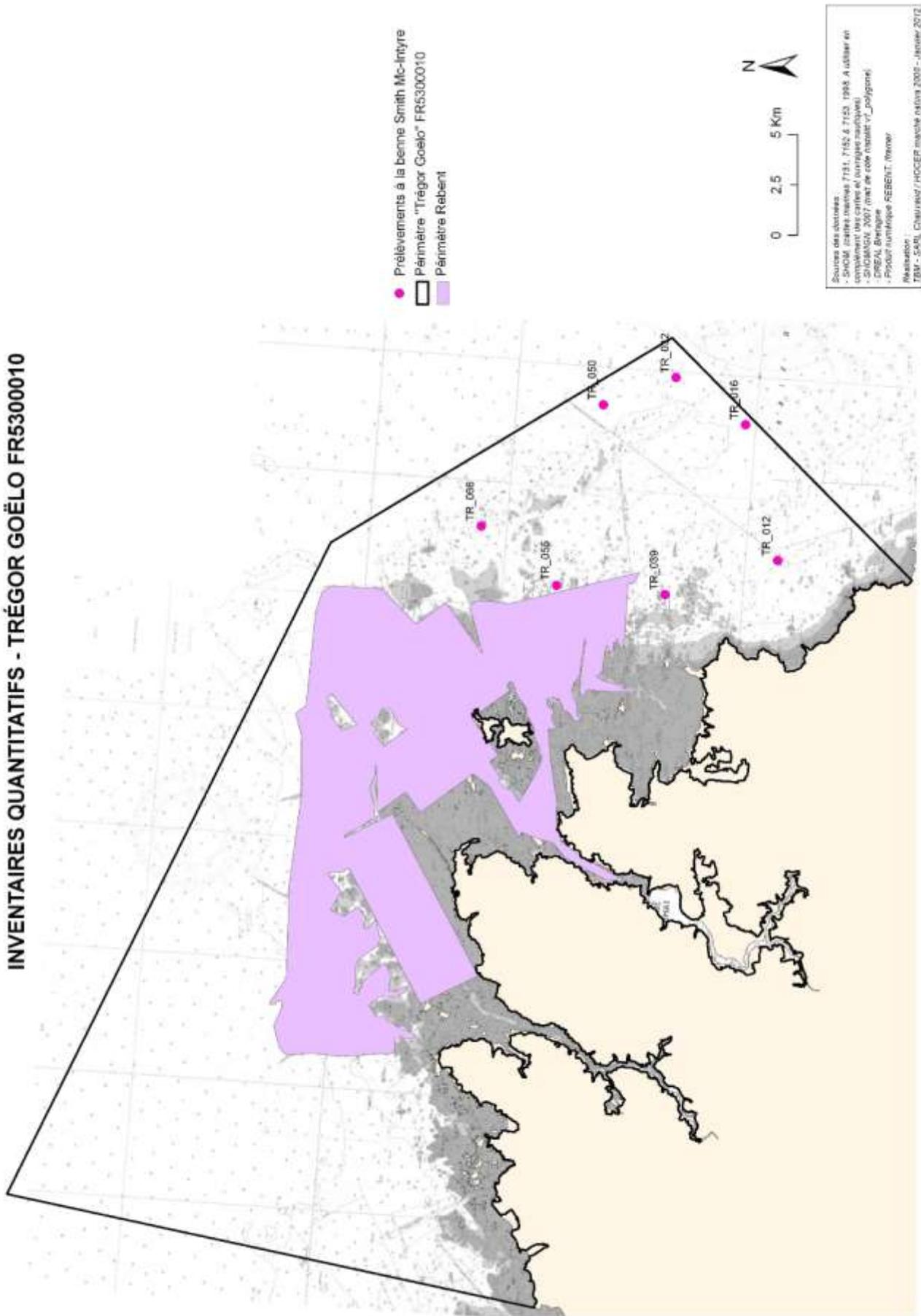
Carte 3 : Localisation des prélèvements à la drague Rallier du Baty.

ENREGISTREMENTS CAMÉRA SOUS-MARINE - TRÉGÖR GOËLO FR5300010



Carte 4 : Localisation des vidéo sous marines.

INVENTAIRES QUANTITATIFS - TRÉGÖR GOËLO FR5300010



Carte 5 : Localisation des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre .

3.3 Analyses bathymétriques et morpho-sédimentaires

L'ensemble des données du sonar latéral a été traité avec HYPACK. Concernant l'interprétation de l'imagerie, elle a été réalisée avec le logiciel ArcMap.

3.4 Analyses sédimentaires et biologiques

3.4.1 GRANULOMÉTRIE, MATIÈRE ORGANIQUE ET DONNÉES HYDROLOGIQUES



L'analyse granulométrique a été réalisée par tamisage à sec (tamiseuse électrique). 16 tamis de maille carrée (Norme AFNOR) ont été utilisés (Figure 10) : 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 . Le tableau 1 récapitule les échelles et les dénominations granulométriques.

Figure 10 : 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 11),



Figure 11 : 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.

Tableau 1: Echelles et dénominations granulométriques AFNOR (Chambley, 1995)

			Sables grossiers					Sables très fins		Vase	
Galets	Graviers	Granules	Sables très grossiers		Sables moyens	Sables fins		Sablons	limon	argile	
64 mm	5 mm	2 mm	1 mm	500µm	250µm	125µm	90µm	63 µm	45µm		

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 µm []) et les vases (i.e. < 63 µm). 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 12).

Figure 12 : Réplicats pour la Matière Organique (Cliché TBM)



Par ailleurs, pour certaines stations, ces données sont complétées par des informations hydrologiques obtenues au moyen d'une sonde multi-paramètres (YSI 6600 V2) (Figure 13):

- température (°C), salinité (‰), turbidité (NTU),
- oxygène dissous (% de saturation), pH.

Figure 13 : Sonde multi-paramètres (Cliché TBM)

3.4.2 TRI ET DÉTERMINATION

Au laboratoire, les échantillons « quantitatifs », 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 némertes, 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).

3.4.3 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 le plus justement possible 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,
- les **indices de diversité** (i.e. indice de diversité de Shannon et indice d'équitabilité de Pielou),

Il est donné par la formule suivante :

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

où :

p_i = abondance proportionnelle ou pourcentage d'importance de l'espèce : $p_i = ni/N$;

S = nombre total d'espèces ;

ni = nombre d'individus d'une espèce dans l'échantillon ;

N = nombre total d'individus de toutes les espèces dans l'échantillon.

Cet indice prend en compte non seulement le nombre d'espèces, mais également la distribution des individus au sein de ces espèces. La valeur de l'indice varie de 0 (une seule espèce) à $\log_2 S$ (lorsque toutes les espèces ont la même abondance).

L'indice de Shannon est souvent accompagné par l'indice d'équitabilité (Pielou, 1966, 1969) :

$$J' = H'/H'max$$

où :

$$H'max = \log_2 S \text{ (S= nombre total d'espèces)}$$

L'indice d'équitabilité permet de mesurer la répartition des individus au sein des espèces, indépendamment de la richesse spécifique. Sa valeur varie de 0 (présence d'une seule espèce) à 1 (équirépartition des individus entre les espèces).

- la détermination de l'Indice d'Evaluation de l'Endofaune Côtère (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 Côtère (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 dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits.

Ces cinq groupes sont également fortement liés au **modèle SAB** de Pearson et Rosenberg (1978). La figure 14 ci-dessous illustre l'évolution des groupes écologiques en fonction d'une perturbation croissante liée à un enrichissement en matière organique.

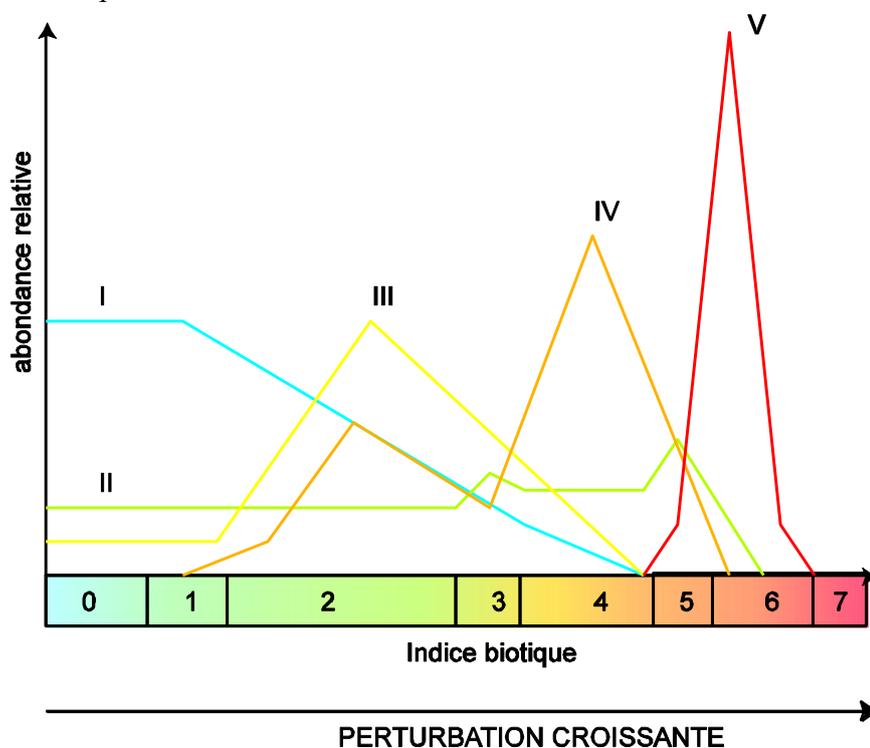


Figure 14 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).

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 2) 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 spécifiques 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 2 : 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 3 : Valeurs d'AMBI et état des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000)

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

Basé sur le modèle de l'I2EC, un second indice biotique est calculé, l'AMBI. 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 granulométriques, qualitatives et quantitatives. Deux méthodes d'analyse et de représentation des entités sédimentaires et de la structure des peuplements à partir d'une matrice « espèces-stations » ont été mises en œuvre pour identifier des assemblages granulométriques et faunistiques correspondant respectivement à des groupements de stations « sédimentairement homogènes » et « biologiquement homogènes » à un certain degré de similarité. Au préalable, nous avons transformé nos données qualitatives en présence-absence et grâce à une transformation en $\log(x+1)$. 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 $\log(x+1)$. Ce choix repose sur le fait que ce ne sont pas nécessairement les espèces communes et abondantes qui permettront de définir un habitat.

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). Une autre analyse utilisant une méthode d'ordination, le cadrage multidimensionnel (multidimensional scaling ou MDS), a également été utilisée. Elle permet, à partir d'une matrice symétrique de distances ou de dissimilarités d'obtenir une représentation de ces objets dans un espace réduit le plus souvent à 2 ou 3 dimensions. Utilisée en complément de la méthode de groupement hiérarchique, cette méthode d'ordination permet d'obtenir une visualisation très précise des groupes définis après l'analyse du dendrogramme.

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 mais au contraire une méthode exploratoire.

3.4.4 TYPOLOGIE DES HABITATS

Le référentiel retenu est celui des Cahiers d'Habitats Natura 2000 (2004). Les habitats élémentaires associés aux fonds meubles ont été définis par leurs caractéristiques biosédimentaires et par leur localisation. Ce travail permet d'avoir une référence objective. Cette précaution lèvera toute ambiguïté lors de la définition d'un habitat.

En complément, une correspondance avec la classification EUNIS (European Nature Information System, Davies et *al.*, 2004) a été également faite. En effet, la classification EUNIS est la seule typologie couvrant les eaux marines européennes et qui est utilisée notamment dans les programmes MESH et UK SeaMap. Les spécialistes des Universités, des Stations marines et d'Ifremer 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).

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 ainsi :

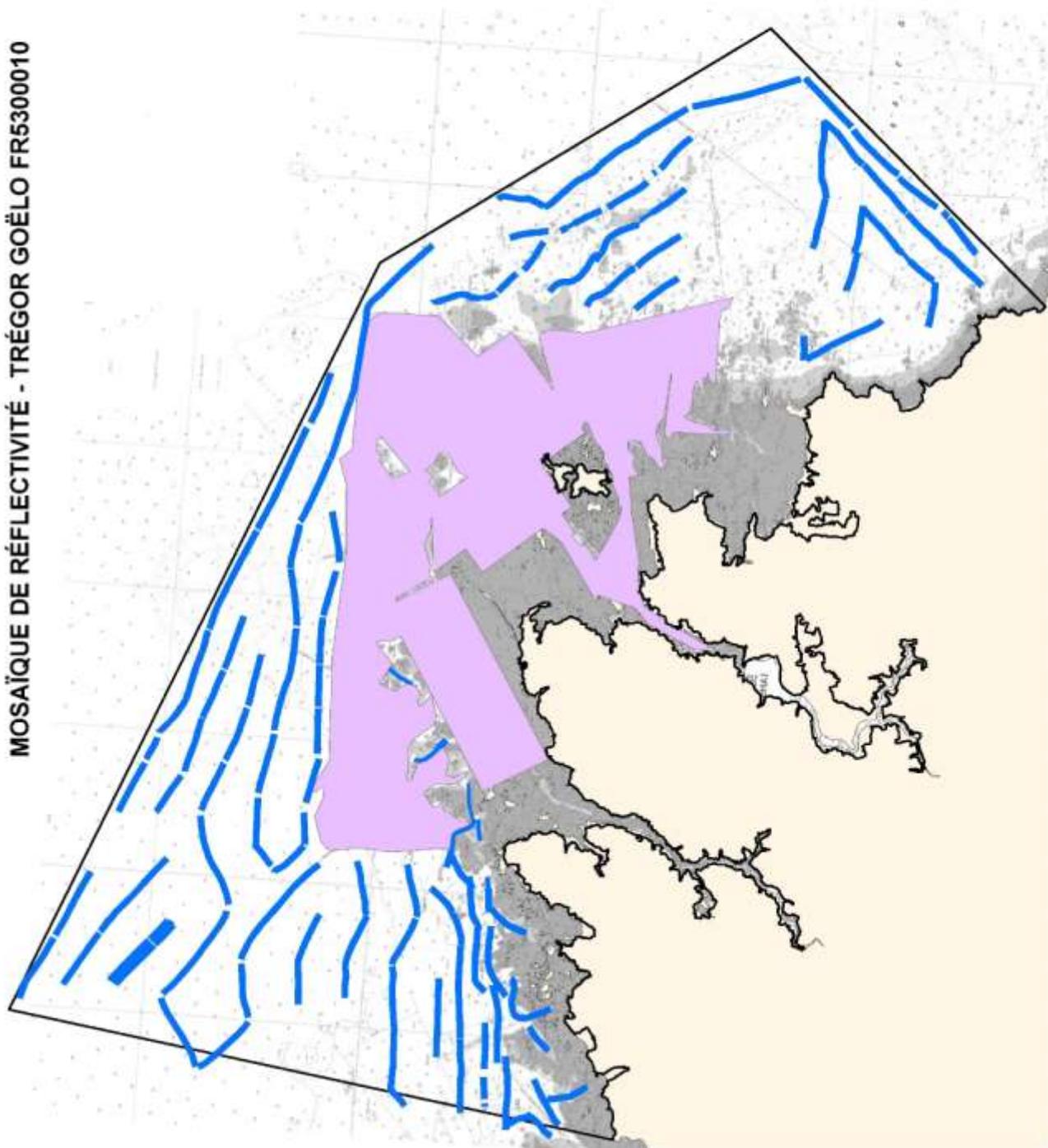
- Bajjouk, T., Derrien, S., Gentil, F., Hily, C. et Grall, J., 2010.- Typologie d'habitats marins benthiques : analyses de l'existant et propositions pour la cartographie. Habitats côtiers de la région Bretagne-Note de synthèse n°2, Habitats du circalittoral. IFREMER, 39 pp.
- Bajjouk, T. 2009.- Cahier des charges pour la cartographie d'habitats des sites Natura 2000 littoraux. Guide méthodologique. IFREMER, 24 pp.
- **CAHIERS D'HABITATS NATURA 2000 – 2004.- Habitats côtiers.** La Documentation française. 399 pp.
- Commission Européenne, 1999.- Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne. EUR15/2. 132 pp.
- 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.
- 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 Reben-Bretagne et Natura-Bretagne. IFREMER. 24 pp.
- 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.
- 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.
- Typologie EUNIS version 102004 (European Environment Agency), 2004. 310 pp.

4. Résultats

4.1 Levé au sonar latéral : les principaux ensembles morpho-sédimentaires

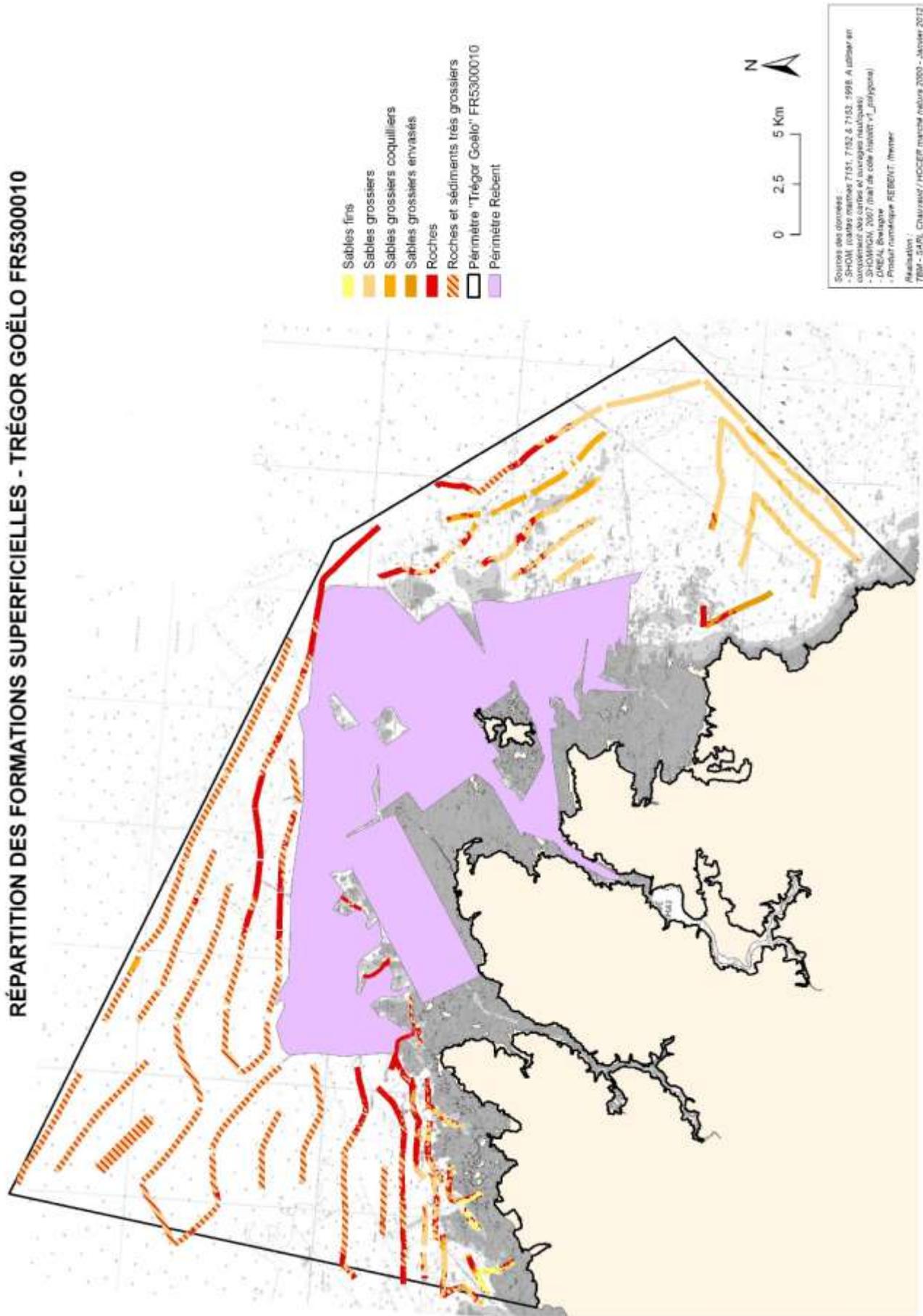
La mosaïque de réflectivité (Carte 6), acquise au cours du levé de mai et juin 2011, a servi de base à l'interprétation morphosédimentaire du site du Trégor-Goelo. La carte de répartition des formations superficielles est présentée sur la carte 7.

MOSAÏQUE DE RÉFLECTIVITÉ - TRÉGOR GOËLO FR5300010



Carte 6 : Mosaïque de réflectivité sur le site Côtes de Granit Rose.

RÉPARTITION DES FORMATIONS SUPERFICIELLES - TRÉGOR GOËLO FR5300010



Carte 7 : Répartition des formations superficielles sur le site Côtes de Granit Rose.

Secteur Nord-Ouest

Au large, les fonds sont plats et très monotones. L'imagerie acoustique montre la présence d'un faciès rugueux caractérisant des fonds rocheux affleurant à sub-affleurant (Figure 15) recouverts d'une fine épaisseur de sédiments très grossiers (galets, cailloutis, graviers...). Cependant, un champ de dunes hydrauliques, constitué de sables grossiers coquilliers a été observé au niveau du point de prélèvement 102 (Figure 16)

A la côte, et au large du Sillon Talbert, les fonds rocheux granitiques affleurants sont prédominants. Ces formations granitiques se caractérisent par la présence de formes massives entrecoupées de diaclases plus ou moins larges (Figure 17). Le faciès des sables grossiers graveleux, mélange de sable, graviers et cailloutis, présente des teintes gris moyen à gris sombre en imagerie acoustique. On l'observe sous la forme d'une couverture souvent restreinte entre les formations rocheuses. Entre les rochers les plus côtiers, on observe un faciès de sables fins à moyens, sous forme de nappe ou de banc. Ces sédiments sableux ont un faciès acoustique très clair.

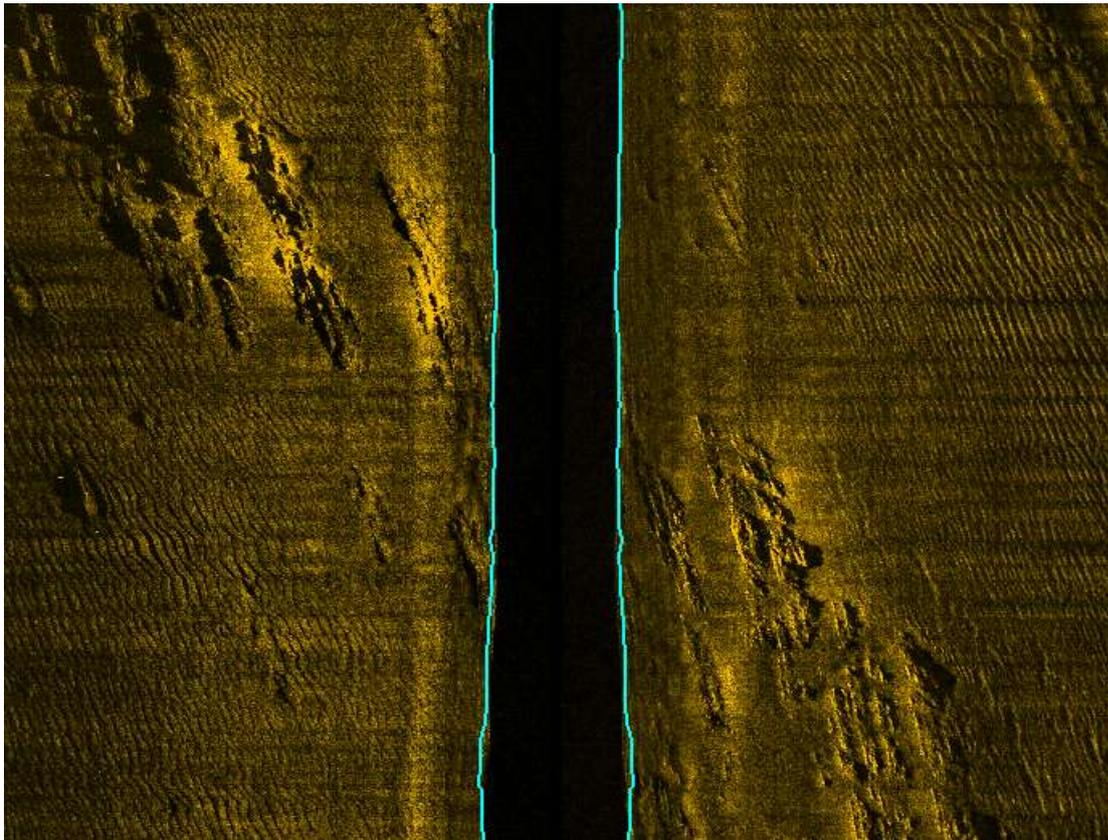


Figure 15 : Sonogramme montrant des roches affleurantes à sub-affleurantes au contact de sédiments grossiers ridés. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).

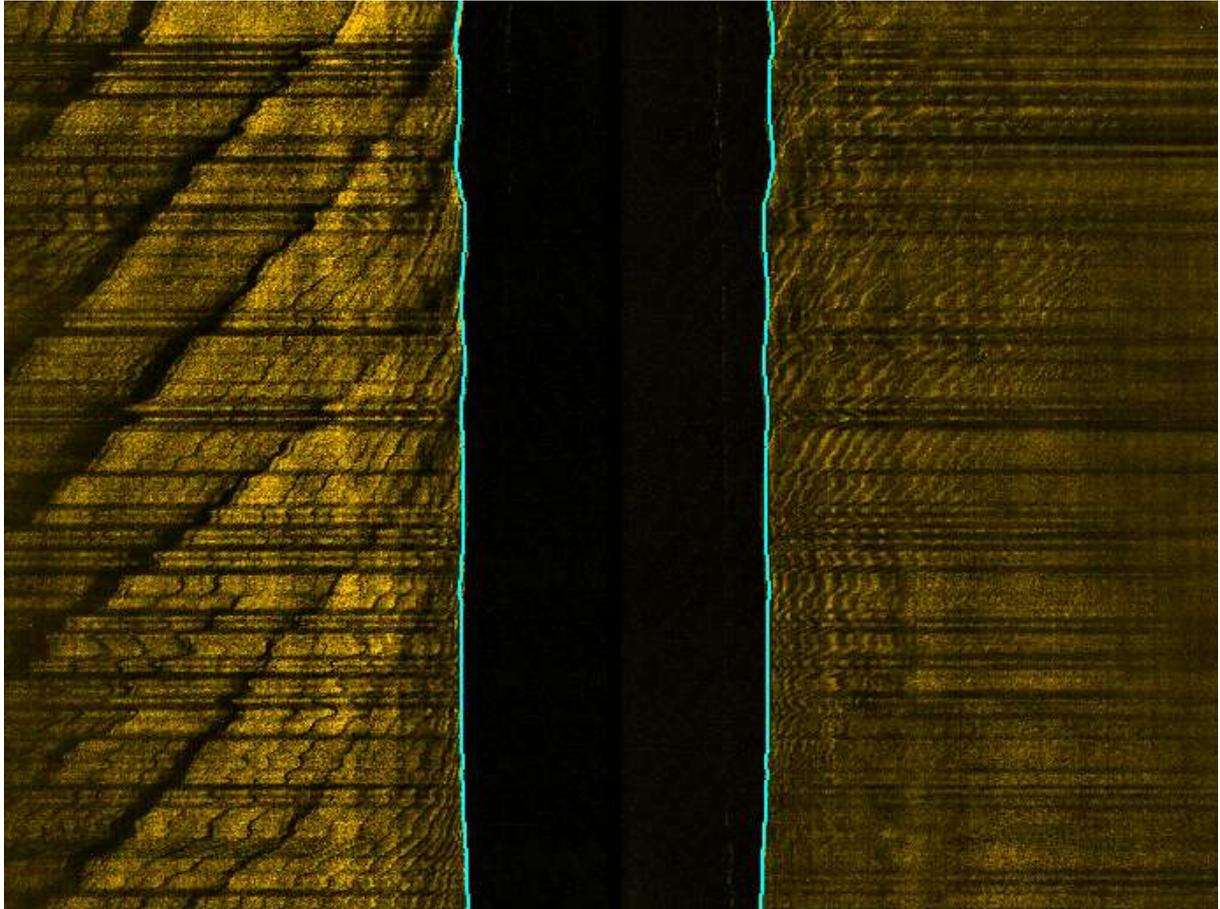


Figure 16 : Extrait de sonogramme montrant un champ de dunes hydrauliques au niveau du point de prélèvement 102. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).

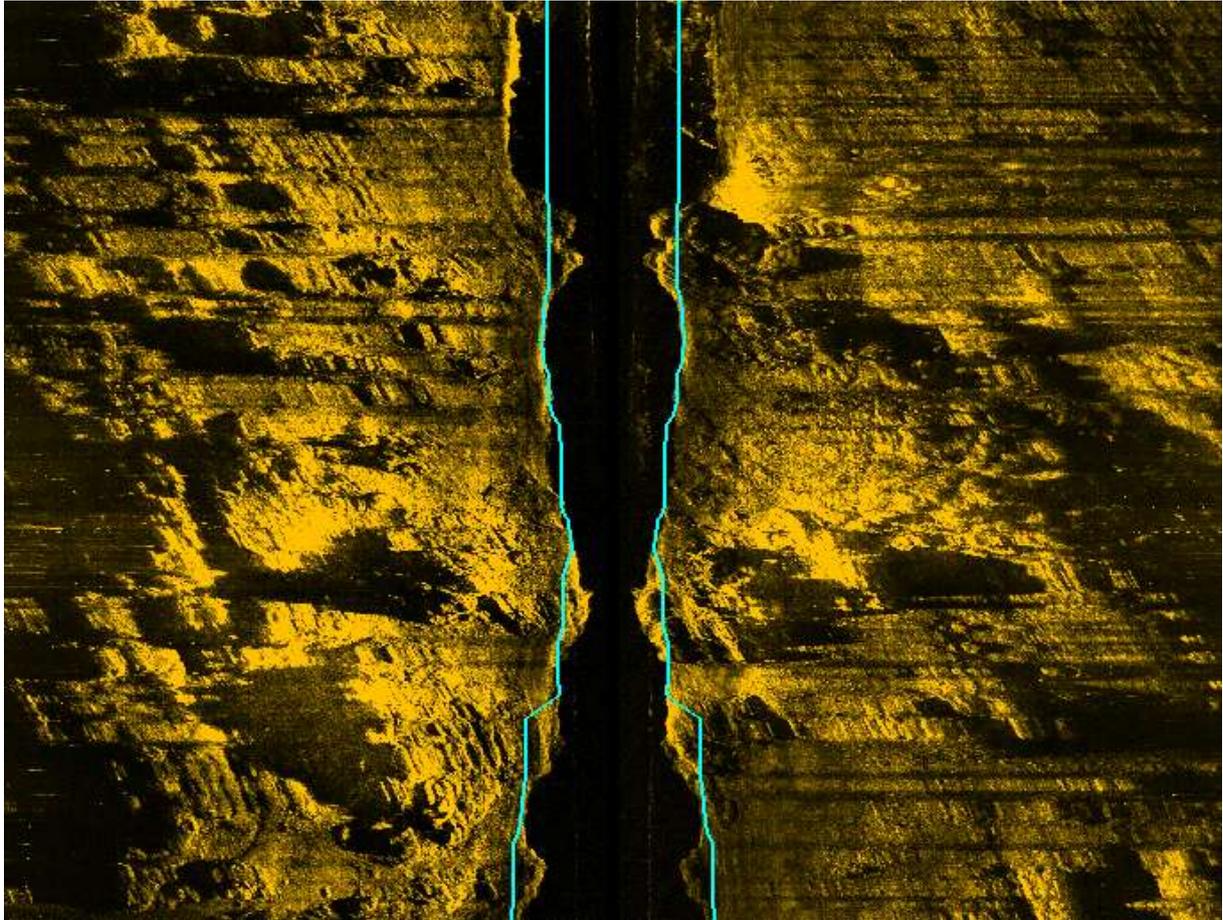


Figure 17 : Extrait de sonogramme montrant la morphologie des roches granitiques devant Bourg Blanc. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).

Secteur Est

A l'Est, le faciès des sables grossiers graveleux, mélange de sables, graviers et cailloutis est dominant, mais les fonds rocheux affleurant à sub-affleurant sont toutefois présent au large, à l'Est de Bréhat. Les sédiments graveleux et les sables grossiers ont une signature acoustique gris moyen à gris soutenu. L'action des houles et des courants sur ces sédiments grossiers se traduit par la formation de mégarides. La limite Sud-Est de la zone d'étude se caractérise par la présence d'un vaste champ de grandes dunes hydrauliques d'amplitude supérieure à 5m. Leurs flancs sont parcourus de petites et moyennes dunes hydrauliques (Figure 18).

A la côte, un faciès de sédiments grossiers envasés est présent. La crépidule y a été observée, le long du littoral au Sud de Bréhat, collé à la côte et souvent confiné aux petit fonds, dans les zones où les courants s'affaiblissent. Sa présence se traduit par un faciès rubané

caractéristique, qui s'explique par une accumulation des individus dans les zones en dépression.

De nombreuses traces d'activité de pêche ont été observées sur ce secteur (Figure 19).

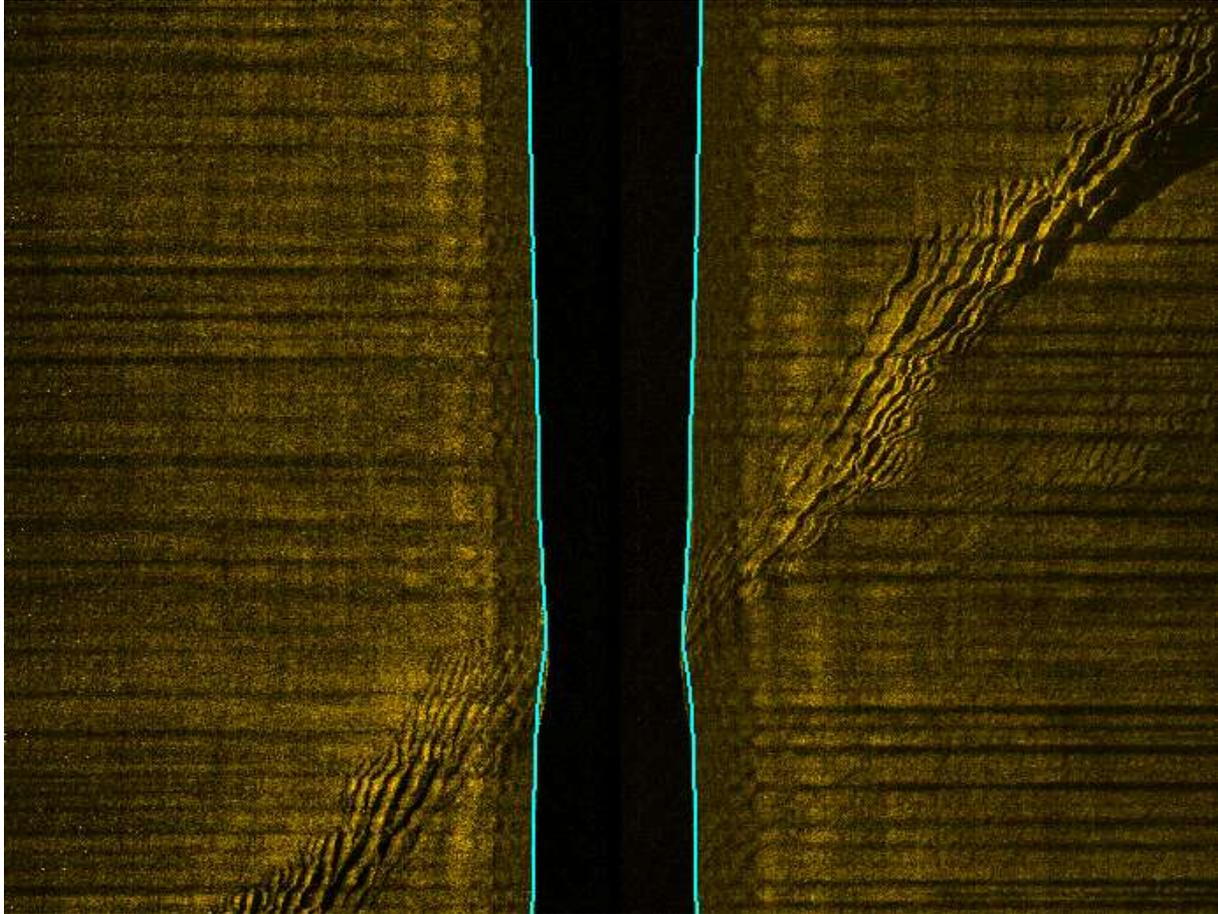


Figure 18 : Sonogramme montrant la crête d'une dune hydraulique. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).

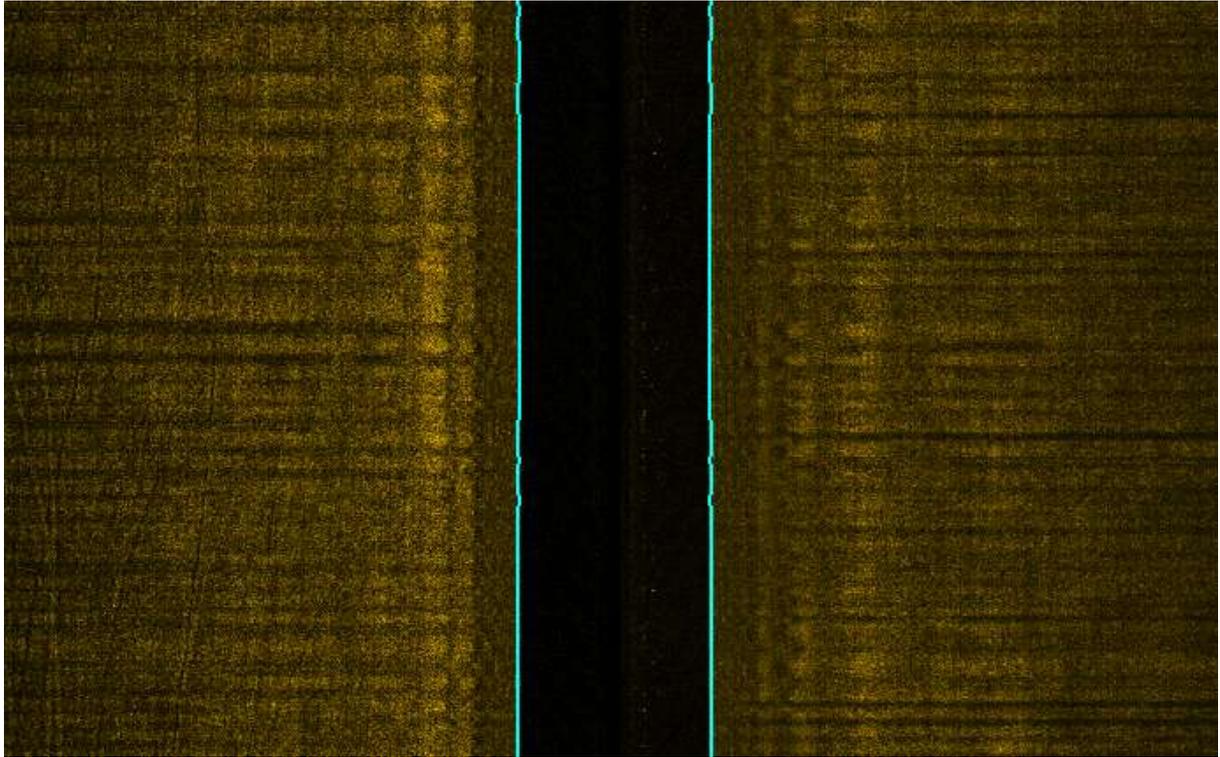


Figure 19 : Sonogramme montrant de nombreuses traces de drague sur le fond. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).

4.2 Les principales unités de peuplements des substrats meubles

4.2.1 CARACTÉRISTIQUES GRANULOMÉTRIQUES DES STATIONS ÉCHANTILLONNÉES

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

Tableau 4 : Médiane et indice de tri du sédiment des 134 stations en milieu sédimentaire échantillonnées à la drague Rallier du Baty sur Trégor Goélo.

Stations	Médiane (µm)	Indice de tri	Stations	Médiane (µm)	Indice de tri	Stations	Médiane (µm)	Indice de tri
Tr01	150,8	9,2	Tr47	1031,7	3,0	Tr141	4143,1	3,5
Tr02	368,7	26,1	Tr48	1217,1	3,7	Tr142	6380,6	5,6
Tr03	816,9	4,8	Tr49	2006,4	4,3	Tr143	7927,1	2,0
Tr04	3824,4	4,1	Tr50	4377,1	4,9	Tr144	20068,3	1,5
Tr05	1503,3	13,5	Tr51	2678,3	2,7	Tr145	4796,2	4,9
Tr06	3495,0	13,4	Tr52	589,4	1,7	Tr148	9049,1	0,9
Tr07	2062,3	20,5	Tr54	12463,5	3,4	Tr149	13039,3	1,2
Tr08	238,7	9,8	Tr55	2305,2	3,4	Tr150	8549,8	0,6
Tr09	487,0	10,3	Tr56	7249,9	5,2	Tr151	7955,4	1,4
Tr10	422,3	21,0	Tr57	1132,7	2,0	Tr152	3492,1	4,0
Tr11	225,2	17,0	Tr58	783,6	1,7	Tr153	14515,1	3,6
Tr12	289,0	12,2	Tr59	1132,7	2,0	Tr155	4556,6	4,6
Tr13	959,6	5,2	Tr60	15360,5	1,4	Tr157	1267,5	2,1
Tr14	547,5	2,5	Tr61	597,0	1,5	Tr158	1447,9	4,6
Tr15	705,4	2,9	Tr62bis	6971,0	1,6	Tr160	7669,3	4,9
Tr16	838,6	3,1	Tr63	1350,5	3,9	Tr161	11216,4	1,0
Tr17	785,1	3,3	Tr66	796,1	1,7	Tr162	5608,3	1,6
Tr18	800,6	3,8	Tr67	1249,9	2,2	Tr167	11980,1	1,0
Tr19	987,1	2,7	Tr77	16478,7	2,8	Tr170	3806,1	2,5
Tr20	1057,7	4,3	Tr78	12472,1	1,0	Tr176	3985,7	4,4
Tr21	591,0	20,9	Tr83	12369,8	3,2	Tr178	3540,1	2,5
Tr22	1736,2	2,9	Tr86	9563,4	0,5	Tr179	7706,3	3,8
Tr23	964,5	10,6	Tr92	13205,1	1,0	Tr181	8480,8	1,6
Tr24	4769,7	3,5	Tr102	4994,4	2,1	Tr182	1168,6	3,1
Tr26	825,6	2,9	Tr102bis	1564,4	1,9	Tr184	3502,4	2,7
Tr27	2540,4	3,5	Tr103	21536,6	2,2	Tr185	1924,9	4,3
Tr28	1497,5	3,7	Tr105	10592,5	2,2	Tr186	1019,7	2,0
Tr29	3713,1	3,8	Tr107	5695,4	5,3	Tr188	479,0	1,7
Tr30	1351,9	4,2	Tr108	5272,4	1,8	Tr189	2837,3	1,8
Tr31	1345,2	3,3	Tr109	13692,4	0,8	Tr191	2782,9	2,5
Tr32	1624,0	3,5	Tr110	5482,0	5,3	Tr192	218,0	1,7
Tr33	1398,0	3,5	Tr111	9116,4	1,1	Tr193	792,3	5,0
Tr34	1655,6	3,2	Tr117	15749,7	0,5	Tr197	289,7	1,6
Tr35	1257,0	4,4	Tr122	6892,9	5,1	Tr200	6151,1	6,8
Tr36	1841,4	3,4	Tr123	5006,1	5,3	Tr201	1772,1	4,1
Tr37	3253,9	3,0	Tr124	11879,0	3,5	Tr202	195,1	1,7
Tr38	3080,5	4,5	Tr127	8580,9	1,2	Tr203	4453,3	5,5
Tr39	1099,4	3,5	Tr128	11224,3	3,7	Tr204	1757,3	3,7
Tr40	1894,7	3,7	Tr129	7919,3	1,3	Tr205	9078,7	0,6
Tr41	243,5	2,8	Tr130	6256,0	5,0	Tr207	1761,3	4,4
Tr42	1088,6	3,6	Tr131	8504,4	3,8	Tr208	598,1	2,3
Tr43	1846,0	3,4	Tr132	6279,8	5,0	Tr209	173,9	1,7
Tr44	2556,2	3,4	Tr133	15635,2	2,9	Tr210	1524,2	3,2
Tr45	4101,0	4,0	Tr139	6240,8	3,6	Tr211	2615,9	6,8
Tr46	1198,3	3,9	Tr140	3389,3	4,5			

Aux différentes stations échantillonnées, la médiane du sédiment varie fortement, entre 150 μm à la station TR03 et 21536 μm à la station TR03 (Tableau 4). La majorité des stations possède une médiane supérieure à 1000 μm (i.e. 104 stations).

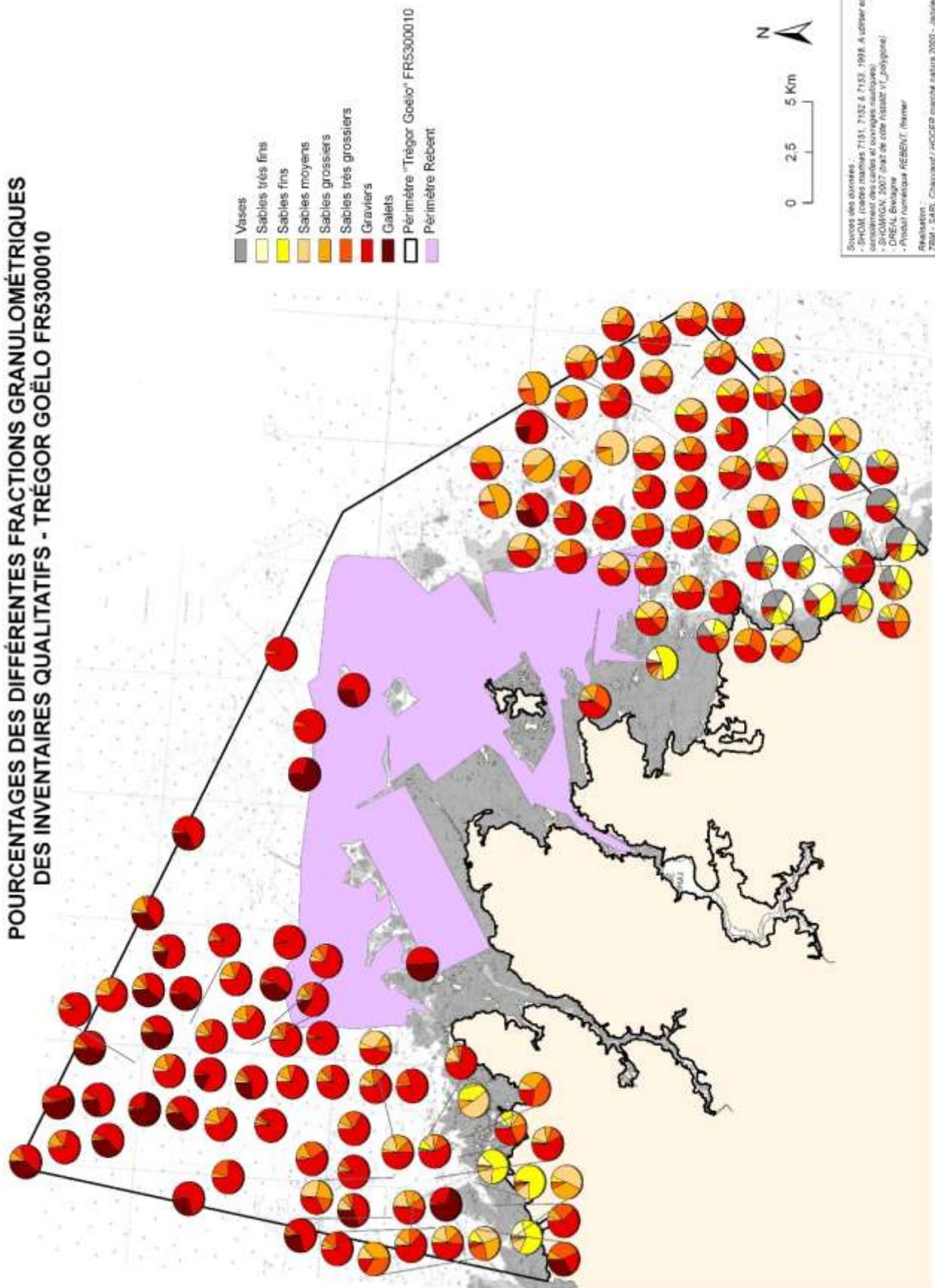
Les sédiments sont principalement composés de sables moyens à grossiers et graviers (Carte 8). La proportion de vases est très faible sauf pour quelques stations. Ces stations sont caractérisées par des sédiments hétérogènes et par la présence du mollusque *Crepidula fornicata*.

La présence de maerl a été observée sur plusieurs stations. La couche est épaisse sur certaines stations et le pourcentage de maerl vivant est estimé à 2-5%.



Figure 20 : Station TR24 caractérisée par des graviers et du maerl

**POURCENTAGES DES DIFFÉRENTES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES
DES INVENTAIRES QUALITATIFS - TRÉGOR GOÉLO FR5300010**



Carte 8 : Carte des fractions sédimentaires.

L'indice de tri du sédiment (σ) varie entre 0,5 à la station TR86 et 26,1 à la station TR02 (Tableau 4). Ces résultats indiquent une légère hétérogénéité des sédiments qui sont pour la majorité pauvrement triés (i.e. 57 stations). Cinq stations sont extrêmement pauvrement classées, 38 stations sont très pauvrement triées, 13 stations sont modérément classées, cinq sont modérément bien classées, trois stations sont bien classées et 13 sont très bien classées. Par conséquent, un gradient des sables fins aux graviers est observé. On peut remarquer l'absence de vase dans la majorité des sédiments sauf dans les sédiments hétérogènes. Le diagramme triangulaire de Sheppard illustre ce gradient (Figure 21). Trois ensembles sédimentaires s'opposent les sables fins, les sédiments grossiers et les sédiments hétérogènes. La grande majorité des stations est composée de sables grossiers et de graviers.

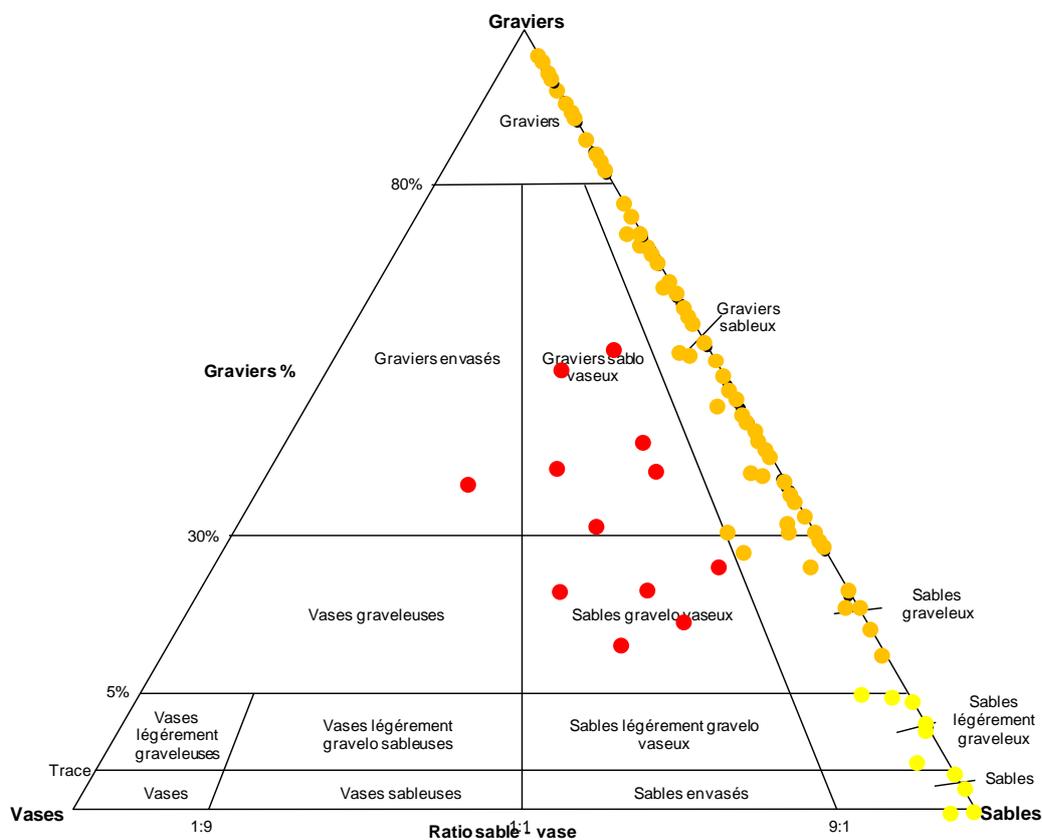


Figure 21 : Représentation graphique des stations échantillonnées selon le diagramme de Sheppard réalisé sur la base de trois systèmes de coordonnées granulométriques : les graviers ($> 2\text{mm}$), les sables ($0,063 - 2\text{mm}$) et les vases ($< 0,063\text{mm}$). En jaune = les sables fins à moyens, en Orange = les sédiments grossiers et en Rouge = les sédiments hétérogènes, selon les correspondances EUNIS Niveau 1.

Le dendrogramme réalisé d'après la matrice des distances euclidiennes confirme la relative hétérogénéité des sédiments échantillonnés et isole plusieurs ensembles distincts (Figure 22). L'indice de stress (i.e. 0,12) du MDS indique une bonne qualité de l'ordination des sites.

Group average

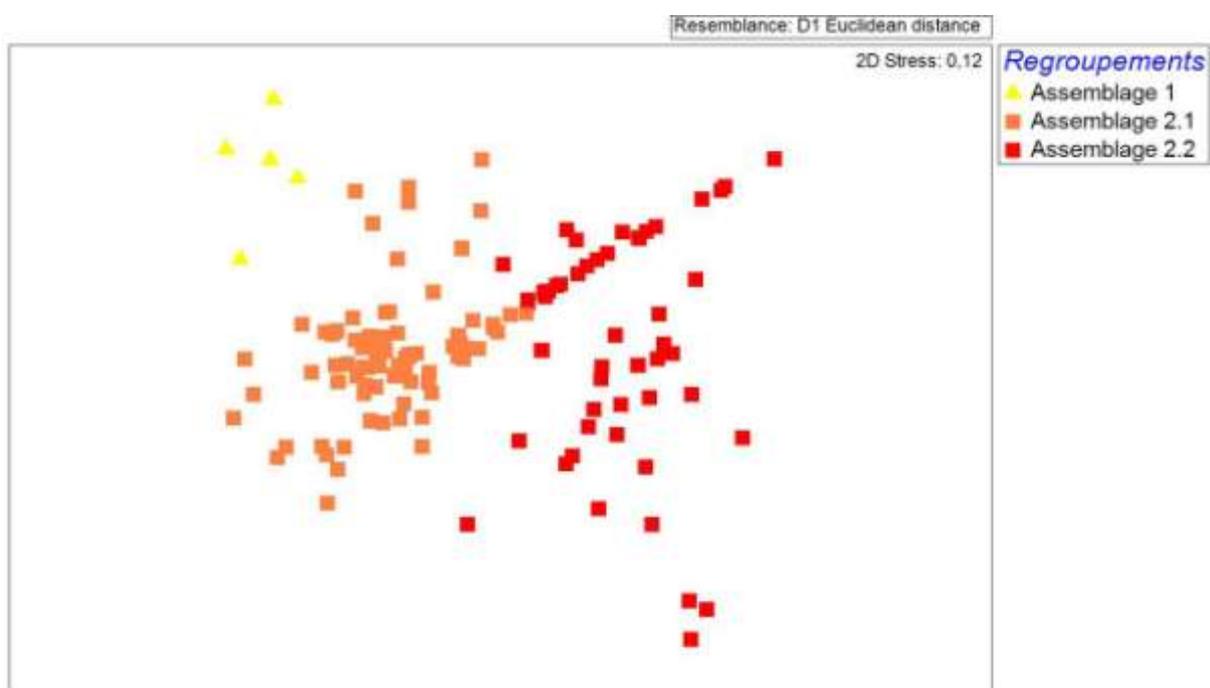
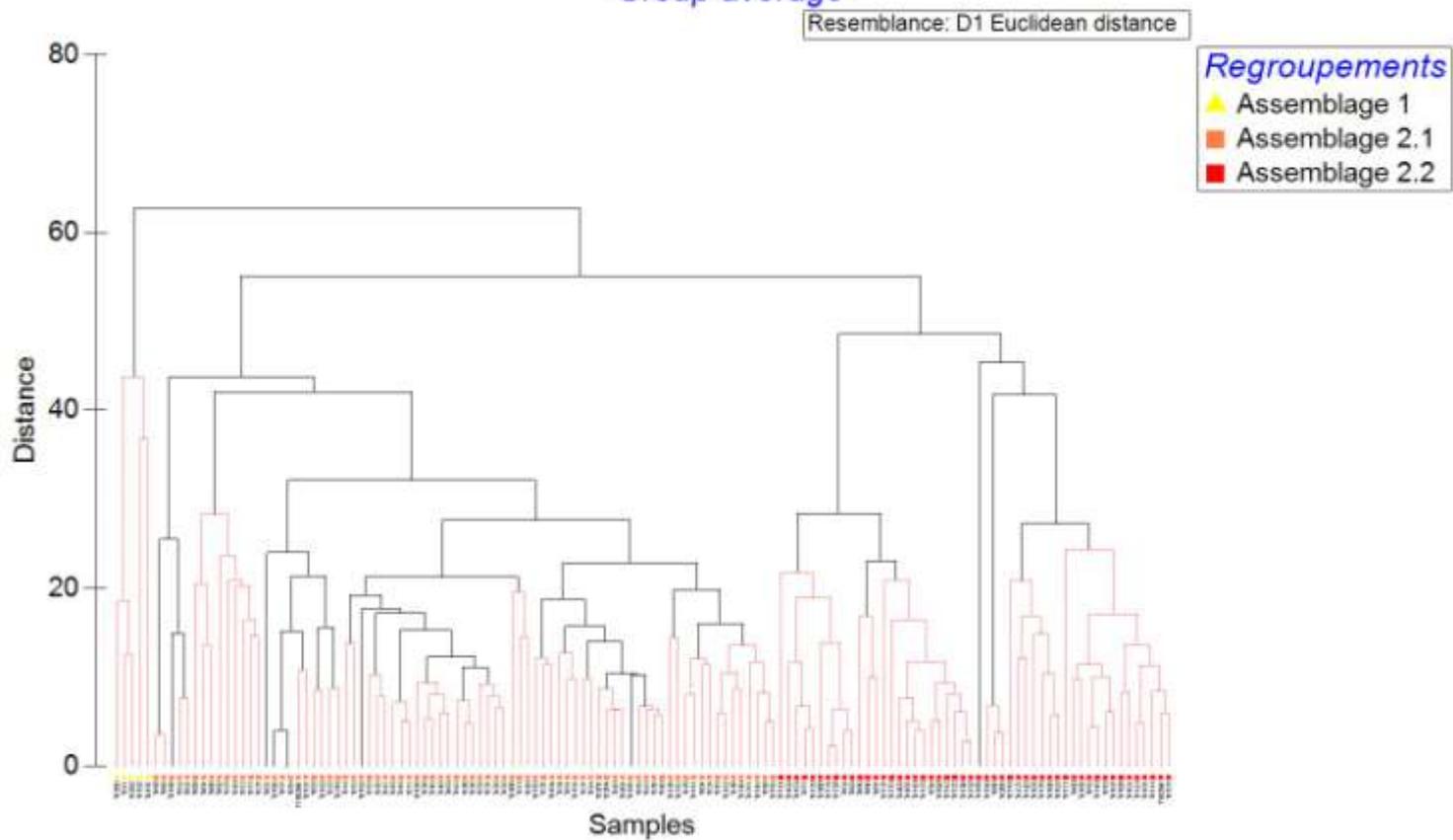


Figure 22 : Dendrogramme et MDS effectué à partir de la matrice des distances euclidiennes, calculée d'après les données granulométriques.

Un premier ensemble (Assemblage 1) est constitué de cinq stations, alors qu'un second ensemble regroupe le reste des stations (Assemblage 2). L'assemblage 1 est dominé par des sables fins. L'ensemble 2 se décompose en deux sous-ensembles inégaux en fonction des proportions relatives de sables, de graviers et de galets (Tableau 5).

Le sous-ensemble **2-1** englobe les stations des sables grossiers à très grossiers alors que le **sous-ensemble 2.2** regroupe les stations caractérisées par la présence de gravier et de galets.

Ces résultats indiquent que la plupart des stations échantillonnées sont associées à des fonds de sédiments grossiers et gravier avec une teneur en pélites de faibles à nulles. Un fort gradient entre les sables fins et les galets est à nouveau mis en évidence. La figure 23 illustre les différents types sédimentaires observés : galets et graviers, gravier sableux, sable moyen coquillier et sable fin à moyen.



Figure 23 : Illustrations des différents types sédimentaires observés. De haut en bas et de gauche à droite : Galets et cailloutis (TR102), Gravier sableux (TR16), Sables grossiers (TR61) et Sables fins (TR202) (Clichés TBM)

4.2.2 MATIÈRE ORGANIQUE ET DONNÉES HYDROLOGIQUES

4.2.2.1 Matière organique

La teneur moyenne en matière organique est comprise entre 0,8 % et 9,4 % pour respectivement TR202 et TR21 (figure 24). 88 stations présentent des pourcentages inférieurs à 2% (Carte 8).

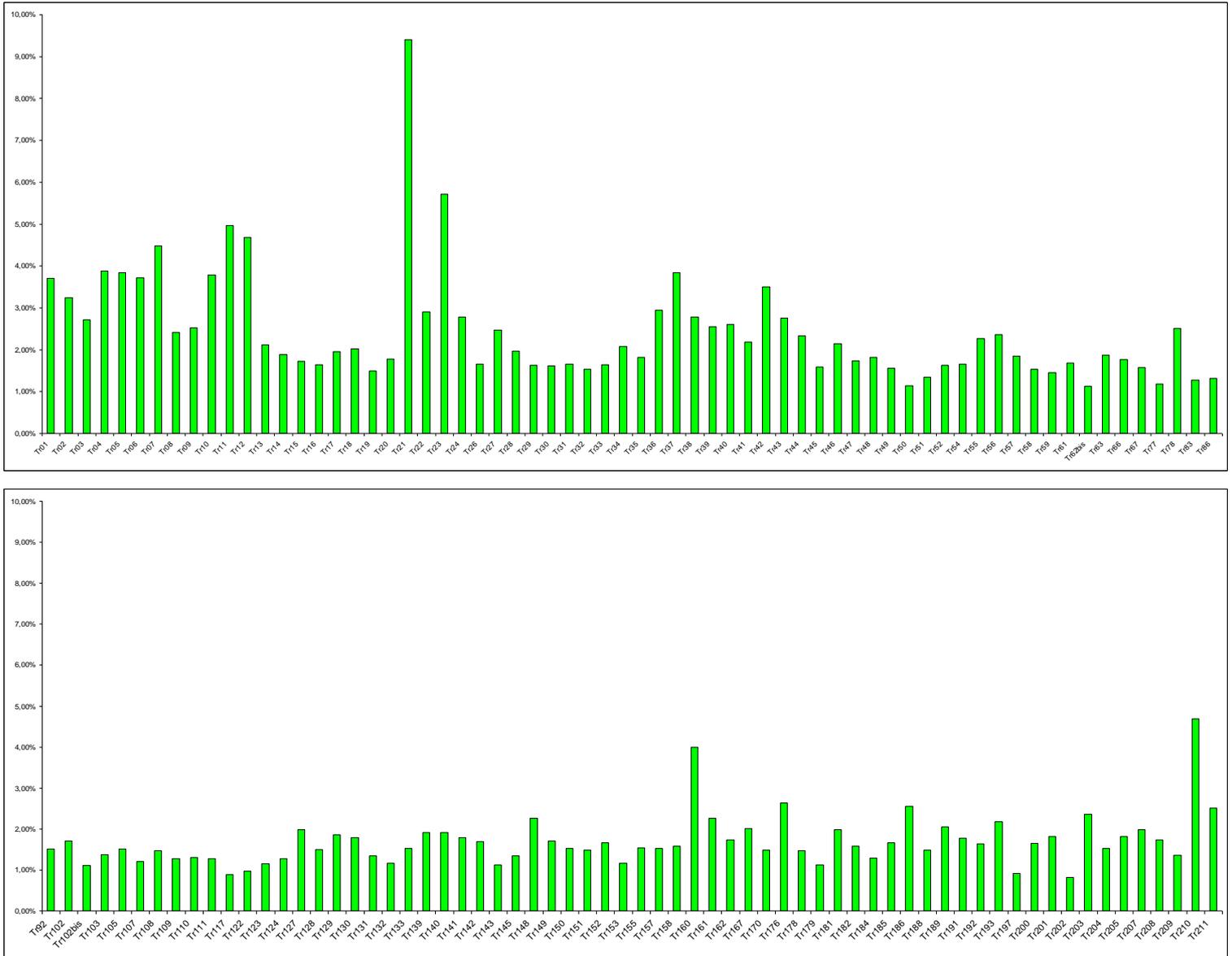
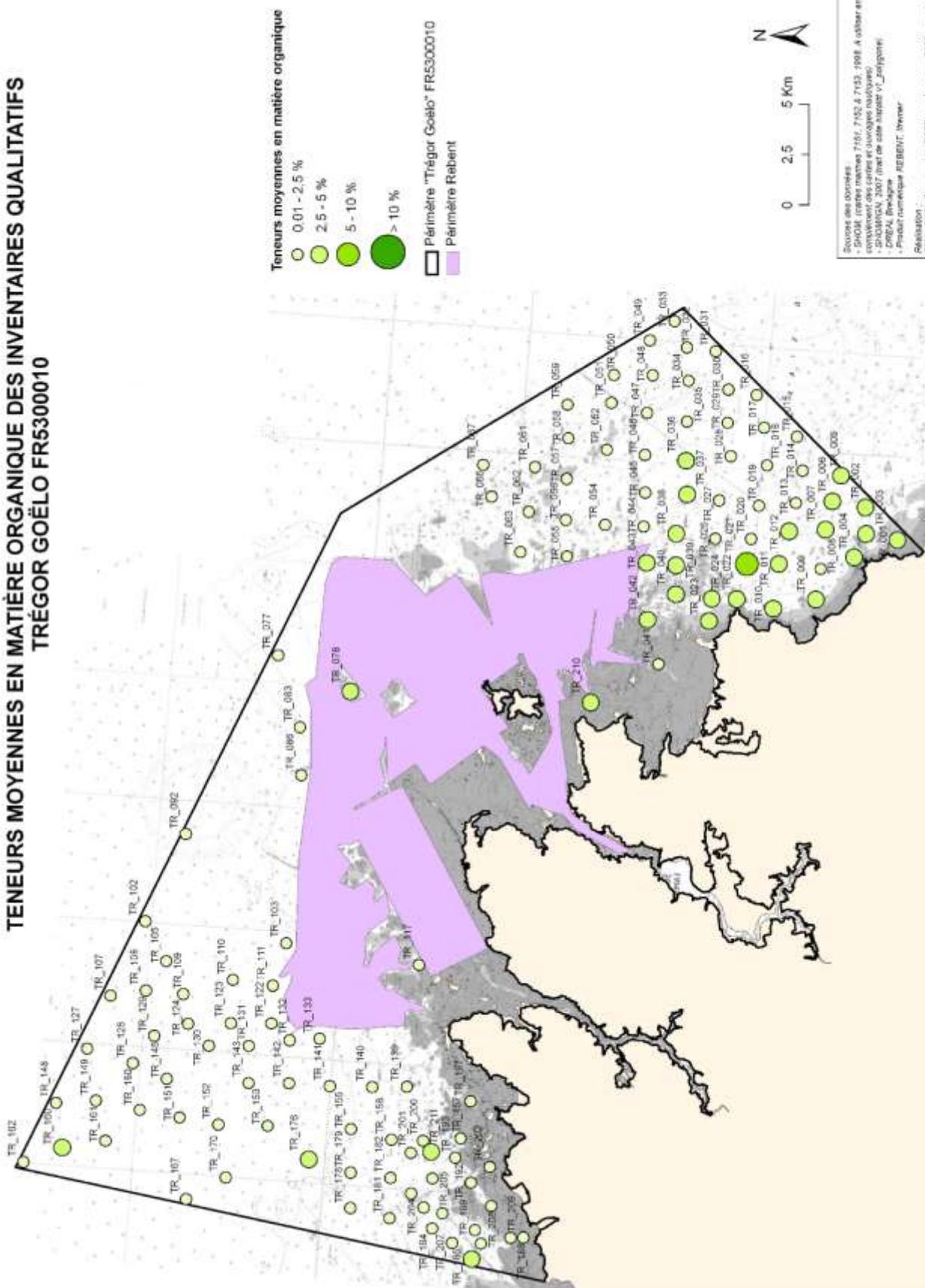


Figure 24 : Teneurs moyennes en matière organique.

TENEURS MOYENNES EN MATIÈRE ORGANIQUE DES INVENTAIRES QUALITATIFS TRÉGOR GOËLO FR5300010



Carte 9 : Carte des teneurs moyennes en matière organique. Les classes sont exprimées en pourcentage.

4.2.2.2 Données hydrologiques

Les mesures hydrologiques ont été réalisées sur 7 stations en même temps que les stations quantitatives : stations TR12, TR16, TR32, TR39, TR50, TR55 et TR66. Les différents graphiques qui récapitulent les 4 paramètres hydrologiques étudiés sont en Annexe 3.

Les mesures de température de l'eau de mer relevées sur les 7 stations sont homogènes et une température de surface comprise entre 12,4°C et 13,5°C est observée. Aucune variation significative de la température n'est observée avec l'augmentation de la profondeur.

Les mesures de turbidité enregistrées par la sonde YSI témoignent d'une eau peu chargée en particules et d'une très bonne visibilité (turbidité < 5 NTU). Des valeurs plus importantes sont observées à proximité du fond, sur les stations les plus profondes (TR12, TR50 et TR66).

Les profils bathymétriques de la saturation de l'eau de mer en oxygène dissous sont tous similaires : le pourcentage de saturation d'oxygène dissous diminue faiblement avec l'augmentation de la profondeur.

Les profils de conductivité enregistrés depuis la surface jusqu'à des profondeurs de plus d'une trentaine de mètres sont similaires pour les 7 stations et affichent des valeurs allant de 53,3 cm.ms⁻¹ à 53,5 cm.ms⁻¹.

4.2.3 STATIONS SEMI-QUANTITATIVES

4.2.3.1 Traits dominants de la macrofaune

Sur les 134 dragues Rallier du Baty effectuées, nous avons réalisé l'inventaire exhaustif de la faune sur les tamis de 10 et 5 mm. L'analyse de ces 134 échantillons biologiques (correspondant à 30 litres de sédiment par station) a permis de recenser plus de 30000 individus, et d'identifier 308 taxons. L'annexe 2 récapitule les données obtenues.

Les abondances sont comprises entre 0 et 2011 individus (Figure 25, carte 9). Les valeurs minimales sont observées pour les stations où uniquement de l'épifaune est observée. En effet, pour les éponges, bryozoaires, etc. seule la présence est notée. La valeur maximale est notée pour la station TR21. 74 stations ont des abondances inférieures à 100 individus, 54 stations ont des abondances comprises entre 100 et 1000 individus, et six stations ont des abondances supérieures à 1000 individus. Les stations avec les plus forts effectifs sont dominées par le mollusque *Crepidula fornicata* et dans une moindre mesure par l'échinoderme *Ophiothrix fragilis* (Figure 25).

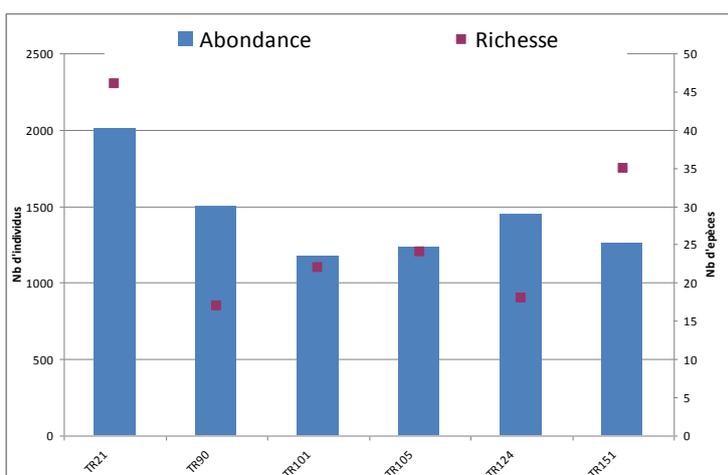
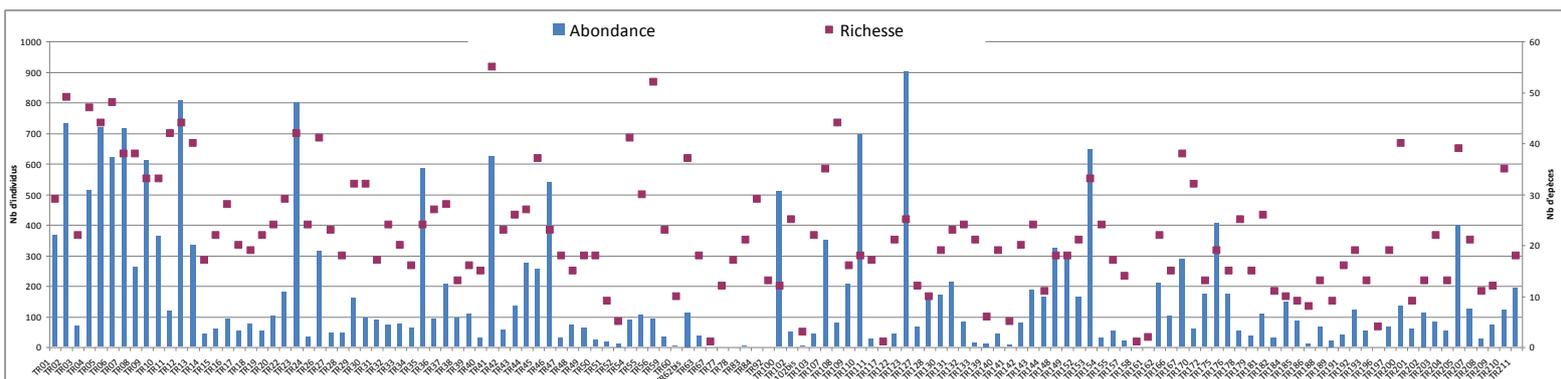
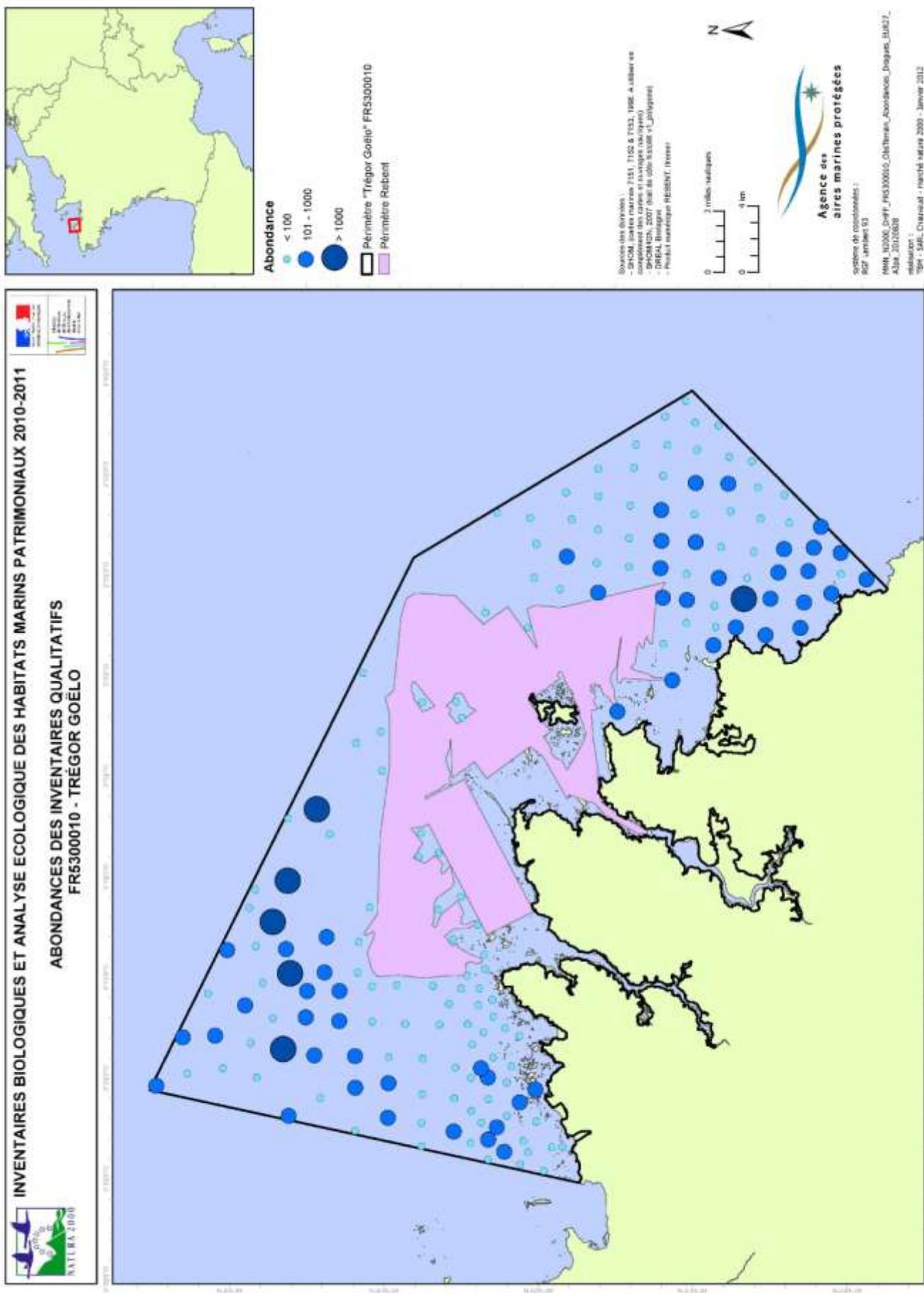


Figure 25 : Abondance et richesse spécifique (Drague Rallier du Baty, 30 litres de sédiment, tamisage sur 10 et 5 mm)(Attention deux échelles différentes) et illustration de *Crepidula fornicata* (Cliché TBM)

En termes de richesse spécifique, les valeurs sont comprises entre 1 (TR67) et 55 (TR41). 14 stations ont des valeurs inférieures à 10, 18 stations ont des valeurs comprises entre 10 et 15 espèces, 71 ont des valeurs comprises entre 15 et 30 et enfin 31 stations ont une richesse spécifique supérieure à 30 (Figure 25, carte 10).



Carte 10 : Carte des abondances pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty.

Tableau 5 : Diversité et équitabilité

Stations	Diversité H'	Equitabilité	Stations	Diversité H'	Equitabilité
TR01	1,65	0,35	TR103	3,27	0,84
TR02	2,08	0,39	TR105	0,29	0,07
TR03	3,32	0,80	TR107	1,27	0,28
TR04	2,19	0,40	TR108	4,30	0,88
TR05	2,27	0,42	TR109	0,59	0,19
TR06	2,41	0,44	TR110	0,26	0,07
TR07	1,84	0,36	TR111	3,16	0,83
TR08	2,35	0,47	TR122	3,73	0,88
TR09	1,79	0,37	TR123	0,35	0,08
TR10	2,15	0,45	TR124	0,10	0,03
TR11	4,31	0,83	TR127	0,74	0,29
TR12	1,85	0,35	TR128	0,33	0,14
TR13	1,66	0,34	TR130	0,39	0,15
TR14	3,33	0,87	TR131	1,45	0,34
TR15	3,17	0,76	TR132	2,98	0,72
TR16	3,46	0,74	TR133	3,42	0,99
TR17	3,20	0,78	TR139	2,11	0,91
TR18	3,43	0,81	TR140	3,23	0,79
TR19	3,76	0,88	TR141	2,00	1,00
TR20	2,89	0,66	TR142	2,37	0,62
TR21	1,23	0,23	TR143	0,67	0,19
TR22	2,67	0,57	TR144	0,36	0,13
TR23	1,58	0,30	TR148	0,42	0,12
TR24	4,01	0,94	TR149	0,43	0,12
TR26	2,60	0,51	TR151	0,43	0,10
TR27	3,61	0,85	TR152	1,39	0,36
TR28	3,27	0,84	TR153	0,88	0,19
TR29	3,32	0,68	TR154	3,58	0,92
TR30	3,32	0,72	TR155	2,48	0,67
TR31	2,24	0,63	TR157	3,61	0,95
TR32	3,34	0,82	TR162	0,91	0,23
TR33	3,12	0,82	TR166	0,83	0,26
TR34	2,43	0,70	TR167	1,20	0,26
TR35	1,04	0,23	TR170	3,57	0,83
TR36	2,80	0,61	TR172	0,71	0,24
TR37	1,99	0,42	TR175	0,57	0,15
TR38	2,27	0,63	TR176	0,89	0,24
TR39	1,80	0,45	TR178	3,85	0,88
TR40	3,16	0,85	TR179	2,60	0,70
TR41	2,63	0,47	TR181	2,48	0,59
TR42	4,07	0,91	TR182	2,45	0,82
TR43	2,86	0,64	TR184	1,12	0,35
TR44	2,04	0,46	TR185	1,72	0,54
TR45	1,74	0,34	TR186	2,75	0,98
TR46	0,64	0,15	TR188	2,74	0,74
TR47	3,38	0,84	TR189	2,82	0,89
TR48	1,81	0,50	TR191	3,55	0,91
TR49	2,56	0,69	TR192	2,97	0,70
TR50	3,19	0,92	TR193	2,04	0,55
TR51	1,84	0,79	TR197	3,10	0,74
TR52	0,92	0,58	TR200	3,57	0,71
TR54	4,73	0,93	TR201	1,64	0,52
TR55	4,09	0,84	TR202	2,02	0,55
TR56	5,02	0,93	TR203	2,62	0,63
TR59	2,77	0,71	TR204	2,34	0,65
TR60	0,92	0,92	TR205	1,74	0,38
TR62bis	3,94	0,82	TR207	2,43	0,57
TR63	3,80	0,93	TR208	2,87	0,83
TR100	0,16	0,07	TR209	2,38	0,66
TR101	0,32	0,09	TR210	4,60	0,90
TR102	3,59	0,85	TR211	1,74	0,44
TR102bis	0,92	0,92			

Le tableau 5 récapitule les résultats obtenus pour les indices de diversité de Shannon et d'équitabilité de Pielou. Les valeurs fluctuent entre 0,1 et 5,02 pour la diversité spécifique, et entre 0,03 et 1 pour l'équitabilité. Les valeurs sont minimales pour la station TR124 et maximales pour la station TR56 pour la diversité et TR141 pour l'équitabilité. Les valeurs faibles de la diversité et de l'équitabilité indiquent la dominance d'une à deux espèces. Une augmentation de la diversité ainsi que de l'équitabilité indique une répartition plus homogène des individus entre les espèces.

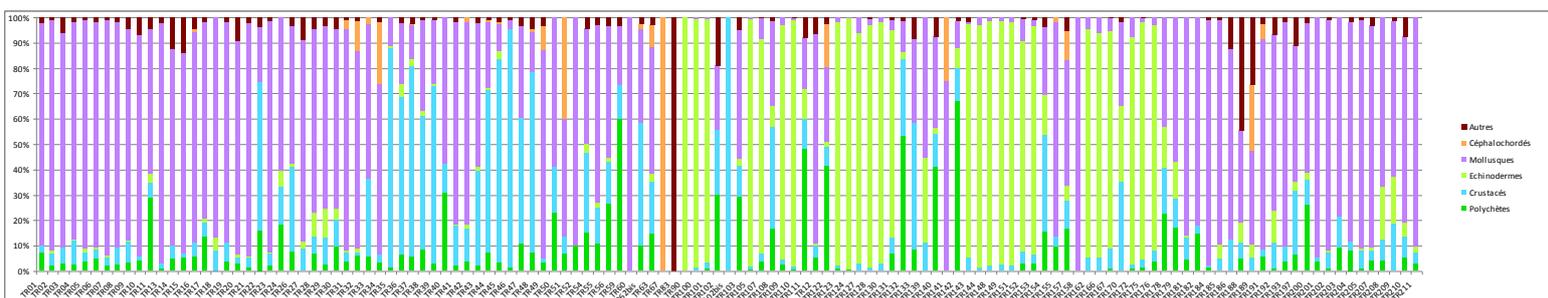


Figure 26 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

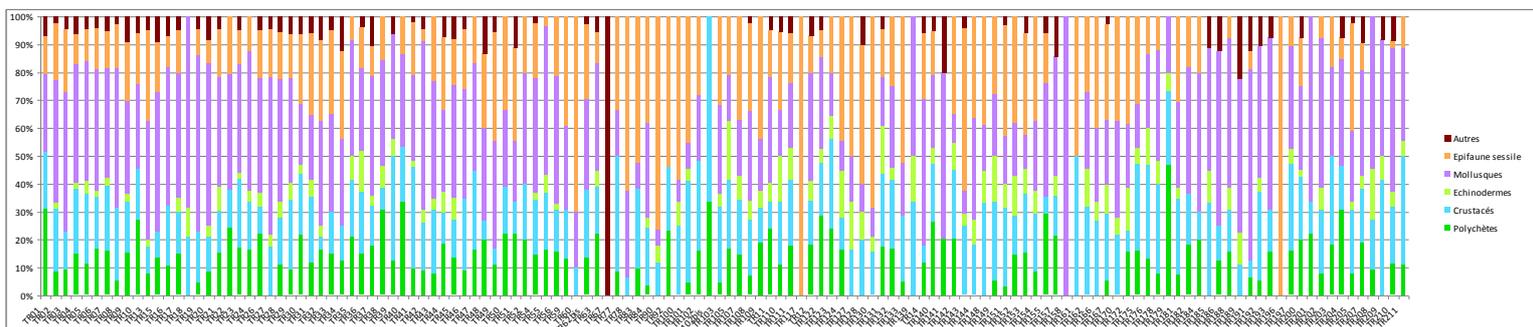
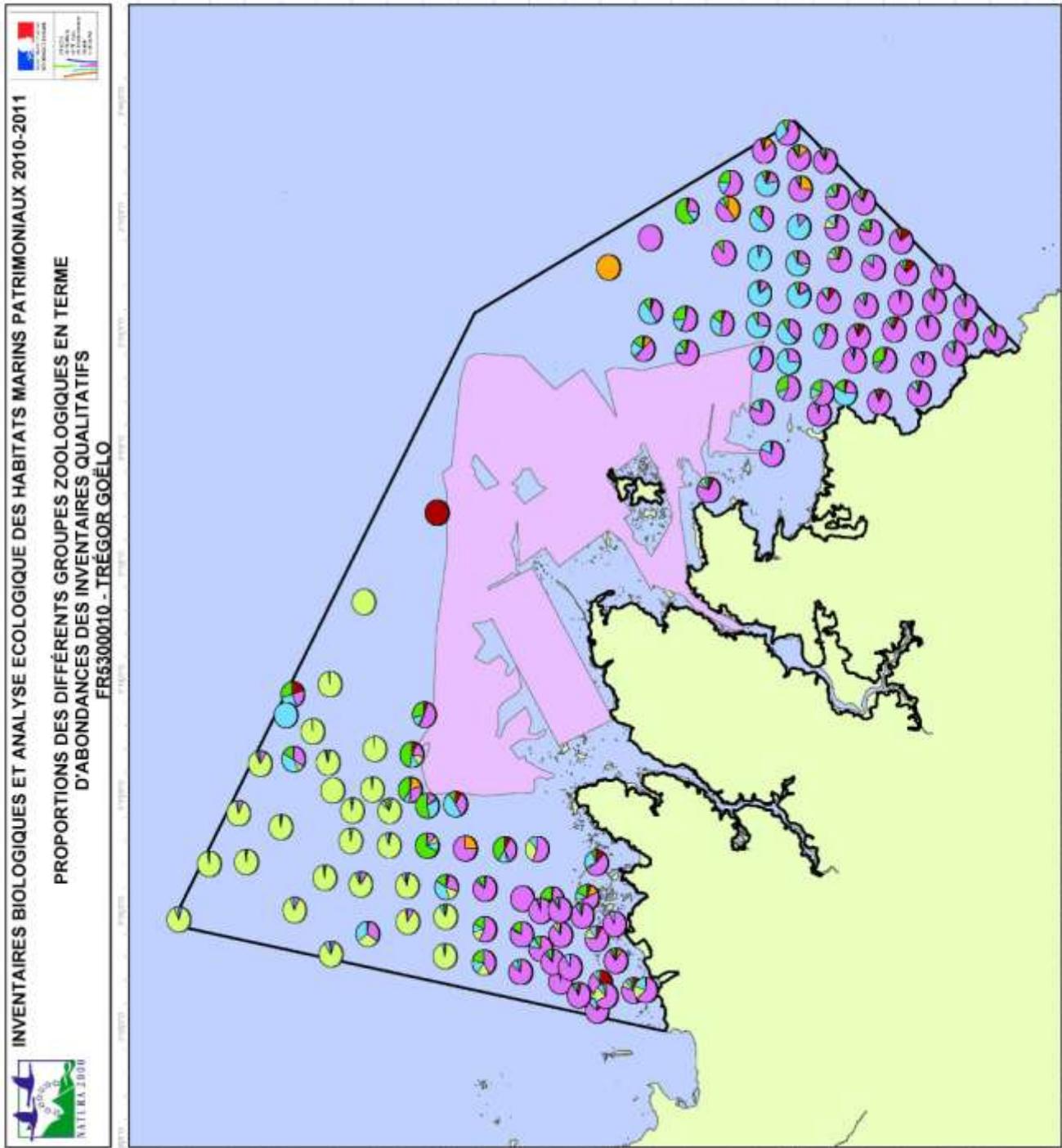


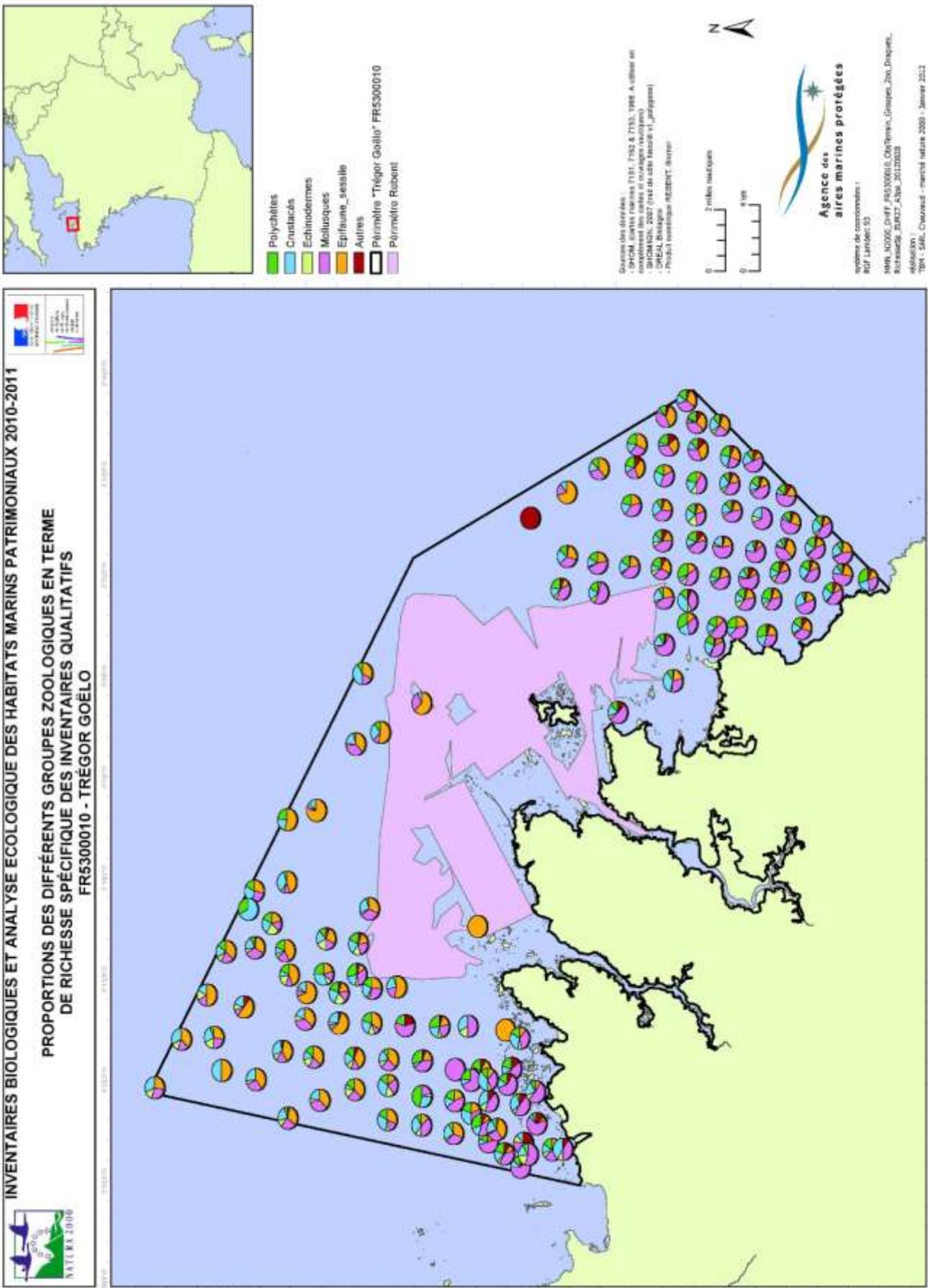
Figure 27 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

Trois types de dominance taxonomique sont observés en termes d'abondance. Un premier groupe de stations est dominée quasi exclusivement par les échinodermes, un second groupe est dominé par les mollusques et enfin un dernier groupe est constitué en majorité de crustacés (figure 26, carte 12). On peut noter la présence non négligeable dans certaines stations du céphalochordé *Branchiostoma lanceolatum*.

En termes de richesse spécifique (figure 27, carte 13), même si les proportions sont légèrement variables en fonction des stations, quatre groupes sont dominants : les mollusques, les polychètes, les crustacés et l'épifaune sessile (cnidaires, éponges, bryozoaires, tuniciers). Cette analyse fait apparaître l'importante présence d'espèces de l'épifaune sessile voir même la dominance dans certaines stations.



Carte 12 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty.



Carte 13 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty.

4.2.3.2 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. 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 28 illustre les regroupements de stations apparentées. Seront abordées ensuite les principales caractéristiques de ces unités de peuplements.

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) réalisée sur la matrice présence-absence, illustre une grande hétérogénéité et deux assemblages majeurs sont isolés (Figure 28).

Ainsi les assemblages qui regroupent le plus de stations sont caractérisées par des espèces sabulicoles-gravicoles telles que les mollusques *Glycymeris glycymeris*, *Timoclea ovata* et *Spisula elliptica* ou le céphalocordés *Branchiostoma lanceolatum*. De nombreuses espèces de l'épifaune d'espèces comme l'éponge *Axinella damicornis* ou le cnidaire *Alcyonium digitatum* sont caractéristiques. Quelques espèces sont illustrées sur la figure 29.

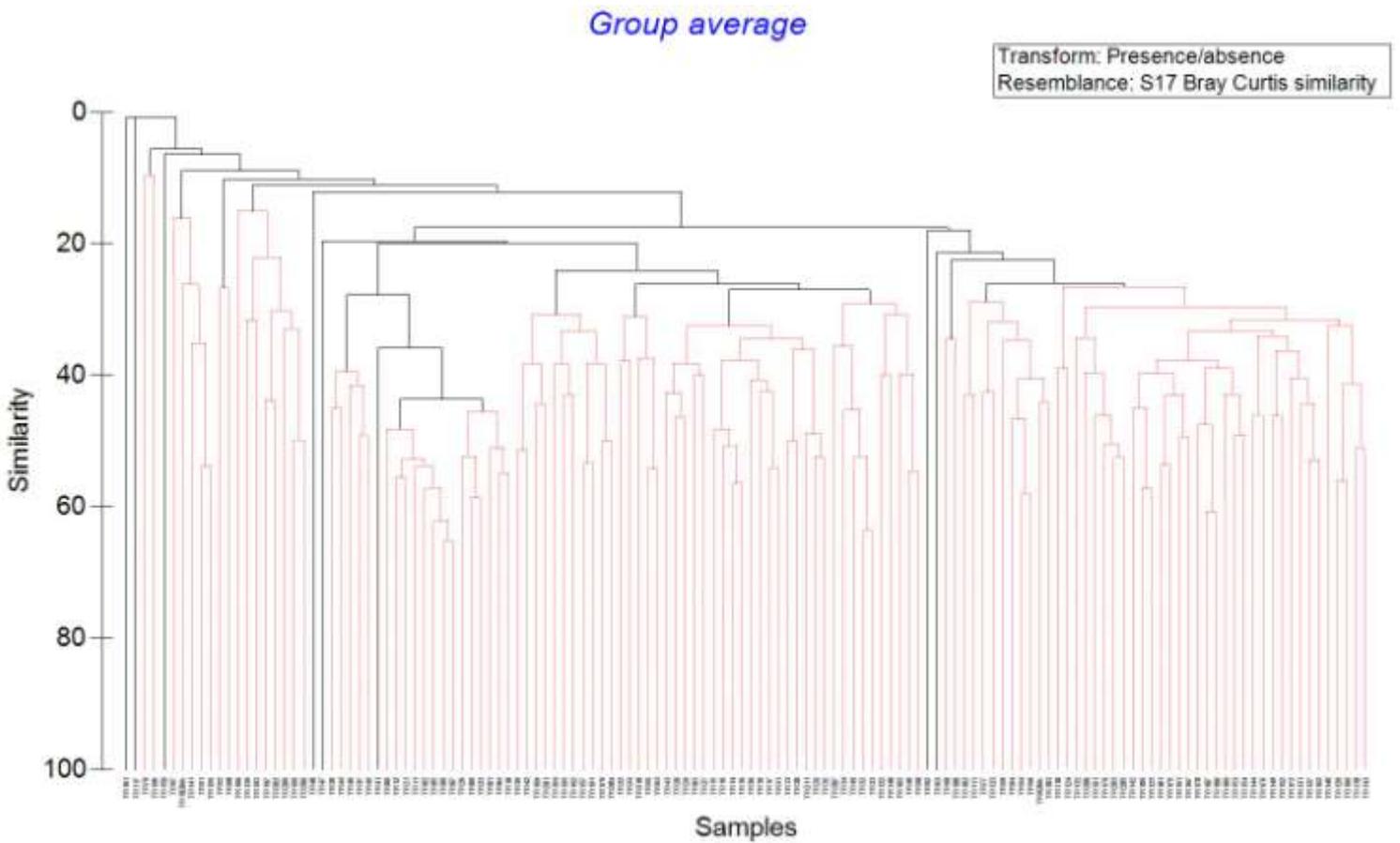


Figure 28 : CAH sur les données faunistiques en présence-absence



Figure 29 : Quelques espèces caractéristiques des assemblages observés à la drague Rallier du Baty : *Spisula elliptica*, *Glycymeris glycymeris* et *Timoclea ovata* (Clichés TBM).

4.2.4 STATIONS QUANTITATIVES

Un total de 14 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 3 illustre les stations et l'annexe 4 indique le tableau de données.

4.2.4.1 Paramètres structuraux et groupes taxonomiques de la macrofaune

Figure 30 : Richesse spécifique moyenne et Abondance moyenne (nb d'individus par m²)

Tableau 6 : Diversité et régularité moyenne

Carte 14 : Richesse et abondance moyenne pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

Figure 31 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

Figure 32 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

Carte 15 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

Carte 16 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

Tableau 7 : Tableau des contributions moyennes des espèces au sein de chaque assemblage faunistique, ordonnées par ordre décroissant de leur contribution relative (Contribution%) à la dissimilarité totale. Les abondances moyennes aux données brutes en m². Les espèces les plus discriminantes au sein de chaque assemblage (indiquées en gras) sont celles qui ont le ratio similitude/SD (écart-type) le plus élevé (Procédure SIMPER du Logiciel PRIMER).

Figure 33 : CAH et MDS sur les abondances

*Figure 34: Espèces dominantes et discriminantes des différentes assemblages : les polychètes *Nephtys cirrosa*, *Glycera lapidum*, le mollusque *Angulus fabula* et le crustacé *apseudopis latreilli*. (Clichés TBM)*

4.2.4.2 I2EC et AMBI

Figure 35 : Groupes écologiques

Tableau 8 : I2EC et AMBI

Carte 17 : Groupes écologiques des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.

4.2.5 HABITATS INVENTORIÉS ET ESPÈCES

Pour définir nos habitats, nous nous sommes appuyé sur plusieurs critères comme les analyses granulométriques et biologiques mais également sur les photographies réalisées lors des prélèvements. 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.

Enfin, pour la typologie nous avons essayé de faire des correspondances quand cela est possible entre les différentes typologies utilisées actuellement.

4.2.5.1 Habitats inventoriés

Les résultats des analyses morpho-sédimentaires et biologiques ont permis de caractériser sept entités de substrats rocheux dont un intertidal et 11 entités de substrats meubles dont un intertidaux. Les tableaux 9 et 10 synthétisent les noms et correspondances des différents habitats rocheux et meubles intertidaux et subtidaux.

Tableau 9 : Correspondance et intitulé des habitats intertidaux et subtidaux rocheux pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27, pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) et pour la typologie EUNIS

EUR27	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Code EUNIS
1170	Roches et blocs infralittoraux	Laminaires de l'infralittoral supérieur	Zone à laminaires mixtes denses	A3.31
1170	Roches et blocs infralittoraux	Laminaires de l'infralittoral inférieur	Zone à laminaires mixtes clairsemées	A3.22
Code à créer	Roches et blocs circalittoraux	Roches et blocs circalittoraux côtier	Roches et blocs circalittoraux à Gorgone (<i>Eunicella verrucosa</i>) et rose de mer (<i>Pentapora fascialis</i>) sans algues sciaphiles	A4.13
1170	Roches et blocs intertidaux			A1
Code à créer	Galets et cailloutis circalittoraux	Galets et cailloutis circalittoraux côtier		Code à créer
Code à créer	Galets et cailloutis circalittoraux	Galets et cailloutis circalittoraux côtier	Galets et cailloutis circalittoraux côtier à <i>Ophiothrix fragilis</i> (code à créer)	Code à créer

Tableau 10 : Correspondance et intitulé des habitats intertidaux et subtidaux meubles et les habitats particuliers pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27, pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) et pour la typologie EUNIS

EUR27	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3	Code EUNIS
1110	Sables grossiers et graviers sublittoraux	Sables grossiers et graviers sublittoraux marins	Sables grossiers et graviers sublittorauxc marins infralittoraux	A5.12
Code à créer	Sables grossiers et graviers sublittoraux	Sables grossiers et graviers sublittoraux marins	Sables grossiers et graviers sublittorauxc marins du circalittoral côtier à <i>Branchiostoma lanceolatum</i>	A5.135
Code à créer	Sables grossiers et graviers sublittoraux	Sables grossiers et graviers sublittoraux marins	Sables grossiers et graviers sublittorauxc marins du circalittoral côtier	A5.13
Code à créer	Sables fins à moyens sublittoraux	Sables fins à moyens sublittoraux mobiles marins	Sables fins à moyens mobiles infralittoraux	A5.23
1140	Sables intertidaux			A2.2
1160	Bancs de crépidules	Bancs de crépidules sur vases		Code à créer
1110	Herbiers de Zostères	Herbiers à <i>Zostera marina</i>	Herbiers à <i>Zostera marina</i> en condition euhaline	A5.5331
1110	Bancs de maerl	Bancs de maerl propre		A5.511

Une présentation des différents habitats subtidaux va être faite maintenant car pour les habitats intertidaux des prospections spécifiques doivent être entreprises. Nous avons fait figurer ces habitats pour pouvoir voir la limite entre la zone intertidale et la zone subtidale et pour également se rendre compte de la grande complexité des habitats.

A) Substrats rocheux

Au cours de cette étude, aucun relevé quantitatif n'a eu lieu sur les milieux rocheux. En effet, l'investigation du milieu rocheux nécessite la mise en œuvre d'autres techniques. Néanmoins grâce à la caméra sous-marine, nous avons obtenu de nombreuses données qualitatives. L'annexe 5 récapitule les stations rocheuses inventoriées. Des plongées ont été effectuées par la Station Biologique de Roscoff pour la réalisation de photographies.

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* (Figure 36). 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. La densité des laminaires n'a pas pu être estimée mais l'habitat « forêts à laminaires mixtes » semble accueillir de belle population algale.

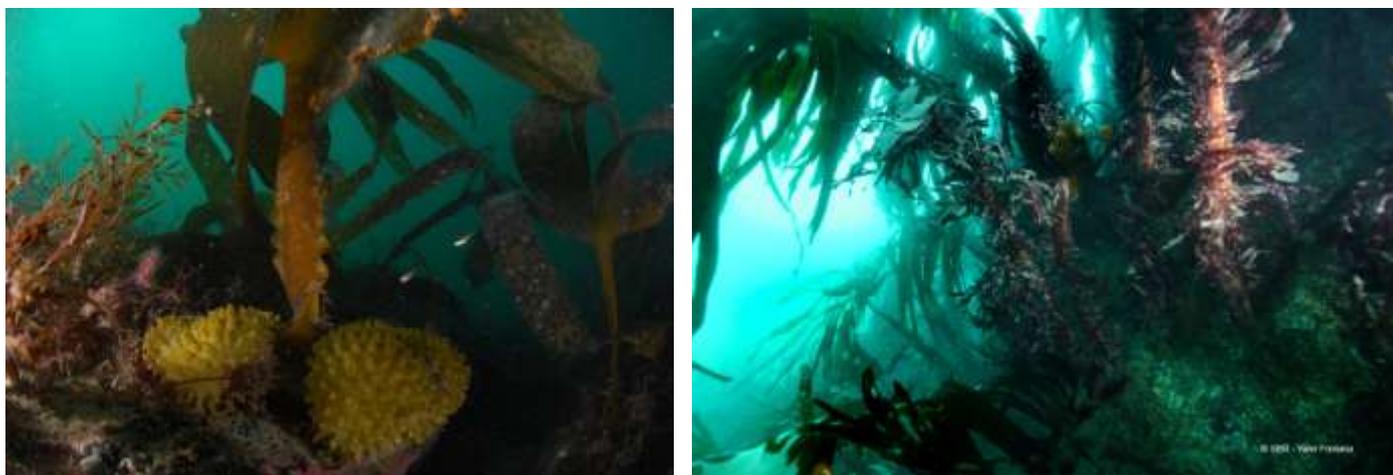


Figure 36 : *Saccorhiza polyschides* (cliché TBM-LEMAR) et *Laminaria hyperborea* (cliché SBR).

Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est 1170-5 Roche infralittorale en mode exposé, les intitulés pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Forêts de laminaires mixtes et Forêts à Laminaires mixtes clairsemées. Les codes EUNIS sont respectivement A3.31 et A3.22.

Ensuite, lorsque nous atteignons le circalittoral côtier, l'habitat : « Roches et blocs circalittoraux à gorgones, rose de mer et algues sciaphiles » est observé. Cet habitat est caractérisé par la présence d'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 *Eunicella verrucosa* ou aux hydraires comme *Nemertesia antennina* et *Gymnangium montagui*, 2) de bryozoaires comme *Pentapora fascialis* et 3) d'éponges comme *Cliona celata*. On peut également ajouter que des échinodermes sont également observés comme *Echinus esculentus* et *Marthasterias glacialis*. Le tableau 11 indique les espèces qui ont pu être identifiées sur les images vidéo, en effet de nombreuses espèces d'hydriaires par exemple n'ont pu être identifiées avec ce procédé et la figure 37 illustre quelques espèces. Les poissons ont été inventoriés à la fois dans les zones à laminaires mais aussi dans l'habitat roche et blocs circalittoraux.

Tableau 11 : Espèces animales observées sur les images vidéo

Embranchements	Espèces
Eponges	<i>Cliona celata</i> <i>Thetya aurantium</i> <i>Alcyonium</i>
Cnidaires	<i>digitatum</i> <i>Bugula sp.</i> <i>Eunicella verrucosa</i>
Bryozoaires	<i>Pentapora fascialis</i>
Crustacés	<i>Maja brachydactyla</i>
Mollusques	<i>Pecten maximus</i>
Echinodermes	<i>Echinaster sepositus</i> <i>Ophiotrix fragilis</i> <i>Phallusia</i>
Tuniciers	<i>mammillata</i> <i>Ctenolabrus</i>
Poissons	<i>rupestris</i> <i>Labrus bergylta</i>



Figure 37: *Eunicella verrucosa*, *Pentapora fascialis*, *Cliona celata*, *Echinaster sepositus* sur *Corynactis viridis*, *Echinus esculentus* et *Labrus bergylta* (Clichés SBR)

Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est à créer et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Roches et blocs circalittoraux à Gorgone (*Eunicella verrucosa*) et rose de mer (*Pentapora fascialis*) sans algues sciaphiles. Le code EUNIS est A4.13.

Deux habitats non recensés dans les typologies Eur 27 et Ifremer, nous semblent pertinent d'individualiser. Ces sont les Galets et cailloutis circalittoraux côtiers et Galets et cailloutis circalittoraux côtiers 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 conditionné 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*. La figure 38 illustre ces habitats et quelques espèces.

Les codes Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement sont à créer et les intitulés pour la nouvelle typologie sont également à créer. Les codes EUNIS sont à rapprocher de A4.1343 *Flustra foliacea* and colonial ascidians on tide-swept exposed circalittoral mixed substrata et A4.3112 Dense brittlestars with sparse *Ascidia mentula* and *Ciona intestinalis* on sheltered circalittoral mixed substrata.

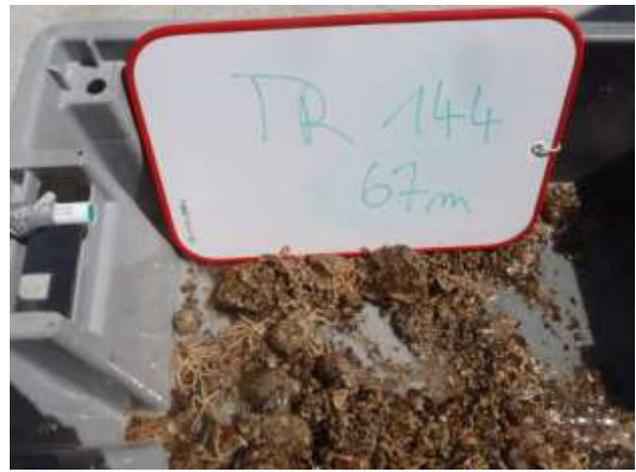


Figure 38 : Galets et cailloutis circalittoraux côtiers et Galets et cailloutis circalittoraux côtiers à *Ophiothrix fragilis*, avec *Flustra foliacea*, des bryozoaires et des foraminifères benthiques, des *Corynactis viridis*, une *Crossaster papposus* et une *Diazona violacea*.

B) Substrats meubles

Peuplement des sables fins à moyens mobiles

Ces sédiments sont moins riches et ont une abondance assez faible. En effet, ce peuplement est oligospécifique et la densité varie de 100 à 500 individus par m². Les habitats sédimentaires des sables fins et moyens côtiers sont des milieux ouverts soumis à un fort hydrodynamisme. Les espèces discriminantes identifiées sont le bivalve *Spisula elliptica*, la polychète *Nephtys cirrosa* ou l'amphipode *Bathyporeia elegans*. **Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est 1110-2 Sable moyen dunaire et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Sables fins et moyens mobiles infralittoraux. Le code EUNIS est A5.23 Sédiment fin à moyen mobile infralittoral.**

La figure 39 illustre quelques espèces de cet habitat.



Figure 39: *Spisula elliptica*, *Abra prismatica*, *Bathyporeia elegans* et *Nephtys cirrosa*

Sables grossiers et graviers sublittoraux marins du circalittoral côtier

Ce type d'habitat est également largement répandu sur le site d'étude et est couramment rencontré le long des côtes exposées (Figure 40). 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*) et des bivalves (*Glycymeris glycymeris*, *Tellina crassa*, *Nucula hanleyi*).



Figure 40: Sable grossier coquillier (Clichés SBR)

Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est 1110-3 et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Sables grossiers et graviers sublittoraux marins du circalittoral côtier. Enfin, le code EUNIS est A5.13 Sédiments grossiers circalittoraux.

Une déclinaison a été possible du fait de la présence d'espèces « indicatrices ». Ces espèces ne sont pas forcément discriminantes par les analyses statistiques mais leur présence permet d'aller plus loin dans la typologie EUNIS. En effet, les codes de la typologie IFREMER et EUR27 restent inchangés. **Cette espèce « particulière » est le céphalochordé *Branchiostoma lanceolatum*. Les codes EUNIS est A5.135.**

La figure 41 illustre quelques espèces que l'on peut observer dans ces habitats.

Polychètes : *Aonides paucibranchiata* et *Glycera lapidum*



Bivalves : *Glycymeris glycymeris* et *Polititapes virgineus*



Echinodermes : *Amphipholis squamata*, *Echinocyamus pusillus*



Céphalochordés : *Branchiostoma lanceolatum*



Figure 41 : Exemples d'espèces inventoriées dans les stations de l'habitat A5.13 Sables grossiers et gravières circalittorales côtiers.

C) Habitats particuliers

Bancs de maerl propre

Ce type de peuplement est à rapprocher des sables grossiers et graviers mais la diversité et l'abondance y est légèrement plus importante. La proportion de maerl vivant n'est jamais très importante et est comprise entre 2 et 10%. L'importance de la couche de maerl est variable. Cet habitat est souvent observé en mosaïque avec l'habitat sable grossier et gravier infralittoraux. Quelques belles étendues de véritable banc de maerl ont été inventoriées sur le périmètre d'étude.

Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est 1110-3 Sable grossier et gravier, bancs de maerl et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Bancs de maerl propre. Enfin, le code EUNIS est A5.511 Banc de maerl sur gravier propre et sable grossier.

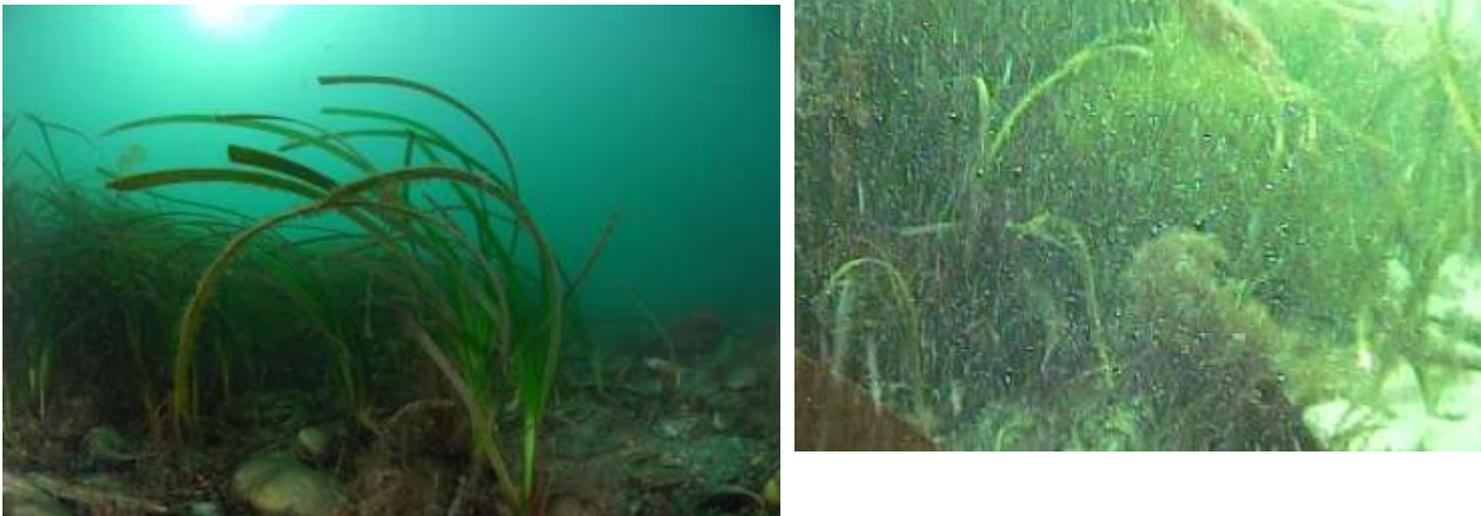


Figure 42 : Herbiers de *Zostera marina*.(Clichés TBM).

Herbiers de *Zostera marina*

Enfin, nous avons également observé un autre habitat inscrit à la convention OSPAR, les herbiers de zostères marines (*Zostera marina*) (Figure 42). Les herbiers inventoriés se développent sur du sédiment sablo-graveleux. Des herbiers denses et épars sont ainsi observés. **Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est 1110-1 Sables fins propres et légèrement envasés, herbiers de *Z. marina* et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Herbiers à *Zostera marina* en condition euhaline. Enfin, le code EUNIS est A5.5331.**

Bancs de crépidules

Un habitat particulier a été observé à cause de la présence du gastéropode *Crepidula fornicata*. La crépidule, espèce invasive, est une espèce fortement structurante et engendrer des modifications de l'habitat originel. Sa présence va par exemple créer un envasement progressif lié à la production de biodépôts. Cette espèce va coloniser une grande diversité d'habitat comme les bancs de maërl ou les sédiments moyens à grossiers.

Néanmoins, la colonisation des fonds par la crépidule diversifie et enrichit localement la macrofaune en créant une hétérogénéité sédimentaire (élément grossier et élément fin). Cette particularité va entraîner jusqu'à un certain seuil une diversification des niches écologiques. La présence d'espèces de l'épifaune sessile et de l'épifaune vagile est par exemple observée en grand nombre sur ces fonds. La richesse spécifique peut localement être accentuée.

Les codes Natura 2000 Eur 27 pour cet habitat est 1160-1 et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Banc de crépidules sur vase. Enfin, le code EUNIS est à créer.

Il est important de noter que les habitats « vaseux » sont très rares en Manche et par conséquent c'est l'installation de la crépidule qui a conduit à cet envasement et à l'apparition de cet habitat particulier.

4.2.5.2 Analyses multivariées et paramètres structuraux pour les habitats meubles

Dans le but de voir si l'attribution des habitats et en cohérence avec nos prélèvements biologiques nous avons réalisé un CAH avec les données transformées (présence-absence) obtenues à la drague Rallier du Baty et celles transformées ($\text{Log}(X+1)$) pour les données quantitatives mais en y incorporant la notion d'habitat. Les figures 43 et 44 illustrent les résultats obtenus.

Avec les données des dragues Rallier du Baty, à part quelques stations atypiques, plusieurs regroupements sont observés. Un premier grand groupe est composé par les galets et cailloutis et les galets et cailloutis avec *Ophiothrix fragilis*. Dans ce groupe quelques stations de sédiment grossier sont observées reflétant un faciès d'appauvrissement des galets à cailloutis. Un second grand ensemble regroupe les stations de sédiments grossiers. Deux autres habitats sont bien regroupés se sont les crépidules sur vase et les bancs de maerl. Pour ce dernier habitat, certaines stations sont rattachées aux sédiments grossiers ceci reflétant des fois une épaisseur faible de la couche de maerl.

Le tableau 12 récapitule différents paramètres synthétiques pour les différents habitats inventoriés. Les crépidules sur vases et le maerl ont la plus forte richesse. Cette richesse spécifique assez élevée est liée en partie à la présence d'espèce de la mégafaune et de l'épifaune sessile telle que des éponges ou des cnidaires. En terme d'abondance se sont les crépidules sur vase et les galets à cailloutis à *Ophiothrix fragilis* qui ont les plus fortes valeurs suivis par les bancs de maerl. Pour les galets-cailloutis à *Ophiothrix fragilis* et les crépidules sur vases ces fortes abondances sont dues à deux espèces *Ophiothrix fragilis* et *Crepidula fornicata* alors que dans les bancs de maerl plusieurs espèces contribuent à des valeurs d'abondance assez élevées.

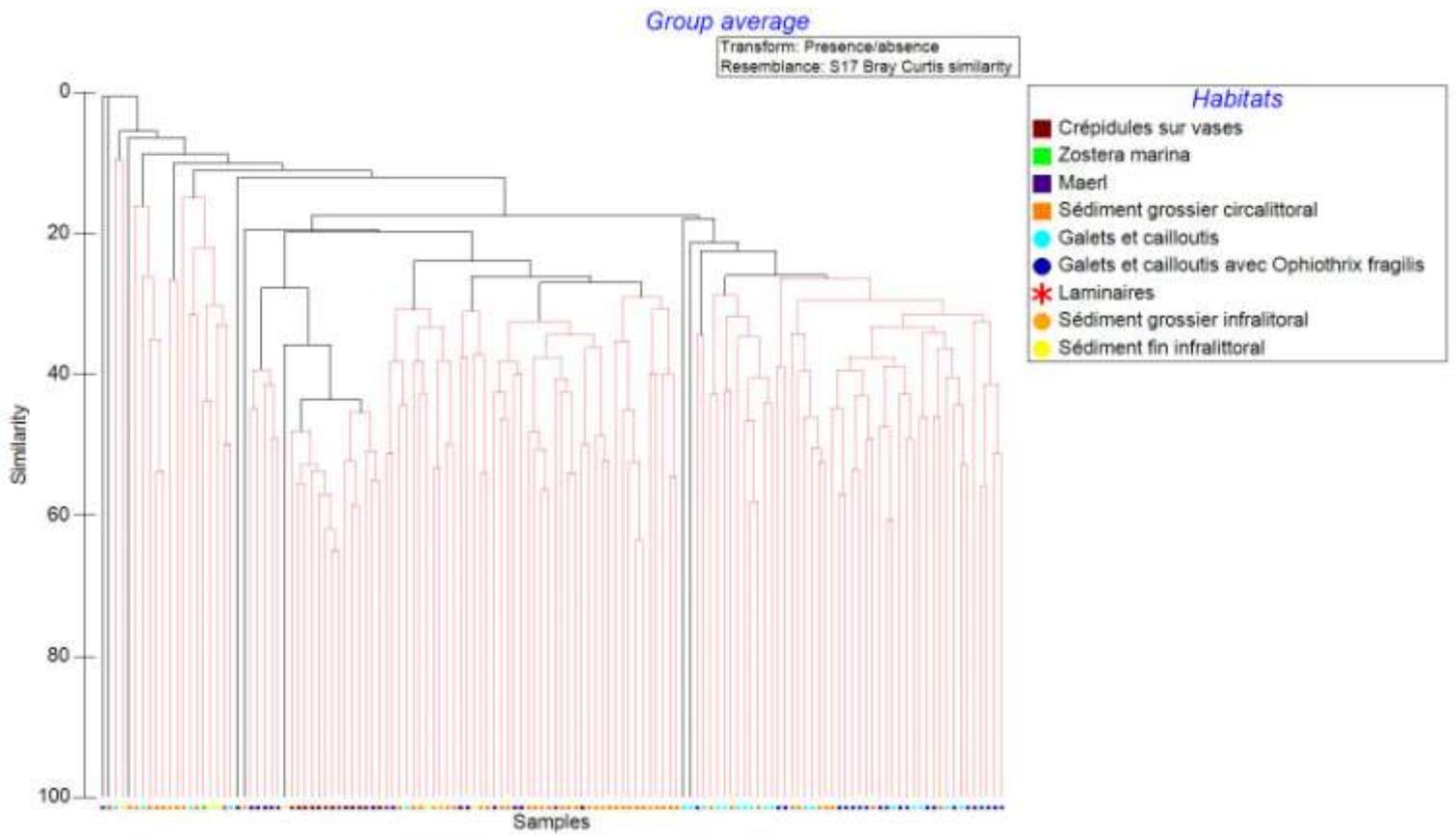


Figure 43 : Dendrogramme sur la matrice faune des dragues Rallier du Baty en présence/absence

Figure 44 : Dendrogramme sur la matrice faune des stations quantitatives (transformation en $\text{Log}(X+1)$).

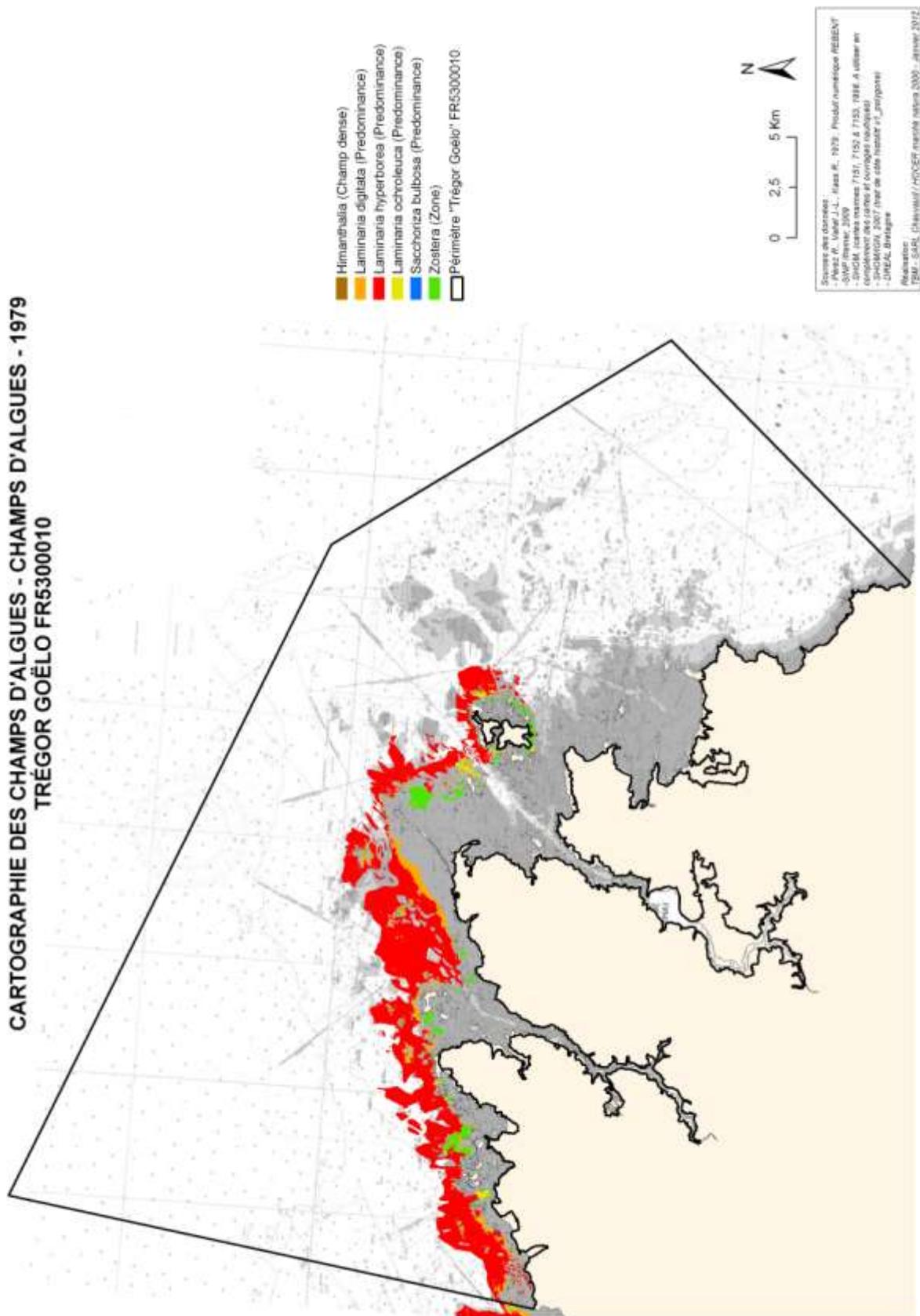
Tableau 12 : Richesse spécifique moyenne, Abondance moyenne obtenues avec la drague Rallier du Baty en fonction des différents habitats observés.

Habitats	Nb de stations	Abondance moyenne	Richesse spécifique moyenne
Galets et cailloutis	22	70,55	19,45
Galets et cailloutis avec <i>Ophiothrix fragilis</i>	22	531,14	20,91
Sédiment grossier circalittoral	51	83,04	19,27
Maerl	17	218,82	27,24
Zostera marina	1	63,00	19,00
Sédiment fin infralittoral	6	172,83	23,00
Crépidules sur vases	12	636,17	40,33

4.2.5.3 Carte d'habitat

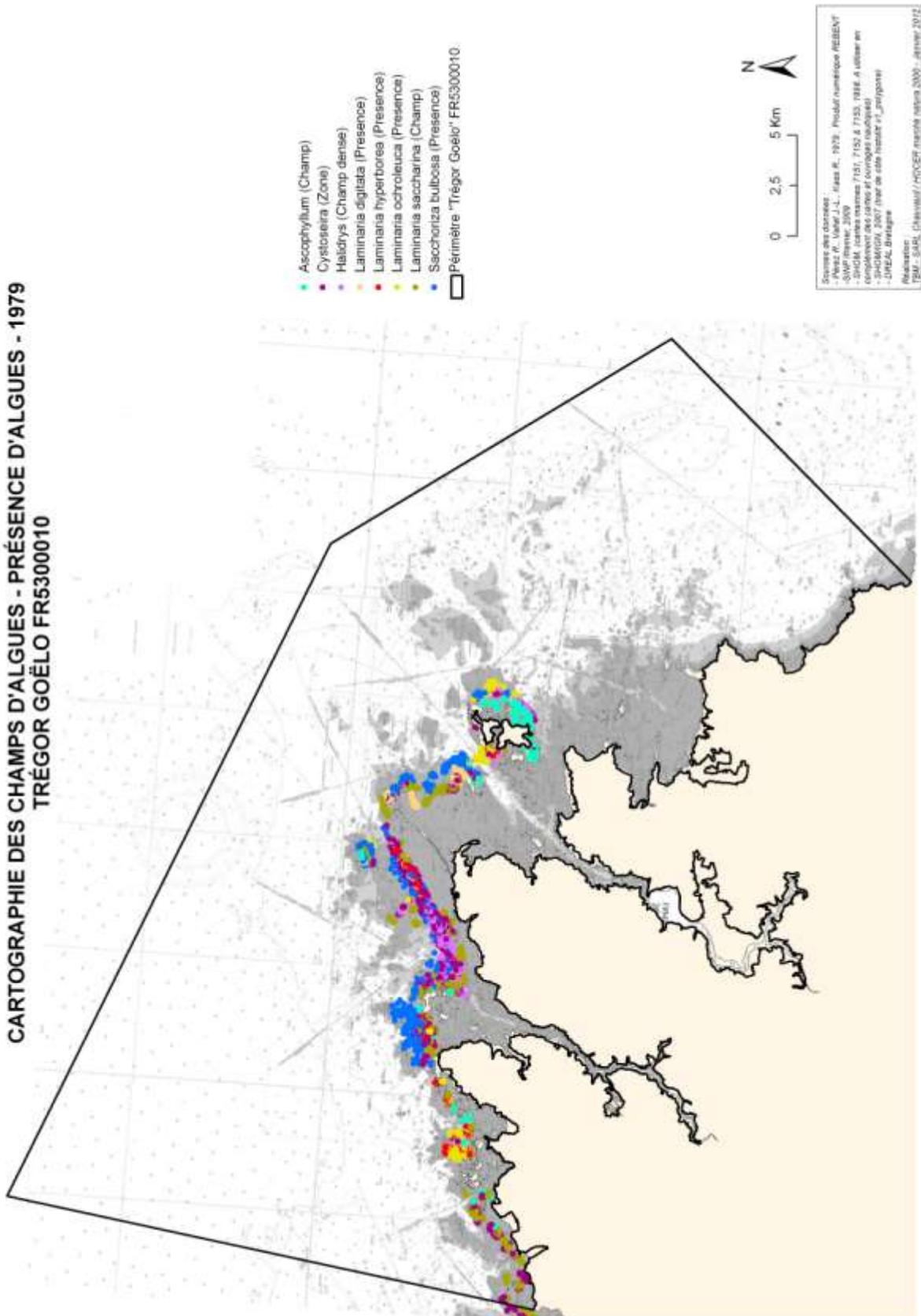
Sur le site Natura 2000 Trégor Goëlo FR 5300010, la déclinaison des habitats en niveau 2 est toujours possible par contre pour le niveau 3 cela n'est pas toujours le cas. Les cartes 18 à 24 indiquent les données anciennes utilisées lors de la constitution de la carte finale. Les cartes 25 à 28 illustre la cartographie des habitats marins inventoriés avec la nouvelle typologie (Bajjouk et al., 2010) et le code EUNIS. Ces différentes cartes indiquent les différentes étapes avant l'obtention de la carte globale. La figure 27 représente les données nouvelles acquises dans ce marché dont la fiabilité est comprise entre 90 et 100%. Pour le reste de la carte globale la fiabilité est plus faible et nous avons utilisé pour cette réalisation d'autres sources. Ces cartes sont également récapitulées en annexe 6. De plus, des numérisations à l'aide des ortholittorales ont également été réalisées pour mieux appréhender la complexité des habitats. Sur l'ensemble de la zone d'étude, des données cartographiques anciennes étaient disponibles.

**CARTOGRAPHIE DES CHAMPS D'ALGUES - CHAMPS D'ALGUES - 1979
TREGOR GOËLO FR5300010**



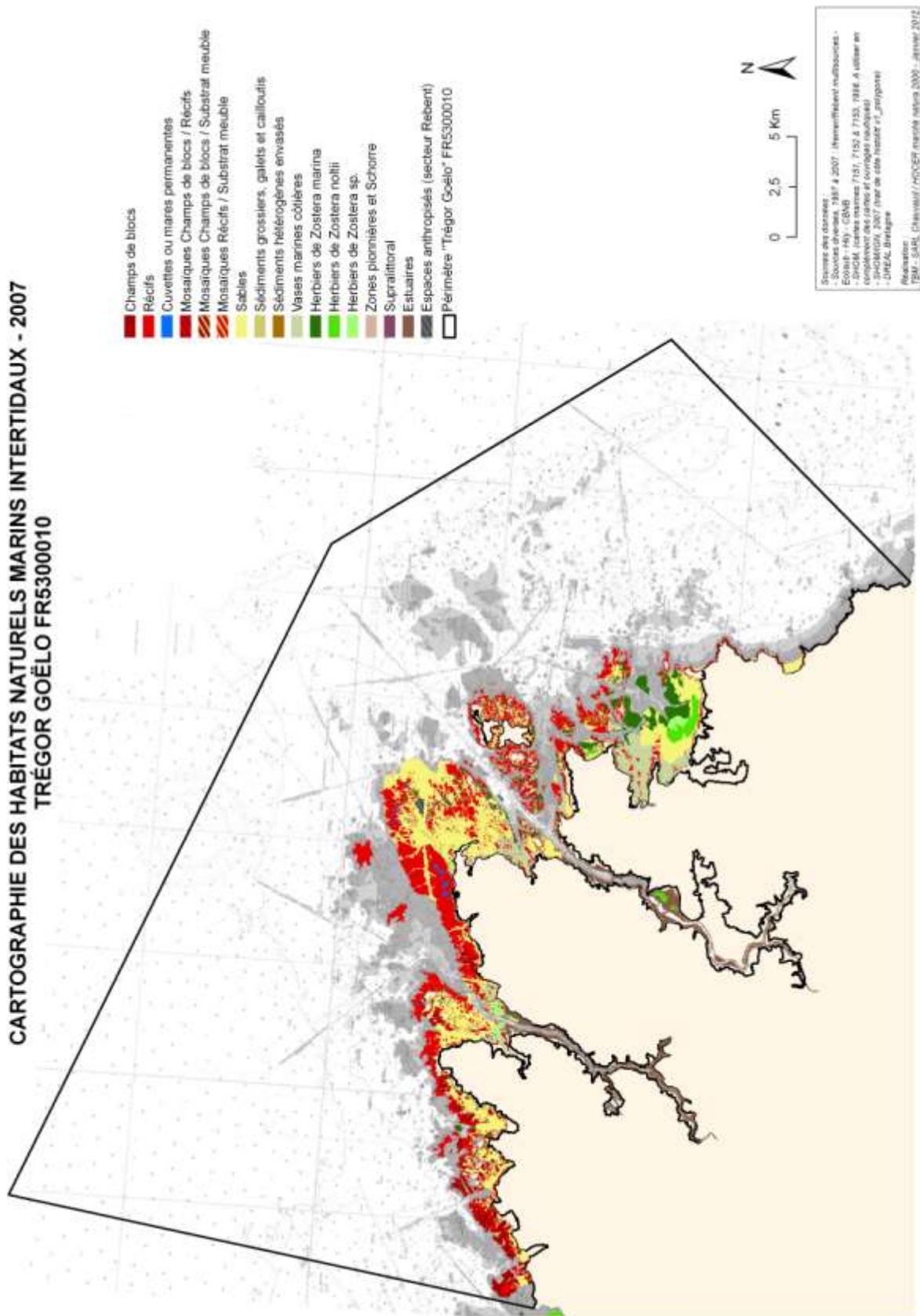
Carte 18 : Cartographie des champs d'algues – champs d'algues (1979)

CARTOGRAPHIE DES CHAMPS D'ALGUES - PRÉSENCE D'ALGUES - 1979
TREGOR GOÉLO FR5300010



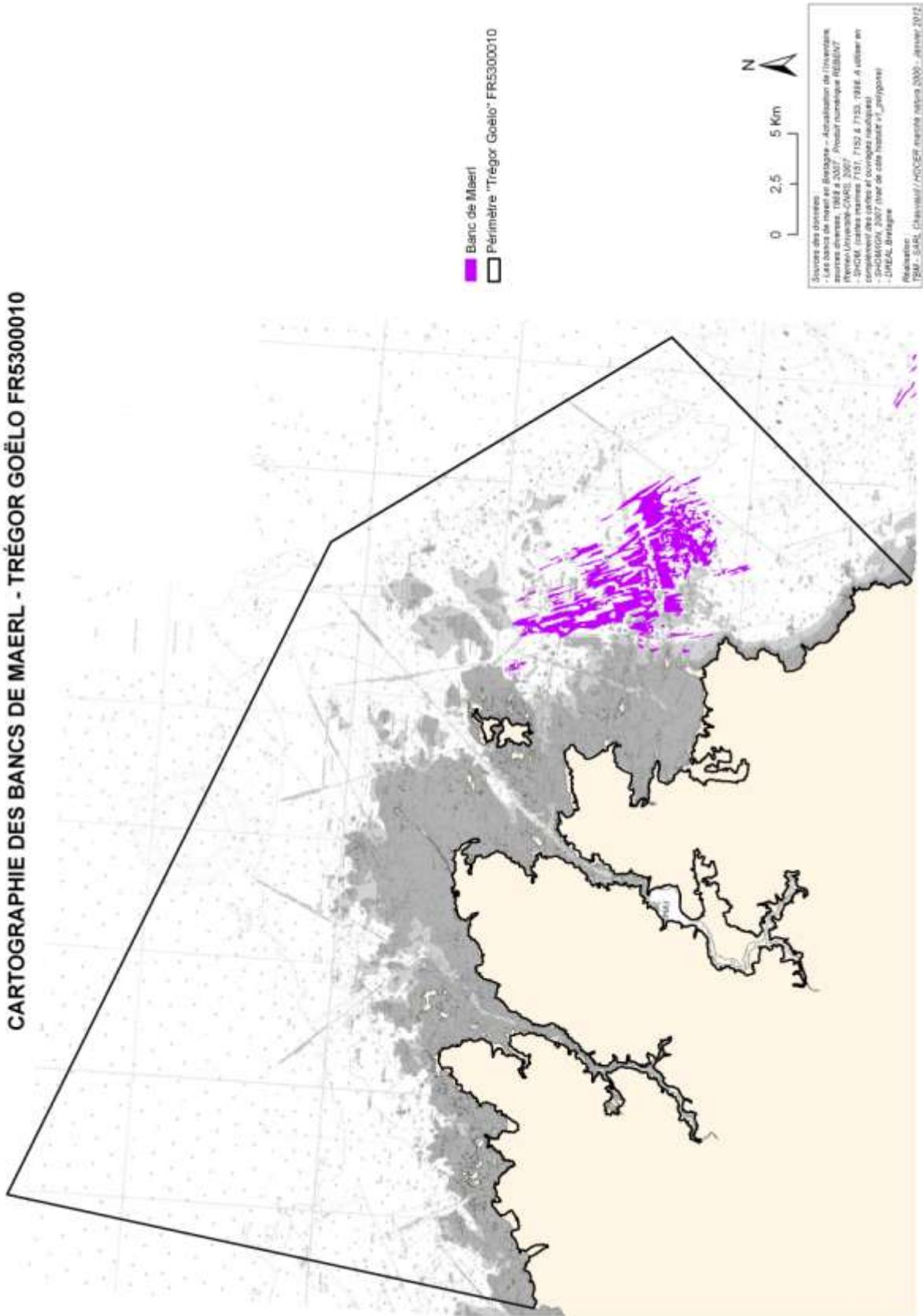
Carte 19 : Cartographie des champs d'algues – présence d'algues (1979)

CARTOGRAPHIE DES HABITATS NATURELS MARINS INTERTIDEAUX - 2007
TREGOR GOÉLO FR5300010

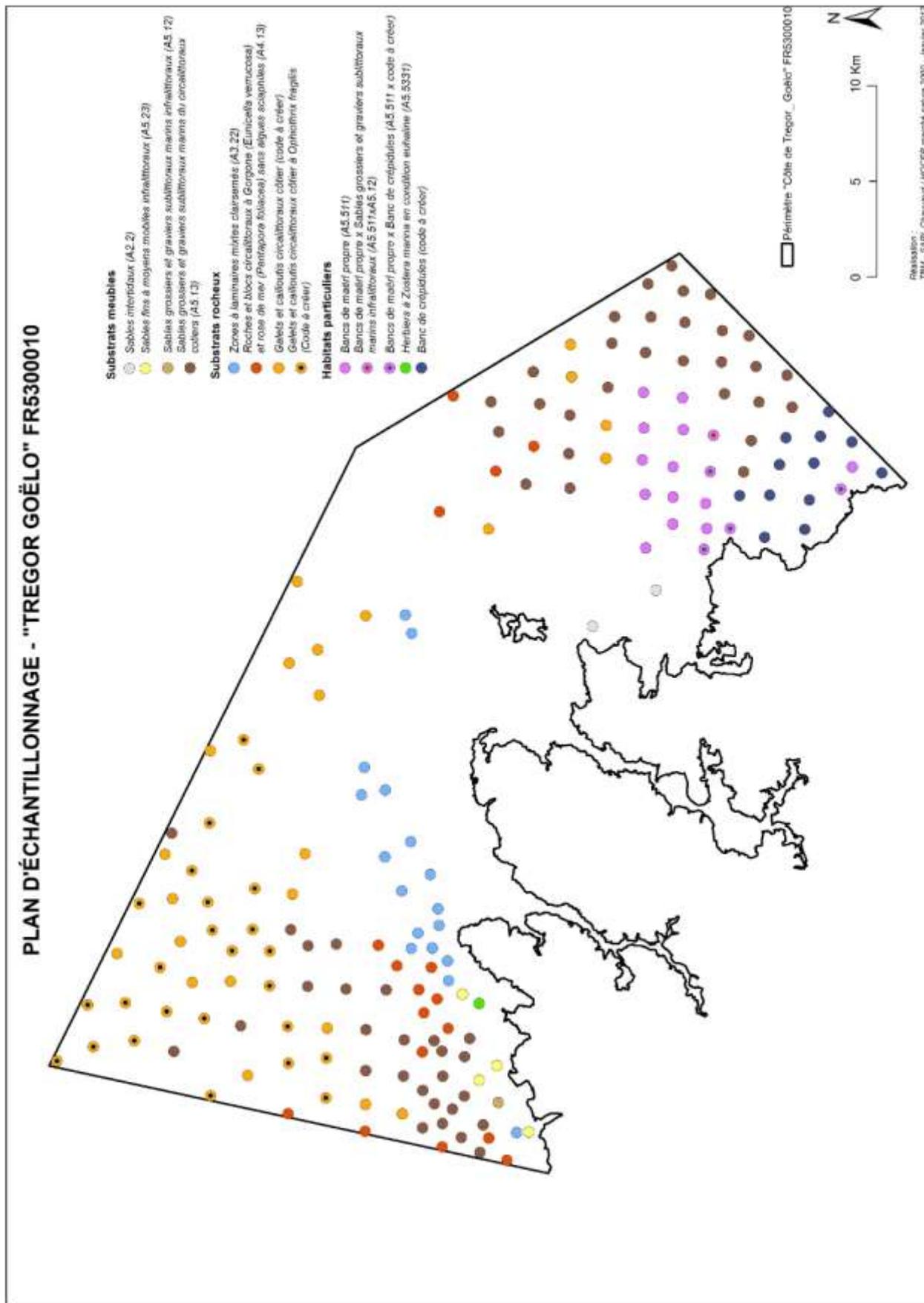


Carte 21 : Cartographie des habitats naturels marins intertidaux (2007)

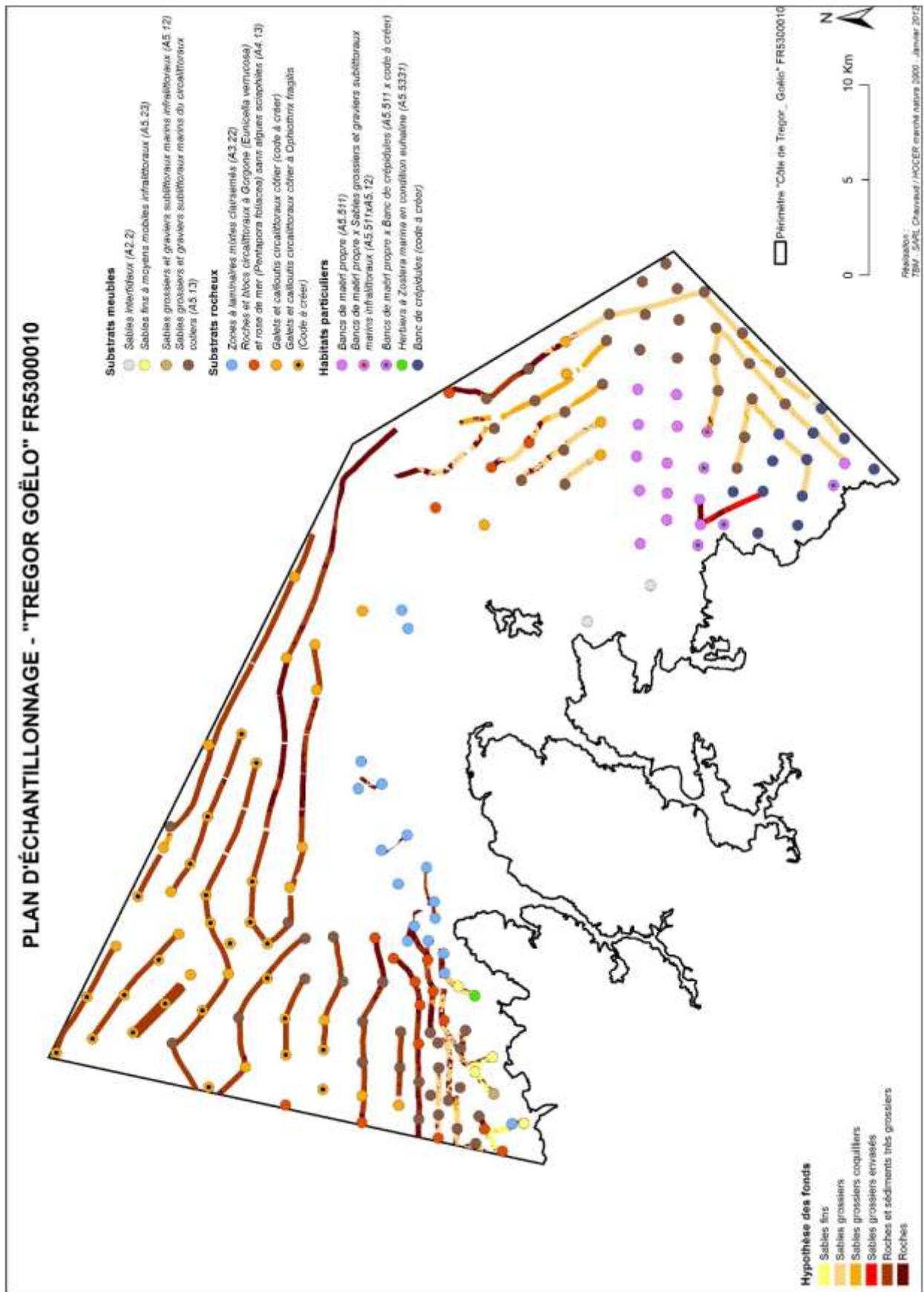
CARTOGRAPHIE DES BANCS DE MAERL - TRÉGOR GOËLO FR5300010



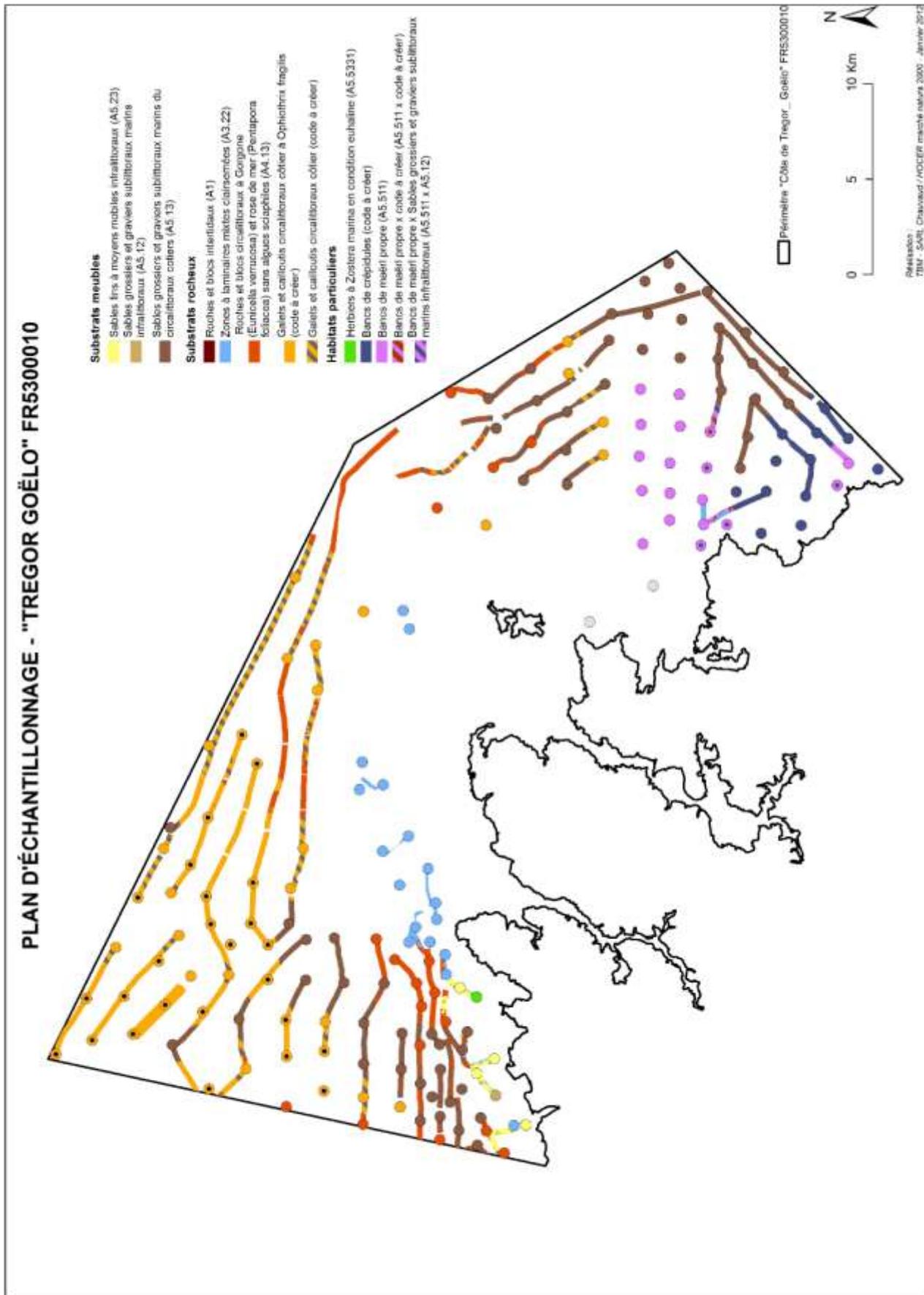
Carte 24 : Cartographie des bancs de Maerl (2007)



Carte 25 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées en 2012.

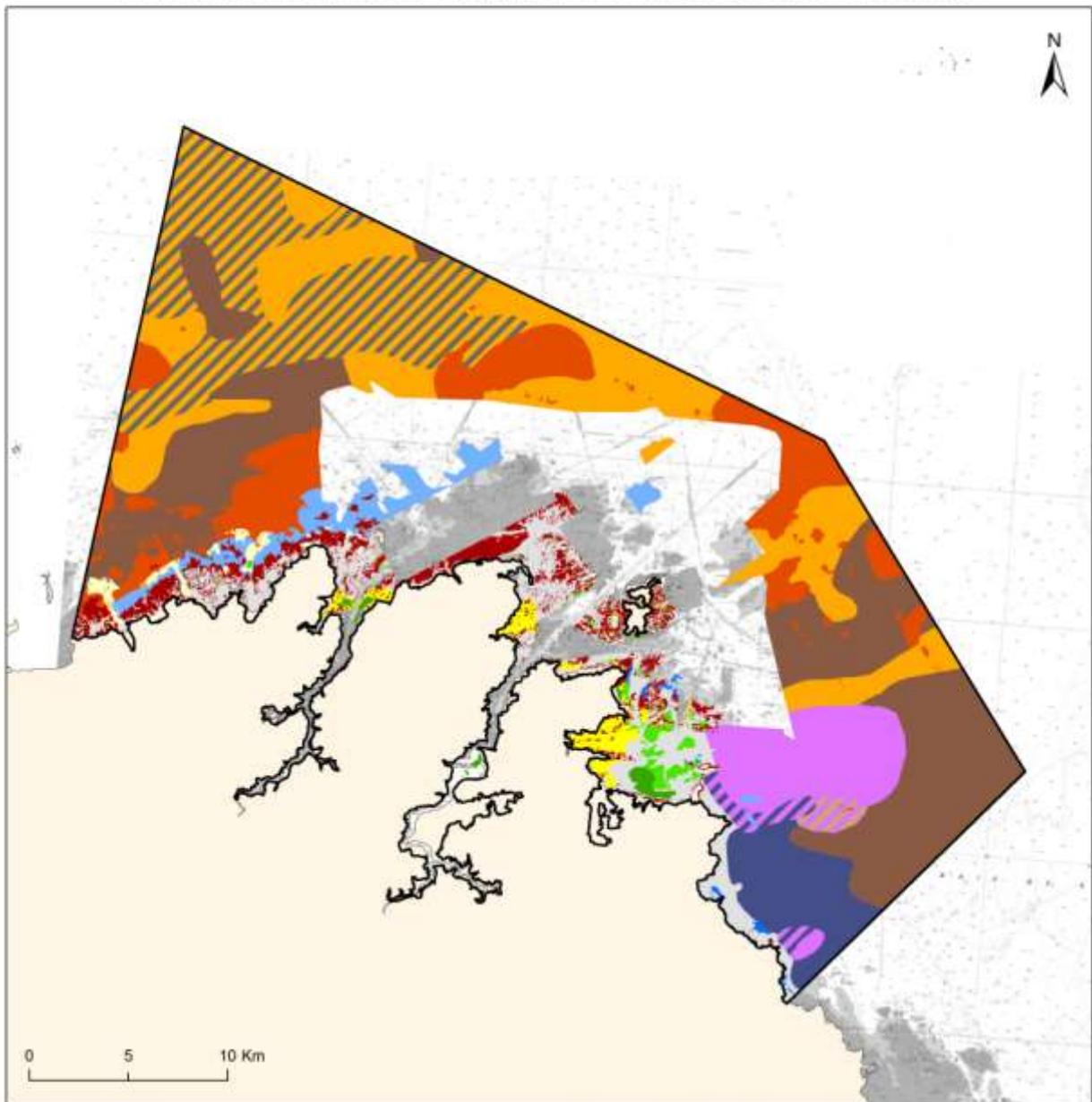


Carte 26 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées et la nature des fonds en 2012.



Carte 27 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées et le tracé sonar en 2012.

HABITATS BENTHIQUES - PÉRIMÈTRE "TREGOR GOËLO" FR5300010



- Périamètre "TREGOR GOËLO" FR5300010
- Substrats meubles**
- Sables intertidaux (A2.2)
 - Sables fins à moyens mobiles infralittoraux (A5.23)
 - Vases intertidales marines nues (A2.3)
 - Sables grossiers et graviers sublittoraux marins infralittoraux (A5.12)
 - Sables grossiers et graviers sublittoraux marins du circalittoraux côtiers (A5.13)
- Substrats rocheux**
- Zones à laminaires mixtes clairsemées (A3.22)
 - Zone à laminaires mixtes denses (A3.31)
 - Roches et blocs circalittoraux à Gorgone (*Eunicella verrucosa*) et rosé de mer (*Pentapora foliacea*) sans algues sciaphiles (A4.13)
 - Roches et blocs intertidaux (A1)
 - Galets et cailloutis circalittoraux côtier (code à créer)
 - Galets et cailloutis circalittoraux côtier à *Ophiothrix fragilis* (code à créer)
- Habitats particuliers**
- Bancs de maërl propre (A5.511)
 - Bancs de maërl propre x code à créer (A5.511 x code à créer)
 - Bancs de maërl propre x Sables grossiers et graviers sublittoraux marins infralittoraux (A5.511 x A5.12)
 - Herbiers à *Zostera marina* en condition euhaline (A5.5331)
 - Herbiers à *Zostera noltii* en condition euhaline (A2.6111)
 - Bancs de crépidules (code à créer)

Sources des données :
 - SHOM (cartes marines 7151, 7152 à 7153, 1998, à utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)
 - SHOMIGNON, 2007 (trait de côte habitat v1_polygone)
 - DREAL Bretagne
 - Produit numérique REBENT (themer)
 Réalisation :
 TBM - SARL Chauvaud / HOCCER marché nature 2000 - Janvier 2012

Carte 28 : Carte des habitats benthiques 2012.

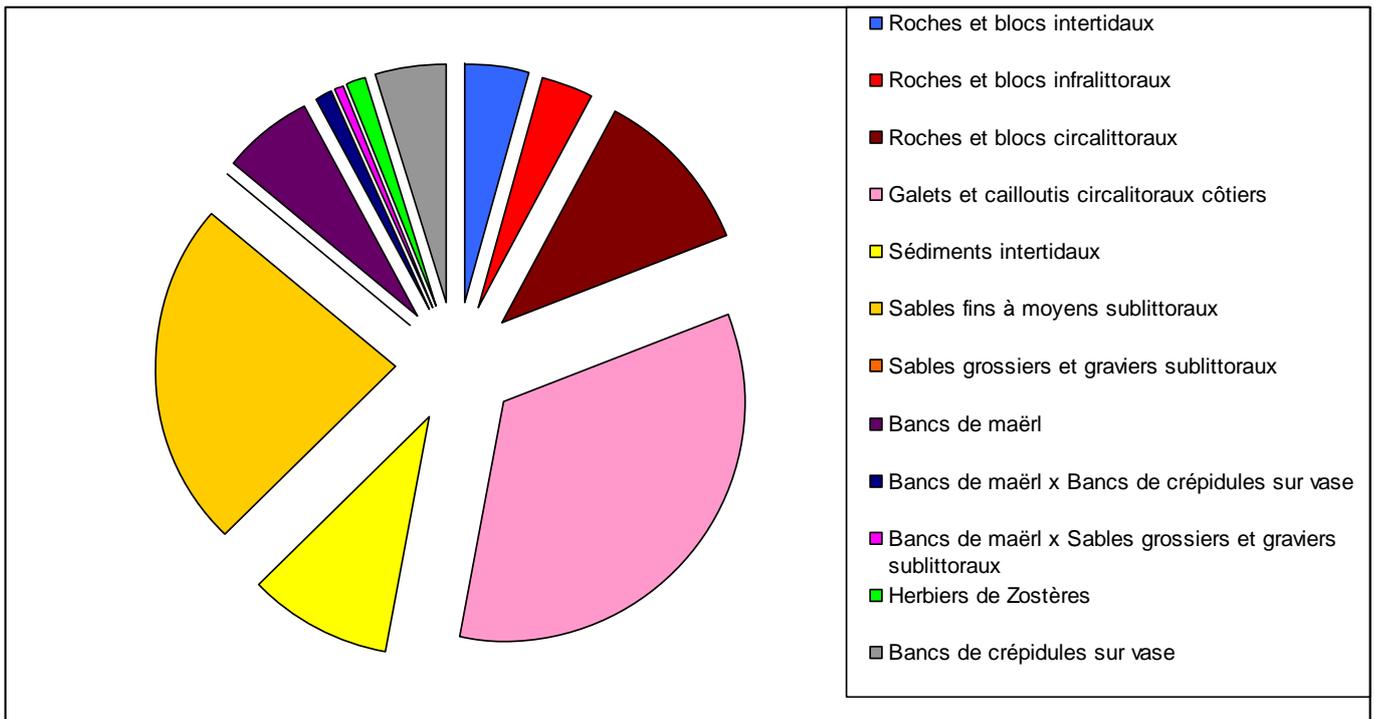


Figure 45 : Répartition des groupes d'habitats de niveau 1 sur le site Natura 2000 Trégor-Goelo

La figure 45 illustre la répartition des habitats déclinés au niveau 1 de la nouvelle proposition de typologie et le tableau 13 indique les surfaces respectives de ce niveau 1.

Les habitats dominants sont les galets et cailloutis circalittoraux et les sédiments fins à moyens sublittoraux. Le premier habitat occupe près de 22000 ha et représente 34 % de la surface du site Natura 2000. Le second habitat occupe une surface de 16000 ha ce qui représente 24 % de la surface.

Tableau 13 : Surfaces pour les habitats selon le niveau 1 de la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010)

Niveau 1	Surface (ha)
Roches et blocs intertidaux	3011,17
Roches et blocs infralittoraux	2249,22
Roches et blocs circalittoraux	7642,25
Galets et cailloutis circalittoraux côtiers	22473,17
Sédiments intertidaux	6365,59
Sables fins à moyens sublittoraux	15804,64
Sables grossiers et graviers sublittoraux	13,76
Bancs de maërl	4190,40
Bancs de maërl x Bancs de crépidules sur vase	678,69
Bancs de maërl x Sables grossiers et graviers sublittoraux	440,07
Herbiers de Zostères	802,41
Bancs de crépidules sur vase	3199,20

4.2.5.3 Espèces de la Directive Habitat

Ce site est régulièrement fréquenté par des mammifères marins (Grand dauphin, Dauphin commun, Marsouin commun) en migration depuis la pointe Bretagne jusqu'au Cotentin comme l'ont démontré les suivis effectués (Océanopolis). Lors de nos sorties, aucun individu n'a été observé.

Enfin, cette extension permet de considérer également des zones d'alimentation de la population de Phoques gris qui se reproduit sur l'archipel des Sept Iles.

4.2.5.4 Espèces de la Directive Oiseaux

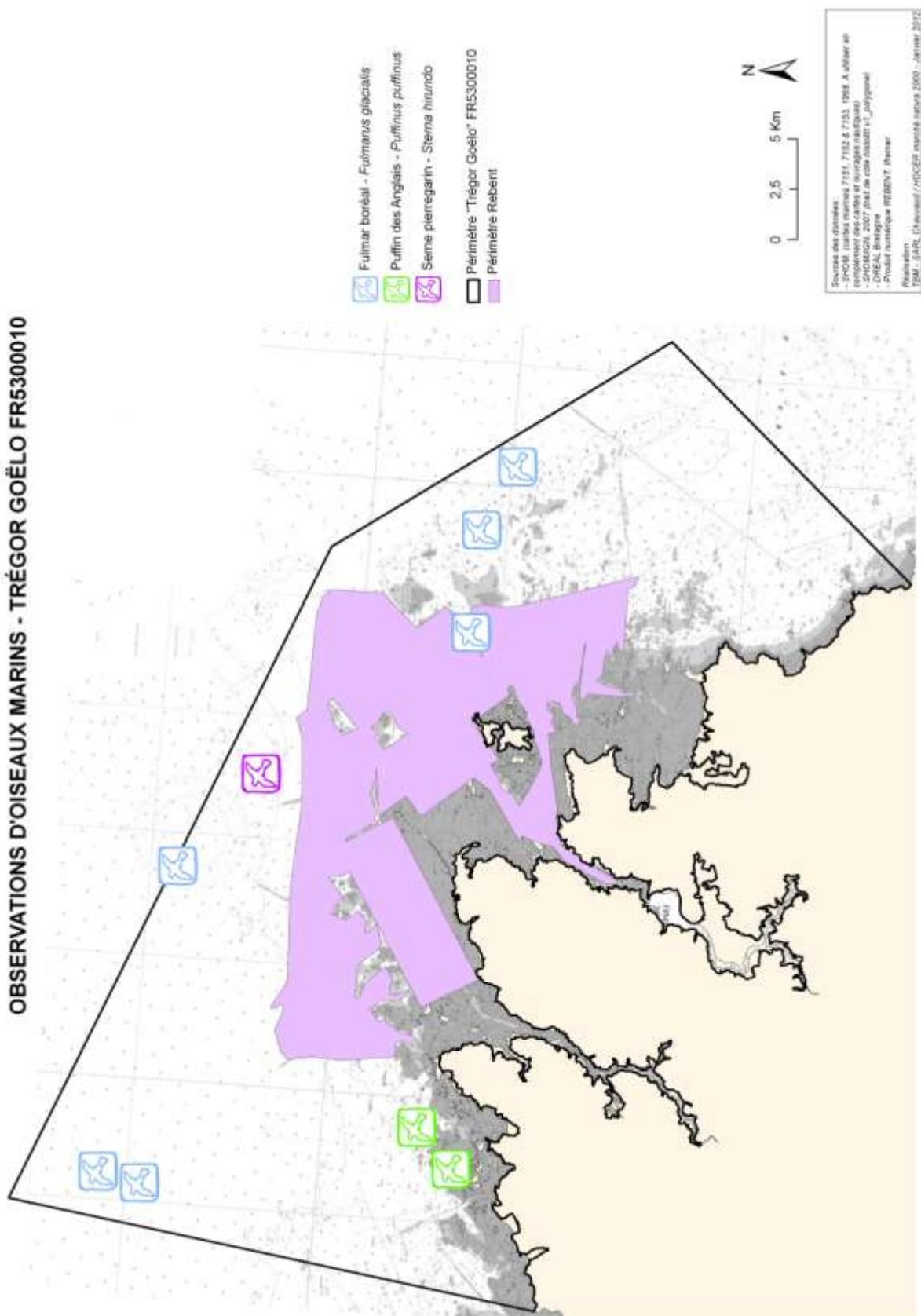
Lors de nos sorties en mer, 12 espèces ont été observées : le Fou de Bassan (*Morus bassanus*), le Goéland argenté (*Larus argentatus*), le Goéland brun (*Larus fuscus*), le Goéland marin (*Larus marinus*), la sterne pierregarin (*Sterna hirundo*), le cormoran huppé (*Phalacrocorax aristotelis*), le fulmar boréal (*Fulmarus glacialis*) et le puffin des anlais (*Puffinus puffinus*). La carte 29 indique les zones d'observations sauf pour les goélands, le cormoran huppé et le fou de Bassan. La figure 46 illustre quelques espèces.

Certaines espèces sont observées très régulièrement sur le site et en effectif important notamment les goélands et les cormorans huppés. Pour les autres espèces, les observations à l'unité en vol ou posé ont été réalisées.



Figure 46 : Exemples d'espèces inventoriées : Puffin des anglais, Fou de Bassan et Goéland marin (Clichés TBM).

OBSERVATIONS D'OISEAUX MARINS - TRÉGOR GOËLO FR5300010



Carte 29 : Observations d’oiseaux marins.

5. Conclusions

Situé dans la Manche occidentale, le site Natura 2000 Trégor Goëlo FR5300010 objet de cette étude, est d'une superficie de 66 870 ha et comprend plusieurs ensembles comme (i) le secteur au large qui se compose de galets et cailloutis formant ainsi une zone à la biodiversité exceptionnelle avec notamment des espèces d'épifaunes remarquables et (ii) de larges échancrures du Trieux et du Jaudy et la présence d'un archipel intéressant d'îles et d'îlots avec des zones à laminaires importantes.

Cette partie de la Manche occidentale constituée de fonds peu profond (maximum de 100 m) est soumise à un fort hydrodynamisme de marée : les vitesses de courant de marée peuvent dépasser les 3 nœuds dans certains endroits du secteur d'étude comme les Héaux de Bréhat (Cabioch, 1968). Ces conditions environnementales particulières vont constituer le facteur prépondérant sur les caractéristiques sédimentaires et par là-même sur la répartition des habitats benthiques ce qui va se traduire par une granulométrie croissante de la côte au large avec globalement une dominance des sédiments grossiers et des graviers.

Le site d'étude illustre bien l'opposition entre les habitats rocheux et les habitats meubles avec les trois habitats subtidaux majeurs observés : **les galets et cailloutis avec ou sans *Ophiothrix fragilis*, les roches et blocs circalittoraux à Gorgones (*Eunicella verrucosa*) et rose de mer (*Pentapora fascialis*) sans algues sciaphiles et les sables grossiers et graviers sublittoraux marins du circalittoral côtier**. Pour le milieu rocheux, les changements faunistiques et floristiques avec notamment la disparition des laminaires, apparaissent vers 25 mètres de profondeur et correspondent au passage de l'étage infralittoral à celui du circalittoral côtier (Cabioch, 1968).

La présence de deux habitats OSPAR sur le site est à noter : ce sont les herbiers de *Zostera marina* et les bancs de maerl. Sur le site d'étude, ces habitats sont également observés en mosaïque. En revanche, sur la totalité du site Natura 2000, des surfaces importantes d'herbiers sont observées. Pour les bancs de maerl, de belle surface sont aussi inventoriées notamment dans les secteurs où les courants sont les plus faibles. En effet, la turbulence due à la houle peut rendre difficile leur implantation (Cabioch, 1968). Cet habitat présente un état de conservation satisfaisant, mais cet habitat requiert une attention toute particulière. En effet, la présence de crépidules peut à terme atteindre à sa conservation.

En effet, la présence du mollusque gastéropode invasif *Crepidula fornicata*, apparues en 1974 (Dupuy et Latruite, 1979), modifient la répartition des habitats. Cette espèce, répandue de la Mer du Nord à la Méditerranée (Blanchard, 1995) entraîne une homogénéisation des fonds, même si elle tend à augmenter, comme nous l'avons observé, ponctuellement la diversité des

fonds qu'elle colonise. Le processus de colonisation ainsi que la dynamique de population devraient être bien suivis. Cette surveillance semble vraiment indispensable car le développement rapide de cette espèce entraîne la création d'un type d'habitat particulier : **banc de crépidules sur vase**. Il est important de noter que les habitats « vaseux » étant très rares en Manche, en raison de l'hydrodynamisme fort des courants de marée, cet envasement est évidemment lié à l'installation de la crépidule qui conduit à l'apparition de cet habitat particulier. C'est donc bien la présence de cette espèce invasive qui modifie les habitats originels.

L'état de conservation générale du site d'étude peut être jugé de bon. Seule une pression trop importante de pêche par arts trainants ainsi que des extractions de granulats marins peuvent induire des perturbations importantes sur les habitats meubles présents. En effet, la présence de grands bancs sableux a un rôle écologique et fonctionnel pour de nombreuses espèces notamment commerciales. Pour les habitats rocheux, les récoltes d'algues sont à prendre en compte dans le cadre d'une gestion adaptée. Les champs de laminaires ont également un rôle majeur dans la structure et le fonctionnement des écosystèmes côtiers du Nord Bretagne (Schaal et al, 2011). Enfin, dans la zone plus côtière, la présence de productions conchylicoles, de marées vertes et de sources d'enrichissement en nutriments en provenance du bassin versant peut induire des perturbations sur les différents habitats présents. De plus, le développement des activités nautiques (plaisance, pêche à pied, etc.) en relation avec le tourisme devra éviter au maximum les impacts sur la flore et la faune littorale et côtière.

D'autres intérêts écologiques existent aussi sur ce site Natura 2000 à savoir les oiseaux et les mammifères marins. En effet, de nombreuses espèces fréquentent le site. La prise en compte de ces espèces dans la gestion des habitats est donc indispensable.

6. Bibliographie

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.

Blanchard, M., 1995. Origine et état de la population de *Crepidula fornicata* (gastropoda Porsobranchia) sur le littoral français. Haliotis, 24 : 75-86.

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.

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 checklist 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.

Dauvin, J.C., 1984. Dynamique d'écosystèmes macrobenthiques des fonds sédimentaires de la baie de Morlaix et leur perturbation par les hydrocarbures de l'Amoco Cadiz. Thèse Doct. Etat, Univ. P. & M. Curie, Paris, 468 p + annexes 193 p.

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>).

Dupuy, H., Latruite, D., 1979. Le développement de la crépidule sur le gisement de coquilles Saint-Jacques de la baie de Saint-Brieuc. Science et Pêche Bull. Inst. Pêches mar., 292 :13-19.

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 Reben-Bretagne et Natura-Bretagne. IFREMER.

Kristensen R.M., 1983. Loricifera, a new phylum with Aschelminthes characters from the meiobenthos. *Zeitschrift für Zoologischen Gesellschaft*, 84: 231-246.

Kristensen R.M., Gad G., 2004. *Armorloricus*, a new genus of Loricifera (Nanaloricidae) from Trzen ar Skoden (Roscoff, France). *Cahiers de Biologie Marine*, 45: 121-156.

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.

Pielou, E. C., 1969. An introduction to mathematical ecology. Wiley, New York.

Pielou, E.C., 1966. Shannon's formula as a measure of specific diversity : its use and measure. *American Naturalist*, 100, 463- 465.

Pluquet, F., 2006, *Évolution récente et sédimentation des plates-formes continentales de la Corse*, Thèse de doctorat, Université de Corse - Pascal Paoli. Consultable sur <http://tel.ccsd.cnrs.fr/tel-00011999>

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.

Liste des figures

Figure 1: NEOMYSIS	7
Figure 2: Antenne GPS et récepteur radio positionnés à l'aplomb du sondeur.	7
Figure 3: Sonar latéral CMAX.(Cliché Hocer)	8
Figure 4: Instrumentation à bord. (Cliché Hocer)	8
Figure 5 : Caméra sous-marine. (Cliché TBM).....	9
Figure 6 : Drague Rallier du Baty (Cliché TBM) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)	9
Figure 7 : Table de tri (Cliché TBM)	10
Figure 8: Benne Smith Mc-Intyre (Cliché TBM).....	11
Figure 9 : Principe de mise en œuvre du sonar à balayage latéral (Pluquet, 2006).	13
Figure 10 : Colonne de tamis (Cliché TBM).....	19
Figure 11 : Echantillons granulométriques à l'étuve (Cliché TBM).....	19
Figure 12 : Réplicats pour la Matière Organique (Cliché TBM)	21
Figure 13 : Sonde multi-paramètres (Cliché TBM)	21
Figure 14 : Modèle des indices biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006).....	24
Figure 15 : Sonogramme montrant des roches affleurantes à sub-affleurantes au contact de sédiments grossiers ridés. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).....	32
Figure 16 : Extrait de sonogramme montrant un champ de dunes hydrauliques au niveau du point de prélèvement 102. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).	33
Figure 17 : Extrait de sonogramme montrant la morphologie des roches granitiques devant Bourg Blanc. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).....	34
Figure 18 : Sonogramme montrant la crête d'une dune hydraulique. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).....	35
Figure 19 : Sonogramme montrant de nombreuses traces de drague sur le fond. Fauchée d'environ 300m (largeur de la bande sonar).	36
Figure 20 : Station TR24 caractérisée par des graviers et du maerl.....	38
Figure 21 : 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, en Orange = les sédiments grossiers et en Rouge = les sédiments hétérogènes, selon les correspondances EUNIS Niveau 1.	40
Figure 22 : Dendrogramme et MDS effectué à partir de la matrice des distances euclidiennes, calculée d'après les données granulométriques.	41
Figure 23 : Illustrations des différents types sédimentaires observés. De haut en bas et de gauche à droite : Galets et cailloutis (TR102), Graviers sableux (TR16), Sables grossiers (TR61) et Sables fins (TR202) (Clichés TBM).....	43
Figure 24 : Teneurs moyennes en matière organique.	44
Figure 25 : Abondance et richesse spécifique (Drague Rallier du Baty, 30 litres de sédiment, tamisage sur 10 et 5 mm)(Attention deux échelles différentes) et illustration de <i>Crepidula fornicata</i> (Cliché TBM).....	47

Figure 26 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance	52
Figure 27 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique	52
Figure 28 : CAH sur les données faunistiques en présence-absence	56
Figure 29 : Quelques espèces caractéristiques des assemblages observés à la drague Rallier du Baty : <i>Spisula elliptica</i> , <i>Glycymeris glycymeris</i> et <i>Timoclea ovata</i> (Clichés TBM).	56
Figure 30 : Richesse spécifique moyenne et Abondance moyenne (nb d'individus par m ²) ...	57
Figure 31 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance	59
Figure 32 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique	59
Figure 33 : CAH et MDS sur les abondances	63
Figure 34: Espèces dominantes et discriminantes des différentes assemblages : les polychètes <i>Nephtys cirrosa</i> , <i>Glycera lapidum</i> , le mollusque <i>Angulus fabula</i> et le crustacé <i>apseudopis latreilli</i> . (Clichés TBM)	64
Figure 35 : Groupes écologiques.....	65
Figure 36 : <i>Saccorhiza polyschides</i> (cliché TBM-LEMAR) et <i>Laminaria hyperborea</i> (cliché SBR).....	71
Figure 37: <i>Eunicella verrucosa</i> , <i>Pentapora fascialis</i> , <i>Cliona celata</i> , <i>Echinaster sepositus</i> sur <i>Corynactis viridis</i> , <i>Echinus esculentus</i> et <i>Labrus bergylta</i> (Clichés SBR)	73
Figure 38 : Galets et cailloutis circalittoraux côtiers et Galets et cailloutis circalittoraux côtiers à <i>Ophiothrix fragilis</i> , avec <i>Flustra foliacea</i> , des bryozoaires et des foraminifères benthiques, des <i>Corynactis viridis</i> , une <i>Crossaster papposus</i> et une <i>Diazona violacea</i>	75
Figure 39: <i>Spisula elliptica</i> , <i>Abra prismatica</i> , <i>Bathyporeia elegans</i> et <i>Nephtys cirrosa</i>	76
Figure 40: Sable grossier coquillier (Clichés SBR)	77
Figure 41 : Exemples d'espèces inventoriées dans les stations de l'habitat A5.13 Sables grossiers et graviers circalittoraux côtiers.	78
Figure 42 : Herbiers de <i>Zostera marina</i> .(Clichés TBM).	79
Figure 43 : Dendrogramme sur la matrice faune des dragues Rallier du Baty en présence/absence	82
Figure 44 : Dendrogramme sur la matrice faune des stations quantitatives (transformation en Log(X+1)).	82
Figure 45 : Répartition des groupes d'habitats de niveau 1 sur le site Natura 2000 Trégor-Goelo	96
Figure 46 : Exemples d'espèces inventoriées : Puffin des anglais, Fou de Bassan et Goéland marin (Clichés TBM).	99

Liste des tableaux

Tableau 1: Echelles et dénominations granulométriques AFNOR (Chambley, 1995)	20
Tableau 2 : 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 3 : Valeurs d'AMBI et état des communautés benthiques (selon Borja et al, 2000) .	25
Tableau 4 : Médiane et indice de tri du sédiment des 134 stations en milieu sédimentaire échantillonnées à la drague Rallier du Baty sur Trégor Goélo.	37
Tableau 5 : Diversité et équitabilité	51
Tableau 6 : Diversité et régularité moyenne	57

Tableau 7 : Tableau des contributions moyennes des espèces au sein de chaque assemblage faunistique, ordonnées par ordre décroissant de leur contribution relative (Contribution%) à la dissimilarité totale. Les abondances moyennes aux données brutes en m ² . Les espèces les plus discriminantes au sein de chaque assemblage (indiquées en gras) sont celles qui ont le ratio similitude/SD (écart-type) le plus élevé (Procédure SIMPER du Logiciel PRIMER.....	62
Tableau 8 : I2EC et AMBI.....	65
Tableau 9 : Correspondance et intitulé des habitats intertidaux et subtidaux rocheux pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27, pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) et pour la typologie EUNIS	68
Tableau 10 : Correspondance et intitulé des habitats intertidaux et subtidaux meubles et les habitats particuliers pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27, pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) et pour la typologie EUNIS	69
Tableau 11 : Espèces animales observées sur les images vidéo	72
Tableau 12 : Richesse spécifique moyenne, Abondance moyenne obtenues avec la drague Rallier du Baty en fonction des différents habitats observés.	83
Tableau 13 : Surfaces pour les habitats selon le niveau 1 de la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010).....	97

Liste des cartes

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude et du site Natura 2000 Côte de Granit Rose FR5300009.....	5
Carte 2 : Plan d'échantillonnage.	15
Carte 3 : Localisation des prélèvements à la drague Rallier du Baty.....	16
Carte 4 : Localisation des vidéo sous marines.	17
Carte 5 : Localisation des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre	18
Carte 6 : Mosaïque de réflectivité sur le site Côtes de Granit Rose.....	30
Carte 7 : Répartition des formations superficielles sur le site Côtes de Granit Rose.....	31
Carte 8 : Carte des fractions sédimentaires.	39
Carte 9 : Carte des teneurs moyennes en matière organique. Les classes sont exprimées en pourcentage.	45
Carte 10 : Carte des abondances pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty.	49
Carte 11 : Carte des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty.	50
Carte 12 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty.....	53
Carte 13 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la drague Rallier du Baty.....	54
Carte 14 : Richesse et abondance moyenne pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.	58
Carte 15 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.	60

Carte 16 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.	61
Carte 17 : Groupes écologiques des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre.	66
Carte 18 : Cartographie des champs d’algues – champs d’algues (1979).....	85
Carte 19 : Cartographie des champs d’algues – présence d’algues (1979).....	86
Carte 20 : Cartographie des champs d’algues – substrat (1979).....	87
Carte 21 : Cartographie des habitats naturels marins intertidaux (2007).....	88
Carte 22 : Carte d’habitats benthiques du secteur Trégor-Goëlo (2007)	89
Carte 23 : Cartographie des herbiers de Zostères (2007).....	90
Carte 24 : Cartographie des bancs de Maerl (2007).....	91
Carte 25 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées en 2012.....	92
Carte 26 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées et la nature des fonds en 2012.	93
Carte 27 : Carte des habitats benthiques pour les stations échantillonnées et le tracé sonar en 2012.....	94
Carte 28 : Carte des habitats benthiques 2012.	95
Carte 29 : Observations d’oiseaux marins.....	100