



**Inventaire cartographique des habitats marins  
du site Natura 2000 Plateau du Four  
FR5202010**

**Novembre 2011**

# 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
3.2.4 Missions complémentaires .....	19
3.3 Analyses bathymétriques et morphosédimentaires.....	19
3.4 Analyses sédimentaires et biologiques .....	19
3.4.1 Granulométrie, Matière organique et données hydrologiques.....	19
3.4.2 Tri et détermination.....	22
3.4.3 Traitement des données.....	22
3.4.4 Typologie des Habitats .....	26
4. Résultats .....	28
4.1 Levé au sonar latéral : les principaux ensembles morphosédimentaires .....	28
4.2 Les principales unités de peuplements des substrats meubles.....	36
4.2.1 Caractéristiques granulométriques des stations échantillonnées .....	36
4.2.2 Matière organique et données hydrologique.....	41
4.2.3 Stations qualitatives .....	46
4.2.4 Stations quantitatives .....	57
4.2.5 Habitats inventoriés et espèces .....	71
5. Conclusions .....	89
6. Bibliographie.....	92

## 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. 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) projet » qui réunit depuis 2004 un ensemble de 12 partenaires provenant de Grande-Bretagne, Irlande, Pays-Bas, Belgique et France. Très récemment le programme UKSeaMap 2010 a été lancé à la suite d'un projet pilote en Mer d'Irlande, du projet UKSeaMap 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 International Council for the Exploration of the Sea (ICES) 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 conventions européennes Natura 2000, OSPAR ou bien encore la DCSMM (Directive Cadre Stratégie pour le Milieu Marin) 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 mais également permettre l'évaluation des différents sites sont maintenant fortement nécessaire.

Dans le cadre du marché « Inventaires biologiques et analyse écologique de l'existant - NATURA 2000 en mer - Lot n°5 Sites DFF Atlantique Bretagne Sud » 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 le site Natura 2000 Plateau du Four FR 5202010 (Figure 1). 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.

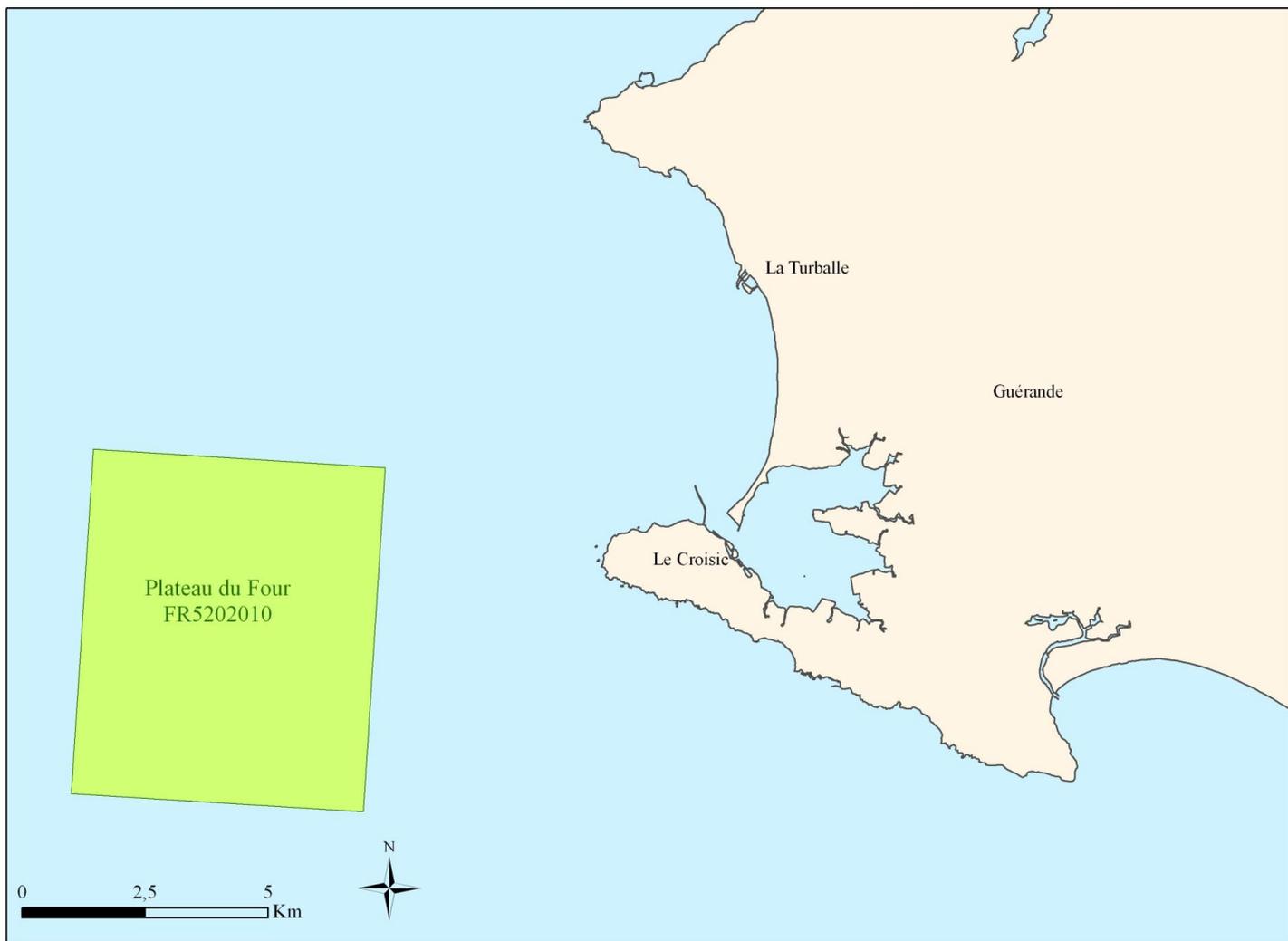
Ce rapport détaille les méthodes et moyens mis en œuvre pour permettre de dresser une cartographie exhaustive des habitats Natura 2000. Les résultats sont présentés de manière détaillée.

Les cartographies établies devront permettre de :

- caractériser les habitats et les peuplements associés,
- caractériser les zones d'intérêt écologique et d'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 (OSPAR, 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* d'apprécier l'efficacité des mesures de gestion.



**Carte 1 : Localisation de la zone d'étude et du site Natura 2000 Plateau du Four FR5202010**

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

Le site Natura 2000 Plateau du Four FR 5202010, d'une superficie de 4208 ha, est un large plateau rocheux grésocalcaire peu profond, typique de la Bretagne sud. Il est cerné par un talus vertical au large de la Turballe et du Croisic. Ce site est classé en tant que SIC depuis octobre 2008.

Le contexte hydrodynamique du secteur (panaches de la Loire et de la Vilaine) ainsi que la nature géomorphologique et géologique du plateau (microreliefs), favorisent le développement de ceintures algales constituées de *Saccorhiza polyschides*, typiques de cette partie Est de la Bretagne sud. Cela permet par ailleurs le développement d'une faune fixée suspensivore exceptionnelle tels que les faciès à *Alcyonium digitatum*, *Eunicella verrucosa*, *Aslia lefevrei* et à hydraires gazonnants.

Le site est utilisé comme zone de passage pour les mammifères marins. Il est situé à proximité d'une zone de fréquentation régulière du grand Dauphin (*Tursiops truncatus*) et du marsouin (*Phocoena phocoena*). Au regard de la taille et de la densité des populations de ces deux espèces présentes sur le site par rapport aux populations présentes sur le territoire national, ce site est classé « site important » (population inférieure à 2%). Les Dauphins communs (*Delphinus delphis*) fréquentent également le secteur pour des raisons alimentaires.

Ce site est entièrement marin et certains secteurs sont fréquentés par la navigation maritime (pourtour en particulier). Il est en conséquence vulnérable et sujet aux pollutions marines. Le site du Plateau du Four est aussi le lieu d'usages particuliers (pêche, plongée sous-marine) qui peuvent éventuellement porter atteinte au bon état de conservation de celui-ci, qu'il conviendra de préciser dans le cadre de l'élaboration des documents d'objectifs.

### 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 les 8 et 9 juillet 2010 à bord d'un navire de pêche (Tzigane II (NA927050) ; pilote : Thierry Longépée, Figure 1). Ce navire est équipé d'une grue de levage avec treuil permettant



la mise à l'eau des engins de prélèvement.

*Figure 1: Tzigane II.*

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. Cependant, cela n'a pas été possible sur toutes les stations investiguées. 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). Une campagne supplémentaire est prévue en mai 2011 principalement sur le plateau rocheux.

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 qualitatives et à étudier la mégafaune alors que la benne a permis d'échantillonner des stations dites quantitatives permettant l'étude de l'endofaune.

- Données qualitatives : Drague Rallier du Baty (Figure 6)

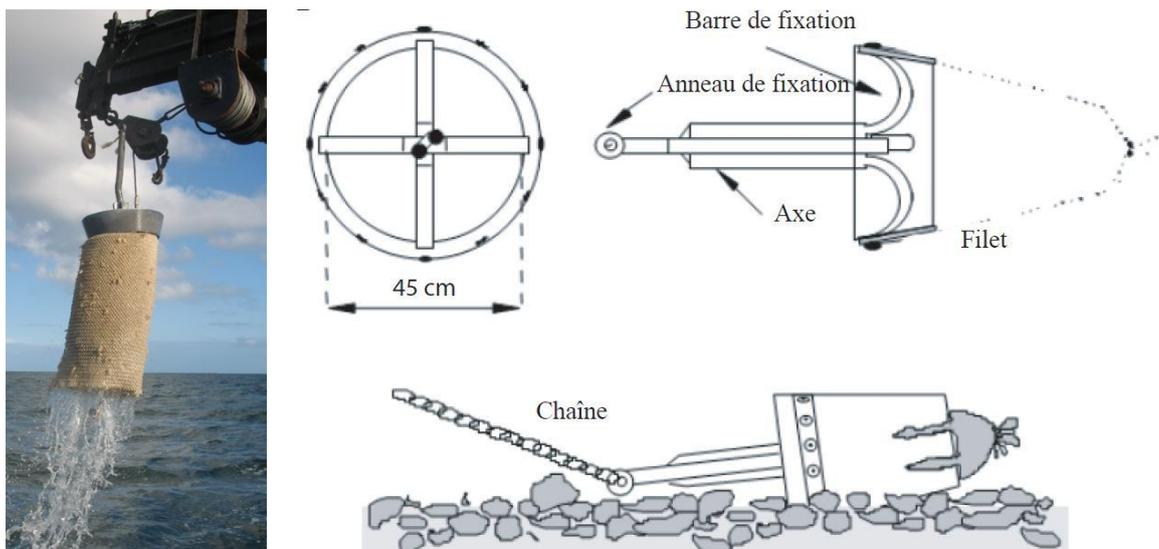


Figure 6 : Drague Rallier du Baty (Cliché TBM) et schéma descriptif de son mécanisme de fonctionnement (Trigui, 2009)

Cet engin trainant permet d'échantillonner sur une large variété de substrats et de déterminer dans de nombreuses situations les espèces indicatrices des faciès d'habitat. 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 mégafaune associée.

Dans cette intention, pour chaque station qualitative échantillonnée, un volume moyen de 30 litres de sédiment est tamisé, directement sur le bateau, sur des tailles de tamis décroissants (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.

*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 faites 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 et galets), 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. Elle se déclenche dès son arrivée sur le fond et permet ainsi l'échantillonnage de l'épifaune vagile.



Figure 8: Benne Smith Mc-Intyre. (Cliché TBM)

Les prospections ont porté sur les espèces benthiques. La mégafaune a été prise en compte en priorité car son identification est moins chronophage, cependant l'endofaune a été également étudiée par le biais des bennes quantitatives. En effet, pour une évaluation précise de l'état de conservation du site, l'étude de ce compartiment est nécessaire.

Les prélèvements « quantitatifs » réalisés pour une analyse précise de la faune et pour une évaluation de la 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 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 qualitatif et pour une partie d'entre elles, à un échantillonnage quantitatif. Le choix des stations quantitatives est arrêté lorsque l'analyse des stations qualitatives permet d'obtenir une vue d'ensemble des habitats présents sur la zone. Ainsi, la réalisation des vidéos et des échantillons prélevés à la drague rallier du baty se sont effectués le 8 juillet, alors que l'échantillonnage des stations quantitatives et des prospections a été réalisé au cours de la journée du 9 juillet.

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 géoréférencés sont intégrés dans un logiciel SIG pour y être interprété en termes de nature de fond.

Dans le cadre du levé sur le secteur du plateau du Four (FR 5202010), 35 profils ont été réalisés, ce qui représente une distance parcourue de 76 km. Avec une fauchée de 300m, les

profils acquis ont donc permis de couvrir une surface d'environ 23 km<sup>2</sup>, soit 55% du site Natura 2000 en mer.

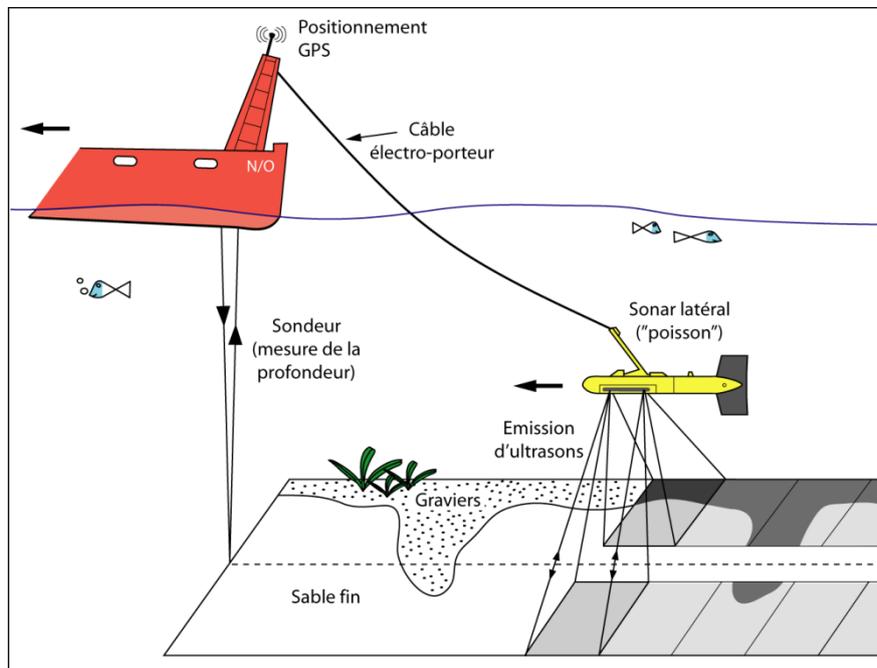


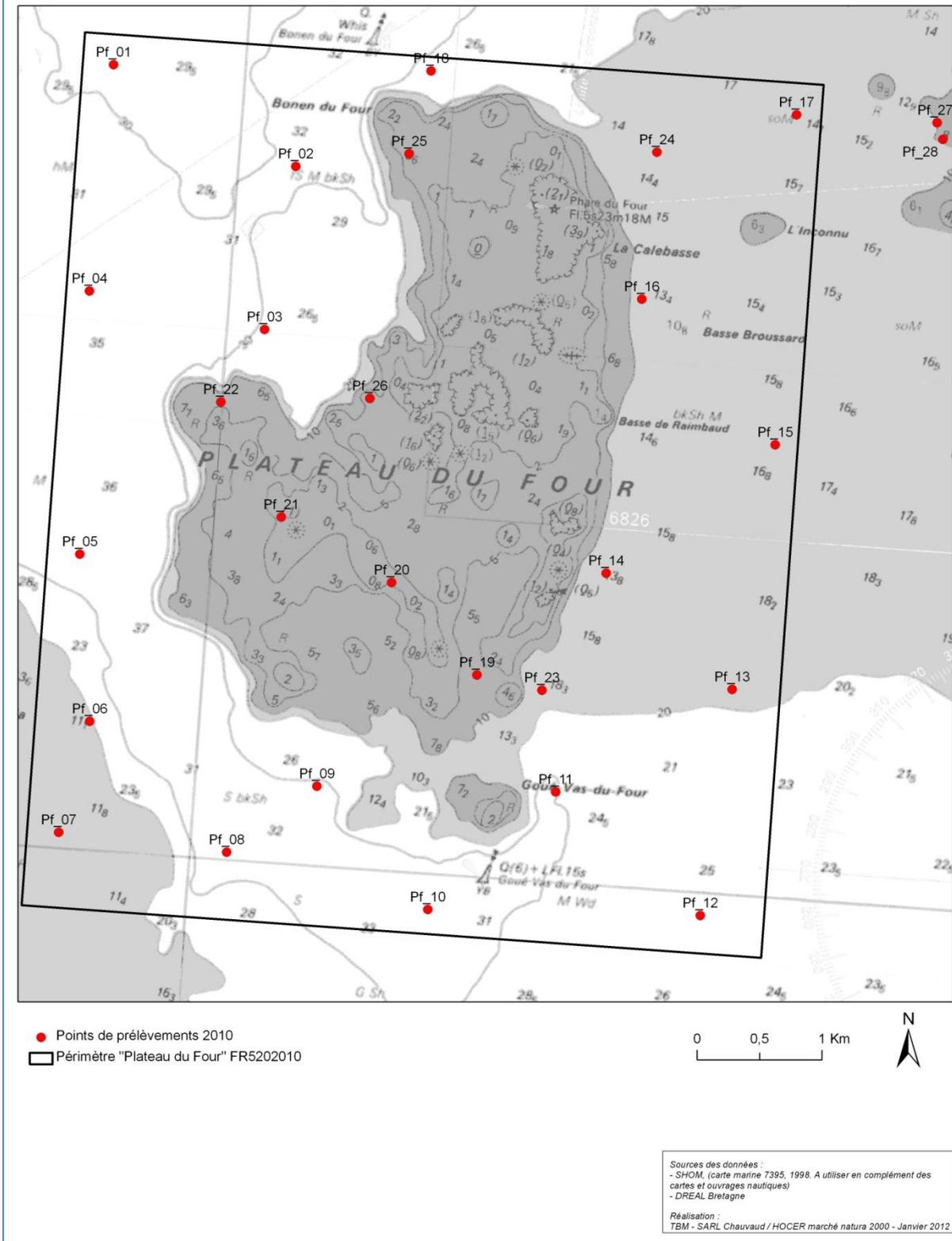
Figure 9 : Principe de mise en œuvre du sonar à balayage latéral (Pluquet, 2006)

### 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 mais également sur la mégafaune. 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.

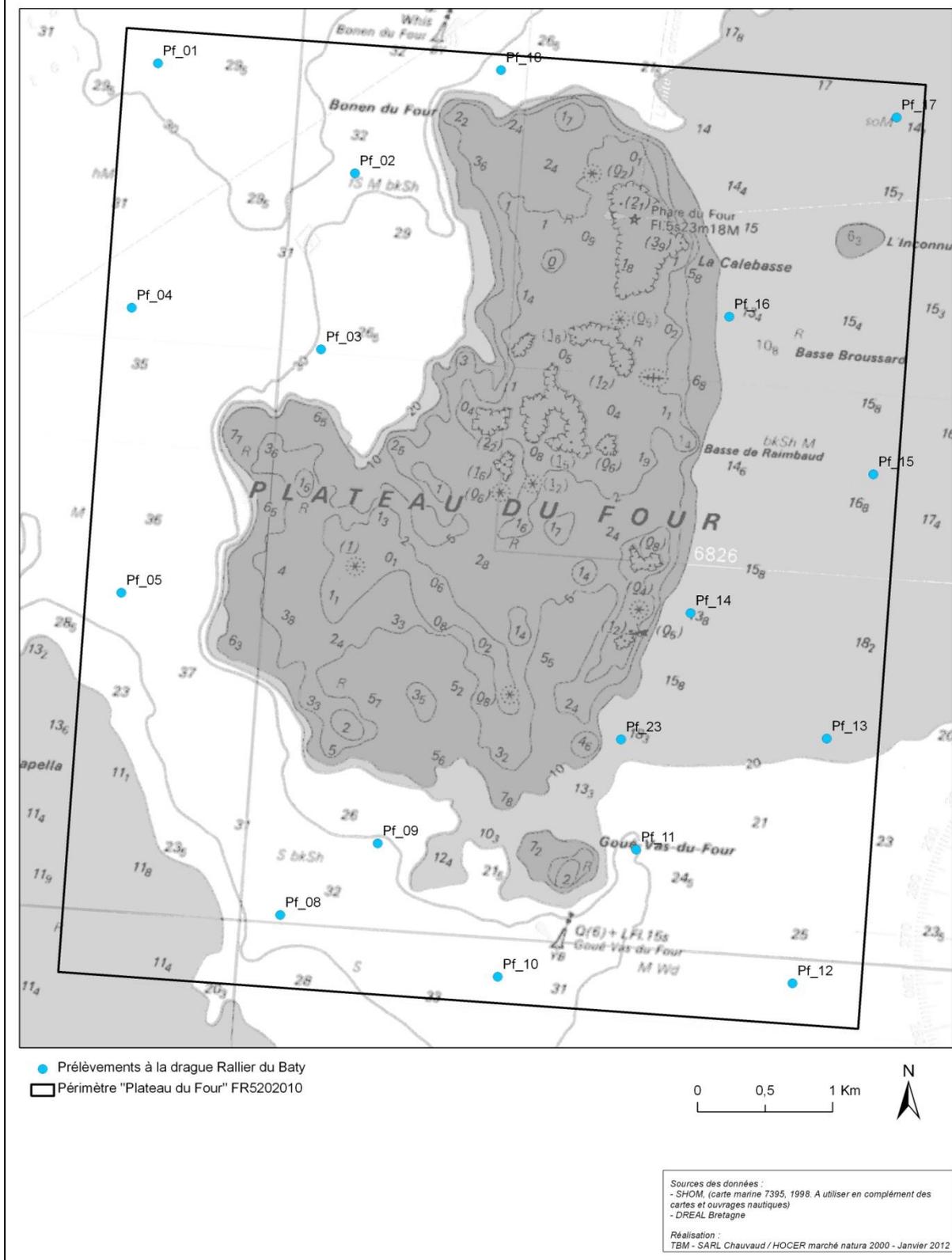
Le plan d'échantillonnage du site du Plateau du Four comprend 26 stations (Carte 2). 17 stations qualitatives ont été étudiées à la drague rallier du Baty, dont 14 ont également fait l'objet d'acquisitions vidéo (Carte 3 et 4). Quatre stations ont fait l'objet de prélèvements quantitatifs, à raison de 4 répliqués par stations (Carte 5).

## PLAN D'ÉCHANTILLONNAGE 2010 - PLATEAU DU FOUR FR5202010



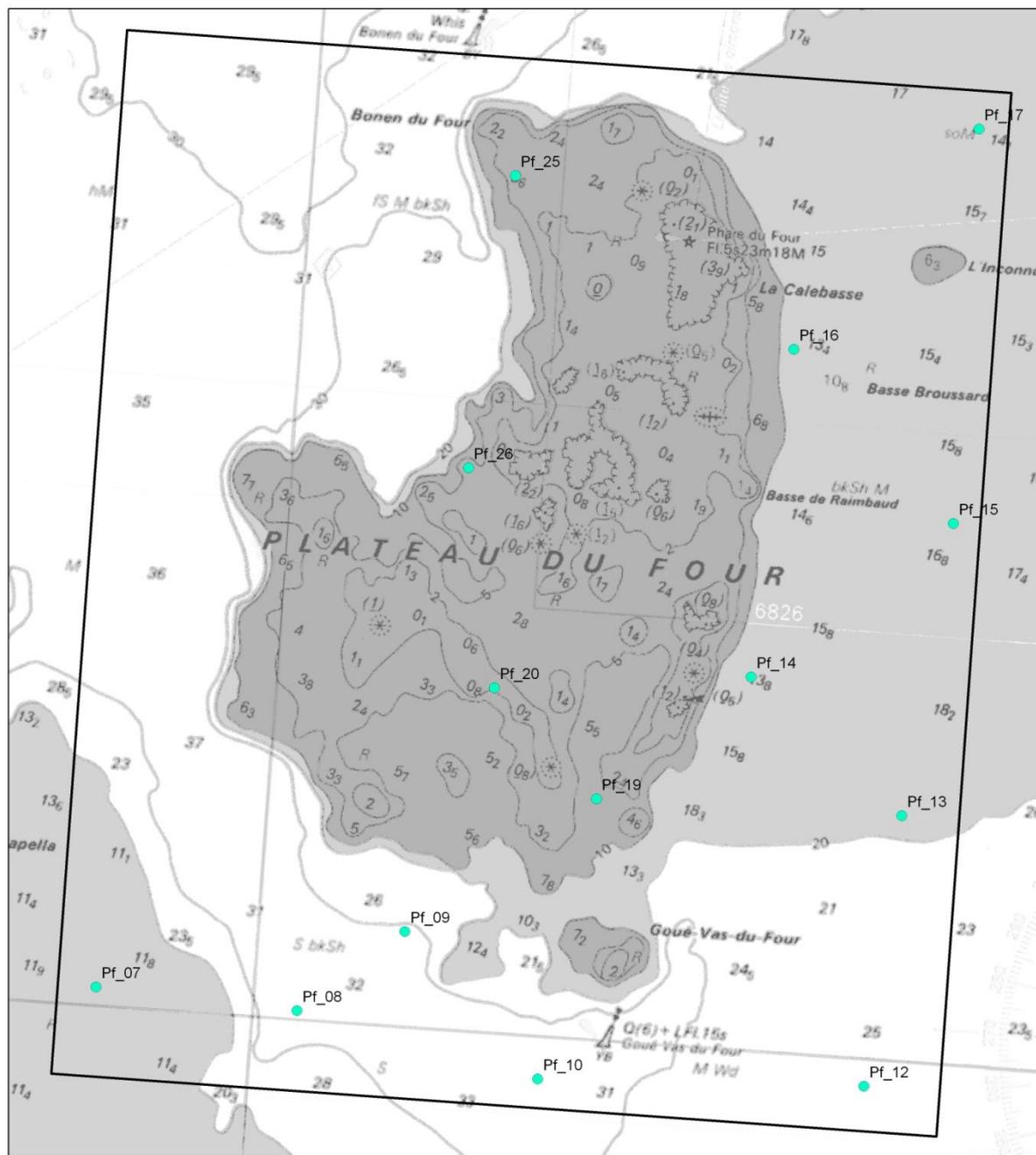
Carte 2 : Plan d'échantillonnage 2010

## INVENTAIRES QUALITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010



**Carte 3 : Localisation des prélèvements à la drague rallier 2010**

## ENREGISTREMENTS CAMÉRA SOUS-MARINE - PLATEAU DU FOUR FR5202010



● Enregistrements à la caméra sous-marine 2010

▭ Périmètre "Plateau du Four" FR5202010

0 0,5 1 Km

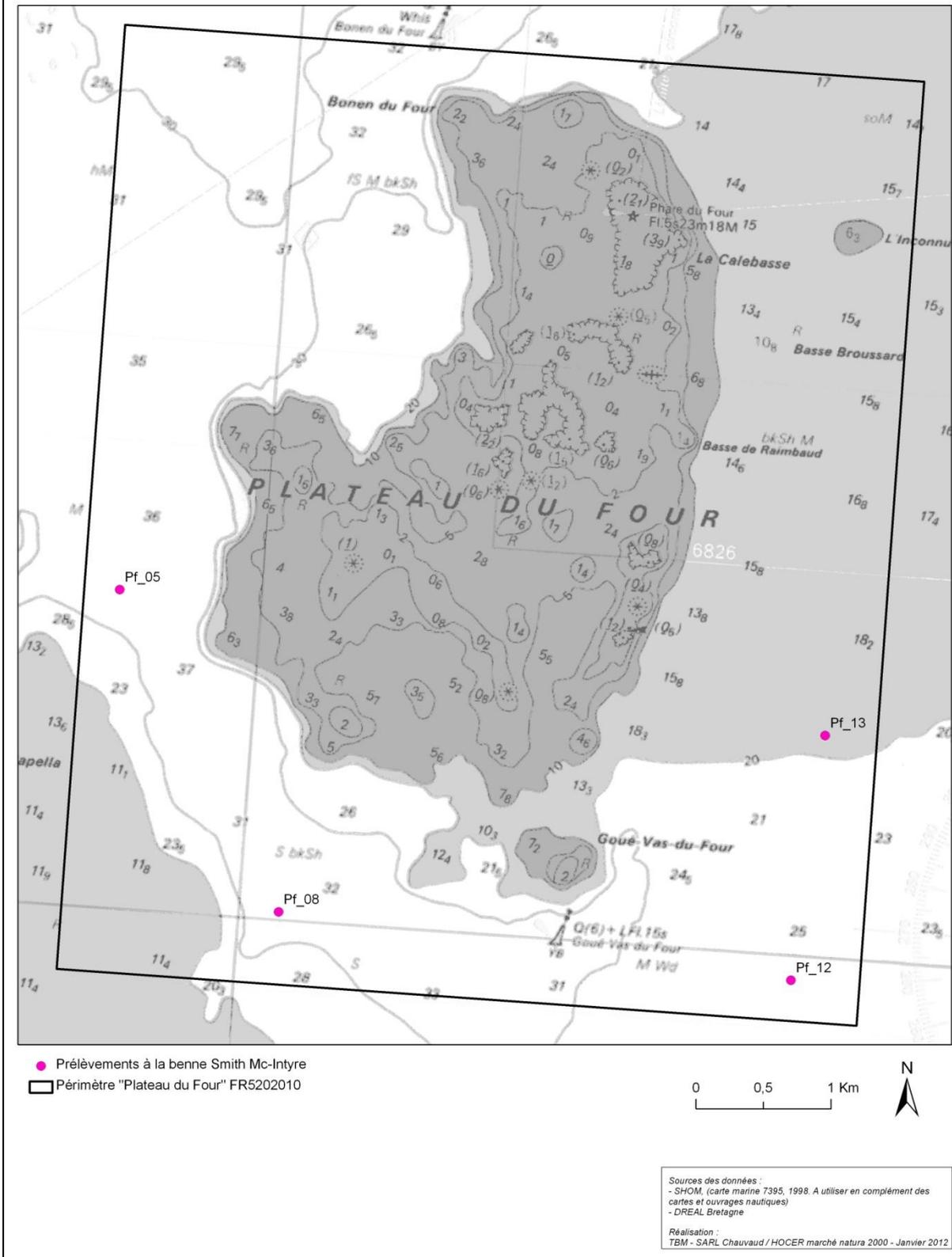


Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne

Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

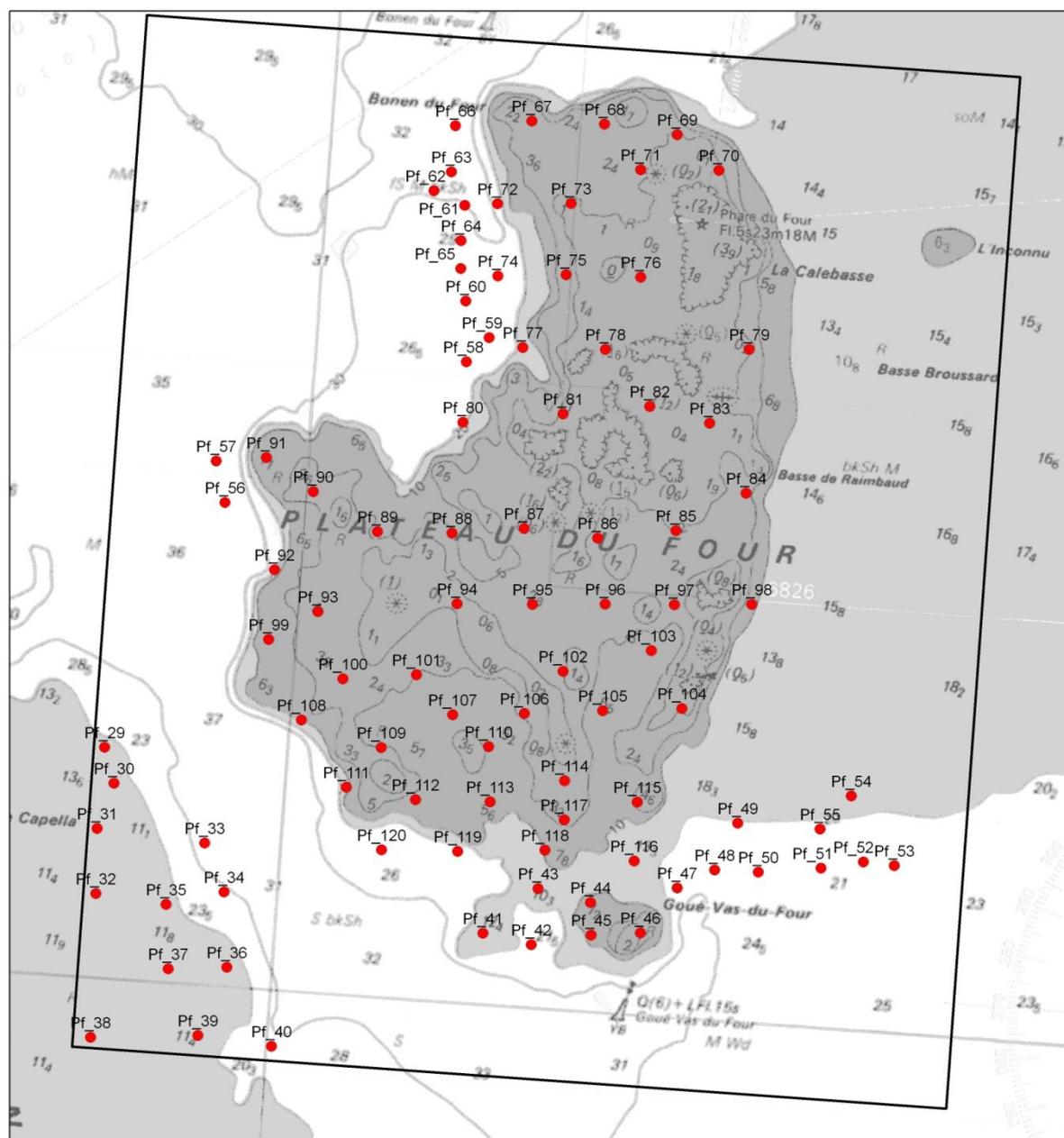
**Carte 4 : Localisation des vidéo sous marines 2010**

## INVENTAIRES QUANTITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010

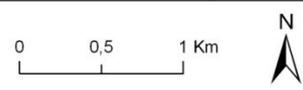


**Carte 5 : Localisation des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre 2010**

## POINTS D'OBSERVATION COMPLÉMENTAIRES 2011 - PLATEAU DU FOUR FR5202010



- Points d'observation complémentaires 2011
- Périmètre "Plateau du Four" FR5202010



Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne  
 Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

**Carte 6 : Localisation des observations à la caméra sous-marine lors de la campagne de 2011**

### 3.2.4 MISSIONS COMPLÉMENTAIRES

A la suite de la campagne de terrain réalisée en 2010, il est apparu indispensable d'acquérir des données sur le plateau rocheux. Par conséquent, une campagne de terrain a été faite les 5 et 6 mai 2011 sur le navire Tzigane 2. Les opérations à la mer ont consisté à la mise à l'eau d'une caméra. La carte 6 indique l'emplacement des points d'observation.

De plus, des missions intertidales ont également eu lieu.

### 3.3 Analyses bathymétriques et morphosédimentaires

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  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 355  $\mu\text{m}$ , , 250  $\mu\text{m}$ , 180  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 90  $\mu\text{m}$ , 63  $\mu\text{m}$ , 45  $\mu\text{m}$ . 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  $\mu\text{m}$  : le sédiment, pesé à la sortie de l'étuve, est passé sur un tamis de 45  $\mu\text{m}$ . 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 0,04 et 63 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	500 $\mu\text{m}$	250 $\mu\text{m}$	125 $\mu\text{m}$	90 $\mu\text{m}$	63 $\mu\text{m}$	45 $\mu\text{m}$	

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.  $\geq 2$  mm), les sables grossiers ([500  $\mu\text{m}$  à 2 mm []), les sables moyens ([250-500  $\mu\text{m}$  []), les sables fins ([63-250  $\mu\text{m}$  []) et les vases (i.e.  $< 63$   $\mu\text{m}$ ). Le tableau 1 récapitule les échelles et dénominations granulométriques AFNOR (Chambley, 1995).

2) de calculer les moments de la distribution des différentes fractions granulométriques. Ces différents moments sont calculés selon la méthode géométrique de Folk & Ward (1957). Nous avons calculé la médiane (en  $\mu\text{m}$ ) et l'indice de classement ( $\sigma$ ). 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  $\sigma$  est compris entre 1,27 et 1,41 ;
- modérément bien classés si  $\sigma$  est compris entre 1,41 et 1,62 ;
- modérément classés si  $\sigma$  est compris entre 1,62 et 2,00 ;
- pauvrement classés, si  $\sigma$  est compris entre 2,00 et 4,00 ;
- très pauvrement classés, si  $\sigma$  est compris entre 4,00 et 16,00 ;

- extrêmement pauvrement classés, si  $\sigma \geq 16,00$ .

3) d'identifier les différents habitats sédimentaires :

- les vases où le taux de vases est supérieur à 80%,
- les vases sableuses où le taux de vases est compris entre 30 et 80%,
- les sables fins ou envasés (15 à 30% de vase),
- les sables moyens où cette fraction est dominante,
- les sables grossiers où cette fraction est dominante,
- les graviers où la fraction gravier est supérieure à 20%.

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 répliquats ont été mesurés sur le même prélèvement de sédiment (Figure 12).

*Figure 12 : Répliquats pour la Matière Organique (Cliché TBM)*



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

- Température (°C), Salinité (‰), Turbidité (NTU),
- Oxygène dissous (% de saturation), pH.

*Figure 13 : Sonde multiparamètres (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 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. Le référentiel taxonomique utilisé est l'European Register of Marine Species (ERMS) (Costello et *al.*, 2001).

### 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** de type Shannon et d'équitabilité,

L'indice de Shannon est le plus couramment utilisé et est recommandé par différents auteurs (Gray et *al.*, 1992). Il est donné par la formule suivante :

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

où :

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

$S$  = nombre total d'espèces ;

$n_i$  = 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, ou bien une espèce dominant très largement toutes les autres) à  $\log S$  (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 (dominance d'une des espèces) à 1 (équité répartition des individus dans les espèces).

- la détermination de l'Indice d'Evaluation de l'Endofaune Côtière (I2EC) et de l'**indice biotique (AMBI)** a été réalisée à partir des données quantitatives obtenues avec la benne Smith Mc-Intyre.

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

L'Indice d'Evaluation de l'Endofaune Côtière (I2EC) se fonde sur la distinction au sein de la macrofaune benthique de cinq groupes écologiques regroupant des espèces ayant en commun une sensibilité similaire vis-à-vis de la matière organique en excès et face au déficit éventuel d'oxygène résultant de sa dégradation. 5 groupes écologiques de polluosensibilités 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, mais 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 5 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.

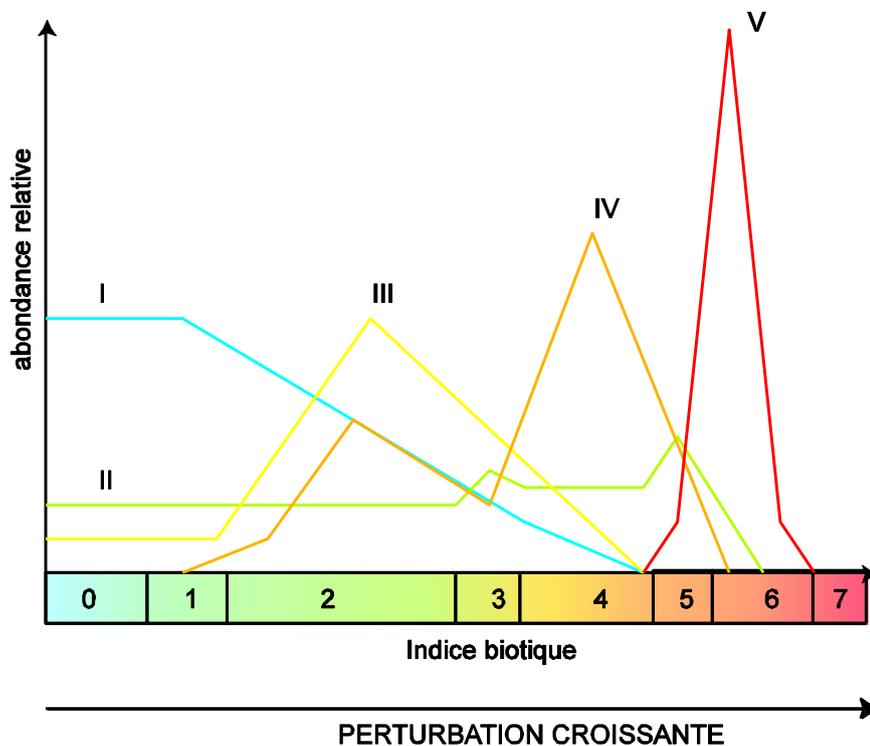


Figure 14 : Modèle des Indices Biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D'après Grall et Coïc, 2006)

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

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 2 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, les indices sont en cours de validation par les experts notamment dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau.

- **Analyses statistiques**

Afin de tester la variabilité spatiale, deux groupes de test ont été utilisés selon le résultat du test de l'homogénéité des variances (test de Bartlett) (Scherrer, 1984). En cas d'égalité des variances, l'ANOVA à un facteur (test paramétrique) a été utilisée. Lorsque des différences significatives ont été détectées, le test de comparaison multiple de Student-Newman-Keuls (SNK) a été appliqué. En revanche, en cas d'hétérogénéité des variances, le test non paramétrique de Kruskal-Wallis a été choisi et complété éventuellement d'un test de comparaison de type SNK (Scherrer, 1984). Nous avons testé (à 95% de confiance) les variations d'abondance, de richesse spécifique, de diversité et de régularité.

- **Analyses multivariées**

Des analyses multivariées ont été utilisées sur les données granulométriques, semi-quantitatives 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 homogène » et « biologiquement homogènes » à un certain degré de similarité.

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 similitude de Bray-Curtis pour les données faunistiques. Le logiciel utilisé est PRIMER<sup>®</sup> (version 6). Une autre analyse utilisant une méthode d'ordination, la multidimensional scaling (MDS), a également été utilisée. Elle permet, à partir d'une matrice symétrique contenant des rangs de distances entre objets (dissimilarités), d'obtenir une représentation de ces objets dans un espace à  $n$  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 issus des deux méthodes multivariées, la procédure SIMPER du logiciel PRIMER est utilisé pour identifier les espèces influentes en comparant les groupements d'échantillons deux à deux (Clark 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

La thématique retenue est celle des cahiers d'habitats. 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 programme MESH et UKSeaMap. Les spécialistes (Universités, Stations marines, 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 (Bajjouk et *al.*, 2010 ; Bajjouk, 2009 ; Guillaumont et *al.*, 2008) a été utilisée.

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 :

- 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
- Bajjouk, T. 2009 - Cahier des charges pour la cartographie d'habitats des sites Natura 2000 littoraux. Guide méthodologique. IFREMER.
- CAHIERS D'HABITATS NATURA 2000 - 2004 - *Habitats côtiers*. La Documentation française.
- Commission Européenne, 1999. Manuel d'interprétation des habitats de l'Union Européenne. EUR15/2. 132p.
- 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 p.
- 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.
- 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.

## 4. Résultats

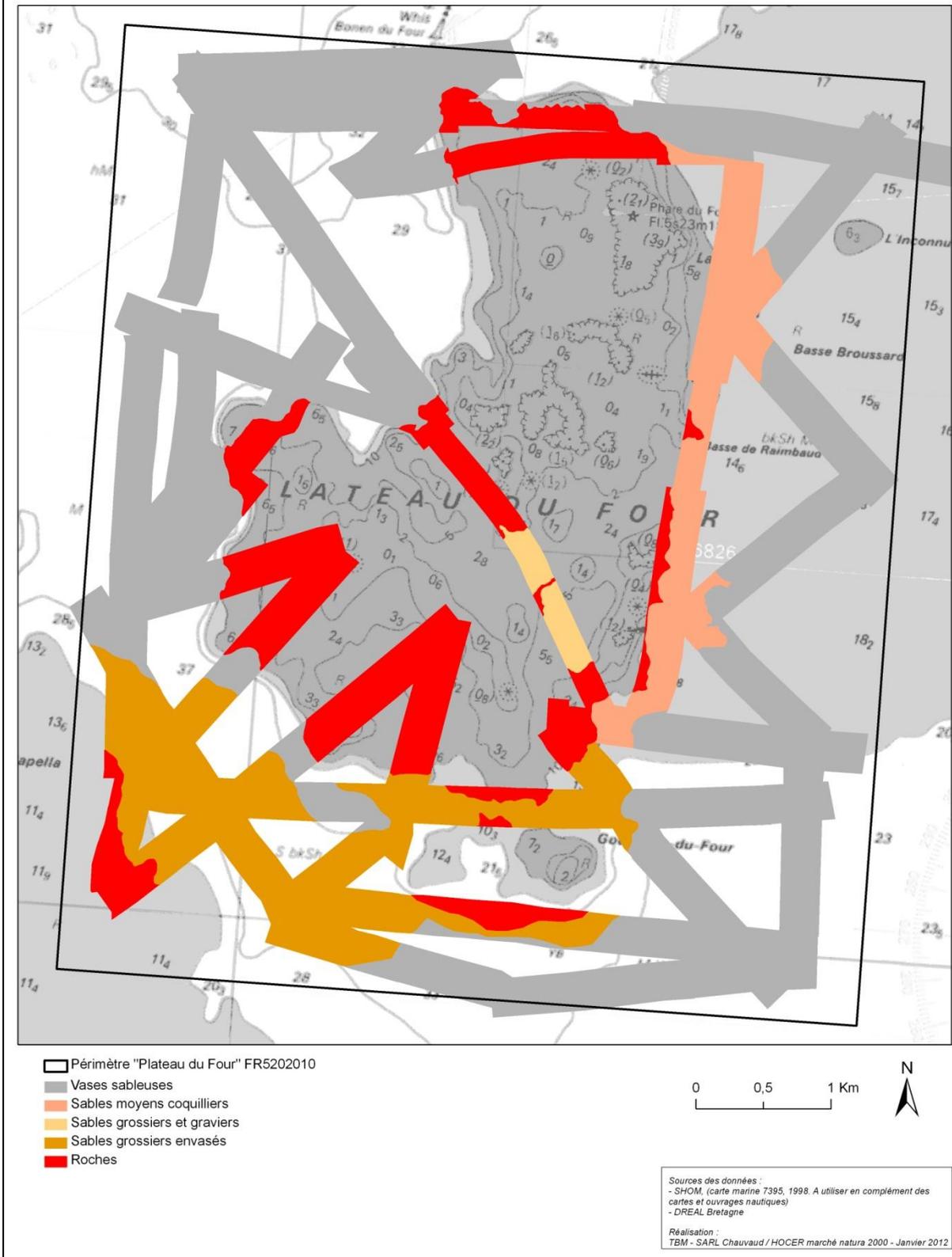
### 4.1 Levé au sonar latéral : les principaux ensembles morphosédimentaires

La mosaïque de réflectivité (Figure 15), acquise au cours du levé des 7 et 8 juillet 2010, a servi de base à l'interprétation morphosédimentaire du plateau du Four. La carte de répartition des formations superficielles est présentée sur la carte 7.



Figure 15 : Mosaïque de réflectivité sur le site du plateau du Four

## RÉPARTITION DES FORMATIONS SUPERFICIELLES PLATEAU DU FOUR FR5202010



**Carte 7 : Répartition des formations superficielles sur le plateau du Four**

#### 4.1.1 Le substratum rocheux

Les fonds rocheux affleurants et sub-affleurants rencontrés sur le plateau du Four sont essentiellement de nature grésocalcaire (Figure 16). Ils se caractérisent par une morphologie plane, limitée dans sa partie inférieure par un tombant abrupt allant de quelques mètres à quelques dizaines de mètres au Sud-Ouest du plateau. Une accumulation de blocs est fréquente au pied de ce tombant. Ces fonds rocheux sont datés de l'Yprésien (50 à 55 Ma) et ont fait l'objet de plusieurs études géologiques (Barbaroux et *al.*, 1971 ; Bouysse et *al.*, 1974). Le plateau du Four constitue le témoin le plus oriental d'une série d'îles et de hauts-fonds s'étant développés, au cours de l'orogénèse alpine, en bordure d'un vaste bloc basculé dans l'axe Quiberon – Le Croisic. A partir de l'éocène, l'exhumation du Mor-Bras au cours des épisodes régressifs, et le décapage de la couverture sédimentaire, n'a laissé que quelques placages résiduels de roches calcaires dont le plateau du Four constitue un exemple. De ce point de vu, le plateau du Four revêt donc un intérêt patrimonial géologique élevé.

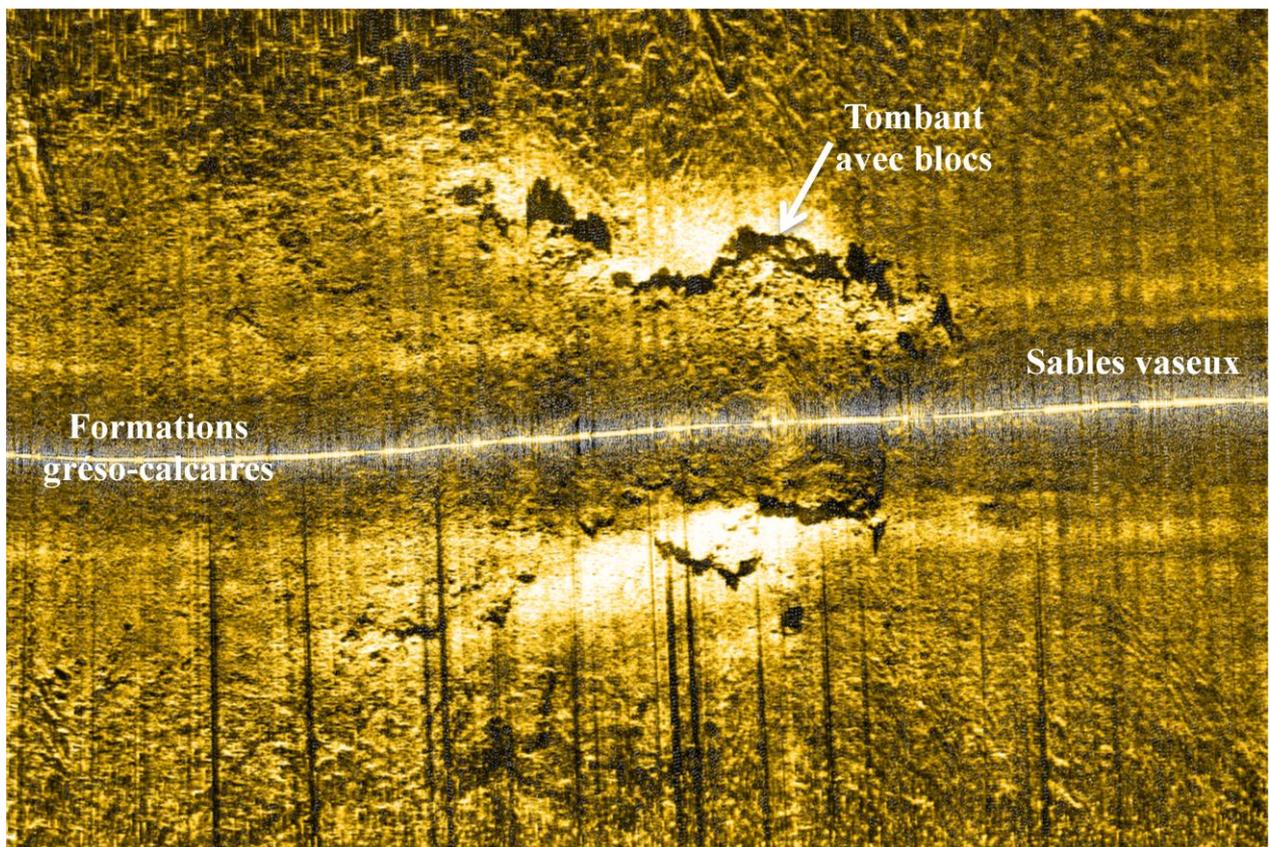
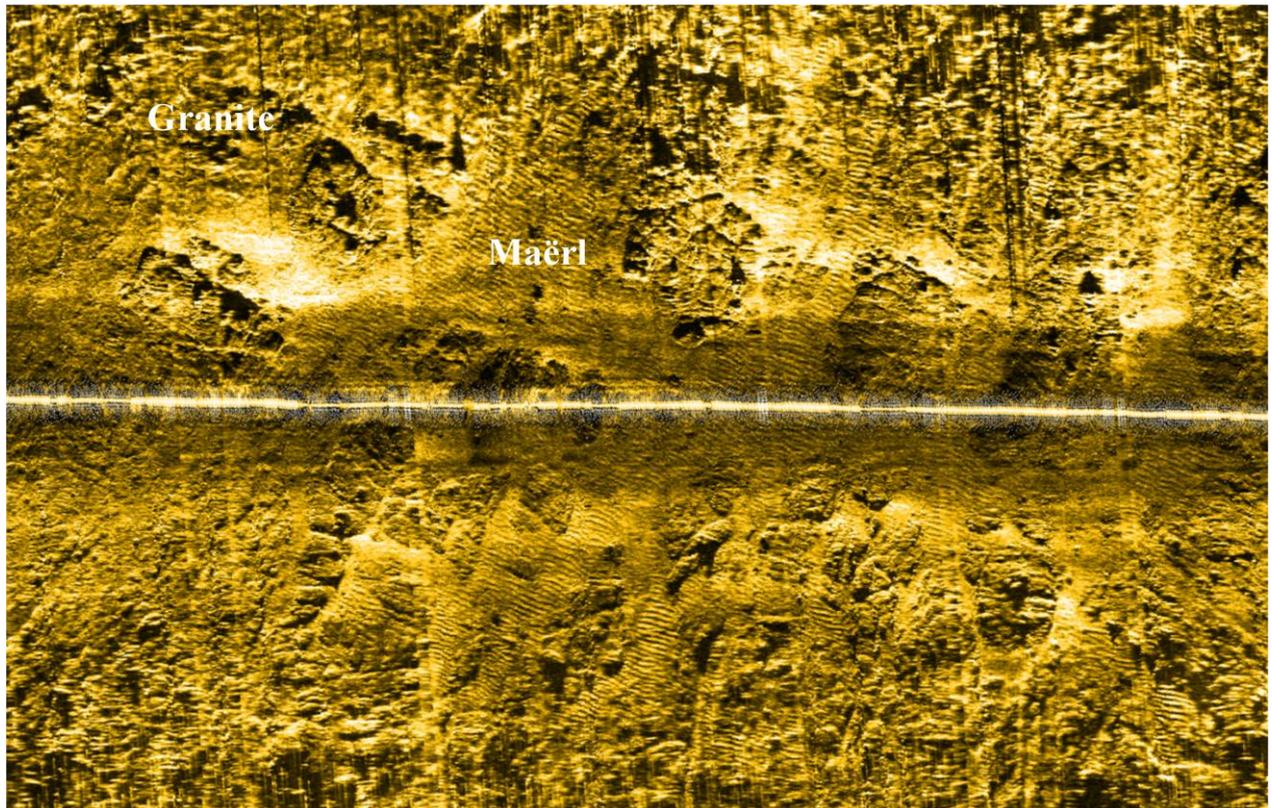


Figure 16 : Sonogramme montrant la limite entre les formations rocheuses grésocalcaires yprésiennes et les fonds sablo-vaseux (Sud-Ouest du plateau du Four)

La basse Hikéric se distingue du plateau du Four par la présence de roches plutoniques. Ces formations granitiques se caractérisent par la présence de formes massives entrecoupées de

diaclasses plus ou moins larges (Figure 17). Cet ensemble rocheux constitue un platier bien marqué dans la morphologie, et soumis à des conditions hydrodynamiques importantes. La dualité entre la présence de granite au niveau de la basse Hikéric et la nature grésocalcaire du plateau du Four a pour origine le fait que les deux ensembles se situent de part et d'autre de la faille majeure qui s'étire de Quiberon à la pointe du Croisic (Figure 18).



*Figure 17 : Sonogramme montrant les formations granitiques et la présence de maërl sur la basse Hikéric.*

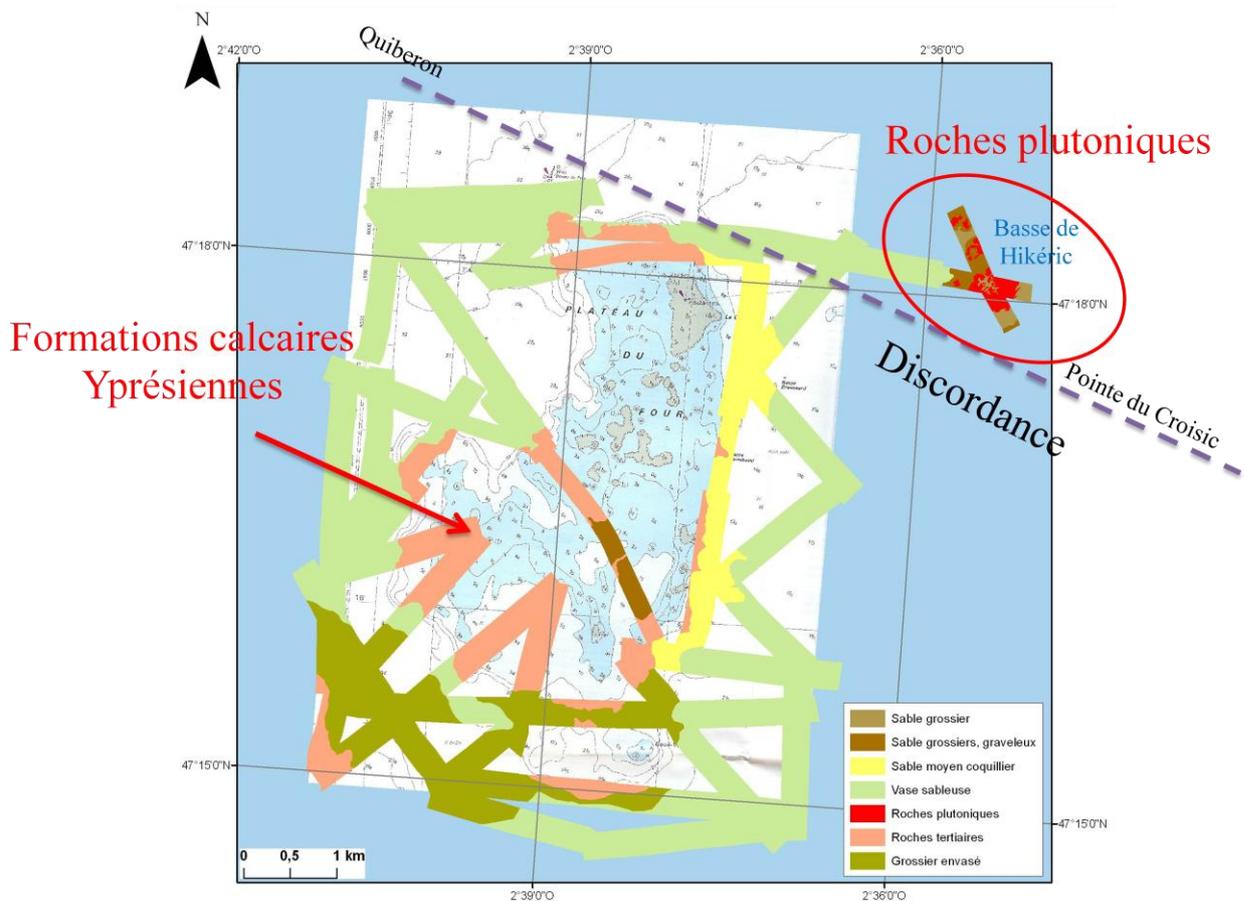


Figure 18 : Répartition des grands ensembles rocheux de part et d'autre de la faille Quiberon – Le Croisic

#### 4.1.2 Les substrats meubles

L'analyse des faciès acoustiques combinée à celle des prélèvements, et des observations de vidéo sous-marine, a permis d'identifier 5 principaux faciès de substrats meubles.

(1) 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 quasi-exclusivement sous la forme de colmatages entre les formations rocheuses, au centre du plateau du Four et sur la basse Hikéric.

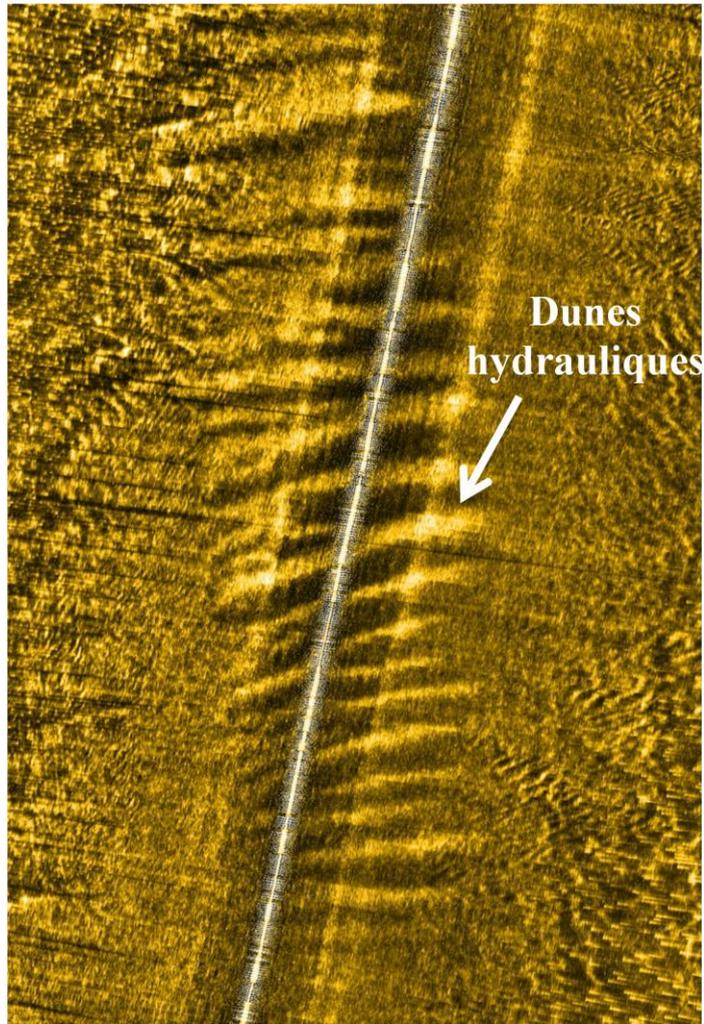
La présence de maërl vivant, résultant de l'accumulation des thalles ramifiés et libre d'algues corallinacées, a été observé sur la basse Hikéric (Figure 17). Ce faciès constitue donc une biocénose coralligène spécifique, associée à des fonds de sables grossiers graveleux. La répartition du maërl est très fragmentée entre les écueils granitiques de la basse Hikéric, et de nombreux ensembles de taille réduite ont été observés au sein des structures rocheuses. Des figures sédimentaires transversales de type mégaride caractérisent l'ensemble des fonds

recouverts de maërl et de sables grossiers graveleux. Les dépôts sont dans ce cas modelés de mégarides symétriques de faible longueur d'onde ( $L < 2m$ ), dans le creux desquelles s'accumule le maërl vivant. Ces structures sont le plus souvent orientées suivant une direction NW-SE, et présentent une amplitude de quelques dizaines de centimètres. Elles résultent d'une mobilisation des sédiments induit par la houle.

(2) Le faciès des sables grossiers est assez semblable au faciès des sables grossiers graveleux, mais se distingue par l'absence de la fraction la plus grossière.

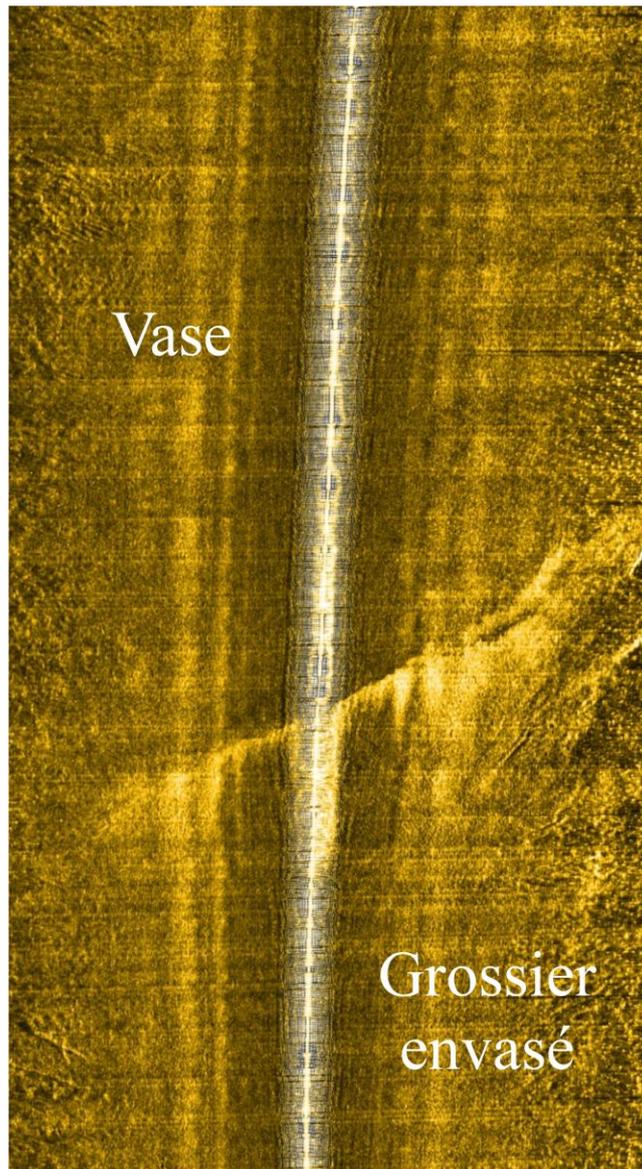
(3) Le faciès des sables moyens coquilliers est présent en bordure de la partie orientale du plateau, sous la forme d'une étroite bande qui s'étire du Nord vers le Sud. Ce faciès présente des teintes hétérogènes gris moyen à gris clair en imagerie acoustique. La limite inférieure de cette entité est parfois peu perceptible, ce qui traduit un enrichissement graduel en sédiment fin en direction du large, et une transition progressive vers le faciès des vases sableuses.

Des dunes hydrauliques asymétriques d'amplitude de 1 à 2m, sont présentes localement au sein des sables moyens coquilliers (Figure 19). Ces structures sont orientées suivant une direction E-W. Elles résultent du transport sédimentaire induit par les courants de marée sur le fond, en bordure du plateau.



*Figure 19 : Sonogramme montrant la présence de dunes hydrauliques au sein des sables moyens coquilliers (bordure orientale du plateau du Four)*

(4) Les vases sableuses occupent une vaste part de la zone d'étude au-delà du plateau rocheux gréso-calcaire. Ce faciès est reconnu en imagerie acoustique sous la forme d'une signature assez sombre et homogène (Figure 20). Ces fonds sont souvent dépourvus de mégarides.



*Figure 20 : Sonogramme montrant la limite entre le faciès des vases sableuses et le grossier envasé (sud du plateau du Four)*

(5) Les fonds grossiers envasés sont constitués d'une couche plus ou moins importante d'éléments grossiers, incorporés au sein d'une vase sableuse relativement compacte. Dans ce cas, le faciès acoustique apparaît légèrement plus clair qu'en présence de vase sableuse seule (Figure 20). Ce faciès est très présent au Sud-Ouest de la zone d'étude, à la jonction entre le banc de Guérande et le plateau du Four.

## 4.2 Les principales unités de peuplements des substrats meubles

### 4.2.1 CARACTÉRISTIQUES GRANULOMÉTRIQUES DES STATIONS ÉCHANTILLONNÉES

17 analyses granulométriques ont été réalisées. Les photographies ainsi que les analyses granulométriques de tous ces points sont consultables en Annexe 1. Les stations rocheuses sont consultables dans l'Annexe 2

Aux différentes stations échantillonnées, la médiane du sédiment varie fortement, entre 69  $\mu\text{m}$  à la station PF17 et 2500  $\mu\text{m}$  à la station PF23 (Tableau 2). La majorité des stations possède une médiane comprise entre 70 et 250  $\mu\text{m}$ .

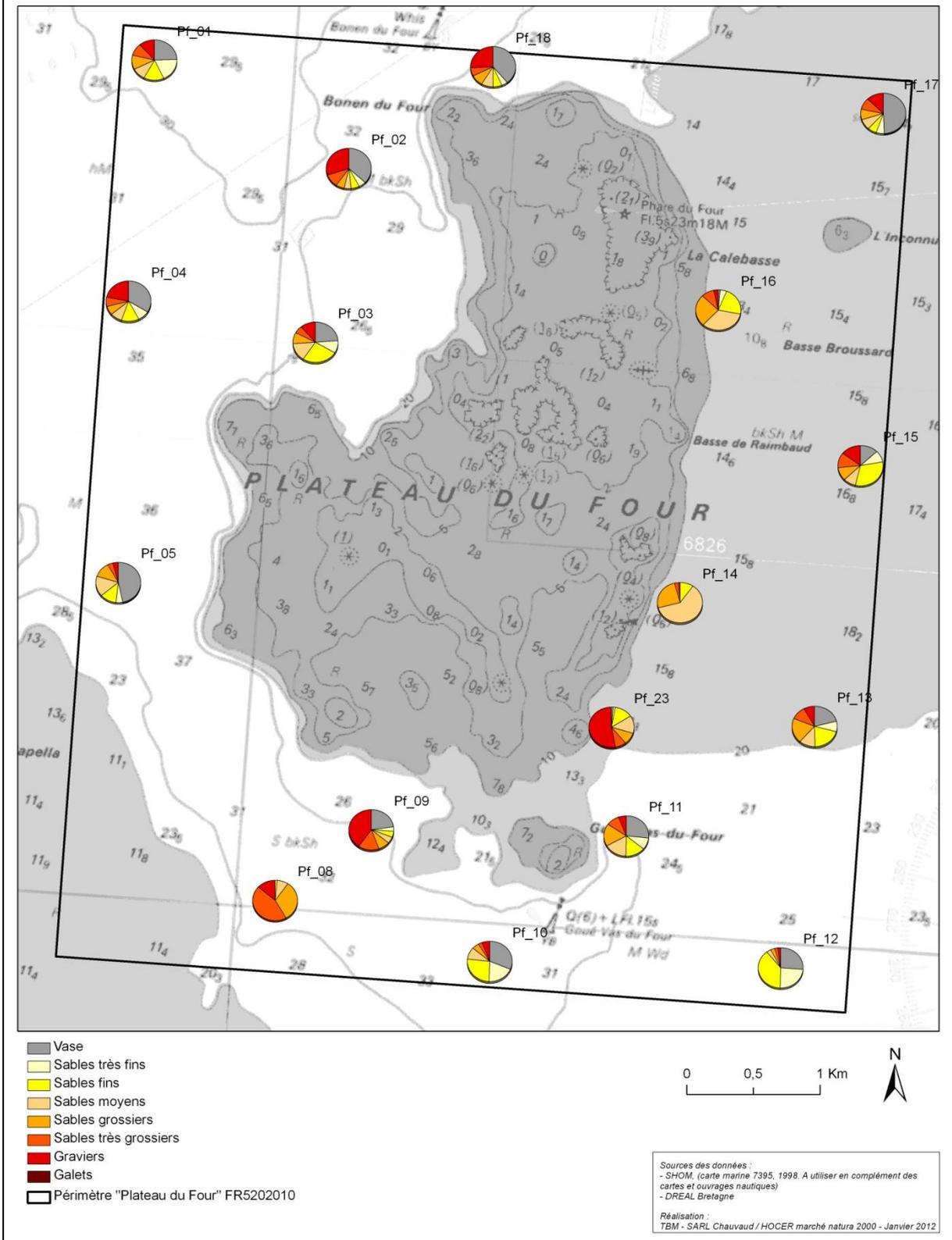
Les sédiments sont principalement composés de sables fins et de vases (Carte 8). La proportion de vase varie de quelques pourcents dans 4 stations (PF8, PF14, PF16 et PF23) à 49 % (Station PF17). La majorité des stations possèdent une proportion de vases supérieure à 15 %.

A l'inverse, 1 station présente un pourcentage de graviers supérieur à 50 % (PF23). Dans les autres stations, la proportion de cette fraction graveleuse est comprise entre 1 et 40 %. Enfin, 3 stations présentent des pourcentages de sables supérieurs à 80 % (PF8, PF14 et PF16).

Tableau 2 : Médiane et indice de tri

<b>Stations</b>	<b>Médiane (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Indice de tri</b>
PF1	161,7	7,8
PF2	319,6	11,3
PF3	176,9	7,2
PF4	179,5	11,9
PF5	103,0	6,8
PF8	1143,6	1,8
PF9	1295,1	12,9
PF10	123,2	5,9
PF11	243,2	6,6
PF12	124,2	3,7
PF13	255,8	6,5
PF14	405,9	1,6
PF15	200,6	5,6
PF16	389,6	2,3
PF17	68,9	9,9
PF18	248,4	16,1
PF23	2561,2	7,6

**POURCENTAGES DES DIFFÉRENTES FRACTIONS GRANULOMÉTRIQUES  
DES INVENTAIRES QUALITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010**



**Carte 8 : Carte des fractions sédimentaires**

L'indice de tri du sédiment ( $\sigma$ ) varie entre 1,6 à la station PF14 et 16,1 à la station PF18 (Tableau 2). Ces résultats indiquent une hétérogénéité des sédiments qui sont pour la majorité très pauvrement triés (i.e. 12 stations). Une station est extrêmement pauvrement triée (PF18), deux stations sont pauvrement classées (PF12 et PF16) et deux stations sont modérément bien classées (PF8 et PF14).

Par conséquent, une forte variabilité des différentes fractions granulométriques est observée. Le diagramme triangulaire de Shepard illustre cette hétérogénéité (Figure 21). Une grande majorité des stations (i.e. 13 stations) est composée de vases avec des proportions sableuses et graveleuses différentes. Les autres sédiments sont quasiment dépourvus de vase. Une station se caractérise par la présence de graviers sableux (PF23), une par un sable graveleux (PF8) et les deux dernières par des sables légèrement graveleux (PF14 et PF16).

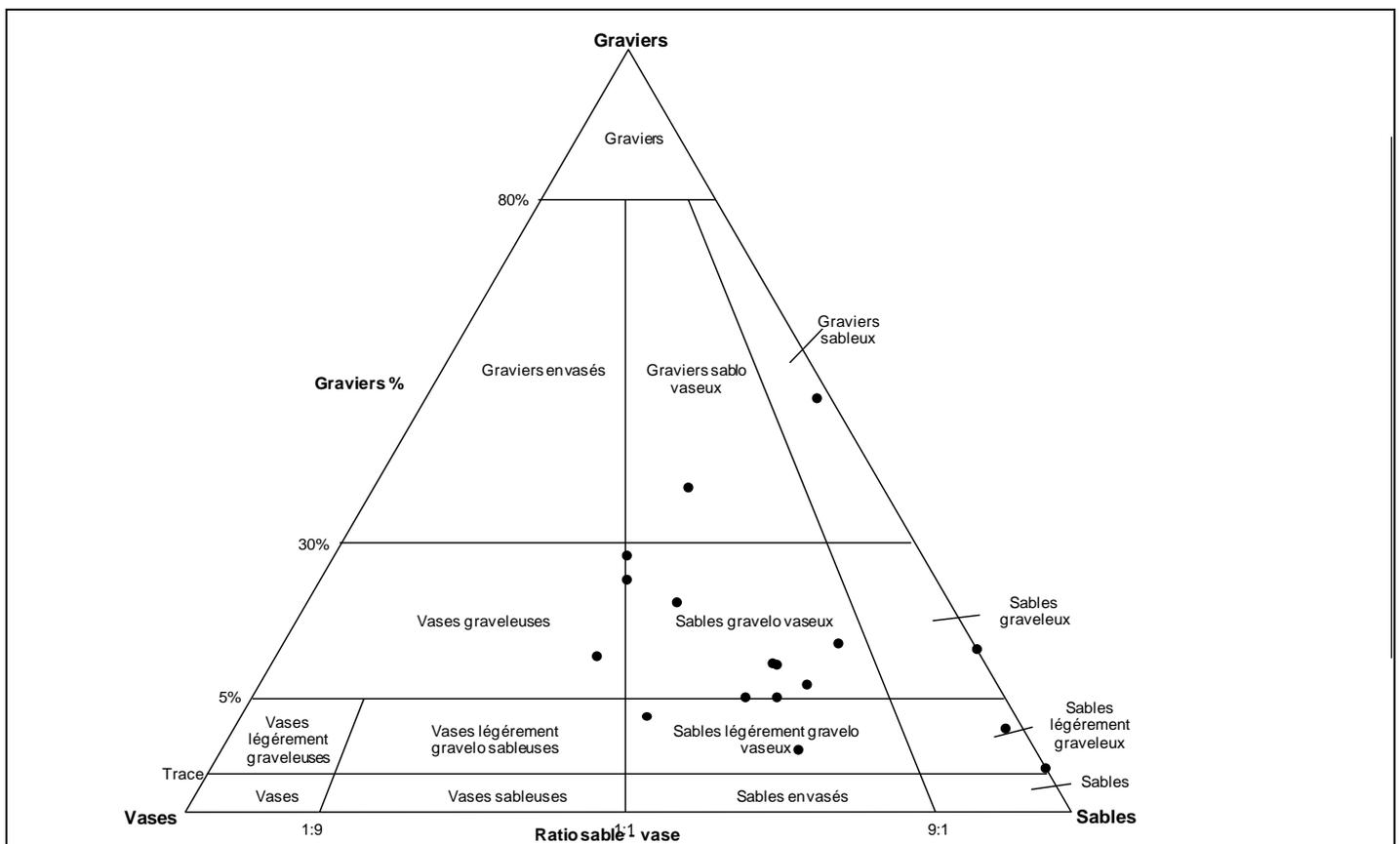


Figure 21 : Représentation graphique des stations échantillonnées selon le diagramme de Shepard réalisé sur la base de trois systèmes de coordonnées granulométriques : les graviers ( $> 2\text{mm}$ ), les sables ( $0,063 - 2\text{mm}$ ) et les vases ( $< 0,063\text{mm}$ )

Tableau 3 : Caractéristiques moyennes des ensembles sédimentaires identifiés d'après le dendrogramme établi à partir des données granulométriques. Les écart-types sont indiqués pour les moyennes de la médiane.

Ensembles	Médianes ( $\mu\text{m}$ )	Graviers (%)	Sables (%)	Vases (%)
1 (station PF8)	1099,6	14	86	0
2-1	197,1 $\pm$ 120,9	15	55	30
2-2	1095,2 $\pm$ 1196,1	19	80	1
2-1.1	227,1 $\pm$ 158,1	23	40	38
2-1.2	171,3 $\pm$ 82,1	9	67	24
2-2.1 (station PF23)	2476,3	53	46	1
2-2.2 (stations PF14 et PF16)	404,7 $\pm$ 9,5	2	97	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.* 0,09) de la MDS indique une bonne qualité de l'ordination des sites.

Un premier ensemble (Ensemble 1) se constitue d'une seule station (PF8), alors qu'un second ensemble regroupe le reste des stations (Ensemble 2). En comparaison avec les stations de l'ensemble 2, la station PF8 se caractérise par une forte valeur pour les sables et par l'absence de vase (Tableau 3).

L'ensemble 2 se décompose en deux sous-ensembles inégaux en réponse aux proportions relatives de vases et de sables (Tableau 3).

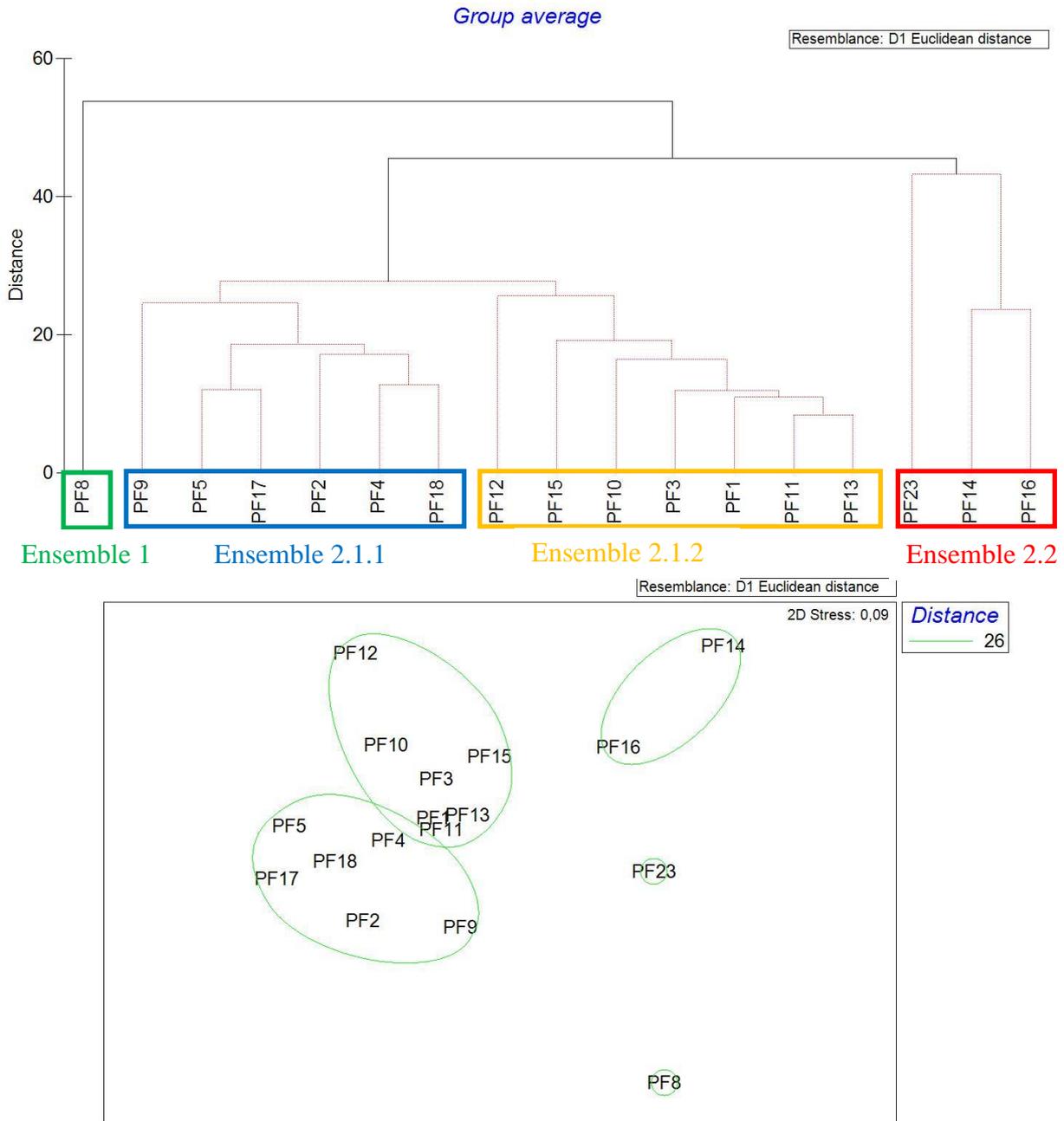
Le sous-ensemble **2-1** regroupe 13 stations caractérisées par la présence non négligeable de vase (proportion moyenne de vases de 30 %) et une valeur moyenne de la médiane de 197,1  $\mu\text{m}$ . Le sous-ensemble **2-2** regroupe 3 stations dont le sédiment est plus sablo-graveleux (proportion moyenne de graviers de 19 % et de sables 80% et valeur moyenne de la médiane de 1095,2  $\mu\text{m}$ ).

Les écart-types observés sont grands, reflétant à l'intérieur de ces deux sous groupes une grande hétérogénéité. Ainsi, ces deux sous groupes peuvent encore être subdivisés.

Le sous-ensemble **2-1** est subdivisé en deux sous-ensemble de 6 et 7 stations respectivement pour le sous-ensemble **2-1.1** et le sous-ensemble **2-1.2**. En comparaison avec les stations de l'ensemble **2-1.1**, les stations du sous-ensemble **2-1.2** se caractérisent par une plus forte valeur pour les sables et par une diminution des vases (Tableau 3).

Le sous-ensemble **2-2** est subdivisé en deux sous-ensemble de 1 et 2 stations respectivement pour le sous-ensemble **2-2.1** et le sous-ensemble **2-2.2**. En comparaison avec les stations de PF14 et PF 16 (sous-ensemble **2-2.2**), la station PF23 se distingue par une plus forte valeur pour les graviers (Tableau 3).

Ces résultats indiquent que la plupart des stations échantillonnées sont associées à des fonds de sédiments hétérogènes avec une teneur en pélites supérieure à 15 %. 4 stations se distinguent de l'ensemble. Elles sont caractérisées par des sédiments sablo-graveleux avec des teneurs en pélites de faibles à nulles.



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

## 4.2.2 MATIÈRE ORGANIQUE ET DONNÉES HYDROLOGIQUE

### 4.2.2.1 Matière organique

La teneur moyenne en matière organique est comprise entre 1,8 % pour PF14 et 11,6 % pour PF2 (figure 23). 6 stations présentent des pourcentages inférieurs à 5%, 7 stations ont des pourcentages compris entre 5 et 10 %, et enfin, 4 stations ont des pourcentages supérieurs à 10 % (Carte 9). L'ANOVA indique des différences significatives ( $P < 0.01$ ). Pour donner une idée spatialisée de la répartition de la teneur en matière organique une modélisation a été réalisée (Carte 10). La méthode d'interpolation spatiale utilisée est la pondération inverse à la distance (IDW, Inverse distance weighted). Ce processus permet d'assigner une valeur à un espace non connu à partir d'un semis de points. Cette interpolation détermine la valeur des cellules en calculant une moyenne pondérée à partir des valeurs des points du voisinage. La pondération est inversement proportionnelle à la distance séparant le centre de la cellule des points du voisinage. Les valeurs de sortie de la fonction IDW sont limitées par les valeurs utilisées pour faire l'interpolation. La fonction IDW est une moyenne et une moyenne ne peut pas être plus grande que la valeur la plus grande. Il est donc impossible de créer des crêtes ou vallées si les valeurs nécessaires ne sont pas présentes dans la donnée de départ.

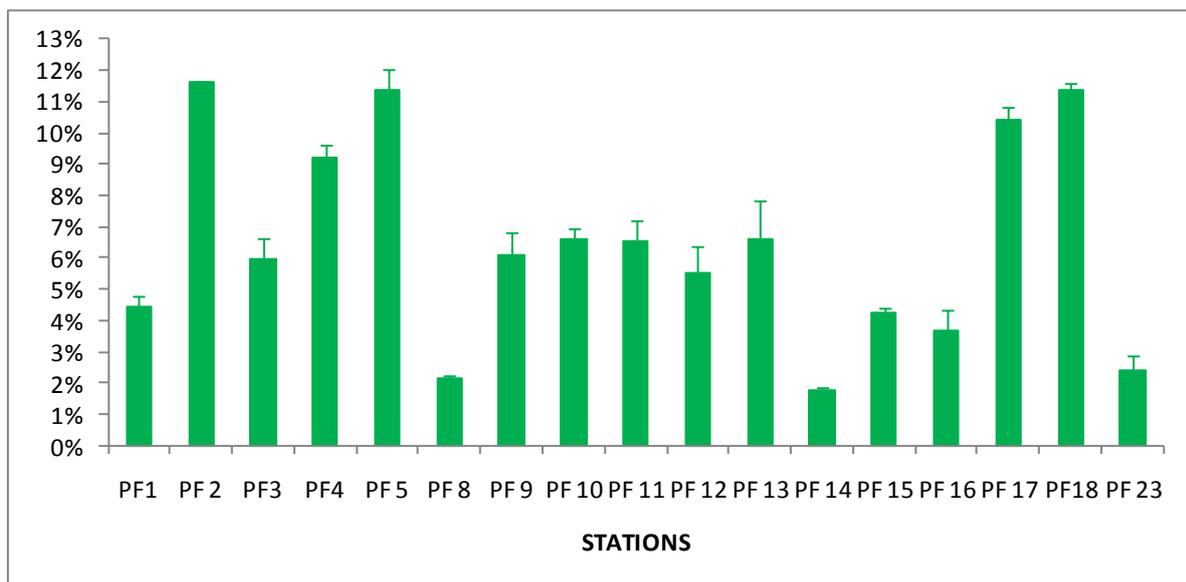
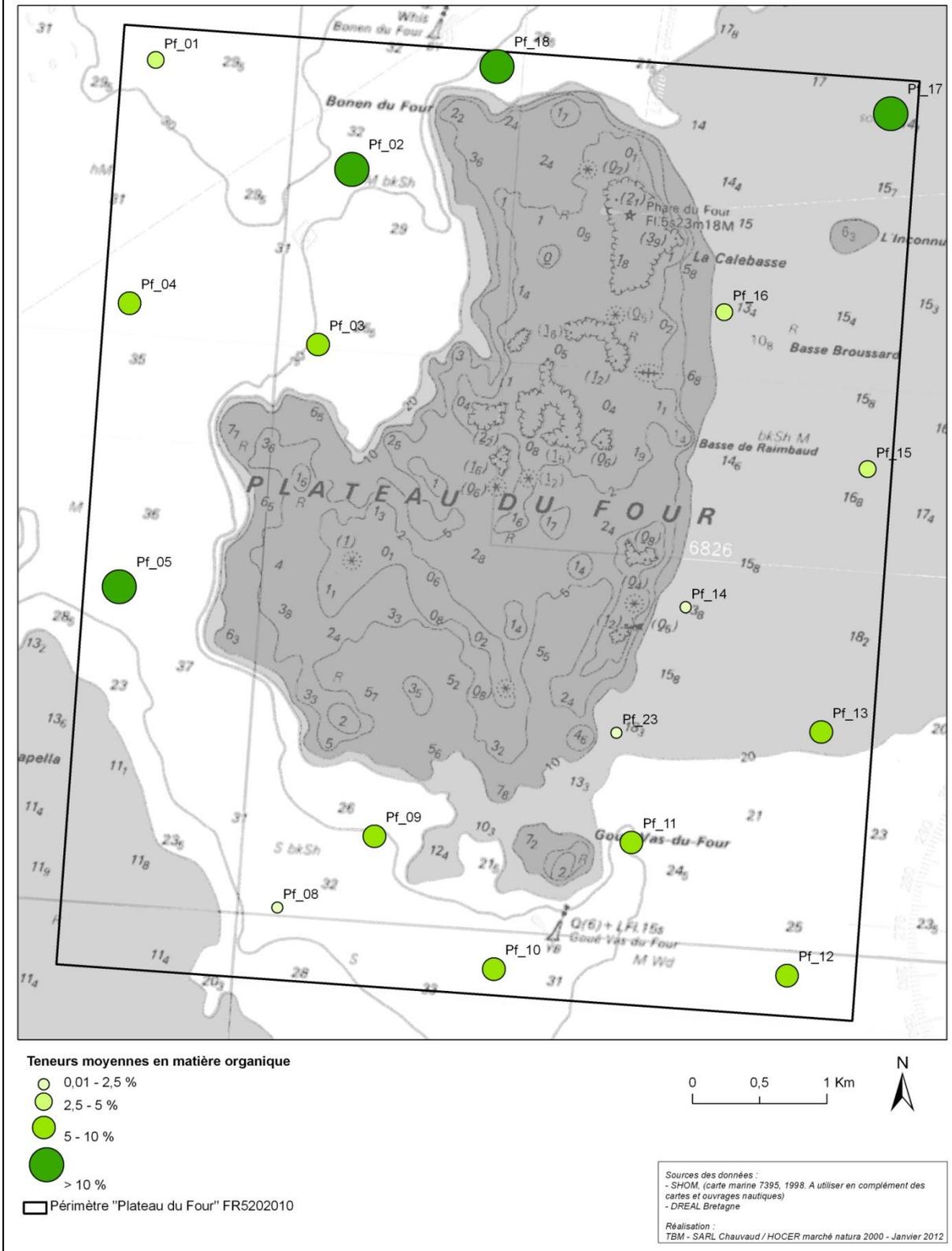


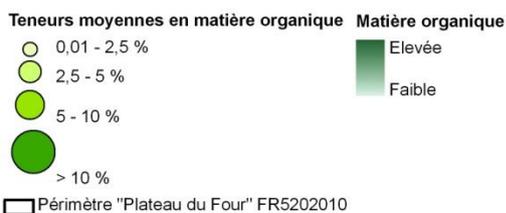
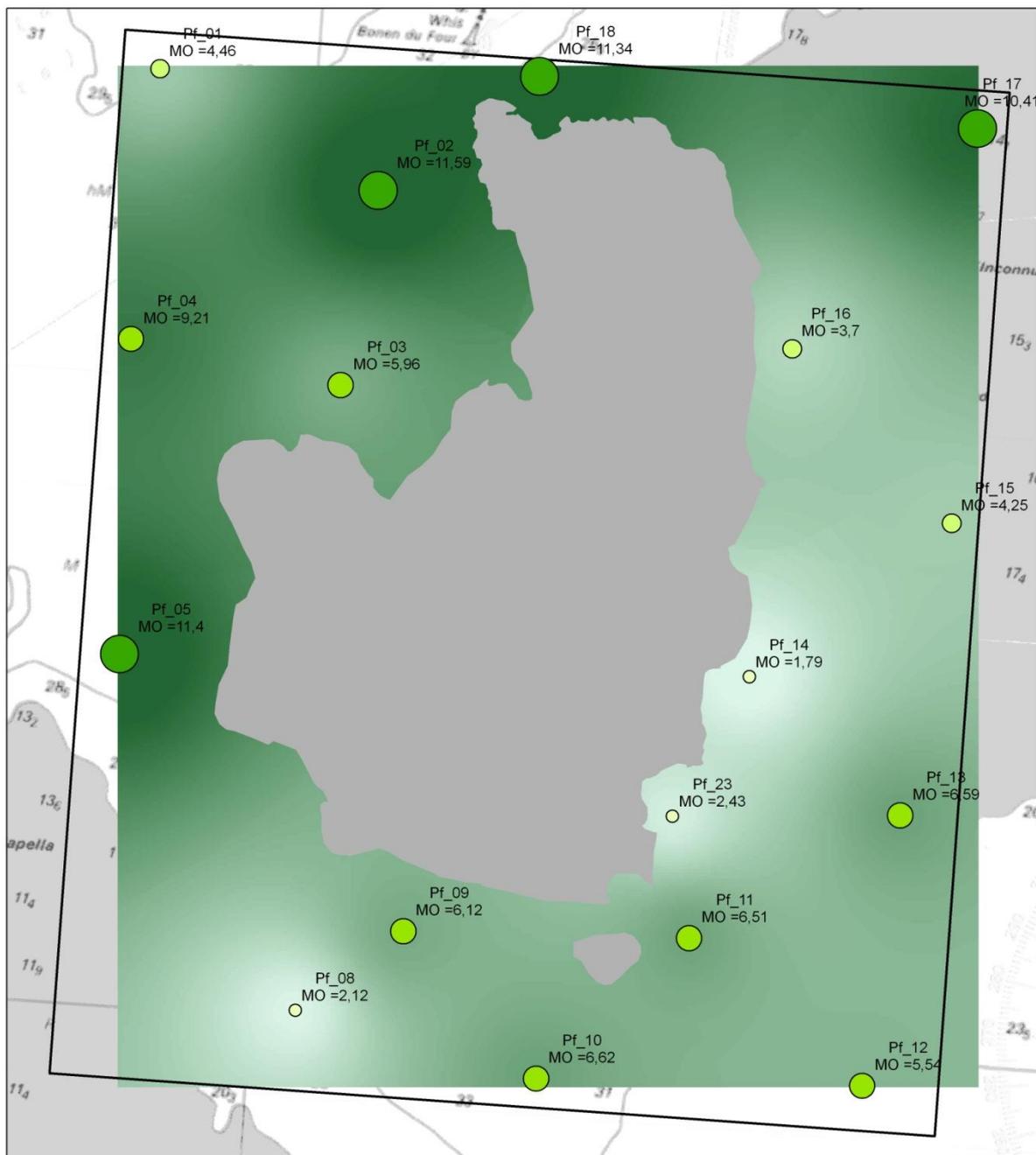
Figure 23 : Teneurs moyennes en matière organique.

**TENEURS MOYENNES EN MATIÈRE ORGANIQUE DES INVENTAIRES QUALITATIFS  
PLATEAU DU FOUR FR520210**



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

## TENEURS MOYENNES EN MATIÈRE ORGANIQUE DES INVENTAIRES QUALITATIFS PLATEAU DU FOUR FR5202010



Sources des données :  
- SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
- DREAL Bretagne

Réalisation :  
TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

**Carte 10 : Modélisation 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 4 stations en même temps que les stations quantitatives : stations PF5, PF8, PF12 et PF13. La figure 24 récapitule les 4 paramètres hydrologiques étudiés.

Les mesures de températures de l'eau de mer relevées sur les 4 stations montrent toutes une relative stratification, les couches profondes étant les plus froides. Nous avons enregistré une température de surface d'environ 18,5 °C et d'environ 12,5°C à 15m de profondeur.

Les mesures de turbidité enregistrées par la sonde YSI témoignent d'une eau peu chargée en particules et d'une bonne visibilité (turbidité < 5 NTU). Seules les mesures effectuées en profondeur sur la station 13 indiquent une eau plus turbide en profondeur qu'en surface.

Les quatre profils bathymétriques de la saturation de l'eau de mer en oxygène dissous sont tous similaires: le pourcentage de saturation d'oxygène dissous diminue jusqu'à une quinzaine de mètres de profondeur.

La salinité enregistrée à une quinzaine de mètres de profondeur sur les quatre stations est sensiblement identique : 34,6‰. En surface, nous avons observé une légère dessalure d'environ 1‰ pour les stations PF8, PF12 et PF13.

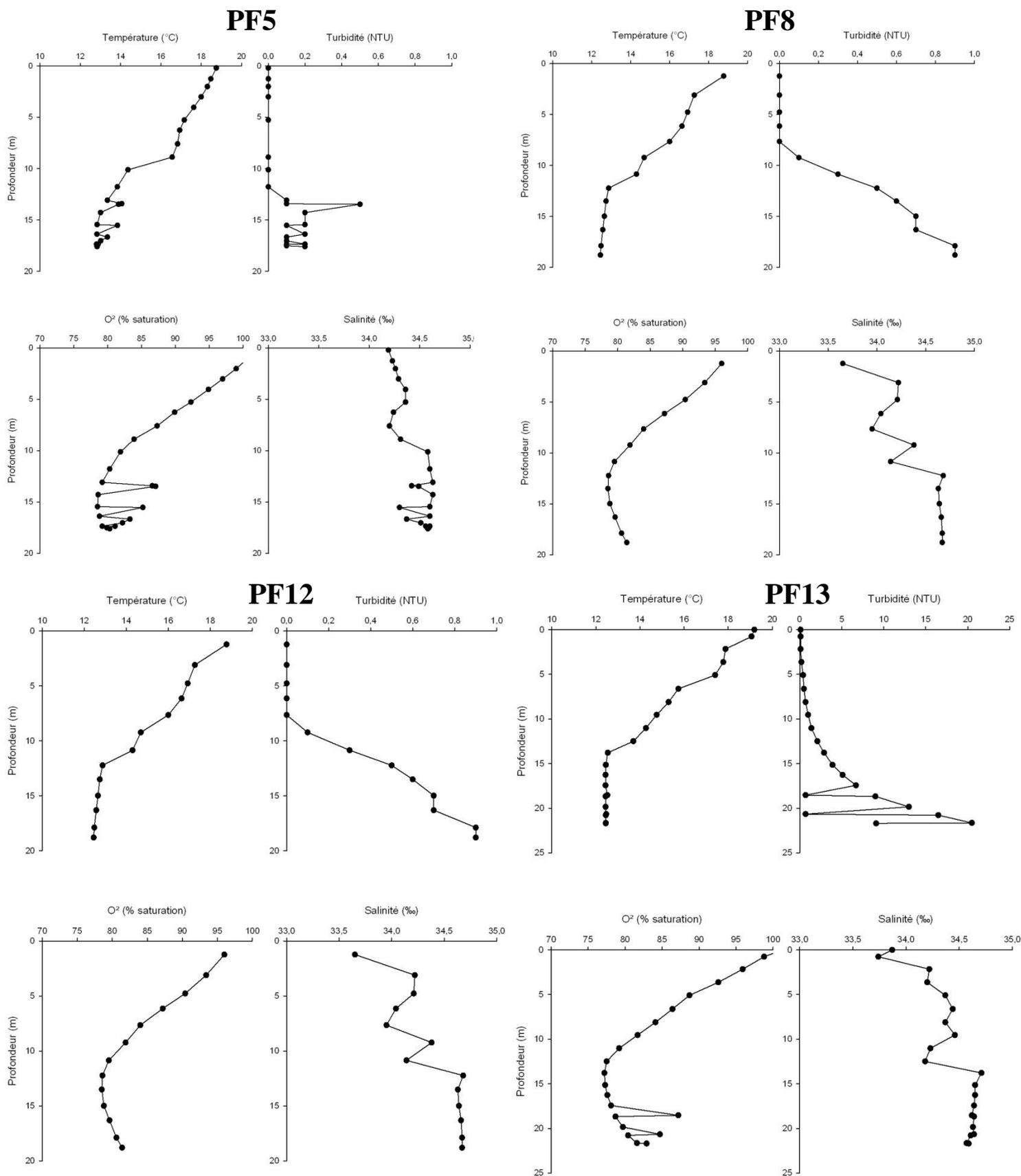


Figure 24 : Température, turbidité, teneur en oxygène et salinité sur 4 stations (PF5, PF8, PF12 et PF13)

### 4.2.3 STATIONS QUALITATIVES

#### 4.2.3.1 Traits dominants de la mégafaune

Sur les 17 dragues rallier du Baty effectuées, nous avons réalisé l'inventaire exhaustif de la faune sur des tamis de 10 et 5 mm. L'analyse de ces 17 échantillons biologiques (30 litres de sédiment par station) a permis de recenser plus de 13000 individus, et d'identifier 100 taxons.

Les abondances sont comprises entre 25 et 1900 individus (Figure 25, carte 11). Les valeurs minimales sont observées pour les stations PF14 alors que la valeur maximale est notée pour la station PF2. 3 stations ont des abondances inférieures à 100 individus, 6 stations ont des abondances comprises entre 250 et 1000 individus, et 8 stations ont des abondances supérieures à 1000 individus. Les stations avec les plus forts effectifs sont dominées par des crustacés amphipodes *Haploops* spp.

En termes de richesse spécifique, les valeurs sont comprises entre 10 (PF11 et PF18) et 26 (PF13). 5 stations ont des valeurs comprises entre 10 et 15 espèces, 5 ont des valeurs comprises entre 15 et 20 et enfin 7 stations ont des richesses spécifiques supérieures à 20 (Figure 25, carte 12). Pour donner une idée spatialisée de la répartition des abondances et des richesses, une modélisation a été réalisée (Carte 13 et 14). La méthode d'interpolation spatiale utilisée est la même que lors de l'analyse de la teneur en matière organique à savoir la pondération inverse à la distance (IDW, Inverse distance weighted).

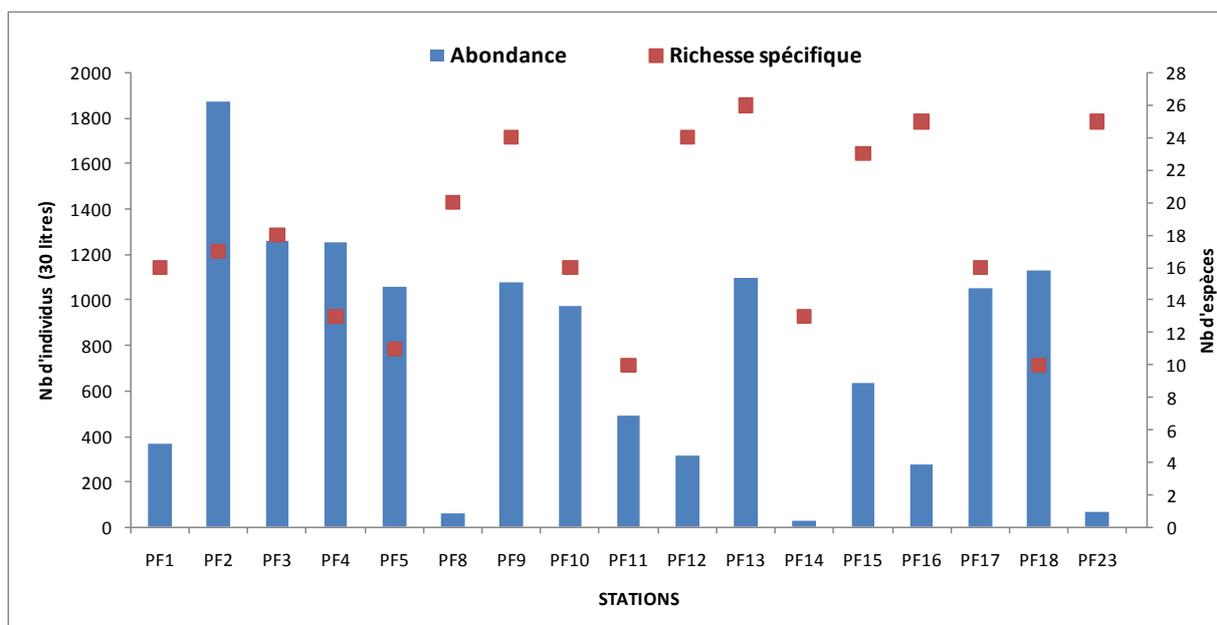
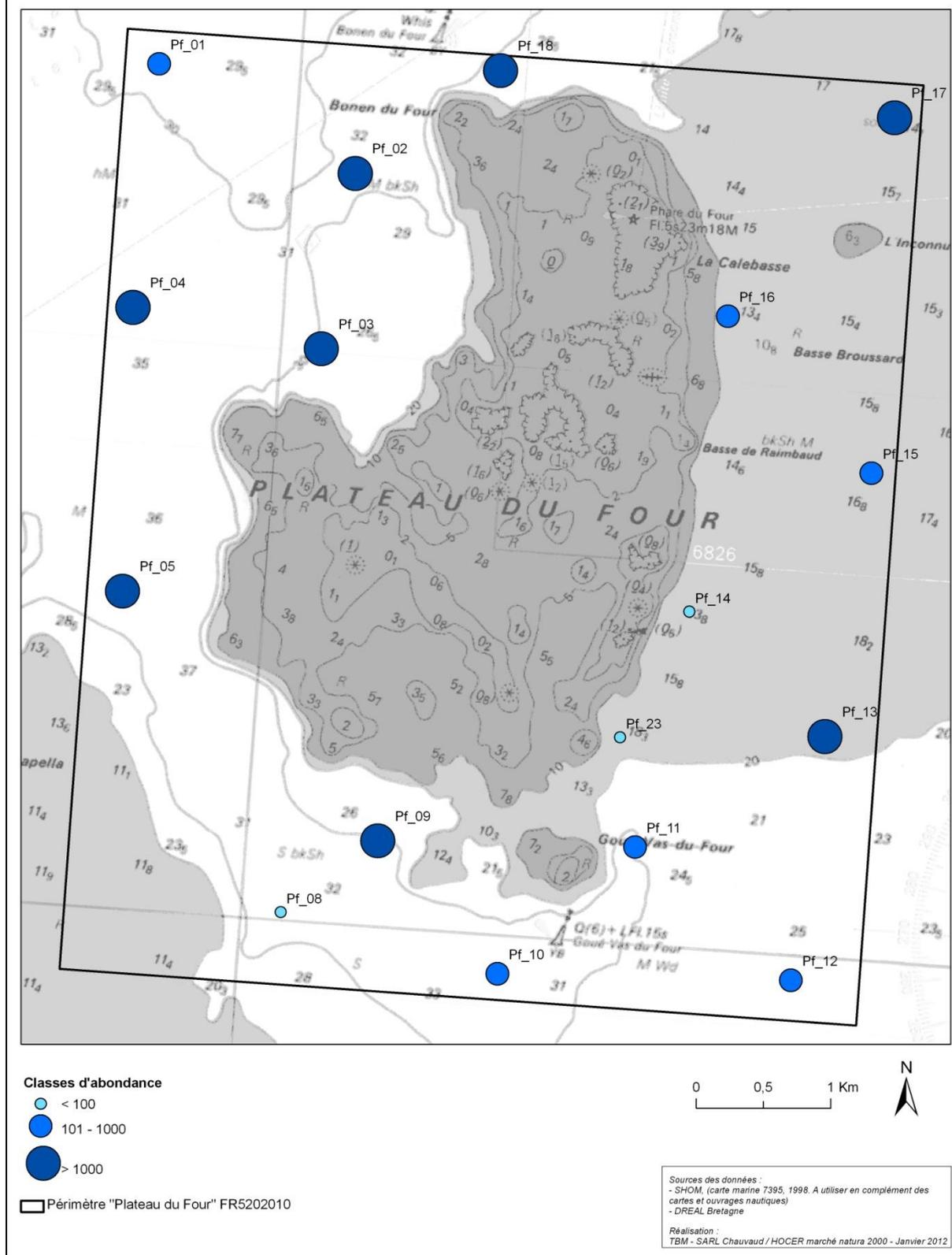


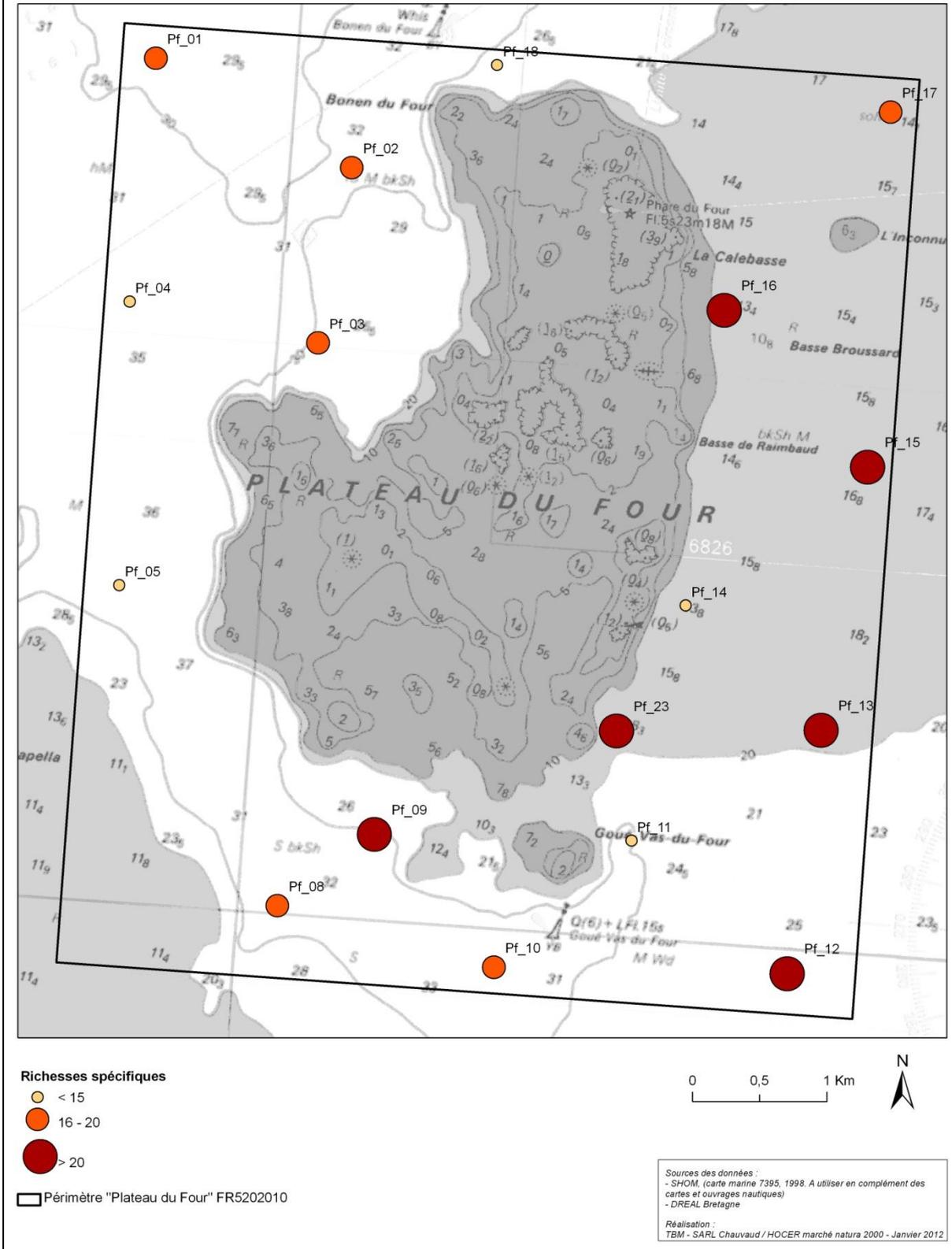
Figure 25 : Abondance et richesse spécifique (Drague rallier du Baty, 30 litres de sédiment, tamisage sur 10 et 5 mm)

## ABONDANCES DES INVENTAIRES QUALITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010



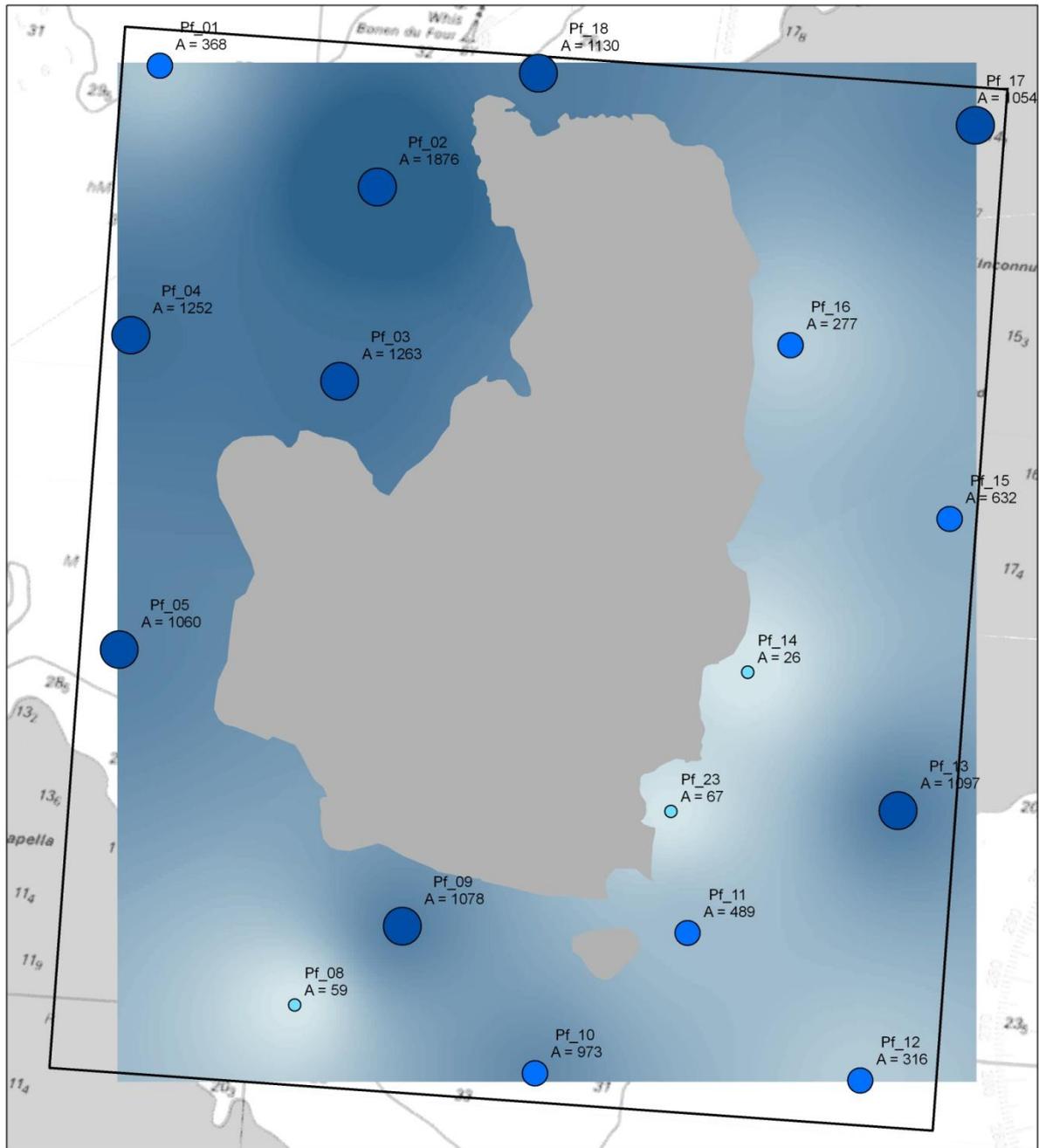
Carte 11 : Carte des abondances pour les prélèvements à la drague rallier du Baty

## RICHESSES SPÉCIFIQUES DES INVENTAIRES QUALITATIFS PLATEAU DU FOUR FR520210



**Carte 12 : Carte des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague rallier du Baty**

## ABONDANCES DES INVENTAIRES QUALITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010



### Classes d'abondance

- < 100
- 101 - 1000
- > 1000

□ Périmètre "Plateau du Four" FR5202010

### Abondance

- Elevée
- Faible

0 0,5 1 Km

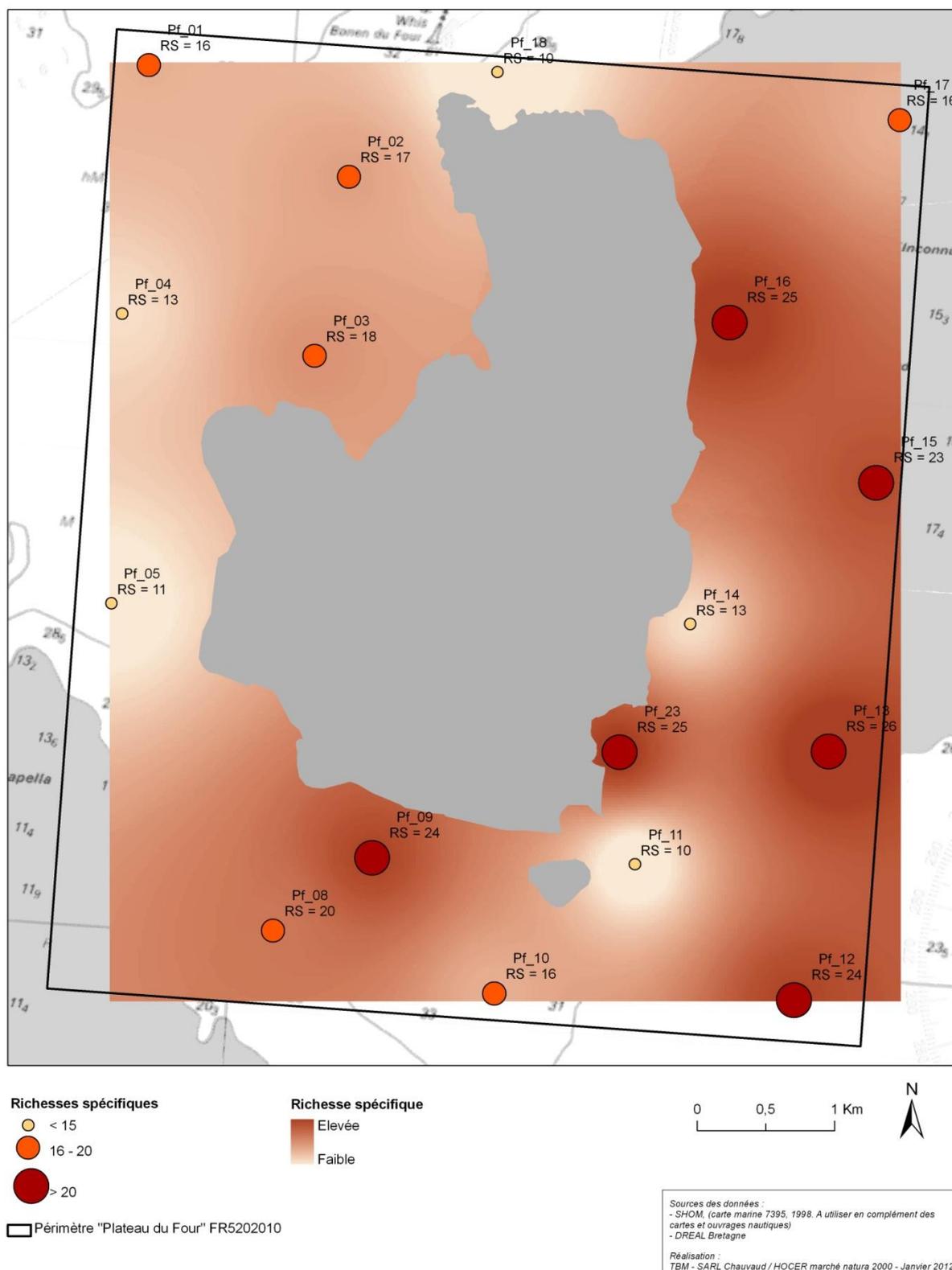


Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne

Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

**Carte 13 : Modélisation des abondances pour les prélèvements à la drague rallier du Baty**

## RICHESSES SPÉCIFIQUES DES INVENTAIRES QUALITATIFS PLATEAU DU FOUR FR5202010



**Carte 14 : Modélisation des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague rallier du Baty**

Tableau 4 : Diversité et équitabilité

Stations	Diversité	
	H'(log2)	Équitabilité
PF1	2,1	0,5
PF2	2,0	0,5
PF3	1,2	0,3
PF4	1,1	0,3
PF5	0,8	0,2
PF8	3,7	0,9
PF9	1,6	0,4
PF10	1,3	0,3
PF11	1,3	0,4
PF12	2,2	0,5
PF13	0,7	0,1
PF14	2,9	0,8
PF15	1,3	0,3
PF16	2,0	0,4
PF17	0,4	0,1
PF18	0,7	0,2
PF23	3,7	0,8

Le tableau 4 récapitule les résultats obtenus pour la diversité et l'équitabilité. Les valeurs fluctuent entre 0,4 et 3,7 pour la diversité, et entre 0,1 et 0,8 pour l'équitabilité. Les valeurs sont minimales pour la station PF17 et maximales pour la station PF23. Les valeurs faibles indiquent la dominance d'une à deux espèces. En revanche, plus les valeurs augmentent plus une meilleure équirépartition des espèces est observée.

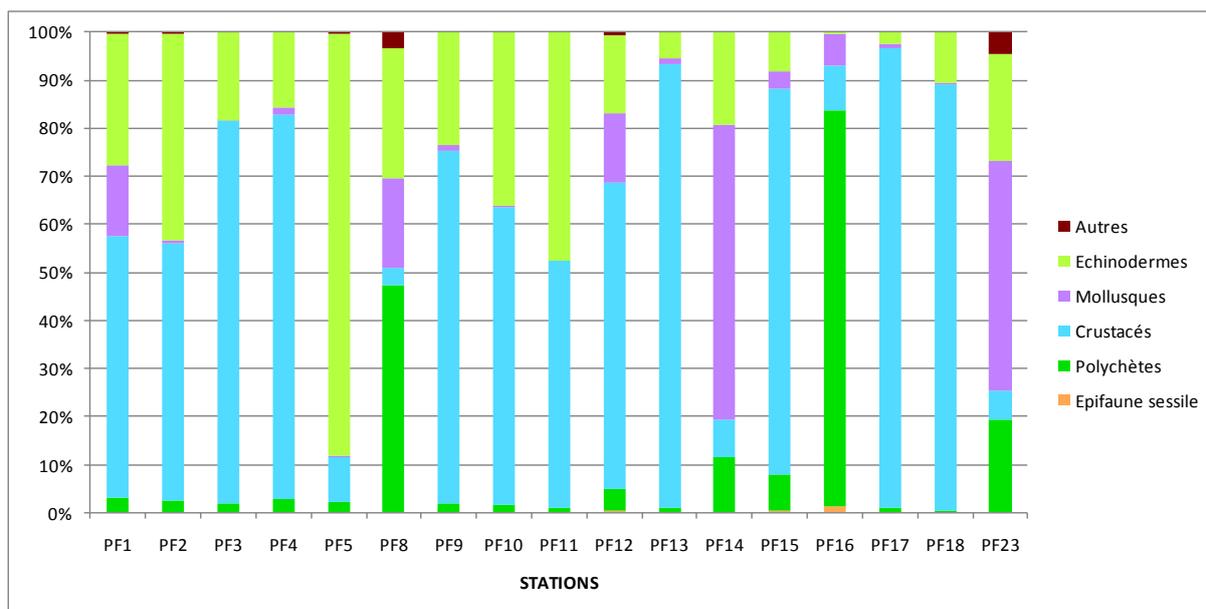


Figure 26: Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

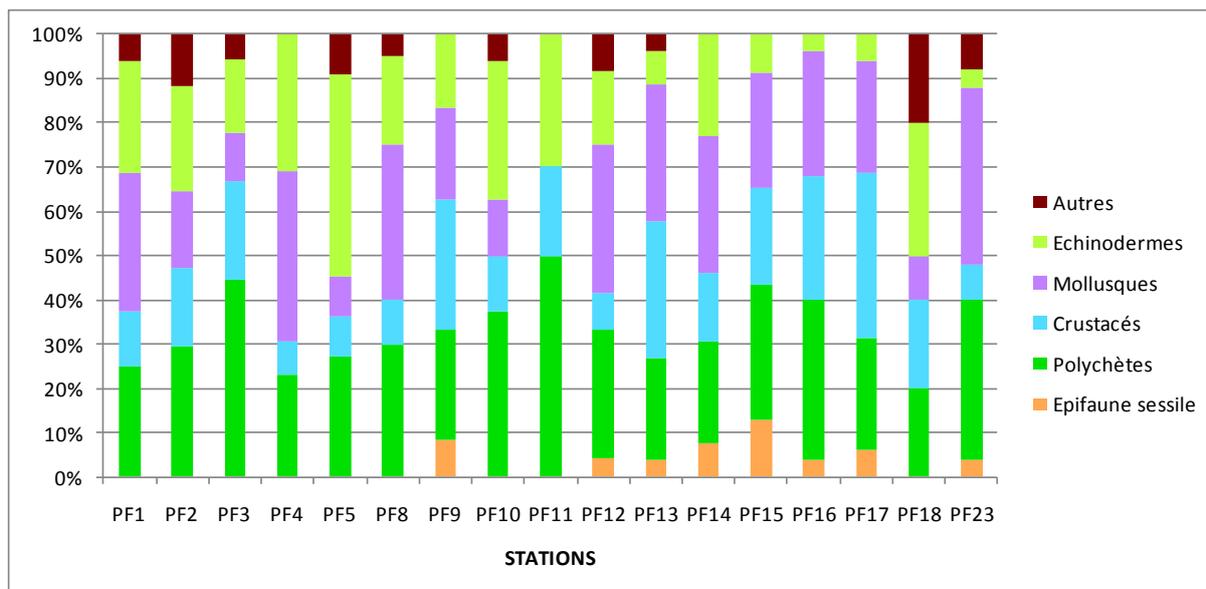
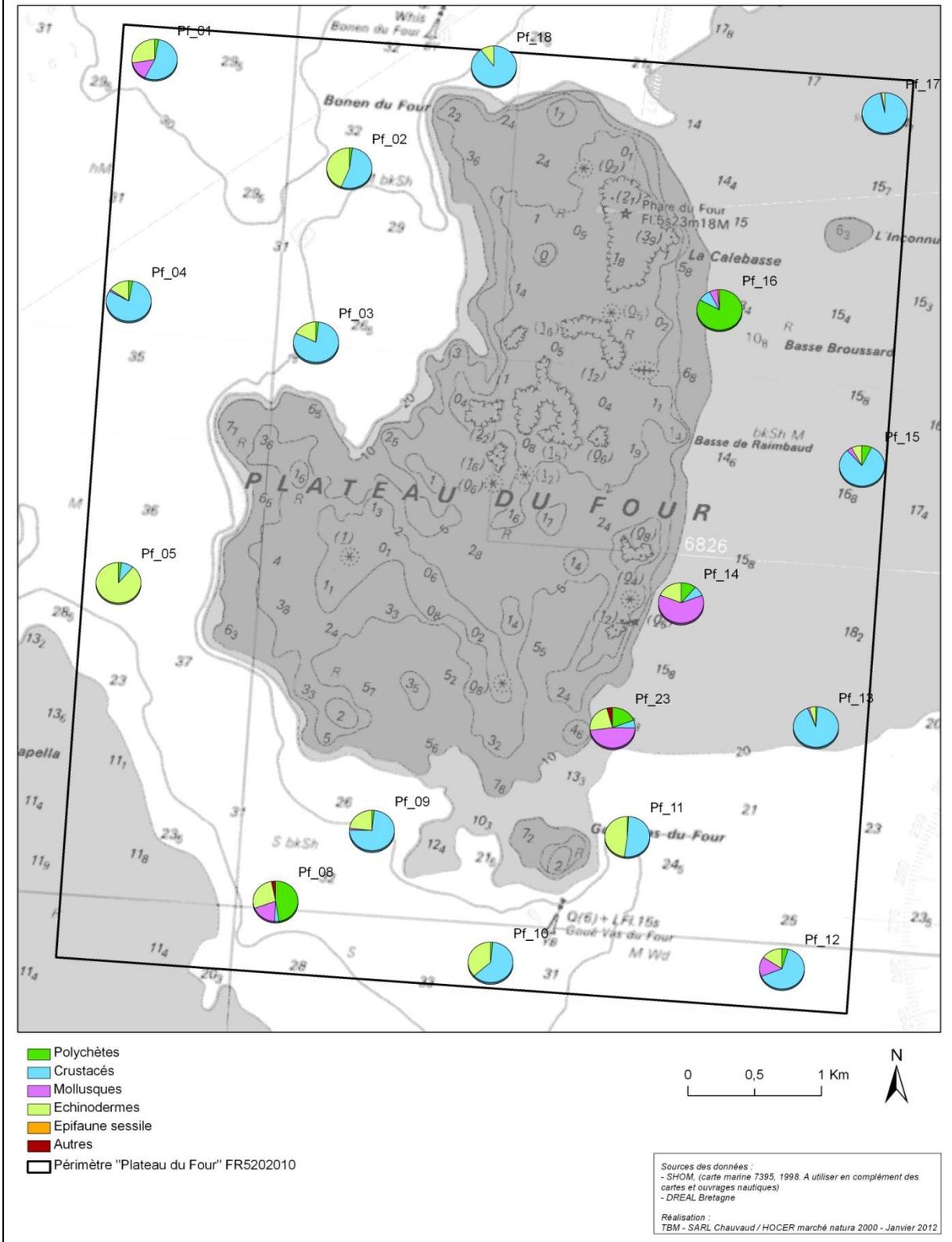


Figure 27 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

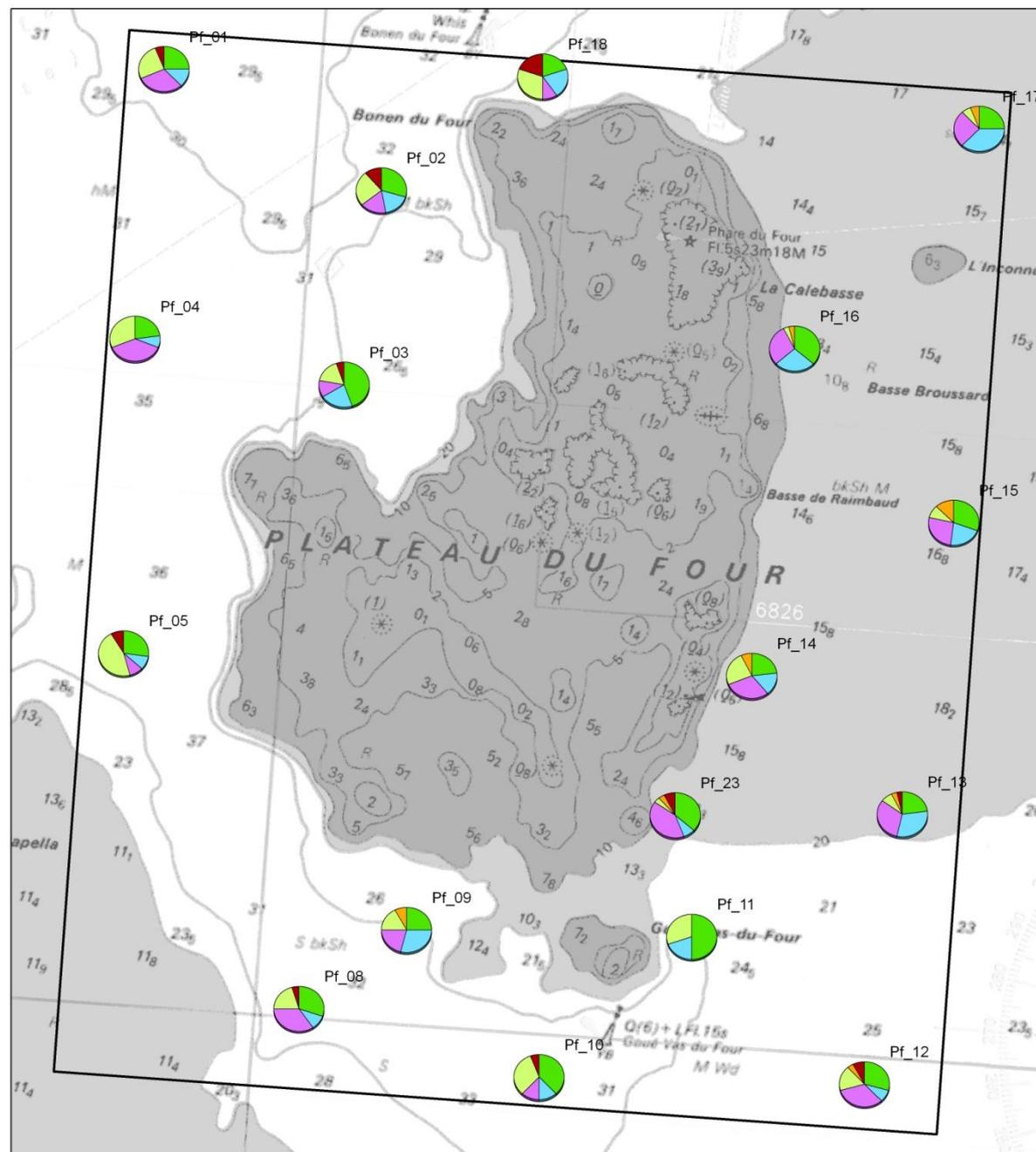
L'abondance des individus récoltés est dominée par les crustacés dans la majorité des stations, par les échinodermes pour la station PF5, par les polychètes pour les stations PF8 et PF16, et enfin, par les mollusques pour les stations PF14 et PF23 (figure 26, carte 15). En termes de richesse spécifique (figure 27, carte 16), même si les proportions sont légèrement variables en fonction des stations, 4 groupes sont dominants : les polychètes, les crustacés, les mollusques et les échinodermes.

**PROPORTIONS DES DIFFÉRENTS GROUPES ZOOLOGIQUES EN TERME D'ABONDANCES  
DES INVENTAIRES QUALITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010**



**Carte 15 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la drague rallier du Baty**

**PROPORTIONS DES DIFFÉRENTS GROUPES ZOOLOGIQUES EN TERME DE RICHESSE SPÉCIFIQUE DES INVENTAIRES QUALITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010**



- Polychètes
- Crustacés
- Mollusques
- Echinodermes
- Epifaune sessile
- Autres
- Périmètre "Plateau du Four" FR5202010

0 0,5 1 Km

Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne

Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

**Carte 16 : 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 deux analyses multivariées pour identifier les stations apparentées. Des espèces constituant l'épifaune sessile ont été enlevées de l'analyse. De plus, nous avons transformé nos données en présence-absence. Le but de ces transformations est d'adapter le jeu de données le plus propice pour identifier les groupes appartenant aux mêmes biocénoses. 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) et la MDS réalisées sur la matrice présence-absence, isolent 2 principaux groupes de stations (Figure 28). L'indice de stress (i.e. 0,16) de la MDS indique une qualité correcte de l'ordination des sites.

L'assemblage **1** est composé de 13 stations alors que le second comprend 4 stations. Le premier assemblage est composé d'espèces à affinité sabulicole et vasicole alors que l'assemblage **2** est caractérisé par des espèces à affinité gravicole et sabulicole.

L'assemblage **1** peut être subdivisé en deux sous-assemblages **1.1** et **1.2**. Le sous-assemblage **1.1** est composé de 9 stations et le sous-assemblage **1.2** de 4 stations. La principale différence entre ces deux sous-assemblages est la présence d'*Amphiura filiformis* dans le sous-assemblage **1.1**. Les espèces les plus fréquentes sont *Haploops* spp., *Amphiura filiformis* et *Ophiura albida* pour l'assemblage **1.1** et *Haploops* spp., *Anapagurus hyndmani*, *Hinia reticulata* et *Ophiura albida* pour l'assemblage **1.2**.

Le MDS tridimensionnel, dont la valeur de stress est de 0,16 indique une bonne représentation graphique des similarités inter-stations, illustre bien le regroupement des stations en deux sous-assemblages **1.1** et **1.2**. L'assemblage **2** regroupe un sous-ensemble de deux stations alors que deux stations sont isolées.

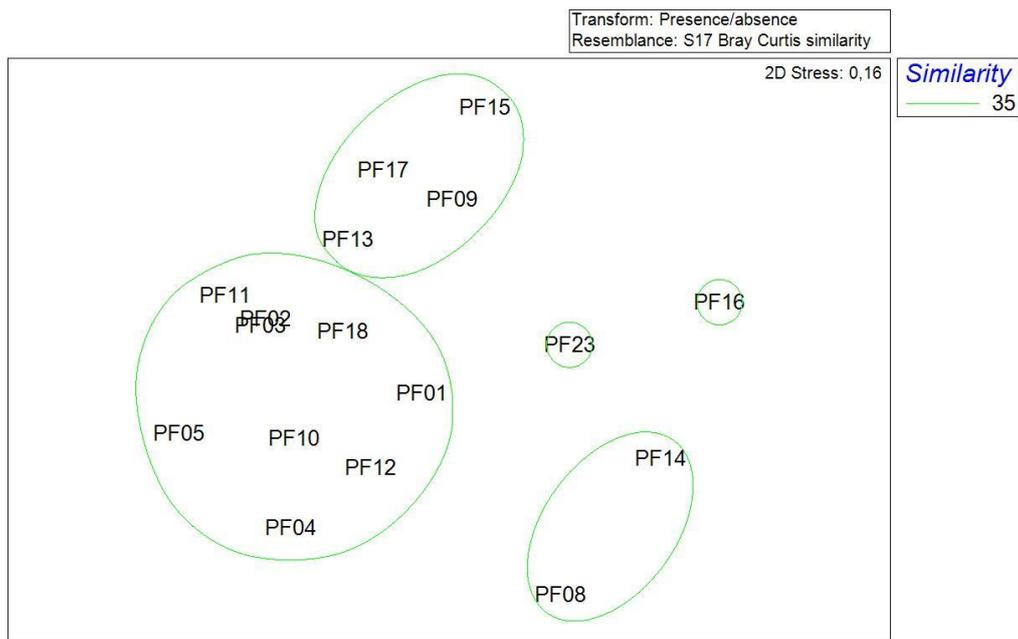
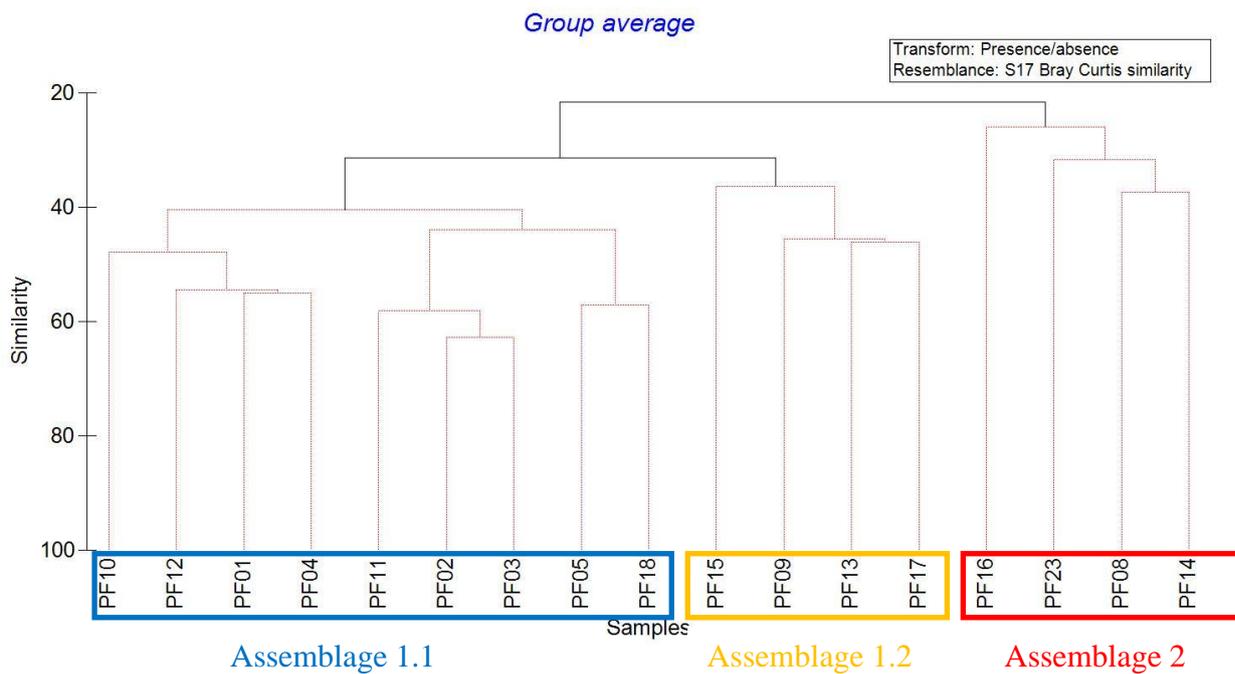


Figure 28 : CAH et MDS sur les données faunistiques en présence-absence

#### 4.2.4 STATIONS QUANTITATIVES

4 stations quantitatives ont été prélevées à la benne Smith Mc Intyre.

##### 4.2.4.1 Paramètres structuraux et groupes taxonomiques de la macrofaune

Sur l'ensemble des échantillons analysés, 3221 individus ont été dénombrés et 154 taxons ont été identifiés (Annexe 4). Au total, se sont 206 espèces qui ont été inventoriées (dragues et bennes).

Les richesses totales par station sont 44 pour la station PF5, 67 pour PF8, 52 pour PF12 et 82 pour la station PF13 (Tableau 5). Les richesses spécifiques moyennes sont comprises entre 25 et 46 espèces (Figure 29, carte 17). Les abondances moyennes varient de 1200 individus par m<sup>2</sup> (Station PF8) à 4200 individus par m<sup>2</sup> (Station PF13) (Figure 29). Le Tableau 6 indique les résultats significatifs de l'ANOVA et le tableau 7 ceux obtenues avec le test SNK.

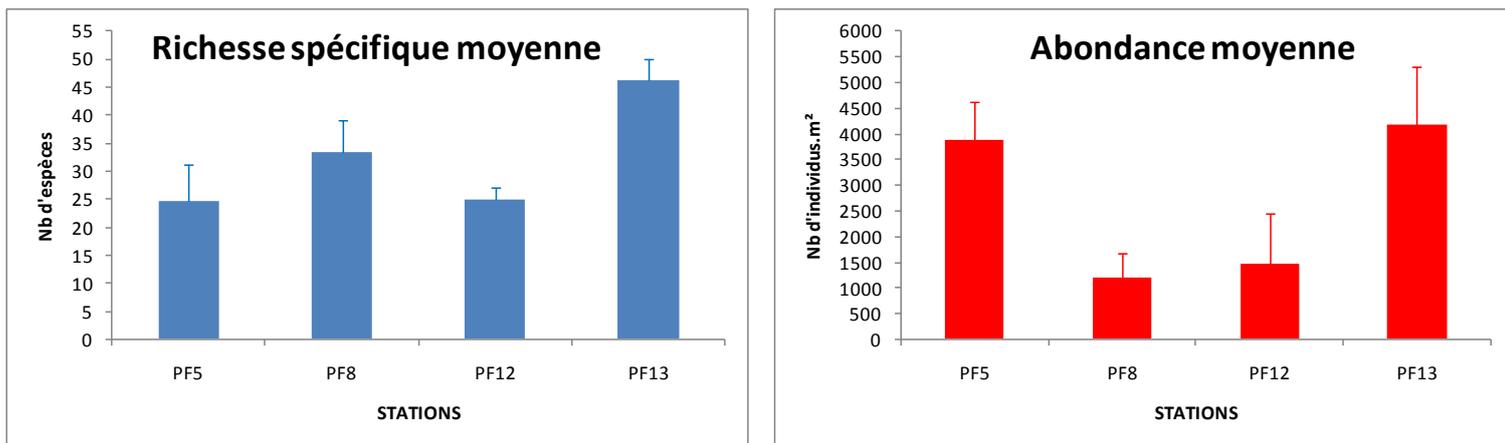


Figure 29 : Richesse spécifique moyenne et Abondance moyenne (nb d'individus par m<sup>2</sup>)

Tableau 5 : Richesse spécifique et abondance totales (0,3 m<sup>2</sup>)

Stations	Richesse spécifique totale	Abondance totale
PF5	44	1164
PF8	67	361
PF12	52	439
PF13	82	1257

Tableau 6 : ANOVA pour la Richesse spécifique et l'Abondance

Variable	Source	DDL	Moyennes des carrés	F	P
Richesse	Inter-groupes	3	309,56	13,31	0,002
	Intra-groupes	8	23,25		
	Total	11			
Abondance	Inter-groupes	3	7,38	9,99	0,004
	Intra-groupes	8	739192		
	Total	11			

Tableau 7 : Résultats du test SNK

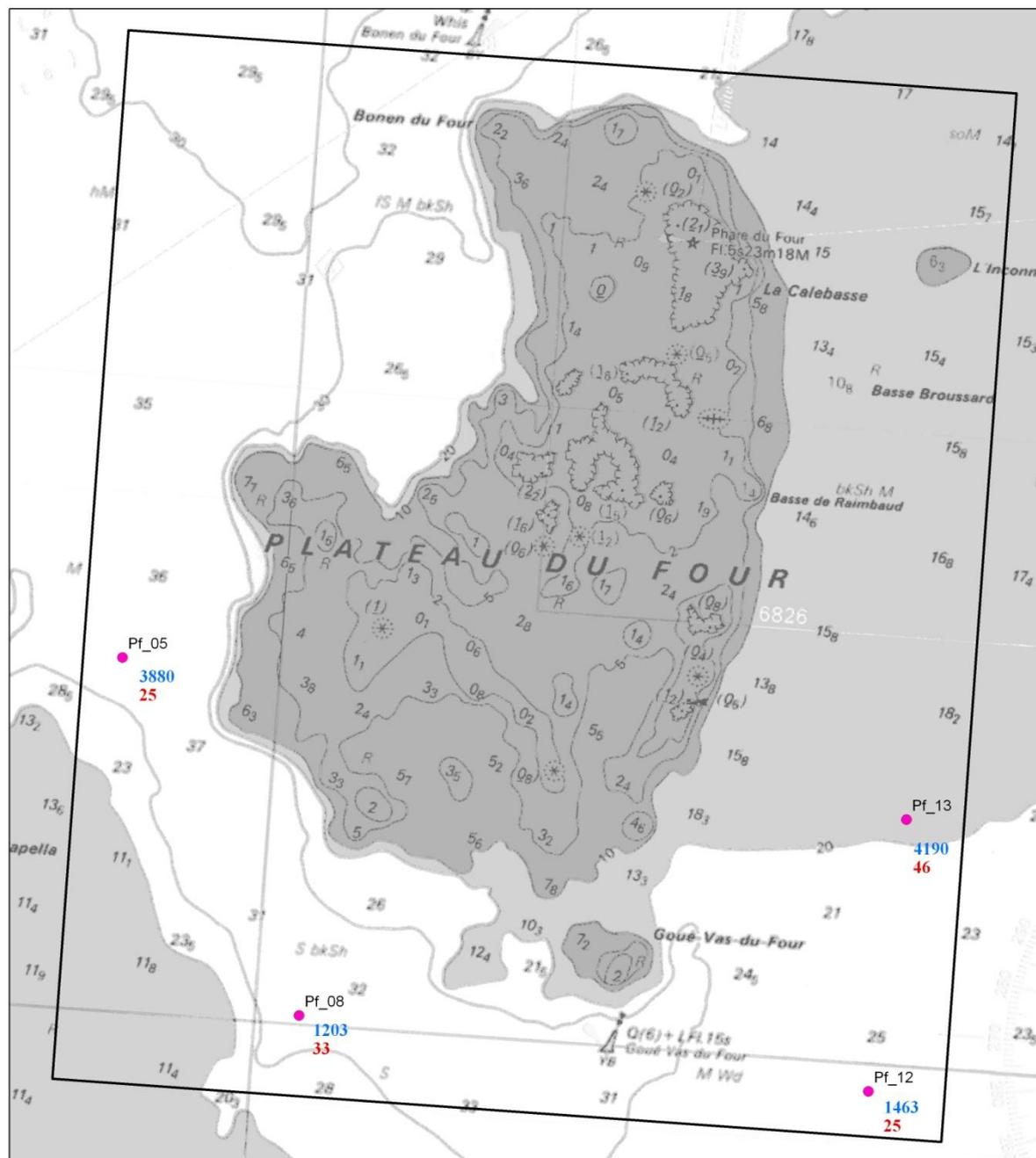
Variabes	Stations	Test SNK
Richesse spécifique	PF5-PF8	Non significatif
	PF12-PF13	Significatif
	PF12-PF5	Non significatif
	PF12-PF8	Non significatif
	PF13-PF8	Significatif
	PF13-PF5	Significatif
Abondance	PF5-PF8	Significatif
	PF12-PF13	Significatif
	PF12-PF5	Significatif
	PF12-PF8	Non significatif
	PF13-PF8	Significatif
	PF13-PF5	Non significatif

Le tableau 8 récapitule les résultats obtenus pour la diversité et la régularité. Les valeurs fluctuent entre 1,85 et 4,14 pour la diversité, et entre 0,40 et 0,82 pour la régularité. Les valeurs sont minimales pour la station PF5 et maximales pour la station PF8. Les valeurs moyennes indiquent la dominance de quelques espèces dans le peuplement. Le test de Kruskal-Wallis n'indique aucune différence significative ( $P > 0,05$ ).

Tableau 8 : Diversité et régularité moyenne

Stations	Régularité	Diversité
PF5	0,40 ± 0,02	1,85 ± 0,23
PF8	0,82 ± 0,05	4,14 ± 0,34
PF12	0,67 ± 0,30	3,13 ± 1,35
PF13	0,49 ± 0,08	2,72 ± 0,42

## ABONDANCES ET RICHESSES SPÉCIFIQUES DES INVENTAIRES QUANTITATIFS PLATEAU DU FOUR FR520210



Abondance moyenne (individus / m<sup>2</sup>)  
 Richesse spécifique moyenne (nombre d'espèce moyen / station)

● Prélèvements à la benne Smith Mc-Intyre  
 □ Périmètre "Plateau du Four" FR520210

0 0,5 1 Km



Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne

Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

**Carte 17 : Richesse et abondance moyenne pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre**

L'analyse des groupes taxonomiques en termes d'abondance (Figure 30, carte 18) révèle une composition taxonomique légèrement différente en fonction des stations. Deux stations sont comparables et dominées par les crustacés : PF12 et PF13. La station PF5 est caractérisée par la dominance des échinodermes. Enfin pour la station PF8 se sont les polychètes qui dominent.

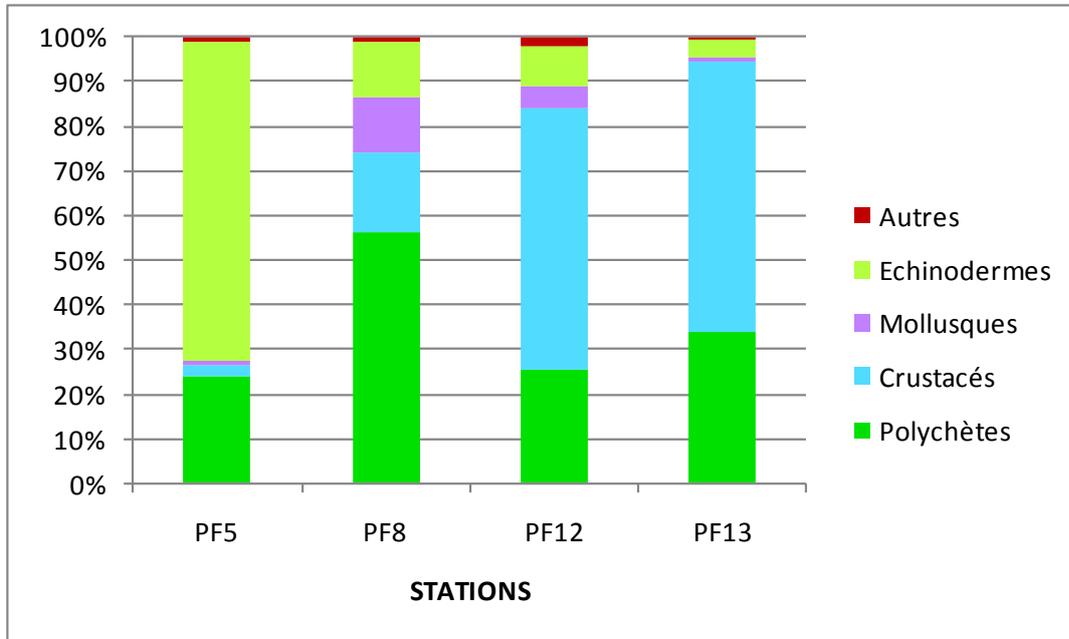


Figure 30 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance

Les proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique illustrent la plus grande diversité pour les polychètes (entre 50 et 65%) (Figure 31, carte 19). Les crustacés et les mollusques ont sensiblement le même nombre d'espèces.

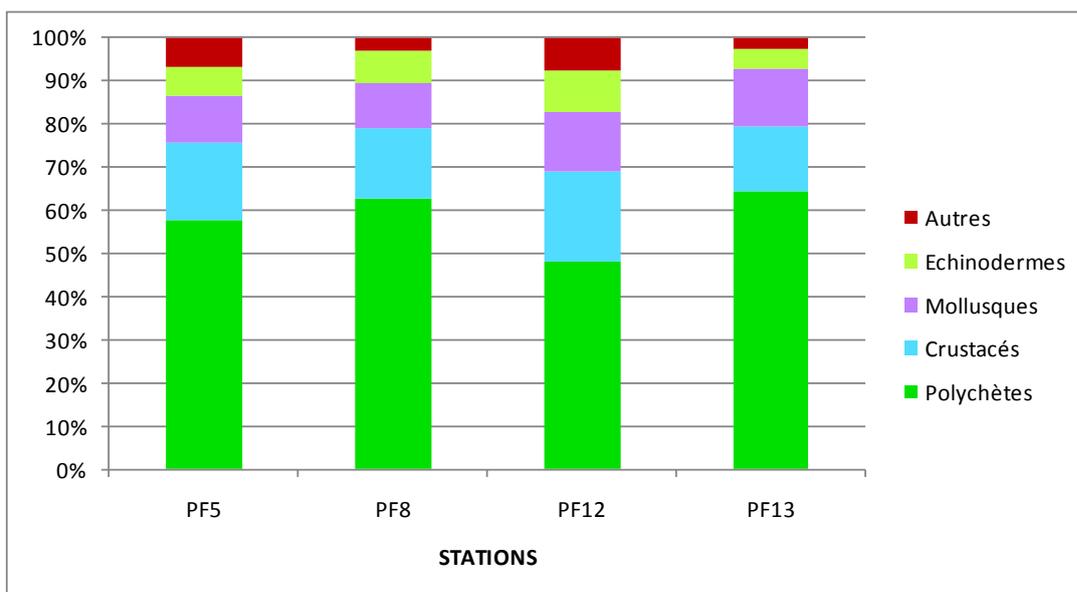
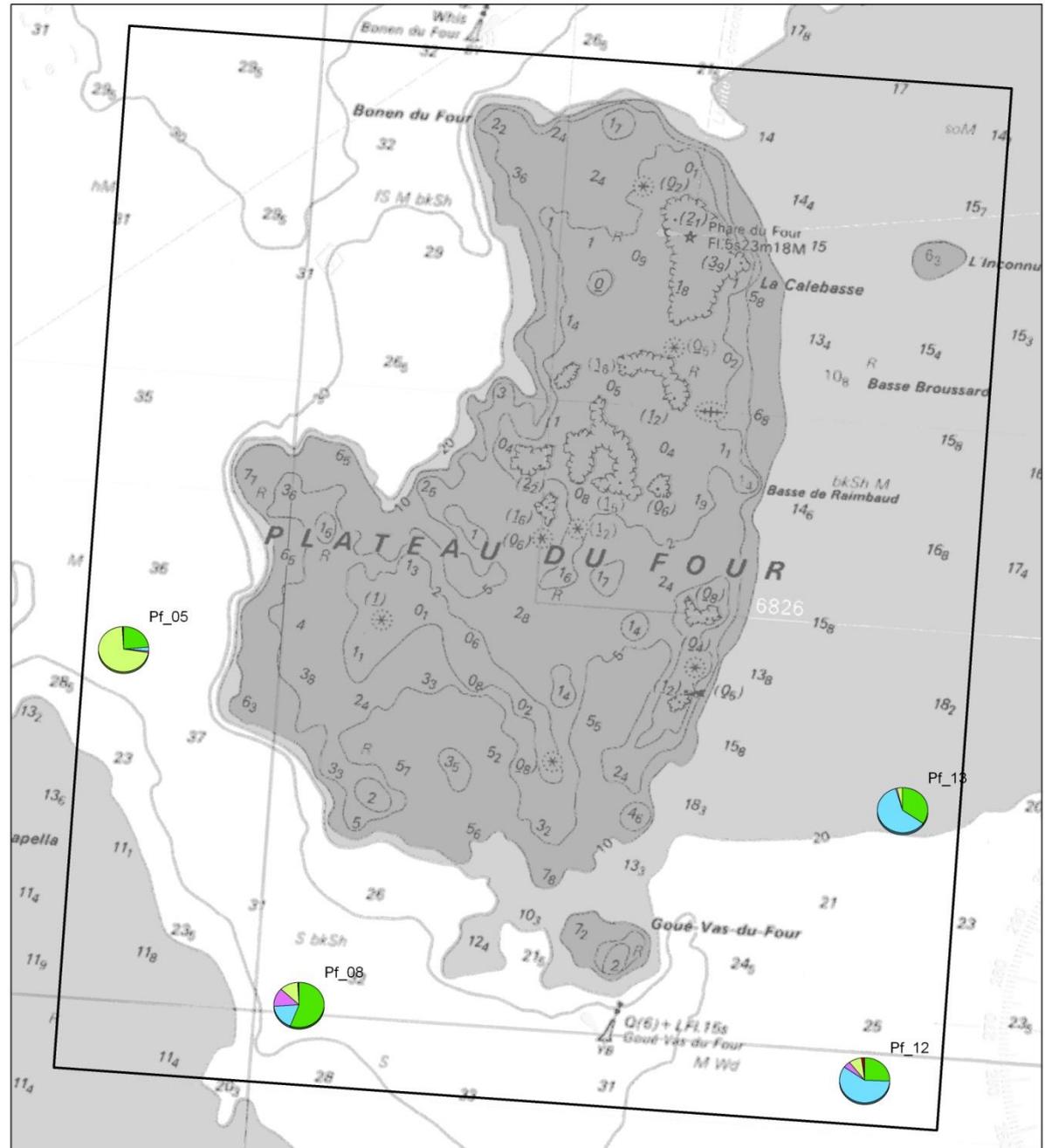


Figure 31 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique

**PROPORTIONS DES DIFFÉRENTS GROUPES ZOOLOGIQUES EN TERME D'ABONDANCES  
DES INVENTAIRES QUANTITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010**

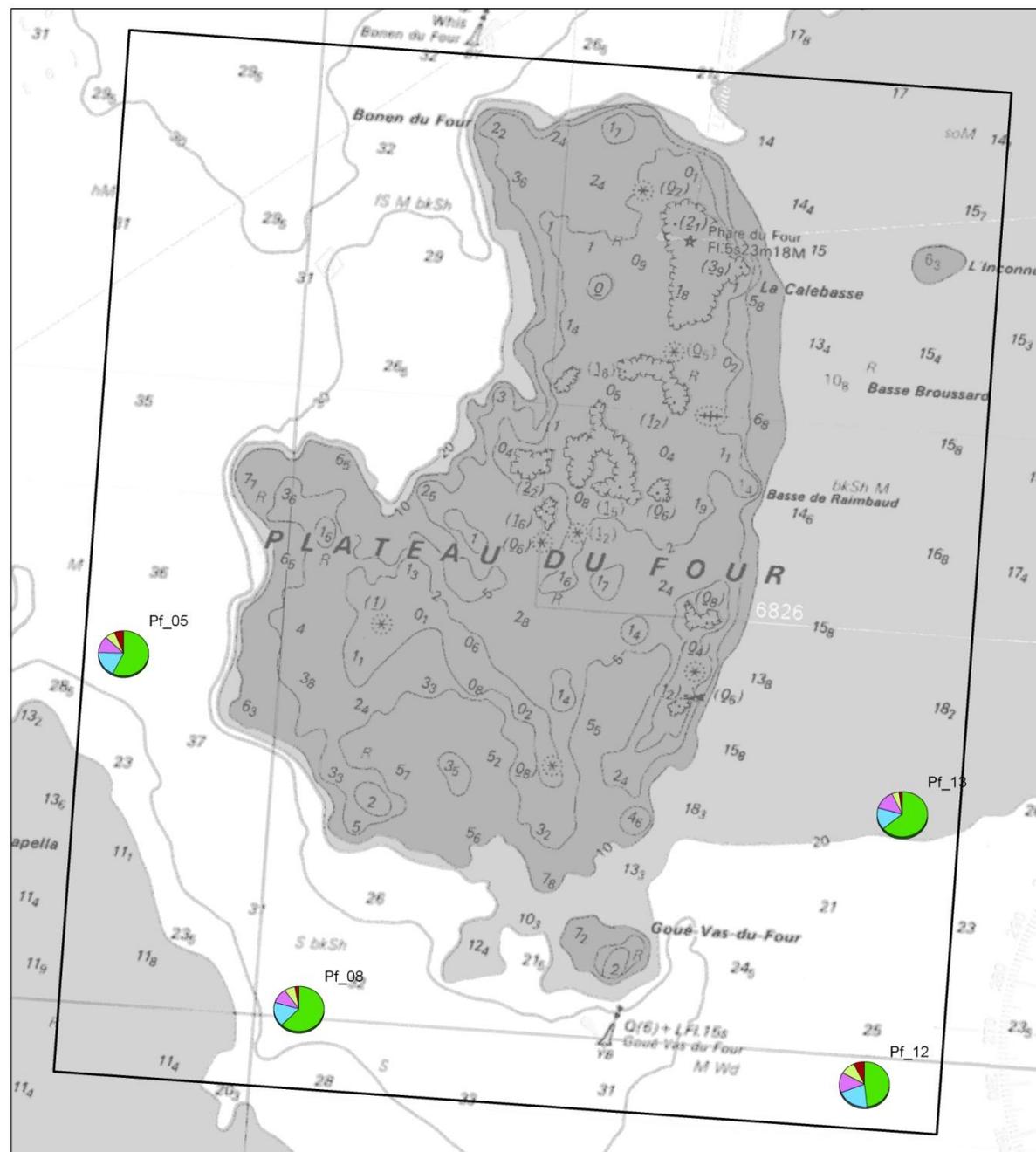


- Polychètes
- Crustacés
- Mollusques
- Echinodermes
- Autres
- Périmètre "Plateau du Four" FR5202010

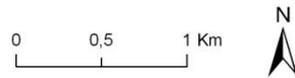
Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne  
 Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

**Carte 18 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre**

**PROPORTIONS DES DIFFÉRENTS GROUPES ZOOLOGIQUES EN TERME DE RICHESSE SPÉCIFIQUE DES INVENTAIRES QUANTITATIFS - PLATEAU DU FOUR FR5202010**



- Polychètes
- Crustacés
- Mollusques
- Echinodermes
- Autres
- Périmètre "Plateau du Four" FR5202010



Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne  
 Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

**Carte 19 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre**

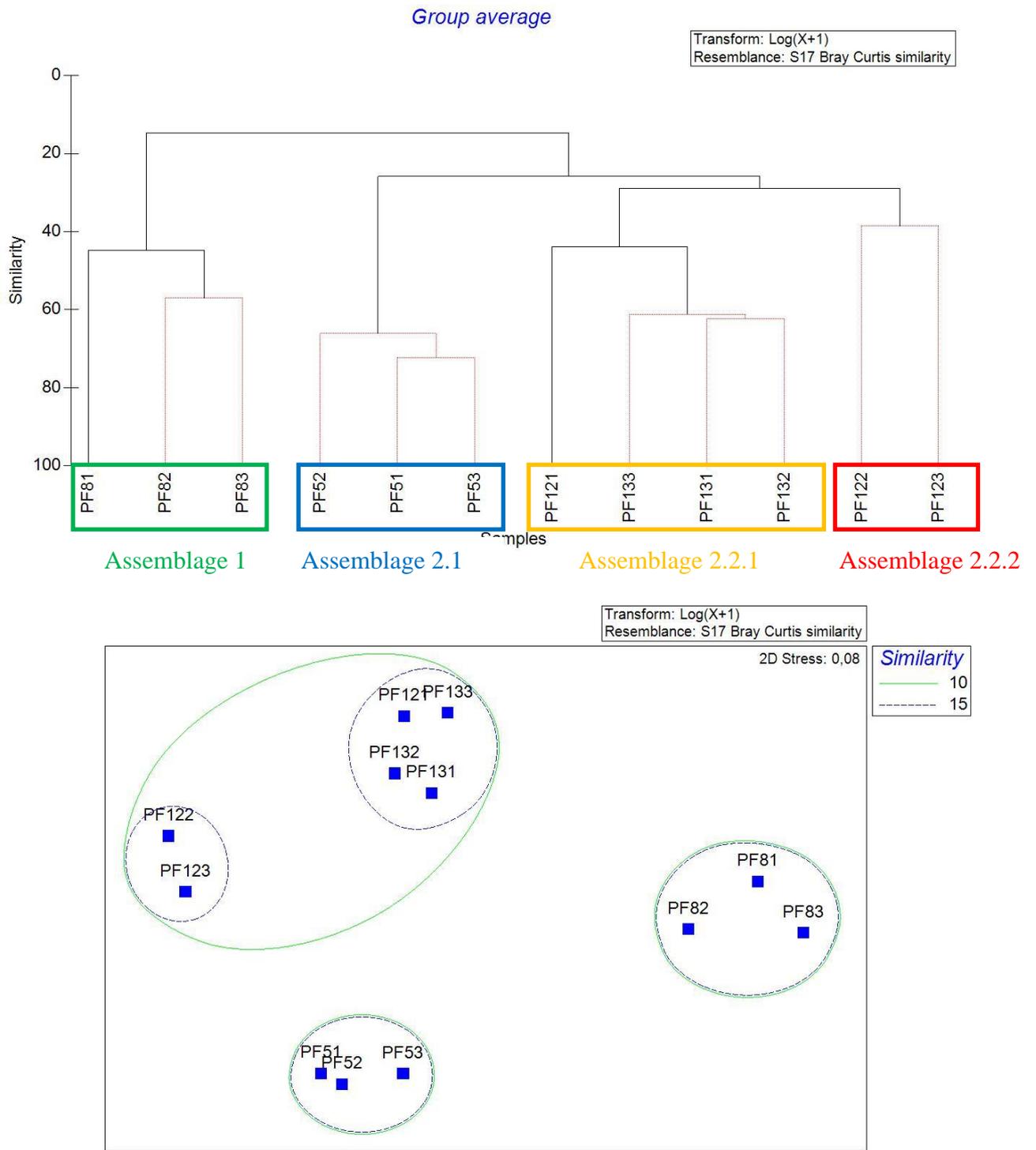
Grâce à la CAH et la MDS (figure 32), il est possible de visualiser une hétérogénéité entre les stations. L'indice de stress de la MDS indique une bonne qualité de l'ordination des sites (*i.e.* 0,08). Ces analyses ont été réalisées en considérant la totalité des espèces échantillonnées. Par ailleurs, 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.

*Tableau 9 : 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<sup>2</sup>. 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.*

Assemblage	Espèces	Abondance moyenne	Similitude moyenne	Similitude/SD	Contribution %
Assemblage 1	<i>Chaetozone corona</i>	240	11,21	1,13	24,15
	<i>Diastylis bradyi</i>	156,67	8,37	3,42	18,04
	<i>Abra alba</i>	126,67	5,3	3,26	11,41
	<i>Lumbrineris latreilli</i>	80	3,59	2,21	7,73
	<b><i>Glycera lapidum</i></b>	<b>40</b>	<b>3,42</b>	<b>4,59</b>	<b>7,37</b>
	<b><i>Thyone fusus</i></b>	<b>50</b>	<b>3,42</b>	<b>4,59</b>	<b>7,37</b>
	<i>Ophiura albida</i>	70	2,56	0,9	5,51
	<b><i>Hyalinoecia bilineata</i></b>	<b>33,33</b>	<b>1,95</b>	<b>5,34</b>	<b>4,21</b>
	<b><i>Syllis cornuta</i></b>	<b>36,67</b>	<b>1,71</b>	<b>4,59</b>	<b>3,68</b>
	<i>Protodorvillea</i>				
	<i>kefersteini</i>	23,33	1,11	2,76	2,39
Assemblage 2.1	<b><i>Amphiura filiformis</i></b>	<b>2756,67</b>	<b>61,27</b>	<b>12,97</b>	<b>75,58</b>
	<i>Praxillella affinis</i>	253,33	5,78	9,25	7,13
	<b><i>Scalibregma inflatum</i></b>	<b>240</b>	<b>5,61</b>	<b>12,95</b>	<b>6,92</b>
	<i>Lumbrineris latreilli</i>	200	3,32	2,98	4,09
Assemblage 2.2.1	<b><i>Haploops spp.</i></b>	<b>2362,5</b>	<b>49,34</b>	<b>6,11</b>	<b>75,76</b>
	<i>Ampharete acutifrons</i>	347,5	3,61	1,08	5,55
	<b><i>Lumbrineris latreilli</i></b>	<b>107,5</b>	<b>2,12</b>	<b>3,59</b>	<b>3,26</b>
	<i>Euclymene oerstedii</i>	152,5	1,88	0,91	2,89
	<i>Ophiura albida</i>	115	1,46	2,21	2,24
Assemblage 2.2.2	<i>Amphiura filiformis</i>	115	12,15	impossible	29,73
	<i>Haploops spp.</i>	145	12,15	impossible	29,73
	<i>Melinna palmata</i>	110	5,52	impossible	13,51
	<i>Crangon crangon</i>	30	3,31	impossible	8,11
	<i>Mysella bidentata</i>	35	3,31	impossible	8,11

Ces analyses séparent tout d'abord la station de sables (Station PF8) de celles des sédiments vaseux (Assemblage 2). Une description synthétique de chacun de ces assemblages est fournie dans le tableau 9 alors que leur distribution spatiale est représentée sur la figure 18. Le tableau 9 est obtenu grâce à la procédure SIMPER du logiciel PRIMER.

Dans l'assemblage 1 les espèces dominantes sont les polychètes *Chaetozona corona* et *Glycera lapidum*, le crustacé cumacé *Diastylis bradyi* et le mollusque bivalve *Abra alba* (Figure 33). Les espèces discriminantes, qui ne sont pas nécessairement les plus dominantes, sont les polychètes *Hyalinoecia bilineata*, *Syllis cornuta*, *Glycera lapidum* et l'échinoderme *Thyone fusus* (Figure 33). L'assemblage 2 peut être subdivisé en deux sous-assemblages 2.1 et 2.2. L'assemblage 2.1 est caractérisé par des densités élevées pour l'échinoderme ophiuridé *Amphiura filiformis* (Figure 34). Cette espèce est également la plus discriminante. De plus, la présence de la polychète *Maldane glebifex* (Figure 35) est uniquement observée sur la station PF5. A l'inverse, l'espèce dominante et la plus discriminante de l'assemblage 2.2 est le crustacé amphipode *Haploops* spp. (Figure 36), espèce non inventoriée dans les autres stations. Pour ce dernier assemblage, nous pouvons également individualiser deux groupes différents. Ces regroupements s'expliquent par (1) la dominance des *Haploops* spp. dans l'assemblage 2.2.1, (2) la présence concomitante des espèces *Amphiura filiformis* et *Haploops* spp. en densité similaire dans l'assemblage 2.2.2 et (3) par la présence d'un cortège d'espèces différentes comme la polychète *Ampharete acutifrons* (Figure 36) pour l'assemblage 2.2.1 et la polychète *Melinna palmata* (Figure 34) pour l'assemblage 2.2.2. Pour l'assemblage 2.2.2 aucune espèce discriminante ne peut être identifiée car cet assemblage n'est composé que de deux répliqués.



*Figure 32 : CAH et MDS sur les abondances*



*Figure 33: Espèces dominantes et discriminantes de l'assemblage 1 : les polychètes *Chaetozone corona*, *Glycera lapidum*, *Hyalinoecia bilineata* et *Syllis cornuta*, le mollusque bivalve *Abra alba*, le crustacé cumacé *Diastylis bradyi* et l'échinoderme *Thyone fusus* (Clichés TBM).*

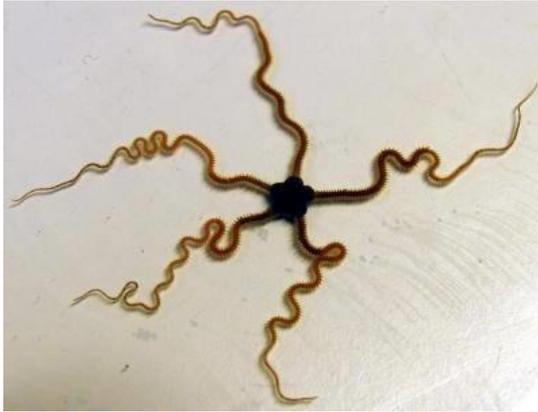


Figure 34 : Espèces caractéristiques de l'assemblage 2.2.2 : l'échinoderme ophiuridé *Amphiura filiformis* et la polychète *Melinna palmata* (Clichés TBM).



Figure 35 : La polychète *Maldane glebifex*, espèce uniquement échantillonnée dans l'assemblage 2.1 (Clichés TBM).



Figure 36: Espèces dominantes et discriminantes de l'assemblage 2.2.1 : le crustacé amphipode *Haploops* et la polychète *Ampharete acutifrons* (Clichés TBM).

#### 4.2.4.2 I2EC et AMBI

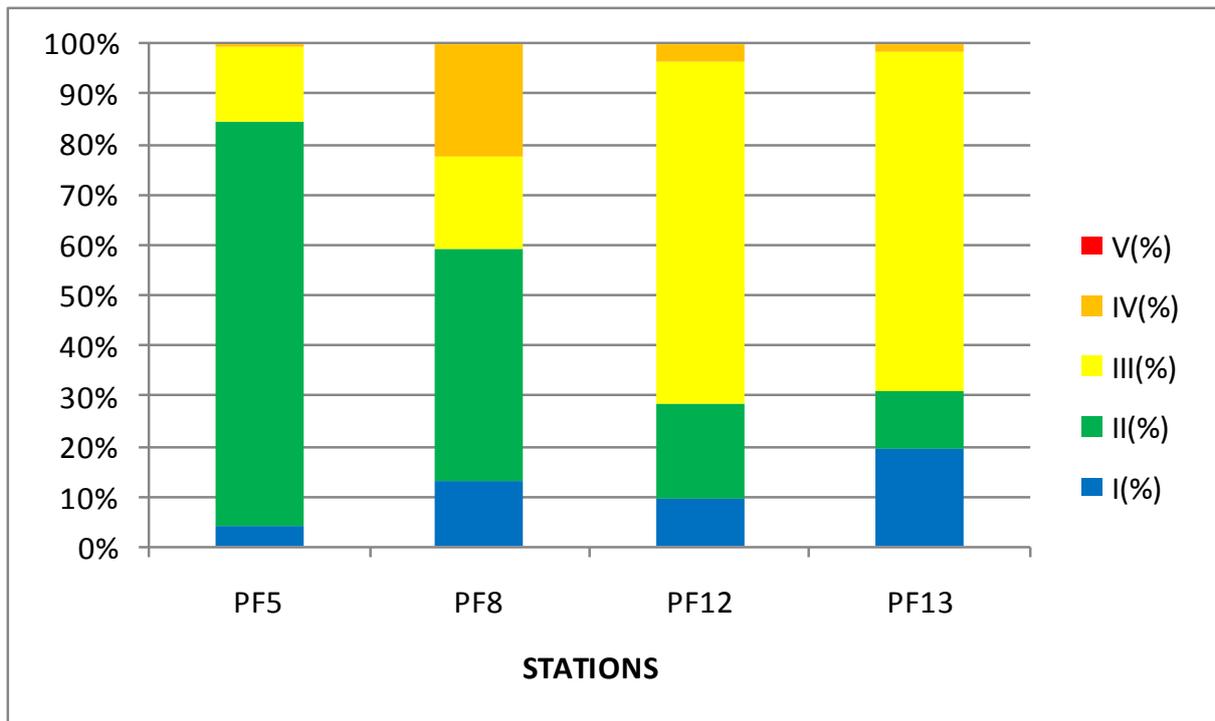


Figure 37 : Groupes écologiques

La figure 37 et la carte 20 détaillent les pourcentages des groupes écologiques représentés. L'Indice d'Evaluation de l'Endofaune Côtière (I2EC) affecté à chaque station, à partir de la liste des espèces, de l'abondance, de la richesse spécifique et de la diversité est ensuite calculé (Tableau 10).

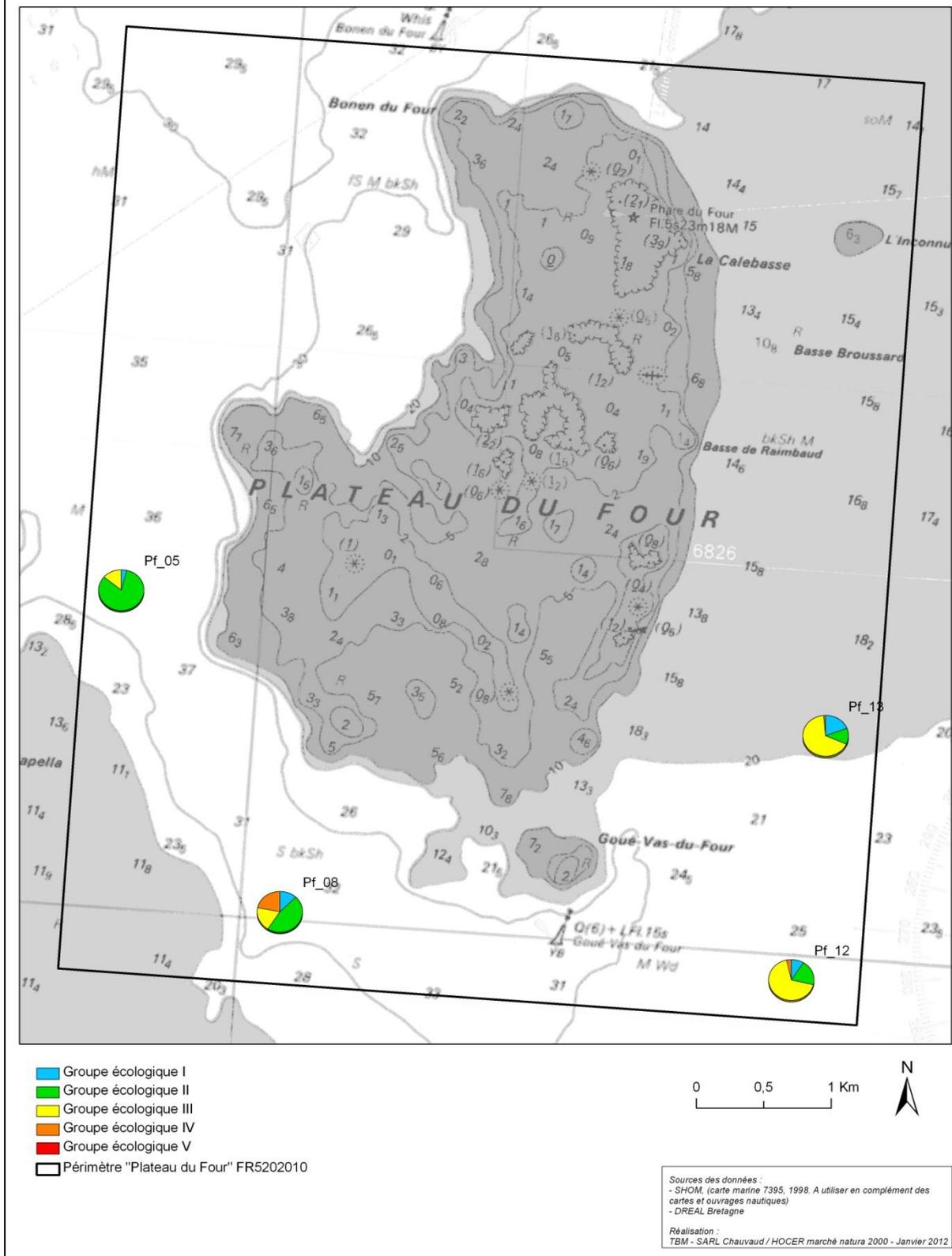
Les stations PF5 et PF8 sont dominées par des espèces du groupe écologique II alors que les stations PF12 et PF13 le sont par des espèces du groupe écologique III. Dans la station PF8, la présence d'espèces du groupe écologique IV, en particulier la polychète *Chaetozone corona*, est à noter. L'I2EC pour les stations est de 2, indiquant un milieu enrichi.

Les résultats pour l'AMBI sont présentés dans le tableau 8. Les valeurs sont comprises entre 1,7 et 2,3. Ceci corrobore les résultats obtenus avec l'I2EC et illustre aussi la présence d'un léger enrichissement du milieu.

*Tableau 10 : AMBI*

<b>Stations</b>	<b>PF5</b>	<b>PF8</b>	<b>PF12</b>	<b>PF13</b>
I2EC	2	2	2	2
AMBI	1,7	2,2	2,3	2,3

## GROUPES ÉCOLOGIQUES DES INVENTAIRES QUANTITATIFS PLATEAU DU FOUR FR520210



**Carte 20 : Groupes écologiques des prélèvements à la benne**

## 4.2.5 HABITATS INVENTORIÉS ET ESPÈCES

### 4.2.5.1 Habitats inventoriés

#### A) Milieux rocheux

Les campagnes vidéo sous-marines et intertidales ont permis d'inventorier 7 habitats rocheux : trois strictement intertidaux et quatre subtidaux. Les trois habitats intertidaux appartiennent aux roches et blocs médiolittoraux à dominance algale, aux roches et blocs médiolittoraux à dominance animale, aux cuvettes en milieu rocheux et enfin aux champs de blocs. L'habitat qui domine est les champs de blocs (Figure 38). Le tableau 11 synthétise les noms et correspondances des différents habitats rocheux intertidaux.

*Tableau 11 : Correspondance et intitulé des habitats intertidaux rocheux pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27 et pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010)*

Habitats génériques EUR27	Habitats élémentaires EUR27	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
1170	1170-8	Cuvettes en milieu rocheux	Cuvettes en milieu rocheux de la zone médiolittorale	
1170	1170-9	Champs de blocs de la frange infralittorale		
1170	1170-2	Roches et blocs médiolittoraux à dominance algale	Fucales des roches et blocs du médiolittoral inférieur	Fucales des roches et blocs du médiolittoral inférieur à couverture continue
1170	1170-3	Roches et blocs médiolittoraux à dominance animale	Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux	



*Figure 38 : Champs de blocs (Cliché Antonin Hubert)*

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*) (Figure 39) et par des zones à laminaires mixtes clairsemées (Figure 40). 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 41). 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. On peut également ajouter que dans la zone à laminaires mixtes clairsemées de nombreuses anémones *Anemonia viridis* (Figure 42) sont parfois observées. Cette espèce forme un véritable tapis.

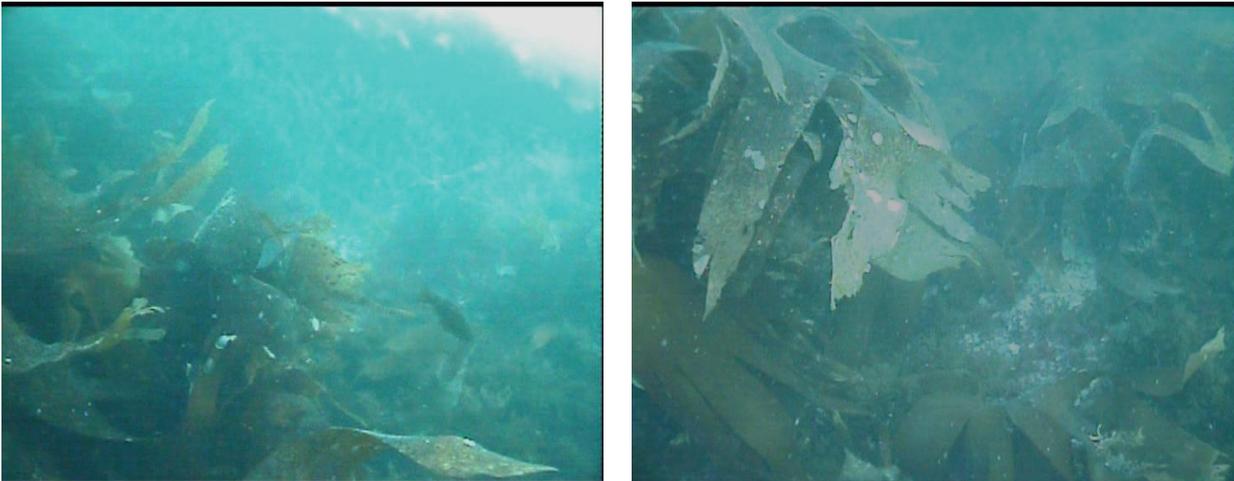


Figure 39 : Zone à Laminaires denses (Clichés TBM)

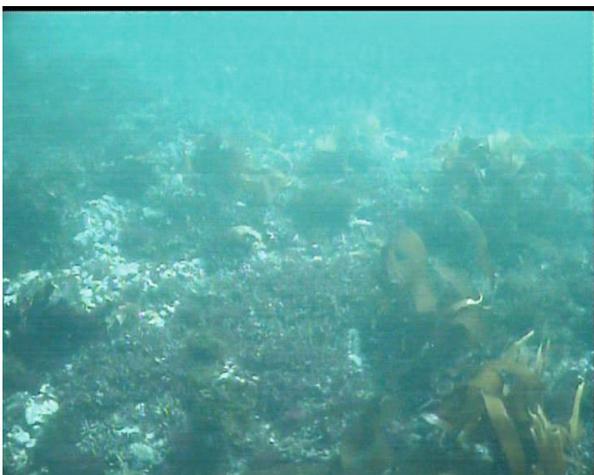


Figure 40: Zone à Laminaires clairsemées (Cliché TBM)



Figure 41: *Saccorhiza polyschides* (Cliché TBM-LEMAR)



Figure 42: Fond rocheux à *Anemonia viridis* (Cliché TBM-LEMAR)

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*

*foliacea* et 3) d'éponges comme *Cliona celata*. On peut également ajouter que des échinodermes sont également observés comme *Echinus esculentus* et *Luidia ciliaris*. Le tableau 12 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 43 illustre quelques espèces. Les poissons ont été inventoriés à la fois dans les zones à laminaires mais aussi dans l'habitat roche et blocs circalitoraux.

Le tableau 13 synthétise les noms et correspondances des différents habitats rocheux subtidaux.

Tableau 12 : Espèces animales observées sur les images vidéo

Embranchements	Espèces
Eponges	<i>Cliona celata</i> <i>Polymastia boletiformis</i>
Cnidaires	<i>Alcyonium digitatum</i> <i>Anemonia viridis</i> <i>Eunicella verrucosa</i> <i>Gymnangium montagui</i> <i>Nemertesia antennina</i> <i>Nemertesia ramosa</i>
Bryozoaires	<i>Membranipora membranacea</i> <i>Pentapora foliacea</i>
Echinodermes	<i>Echinus esculentus</i> <i>Luidia ciliaris</i> <i>Marthasterias glacialis</i>
Poissons	<i>Crenilabrus melops</i> <i>Ctenolabrus rupestris</i> <i>Labrus bergylta</i> <i>Pollachius pollachius</i> <i>Trisopterus luscus</i>

Tableau 13 : Correspondance et intitulé des habitats subtidaux rocheux pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27 et pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010)

Habitats génériques EUR27	Habitats élémentaires EUR27	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
1170	1170-5	Roches et blocs infralittoraux	Laminaires de l'infralittoral supérieur	Forêt de laminaires mixtes
1170	1170-5	Roches et blocs infralittoraux	Laminaires de l'infralittoral inférieur	Zones à laminaires mixtes clairsemées
Pas de code	Pas de code	Roches et blocs circalittoraux	Roches et blocs circalittoraux côtiers	Roches et blocs circalittoraux à gorgones, rose de mer et algues sciaphiles

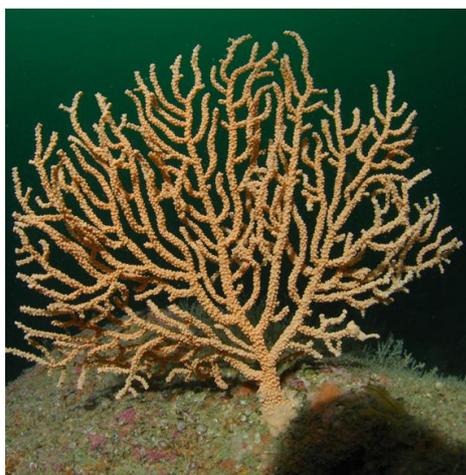


Figure 43: *Eunicella verrucosa*, *Pentapora foliacea*, *Cliona celata*, *Gymnangium montagui*, *Nemertesia antennina* (Cliché TBM-LEMAR)

## B) Milieux meubles

Les résultats des analyses morpho-sédimentaires et biologiques ont permis de caractériser 5 entités de substrats meubles dont deux intertidaux. Le tableau 14 synthétise les noms et correspondances des différents habitats meubles intertidaux et subtidaux.

*Tableau 14 : Correspondance et intitulé des habitats subtidaux meubles pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27 et pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010)*

Habitats génériques EUR27	Habitats élémentaires EUR27	Niveau 1	Niveau 2	Niveau 3
1140	1140-3	Sables intertidaux	Sables intertidaux mobiles	Sables intertidaux mobiles propres
1140	1140-5	Sédiments grossiers propres intertidaux	Graviers et sables grossiers intertidaux	
1110	1110-3	Sables grossiers et graviers sublittoraux	Sables grossiers et graviers sublittoraux marins	Sables grossiers et graviers sublittoraux marins infralittoraux
Pas de code	Pas de code	Vases sublittorales	Vases sableuses sublittorales marines	Vases sableuses circalittorales côtières à <i>Amphiura filiformis</i>
1160	1160-1	Fonds à Ampeliscidés	Fonds à Haploops	

Pour les habitats intertidaux, les sables mobiles propre héberge une faune limitée que se soit en richesse spécifique et en abondance. Il est composé d'un mélange de sable moyen et de sable fin. La proportion de la partie grossière est variable. **Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est 1140-3 Estran de sable fin et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Sables intertidaux mobiles propres.**

Le deuxième habitat intertidal correspond à des estrans composés de sédiments grossiers entre les archipels rocheux et de champs de petits graviers encroûtés d'*Hildenbranchia* et de *Lithophyllum* dont la présence témoigne de la stabilité de ce milieu. **Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est 1140-5 Estran de sable grossiers et graviers et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 2 : Graviers et sables grossiers intertidaux.**

Une présentation des différents habitats subtidaux va être faite maintenant.

Vases sableuses circalittorales côtières à *Amphiura filiformis*



Figure 44 : *Amphiura filiformis* (Clichés TBM)



Figure 45 : Sables fins envasés à *Amphiura filiformis* (Clichés TBM et site web de l'université de Gothenburg)



Figure 46 : Polychètes *Scalibregma inflatum*, *Maldane glebifex* et *Sternaspis scutata* (Clichés TBM)

Une entité de sables fins envasés est observée autour de la station PF5. L'espèce caractéristique est l'ophiure *Amphiura filiformis* (Figure 44). Sur la figure 45, il est possible d'apercevoir les bras de l'animal. Les bras dépassent de la surface du sédiment ce qui lui permet de filtrer l'eau. A cette espèce vient s'ajouter tout un cortège d'espèces, tels que des mollusques ou des polychètes, rendant ce peuplement relativement bien équilibré. On peut citer comme espèces associées, les polychètes *Praxillella affinis*, *Scalibregma inflatum* (Figure 46) et *Maldane glebifex* (espèce uniquement échantillonnée dans cette station, Figure 46). La station PF5 révèle une diversité faunistique moyenne avec des abondances élevées. On peut noter que l'espèce de polychète *Sternaspis scutata* (Figure 46) a été échantillonnée à la drague rallier du Baty uniquement dans cette station et dans la station PF18.

**Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement n'est pas défini et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Vases sableuses circalittorales côtières.**

#### Peuplement sablo-graveleux

Ce type de peuplement est peu répandu sur le site d'étude principalement localisé sur l'ouest du plateau. La faune se caractérise par des espèces sabulicoles et gravicoles tolérantes telles que le scaphopode *Dentalium novemcostatum*, la polychète *Hyalinoecia bilineata* et l'ophiure *Ophiura albida*. L'échantillonnage à la benne d'une des stations (PF8) a permis d'identifier des espèces caractéristiques appartenant aux groupes zoologiques des polychètes *Chaetozona corona* et *Glycera lapidum*, et au crustacé cumacé *Diastylis bradyi*.

**Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement est 1110-3 Sable grossier et gravier et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 3 : Sables grossiers et graviers sublittoraux marins infralittoraux. La station PF8 avec les données obtenues à la benne Smith Mc Intyre est à rapprocher au code EUNIS A5.126 Cumacés et *Chaetozone sp.* dans des sables graveleux sublittoraux marins infralittoraux.**

#### Peuplement à *Haploops*

Ce peuplement fait partie d'habitat particulier du nom de fonds à Ampéliscidés (Bajjouk et al., 2010). Deux sous-habitats peuvent être distingués les fonds à *Ampelisca* et les fonds à *Haploops*. Les *Haploops* qui sont des crustacés amphipodes (Figure 47) vivent en colonies par milliers au mètre carré (maximum de 3500 individus/m<sup>2</sup> sur la station PF13), entre 15 et 30 mètres de fond, dans des tubes individuels constitués d'un mélange de mucus et de vase

(Figure 48). La diversité spécifique de la station PF13 est similaire au peuplement à *Amphiura filiformis*. Cette diversité est en partie liée au tapis gazonnant formé par les concentrations de tubes d'*Haploops* qui servent d'abri à de nombreuses espèces de macrofaune vagile.

**Le code Natura 2000 Eur 27 pour ce type de peuplement n'est pas individualisé dans le code 1160-1 Vasière infralittorale et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 2 : fonds à *Haploops* et la création d'un code EUNIS est en cours.**

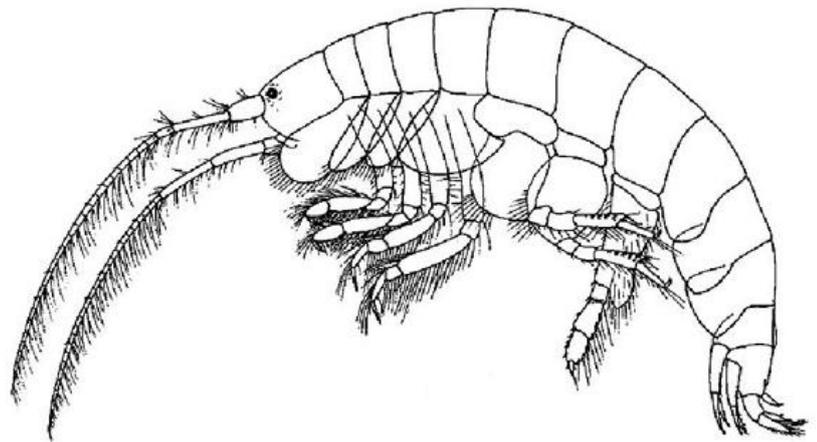


Figure 47 : *Haploops* (Clichés TBM et Lincoln, 1979)



Figure 48: Fond à *Haploops* (Cliché TBM-LEMAR)

#### 4.2.5.2 Carte d'habitat

Sur le site Natura 2000 Plateau du Four, la déclinaison des habitats en niveau 2 est toujours possible par contre pour le niveau 3 cela n'est pas toujours le cas. La carte 21 illustre la cartographie des habitats marins inventoriés au niveau 2 de la nouvelle typologie (Bajjouk et al., 2010). Pour la réalisation de cette carte d'autres sources ont été numérisées et compilées comme la carte G du SHOM, la carte des laminaires de l'association ELV et la carte des habitats de Glémarec (1969). Ces cartes sont récapitulées en annexe 5.

La figure 49 illustre la répartition des habitats déclinés au niveau 1 de la nouvelle proposition de typologie et le tableau 15 indique les surfaces respectives au niveau 1. Seuls les habitats subtidaux ont été intégrés dans ces graphiques car tous les îlots rocheux découvrant à marée basse n'ont pas été inventoriés. Néanmoins, le tableau 16 récapitule les surfaces pour les différents habitats intertidaux.

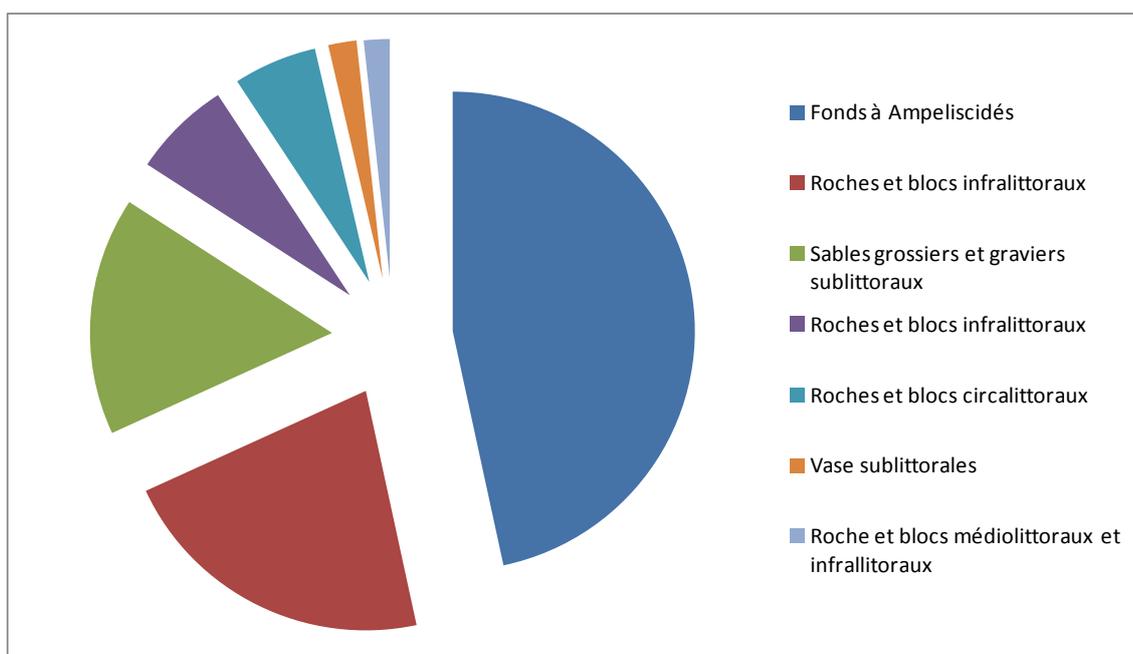


Figure 49 Répartition des groupes d'habitats de niveau 1 sur le site Natura 2000 Plateau du Four

L'habitat dominant est l'habitat particulier : Fonds à Ampeliscidés qui occupe près de 2000 ha et représente presque 50 % de la surface du site Natura 2000. Les deux autres habitats majeurs sont d'une part les roches et blocs infralittoraux qui correspondent aux champs de laminaires et qui représentent 21% de la surface, et d'autre part les sables grossiers et gravier sublittoraux avec 16 % de la surface du site.

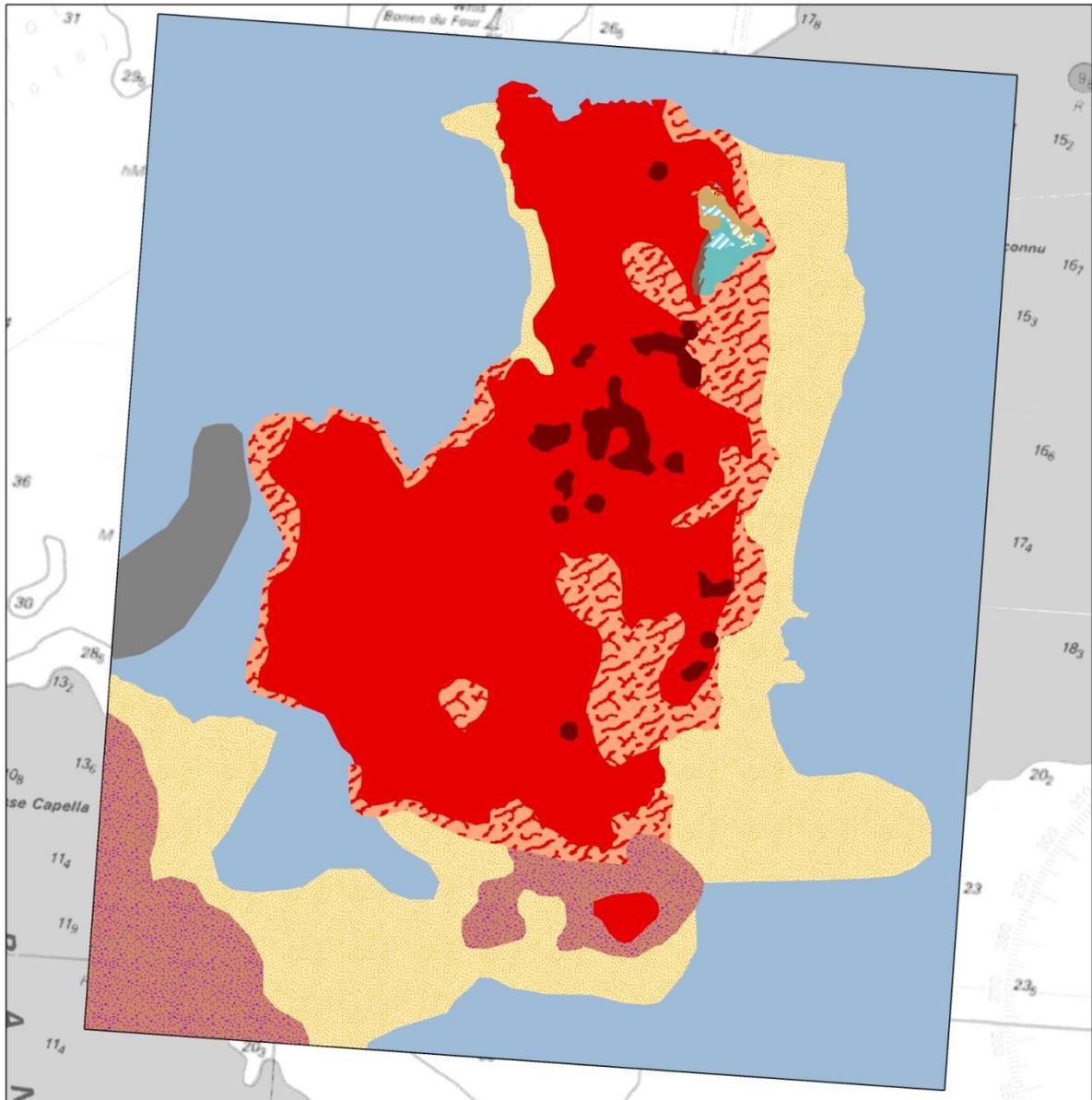
Tableau 15 : Surfaces pour les habitats subtidaux selon le niveau 1 de la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010)

<b>Niveau1</b>	<b>Surface (ha)</b>
Fonds à Ampeliscidés	1961,68
Roches et blocs infralittoraux	904,65
Sables grossiers et graviers sublittoraux	675,59
Roches et blocs infralittoraux	277,87
Roches et blocs circalittoraux	234,71
Vase sublittorales	79,33
Roche et blocs médiolittoraux et infralittoraux	72,59

Tableau 16 : Surfaces pour les habitats intertidaux selon le niveau 1 de la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010)

<b>Niveau1</b>	<b>Surface (ha)</b>
Champs de blocs de la frange infralittorale	9,68
Roches et blocs médiolittoraux à dominance algale	5,47
Roches et blocs infralittoraux	4,87
Roches et blocs médiolittoraux à dominance animale	2,08
Sables intertidaux	0,14
Champs de blocs de la frange infralittorale x Cuvettes en milieu rocheux	2,23
Champs de blocs de la frange infralittorale x Sédiments grossiers propres intertidaux	0,76
Sables intertidaux x Champs de blocs de la frange infralittorale	0,38

## HABITATS BENTHIQUES - PLATEAU DU FOUR FR5202010



### Habitats intertidaux

- Sables intertidaux mobiles
- Sables intertidaux mobiles x Champs de blocs de la frange infralittorale
- Champs de blocs de la frange infralittorale
- Champs de blocs de la frange infralittorale x Cuvettes en milieu rocheux de la zone médiolittorale
- Champs de blocs de la frange infralittorale x Graviers et sables grossiers intertidaux
- Fucales des roches et blocs du médiolittoral inférieur
- Cirripèdes et patelles des roches et blocs médiolittoraux

### Habitats subtidaux

- Roches et blocs circalittoraux côtiers
- Laminaires de l'infralittoral inférieur
- Fonds à *Haploopsis*
- Laminaires de l'infralittoral supérieur
- Roche et blocs médiolittoraux et infralittoraux
- Sables grossiers et graviers sublittoraux marins
- Vases sableuses sublittorales marines

0 0,5 1 Km

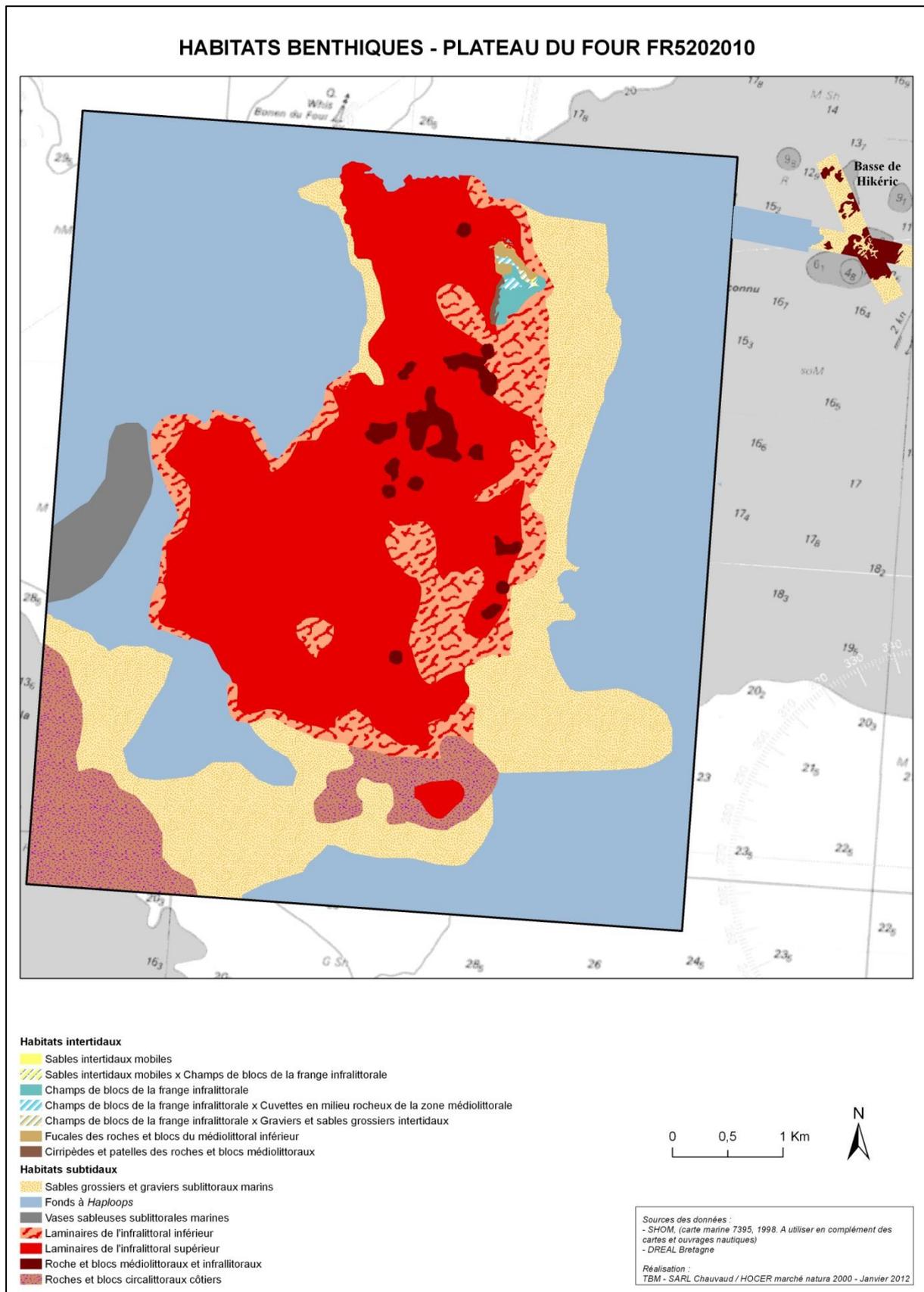


Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne

Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

Carte 21 : Carte des habitats benthiques

### 4.2.5.3 Prospections complémentaires



**Carte 22 : Carte des habitats benthiques avec zoom de prospection**

Au cours d'un COPIL organisé par Antonin Hubert, chargé de mission du site Natura 2000 Plateau du Four, des informations ont été récoltées auprès des pêcheurs sur l'existence de maërl au niveau de la Basse Hikéric. Ainsi, des prospections ont eu lieu dans cette zone avec des levés sonar, des prélèvements de sédiments et des vidéos sous-marines. La carte 22 illustre les habitats observés à savoir de la roche infralittorale avec une strate buissonnante (Figure 50), des sédiments grossiers infralittoraux (Figure 51) et du maërl (Figure 52). Des brins de maërl sont présents dans un échantillon de sable grossier (Figure 51) mais de grandes étendues imbriquées dans la roche infralittorale ont été observées (Figure 52).



Figure 50: Roche infralittorale avec strate buissonnante (Cliché TBM)

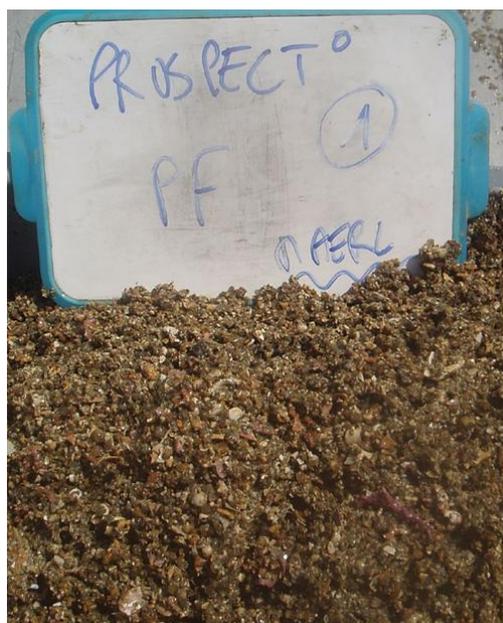


Figure 51: Sédiment grossier infralittoral avec quelques brins de maërl (Cliché TBM)

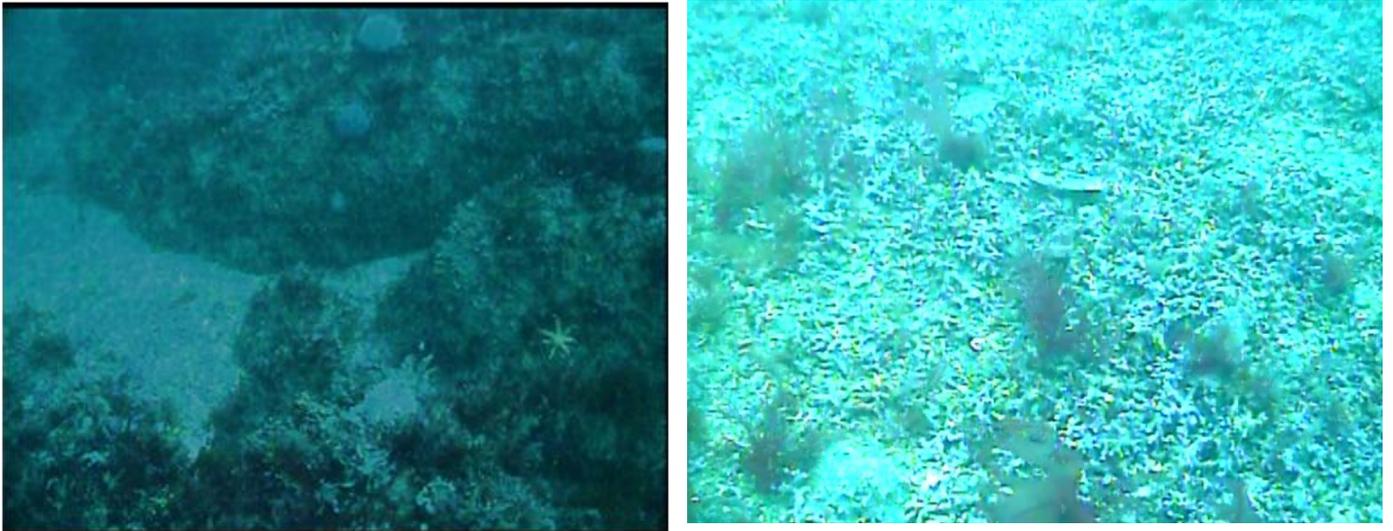


Figure 52: Banc de maërl imbriqué dans la roche infralittorale (Cliché TBM)

**Le code Natura 2000 Eur 27 pour les bancs de maërl est 1110-3 Sable grossier et gravier, bancs de maërl et l'intitulé pour la nouvelle typologie est au niveau 2 : Bancs de maërl propre. Le code EUNIS est A5.511 Banc de maërl sur gravier propre et sable grossier.**

#### 4.2.5.3 Espèces de la Directive Habitat

Le site est utilisé comme zone de passage pour les mammifères marins. Au cours de nos prospections, des observations de grands dauphins (*Tursiops truncatus*) ont été faites. En fait ce secteur est situé à proximité de la zone de fréquentation régulière du grand dauphin (*Tursiops truncatus*) et du marsouin (*Phocoena phocoena*). Au regard de la taille et de la densité de la population de ces espèces présentes sur le site par rapport aux populations présentes sur le territoire national, ce site est classé « site important » (population inférieure à 2%). Les Dauphins communs (*Delphinus delphis*) fréquentent également le secteur pour des raisons alimentaires.

#### 4.2.5.4 Espèces de la Directive Oiseaux

Lors de nos sorties en mer, 9 espèces ont été observées : le Puffin fuligineux (*Puffinus griseus*), le Puffin des Baléares (*Puffinus mauretanicus*), l'Océanite tempête (*Hydrobates pelagica*), le Guillemot de Troll (*Uria aalge*), le Fou de Bassan (*Morus bassanus*), le plongeon arctique (*Gavia arctica*), le Goéland argenté (*Larus argentatus*), le Goéland brun (*Larus fuscus*) et le Goéland marin (*Larus marinus*). L'espèce observée régulièrement sur le site et en effectif important est le Puffin des Baléares. La figure 53 illustre un radeau composé majoritairement de Puffins des Baléares. Une estimation de 400 oiseaux a été faite. La carte 19 indique les zones d'observations. Des groupes d'une trentaine d'individus et un groupe d'une cinquantaine d'individus ont été observés sur les points PF2 et entre les points PF4 et PF5.



Figure 53 : Radeau de Puffins de Baléares (*Puffinus mauretanicus*) (Cliché TBM)

Cette espèce fréquente presque uniquement les eaux côtières. La figure 54 illustre sa répartition dans le Golfe de Gascogne. La date d'observation de l'important radeau a été faite en juillet ce qui laisse supposer que des effectifs plus importants peuvent être présents sur le site. En effet, d'après Castège et Hémery (2009) le maximum des observations pour cette espèce est réalisé en septembre.

Pour les autres espèces, très peu de contact ont été réalisés et le statut n'a pu être défini. Pour les Fou de Bassan l'âge des oiseaux étaient majoritairement de 2 et 3 ans. Par conséquent, pour certaines espèces, les oiseaux étaient des immatures non reproducteurs notamment les Fou de Bassan ou des migrateurs comme le plongeon arctique observé en début mai. En effet, cette espèce est présente dans le golfe de Gascogne d'octobre à mai (Castège et Hémery, 2009).

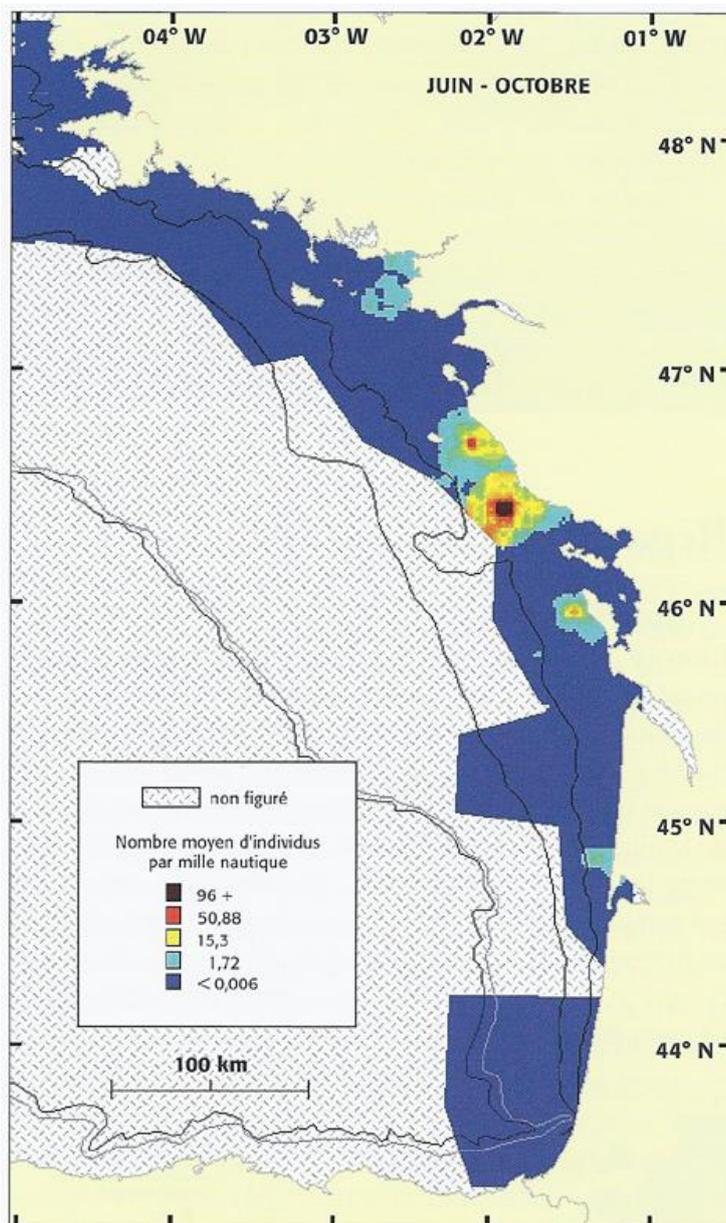
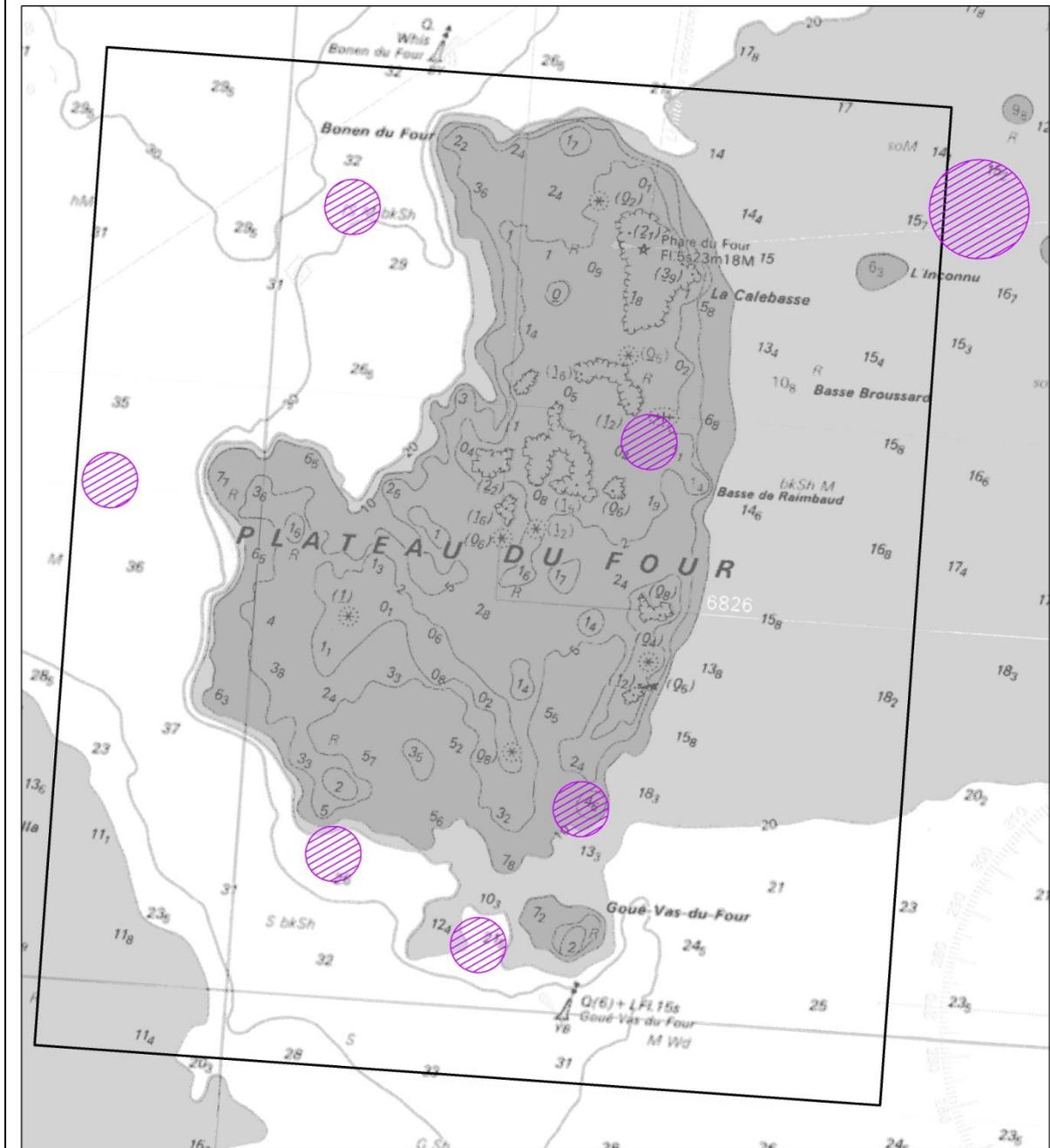


Figure 54 : Répartition et effectif du Puffin des Baléares dans le golfe de Gascogne (Castège et Hémery, 2009, cliché TBM)

## LOCALISATION DES OBSERVATIONS DE PUFFIN DES BALÉARES PLATEAU DU FOUR FR520210



Secteurs d'observation du Puffin des Baléares  
 Périmètre "Plateau du Four" FR520210

0 0,5 1 Km



Sources des données :  
 - SHOM, (carte marine 7395, 1998. A utiliser en complément des cartes et ouvrages nautiques)  
 - DREAL Bretagne

Réalisation :  
 TBM - SARL Chauvaud / HOCER marché natura 2000 - Janvier 2012

**Carte 23 : Localisation des observations de Puffin des Baléares (*Puffinus mauretanicus*)**

## 5. Conclusions

L'approche cartographique sur le site Natura 2000 Plateau du Four en combinant des moyens de prospection acoustique, des prélèvements et des observations biologiques pour caractériser les peuplements macrobenthiques montre que le site est très original. En effet, une opposition entre le milieu rocheux principalement sur le plateau (35 % de la surface du site) et le milieu meuble en périphérie (64 %) (Tableau 17) est à noter. Une grande diversité d'habitats a été inventoriée et des habitats au sein desquels des espèces patrimoniaux et remarquables sont observés.

Tableau 17 : Surfaces par groupes d'habitats

Peuplements	Surface couverte (ha)	Surface couverte (%)
Substrat meuble intertidaux	0,52	0,01
Substrat rocheux intertidaux	25,10	0,59
Substrat meuble subtidaux	2716,60	64,19
Substrat rocheux subtidaux	1489,82	35,20
<b>TOTAL</b>	<b>4232,04</b>	<b>100%</b>

Dans la zone intertidale, la roche calcaire offre de très nombreux abris créant ainsi une large gamme de micro-habitats. L'espace présente la particularité d'être très largement dominé par le médio et l'infra littoral. Une large partie du site peut être rattaché à l'habitat roche en mode abrité, la topographie du site expliquant ce phénomène. Dans la partie Ouest un large espace peut être rattaché à la roche en mode exposé. Une couverture algale par les algues rouges est encore observée à cause du niveau assez bas de cette structure. Une large flaque est présente en arrière de la barre rocheuse ouest dont le fond est occupée par du sédiment grossier et des blocs.

Le substrat meuble est très peu représenté, seule la partie nord abrite des surfaces de sédiment de sable mobile. Les sables grossiers et graviers y dominent largement. Dans tous les secteurs le sédiment apparaît très propre et aucune pêche ne semble devoir impacter ces habitats.

Enfin, il faut noter la présence des champs de blocs rarement découverts qui présentent une faune riche et diversifiée. Aux grandes marées, de très nombreux pêcheurs à pieds débarquent sur l'île. Ces derniers retournent les blocs, essentiellement à la recherche de tourteau et d'étrille; la quantité par pêcheur peut dépasser 10 kg par marée ce qui est loin d'être négligeable et a un impact sur l'état de santé de cet habitat. La figure 55 illustre des blocs avec des algues vertes traduisant un retournement antérieur du bloc par la pêche.. La pêche à pied est une activité ancienne et très développée sur ce site Natura 2000. Ces activités

sont à prendre en compte dans la gestion à venir car des impacts forts peuvent être observés notamment sur cet habitat : - les organismes sessiles (éponges, bryozoaires, ascidies) et les algues vont être fortement atteints en abondance mais aussi en composition spécifique. Le peuplement des champs de blocs intertidaux est donc susceptible d'être significativement modifié par la perturbation de l'habitat. Par conséquent, il est primordial de développer le rôle d'éducation du grand public à l'environnement, de manière à faire prendre conscience des effets perturbateurs d'un dérangement, même involontaire, sur la flore et la faune intertidale. La mise en place de jachères peut également être étudiée. Il est nécessaire de faire prendre conscience aux usagers à la fois de la richesse de leur patrimoine naturel mais aussi sur sa fragilité et sa nécessaire protection.



*Figure 55 : Champ de blocs et bloc colonisé par les algues vertes (clichés Antonin Hubert)*

Pour le substrat rocheux subtidale, il est composé de vaste forêt de laminaires. Ces forêts sont denses sur la majeure partie du site et deviennent clairsemées en périphérie. L'habitat « roche et blocs circalittoraux côtiers » apparaît dès que la profondeur augmente et devient prépondérant entre des profondeurs de 15 et 20 mètres. En termes d'état de conservation, de belles densités algales sont observés ainsi qu'une belle diversité floristique et faunistique. Un site est suivi dans le cadre du programme DCE par le MNHN de Concarneau au niveau du Bonen. La conclusion est que ce site a une très bonne qualité du fait notamment de la présence de bonne densité des algues structurantes (Derrien-Courtel et al., 2011).

Le substrat meuble est bien représenté en termes de surface mais il est assez homogène. En effet, l'habitat meuble est dominé par des vasières et plus précisément par des vasières à

*Haploops* et à *Amphiura filiformis*. Sur les parties Est et Sud, des sédiments plus grossiers sont observés. Si l'on compare avec les travaux de Glémarec (1969) et de Chassé et Glémarec (1976) (Carte en Annexe 5), une évolution notable des habitats est observée. En effet, l'apparition de l'habitat « Fond à *Haploops* » est tout à fait intéressante et s'inscrit dans la dynamique actuelle de ce type de peuplement sur les vasières circalittoral côtière de la façade Atlantique. En effet, ces peuplements, découverts dans les années 80, sont localisés uniquement en Bretagne sud (Concarneau, Vilaine, entrée de la Loire) (Glémarec et al., 1986, Le Bris, 1988, Hily et al., 2008). En termes de conservation, avec les données en notre possession et les indices en vigueur il est difficile de se prononcer. Les indices de qualité du milieu indiquent un milieu légèrement enrichi mais ceci n'est pas illogique du fait de la présence d'habitat vaseux et sablo-vaseux. En effet, dans ces habitats, la matière organique est naturellement en plus grande quantité que dans des sédiments plus grossiers. De plus, si l'on fait une analyse sur les cortèges d'espèces aucune n'est révélatrice d'un enrichissement en matière organique anormal. Sur les sédiments plus grossiers de la partie Est et Sud il serait intéressant d'essayer d'évaluer l'impact de la pêche aux engins trainants. En effet, ces pratiques peuvent être très préjudiciables sur les habitats. Dans l'état actuel des connaissances, les informations en notre possession ne permettent pas de statuer sur l'impact ou non des engins de pêche.

## 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 circo-littoral. IFREMER

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

Barbaroux, L., Blondeau, A., Margerel, J.P., 1971. Présence d'Yprésien fossilifère sur le plateau continental à l'Ouest du plateau du four. – C. R. Acad. Sc. Paris, t 273, série D,12-15.

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.

Bouysse, Ph., Chateauneuf, J.J., Ters, M., 1974. Présence d'Yprésien, niveau transgressif et taux de sédimentation flamand en baie de la Vilaine. – C.R. Acad. Sc. Paris, t 279, série D, 1421 – 1424.

Castège, I., Hémerly, G., 2009. Oiseaux marins et cétacés du golfe de Gascogne. Répartition, évolution des populations et éléments pour la définition des aires marines protégées. Biotope, Museum national d'histoire naturelle, Paris, 176 p. (Collection Parthénope).

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 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 p. (<http://eunis.eea.eu.int/habitats.jsp>).

Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., Barillé, A.-L., 2011. Etat de santé des masses d'eaux côtières dans le secteur Loire-Vilain-année 2010. Contrat ELV-MNHN, 46 p.

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.

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

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

Glémarec, M., Le Bris, H., Le Guellec, C., 1986. Modifications des écosystèmes des vasières côtières du sud-Bretagne. *Hydrobiologia* 142:159-170.

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, *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion* (pp. 51-86): Editions Ifremer.

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

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

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

Hily, C., Le Loc'h, F., Grall, J., Glémarec, M., 2008. Soft bottom macrobenthic communities of North Biscay revisited: Long-term evolution under fisheries-climate forcing. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 78: 413-425.

Le Bris, H., 1988. Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires: la rade de Lorient et la baie de Vilaine. Thèse de doctorat d'Océanologie Biologique, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 311 p.

Hily, C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest. *Thèse de Doctorat d'Etat*, Université de Bretagne Occidentale, Brest.

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>

Scherrer, B., 1984. *Biostatistique*. Editions Morin.

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

## Liste des figures

Figure 1: Tzigane II.....	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 multiparamètres (Cliché TBM).....	21
Figure 14 : Modèle des Indices Biotiques (groupes écologiques notés en chiffres romains) (D’après Grall et Coïc, 2006).....	24
Figure 15 : Mosaique de réflectivité sur le site du plateau du Four .....	28
Figure 16 : Sonogramme montrant la limite entre les formations rocheuses gréso-calcaire yprésiennes et les fonds sablo-vaseux (Sud-Ouest du plateau du Four) .....	30
Figure 17 : Sonogramme montrant les formations granitiques et la présence de maërl sur la basse Hikéric. ....	31
Figure 18 : Répartition des grands ensembles rocheux de part et d’autre de la faille Quiberon – Le Croisic .....	32
Figure 19 : Sonogramme montrant la présence de dunes hydrauliques au sein des sables moyens coquilliers (bordure orientale du plateau du Four) .....	34
Figure 20 : Sonogramme montrant la limite entre le faciès des vases sableuses et le grossier envasé (sud du plateau du Four).....	35
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).....	38
Figure 22 : Dendrogramme et MDS effectué à partir de la matrice des distances euclidiennes, calculée d'après les données granulométriques. ....	40
Figure 23 : Teneurs moyennes en matière organique. ....	41
Figure 24 : Température, turbidité, teneur en oxygène et salinité sur 4 stations (PF5, PF8, PF12 et PF13).....	45
Figure 25 : Abondance et richesse spécifique (Drague rallier du Baty, 30 litres de sédiment, tamisage sur 10 et 5 mm) .....	46
Figure 26: Proportions des différents groupes zoologiques en termes d’abondance .....	51
Figure 27 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique .....	52
Figure 28 : CAH et MDS sur les données faunistiques en présence-absence.....	56
Figure 29 : Richesse spécifique moyenne et Abondance moyenne (nb d’individus par m <sup>2</sup> ) ...	57
Figure 30 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d’abondance .....	60

Figure 31 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique	60
Figure 32 : CAH et MDS sur les abondances .....	65
Figure 33: Espèces dominantes et discriminantes de l'assemblage 1 : les polychètes Chaetozone corona, Glycera lapidum, Hyalinoecia bilineata et Syllis cornuta, le mollusque bivalve Abra alba, le crustacé cumacé Diastylis bradyi et l'échinoderme Thyone fusus (Clichés TBM).....	66
Figure 34 : Espèces caractéristiques de l'assemblage 2.2.2 : l'échinoderme ophiuridé Amphiura filiformis et la polychète Melinna palmata (Clichés TBM).....	67
Figure 35 : La polychète Maldane glebifex, espèce uniquement échantillonnée dans l'assemblage 2.1 (Clichés TBM).....	67
Figure 36: Espèces dominantes et discriminantes de l'assemblage 2.2.1 : le crustacé amphipode Haploops et la polychète Ampharete acutifrons (Clichés TBM). ....	67
Figure 37 : Groupes écologiques.....	68
Figure 38 : Champs de blocs (Cliché Antonin Hubert).....	71
Figure 39 : Zone à Laminaires denses (Clichés TBM) .....	72
Figure 40: Zone à Laminaires clairsemées (Cliché TBM).....	72
Figure 41: Saccorhiza polyschides (Cliché TBM-LEMAR).....	73
Figure 42: Fond rocheux à Anemonia viridis (Cliché TBM-LEMAR) .....	73
Figure 43: Eunicella verrucosa, Pentapora foliacea, Cliona celata, Gymnangium montagui, Nemertesia antennina (Cliché TBM-LEMAR) .....	75
Figure 44 : Amphiura filiformis (Clichés TBM).....	77
Figure 45 : Sables fins envasés à Amphiura filiformis (Clichés TBM et site web de l'université de Gothenburg) .....	77
Figure 46 : Polychètes Scalibregma inflatum, Maldane glebifex et Sternaspis scutata (Clichés TBM).....	77
Figure 47 : Haploops (Clichés TBM et Lincoln, 1979) .....	79
Figure 48: Fond à Haploops (Cliché TBM-LEMAR).....	79
Figure 49 Répartition des groupes d'habitats de niveau 1 sur le site Natura 2000 Plateau du Four .....	80
Figure 50: Roche infralittorale avec strate buissonnante (Cliché TBM) .....	84
Figure 51: Sédiment grossier infralittoral avec quelques brins de maërl (Cliché TBM) .....	84
Figure 52: Banc de maërl imbriqué dans la roche infralittorale (Cliché TBM).....	85
Figure 53 : Radeau de Puffins de Baléares (Puffinus mauretanicus) (Cliché TBM) .....	86
Figure 54 : Répartition et effectif du Puffin des Baléares dans le golfe de Gascogne (Castège et Hémary, 2009, cliché TBM).....	87
Figure 55 : Champ de blocs et bloc colonisé par les algues vertes (clichés Antonin Hubert) .	90

## Liste des tableaux

Tableau 1: Echelles et dénominations granulométriques AFNOR (Chambley, 1995) .....	20
Tableau 2 : Médiane et indice de tri .....	36
Tableau 3 : Caractéristiques moyennes des ensembles sédimentaires identifiés d'après le dendrogramme établi à partir des données granulométriques. Les écart-types sont indiqués pour les moyennes de la médiane.....	39

Tableau 4 : Diversité et équitabilité .....	51
Tableau 5 : Richesse spécifique et abondance totales (0,3 m <sup>2</sup> ) .....	57
Tableau 6 : ANOVA pour la Richesse spécifique et l'Abondance .....	58
Tableau 7 : Résultats du test SNK.....	58
Tableau 8 : Diversité et régularité moyenne .....	58
Tableau 9 : 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 <sup>2</sup> . 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.....	63
Tableau 10 : AMBI .....	69
Tableau 11 : Correspondance et intitulé des habitats intertidaux rocheux pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27 et pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) .....	71
Tableau 12 : Espèces animales observées sur les images vidéo .....	74
Tableau 13 : Correspondance et intitulé des habitats subtidaux rocheux pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27 et pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) .....	75
Tableau 14 : Correspondance et intitulé des habitats subtidaux meubles pour les habitats génériques de la directive « Habitats » selon l'interprétation EUR27 et pour la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) .....	76
Tableau 15 : Surfaces pour les habitats subtidaux selon le niveau 1 de la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) .....	81
Tableau 16 : Surfaces pour les habitats intertidaux selon le niveau 1 de la nouvelle typologie type EUNIS (Bajjouk et al., 2010) .....	81
Tableau 17 : Surfaces par groupes d'habitats.....	89

## Liste des cartes

Carte 1 : Localisation de la zone d'étude et du site Natura 2000 Plateau du Four FR5202010. 5	
Carte 2 : Plan d'échantillonnage 2010 .....	14
Carte 3 : Localisation des prélèvements à la drague rallier 2010.....	15
Carte 4 : Localisation des vidéo sous marines 2010 .....	16
Carte 5 : Localisation des prélèvements à la benne Smith Mc Intyre 2010 .....	17
Carte 6 : Localisation des observations à la caméra sous-marine lors de la campagne de 2011 .....	18
Carte 7 : Répartition des formations superficielles sur le plateau du Four .....	29
Carte 8 : Carte des fractions sédimentaires .....	37
Carte 9 : Carte des teneurs moyennes en matière organique. Les classes sont exprimées en pourcentage. ....	42
Carte 10 : Modélisation des teneurs moyennes en matière organique. Les classes sont exprimées en pourcentage. ....	43
Carte 11 : Carte des abondances pour les prélèvements à la drague rallier du Baty.....	47
Carte 12 : Carte des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague rallier du Baty. 48	

Carte 13 : Modélisation des abondances pour les prélèvements à la drague rallier du Baty ...	49
Carte 14 : Modélisation des richesses spécifiques pour les prélèvements à la drague rallier du Baty .....	50
Carte 15 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la drague rallier du Baty .....	53
Carte 16 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la drague rallier du Baty .....	54
Carte 17 : Richesse et abondance moyenne pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre .....	59
Carte 18 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes d'abondance pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre .....	61
Carte 19 : Proportions des différents groupes zoologiques en termes de richesse spécifique pour les prélèvements à la benne Smith Mc Intyre .....	62
Carte 20 : Groupes écologiques des prélèvements à la benne.....	70
Carte 21 : Carte des habitats benthiques .....	82
Carte 22 : Carte des habitats benthiques avec zoom de prospection.....	83
Carte 23 : Localisation des observations de Puffin des Baléares ( <i>Puffinus mauretanicus</i> ) .....	88