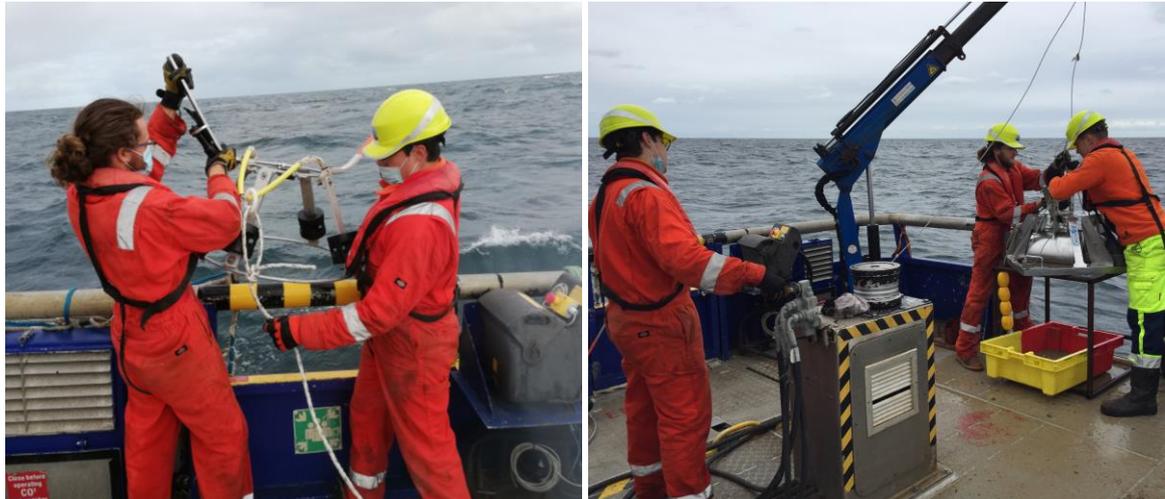




**PARC EOLIEN EN MER DE LA BAIE DE SAINT-BRIEUC :  
SUIVI DE LA QUALITE DE L'EAU, DES SEDIMENTS, DES  
HABITATS ET DES COMMUNAUTES BENTHIQUES ;  
IMPACT POTENTIEL DES ANODES SACRIFICIELLES SUR  
LES BIOTES**

**INVESTIGATIONS POUR L'ETAT DE REFERENCE AVANT  
TRAVAUX**



AFFAIRE N°04848004

## DOCUMENT

Zone	Domaine	Phase	Nature document	Numéro
FR	EMR	Etat de référence	Rapport d'étude	04848004

## REVISIONS

Version	Date	Auteur	Vérificateur	Description
0.1	18/01/2020	Claire ETIENNE	Yann PATRY	Première version provisoire
0.2	15/02/2021	Claire ETIENNE	Yann PATRY	Première version définitive

## CONTRIBUTEURS

Contributeurs	Description
Claire ETIENNE	Rédaction, tri et détermination de la faune benthique, granulométrie, analyse et traitement des données
Yann PATRY	Coordination, mission de terrain,
Alexandre CERRUTI	Elaboration des cartes, géomatique
Solenne CAOUS	Mission de terrain, tri de la faune benthique

## COORDONNEES

setec in vivo  
Siège social  
Immeuble Central Seine  
42-52 quai de la Râpée  
CS 7120  
75 583 Paris cedex 12  
France

Tél. +33 1 82 51 55 55  
info@invivo.setec.fr

Agence de La Forêt-Fouesnant  
358 Z.A La Grande Halte  
29 940 La Forêt-Fouesnant  
France

Tél. + 33 2 98 51 41 75

Agence de Toulon  
Espace Maurice  
141 Avenue Marcel Castié  
83100 TOULON  
France

Tél. + 33 4 86 15 61 83

## Sommaire

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION</b> .....	<b>10</b>
<b>2</b>	<b>MATERIELS ET METHODES</b> .....	<b>11</b>
<b>2.1</b>	<b>LOCALISATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT ET D'ETUDE</b> .....	<b>11</b>
<b>2.2</b>	<b>DATE D'INTERVENTION ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3</b>	<b>MOYENS NAUTIQUES</b> .....	<b>14</b>
<b>2.4</b>	<b>METHODE DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS</b> .....	<b>15</b>
2.4.1	Acquisition des données faunistiques.....	15
2.4.2	Acquisition des données sédimentaires .....	16
2.4.3	Acquisition des données de qualité de l'eau.....	17
2.4.4	Acquisition des données vidéo.....	18
2.4.5	Acquisition des données biologiques pour le suivi des anodes sacrificielles	18
<b>2.5</b>	<b>TRAITEMENTS DES ECHANTILLONS</b> .....	<b>21</b>
2.5.1	Échantillons faunistiques.....	21
2.5.2	Echantillons sédimentaires.....	23
2.5.3	Echantillons d'eau .....	25
2.5.4	Echantillons biologiques pour le suivi des anodes sacrificielles.....	27
<b>2.6</b>	<b>ANALYSE DES DONNEES</b> .....	<b>29</b>
2.6.1	Analyses faunistiques .....	29
2.6.2	Analyses sédimentaires .....	42
2.6.3	Analyses qualité de l'eau.....	45
2.6.4	Analyses des données vidéo.....	47
2.6.5	Analyses des biotes pour le suivi des anodes sacrificielles .....	48
<b>3</b>	<b>RESULTATS</b> .....	<b>49</b>
<b>3.1</b>	<b>ANALYSES DE L'EAU</b> .....	<b>49</b>
3.1.1	Température, salinité et conductivité .....	49
3.1.2	Turbidité .....	50
3.1.3	Oxygène dissous .....	51
3.1.4	Résultats chimiques .....	51
<b>3.2</b>	<b>ANALYSES SEDIMENTAIRES</b> .....	<b>53</b>
3.2.1	Récapitulatif granulométrique.....	53
3.2.2	Diagramme de Folk.....	57
3.2.3	Géochimie des sédiments .....	58
3.2.4	Synthèse.....	60

<b>3.3 ANALYSES ET INVENTAIRES FAUNISTIQUES .....</b>	<b>61</b>
3.3.1 Composition des peuplements benthiques. Analyses univariées.....	61
3.3.2 Composition des peuplements benthiques. Analyses multivariées.....	70
3.3.3 Classification des peuplements benthiques.....	75
<b>3.4 ANALYSE DES VIDEOS .....</b>	<b>77</b>
3.4.1 Station ST1-100 .....	78
3.4.2 Station ST1-200 .....	79
3.4.3 Station ST1-400 .....	80
3.4.4 Station ST1-600 .....	81
3.4.5 Station ST2-100 .....	82
3.4.6 Station ST2-200 .....	83
3.4.7 Station ST2-400 .....	84
3.4.8 Station ST2-600 .....	85
3.4.9 Station ST3-100 .....	86
3.4.10 Station ST3-200 .....	87
3.4.11 Station ST3-400 .....	88
3.4.12 Station ST3-600 .....	89
3.4.13 Station ST4-100 .....	90
3.4.14 Station ST4-200 .....	91
3.4.15 Station ST4-400 .....	92
3.4.16 Station ST4-600 .....	93
3.4.17 Classification des peuplements benthiques.....	94
3.4.18 Synthèse.....	95
<b>3.5 ANALYSE DES BIOTES POUR LE SUIVI DE L'IMPACT DES ANODES SACRIFICIELLES ..</b>	<b>96</b>
<b>4 COMPARAISON AVEC LES DONNEES ANTERIEURES .....</b>	<b>98</b>
<b>4.1 ECOLOGIE DE LA ZONE .....</b>	<b>98</b>
<b>4.2 COMPARAISON AVEC LES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES ANTERIEURES .....</b>	<b>99</b>
2.1.1. Données IFREMER (1992,1996).....	99
2.1.2. Données G-TEC (2012-2013) .....	100
4.2.1 Campagnes IN VIVO (2014) : classification des peuplements benthiques .	101
<b>4.3 COMPARAISON AVEC LES DONNEES DE L'ETAT INITIAL.....</b>	<b>106</b>
2.1.3. Analyses sédimentaires .....	106
2.1.4. Analyses faunistiques .....	108
2.1.5. Analyses vidéo.....	112

5	SYNTHESE DES RESULTATS.....	114
6	BIBLIOGRAPHIE .....	117
7	ANNEXES .....	124
	ANNEXE 1 : ANALYSES DU LABORATOIRE EUROFINS (EAU ET SEDIMENT) .....	124
	ANNEXE 2 : LISTES FAUNISTIQUES DE L'ETUDE BENTHIQUE.....	125
	ANNEXE 3 : ANALYSES DU LABORATOIRE EUROFINS (BIOTE).....	129

## Figures

Figure 1 : Localisation des stations d'étude .....	11
Figure 2 : Schéma résumant la stratégie d'échantillonnage appliquée dans le cadre du suivi stationnel .....	12
Figure 3 : Conditions météorologiques en mer en septembre et octobre 2020 à Saint-Brieuc .....	13
Figure 4 : Caractéristiques du Celtic Warrior .....	14
Figure 5 : Fiche technique présentant la sonde SAMBAT (NKE) .....	25
Figure 6 : Modèle des Indices biotiques montrant l'importance relative des différents groupes écologiques le long du gradient de perturbations croissantes (Glémarec et Hily, 198 .....	31
Figure 7 : Base écologique de l'indice AMBI (Borja et al., 2000) .....	32
Figure 8: Modèle de dégradation de l'état de santé des communautés benthiques incluant les pourcentages des groupes écologiques et valeur du BENTIX (Simboura & Zenetos, 2002 .....	35
Figure 9 : Exemple de figure de CAH illustrant la similarité entre les stations .....	35
Figure 10 : Recherche de correspondances dans les typologies d'habitats sur le site de l'INPN .....	37
Figure 11 : Exemples de la hiérarchie d'EUNIS et les critères utilisés aux différents niveaux .....	38
Figure 12 : EUNIS - Traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée (2015) .....	38
Figure 13 : Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS (2018) ..	39
Figure 14 : Exemple de fiche d'habitat élémentaire de N2000 .....	40
Figure 15 : Les typologies des biocénoses benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique & de Méditerranée (2015 et 2014) .....	41
Figure 16 : Substances prioritaires retenues au titre de la DCE .....	46
Figure 17 : Fiche de l'Atlas DCE pour la zone d'étude (masse d'eau côtière FRGC06) .....	47
Figure 18 : Plan de positionnement de la station de prélèvement d'eau .....	49
Figure 19 : Résultats des mesures de la température de l'eau .....	49
Figure 20 : Evolution de la conductivité et de la salinité .....	50
Figure 21 : Evolution de la turbidité .....	50
Figure 22 : Evolution de l'oxygène dissous .....	51
Figure 23 : Plan de positionnement des prélèvements sédimentaires et reportés sur fond de carte marine .....	53
Figure 24 : Pourcentages des fractions granulométriques pour les stations de prélèvement .....	54
Figure 25 : Granulométrie brute des échantillons de la zone ST3 .....	55
Figure 26 : Granulométrie brute des échantillons de la zone ST4 .....	56
Figure 27 : Diagramme de Folk pour les stations de l'étude .....	57
Figure 28 : Plan de positionnement des prélèvements du benthos .....	61
Figure 29 : Densité et richesse spécifique des stations .....	62
Figure 30 : Répartition de la richesse spécifique selon le groupe zoologique .....	63
Figure 31 : Répartition de l'abondance selon le groupe zoologique .....	64
Figure 32 : Indices de diversité de Shannon (en haut) et d'Equitabilité (en bas) .....	65
Figure 33 : Modèle DIMO appliqué aux stations .....	66
Figure 34 : Répartition des groupes écologiques sur les stations d'étude et valeur moyenne de l'AMBI .....	67
Figure 35 : Valeur de l'indice AMBI et degré de perturbation .....	68
Figure 36 : Classification Ascendante Hiérarchique illustrant la similarité entre les prélèvements des 40 stations .....	70
Figure 37 : Positionnement des stations vidéo fixes sur les zones ST1 et ST2 .....	77

Figure 38 : Positionnement des stations vidéo complémentaires sur les zones ST3 et ST4 .....	77
Figure 39 : Prises de vues d'espèces extraites des vidéos .....	95
Figure 40 : Résultats graphiques des concentrations de l'Aluminium et du Zinc au sein des biotes ...	96
Figure 41 : Dosages en zinc pour trois mollusques différents lors du suivi ROCCH 2019 en Baie de Saint Brieuc (coques, à gauche ; moules au milieu) et à Jaudy – Le Castel (huître creuse, à droite) (Ifremer, 2020) .....	97
Figure 42 : Classement des masses d'eau (Ifremer, 2011) .....	98
Figure 43 : Classement des masses d'eau (cartograph.eaufrance.fr, 2015) .....	98
Figure 44 : Corallinacées encroûtantes (gauche) ou sous forme libre (droite) (setec in vivo, 2014)....	99
Figure 45 : Distribution des peuplements benthiques des fonds meubles (IFREMER, 1996) .....	100
Figure 46 : Illustration des résultats des prospections (G-Tec, 2013) .....	101
Figure 47 : Pré-cartographie des peuplements benthiques (setec in vivo, 2014) .....	104
Figure 48 : Images associées (In vivo, 2014) à la cartographie sédimentaire (G-Tec, 2013) .....	104
Figure 49 : Cartographie des peuplements benthiques selon la typologie EUNIS (setec in vivo, 2014) .....	105
Figure 50 : Plan de positionnement des prélèvements de 2014 et de 2020 .....	106
Figure 51 : Répartition de la richesse spécifique selon le groupe zoologique en 2014 .....	109
Figure 52 : Répartition de l'abondance selon le groupe zoologique en 2014 .....	109
Figure 53 : Modèle DIMO appliqué aux stations de 2014 et 2020 .....	110
Figure 54 : Synthèse des niveaux de perturbation selon les stations d'étude (setec in vivo, 2014)...	110
Figure 55 : Extraits images des stations vidéo en 2014.....	112

## Photo

Photo 1 : Navire Celtic warrior (STO logistique).....	14
Photo 2 : Benne Day lestée pour l'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques.....	15
Photo 3 : Photos du matériel : benne Day et matériel de tamisage.....	16
Photo 4 : Illustration du conditionnement des prélèvements des échantillons sédimentaires.....	16
Photo 5 : Caractéristiques de l'équipement de prélèvement d'eau (bouteille Niskin).....	17
Photo 6 : Caractéristiques de l'équipement vidéo.....	18
Photo 7 : Prélèvements des espèces durant diverses missions halieutiques.....	19
Photo 8 : Tri, identification et dénombrement au laboratoire des espèces récoltées.....	22
Photo 9 : Illustration du traitement en laboratoire : séchage en étuve et tamisage.....	23
Photo 10 : Illustration de la manipulation de préparation des échantillons de bulots.....	27
Photo 11 : Illustration de la manipulation de préparation des échantillons des coquilles Saint-Jacques.....	28
Photo 12 : Illustration de la manipulation de préparation des échantillons de tacauds.....	28
Photo 13 : Conditionnement et envoi des échantillons des biotes.....	28
Photo 14 : Exemple de capture d'image sur un fond de sable moyens ou à ophiures.....	47

## Tableaux

Tableau 1 : Coordonnées des stations de prélèvements et des vidéos.....	12
Tableau 2 : Caractéristiques de la méthode de prélèvement (analyses biologiques).....	15
Tableau 3 : Caractéristiques de la méthode de prélèvement (analyses sédimentaires).....	16
Tableau 4 : Coordonnées des stations de prélèvements des bulots (juin 2020).....	20
Tableau 5 : Coordonnées des stations de prélèvements des Coquilles Saint-Jacques (octobre 2020).....	20
Tableau 6 : Coordonnées des stations de prélèvements des tacauds (novembre 2020).....	21
Tableau 7 : Equivalence entre les valeurs de l'AMBI et les différents états écologiques de la DCE (Borja et al., 2004).....	32
Tableau 8 : Conditions de références pour le calcul de la valeur de M-AMBI dans les eaux côtières.....	33
Tableau 9 : Synthèse des valeurs de l'EcoQ pour l'indice de Shannon-Weaver (Molvaer et al., 1997), de l'AMBI (Borja et al., 2003) et le M-AMBI (Muxika et al., 2007).....	33
Tableau 10 : Equivalence entre les valeurs du BENTIX et les différents états écologiques de la DCE.....	34
Tableau 11 : Classification granulométrique (d'après Wentworth modifié).....	42
Tableau 12 : Niveaux relatifs aux métaux lourds.....	43
Tableau 13 : Niveaux relatifs aux PCB.....	43
Tableau 14 : Niveaux relatifs aux TBT.....	43
Tableau 15 : Niveaux relatifs aux HAP.....	44
Tableau 16 : Résultats des analyses chimiques de l'eau.....	52
Tableau 17 : Faciès granulométriques des stations de prélèvement.....	53
Tableau 18 : Comparaison des résultats des analyses physico-chimiques avec les seuils N1/N2.....	58
Tableau 19 : Niveaux de dégradation associés à la pollution organique (d'après Alzieu C., 2003).....	59
Tableau 20 : Scores de la pollution organique.....	59
Tableau 21 : Paramètres de richesse spécifique, d'abondance et de densité des espèces sur les stations.....	62
Tableau 22 : Moyennes de la richesse spécifique, de l'abondance et de la densité sur les 8 stations.....	62

Tableau 23 : Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver et de l'Equitabilité.....	65
Tableau 24 : Synthèse de la répartition des espèces selon le groupe écologique et indice biotique AMBI et équivalence avec les statuts écologiques de la DCE.....	68
Tableau 25 : Récapitulatif de la répartition des espèces selon leurs groupes trophiques et indices biotiques BENTIX et équivalences avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ).....	69
Tableau 26 : Listes des espèces caractéristiques au sein des deux groupes de stations identifiés ....	71
Tableau 27 : Tableau récapitulatif des biocénoses de la zone ST3 suivant les typologies .....	75
Tableau 28 : Tableau récapitulatif des biocénoses de la zone ST4 suivant les typologies .....	76
Tableau 29 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST1-100 .....	78
Tableau 30 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST1-200 .....	79
Tableau 31 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST1-400 .....	80
Tableau 32 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST1-600 .....	81
Tableau 33 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST2-100 .....	82
Tableau 34 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST2-200 .....	83
Tableau 35 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST2-400 .....	84
Tableau 36 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST2-600 .....	85
Tableau 37 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST3-100 .....	86
Tableau 38 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST3-200 .....	87
Tableau 39 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST3-400 .....	88
Tableau 40 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST3-600 .....	89
Tableau 41 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST4-100 .....	90
Tableau 42 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST4-200 .....	91
Tableau 43 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST4-400 .....	92
Tableau 44 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST4-600 .....	93
Tableau 45 : Tableau récapitulatif des biocénoses des zones ST1 et ST2 suivant les typologies.....	94
Tableau 46 : Tableau récapitulatif des résultats de dosages de l'Aluminium et du Zinc des échantillons .....	96
Tableau 47 : Synthèse des caractéristiques granulométriques des stations en 2014 et 2020.....	107
Tableau 48 : Paramètres de richesse spécifique et d'abondance des espèces sur les 30 stations d'étude (setec in vivo, 2014) .....	108
Tableau 49 : Récapitulatif de la répartition des espèces selon leurs groupes trophiques et indices biotiques BENTIX et équivalences avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ).....	111
Tableau 50 : récapitulatif des biocénoses benthiques de 2014 et 2020 .....	111
Tableau 51 : Descriptif des analyses vidéo sur les 6 stations inventoriées en 2014 .....	113
Tableau 52 : récapitulatif des biocénoses benthiques de 2014 et 2020 .....	113

## Planches

Planche 1 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST3 – 100.....	55
Planche 2 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST3 – 200 ....	55
Planche 3 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon S3 – 400 .....	55
Planche 4 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST3 – 600 ....	55
Planche 5 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST4 – 100 ....	56
Planche 6 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST4 – 200 ....	56
Planche 7 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST4 – 400 ....	56
Planche 8 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST4 – 600 ....	56

## 1 INTRODUCTION

Le parc éolien en mer de la Baie de Saint-Brieuc, porté par Ailes Marines, a obtenu le 18 avril 2017, de la Préfecture des Côtes-d'Armor, les autorisations administratives suivantes :

Au titre des dispositions des articles L.214-1 et suivants du Code de l'Environnement ; dite «Autorisation Unique IOTA (AU IOTAT)» ;

Au titre des dispositions des articles L.2124-3 et suivants du Code général de la propriété des personnes publiques (CGPPP) ; dite « concession d'utilisation du domaine public maritime ».

Dans le cadre de l'AU-IOTA sont notamment prescrits des suivis de la qualité des eaux (et des masses d'eau), des sédiments et du benthos. Un état de référence de ces compartiments doit être constitué afin de servir d'état zéro au moment de la phase de construction puis lors de l'exploitation du parc éolien.

Le suivi de la dispersion des éléments contenus dans les anodes sacrificielles fait également l'objet d'une étude.

**Le présent document constitue le dossier de l'étude environnementale effectuée sur la zone.**

L'inventaire présenté dans ce rapport permettra :

- de préciser la qualité des eaux (et des masses d'eaux) ;
- de préciser la nature et la qualité des sédiments des fonds sur les zones choisies ;
- de caractériser le benthos et les habitats présents sur les stations ;
- d'attester ou non de la présence d'espèces et d'habitats naturels remarquables ;
- de réaliser un état de référence du site avant le projet.
- de mesurer trois éléments dans les compartiments eau, sédiments et biotes pour le suivi des anodes sacrificielles.

## 2 MATERIELS ET METHODES

L'analyse des échantillons prélevés ainsi que des observations *in situ* doivent permettre de qualifier certaines propriétés de l'eau, des sédiments ainsi que de l'habitat benthique échantillonné.

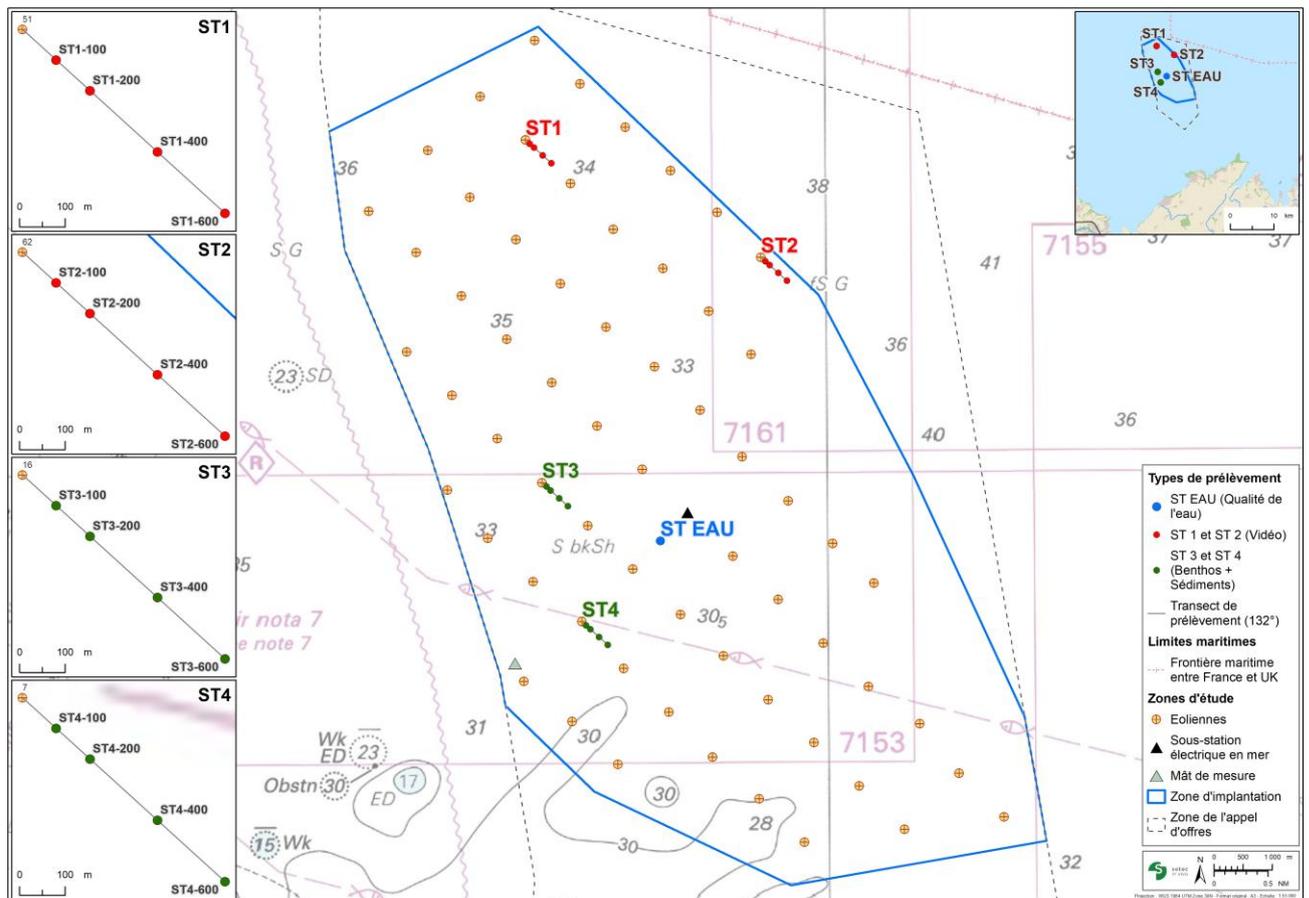
Les échantillons ont été réalisés conformément aux protocoles présentés et validés en Comité de Gestion et de Suivi et font donc l'objet des caractérisations suivantes :

- La qualité de l'eau ;
- Des propriétés physiques, notamment la granulométrie du sédiment et la géochimie ;
- Des peuplements benthiques (analyses faunistiques) ;
- Des dosages d'éléments chimiques dans les eau, sédiments et biotes (suivi anodes sacrificielles).

Les paramètres d'acquisition utilisés durant la campagne de prélèvement (plan de position, date de l'étude, protocoles, etc.), ainsi que les procédures d'analyses des sédiments sont présentés ci-après.

### 2.1 LOCALISATION DES STATIONS DE PRELEVEMENT ET D'ETUDE

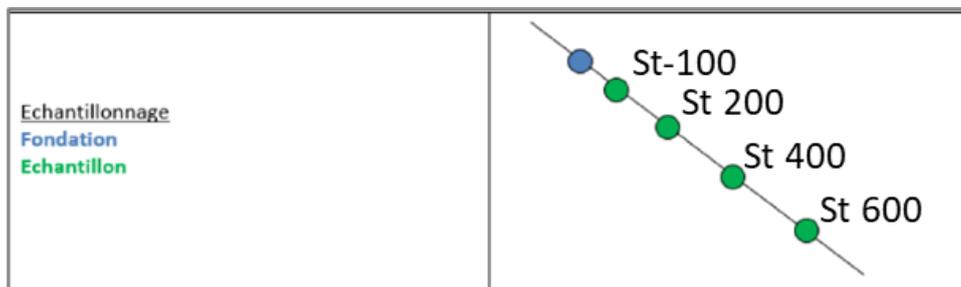
La stratégie d'échantillonnage suivie dans le cadre de cette étude est présentée Figure 1. Les coordonnées de chaque station de prélèvement sont présentées Tableau 1.



Zones	Stations	Moyen de prélèvement	Vidéo	Latitude	Longitude	Profondeur (m)
ST1	ST1-100	-	Vidéo fixe	48° 54.424' N	2° 34.161' O	40,4
	ST1-200	-	Vidéo fixe	48° 54.387' N	2° 34.100' O	40,3
	ST1-400	-	Vidéo fixe	48° 54.314' N	2° 33.980' O	40,3
	ST1-600	-	Vidéo fixe	48° 54.240' N	2° 33.860' O	40,4
ST2	ST2-100	-	Vidéo fixe	48° 53.315' N	2° 30.859' O	41,2
	ST2-200	-	Vidéo fixe	48° 53.278' N	2° 30.798' O	42
	ST2-400	-	Vidéo fixe	48° 53.205' N	2° 30.678' O	41,3
	ST2-600	-	Vidéo fixe	48° 53.131' N	2° 30.558' O	41,3
ST3	ST3-100	Benne Day	Vidéo complémentaire	48° 51.225' N	2° 33.955' O	38,7
	ST3-200	Benne Day	Vidéo complémentaire	48° 51.189' N	2° 33.895' O	39,2
	ST3-400	Benne Day	Vidéo complémentaire	48° 51.115' N	2° 33.775' O	39,6
	ST3-600	Benne Day	Vidéo complémentaire	48° 51.042' N	2° 33.655' O	40,1
ST4	ST4-100	Benne Day	Vidéo complémentaire	48° 49.927' N	2° 33.407' O	39,9
	ST4-200	Benne Day	Vidéo complémentaire	48° 49.890' N	2° 33.347' O	39,2
	ST4-400	Benne Day	Vidéo complémentaire	48° 49.817' N	2° 33.227' O	38,9
	ST4-600	Benne Day	Vidéo complémentaire	48° 49.744' N	2° 33.107' O	38,9
EAU	ST-EAU	Bouteille Niskin	-	48° 50.713' N	2° 32.358' O	40,7

**Tableau 1 : Coordonnées des stations de prélèvements et des vidéos**

L'échantillonnage suivi, pour la macrofaune benthique comme pour les acquisitions vidéos, repose sur la définition de quatre sous-stations, toutes positionnées selon l'axe de courant dominant à des distances graduelles des fondations (i.e. 100, 200, 400 et 600 m). Chaque « station » est donc décrite selon le schéma suivant :



**Figure 2 : Schéma résumant la stratégie d'échantillonnage appliquée dans le cadre du suivi stationnel**

## 2.2 DATE D'INTERVENTION ET CONDITIONS METEOROLOGIQUES

La campagne en mer a été réalisée les 10 et 12 octobre 2020 à bord du bateau le « Celtic Warrior » de la société STO LOGISTIQUE, au départ de St Cast. Les conditions météorologiques étaient plutôt favorables, avec une houle de 1 mètre et du vent.

Initialement prévue en septembre, comme le spécifiait le Comité de Gestion et de Suivi, la mission a été décalée, notamment à cause des conditions météorologiques défavorables comme le montre la figure ci-dessous. Les autres campagnes d'étude mobilisant également le personnel habilité, les dates des 10 et 12 octobre ont permis de réunir toutes les conditions pour un échantillonnage selon les règles de sécurité.

	GFS 13 km	Date	Vitesse du vent (noeuds)												Rafales (noeuds)												Vagues (m)													
			00h	02h	04h	06h	08h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	00h	02h	04h	06h	08h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h	00h	02h	04h	06h	08h	10h	12h	14h	16h	18h	20h	22h		
13 D Aimé	35	42	13.09.2020	2	2	4	4	5	5	6	6	7	8	7	2	3	3	4	5	6	7	8	8	9	7	4	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5			
14 L Croix Glorieux	49	58	14.09.2020	1	5	5	6	5	7	8	7	6	2	3	6	3	6	7	8	7	10	12	10	11	7	5	6	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5		
15 M Roland	87	75	15.09.2020	6	6	6	6	6	4	2	8	9	5	3	2	5	6	6	8	6	5	4	9	10	6	4	3	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3		
16 M Edith	84	91	16.09.2020	2	5	6	6	5	5	6	7	8	9	7	9	3	5	6	7	5	6	7	8	10	11	11	16	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.5		
17 J Renaud	98	104	17.09.2020	10	13	14	12	15	16	16	17	15	20	20	17	18	22	21	20	22	22	21	24	22	26	28	26	0.5	0.7	0.9	0.9	1.1	1.2	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.3	
18 V Nadège	109	112	18.09.2020	15	14	15	13	14	15	16	16	16	17	17	16	25	22	22	19	20	21	21	21	22	26	25	1.3	1.2	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.4	1.2			
19 S Emilie	113	113	19.09.2020	15	10	10	8	7	7	8	3	3	4	3	1	23	15	14	10	9	10	10	3	2	4	3	2	1.2	0.8	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5		
20 D Davy	111	107	20.09.2020	4	4	4	4	6	5	6	7	7	8	7	5	4	5	5	6	8	7	7	8	8	10	8	8	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.6	0.5	0.5	
21 L Mathieu	101	95	21.09.2020	5	5	3	3	1	3	2	6	7	6	5	4	6	7	5	4	3	2	1	6	7	7	6	5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	
22 M Maurice	87	78	22.09.2020	3	3	3	5	9	10	8	6	7	5	4	11	3	3	3	6	13	13	11	9	9	10	12	21	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.4	
23 M Automne	69	60	23.09.2020	15	12	10	12	12	14	13	10	14	14	13	10	24	20	17	19	21	23	17	14	19	19	21	16	0.4	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.7	0.8	0.8	1	1.2	
24 J Thidé	52	45	24.09.2020	13	15	19	19	16	16	17	13	19	21	18	27	21	25	32	30	28	27	23	25	27	28	31	37	1.2	1.1	1.3	1.3	1.4	1.5	1.6	1.8	1.8	2	2.7		
25 V Hermann	40		25.09.2020	24	28	26	24	26	24	24	22	23	22	19	18	34	40	35	33	35	32	29	28	28	26	26	2.7	3.2	3	3	2.8	2.6	2.6	2.4	2.3	2.3	2.1	1.9		
26 S Côte, Damier	39	41	26.09.2020	18	19	16	13	13	13	14	15	18	15	16	15	25	26	24	20	20	16	15	16	18	18	22	21	1.9	1.9	1.7	1.7	1.5	1.4	1.4	1.2	1.2	1.2	1.2		
27 D Vincent de P.	45	51	27.09.2020	16	14	15	18	16	19	19	19	18	18	16	13	20	18	19	22	23	24	23	21	21	22	22	20	1.2	1.2	1.3	1.3	1.4	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.2	
28 L Venosilas	57	63	28.09.2020	13	11	10	11	10	10	9	9	11	10	7	10	19	16	15	16	16	15	13	14	14	15	14	16	1.2	1	0.9	0.9	0.9	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
29 M Mich., Gab., R	68	73	29.09.2020	11	12	12	6	7	6	3	3	5	6	5	3	18	20	18	9	8	7	3	6	6	6	6	3	0.7	0.7	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.6	0.5		
30 M Jérôme	77	81	30.09.2020	4	6	7	12	13	15	18	19	19	24	16	11	4	8	11	22	25	25	27	28	29	34	23	18	0.5	0.5	0.5	0.5	0.6	0.8	0.8	1	1.3	1.3	1.4	1.1	
01 J Thérèse...	84	80	01.10.2020	13	12	15	15	13	13	12	14	14	16	13	15	19	18	22	23	21	18	16	18	18	20	21	24	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1		
02 V Léger	87	88	02.10.2020	22	22	16	35	26	25	26	29	26	22	23	14	32	26	30	41	34	33	32	37	35	31	31	21	1.1	1.1	1.5	1.5	2.4	2	2	1.9	1.7	1.7	1.5	1.2	
03 S Gérard	87	87	03.10.2020	12	11	7	7	25	30	8	6	2	27	26	24	17	14	8	10	32	37	25	12	16	34	35	32	1.2	1	0.9	0.9	1.5	2.1	2.1	1.9	1.8	1.8	2.5	2.5	
04 D François...	85	83	04.10.2020	19	17	14	13	13	14	18	20	20	19	18	19	30	27	23	19	21	22	24	26	29	29	30	32	2.5	2.1	1.6	1.6	1.3	1.3	1.3	1.6	2	2	2.2	2.4	
05 L Fleur	81	78	05.10.2020	21	22	21	19	20	22	21	21	21	18	15	12	32	33	32	30	30	32	31	30	28	25	25	24	2.4	2.6	2.4	2.4	2.2	2.3	2.3	2.4	2.2	2.2	1.8	1.5	
06 M Bruno	74	69	06.10.2020	17	19	16	17	16	18	21	22	21	21	19	18	29	27	28	27	28	29	31	31	32	31	31	31	1.5	1.5	1.6	1.6	1.7	1.9	1.9	2.1	2.3	2.3	2.3	2.2	
07 M Serge	65	59	07.10.2020	18	16	14	13	14	14	13	11	11	12	11	12	30	26	24	22	23	21	17	15	15	18	22	22	2.2	2	1.7	1.7	1.5	1.4	1.4	1.2	1.1	1.1	1	1	
08 J Pélagie	54	48	08.10.2020	13	13	14	16	16	17	17	16	17	13	8	8	23	25	28	29	28	29	26	28	25	22	14	12	1	1	1.1	1.1	1.2	1.3	1.3	1.4	1.4	1.4	1.2	1	
09 V Denis	43	37	09.10.2020	8	6	7	8	8	9	10	11	14	13	13	12	10	8	9	10	11	12	11	13	15	18	21	19	1	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.8	0.8	0.8	0.9	1	1	
10 S Ghislain	33	31	10.10.2020	13	11	11	11	9	11	13	14	15	15	14	14	20	18	16	15	12	16	15	16	17	20	21	21	1	1	1	1	0.9	0.9	1	1.1	1.1	1.1	1.2	1.2	1.2
11 D Firmin	32		11.10.2020	14	13	12	12	14	14	16	15	15	13	10	6	21	21	20	19	21	19	18	17	17	16	14	10	1.2	1.2	1.2	1.2	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	1.1	0.9	0.8	
12 L Wilfried	38	43	12.10.2020	5	4	7	9	9	7	9	10	15	16	13	15	7	5	6	9	9	9	14	17	23	23	20	23	0.8	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.5	0.6	0.6	0.8	1.1	1	
13 M Gérard	51	60	13.10.2020	16	16	15	14	17	17	16	16	15	14	10	12	23	21	21	21	24	22	21	19	18	18	16	17	1.1	1.2	1.2	1.2	1.4	1.5	1.4	1.2	1.2	1.1	1	1	
14 M Juste	70	79	14.10.2020	10	8	7	9	4	11	10	10	14	15	15	15	15	9	9	11	7	13	14	13	16	19	19	20	1	0.9	0.9	0.9	0.8	0.8	0.8	0.8	0.9	0.9	1	1	
15 J Thérèse...	88	90	15.10.2020	15	11	12	12	14	14	15	15	15	13	13	12	19	15	13	14	18	18	17	17	18	16	17	16	1	1	0.9	0.9	1	1	1	1	0.9	0.9	0.8	0.7	
16 V Edouge	103	108	16.10.2020	8	9	9	9	7	7	8	6	5	5	4	9	9	9	9	7	7	9	7	6	7	6	5	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.5	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4		
17 S Baudouin	112	115	17.10.2020	8	6	6	6	6	7	8	8	5	3	3	3	6	8	7	8	7	10	9	9	7	5	4	4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.2	
18 D Luo	115	114	18.10.2020	5	5	6	5	5	5	5	5	4	6	6	4	6	7	6	6	6	7	6	7	6	7	5	7	7	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.2	

Figure 3 : Conditions météorologiques en mer en septembre et octobre 2020 à Saint-Brieuc

### 2.3 MOYENS NAUTIQUES

Afin de réaliser la mission, un moyen nautique a été proposé par setec in vivo : le « Celtic Warrior » de la société « STO LOGISTIQUE », ce bateau battant pavillon français.

L'ensemble des opérations a été effectué par des marins français, sous la responsabilité d'une équipe scientifique et d'un chef de mission de setec in vivo.

Le navire, le navire Celtic Warrior (figure suivante) est adapté pour les suivis demandés.



Photo 1: Navire Celtic warrior (STO logistique)

Les caractéristiques du bateau sont les suivantes :

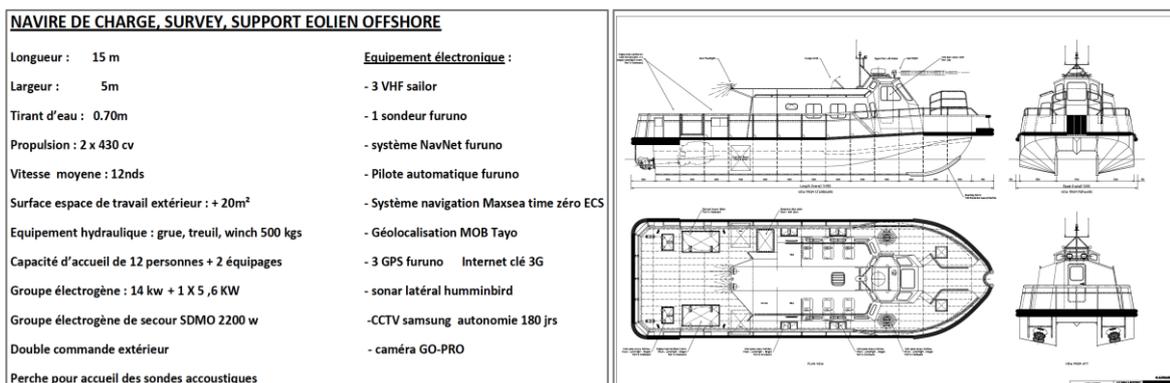


Figure 4 : Caractéristiques du Celtic Warrior

## 2.4 METHODE DE PRELEVEMENT DES ECHANTILLONS

Le protocole de prélèvements est issu du document de référence de la DCE<sup>1</sup> (2014) qui s'appuie lui-même sur les documents du REBENT<sup>2</sup> et de la norme NF EN ISO 16665<sup>3</sup>.

### 2.4.1 Acquisition des données faunistiques

Les prélèvements sur les quatre sous-stations de chacune des zones ST3 et ST4 ont été réalisés au moyen d'une benne Day type Van Veen, dont la surface unitaire est égale à 0.1 m<sup>2</sup>. La benne de prélèvement est lestée afin d'optimiser son pouvoir de pénétration dans le sédiment (100 kg). La qualité du prélèvement de chaque benne a été évaluée. En effet, selon la Directive Cadre Environnement (DCE), un prélèvement est correct si la benne contient au moins cinq (5) litres de sédiment de sable ou dix (10) litres de vase.



**Photo 2 : Benne Day lestée pour l'échantillonnage des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux**

Les bennes normées permettent la répliquabilité de la méthode dans l'espace et dans le temps. Cela confère à cette méthode un intérêt tout particulier dans le cadre de comparaison de données dans le temps pour un suivi environnemental. Les données récoltées peuvent ainsi être comparées entre elles, avec les données de l'état initial ou avec les données temporelles issues de campagnes précédentes ou de la bibliographie.

A chaque sous-station, cinq (5) prélèvements dédiés à l'analyse de la faune benthique ont été effectués, soit une surface totale de 0.5 m<sup>2</sup>.

Engins	Nombre de prélèvements par station	Surface unitaire	Surface totale	Profondeur de pénétration
Benne Day	5	0,1 m <sup>2</sup>	0,5 m <sup>2</sup>	15 à 20 cm

**Tableau 2 : Caractéristiques de la méthode de prélèvement (analyses biologiques)**

<sup>1</sup> Garcia A., Desroy N., Le Mao P., Miossec L. – Protocole de suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux et intertidaux dans le cadre de la DCE. Façades Manche et Atlantique – Rapport AQUAREF 2014 – 13 p. + Annexes

<sup>2</sup> Hily. C. et Grall. J. 2003. Fiche Technique REBENT 01 - Echantillonnage quantitatif des biocénoses subtidales de substrats meubles.

<sup>3</sup> Norme NF EN ISO 16665. 2014. Qualité de l'eau - Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles.

L'échantillon récolté a été tamisé directement sur le pont du bateau sur un tamis de maille carrée de 1 mm. Cette taille permet de ne sélectionner que la macrofaune du sédiment (conformément à la norme ISO 16665 et aux protocoles REBENT et DCE). Les organismes vivants et le refus minéral du tamis ont été ensuite récupérés puis conservés dans l'alcool (Ethanol) à 90°. L'échantillon constitué a fait l'objet d'un codage immédiat pour éviter tout mélange ou perte d'informations.



**Photo 3 : Photos du matériel : benne Day et matériel de tamisage**

### 2.4.2 Acquisition des données sédimentaires

Les échantillons destinés à l'analyse des paramètres sédimentaires (granulométrie et géochimie) ont fait l'objet de prélèvements complémentaires et indépendants de ceux destinés à l'étude de la macrofaune. Ces derniers prélevés à la benne Day, ont été conservés dans des contenants étanches étiquetés avec un étiquetage jusqu'à leurs analyses en laboratoire.



**Photo 4 : Illustration du conditionnement des prélèvements des échantillons sédimentaires**

Engins	Nombre de prélèvements par station	Surface unitaire	Surface totale	Profondeur de pénétration
Benne Day	1	0,1 m <sup>2</sup>	0,1 m <sup>2</sup>	20 à 30 cm

**Tableau 3 : Caractéristiques de la méthode de prélèvement (analyses sédimentaires)**

### 2.4.3 Acquisition des données de qualité de l'eau

Une seule station, située au centre du périmètre d'implantation du parc éolien, a été définie pour la caractérisation de la qualité de l'eau. Au droit de ce point, l'eau de mer a été échantillonnée à mi-profondeur à l'aide d'une bouteille de prélèvements Niskin, fixée sur un bout gradué et lesté (photos).

Une fois remontée de son immersion, la bouteille a été installée verticalement puis les flacons de la station ont été remplis.



**Photo 5 : Caractéristiques de l'équipement de prélèvement d'eau (bouteille Niskin)**

Toutes les manipulations nécessaires ont été réalisées en suivant toutes les consignes données par le laboratoire et toutes les règles de bonnes pratiques d'échantillonnage et de conditionnement pour garantir l'intégrité des échantillons (application des normes et des guides en vigueur : circulaire du 14 juin 2000 et les normes ISO 5667-19 relatives à la qualité de l'eau).

La conservation des échantillons à des températures froides est une condition essentielle à la réussite de cette campagne de prélèvements (conservation des échantillons recommandée à 3°C). Ainsi, l'équipe terrain s'est assurée de disposer de suffisamment de pains de glace pour conserver les échantillons au froid lors de leurs prélèvements ainsi que pour l'envoi, ensuite, des échantillons en glacières au laboratoire d'analyses.

#### 2.4.4 Acquisition des données vidéo

Les enregistrements de séquences vidéos ont été réalisés sur les points définis dans le plan d'échantillonnage. Une caméra Go-Pro et un éclairage (décentré pour limiter les phénomènes de surbrillance), ont été fixés sur un support dédié et lesté.

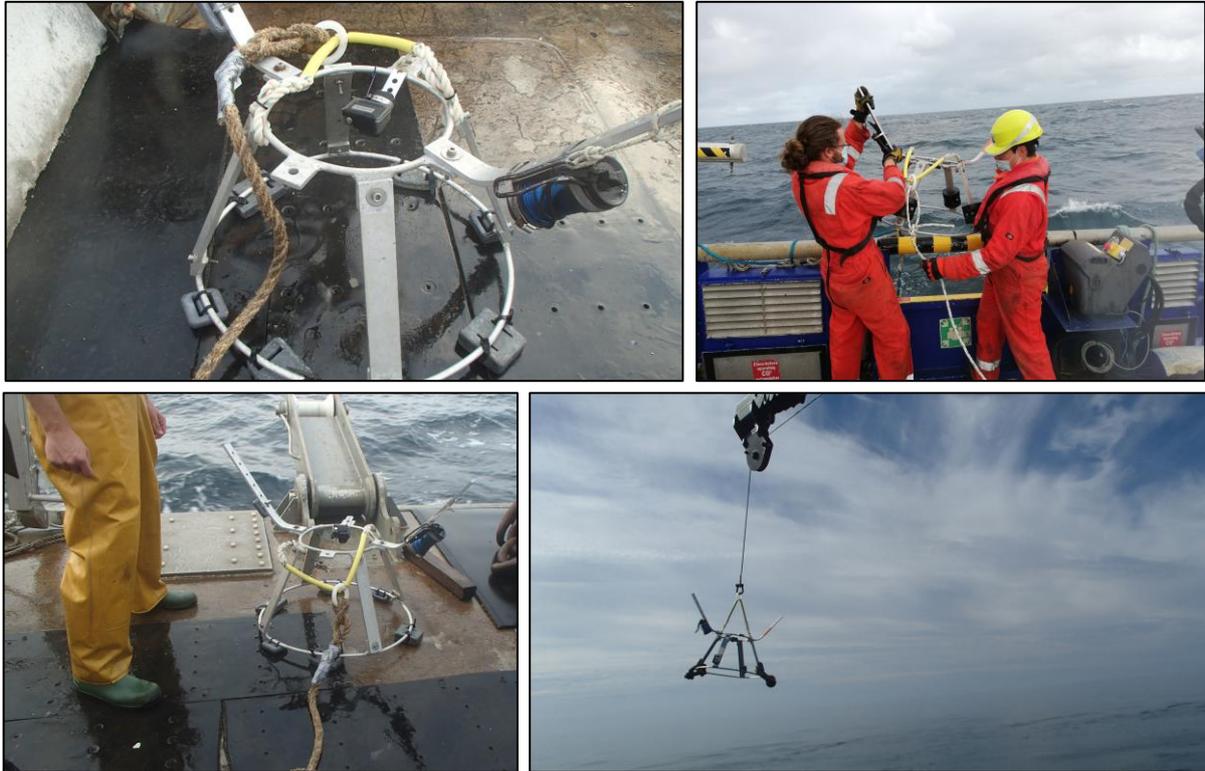


Photo 6 : Caractéristiques de l'équipement vidéo

#### 2.4.5 Acquisition des données biologiques pour le suivi des anodes sacrificielles

L'anode sacrificielle est constituée d'un métal ayant un potentiel électrique plus électronégatif que celui du métal à protéger. Se faisant elle se substitue aux éléments métalliques à protéger en étant ciblée par la corrosion, ce procédé électrochimique qui s'attaque naturellement aux métaux les plus actifs électriquement.

Ce principe de protection cathodique, par l'utilisation d'anodes sacrificielles, est une technique largement répandue depuis les années 1960 pour la construction (pieux et palplanches portuaires, piliers de ponts), le nautisme (coque des navires, arbre d'hélice) et d'une façon très générale pour toutes installations immergées (plateformes offshore, EMR, etc.). L'oxydation des anodes permet de maîtriser la corrosion des matériaux métalliques et pérennise ainsi la structure en assurant son intégrité sur toute la durée de vie de l'ouvrage.

Les objectifs des suivis sont les suivants :

- 1) Mesurer, quantifier et suivre les concentrations en **aluminium (Al)**, **zinc (Zn)** et **indium (In)** (principaux composants des anodes sacrificielles) dans l'eau de mer et les sédiments marins. Mettre en place un système de surveillance autour de points de mesures fixes représentatifs du milieu physique environnant.
- 2) Porter une vigilance toute particulière au phénomène de bioaccumulation que cette libération d'éléments métalliques dans le milieu pourrait engendrer au sein de l'écosystème local. Mettre en place

les moyens de surveillance adaptés autour d'espèces sentinelles, apparaissant comme des « traceurs » potentiels.

Les espèces suivies dans le cadre de cette surveillance sont :

- **Le bulot** (*Buccinum undatum*), gastéropode nécrophage. Ce mollusque est en contact permanent avec les sédiments sur lequel il se déplace. Sa nourriture est composée de cadavres de poissons et de crabes. Ce régime alimentaire associé à son mode de vie, sa croissance lente et sa capacité de déplacement réduite en font un candidat d'intérêt.
  
- **La coquille Saint-Jacques** (*Pecten maximus*), bivalve filtreur. La coquille inhale et exhale de l'eau de mer en permanence d'abord pour s'oxygéner, mais aussi pour capter sa nourriture. Elle s'alimente ainsi de microalgues qui se développent dans la colonne d'eau (phytoplancton) et à l'interface eau/sédiments (microphytobenthos). Espèce emblématique et consommée, la coquille Saint-Jacques est aussi par son mode de vie un excellent capteur de polluants.
  
- **Le tacaud commun** (*Trisopterus luscus*), poisson prédateur. Espèce de faible intérêt commercial qui néanmoins rassemble des critères intéressants puisque ce poisson est benthique, sédentaire et présente un régime alimentaire varié couvrant un large panel de proies potentielles (petits crustacés, vers annélides, alevins, etc.). Il permettra ainsi de compléter à bon escient le spectre des cas de figure testés en apportant ici l'analyse d'un consommateur secondaire, animal de rang trophique plus élevé plus enclin au phénomène de bioamplification.



**Photo 7 : Prélèvements des espèces durant diverses missions halieutiques**

Les échantillons ont été collectés durant diverses campagnes de pêches expérimentales (« casiers à bulots » pour les bulots, « drague anglaise » pour les coquilles Saint-Jacques et « chalut canadien » pour les tacauds) qui s'organisent chaque année dans le cadre de suivis halieutiques.

Il a été constitué pour chaque espèce, 1 lot d'individus de même âge ou appartenant à la même classe de taille. Les échantillons ont été prélevés dans la zone du parc, avec une attention particulière à la localisation précise des points de collecte.

Les tableaux ci-dessous reprennent les coordonnées GPS des prélèvements des biotes lors des missions de pêches expérimentales :

	Stations	coordonnées de pose des engins	
		Lat. Filage	Long. Filage
<b>Pose J1 - Relève J2 (10 et 11 juin 2020)</b>	10	48°50,801' N	02°30,495' W
	9	48°52,520' N	02°33,604 W
	5	48°54,120' N	02°36,180' W
	2	48°55,640' N	02°37,630' W
	8	48°53,008' N	02°50,705' W
	6	48°54,056' N	02°28,277' W
	7	48°54,009' N	02°25,375' W
	1	48°56,096' N	02°39,670' W
	4	48°54,400' N	02°32,550' W
<b>Pose J2 - Relève J3 (11 et 12 avril 2020)</b>	3	48°55,340' N	02°30,570' W
	18	48°46,580' N	02°30,770' W
	17	48°46,900' N	02°34,350' W
	16	48°46,560' N	02°37,040' W
	12	48°49,320' N	02°35,560' W
	13	48°48,750' N	02°37,920' W
	15	48°46,810' N	02°41,440' W
	11	48°50,989' N	02°32,860' W
	14	Filières non déployées (matériel perdu en J1)	
19			
20			

**Tableau 4 : Coordonnées des stations de prélèvements des bulots (juin 2020)**

N° station	Distance de traîne	Heure	départ		fin		N° station	Distance de traîne	Heure	départ		fin	
			Lat	Long	Lat	Long				Lat	Long		
C16	100	9h22	48°43,380 N	02°40,961 W	48°43,429 N	02°40,877 W	R10	400	10h13	48°48,847 N	02°40,152 W	48°48,652 N	02°39,969 W
C09	100	10h42	48°44,253 N	02°40,596 W	48°44,309 N	02°40,637 W	R09	400	11h20	48°49,791 N	02°37,219 W	48°49,575 N	02°37,073 W
C03	100	11h58	48°48,561 N	02°28,793 W	48°48,494 N	02°28,668 W	R11	400	12h23	48°48,146 N	02°34,673 W	48°48,005 N	02°34,387 W
C05	100	13h05	48°46,520 N	02°26,448 W	48°46,458 N	02°26,378 W	C04	400	13h32	48°47,034 N	02°32,278 W	48°47,189 N	02°32,576 W
C15	200	13h51	48°43,257 N	02°29,494 W	48°43,176 N	02°29,360 W	C02	400	15h01	48°49,843 N	02°25,300 W	48°50,022 N	02°25,525 W
C14	200	14h19	48°43,502 N	02°31,588 W	48°43,451 N	02°31,438 W	C01	400	15h47	48°51,236 N	02°22,334 W	48°51,402 N	02°22,575 W
C13	200	14h54	48°43,715 N	02°33,971 W	48°43,650 N	02°33,815 W	R03	400	16h46	48°54,365 N	02°24,099 W	48°54,551 N	02°24,432 W
C12	200	15h29	48°43,757 N	02°34,721 W	48°43,715 N	02°34,577 W	Les deux dragues se sont crochées ; Trait invalide						
C11	200	15h42	48°43,902 N	02°35,641 W	48°43,860 N	02°35,484 W	R05	Non échantillonnée car danger -> courant + profondeur + drague à l'arrière R03 ; sera possible par coeff de 40)					
C06	200	16h10	48°46,051 N	02°34,399 W	48°46,100 N	02°34,246 W	R06	400	18h06	48°51,843 N	02°29,812 W	48°51,984 N	02°30,099 W
C07	100	16h46	48°46,069 N	02°34,324 W	48°46,019 N	02°34,271 W	R08	400	18h47	48°49,753 N	02°30,457 W	48°49,938 N	02°30,681 W
			48°45,047 N	02°36,679 W	48°45,008 N	02°36,607 W	R07	400	19h30	48°51,207 N	02°32,162 W	48°51,472 N	02°32,249 W
C10	200	17h01	48°44,027 N	02°37,237 W	48°43,989 N	02°37,068 W	R02	400	20h17	48°54,151 N	02°31,853 W	48°54,025 N	02°32,175 W
							R04	400	21h00	48°53,071 N	02°34,606 W	48°55,052 N	02°37,492 W
							R01	400	21h45	48°53,205 N	02°34,778 W	48°53,009 N	02°34,649 W

**Tableau 5 : Coordonnées des stations de prélèvements des Coquilles Saint-Jacques (octobre 2020)**

	ID stations	heure debut	Heure fin	Coordonnées début/fin			
				Long. Filage	Lat. Filage	Long. Virage	Lat. Virage
JOUR 2 (09/11)	33	18:15	18:35	48°44,38' N	02°28,08' W	48°43,81' N	02°27,24' W
	28	19:00	19:20	48°45,10' N	02°25,40' W	48°44,63' N	02°24,46' W
	21	19:40	20:00	48°46,04' N	02°23,70' W	48°45,55' N	02°22,74' W
	7	20:35	20:55	48°48,87' N	02°21,27' W	48°49,49' N	02°22,09' W
	20	21:40	22:00	48°47,24' N	02°25,38' W	48°47,78' N	02°26,22' W
	27	22:25	22:45	48°46,60' N	02°27,52' W	48°47,11' N	02°28,36' W
	26	23:00	23:20	48°47,87' N	02°29,57' W	48°48,46' N	02°30,42' W
	29	23:40	00:00	48°48,09' N	02°31,53' W	48°48,62' N	02°32,30' W
	14	00:35	00:55	48°50,30' N	02°27,34' W	48°50,88' N	02°28,19' W
	25	01:30	01:50	48°49,52' N	02°31,97' W	48°50,12' N	02°33,03' W
	31	02:20	02:40	48°49,64' N	02°36,74' W	48°50,26' N	02°37,68' W
	30	03:15	03:35	48°52,46' N	02°41,47' W	48°51,87' N	02°40,60' W
34	04:05	04:25	48°49,72' N	02°40,40' W	48°49,19' N	02°39,50' W	
JOUR 3 (10/11)	22	21:10	21:30	48°55,42' N	02°41,42' W	48°54,96' N	02°40,62' W
	1	22:30	22:50:00	48°54,80' N	02°37,28' W	48°55,34' N	02°38,10' W
	24	23:35	23:55	48°51,10' N	02°34,55' W	48°51,58' N	02°35,29' W

**Tableau 6 : Coordonnées des stations de prélèvements des tacauds (novembre 2020)**

L'effort d'échantillonnage ciblant une seule classe d'individus est pertinent parce qu'il permet de constituer des échantillons homogènes, la taille et l'âge des animaux pouvant influencer les niveaux de concentration interne.

Lors de chaque mission, les individus collectés ont ensuite été immédiatement conditionnés en glacière et stockés au frais en attendant le retour à terre des équipes. De retour au laboratoire, ils ont été congelés en attendant la phase suivante du protocole.

## 2.5 TRAITEMENTS DES ECHANTILLONS

Le protocole de traitement des échantillons est issu du document de référence de la DCE (2014) qui s'appuie lui-même sur les documents du REBENT et de la norme NF EN ISO 16665.

### 2.5.1 Échantillons faunistiques

#### 2.5.1.1 Rinçage

Au laboratoire, chaque échantillon conservé dans l'éthanol a été rincé à l'eau douce. Les refus d'éthanol ont été filtrés et récupérés dans des bidons spécifiques et seront retraités par une entreprise spécialisée.

### 2.5.1.2 Tri

Chaque échantillon a été trié à l'aide de pinces sous hotte aspirante afin de sélectionner la faune parmi les débris et particules sédimentaires (éventuellement végétales). Les organismes récoltés ont été subdivisés selon leur embranchement (Annelida, Echinodermata, Arthropoda, Mollusca, etc.) et conservés dans des piluliers contenant de l'éthanol à 70°.

Lorsque le refus de tamis est important et présente une variabilité de sédiments, il peut être utile de fractionner l'échantillon en plusieurs fractions (tamis de 1, 2 ou 5 mm) afin d'optimiser le tri.

### 2.5.1.3 Identification spécifique

Les organismes ont été identifiés sous loupe binoculaire et/ou microscope dans notre laboratoire de La Forêt-Fouesnant, jusqu'à l'espèce ou, lorsque ce n'était pas possible (animaux abimés lors des prélèvements ou de la conservation), à un rang taxonomique le plus précis possible.

Des exceptions peuvent être faites pour les individus des groupes suivants : Echiura, Hemichordata, Hydrozoa, Insecta, Nemertea, Oligochaeta, Phoronida, Platyhelminthes et Priapulida.

La liste bibliographique des ouvrages et documents utilisés pour la détermination est citée en fin du rapport. La validité de chaque nom d'espèce a été vérifiée sur le World Register of Marine Species (WoRMS) ou TAXREF.

### 2.5.1.4 Dénombrement

En règle générale, le dénombrement se fait sur le comptage des têtes, de la partie postérieure de l'animal si l'identification se base sur cette portion de l'individu, ou des disques centraux pour les échinodermes.

Si la tête est manquante, mais que la présence de plusieurs parties de l'animal autorisant l'identification est observée sans toutefois permettre un dénombrement, l'individu est alors comptabilisé pour signaler sa présence.



**Photo 8 : Tri, identification et dénombrement au laboratoire des espèces récoltées**

## 2.5.2 Echantillons sédimentaires

### 2.5.2.1 Granulométrie

La granulométrie est la mesure de la taille des grains d'un sédiment et l'étude de leur répartition au sein de l'échantillon selon des intervalles prédéfinis. Les résultats d'analyse permettent de déduire les principaux indices granulométriques caractérisant le sédiment (mode, médiane, indices de répartition).

#### Lavage avec élimination de la fraction de pélites et séchage

Dans un premier temps, l'échantillon brut est photographié. Lorsque l'échantillon est strictement sableux (dépourvu de fraction fine), le sédiment est directement rincé à l'eau douce et mis à l'étuve pour séchage à 60°C durant 48 h.

Si l'échantillon est vaseux, il est tamisé sous eau sur un tamis de vide de maille de 63 µm afin de recueillir la fraction fine qui est mise à décanter et qui, si elle n'était pas séparée de l'échantillon, formerait des agglomérats et ne pourrait être quantifiée. Au bout de 24 h, une fois le sédiment décanté, l'eau est siphonnée avec précaution. Après cette étape, le passant et le refus de tamis sont tous deux mis à l'étuve à 60°C pendant 48 h.

#### Tamisage

Après séchage, l'échantillon est tamisé sur colonne de tamis. Les tamis que nous utilisons sont les suivants :

*63 µm, 125 µm, 250 µm, 315 µm, 500 µm, 1 mm, 1.25 mm, 2 mm, 4 mm, 5 mm, 6.3 mm, et 10 mm.*

La tamiseuse est programmée pour 10 à 15 minutes de vibrations à une fréquence de 2000 vibrations/sec.

#### Pesées

Chaque refus de tamis, correspondant à une fraction granulométrique, est vidé au mieux avec un pinceau doux sans forcer sur le maillage, dans un petit récipient.

La fraction est pesée dans le récipient (dont le poids a été retranché au préalable), à température ambiante au centième de gramme à l'aide de balances de précision. Les résultats sont alors reportés immédiatement dans le calepin de laboratoire prévu à cet effet.

Enfin, la fraction granulométrique est photographiée avec une étiquette d'identification et est conservée dans un petit sachet plastique avec le reste de l'échantillon.



**Photo 9 : Illustration du traitement en laboratoire : séchage en étuve et tamisage**

#### 2.5.2.2 Géochimie

Afin d'identifier les risques environnementaux liés au dragage, La Direction des Ports et de la Navigation Maritime a créé, en décembre 1990, un groupe de travail dénommé Géode (Groupe d'Etude et d'Observation sur le Dragage et l'Environnement).

Les travaux de ce groupe de travail ont vu naître des textes réglementaires et notamment l'arrêté du 14 juin 2001 relatif « aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuariens présents en milieu naturel ou portuaire » auquel est associée une circulaire et des instructions techniques. Cet arrêté présente notamment des seuils de contamination des sédiments N1 et N2.

Le traitement et l'analyse des échantillons ont été confiés au laboratoire EUROFINS.

### 2.5.3 Echantillons d'eau

Le suivi de l'eau est composé de la mesure des paramètres physico-chimiques en utilisant deux modes d'échantillonnage : une bouteille NISKIN (prélèvements dédiés aux analyses en laboratoire) et une sonde multi-paramètres (mesures *in situ*).

Sur le point de prélèvement, la sonde multi-paramètres de modèle Sambat (fiche technique présentée Figure 5) a été déployée. Cette sonde, étalonnée préalablement à chaque campagne (métrologie), permet l'enregistrement des paramètres suivants :

- Profondeur (m),
- Température (°C),
- Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) / Salinité (‰),
- Turbidité ;
- Concentration oxygène dissous (mg/L).

Le paramétrage de la sonde permet l'enregistrement de ces paramètres en continu. Pour chaque station de prélèvement, la mesure est alors effectuée par un double profil ascendant et descendant parcourant l'ensemble de la colonne d'eau (surface/fond/surface). La sonde est lestée afin d'assurer la plus grande verticalité des mesures puis descendue jusqu'à la proximité du fond avant d'être remontée en surface. La vitesse de descente et de remontée est la plus constante possible et inférieure à 1m/s. Cet enregistrement permet de restituer les profils verticaux de chacun des paramètres enregistrés et peut être utile pour justifier de l'homogénéité de la colonne d'eau au moment de son échantillonnage.

Sondes

## Sonde multiparamètres **SAMBAT**

Surveillance du milieu aquatique Fabrication en série




Paramètres physico-chimiques		Caractéristiques techniques	
<b>Profondeur (D)</b>	0 à 20 m	Exactitude	< 0,06 m
<b>Température (T)</b>	-5°C à +35°C		< 50m°C
<b>Conductivité (C)</b>	0 à 70 mS/cm		< 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	0 à 10 mS/cm		< 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$
<b>Salinité</b>	0 à 2 mS/cm		< 20 $\mu\text{S}/\text{cm}$
	2 - 42 PSU		< 0,1 PSU
	0 - 4,6 PSU		< 0,1 PSU
	0 - 0,83 PSU		< 0,05 PSU
<b>Turbidité (Tbd)</b>	0 à 100 NTU		
Capteur Sonde Turner Designs CYCLOPS-7*	100 à 1000 NTU	Linéarité	< 0,05 NTU
	1000 à 3000 NTU	0,99 r2	
<b>Oxygène dissous (DO)</b>	Concentration 0 à 20 mg/l		$\pm 0,1$ mg/l
	Saturation 0 à 200%		$\pm 1\%$
<b>Fluorescence (Fluo) Chlorophylle A</b>	0 - 500 $\mu\text{g}/\text{L}$	Linéarité	< 0,008 $\mu\text{g}/\text{L}$
	0 - 50 $\mu\text{g}/\text{L}$	0,99 r2	< 0,0008 $\mu\text{g}/\text{L}$
	0 - 5 $\mu\text{g}/\text{L}$		< 0,00008 $\mu\text{g}/\text{L}$
<b>Fluorescence (Fluo) Phycochlorine</b>	0 - 2 000 000 $\mu\text{g}/\text{L}$	Linéarité	< 31 cellules / mL
	0 - 200 000 $\mu\text{g}/\text{L}$	0,99 r2	< 3 cellules / mL
	0 - 20 000 $\mu\text{g}/\text{L}$		< 0,3 cellules / mL
<b>pH (pH)</b> capteur PONSEL PHENT	Gamme 0 à 14 pH / Précision $\pm 0,1$ pH / Résolution 0,0003 pH		
<b>Datation des mesures</b>	Horloge interne avec calendrier (dérive horloge < 1 mn/mois)		
<b>Caractéristiques mécaniques</b>	SAMBAT	$\varnothing 11\text{cm}$ / longueur 42,5 cm / poids 3,6 kg	
	Bouée équipée	Dimensions hors tout : $\varnothing 29\text{cm}$ / longueur 175 cm / poids 11 kg	

\*spécifié pour une solution de référence AMCO CLEAR TURBIDITY

**Exemples d'utilisation de la SAMBAT :**

- Contrôle de la qualité de l'eau
- Surveillance de l'environnement
- Suivi des travaux de génie civil






Service commercial  
Tél : +33 (0)2 97 36 41 31 - Fax : +33 (0)2 97 36 55 17  
info.instrumentation@nke.fr  
www.nke-instrumentation.com



Figure 5 : Fiche technique présentant la sonde SAMBAT (NKE)

Les paramètres suivants, prescrits par l'arrêté préfectoral, ont été analysés par le laboratoire :

- pH
- Conductivité ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ),
- Matière en suspension (MES, mg/l),
- Hydrocarbures C10-C40,
- Métaux lourds,
- Azote,
- Phosphore,
- Matières inhibitrices,
- Organohalogénés absorbables dissous,
- COT

Le laboratoire a eu également en charge l'analyse des paramètres des annexes 4 et 5 de la DCE (41 substances) visant à mesurer la qualité de la masse d'eau. A noter cependant qu'à ce stade, nous n'avons pas encore trouvé de solutions pour le dosage de deux de ces molécules (i.e. hexachlorobutadiène et hexachlorocyclohexane).

Les résultats d'analyses seront interprétés en comparaison des profils obtenus au moyen de la sonde CTD et au regard des normes fixées par la DCE.

#### 2.5.4 Echantillons biologiques pour le suivi des anodes sacrificielles

Les individus collectés ont été congelés immédiatement après les missions.

La teneur en contaminants d'un organisme est rarement homogène entre tous ses organes et souvent des facteurs de concentration (x10 à x100) sont observés entre ceux les plus exposés (foie, rein, glande digestive) et les tissus musculaires, souvent plus intégrateurs (cf. travaux menés par l'IFREMER sur les coquilles Saint-Jacques par Alzieu en 1981<sup>4</sup> et par Chiffolleau et al. en 2010<sup>5</sup> ; ou ceux réalisés par le GIP Seine Aval sur le Flet<sup>6</sup>). Pour tenir compte de cette hétérogénéité et obtenir un niveau de détail suffisant, les échantillons collectés ont été préparés en laboratoire (setec in vivo) au travers la dissection des individus.

Pour chacun des lots, 2 échantillons ont été constitués par la mise en commun respectivement des muscles (coquilles Saint-Jacques), des pieds (bulot), ou de la chair (tacaud) d'une part et des glandes digestives (coquilles Saint-Jacques), du complexe glande digestive/gonade (bulot) et du foie (tacaud) d'autre part.

Ces échantillons ont ensuite été transmis au laboratoire d'analyses accrédité EUROFINS, où ils ont été homogénéisés, pesés, avant d'être lyophilisés pour permettre un dosage des concentrations en Aluminium (Al), Zinc (Zn) et Indium (In).



**Photo 10 : Illustration de la manipulation de préparation des échantillons de bulots**

<sup>4</sup> Alzieu, C. (1981). La coquille Saint-Jacques *Pecten maximus*, témoin de contamination des eaux littorales par les polychlorobiphényles.

<sup>5</sup> Chiffolleau, J. F., Croche, S., Rozuel, E., & Claisse, D. (2010). Study of scallop's contamination (scallop *Pecten maximus* and scallops) with cadmium, mercury and lead in some areas of French fishing. Ifremer, Plouzane(France).

<sup>6</sup> <https://www.seine-aval.fr/projet/hqfish/>



**Photo 11 : Illustration de la manipulation de préparation des échantillons des coquilles Saint-Jacques**



**Photo 12 : Illustration de la manipulation de préparation des échantillons de tacauds**



**Photo 13 : Conditionnement et envoi des échantillons des biotes**

## 2.6 ANALYSE DES DONNEES

### 2.6.1 Analyses faunistiques

L'exploitation des données benthiques acquises au cours de l'étude s'appuie sur :

- La structure des peuplements (abondance, densité, richesse spécifique selon les groupes zoologiques) ;
- La caractérisation des peuplements (indices de diversité, etc.) ;
- La caractérisation de l'état général de ces peuplements et de leur sensibilité dans le temps.

#### 2.6.1.1 Richesse spécifique (S) et Abondance (A)

La richesse spécifique se définit comme le nombre d'espèces recensées à une échelle d'espace déterminée (Frontier et Pichot-Viale, 1998). Dans le cas présent, elle correspond au nombre d'espèces récoltées dans chaque station par cumul des espèces recensées dans les réplicats de chaque station.

L'abondance correspond au nombre d'individus recensés par unité de surface déterminée (ici pour 0.5 m<sup>2</sup>). On parle alors de densité, qui s'exprime par unité de surface de 1 m<sup>2</sup>.

#### 2.6.1.2 Indices de diversité

##### Indice de Shannon-Weaver (H')

Tout en constituant un élément essentiel de la description de la structure d'un peuplement, la richesse spécifique ne suffit pas toujours à la caractériser de manière optimale. En effet, l'abondance relative des espèces intervient aussi, car seule une faible proportion des espèces est réellement abondante en termes de densité, de biomasse, de productivité ou de tout autre critère de leur importance relative.

À l'opposé, la fraction largement majoritaire est constituée d'espèces peu communes, rares voire très rares. Tandis que les espèces dominantes jouent un rôle majeur dans le fonctionnement de l'écosystème, les nombreuses espèces rares conditionnent la diversité du peuplement.

Il s'avère nécessaire de combiner l'abondance relative des espèces et la richesse spécifique totale afin d'obtenir une expression mathématique de l'indice général de diversité. De nombreux indices de ce type ont été proposés qui dérivent de la « théorie de l'information ». Parmi ces indices, nous avons utilisé celui de Shannon-Weaver dont la formule est la suivante :

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

où  $p_i = n_i/N$  et représente la probabilité de rencontre de l'espèce de rang  $i$ . (RAMADE, 1987)

Bien que l'indice de Shannon varie directement en fonction du nombre d'espèces, les espèces rares pèsent beaucoup moins que les plus communes (RAMADE, 1987). De plus, l'indice de Shannon convient bien à l'étude comparative de peuplements parce qu'il est relativement indépendant de la taille de l'échantillon.

##### Indice d'équitabilité de Piélou (E')

La formule de l'équitabilité est la suivante :

$$E' = H' / \ln S$$

où  $S$  représente la richesse spécifique

L'équitabilité varie entre 0 et 1. Elle tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs correspond à une seule espèce du peuplement et tend vers 1 lorsque chacune des espèces est représentée par le même nombre d'individus.

Il est considéré que l'équitabilité du peuplement d'un milieu non-perturbé tend vers 1. Lorsque l'indice devient inférieur à la valeur seuil de 0,8 alors le peuplement est considéré comme non équilibré, une espèce plus résistante que les autres, devient alors largement prédominante.

### Modèle DIMO

Cette représentation permet la visualisation de la richesse spécifique ( $\log_2 S$ ), de l'indice de Shannon-Weaver ( $H'$ ) et de l'équitabilité ( $E'$ ) sur un même plan, dans le but d'analyser la structure des peuplements (Qinghong, 1995).

#### 2.6.1.3 Indices basés sur les groupes écologiques

L'évaluation de la qualité environnementale d'un milieu peut également, et de manière complémentaire, être approchée par une analyse et une reconnaissance des groupes écologiques. Ces derniers sont composés d'espèces de polluo-sensibilité différentes. Ces groupes sont considérés comme des indicateurs biologiques face à l'excès de matière organique et au déficit d'oxygène résultant de sa dégradation. Les espèces sont regroupées en cinq (5) groupes écologiques de polluo-sensibilité différente :

- **Groupe I** : espèces sensibles à une hypertrophisation. Elles disparaissent les premières lorsqu'il y a enrichissement du milieu. Ce sont des suspensivores, des carnivores sélectifs et quelques dépositivores de subsurface tubicoles.
- **Groupe II** : espèces indifférentes à une hypertrophisation du milieu. Ces espèces sont peu influencées par une augmentation de la quantité de matière organique (espèces carnivores et nécrophages peu sélectives).
- **Groupe III** : espèces tolérantes à une hypertrophisation du milieu. Ces espèces sont naturellement présentes dans les vases, mais comme leurs proliférations sont stimulées par l'enrichissement du milieu, leur présence est un signe du déséquilibre du système. Ce sont des espèces dépositivores de surface, profitant du film superficiel chargé de matière organique.
- **Groupe IV** : espèces opportunistes de second ordre. Ce sont des petites espèces à cycle court (< 1 an), abondantes dans les sédiments réduits des zones polluées. Ce sont des dépositivores de subsurface.
- **Groupe V** : espèces opportunistes de premier ordre. Ce sont des dépositivores, proliférant dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface.

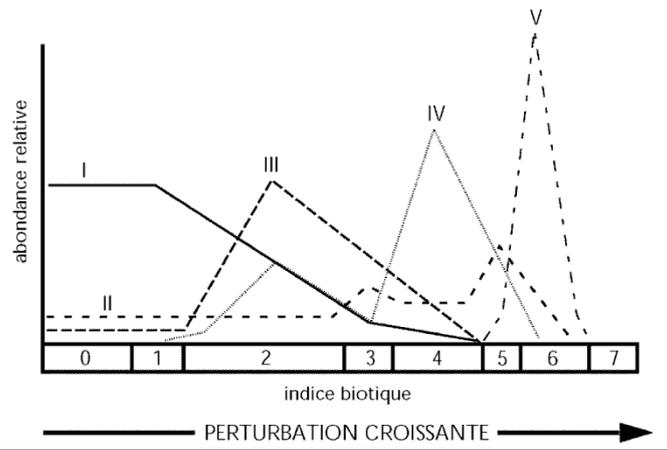
Le modèle des Indices Biotiques (IB) mis en place par Glémarec et Hily (1981) a permis de distinguer 4 grandes étapes de variations du milieu en fonction des espèces observées :

- **Indice Biotique = 0**. Il constitue l'état normal d'un peuplement avec une dominance des espèces sensibles (Groupe écologique I), les premières à disparaître en cas de pollution organique. Ce sont généralement des suspensivores, dépositivores de surface ou carnivores.
- **Indice Biotique = 2**. Les espèces tolérantes (Groupe 3) sont stimulées et sont beaucoup plus abondantes. Ce sont des dépositivores de surface comme les mollusques bivalves (Abra, Tellina, etc.), des polychètes Ampharetidés ou des Spionidés. Apparaissent aussi les premiers détritivores, consommateurs de matière végétale figurée (Crustacé, Tanaidacé), c'est le cas des Nereidés ou d'amphipodes Talidridés, Dexaminidés, Gammaridés, Melitidés, etc. Ces espèces tolérantes, dominant les espèces sensibles, définissent cette première étape du déséquilibre.
- **Indice Biotique = 4**. C'est la première étape de pollution. Le milieu est caractérisé par des espèces opportunistes de second ordre (groupe IV) susceptibles de proliférer. Ces espèces

sont des déposivores de surface ou de sub-surface (limivores) qui appartiennent à des familles de polychètes spécialisées parmi lesquelles les Cirratulidés, les Spionidés du genre *Polydora* avec de nombreuses espèces, les Nereidés du genre *Neanthes*, des Eunicien de la famille des Dorvilleidés et des Capitellidés.

- **Indice Biotique = 6.** C'est l'étape de pollution maximale, caractérisée par quelques espèces opportunistes de 1er ordre, qui atteignent des densités exceptionnelles (100 000 ind/m<sup>2</sup>) à la surface des sédiments réduits. Ces espèces très peu nombreuses sont : le Capitellidé *Capitella capitata* (complexe d'espèces), le Spionidé *Malacoceros fuliginosus* et le Leptostracé *Nebalia bipes*. Ces espèces cohabitent avec de nombreux Oligochètes (Clitellata) et nématodes.

Entre ces quatre (4) grandes étapes existent des étapes de transition (IB = 1, 3 et 5), définies en premier lieu par l'effondrement des paramètres de Richesse Spécifique S et d'Abondance A ou au contraire, par l'explosion d'une espèce indifférente (groupe II), favorisée par le manque de compétition. Ces espèces sont généralement carnivores (ex. : *Nephtys hombergii*) ou nécrophages (ex. : *Pagurus*). L'étape 7 correspond au milieu azoïque, c'est-à-dire qu'aucun invertébré n'y survit.



**Figure 6 : Modèle des Indices biotiques montrant l'importance relative des différents groupes écologiques le long du gradient de perturbations croissantes (Glémarec et Hily, 198**

L'indice biotique pour la macrofaune benthique : l'AMBI

Les indices biotiques pour la macrofaune benthique ont été développés dans le cadre du contrôle de surveillance des eaux de transition pour la Directive Cadre sur l'Eau (Agence de l'Eau & Ifremer). L'indice AMBI repose sur les proportions d'abondance que représentent les 5 groupes écologiques correspondant au classement des espèces en fonction de leur sensibilité/tolérance face à un gradient de stress environnemental (par exemple une pollution ou une modification du milieu). L'indice calculé permet de qualifier le milieu de 0 (milieu normal, aucune pollution) à 7 (milieu azoïque, très forte pollution).

Calcul de l'AZTI Marine Biotic Index (AMBI) (Borja et al., 2000) :

$$AMBI = \{(0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4.5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

- Avec : %GI : abondance relative des espèces sensibles aux perturbations
- %GII : abondance relative des espèces indifférentes aux perturbations
- %GIII : abondance relative des espèces tolérantes aux perturbations
- %GIV : abondance relative des espèces opportunistes de second ordre
- %GV : abondance relative des espèces opportunistes de premier ordre

L'AMBI a été soumis à de multiples tests pour vérifier sa validité (Borja et al., 2004) et possède l'avantage d'avoir été comparé à ceux fournis par d'autres analyses univariées (diversité, richesse spécifique) ou multivariées pour prouver sa robustesse et son pouvoir discriminant. D'autre part, il a été validé par une série de tests basés sur des composants chimiques (Borja et al., 2000) en identifiant et caractérisant des gradients spatiaux et temporels.

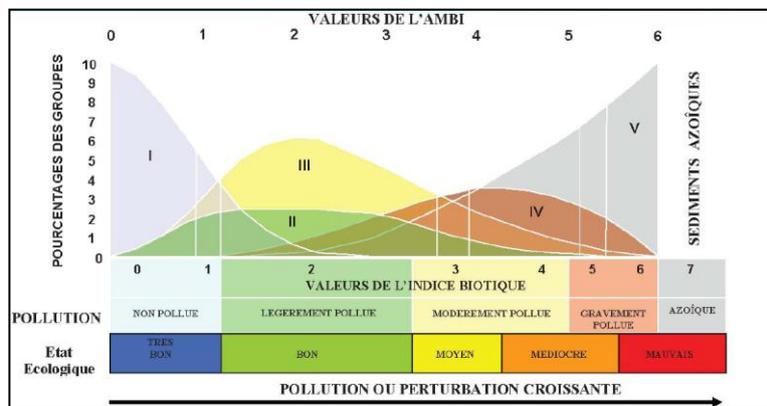


Figure 7 : Base écologique de l'indice AMBI (Borja et al., 2000)

Etat écologique	AMBI	Classification de la pollution
Mauvais	5.5 < AMBI ≤ 7	Azoïque
Médiocre	4.3 < AMBI ≤ 5.5	Gravement pollué
Moyen	3.3 < AMBI ≤ 4.3	Modérément pollé
Bon	1.2 < AMBI ≤ 3.3	Légèrement pollué, état transitoire
Très bon	0 < AMBI ≤ 1.2	Normal

Tableau 7 : Equivalence entre les valeurs de l'AMBI et les différents états écologiques de la DCE (Borja et al, 2004)

L'indice AMBI permet la classification de la qualité écologique des eaux littorales par l'analyse des composantes biotiques du milieu (peuplements benthiques). En effet, une corrélation avec les Etats Ecologiques définis par la Directive Cadre Eau (DCE) a été proposée par Borja (2004).

### L'indice biotique M-AMBI

Le M-AMBI a été mis au point par l'équipe de l'AZTI pour permettre de compléter les résultats obtenus par l'AMBI. Le calcul du M-AMBI est basé sur une analyse factorielle de l'AMBI, de la richesse spécifique et de l'indice de diversité H' (indice de Shannon-Weaver) (Muxika et al., 2007). Il permet donc de prendre en compte ces trois (3) facteurs à la fois.

Environnement hydro-sédimentaire	Etat	Richesse spécifique	Diversité de Shannon-Weaver	de AMBI
Sables fins plus ou moins envasés subtidiaux	Très bon	58	4	1
	Très mauvais	1	0	6
Sables fins plus ou moins envasés intertidaux	Très bon	35	4	1
	Très mauvais	1	0	6
Sables (fins à moyens) exposés	Très bon	15	3,5	1
	Très mauvais	1	0	6

**Tableau 8 : Conditions de références pour le calcul de la valeur de M-AMBI dans les eaux côtières**

EcoQ	H'	AMBI	M-AMBI
<b>Très bon</b>	$H' > 4$	$AMBI \leq 1,2$	$M-AMBI > 0,85$
<b>Bon</b>	$3 < H' \leq 4$	$1,2 < AMBI \leq 3,3$	$0,55 < M-AMBI \leq 0,85$
<b>Moyen</b>	$2 < H' \leq 3$	$3,3 < AMBI \leq 4,3$	$0,4 < M-AMBI \leq 0,55$
<b>Pauvre</b>	$1 < H' \leq 2$	$4,3 < AMBI \leq 5,5$	$0,2 < M-AMBI \leq 0,4$
<b>Mauvais</b>	$H' \leq 1$	$5,5 < AMBI \leq 7$	$M-AMBI \leq 0,2$

**Tableau 9 : Synthèse des valeurs de l'EcoQ pour l'indice de Shannon-Weaver (Molvaer et al., 1997), de l'AMBI (Borja et al., 2003) et le M-AMBI (Muxika et al., 2007)**

Le M-AMBI est simple d'utilisation notamment grâce au logiciel AMBI et est très parlant dans le domaine des études de la faune benthique, cependant il doit tout de même être manipulé et interprété avec précaution.

Le M-AMBI a des conditions d'utilisation. Borja et Muxika (2005) ont préconisé certains filtres concernant les données que voici :

- Ne jamais utiliser l'AMBI sur des communautés de substrat dur ;
- Retirer les taxa n'appartenant pas aux invertébrés benthiques ;
- Retirer tous les taxa d'eau douce ;
- Pour les salinités supérieures à 10, retirer les insectes ;
- Retirer les juvéniles quand l'espèce n'est pas identifiée ;
- Retirer les taxa spécifiques aux sédiments non-meubles (nudibranches ...) ;
- Retirer les taxa appartenant à l'épifaune ;
- Retirer les espèces appartenant au plancton ;

- Ne jamais utiliser les hauts niveaux taxonomiques, exceptés ceux présents dans la liste d'espèces fournie par l'AZTI <sup>7</sup>.

D'après Borja (2013) :

- La Richesse spécifiques (S) doit être supérieure à 4 ;
- L'abondance (A) doit être supérieure à 6 ;
- Le pourcentage de taxa « non-assignés » (% NA) à un groupe écologique doit être inférieur à 20 % ;
- Les taxa doivent être actualisés et les synonymes identifiés avant l'assignation à un groupe écologique ;
- La surface d'échantillonnage doit être identique pour tous les prélèvements ;
- Un minimum de 50 stations est recommandé pour **optimiser** la robustesse du M-AMBI.

**Cet indice, fréquemment utilisé dans des études bio-sédimentaires n'est cependant pas calculable pour cette étude du fait des conditions d'application qui ne sont pas respectées étant donné la présence d'une granulométrie grossière.**

#### L'indice biotique : le BENTIX

Afin de mieux correspondre aux 5 états de la Directive Cadre Eau, Simboura et Zenetos (2002) ont proposé une nouvelle adaptation de l'AMBI en se basant uniquement sur 2 grands ensembles : les espèces sensibles (regroupant les espèces sensibles et indifférentes des groupes écologiques I et II) et les espèces tolérantes (regroupant les espèces tolérantes et opportunistes de premier et second ordre des groupes écologiques III, IV et V). L'indice est basé sur une formule où les pourcentages des différents groupes sont pondérés par leur niveau de réponse à une perturbation.

$$\text{BENTIX} = \{6 \times \%GI + 2 \times (\%GII + \% GIII)\} / 100$$

Avec : %GI : abondance relative des groupes trophiques I et II

%GII : abondance relative du groupe trophique III

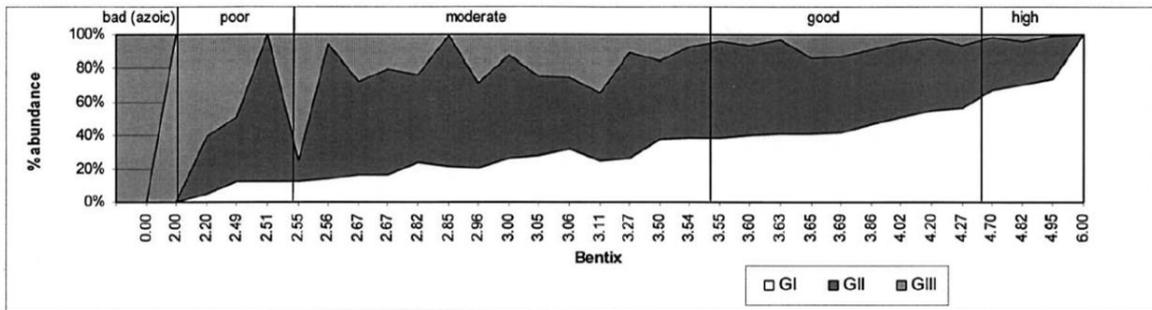
%GIII : abondance relative des groupes trophiques IV et V

Etat écologique	BENTIX		Classification de la pollution
	Cas général	Milieu vaseux	
Mauvais	0	0	Azoïque
Médiocre	2 <BENTIX ≤ 2.5	2 <BENTIX ≤ 2.5	Gravement pollué
Moyen	2.5 <BENTIX ≤ 3.5	2.5 <BENTIX ≤ 3	Modérément pollé
Bon	3.5 <BENTIX ≤ 4.5	3 <BENTIX ≤ 4	Légèrement pollué, état transitoire
Très bon	4.5 <BENTIX ≤ 6	4 <BENTIX ≤ 6	Normal

**Tableau 10 : Equivalence entre les valeurs du BENTIX et les différents états écologiques de la DCE (Borja et al., 2004)**

Le BENTIX peut donc prendre des valeurs continues entre 2 et 6 (ainsi que 0 lorsque le sédiment est azoïque). L'échelle se retrouve inversée par rapport à l'AMBI. Calqué sur l'AMBI, une échelle de correspondance entre les valeurs de l'indice et les états écologiques définis par la DCE a été établie. Du point de vue écologique, le sens de ces 2 indices est le même.

<sup>7</sup> Logiciel « AZTI Marine Biotic Index. V. 5.0 » développé par AZTI Tecnalia téléchargeable sur : <http://ambi.azti.es>



**Figure 8: Modèle de dégradation de l'état de santé des communautés benthiques incluant les pourcentages des groupes écologiques et valeur du BENTIX (Simboura & Zenetos, 2002)**

#### 2.6.1.4 Méthodes multivariées

##### Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

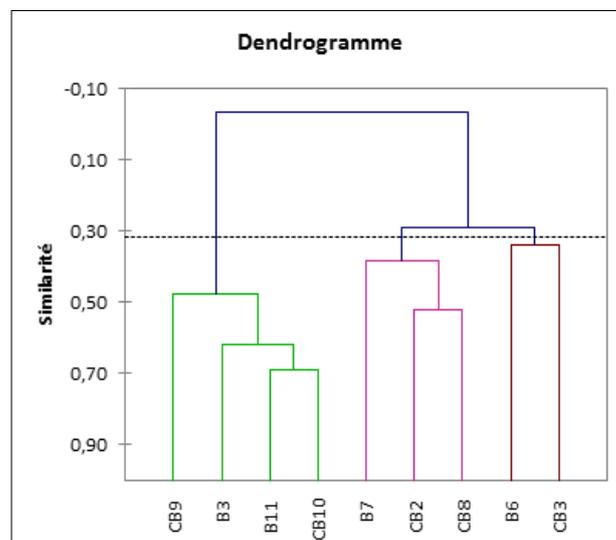
Afin de voir la composition des peuplements des stations et de voir quelles stations se ressemblent entre elles, il est intéressant d'appliquer des analyses statistiques.

Une classification ascendante hiérarchique (CAH) a été réalisée. Ces analyses permettent de comparer les stations entre elles sur la base de leur composition faunistique et de proposer des regroupements de stations :

- Deux stations seront proches dans les graphes de l'analyse si elles présentent de grandes similitudes dans leur liste faunistique (profils faunistiques proches). Elles représentent alors un même habitat ou un habitat similaire en termes de bathymétrie, hydrodynamisme et type sédimentaire ;
- Au contraire, deux stations qui présentent des habitats différents (et donc des profils d'espèces différents) seront éloignées sur les graphes.

La CAH a été réalisée sur les stations afin d'extraire des groupes agglomérés de stations.

La méthode d'agrégation est la méthode de Ward.



**Figure 9 : Exemple de figure de CAH illustrant la similarité entre les stations**

## IndVal

Suite aux analyses statistiques, l'**indice IndVal** peut être calculé pour les groupes de stations trouvés et ainsi définir les espèces caractéristiques de ces derniers.

L'indice IndVal, repose sur la définition du caractère indicateur d'une espèce : une espèce est considérée comme caractéristique si elle est typique d'un groupe de relevés (elle est absente des autres groupes) et si elle est présente dans tous les relevés de ce groupe.

La méthode IndVal a été proposée par Dufrêne & Legendre (1997)<sup>8</sup>.

$$\text{IndVal}_{\text{Groupe } k, \text{ Espèce } j} = 100 \times A_{k,j} \times B_{k,j}$$

Dans cette équation,  $A_{k,j}$  = spécificité,  $B_{k,j}$  = fidélité

$$\text{IndVal}_{\text{Espèce } j} = \max[\text{IndVal}_{k,j}]$$

## Espèces caractéristiques

Suite aux calculs des valeurs IndVal, quelques espèces caractéristiques (ou indicatrices) des différents groupes sont présentées. Celles-ci permettent de trouver dans les typologies d'habitats les habitats benthiques en présence.

Certaines de ces espèces inventoriées sur les zones investiguées sont illustrées dans cette partie.

---

<sup>8</sup> Dufrêne, M. and P. Legendre. 1997. *Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. Ecological Monographs* 67: 345 - 366.

### 2.6.1.5 Classification des habitats en présence

Afin de faciliter la gestion des données sur les habitats naturels et les végétations dans les systèmes d'information sur la nature, le Muséum National d'Histoire Naturelle (**MNHN**) rend disponible le référentiel national des habitats **HABREF**<sup>9</sup> sous forme informatique sur son site de l'Inventaire National du Patrimoine Naturel (**INPN**).

Une fois la recherche effectuée pour les habitats benthiques étudiés au sein de l'étude, une correspondance peut être effectuée dans HABREF. En réalisant les correspondances entre les habitats marins des différentes typologies, l'information et les travaux effectués dans leurs programmes respectifs deviennent accessibles et mutualisables.

Chaque typologie contenue dans HABREF est également téléchargeable séparément, tout comme chacune des tables de correspondances.



Figure 10 : Recherche de correspondances dans les typologies d'habitats sur le site de l'INPN

### La typologie EUNIS <sup>10</sup>

La typologie des habitats retenue pour lister les habitats benthiques de l'étude est la classification **EUNIS** (European Nature Information System), référence européenne de classification des habitats pour les domaines terrestres, dulçaquicoles et marins.

Cette typologie repose sur un classement hiérarchique des habitats permettant, pour le domaine marin, d'accéder à des niveaux de précision allant de la simple distinction entre les types rocheux ou meuble (niveau 2), intégrant d'une part, le mode d'exposition et le type de substrat (niveau 3), puis, d'autre part, la notion de groupement fonctionnel d'habitats (niveau 4), jusqu'à l'identification précise des peuplements benthiques définis par la présence d'espèces dominantes ou de groupes d'espèces caractéristiques (niveaux 5 et 6).

Concernant le substrat, la détermination des différents types de sédiments est basée sur des caractéristiques granulométriques. La classification granulométrique et sédimentaire la plus souvent utilisée est celle de Wentworth (1922) et Folk (1954).

Fondée sur les travaux des anglo-saxons, la typologie EUNIS subit encore des évolutions au fur et à mesure de sa mise en application. Toutefois en accord avec le programme MESH (Mapping European Seabed Habitats), le Réseau Benthique (REBENT), la version retenue dans cette étude, pour la détermination des habitats benthiques, est la version EUNIS de 2007 révisée en 2012. L'intérêt d'utiliser EUNIS réside dans la possibilité de comparer les habitats au niveau européen et de faciliter la mise en œuvre de directives européennes telles que la Directive Habitats et son outil opérationnel Natura 2000.

<sup>9</sup> <https://inpn.mnhn.fr/telechargement/referentiels/habitats>

<sup>10</sup> Davies C., Moss D., O Hill M., 2012. **EUNIS Habitat Classification revised 2012**

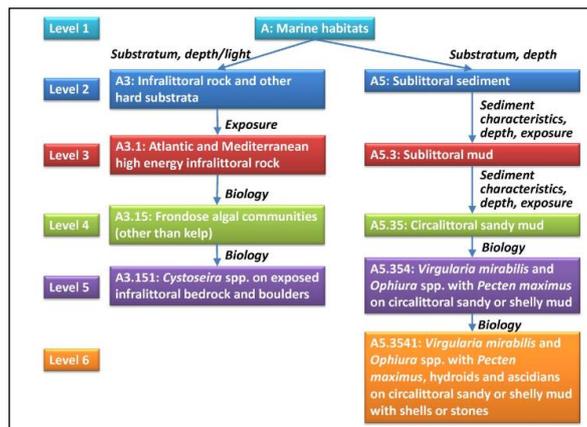


Figure 11 : Exemples de la hiérarchie d'EUNIS et les critères utilisés aux différents niveaux

Afin de faciliter l'appropriation de cette typologie par les acteurs concernés (scientifiques, gestionnaires ou bureaux d'études) et favoriser les échanges de connaissance sur la biodiversité des habitats benthiques en cohérence avec ce standard, deux documents <sup>11</sup> ont été publiés en 2015. **Ces documents sont une traduction française** qui transcrit au mieux les descriptions d'habitats de la classification EUNIS.

Il s'agit dans ces documents, du dictionnaire de la typologie EUNIS dans sa version 2007, revue en 2012 pour des modifications des codes de la classification paléarctique et ceux de la classification des habitats marins de la Grande Bretagne. A noter que cette description reste identique pour les habitats communs à la version 2004, largement utilisée comme typologie de référence, notamment pour la cartographie d'habitats dans le cadre du REBENT. Seuls les habitats benthiques présents ou potentiellement présents en France ont été traduits. La présence en France a été déterminée par consultation des experts du domaine ainsi que des documents de référence (référentiel national, descriptifs EUNIS, Barcelone, cartes historiques).



Figure 12 : EUNIS - Traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée (2015)

<sup>11</sup> Bajjouk Touria, Guillaumont Brigitte, Michez Noemie, Thouin Benoît, Croguennec Chantal, Populus Jacques, Louvel-Glaser Justine, Gaudillat Vincent, Chevalier Claire, Tourolle Julie, Hamon Dominique (2015). **Classification EUNIS, Système d'information européen sur la nature : Traduction française des habitats benthiques des Régions Atlantique et Méditerranée. Vol. 1. Habitats Littoraux et Vol. 2. Habitats subtidaux & complexes d'habitats**

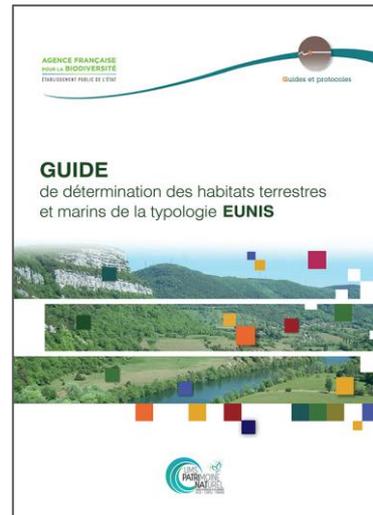
En janvier 2019, est paru également un guide intitulé « **GUIDE de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS** »<sup>12</sup>.

Ce guide est un outil d'accompagnement à l'identification des habitats avec la typologie EUNIS.

Il permet de mieux appréhender cette typologie d'habitat et d'améliorer la rigueur et la reproductibilité des interprétations et identifications réalisées sur le terrain comme préalable aux inventaires, cartographies et suivis. À terme, cela permet d'entrevoir une bancarisation plus efficace des informations sur la distribution des habitats.

Sont proposés :

- une présentation de la typologie EUNIS (Partie A) ;
- des clefs de détermination pour identifier les grands types d'habitats jusqu'au niveau 3 d'EUNIS ; ce qui est le plus souvent possible à toute période de l'année sans relevé floristique (Partie B) ;
- des descriptions illustrées pour vérifier l'identification réalisée (Partie C) ;
- en complément, les habitats qui peuvent représenter des objectifs particuliers de conservation sont indiqués (Annexe).



**Figure 13 : Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS (2018)**

<sup>12</sup> Guillaume Gayet, Florence Baptist, Lise Maciejewski, Rémy Poncet, Farid Bensettiti, 2018. **Guide de détermination des habitats terrestres et marins de la typologie EUNIS** - version 1.0. AFB, collection Guides et protocoles, 230 pages

« Cahiers d'Habitats » Natura 2000 <sup>13</sup>

Publiés en 2004, les Cahiers d'Habitats sont la continuité de la classification Corine Biotope (1991). Ils déclinent les habitats génériques de la Directive Habitats en sept (7) tomes. Dans celui concernant les milieux côtiers (Tome 2), huit (8) habitats génériques sont reconnus :

- 1110 : Bancs de sables à faible couverture permanente d'eau marine ;
- 1120 : Herbiers à Posidonies ;
- 1130 : Estuaires ;
- 1140 : Replats boueux ou sableux exondés à marée basse ;
- 1150 : Lagunes côtières ;
- 1160 : Grandes criques et baies peu profondes ;
- 1170 : Récifs ;
- 8330 : Grottes marines submergées ou semi-submergées.

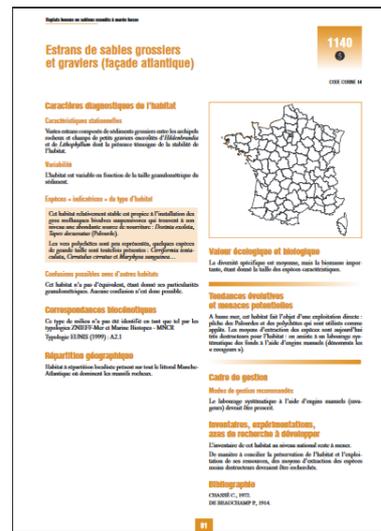


Figure 14 : Exemple de fiche d'habitat élémentaire de N2000

Ces huit (8) habitats génériques se déclinent en quarante-trois (43) habitats élémentaires pour les côtes françaises. Les habitats déclinés sont l'expression d'une variabilité écologique (chronologique, climatique, édaphique, etc.) ou biogéographique (répartition atlantique et méditerranéenne, etc.), ou de l'influence anthropique (modes de gestion) de l'habitat générique.

<sup>13</sup> « Cahiers d'Habitats » Natura 2000 – 2004. Tome 2, Habitats côtiers. La Documentation française

Le référentiel national: La Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique & La Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée<sup>14 15</sup>

Publié par le Service du Patrimoine Naturel (Muséum national d'Histoire Naturelle), le référentiel national des habitats marins benthiques est composé de deux parties : une typologie des **biocénoses benthiques de Méditerranée** réalisée en 2011 (Michez et al. et mise à jour en **2014**) et une pour les habitats présents **en Manche, en Mer du Nord et en Atlantique** (Michez et al., 2015).

Ce référentiel national définit un langage commun facilitant la mise en œuvre des politiques publiques de conservation et permet d'inventorier les habitats présents en France métropolitaine. Son utilisation est préconisée pour l'ensemble des programmes ayant attrait à la conservation des habitats marins à l'échelle nationale.

Il sert également de support pour établir le point de vue français sur cette thématique ainsi que les propositions de modifications et d'ajouts au référentiel européen des habitats EUNIS.

Ce référentiel est décliné en **six (6) niveaux** pour la Manche, Mer du Nord et Atlantique et en **quatre (4) niveaux** pour la Méditerranée.



**Figure 15 : Les typologies des biocénoses benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique & de Méditerranée (2015 et 2014)**

<sup>14</sup> Michez N., Bajjouk T., Aish A., Andersen A. C., Ar Gall E., Baffreau A., Blanchet H., Chauvet P., Dauvin J.-C., De Casamajor M. - N., Derrien - Courtel S., Dubois S., Fabri M. - C., Houbin C., Legall L., Menot L., Rolet C., Sauriau P.-G., Thiebaut E., Tourolle J., Van den Beld I., 2015. **Typologie des habitats marins benthiques de la Manche, de la Mer du Nord et de l'Atlantique Version 2. Rapport SPN 2015 - 45**, MNHN, Paris, 61 pages.

<sup>15</sup> Michez N., Fourt M., Aish A., Bellan G., Bellan-Santini D., Cheveldonné P., Fabri M.-C., Goujard A., Harmelin J.-G., Labruno C., Pergent G., Sartoretto S., Vacelet J., Verlaque M., 2014. **Typologie des biocénoses benthiques de Méditerranée Version 2. Rapport SPN 2014 - 33**, MNHN, Paris, 26 pages.

## 2.6.2 Analyses sédimentaires

### 2.6.2.1 Granulométrie

La classification granulométrique que nous utilisons est la suivante :

Couleur	Classe	Diamètres des grains ( $\mu\text{m}$ )
	Limon / Argiles	(< 63 $\mu\text{m}$ )
	Sable très fin	(63 - 125 $\mu\text{m}$ )
	Sable fin	(125 - 250 $\mu\text{m}$ )
	Sable moyen	(250 - 500 $\mu\text{m}$ )
	Sable grossier	(500 $\mu\text{m}$ - 1 mm)
	Sable très grossier	(1 - 2 mm)
	Gravillon / granules	(2 - 4 mm)
	Cailloux / graviers	(> 4 mm)

**Tableau 11 : Classification granulométrique (d'après Wentworth modifié)**

Les masses pesées au laboratoire sont saisies sur Excel. Une macro permet de mettre en forme graphiquement les résultats, sous forme de courbes de fréquences et de courbes cumulatives, à partir desquelles un certain nombre de paramètres texturaux est défini et calculé.

Les principaux paramètres calculés sont les suivants :

- Le **mode** correspondant à la classe granulométrique dominante (la mieux représentée). Lorsqu'un échantillon est constitué d'un mélange de deux ou plusieurs stocks sédimentaires, la courbe de fréquence est alors bi- ou polymodale (deux ou plusieurs « pics » apparaissent sur la courbe).
- La **médiane** correspond, sur la courbe cumulative, à la valeur du diamètre D pour une ordonnée de 50 %. D'un point de vue granulométrique, l'échantillon comporte pondéralement autant de sédiments de diamètre supérieur à la médiane que de sédiments de diamètre inférieur à celle-ci.
- Le Sorting index ou écart-type "Graphic Standard Deviation", indice de classement de l'échantillon. Le classement est d'autant meilleur que l'indice est faible.

Dans le rapport, les résultats sont présentés comme suit :

- Le mode et la médiane ;
- La photographie des sédiments : photographies de l'échantillon brut in situ et au laboratoire ;
- La situation de l'échantillon sur le Diagramme de Folk ;
- Les proportions de classes de sédiments d'après Wentworth modifié sous forme de camembert ;
- Des observations particulières en commentaires.

### 2.6.2.2 Géochimie

Les sédiments côtiers et estuariens sont susceptibles de renfermer des substances dont certaines présentent un caractère toxique avéré : métaux lourds, hydrocarbures polycycliques aromatiques (HAP), organochlorés (PCB), TBT. Leur dragage et leur rejet en mer posent le problème de la mobilité des éléments et des substances toxiques et de leurs effets sur les organismes vivants.

Pour chaque substance, sélectionnée en fonction des connaissances et de sa représentativité en matière de potentiel d'impact sur le milieu naturel dans le cas de sédiments dragués destinés à être immergés, deux seuils réglementaires ont été définis, correspondant à des niveaux de potentiel d'impact croissant sur un même milieu : les seuils N1 et N2.

L'arrêté du 9 août 2006 et ses arrêtés complémentaires précisent : "*Lorsque, pour apprécier l'incidence de l'opération sur le milieu aquatique (ou pour apprécier l'incidence sur le milieu aquatique d'une action déterminée), une analyse est requise en application du décret nomenclature : La qualité des sédiments marins ou estuariens est appréciée au regard des seuils de la rubrique 4.1.3.0 de la nomenclature dont les niveaux de référence N1 et N2 sont précisés dans les tableaux suivants*" :

Eléments traces	unité	Niveau N1	Niveau N2
Arsenic (As)	mg/kg	25	50
Cadmium (Cd)	mg/kg	1,2	2,4
Chrome (Cr)	mg/kg	90	180
Cuivre (Cu)	mg/kg	45	90
Mercure (Hg)	mg/kg	0,4	0,8
Nickel (Ni)	mg/kg	37	74
Plomb (Pb)	mg/kg	100	200
Zinc (Zn)	mg/kg	276	552

**Tableau 12 : Niveaux relatifs aux métaux lourds**

Polluants organiques	Unités	Niveau N1	Niveau N2
PCB totaux	mg/kg	0.5	1
PCB 28	mg/kg	0.005	0.01
PCB 52	mg/kg	0.005	0.01
PCB 101	mg/kg	0.01	0.02
PCB 118	mg/kg	0.01	0.02
PCB 138	mg/kg	0.02	0.04
PCB 153	mg/kg	0.02	0.04
PCB 180	mg/kg	0.01	0.02

**Tableau 13 : Niveaux relatifs aux PCB**

Polluants	Unités	Niveau N1	Niveau N2
TBT	mg/kg	0,1	0,4

**Tableau 14 : Niveaux relatifs aux TBT**

Polluants organiques	Unités	Niveau N1	Niveau N2
Naphtalène	mg/kg	0.16	1.13
Acénaphène	mg/kg	0.015	0.26
Acénaphylène	mg/kg	0.04	0.34
Fluorène	mg/kg	0.02	0.28
Anthracène	mg/kg	0.085	0.59
Phénanthrène	mg/kg	0.24	0.87
Fluoranthène	mg/kg	0.6	2.85
Pyrène	mg/kg	0.5	1.5
Benzo(a)anthracène	mg/kg	0.26	0.93
Chrysène	mg/kg	0.38	1.59
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg	0.4	0.9
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg	0.2	0.4
Benzo(a)pyrène	mg/kg	0.43	1.015
Dibenzo(ghi)anthracène	mg/kg	0.06	0.16
Benzo(ghi)pérylène	mg/kg	1.7	5.65
Indénopyrène	mg/kg	1.7	5.65

**Tableau 15 : Niveaux relatifs aux HAP**

La circulaire du 14 Juin 2000 (jointe à l'arrêté du 14 juin 2000), définie par son point 3, les conditions d'utilisation des seuils N1 et N2 :

- **Au-dessous du niveau N1**, l'impact potentiel est en principe jugé d'emblée neutre ou négligeable, les teneurs étant « normales » ou comparables au bruit de fond environnemental. Toutefois, dans certains cas exceptionnels, un approfondissement de certaines données peut s'avérer utile ;
- **Entre le niveau N1 et le niveau N2**, une investigation complémentaire peut s'avérer nécessaire en fonction du projet considéré et du degré de dépassement du niveau N1. Ainsi une mesure, dépassant légèrement le niveau N1 sur seulement un ou quelques échantillons analysés, ne nécessite pas de complément sauf raison particulière (par exemple toxicité de l'élément considéré : Cd, Hg, ...); De façon générale, l'investigation complémentaire doit être proportionnée à l'importance de l'opération envisagée. Elle peut porter, pour les substances concernées, sur des mesures complémentaires et/ou des estimations de sensibilité du milieu. Toutefois, le coût et les délais en résultant doivent rester proportionnés au coût du projet et le maître d'ouvrage doit intégrer les délais de réalisation des analyses dans son propre calendrier ;
- **Au-delà du niveau N2**, une investigation complémentaire est généralement nécessaire car des indices notables laissent présager un impact potentiel négatif de l'opération. Il faut alors mener une étude spécifique portant sur la sensibilité du milieu aux substances concernées, avec au moins un test d'écotoxicité globale du sédiment, une évaluation de l'impact prévisible sur le milieu et, le cas échéant, affiner le maillage des prélèvements sur la zone concernée (afin, par exemple, de délimiter le secteur plus particulièrement concerné). En fonction des résultats, le maître d'ouvrage pourra étudier des solutions alternatives pour réaliser le dragage, ou des passages de réalisation (ex. : réduire le dragage en période de reproduction ou d'alevinage de certaines espèces rares très sensibles).

### 2.6.3 Analyses qualité de l'eau

Évaluer la qualité écologique et chimique des eaux littorales : les outils de la DCE

Les éléments de qualité : la faune, la flore et les substances chimiques sont surveillées dans les masses d'eau afin d'en évaluer la qualité écologique et chimique. Pour se faire, une liste d'éléments de qualité jugés pertinents sont suivis régulièrement dans le cadre du programme de surveillance.

Les figures ci-dessous listent les substances prioritaires retenues au titre de la DCE pour lesquelles une surveillance est obligatoire. Elles sont réparties en 3 grandes familles : métaux lourds, pesticides et polluants industriels.

La surveillance chimique concerne les masses d'eau côtières et de transition de tous les bassins hydrographiques. :

☐ Pesticides	
	Utilisation
Alachlore	Herbicide utilisé principalement en agriculture (culture du maïs et du soja).
Atrazine	Herbicide qui a été utilisé pour des usages agricoles, industriels, d'entretien des voiries, espace vert, entretien des ballasts et de jardins privatifs. Elle a couramment été utilisée en France sur les cultures de maïs entre 1980 et 2001. <b>Interdit</b> en France depuis 2001.
Chlorfenvinphos	Insecticide qui a été utilisé dans le domaine agricole (cultures, enrobage de semence, bâtiments agricoles et d'élevage). <b>Interdit</b> en France pour toute culture depuis 2007.
Chlorpyrifos (éthylchlorpyrifos)	Insecticide utilisé dans le domaine agricole, domestique et industriel.
Diuron	Herbicide principalement utilisé dans le domaine agricole et de l'aménagement urbain (entretien des voiries...).
Endosulfan	Insecticide qui a été utilisé en agriculture. Il est <b>interdit</b> en France depuis 2006.
Isoproturon	Herbicide utilisé dans le domaine agricole.
Simazine	Herbicide qui a été utilisé en arboriculture et viticulture. <b>Interdite</b> en France depuis 2001.
Trifluraline	Herbicide utilisé en agriculture (cultures céréalières, maraîchères, horticoles).
Dicofol	Insecticide utilisé en agriculture (fruits, légumes, cultures de plein champ), et autre (plantes ornementales).
Quinoxifène	Fongicide utilisé en agriculture (culture céréalière).
Aclonifène	Herbicide utilisé en agriculture (désherber le tournesol, la pomme de terre, le tabac, la féverole, les pois et de nombreuses cultures légumières et porte-graine).
Bifénox	Herbicide utilisé en agriculture (culture des céréales et des graminées fourragères).
Cybutryne	Biocide utilisé principalement dans les peintures antifouling pour la protection des coques de bateaux ou des filets de mariculture en remplacement du tributylétain. Elle peut également être utilisée dans le BTP (peintures et crépis intervenant en isolation thermique extérieure des bâtiments).
Cyperméthrine	Insecticide utilisé pour l'hygiène publique, domestique et dans le domaine industriel (préservation du bois et protection d'autres matériaux).
Dichlorvos	Insecticide utilisé en agriculture (protection des végétaux en serre, des cultures et des graines dans les silos).
Heptachlore et époxyde d'heptachlore	Insecticide qui a été utilisé dans le domaine agricole (traitement des sols et des semences) et domestique (protection du bois et lutte contre les termites et les insectes). <b>Interdit</b> en France et en Europe.
Terbutryne	Herbicide qui a été utilisé en agriculture. <b>Interdit</b> en France depuis 2003.

☐ Métaux lourds	
	Utilisation
Cadmium et ses composés	Métal principalement utilisé dans la protection des surfaces, dans la fabrication des accumulateurs électriques, des pigments, des stabilisants pour les matières plastiques, des alliages.
Plomb et ses composés	Métal utilisé dans les batteries plomb-acide (application très majoritaire), les pigments et autres composés (notamment des stabilisants dans certains plastiques et caoutchoucs), alliages, verres et céramiques, peintures...
Mercurure et ses composés	Métal utilisé dans l'industrie électrique (lampes, piles...), l'industrie chimique (instruments de mesure et de laboratoire), le secteur dentaire, la joaillerie.
Nickel et ses composés	Métal principalement utilisé en alliage pour la fabrication de divers produits des secteurs industriels, militaires, des transports, de la marine, de l'architecture et des produits destinés au public.

Polluants industriels	
	Utilisation
<b>Anthracène</b>	Substance principalement utilisée comme biocide dans les goudrons et autre produits utilisés pour la protection de matériaux. Ils sont également présents dans des huiles de dilution utilisées pour la production de pneumatiques.
<b>Benzène</b>	Molécule à la base de la chimie organique qui va servir <i>in fine</i> à la production d'une gamme importante de produits : caoutchoucs, détergents, parfums, colorants, additifs alimentaires, des solvants, des pesticides, des explosifs, des plastifiants, des médicaments.
<b>Diphényléthers bromés</b>	Utilisé comme retardateur de flamme. Pour connaître les substances concernées sous cette catégorie se référer à la directive 2013/39/UE
<b>Chloroalcane, C10-13</b>	Substance utilisée comme composants d'huiles de coupes industrielles pour l'usinage de métaux, comme retardateurs de flamme ou additifs dans les caoutchoucs, les peintures et les mastics, comme apprêts pour les produits en cuir et certains textiles.
<b>1,2-dichloroéthane</b>	Substance principalement utilisée comme intermédiaire dans la synthèse du chlorure de vinyle et dans la fabrication d'autres composés organiques chlorés.
<b>Dichlorométhane</b>	Cette substance est l'un des principaux solvants chlorés utilisés dans l'industrie pharmaceutique, le décapage de peinture, des métaux.
<b>Di(2-ethylhexyle)phthalate (DEHP)</b>	Substance utilisée comme plastifiant dans l'industrie des polymères, et plus particulièrement dans la production de produits intermédiaires ou finis en PVC souple. En France son utilisation est notamment interdite dans la fabrication de jouets et de cosmétiques.
<b>Fluoranthène</b>	Substance utilisée dans des teintures, des pigments, des dispersants, des agents tannants, des solvants, des résines insecticides et des ramollissants de caoutchouc.
<b>Hexachlorobenzène</b>	Substance utilisée principalement en tant que fongicide pour le traitement des sols et des semences. Il peut être produit de façon involontaire au cours de certaines fabrications, principalement dans l'industrie du chlore et des solvants chlorés ou de l'incinération des déchets. Il est interdit en France depuis 1988. En Europe, il n'est plus ni produit intentionnellement, ni commercialisé depuis 1993. L'HCBC est interdit à l'échelle mondiale en vertu de la Convention de Stockholm en tant que polluants persistants.
<b>Hexachlorobutadiène</b>	Substance intermédiaire dans la fabrication de caoutchouc et sous-produit de la production de certaines substances chimiques chlorées.
<b>Hexachlorocyclohexane</b>	Insecticide utilisé dans le traitement des sols, des semences, du bois.
<b>Naphtalène</b>	Substance principalement utilisée comme biocide dans les goudrons et autre produits utilisés pour la protection de matériaux.
<b>Nonylphénols</b>	Substances notamment utilisées dans la fabrication de plastique.
<b>Octylphénols</b>	Substances utilisées dans la fabrication de polymères et de détergents.
<b>Pentachlorobenzène</b>	Substance qui a été utilisée comme fongicide notamment pour la conservation du bois et des textiles. <b>Interdit</b> en France.
<b>Pentachlorophénol</b>	Substance qui a été utilisée comme pesticides dans les peintures anti-fouling, protection des peaux dans la tannerie.
<b>Hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP)</b>	Les HAP sont utilisés dans les teintures, des pigments, des surfactants, des dispersants, des agents tannants, des solvants, des résines insecticides et des ramollissants de caoutchouc.
<b>Composés de tributylétain</b>	Le TBT fut utilisé dans les peintures antisalissures. Depuis 2003, <b>interdit</b> dans les peintures antisalissures de tout navire battant pavillon UE.
<b>Trichlorobenzène</b>	Substance utilisée principalement comme intermédiaire chimique (solvant de procédé, lubrifiant, additif).
<b>Trichlorométhane (chloroforme)</b>	Substance principalement utilisée pour la fabrication du chlorodifluorométhane (réfrigérant).
<b>Acide perfluorooctanesulfonique et ses dérivés</b>	Substances utilisées dans : l'imperméabilisation des textiles, des moquettes et des papiers. Elles sont utilisées dans les industries de la galvanoplastie, de la photographie et des semi-conducteurs, dans les fluides hydrauliques des avions, dans les mousses anti-incendie, dans les retardateurs de flammes, comme ingrédients actifs dans les pesticides et les insecticides, dans des produits de nettoyage industriels et domestiques.

<b>Dioxines et composés de type dioxine</b>	Les émissions de dioxines résultent principalement d'activités industrielles, notamment de procédés faisant intervenir de fortes températures tels que l'incinération de déchets (ménagers, industriels ou médicaux), la production de chaleur, les procédés métallurgiques. À une échelle beaucoup plus petite, les combustions naturelles (feux de forêts, activité volcanique) constituent aussi des sources d'exposition. Ils sont également présents dans les échappements des moteurs à explosion. Elles sont également observées dans les foyers, la fumée et les suies des cheminées résidentielles.
<b>Hexabromoocyclododécane (HBCDD)</b>	C'est le troisième retardateur de flammes bromé le plus utilisé au monde et le premier du marché européen en termes de volume.

Figure 16 : Substances prioritaires retenues au titre de la DCE

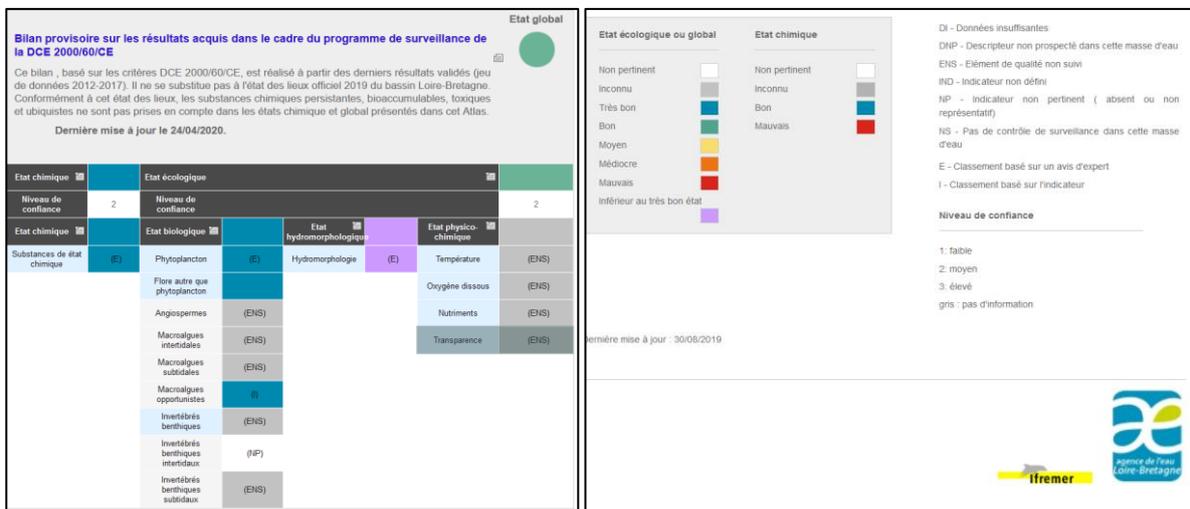


Figure 17 : Fiche de l'Atlas DCE pour la zone d'étude (masse d'eau côtière FRGC06)

### 2.6.4 Analyses des données vidéo

Les séquences vidéos sont analysées en vue de préciser la nature et la morphologie des fonds et de renseigner sur les peuplements animaux et végétaux épibenthiques. Une première étape a consisté à effectuer des captures d'images de bonne qualité illustrant les composantes morpho-sédimentaires et biologiques des fonds reconnus.



Photo 14 : Exemple de capture d'image sur un fond de sable moyens ou à ophiures

A partir de ces captures d'images, une première description sommaire des fonds a pu être réalisée pour l'ensemble des stations.

### 2.6.5 Analyses des biotes pour le suivi des anodes sacrificielles

Pour un organisme, quel qu'il soit, un phénomène de bioaccumulation se produit lorsque les apports de contaminants dépassent les quantités qui peuvent être éliminées par excrétion (métabolisation), par croissance (dilution), ou encore lors de la reproduction. Les transferts des métaux depuis le milieu environnant vers les animaux peuvent se faire au travers de trois voies : à partir de l'eau lors de la respiration, par l'alimentation (on parle alors de bioamplification) ou bien encore par contact avec les sédiments. Ce phénomène complexe est fortement dépendant à la fois de facteurs environnementaux et biologiques.

Les variables forçantes de l'environnement comme la température ou la photopériode, conditionnent le fonctionnement des tous premiers maillons du réseau trophique. Ainsi, des variations saisonnières peuvent être attendues dans le processus de bioaccumulation des espèces de rang supérieur sous les effets conjugués des conditions environnementales et du niveau de production primaire. Ce caractère saisonnier doit être une donnée intégrée au protocole d'échantillonnage afin de cibler préférentiellement les périodes de forte concentration.

Suivant l'espèce considérée, la correspondance entre concentration dans le biote et concentration dans l'eau varie considérablement. Dans le cadre de ce programme de surveillance, on s'intéressera spécifiquement à deux espèces de mollusques (la coquille Saint-Jacques et le bulot) et à une espèce de poisson (le tacaud commun). Les critères de choix de ces espèces « sentinelles » sont basés sur leur représentativité géographique liée à leur sédentarité d'une part, leur représentativité des voies de transferts contaminant/biote liée à leur stratégie alimentaire d'autre part (un filtreur, un nécrophage, un prédateur), mais aussi à l'optimisation possible des stratégies d'échantillonnage qu'elles permettent pour réduire toute source de variabilité :

- Différenciation possible de groupes d'âge et donc standardisation des échantillons collectés,
- Capacité à cibler une période de collecte en particulier de façon éclairée (période de reproduction connue, cycle saisonnier décrit, etc.)
- Dissection des individus possibles, les analyses pouvant alors cibler un type de tissus ou d'organes en particulier.

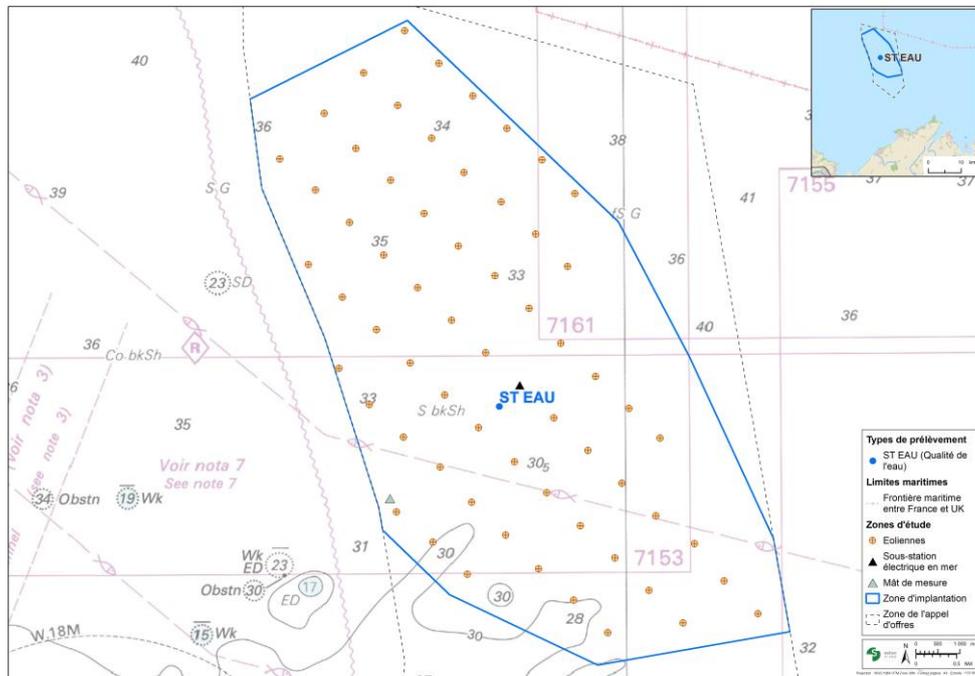
Chacune des espèces étudiées (bulot, coquille Saint-Jacques et tacaud) représente un maillon à part entière du réseau trophique. Ensemble, par leur dynamique trophique propre et leur mode de vie, elles permettent de couvrir toutes les voies d'entrée possible des éléments métalliques dans le système : l'eau, le sédiment, le plancton, le matériel détritique et la faune suprabenthique.

Les éléments analysés sont les concentrations en **Aluminium (Al)**, **Zinc (Zn)** et **Indium (In)**.

### 3 RESULTATS

#### 3.1 ANALYSES DE L'EAU

Rappel de la localisation de la station de mesure sur la zone :

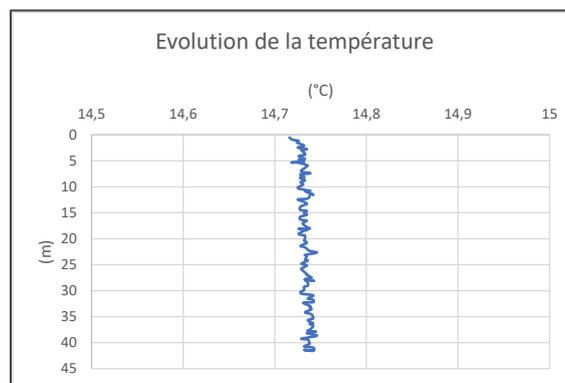


**Figure 18 : Plan de positionnement de la station de prélèvement d'eau**

Des mesures de la salinité, de la température et de la turbidité de l'eau ont été réalisées à l'aide d'une sonde multi-paramètres Sambat :

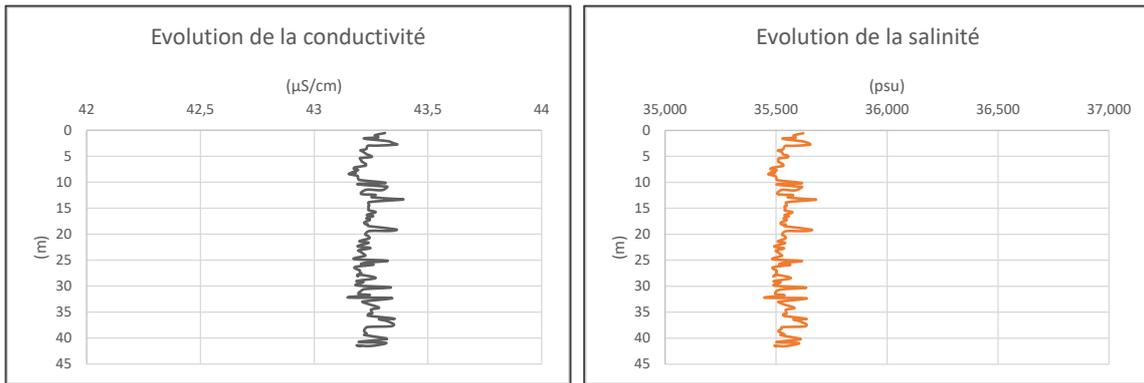
##### 3.1.1 Température, salinité et conductivité

La température et la salinité sont deux paramètres descriptifs d'hydrologie qui caractérisent les masses d'eau du milieu marin. Ils conditionnent la répartition, la migration, la nutrition et la reproduction des vertébrés et invertébrés marins.



**Figure 19 : Résultats des mesures de la température de l'eau**

On observe une température très homogène sur le profil. La température de surface est de 14,71°C. La température mesurée sur le fond est de 14,75°C.



**Figure 20 : Evolution de la conductivité et de la salinité**

La conductivité nous permet de définir la salinité.

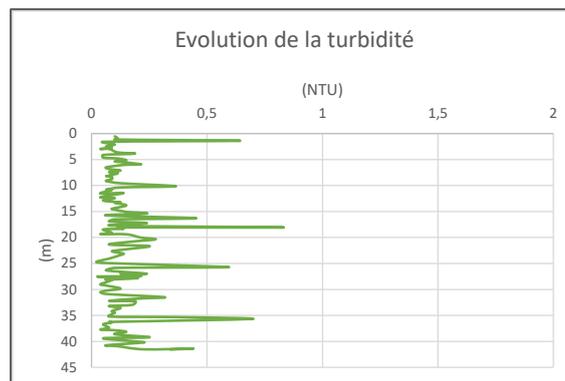
La salinité est relativement stable sur la station échantillonnée : les valeurs varient de 35,449 à 35,680 g/L sur l'ensemble des mesures effectuées sur le profil. La salinité est donc relativement stable sur la colonne d'eau. Seules de toutes petites variations sont visibles lors des mesures.

### 3.1.2 Turbidité

La turbidité évalue la transparence d'une eau par la perte de lumière résultant de sa traversée. Elle est donc fonction de la quantité, de la taille et de la forme des particules en suspension et varie en fonction des apports des fleuves, de la remise en suspension du sédiment et de la concentration en plancton. Ces éléments dépendent des événements météorologiques.

Plus la turbidité est importante et plus l'eau est trouble. Par l'atténuation de la pénétration de la lumière, la turbidité impacte la production primaire, et également la croissance d'espèces végétales benthiques et la répartition des espèces pélagiques.

Certains habitats sont naturellement soumis à de fortes variations de turbidité, comme c'est le cas dans cette étude et les espèces en présence vivent majoritairement enfouies dans le sédiment ou à la surface de celui-ci, profitant de la matière en suspension (disponibilité de nourriture pour les organismes filtreurs entre-autre) qui participe à la turbidité des eaux.



**Figure 21 : Evolution de la turbidité**

La turbidité varie de 0,025 NTU à 0,833 NTU sur le profil effectué.

### 3.1.3 Oxygène dissous

Oxygène dissous dépend des processus biologiques, chimiques et mécaniques. Il influence la structure des communautés bactériennes, benthique et dans la colonne d'eau. (Rappel : de 0 à 1 mg/L : anoxie ; de 1 à 3 mg/L : hypoxie ; de 3 à 5 mg/L : stress biologique).

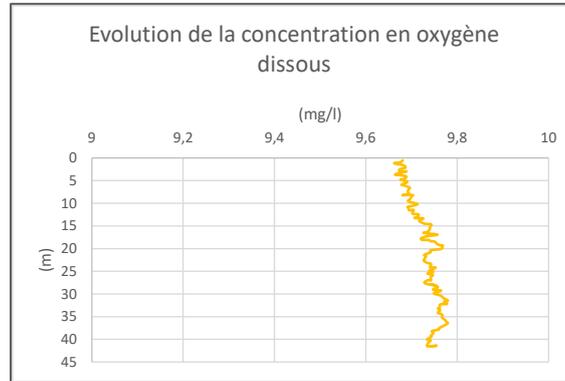


Figure 22 : Evolution de l'oxygène dissous

Les résultats d'oxygène dissous sur la station de mesure de l'eau montrent une variation des valeurs en fonction de la profondeur. La valeur passe de 9,662 mg/l en surface à 9,78 mg/l vers 36 mètres de profondeur.

**Les résultats obtenus par la sonde multi-paramètres Sambat présentent des valeurs correspondant au milieu étudié en cette saison.**

### 3.1.4 Résultats chimiques

Le Tableau 16 ci-après présente les résultats des analyses (échantillon unique) réalisées sur l'eau prélevée sur la zone d'étude. Les bordereaux d'analyses du laboratoire sont fournis en **Annexe 1**.

Les résultats montrent que pour la quasi-totalité des éléments testés, les valeurs sont inférieures aux seuils de détection du laboratoire.

La valeur du cuivre (1,9 µg/l) est légèrement au-dessus du seuil (1 µg/l), de même pour les valeurs de la COT (1,5 mg/l pour un seuil de 0,5 mg/l), du Phosphore total (0,36 µmol/l pour 0,1 µmol/l) et de l'Azote global (5,1 µmol/l pour 0,1 µmol/l).

**Aucune pollution n'est détectée au regard des 41 substances de la DCE sur la station de prélèvement de l'eau.**

Tests	Paramètres	Unité	LQ	ST EAU	Tests	Paramètres	Unité	LQ	ST EAU
MES filtration	Matières en suspension (MES)	mg/l	2	7,3	Test daphnies 48 h - 1 valeur	Inhibition mobilité Daphnia magna 48h (%)	% (CE 50)		21,2
Arsenic (As) / LS2KX	Arsenic (As)	µg/l	5	<5.0		Inhibition mobilité Daphnia magna 48h (µg/m3)	Equitox/m³		4,7
Cadmium (Cd) / LS2KX	Cadmium (Cd)	µg/l	0,2	<0.2	Azote global	Azote global	µmol/l	0,1	5,1
Chrome (Cr) / LS2KX	Chrome (Cr)	µg/l	1	<1.0		Azote global (mg/l)	mg/l	0,0014	0,3178
Cuivre (Cu) / LS2KX	Cuivre (Cu)	µg/l	1	1,9	Mesure du pH	pH à T°C	Unités pH	0	8,3
Mercuré (Hg)	Mercuré (Hg)	µg/l	0,015	<0.015		Température de mesure du pH	°C	0,5	20
Nickel (Ni) / LS2KX	Nickel (Ni)	µg/l	1	<1.0	Conductivité à 25°C	Conductivité à 25°C	µS/cm	2	52800
Plomb (Pb) / LS2KX	Plomb (Pb)	µg/l	1	<1.0	Carbone Organique Total (COT)	Carbone Organique Total (COT)	mg/l	0,5	1,5
Zinc (Zn) / LS2KX	Zinc (Zn)	µg/l	10	10	Phosphore total	Phosphore total	µmol/l	0,1	0,36
4-tert-Octylphénol / IX8GX	4-tert-Octylphénol	µg/l	0,1	<0.100		Phosphore total (mg/l)	mg/l	0,0031	0,0112
4-tert-Octylphénol Monoéthoxylate (OP1EO) / IX8GX	4-tert-Octylphénol Monoéthoxylate (OP1EO)	µg/l	0,1	<0.100	Nonylphénols et nonylphénols-éthoxylates	Nonylphénol - Isomères	µg/l	0,05	<0.05
4-tert-Octylphénol Diéthoxylate / IX8GX	4-tert-Octylphénol Diéthoxylate	µg/l	0,1	<0.100		Nonylphénol monoéthoxylate	µg/l	0,05	<0.05
4-n-octylphénol / IX8GX	4-n-octylphénol	µg/l	0,1	<0.100		Nonylphénol diéthoxylates	µg/l	0,1	<0.1
Endosulfan alpha / IXMG2	Endosulfan alpha	µg/l	0,005	<0.005	Polybromodiphényléthers (PBDE)	2,2',4'-TriBDE (BDE-17)	ng/l		<0.0500
Chlorpyrifos-méthyl / IXMG2	Chlorpyrifos-méthyl	µg/l	0,02	<0.02		2,4,4'-TriBDE (BDE-28)	ng/l		<0.0500
Trifluraline / IXMG2	Trifluraline	µg/l	0,01	<0.01		2,2',4,4'-TetraBDE (BDE-47)	ng/l		<0.117
Atrazine / IXIFJ	Atrazine	µg/l	0,002	<0.002		2,2',4,5'-TetraBDE (BDE-49)	ng/l		<0.117
Simazine / IXIFJ	Simazine	µg/l	0,002	<0.002		2,3',4',6'-TetraBDE(66)	ng/l		<0.117
Chlorfenvinphos / IXIFJ	Chlorfenvinphos	µg/l	0,01	<0.01		2,3',4',6'-TetraBDE(71)	ng/l		<0.117
Isoproturon / IXIFJ	Isoproturon	µg/l	0,002	<0.002		3,3',4,4'-TetraBDE(77)	ng/l		<0.117
Anthracène / IXHA7	Anthracène	µg/l	0,005	<0.005		2,2',3,4,4'-PentaBDE(85)	ng/l		<0.233
Benzo(a)pyrène / IXHA7	Benzo(a)pyrène	µg/l	0,005	<0.005		2,2',4,4',5'-PentaBDE (BDE-99)	ng/l		<0.233
Benzo(b)fluoranthène / IXHA7	Benzo(b)fluoranthène	µg/l	0,005	<0.005		2,2',4,4',6'-PentaBDE (100)	ng/l		<0.233
Benzo(k)fluoranthène / IXHA7	Benzo(k)fluoranthène	µg/l	0,005	<0.005		2,3',4,4',6'-PentaBDE(119)	ng/l		<0.233
Benzo(ghi)Pérylène / IXHA7	Benzo(ghi)Pérylène	µg/l	0,001	0,0011		3,3',4,4',5'-PentaBDE (BDE-126)	ng/l		<0.233
o,p'-DDT / IXHA7	o,p'-DDT	µg/l	0,003	<0.003		2,2',3,4,4',5'-HexaBDE (BDE-138)	ng/l		<0.350
DDT,p,p / IXHA7	DDT,p,p	µg/l	0,003	<0.003		2,2',4,4',5,5'-HexaBDE(153)	ng/l		<0.350
Endrine / IXHA7	Endrine	µg/l	0,005	<0.005		2,2',4,4',5,6'-HexaBDE(154)	ng/l		<0.350
Fluoranthène / IXHA7	Fluoranthène	µg/l	0,005	<0.005		2,3,3',4,4',5'-HexaBDE (BDE-156)	ng/l		<0.350
Indeno (1,2,3-cd) Pyrène / IXHA7	Indeno (1,2,3-cd) Pyrène	µg/l	0,005	<0.005		2,2',3',4,4',5,6'-HeptaBDE(183)	ng/l		<0.583
Naphtalène / IXHA7	Naphtalène	µg/l	0,05	<0.05		2,2',3,4,4',6,6'-HeptaBDE (BDE-184)	ng/l		<0.583
1,2,3-Trichlorobenzène / IXMG2	1,2,3-Trichlorobenzène	µg/l	0,05	<0.05		2,3,3',4,4',5',6'-HeptaBDE (BDE-191)	ng/l		<0.583
1,2,4-Trichlorobenzène / IXMG2	1,2,4-Trichlorobenzène	µg/l	0,05	<0.05		2,2',3,3',4,4',5,6'-OctaBDE (BDE-196)	ng/l		<1.17
1,3,5-Trichlorobenzène / IXMG2	1,3,5-Trichlorobenzène	µg/l	0,05	<0.05		2,2',3,3',4,4',6,6'-OctaBDE (BDE-197)	ng/l		<1.17
Aldrine / IXMG2	Aldrine	µg/l	0,005	<0.005		2,2',3,3',4,4',5,5',6'-NonaBDE (BDE-206)	ng/l		<2.33
Béta-endosulfan / IXMG2	Béta-endosulfan	µg/l	0,005	<0.005		2,2',3,3',4,4',5,6,6'-NonaBDE (BDE-207)	ng/l		<2.33
Chlorpyrifos (-ethyl) / IXMG2	Chlorpyrifos (-ethyl)	µg/l	0,01	<0.01		DecaBDE(209)	ng/l		<5.83
Dieldrine / IXMG2	Dieldrine	µg/l	0,005	<0.005		Somme des PBDE avec LOQ	ng/l		17,8
Diéthylhexylphthalate (DEHP) / IXMG2	Diéthylhexylphthalate (DEHP)	µg/l	0,4	<0.400		Somme des PBDE sans LOQ	ng/l		ND
Hexachlorobenzène (HCB) / IXMG2	Hexachlorobenzène (HCB)	µg/l	0,003	<0.003		somme des TriBDEs avec LOQ	ng/l		0,1
Isodrine / IXMG2	Isodrine	µg/l	0,01	<0.01		somme des TriBDEs sans LOQ	ng/l		ND
Pentachlorobenzène / IXMG2	Pentachlorobenzène	µg/l	0,05	<0.05		somme des TetraBDEs sans LOQ	ng/l		ND
Pentachlorophénol (PCP) / IX8GX	Pentachlorophénol (PCP)	µg/l	0,1	<0.100		somme des TetraBDEs avec LOQ	ng/l		0,583
Alachlore / IXIFJ	Alachlore	µg/l	0,002	<0.002		somme des PentaBDEs avec LOQ	ng/l		1,17
1,1,1,2-Tétrachloroéthane / IXV05	1,1,1,2-Tétrachloroéthane	µg/l	0,5	<0.50		somme des PentaBDEs sans LOQ	ng/l		ND
1,2-Dichloroéthane / IXV05	1,2-Dichloroéthane	µg/l	0,5	<0.50		somme des HexaBDEs sans LOQ	ng/l		ND
Benzène / IXV05	Benzène	µg/l	0,5	<0.50		somme des HexaBDEs avec LOQ	ng/l		1,4
Chloroforme (trichlorométhane) / IXV05	Chloroforme (trichlorométhane)	µg/l	5	<5.000		somme des HeptaBDEs avec LOQ	ng/l		1,75
Dichlorométhane / IXV05	Dichlorométhane	µg/l	5	<5.000		somme des HeptaBDEs sans LOQ	ng/l		ND
Trichloroéthylène / IXV05	Trichloroéthylène	µg/l	0,5	<0.50		somme des NonaBDEs sans LOQ	ng/l		ND
Tetrachloroéthylène / IXV05	Tetrachloroéthylène	µg/l	0,5	<0.50		somme des NonaBDEs avec LOQ	ng/l		4,67
Tributylétain cation / IXIES	Tributylétain cation	µg/l	0,0005	<0.0005		somme des OctaBDEs avec LOQ	ng/l		2,33
Organo Halogénés Adsorbables (AOX) Annexe A	AOX	µg/l	10	26		somme des OctaBDEs sans LOQ	ng/l		ND
Indice Hydrocarbures (C10-C40)	Indice Hydrocarbures (C10-C40)	mg/l	0,1	<0.1	Pack organochlorés	HCH Alpha	µg/l	0,01	<0.010
						HCH Béta	µg/l	0,01	<0.010
						HCH Delta	µg/l	0,01	<0.010
						HCH-epsilon	µg/l	0,01	<0.010
						HCH, gamma - Lindane	µg/l	0,01	<0.010
						Hexachloro-1,3-butadiène	µg/l	0,01	<0.0100

Tableau 16 : Résultats des analyses chimiques de l'eau

### 3.2 ANALYSES SEDIMENTAIRES

Rappel de la localisation des prélèvements sur la zone :

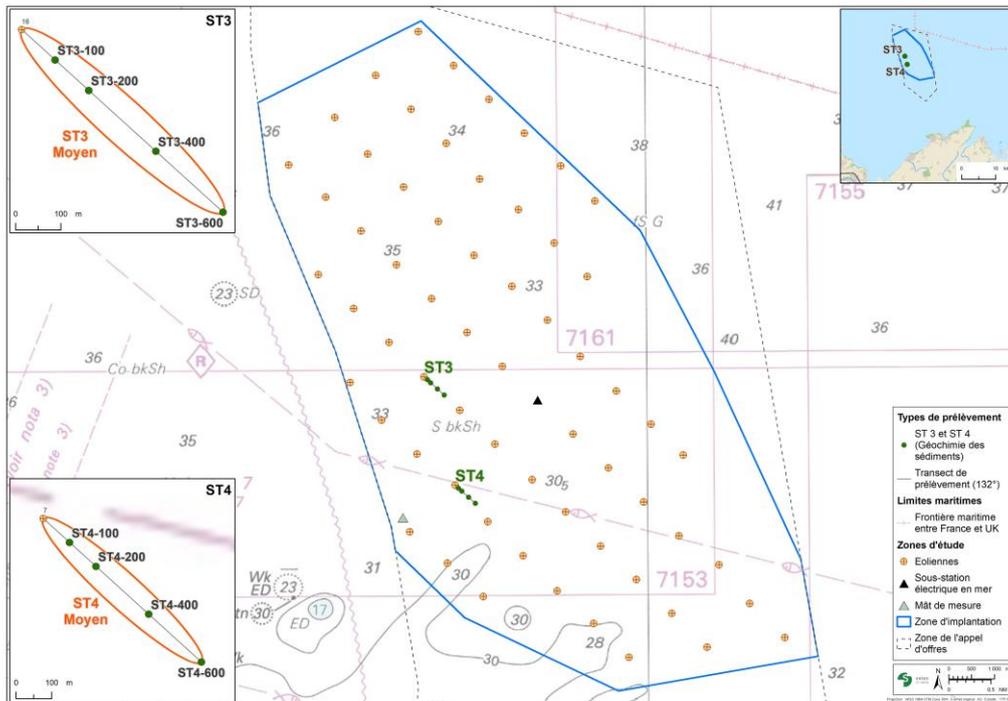


Figure 23 : Plan de positionnement des prélèvements sédimentaires et reportés sur fond de carte marine

#### 3.2.1 Récapitulatif granulométrique

Le tableau ci-dessous synthétise les principaux résultats issus de l'analyse granulométrique sur les huit stations étudiées.

Echantillons	Mode (µm)	Médiane (µm)	Fraction fine (%)	Facès	COT (mg/kg MS)	Matière sèche (% P.B)
ST3-100	500	1073	0,5	SABLES TRES GROSSIERS	6680	47
ST3-200	0	3227	1,1	GRAVILLONS / GRANULES	6650	45
ST3-400	500	1668	0,6	SABLES TRES GROSSIERS	6080	46
ST3-600	0	3620	0,6	GRAVILLONS / GRANULES	6510	47
ST4-100	0	>20000 µm	0,3	CAILLOUX / GRAVIERS	7850	49
ST4-200	0	>20000 µm	0,4	CAILLOUX / GRAVIERS	12000	81
ST4-400	0	>20000 µm	0,2	CAILLOUX / GRAVIERS	10200	14
ST4-600	0	>20000 µm	0,5	CAILLOUX / GRAVIERS	8570	58

Couleur	Classe	Diamètres des grains (µm)
Vert	Limon / Argiles	(< 63 µm)
Vert clair	Sable très fin	(63 - 125 µm)
Vert	Sable fin	(125 - 250 µm)
Jaune	Sable moyen	(250 - 500 µm)
Orange	Sable grossier	(500 µm - 1 mm)
Orange foncé	Sable très grossier	(1 - 2 mm)
Orange foncé	Gravillon / granules	(2 - 4 mm)
Orange foncé	Cailloux / graviers	(> 4 mm)

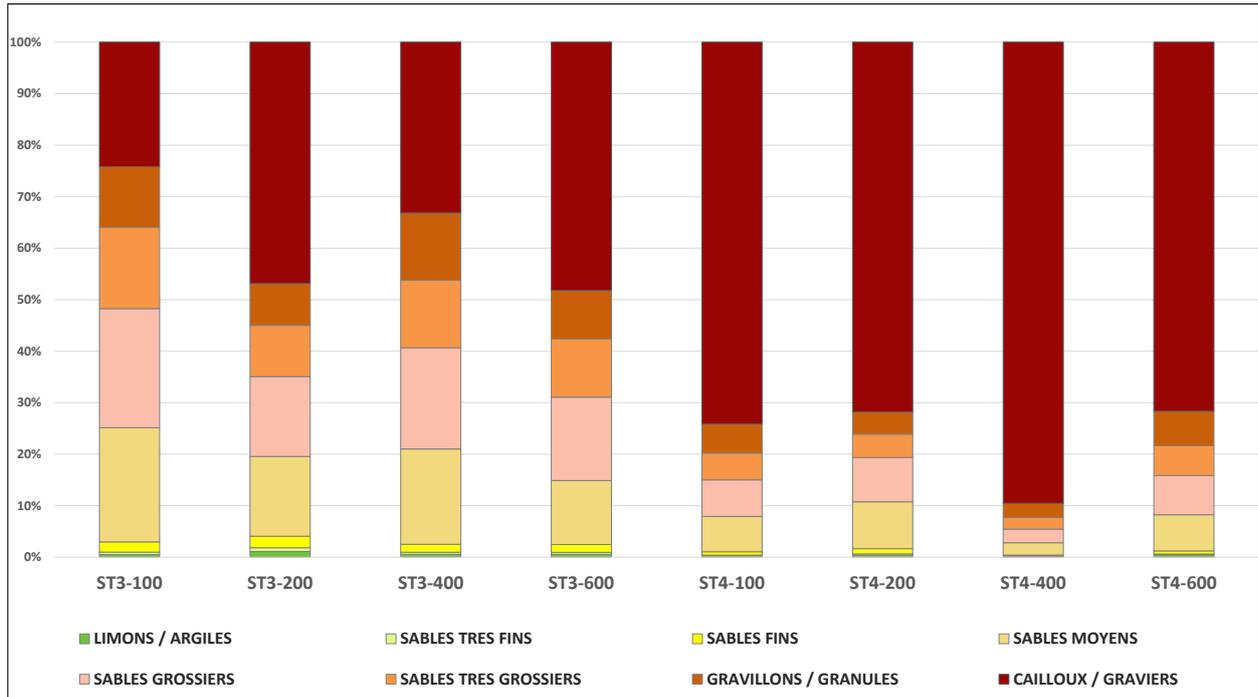
Tableau 17 : Facès granulométriques des stations de prélèvement

Les résultats obtenus montrent que les stations présentent des granulométries plutôt homogènes sur chacune des zones des relevés.

La majorité des stations présentent des granulométries de sables très grossiers, gravillons (zone ST3) et de cailloux et graviers (zone ST4), granulométrie typique de la zone géographique. La classe « cailloux et graviers » est la classe granulométrique la plus importante de la classification utilisée (Wentworth modifié). Les échantillons ne présentent quasiment pas de fraction fine.

Aux cailloux présents sur les stations sont mélangés des sables plus ou moins grossiers, des gravillons et des coquilles de mollusques.

Les stations de la zone ST3 présentent une composition plus hétérogène au sein de chaque échantillon. Le graphe ci-après illustre la composition granulométrique de chaque échantillon.



**Figure 24 : Pourcentages des fractions granulométriques pour les stations de prélèvement**

Les illustrations ci-dessous montrent la granulométrie brute des échantillons de la zone ST3 :



**Figure 25 : Granulométrie brute des échantillons de la zone ST3**

Les planches ci-dessous illustrent la composition granulométrique des stations de la zone ST3 :

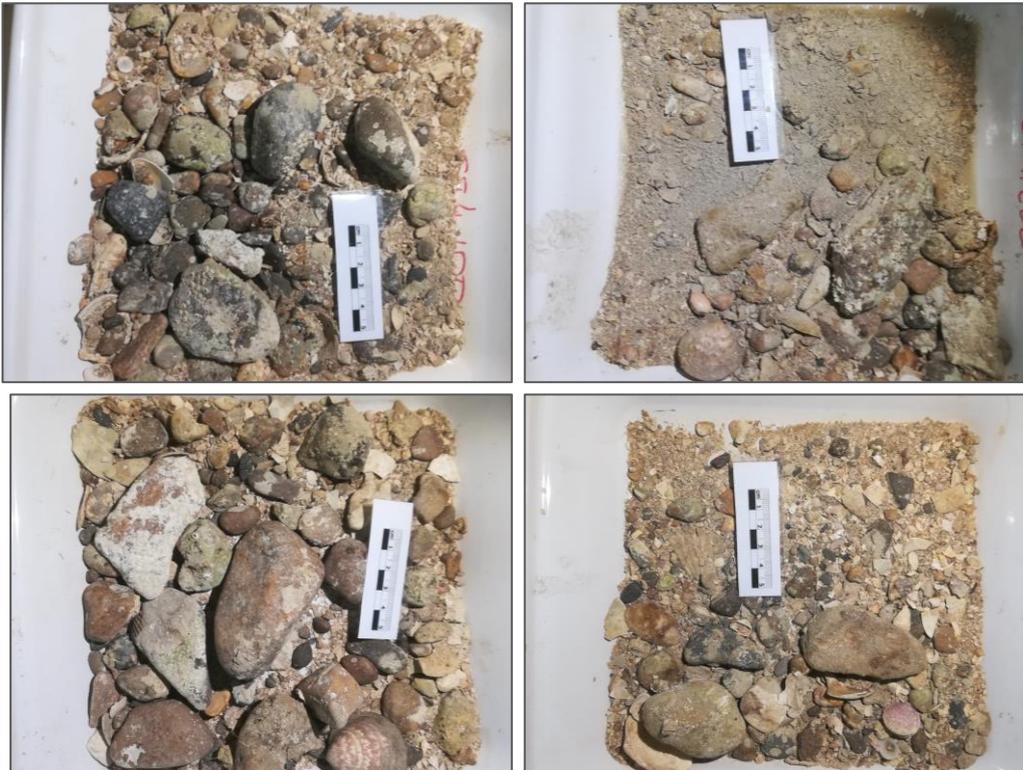
**Planche 1 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST3 – 100**

**Planche 2 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST3 – 200**

**Planche 3 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon S3 – 400**

**Planche 4 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST3 – 600**

Les illustrations ci-dessous montrent la granulométrie brute des échantillons de la zone ST4 :



**Figure 26 : Granulométrie brute des échantillons de la zone ST4**

Les planches ci-dessous illustrent la composition granulométrique des stations de la zone ST4 :

***Planche 5 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST4 – 100***

***Planche 6 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST4 – 200***

***Planche 7 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST4 – 400***

***Planche 8 : Synthèse et représentations de l'analyse granulométrique de l'échantillon ST4 – 600***

### 3.2.2 Diagramme de Folk

Le diagramme de Folk permet de visualiser toutes les stations bio-sédimentaires étudiées selon une autre classification. Cette représentation montre deux tendances : les stations de la zone ST3 réparties sur les sables graveleux (« gS ») ainsi que graviers sableux (« sG ») et les autres stations de la zone ST4 situées dans les graviers sableux (« sG ») et les graviers (« G »).

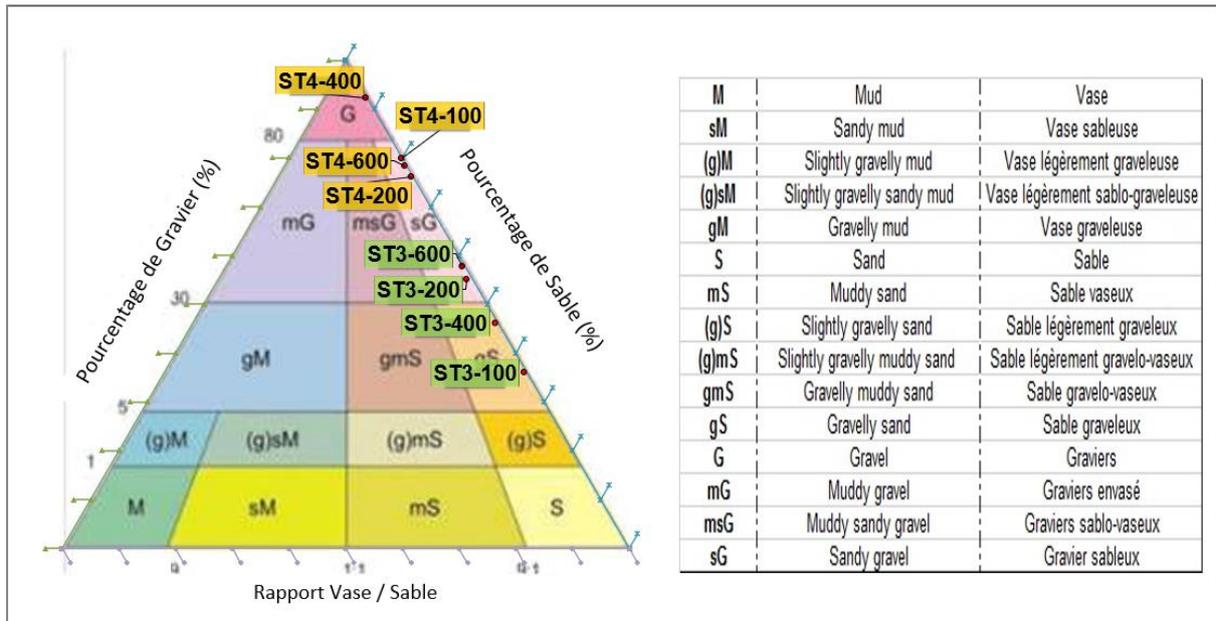


Figure 27 : Diagramme de Folk pour les stations de l'étude

### 3.2.3 Géochimie des sédiments

Le tableau ci-dessous présente les résultats des analyses (échantillon moyen) réalisées sur les sédiments prélevés sur la zone d'étude. Les bordereaux d'analyses du laboratoire sont fournis en Annexe 1.

Paramètre	Unité	Seuils		ST3 - Moyen	ST4 - Moyen
		N1	N2		
<b>Propriétés physiques</b>					
Matières sèches (MS)	%			64,2	79,8
Densité	-			1,74	1,51
<b>Nutriments</b>					
Teneur en Al	g/kg MS			3840	4050
COT	g/kg MS			7,09	10,8
Azote Kjeldahl	g/kg MS			< 0,5	0,8
Phosphore	mg/kg MS			377	439
Phosphore total	g/kg MS			863	1010
<b>Substances polluantes</b>					
<b>Métaux lourds</b>					
Arsenic (As)	mg/kg MS	25	50	5,02	5,28
Cadmium (Cd)	mg/kg MS	1,2	2,4	0,11	0,11
Chrome (Cr)	mg/kg MS	90	180	8,62	9,11
Cuivre (Cu)	mg/kg MS	45	90	< 5,00	6,47
Fer (Fe)	mg/kg MS			5420	5730
Magnésium (Mg)	mg/kg MS			12000	10700
Mercuré (Hg)	mg/kg MS	0,4	0,8	< 0,10	< 0,10
Nickel (Ni)	mg/kg MS	37	74	6,71	6,96
Plomb (Pb)	mg/kg MS	100	200	12,1	12,1
Silicium (Si)	mg/kg MS			326	343
Zinc (Zn)	mg/kg MS	276	552	21,3	21,4
Indium (In)	mg/kg			< 10	< 10
<b>Polychlorobiphényles (PCB)</b>					
PCB 28	mg/kg MS	0,005	0,01	< 0,001	< 0,001
PCB 52	mg/kg MS	0,005	0,01	< 0,001	< 0,001
PCB 101	mg/kg MS	0,01	0,02	< 0,001	< 0,001
PCB 118	mg/kg MS	0,01	0,02	< 0,001	< 0,001
PCB 138	mg/kg MS	0,02	0,04	< 0,001	< 0,001
PCB 153	mg/kg MS	0,02	0,04	< 0,001	< 0,001
PCB 180	mg/kg MS	0,01	0,02	< 0,001	< 0,001
Somme des 7 PCB	mg/kg MS	0,5	1	0,004	0,004
<b>Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)</b>					
Acénaphthène	mg/kg MS	0,015	0,26	0,0097	0,017
Acénaphthylène	mg/kg MS	0,04	0,34	< 0,0022	0,003
Anthracène	mg/kg MS	0,085	0,59	0,0046	0,013
Benzo(a)anthracène	mg/kg MS	0,26	0,93	0,0059	0,0097
Benzo(a)pyrène	mg/kg MS	0,43	1,015	0,0043	0,01
Benzo(b)fluoranthène	mg/kg MS	0,4	0,9	0,0098	0,012
Benzo(g,h,i)perylène	mg/kg MS	1,7	5,65	0,0028	0,0097
Benzo(k)fluoranthène	mg/kg MS	0,2	0,4	< 0,0022	0,0043
Chrysène	mg/kg MS	0,38	1,59	0,0049	0,014
Dibenzo(a,h)anthracène	mg/kg MS	0,06	0,16	< 0,0022	0,0027
Fluoranthène	mg/kg MS	0,6	2,85	0,012	0,036
Fluorène	mg/kg MS	0,02	0,28	0,01	0,025
Indénopyrène	mg/kg MS	1,7	5,65	0,0034	0,0052
Naphtalène	mg/kg MS	0,16	1,13	< 0,0022	0,0074
Phénanthrène	mg/kg MS	0,24	0,87	0,011	0,04
Pyrène	mg/kg MS	0,5	1,5	0,011	0,034
Somme des HAP				0,091	0,24
<b>Dérivés de l'étain</b>					
Tributylétain (TBT)	µg/kg MS	100	400	< 2,00	< 2,00
Dibutylétain (DBT)	µg/kg MS			< 2,00	< 2,00
Monobutylétain (MBT)	µg/kg MS			< 2	2,3
Tétrabutylétain -Sn (TeBT)	µg/kg MS			< 10	< 10

Tableau 18 : Comparaison des résultats des analyses physico-chimiques avec les seuils N1/N2

### ✓ Matières sèches

Les taux de matières sèches se situent autour de 64,2% pour l'échantillon ST3- Moyen et 79,8% pour l'échantillon ST4- Moyen.

### ✓ Densité

La densité varie entre 1,74 (échantillon ST3- Moyen) et 1,61 (échantillon ST4- Moyen).

### ✓ Métaux lourds, PCB, HAP

Les analyses montrent que les concentrations en métaux lourds, et PCB sont toutes inférieures aux seuils N1.

Les concentrations pour les HAP sont aussi pour la quasi-totalité inférieures au niveau N1, mais on note que deux molécules présentent des taux très légèrement supérieurs à ce niveau N1 sur l'échantillon ST4 Moyen : l'Acénaphène et le Fluorène.

Cette présence peut être liée à des activités motonautiques. En effet, les HAP peuvent être libérés directement dans le milieu récepteur par les activités motonautiques (débordement lors du remplissage des réservoirs d'essence, huiles et graisses utilisées pour l'entretien des embases et des moteurs). La présence de composés légers comme le naphthalène ou le fluorène sont plutôt caractéristiques de ces rejets directs dans le milieu (Ifremer, 2014)<sup>16</sup>.

### ✓ Nutriments

Pour la contamination en nutriments, le référentiel utilisé est celui proposé par l'Ifremer (Alzieu C., 2003) :

COT (g/kg MS)		Azote Kjeldahl (mg/kg MS)		Phosphore (mg/kg MS)	
Valeurs	Indice	Valeurs	Indice	Valeurs	Indice
< 0,6	0	< 600	0	< 500	0
0,6 – 2,3	1	600 – 1200	1	500 – 800	1
2,4 - 4	2	1200 -2400	2	800 -1200	2
4,1 - 5,8	3	2400 -3600	3	> 1200	3
> 5,8	4	> 3600	4		

Indices de pollution organique



**Tableau 19 : Niveaux de dégradation associés à la pollution organique (d'après Alzieu C., 2003)**

	ST3 - Moyen	ST4 - Moyen
COT	4	4
Azote Kjeldahl	1	1
Phosphore	1	1
<b>SCORE</b>	<b>6</b>	<b>6</b>

**Tableau 20 : Scores de la pollution organique**

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

Ces valeurs sont plutôt élevées (6) pour les deux échantillons, notamment à cause de la valeur du COT élevée : ces fortes valeurs sont sûrement dues aux nombreux animaux dégradés présents dans le sédiment lors des analyses.

<sup>16</sup> Ifremer, 2014 ; « Valorisation des données de la surveillance DCE »

### 3.2.4 Synthèse

Les sédiments prélevés sur la zone d'étude révèlent une homogénéité sur chacune des zones de prélèvement.

La majorité des stations présentent des granulométries de sables très grossiers, gravillons (zone ST3) et de cailloux et graviers (zone ST4), granulométrie typique de la zone géographique. La classe « cailloux et graviers » est la classe granulométrique la plus importante de la classification utilisée (Wentworth modifié). Les échantillons ne présentent quasiment pas de fraction fine. Aux cailloux présents sur les stations sont mélangés des sables plus ou moins grossiers, des gravillons et des coquilles de mollusques.

Le diagramme de Folk permet de visualiser toutes les stations bio-sédimentaires étudiées selon une autre classification. Cette représentation montre deux tendances : les stations de la zone ST3 réparties sur les sables graveleux (« gS ») ainsi que les graviers sableux (« sG ») et les autres stations de la zone ST4 situées dans les graviers sableux (« sG ») et les graviers (« G »).

Pour la quasi-totalité des substances des tests de la géochimie des sédiments, les résultats montrent une absence de contamination (hormis deux légers dépassements du niveau N1 pour l'Acénaphène et le Fluorène sur la station ST4-Moyen en 2020).

L'indium est inférieur au seuil de détection.

### 3.3 ANALYSES ET INVENTAIRES FAUNISTIQUES

Rappel de la localisation des prélèvements sur la zone :

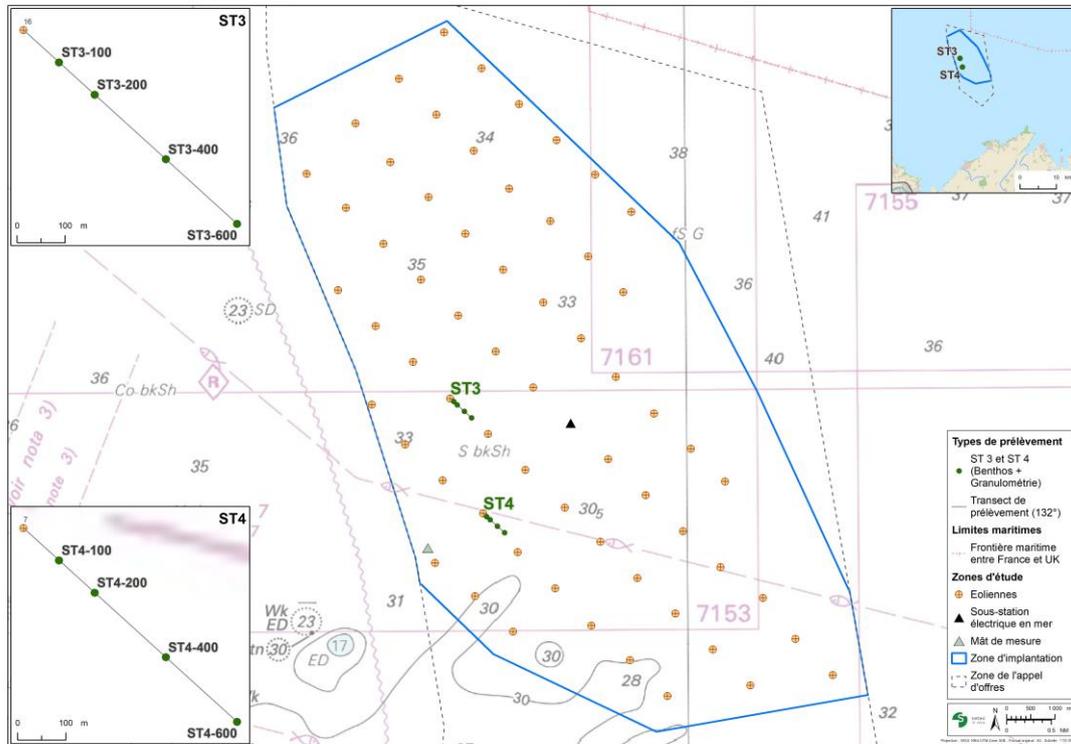


Figure 28 : Plan de positionnement des prélèvements du benthos

#### 3.3.1 Composition des peuplements benthiques. Analyses univariées

La présentation des résultats concerne dans une première partie les paramètres généraux des peuplements (abondance, richesse spécifique, densité) et dans une seconde partie les analyses basées sur les indices écologiques.

La liste faunistique et la répartition de l'abondance des espèces sur les stations sont présentées dans le tableau en **Annexe 2**.

Comme vu dans le protocole, chaque station a été échantillonnée au moyen de cinq (5) bennes de prélèvement. Ces dernières ont été effectuées sur et autour du point GPS correspondant.

Comme le mentionne le protocole de la DCE, il est difficile d'identifier jusqu'à l'espèce les groupes suivants : *Echiura*, *Hemichordata*, *Hydrozoa*, *Insecta*, *Nemertea*, *Oligochaeta*, *Phoronida*, *Platyhelminthes* et *Priapulida*, et l'identification peut s'en tenir à ce niveau taxonomique.

##### 3.3.1.1 Richesse spécifique (S) et Abondance (A)

#### Résultats sur les stations

L'analyse des quarante échantillons biologiques (8 stations à 5 réplicats de 0,1 m<sup>2</sup>) a permis d'identifier cent-soixante-cinq (165) espèces appartenant à cinq (5) groupes zoologiques (hors espèces « diverses ») et de quatre mille quatre cent quatre-vingt-seize (4496) individus.

Stations	a	b	c	d	e	ST3-100	a	b	c	d	e	ST3-200
Richesse spécifique	10	17	17	32	24	57	28	23	27	31	28	60
Abondance (0,5 m <sup>2</sup> )	71	92	83	129	117	492	83	87	103	123	117	513
Densité (ind/m <sup>2</sup> )	142	184	166	258	234	984	166	174	206	246	234	1026

Stations	a	b	c	d	e	ST3-400	a	b	c	d	e	ST3-600
Richesse spécifique	22	23	23	20	28	62	19	17	16	23	23	50
Abondance (0,5 m <sup>2</sup> )	65	91	90	66	78	390	71	58	53	89	47	318
Densité (ind/m <sup>2</sup> )	130	182	180	132	156	780	142	116	106	178	94	636

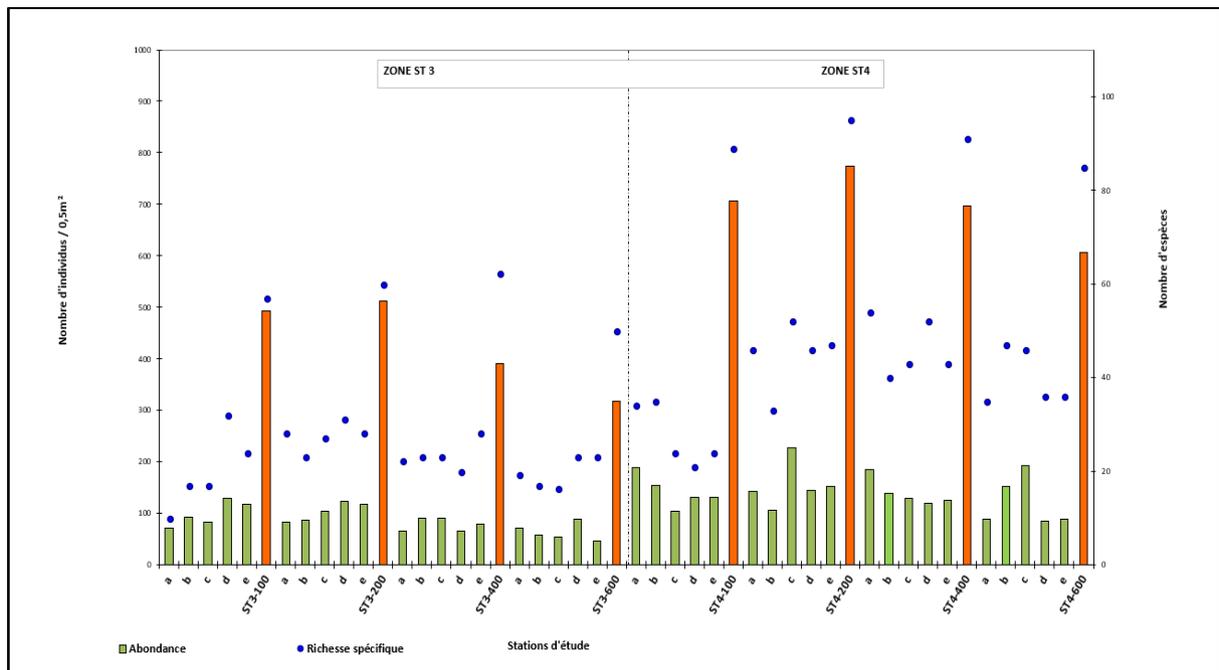
  

Stations	a	b	c	d	e	ST4-100	a	b	c	d	e	ST4-200
Richesse spécifique	34	35	24	21	24	89	46	33	52	46	47	95
Abondance (0,5 m <sup>2</sup> )	189	154	103	130	131	707	143	106	227	144	153	773
Densité (ind/m <sup>2</sup> )	378	308	206	260	262	1414	286	212	454	288	306	1546

Stations	a	b	c	d	e	ST4-400	a	b	c	d	e	ST4-600
Richesse spécifique	54	40	43	52	43	91	35	47	46	36	36	85
Abondance (0,5 m <sup>2</sup> )	184	139	129	119	125	696	89	153	193	84	88	607
Densité (ind/m <sup>2</sup> )	368	278	258	238	250	1392	178	306	386	168	176	1214

**Tableau 21 : Paramètres de richesse spécifique, d'abondance et de densité des espèces sur les stations**



**Figure 29 : Densité et richesse spécifique des stations**

	Moyenne	Ecartype (±)	Min	Max	Stat Min	Stat Max
Richesse spécifique	74	15	50	95	ST3-600	ST4-200
Abondance (0,5 m <sup>2</sup> )	562	161	318	773	ST3-600	ST4-200
Densité (ind/m <sup>2</sup> )	1124	322	636	1546		

**Tableau 22 : Moyennes de la richesse spécifique, de l'abondance et de la densité sur les 8 stations**

La richesse spécifique est comprise entre 50 (station ST3-600) et 95 espèces (station ST4-200). La richesse spécifique moyenne est de 74 ( $\pm 15$ ) espèces pour les sites d'étude.

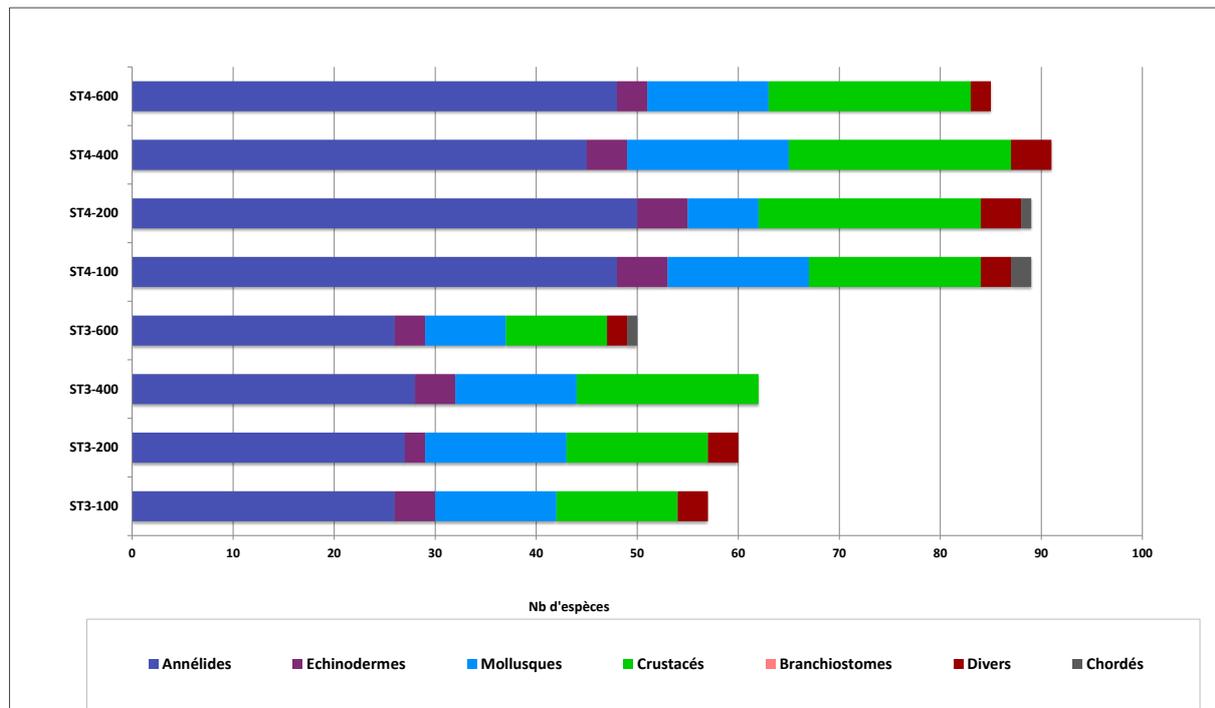
Les abondances sur les stations montrent les mêmes tendances et varient entre 318 (station ST3-600) et 95 individus/0.50 m<sup>2</sup> (station ST4-200). L'abondance moyenne est de 562 ( $\pm 161$ ) individus/0.50 m<sup>2</sup>.

Les stations de la zone ST4 sont sensiblement plus diversifiées et présentent de plus fortes densités que les stations de la zone ST3.

C'est notamment dû à la présence de nombreuses espèces telles que *Amphipholis squamata*, *Polititapes rhomboides*, *Lumbrineris gracilis*, *Eunice vittata*, *Nucula nitidosa*, *Othomaera othonis*, *Glycymeris glycymeris* au sein des échantillons.

Les densités varient entre 636 et 1546 individus/m<sup>2</sup> et présentent une moyenne de 1124 ( $\pm 322$ ) individus/m<sup>2</sup>.

### Groupes taxonomiques

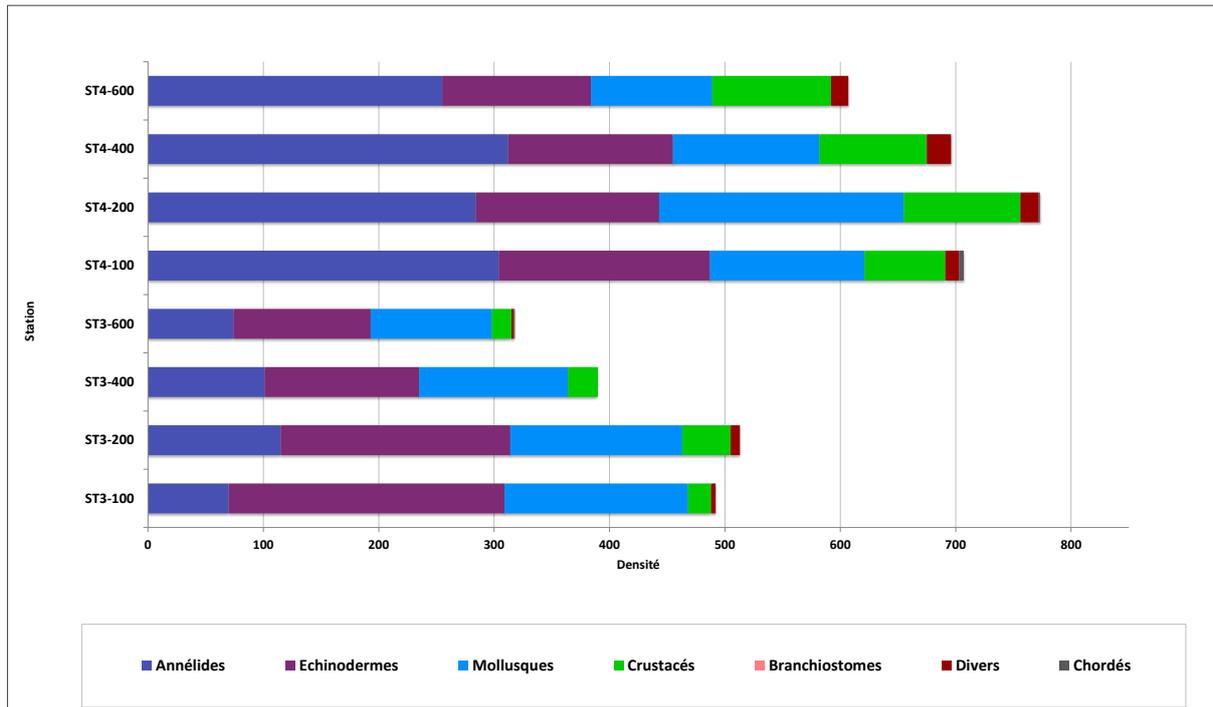


**Figure 30 : Répartition de la richesse spécifique selon le groupe zoologique**

D'un point de vue de la richesse spécifique, on observe que c'est le groupe des vers annélides polychètes qui domine les échantillons que ce soit sur les stations de la zone ST3 ou ST4 (73 espèces) puis celui des crustacés (44 espèces) et celui des mollusques (32 espèces). Les échinodermes sont présentés par 9 espèces et le groupe « divers » et « chordés » regroupent 7 espèces.

La Figure 30 montre que les quatre stations de la zone ST4 sont largement plus diversifiées que celles de la zone ST3.

Chaque groupe de stations (zone ST3 et zone ST4) forme un ensemble homogène et cohérent, sans différence significative au sein des groupes. A noter que les stations les plus éloignées des points des futures éoliennes (respectivement ST3-600 et ST4-600) sont les stations présentant le moins d'espèces par rapport aux stations positionnées à 100, 200 et 400 mètres sur l'axe d'étude de leur zone respective.



**Figure 31 : Répartition de l'abondance selon le groupe zoologique**

La répartition de l'abondance montre des contrastes plus marqués entre les stations d'étude que celle de la richesse spécifique. En termes d'abondance, le groupe zoologique des annélides polychètes domine la composition des échantillons des stations de la zone ST4 (les espèces dominantes sont *Lumbrineris gracilis*, *Eunice vittata*, *Laonice cirrata*, *Scalibregma celticum*, *Glycera lapidum*, *Lumbrineriopsis paradoxa*), mais les échantillons sont aussi composés d'un nombre important d'échinodermes (avec l'ophiure *Amphipholis squamata*), de mollusques (*Polititapes rhomboides*, *Nucula nitidosa*, *Glycymeris glycymeris*, *Leptochiton cancellatus*) et de crustacés (*Othomaera othonis*, *Galathea spp.*).

La répartition de l'abondance sur les stations de la zone ST3 est quant à elle plus largement dominée par les groupes des échinodermes et des mollusques notamment du fait de la forte présence de l'ophiure *Ophiothrix fragilis* et des mollusques bivalves *Glycymeris glycymeris* et *Timoclea ovata*. Le groupe des annélides polychètes reste cependant bien représenté : les espèces *Sphaerodorum gracilis*, *Lumbrineris gracilis*, *Eunice vittata*, *Glycera lapidum*, et *Diplocirrus glaucus* dominent les échantillons.

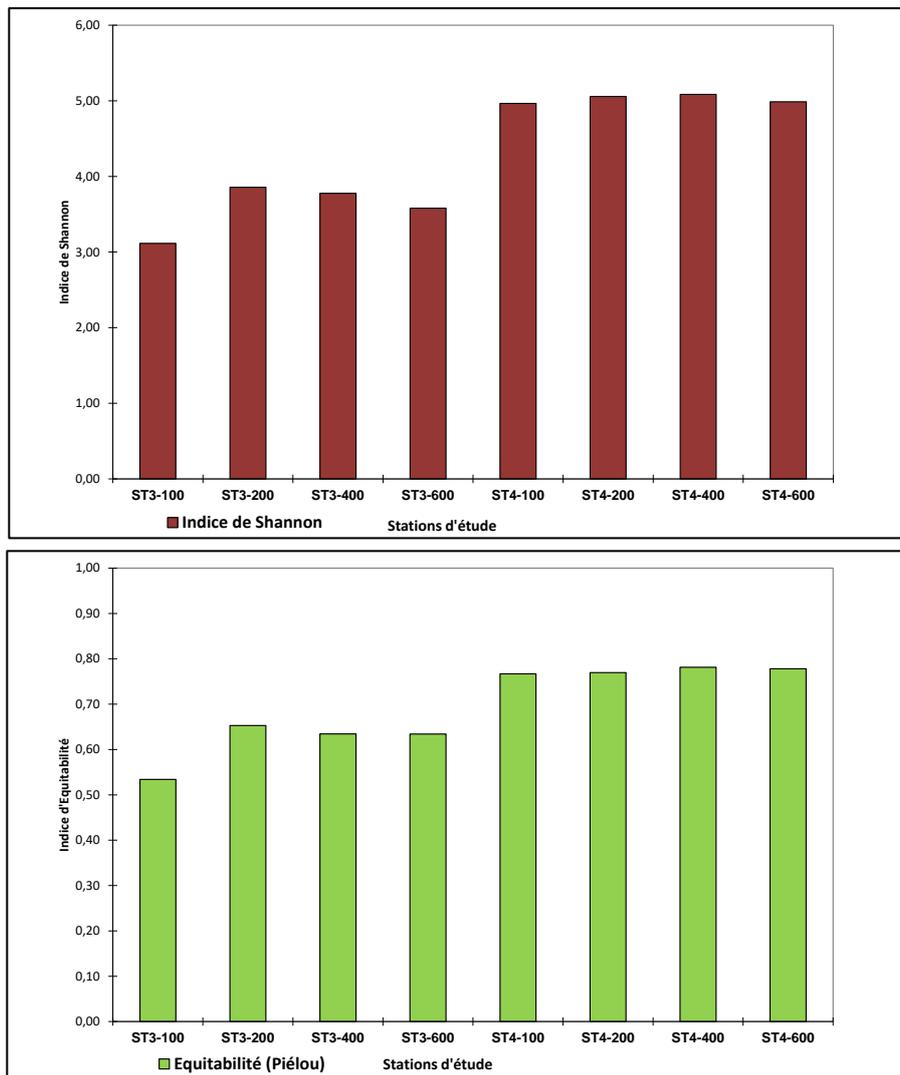
Chaque groupe de stations (zone ST3 et zone ST4) forme un ensemble homogène et cohérent, sans différence significative au sein des groupes. A noter que les stations les plus éloignées des points des futures éoliennes (respectivement ST3-600 et ST4-600) sont les stations présentant les abondances les moins importantes par rapport aux stations positionnées à 100, 200 et 400 mètres sur l'axe d'étude de leur zone respective.

### 3.3.1.2 Indices de diversité

#### Indice de Shannon-Weaver (H') et d'Equitabilité de Piélou (E')

Station	ST3-100	ST3-200	ST3-400	ST3-600	ST4-100	ST4-200	ST4-400	ST4-600
Indice de Shannon	3,11	3,86	3,78	3,58	4,97	5,06	5,08	4,99
Indice d'Equitabilité (Piélou)	0,53	0,65	0,63	0,63	0,77	0,77	0,78	0,78
EcoQ	HIGH	GOOD	MODERATE	POOR	BAD			
H'	H>4	4<H'≤3	3<H'≤2	2<H'≤1	H'<1			

**Tableau 23 : Valeurs de l'indice de Shannon-Weaver et de l'Equitabilité**



**Figure 32 : Indices de diversité de Shannon (en haut) et d'Equitabilité (en bas)**

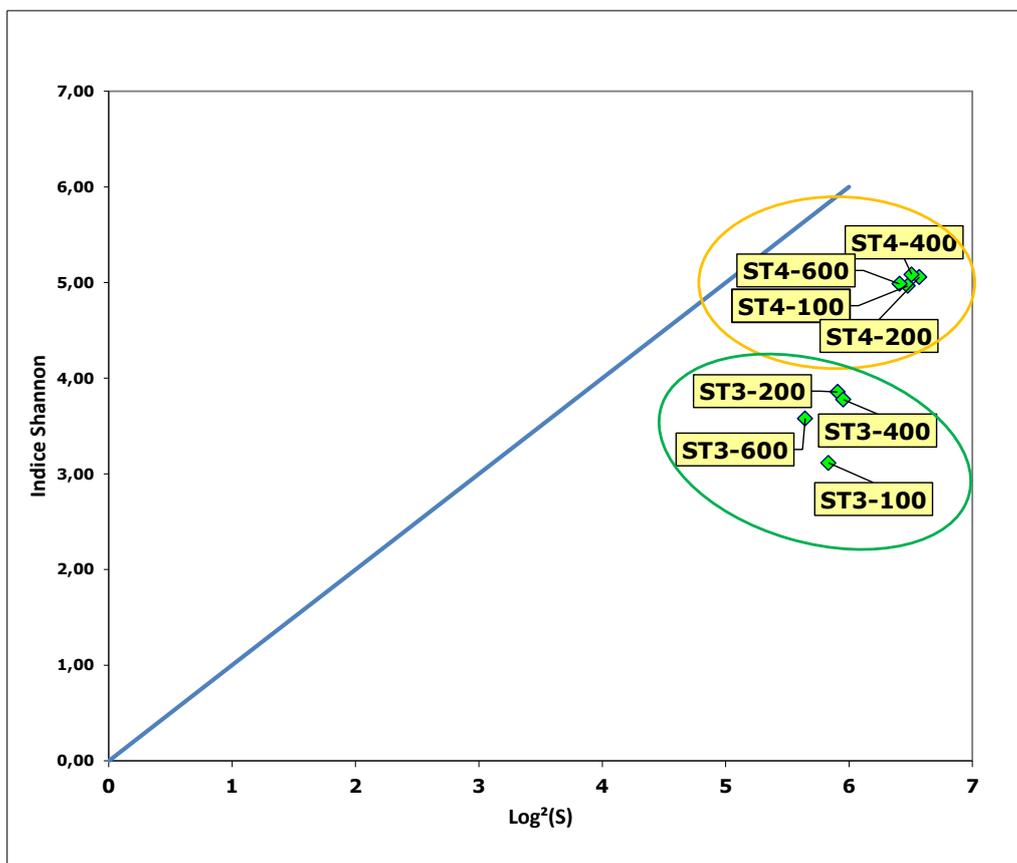
Les indices de Shannon-Weaver observés sont compris entre 3,11 (station ST3-100) et 5,08 (station ST4-400). Ces valeurs témoignent d'un peuplement « excellent » pour les stations de la zone ST4 et « bon » pour les stations de la zone ST3 selon Molvaer et al. (1997) et la classification DCE des masses d'eau.

Pour l'indice d'équitabilité, les stations d'étude de la zone ST4 présentent des valeurs assez semblables : elles présentent des valeurs qui varient de 0,77 à 0,78 (tendance à tendre vers 1) cela témoigne d'une structure de peuplement équilibrée qui s'explique par un nombre assez important d'espèces équitablement réparties.

Les stations de la zone ST3, présentent des valeurs également assez semblables entre elles : elles présentent des valeurs qui varient de 0,53 et 0,65 : cela présente donc de légers déséquilibres au sein des peuplements qui s'expliquent par une dominance d'une ou plusieurs espèces dans ce dernier. En effet les effectifs importants des espèces *Ophiothrix fragilis*, *Glycymeris glycymeris* et *Timoclea ovata* expliquent ce résultat.

### Le modèle DIMO

Le modèle DIMO (*Diversity Monitoring*) développé par Qinghong en 1995 permet d'illustrer de manière synthétique l'évolution spatiale de la richesse spécifique ( $\text{Log}_2S$ ), de la diversité ( $H'$ ) et de l'équitabilité. Cette dernière est représentée par l'angle formé par la droite représentée sur le graphique suivant :



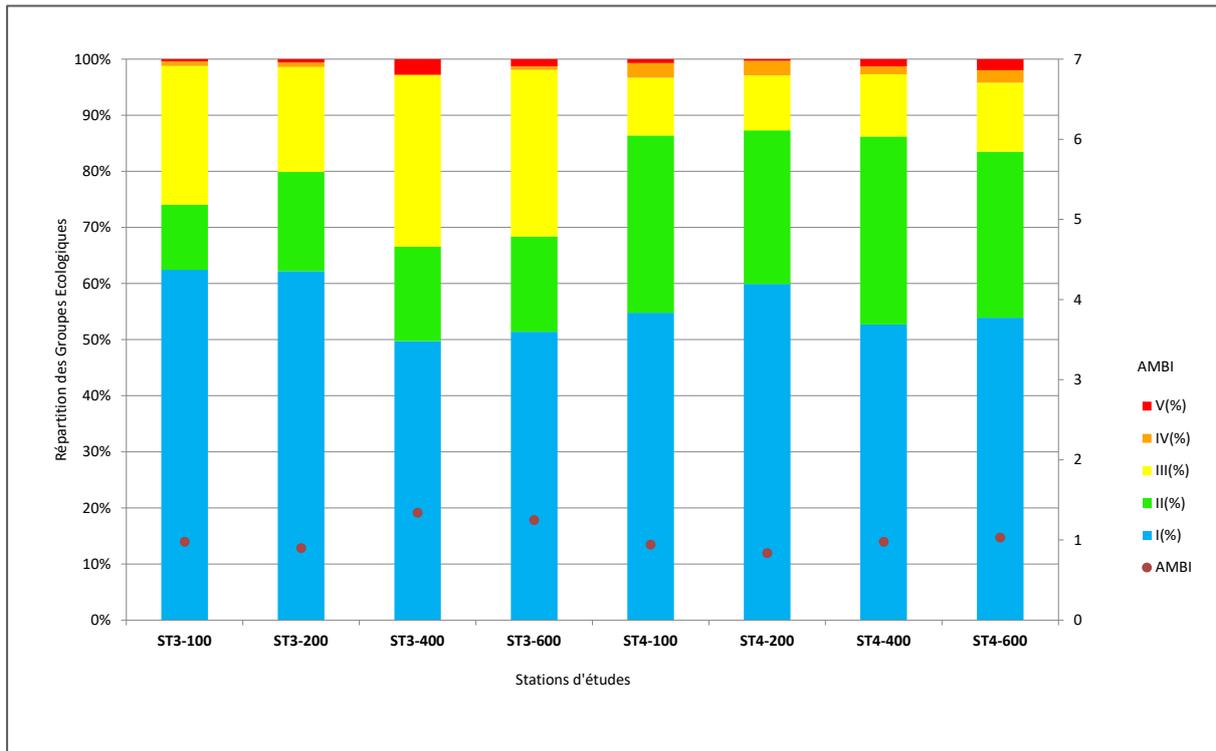
**Figure 33 : Modèle DIMO appliqué aux stations**

La distribution spatiale montre que les peuplements présentent des richesses spécifiques et une répartition des espèces homogène sur l'ensemble des stations de chacune des zones (correspondant également à des granulométries semblables). La station ST3-100 présente un léger déséquilibre malgré une diversité spécifique moyenne. Les stations de la zone ST4 présentent des peuplements diversifiés et équilibrés.

### 3.3.1.3 Indices basés sur les groupes écologiques

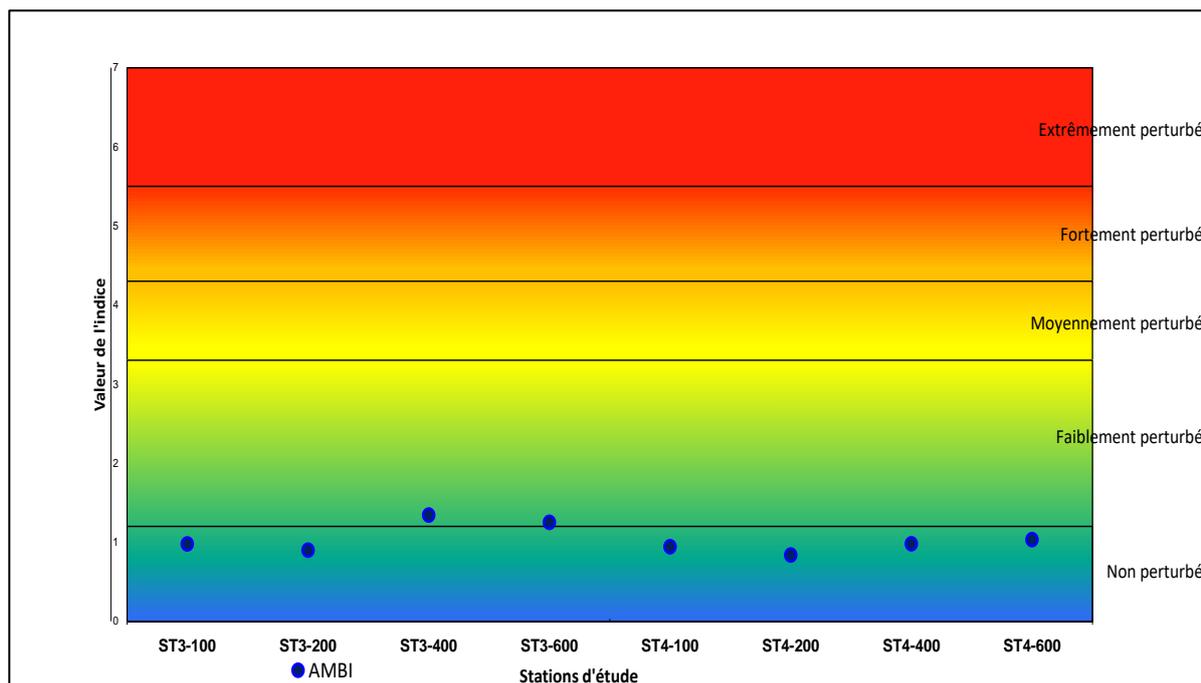
L'identification des groupes écologiques des espèces en présence a été réalisée pour pouvoir déterminer les indices basés sur les groupes écologiques : l'AMBI. Les conditions granulométriques ne permettent pas de calculer l'indice M-AMBI.

#### L'AMBI



**Figure 34 : Répartition des groupes écologiques sur les stations d'étude et valeur moyenne de l'AMBI**

Les groupes écologiques qui composent les stations du site sont répartis de façon assez homogène au sein de ces dernières. Elles sont largement dominées par les espèces des groupes écologiques I (sensibles à l'hypertrophisation), puis du groupe II (espèces indifférentes à l'hypertrophisation) domine le peuplement. Les espèces du groupe III (tolérantes à l'hypertrophisation), sont également représentées. Les espèces opportunistes de premier ordre (groupe V) et du second ordre (Groupe IV) sont aussi présentes sur les stations. Ce sont les stations ST3-400 et ST3-600 qui en présentent les plus forts pourcentages. Il s'agit de certains vers polychètes de la famille des Cirratulidae (groupe IV) ou de Capitellidae comme *Capitella capitata* (groupe V).



**Figure 35 : Valeur de l'indice AMBI et degré de perturbation**

Les résultats de l'indice AMBI sur les stations du site étudié révèlent des résultats homogènes sur les stations. Les stations présentent des résultats d'un état environnemental allant de « non perturbé » à « faiblement perturbé » (en limite basse des valeurs) ne témoignant d'aucune perturbation vis-à-vis d'un apport en matière organique.

La dominance d'espèces sensibles et indifférentes à l'hypertrophisation et la présence « faible à moyenne » d'espèces et tolérantes et opportunistes (de premier et de second ordre) sont révélatrices d'un état environnemental en adéquation avec le type de milieu étudié (sables grossiers en mer ouverte). L'AMBI révèle une absence ou une très faible perturbation au regard de l'apport en matière organique.

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	Mean AMBI	EcoQ
ST3-100	62,40	11,60	24,70	0,80	0,40	0,977	HIGH
ST3-200	62,20	17,70	18,70	0,80	0,60	0,898	HIGH
ST3-400	49,70	16,80	30,60	0,00	2,80	1,341	GOOD
ST3-600	51,40	17,00	29,70	0,60	1,30	1,249	GOOD
ST4-100	54,80	31,60	10,30	2,60	0,70	0,942	HIGH
ST4-200	60,00	27,40	9,80	2,60	0,30	0,837	HIGH
ST4-400	52,70	33,50	11,10	1,40	1,30	0,978	HIGH
ST4-600	53,90	29,60	12,30	2,20	2,00	1,031	HIGH

**Tableau 24 : Synthèse de la répartition des espèces selon le groupe écologique et indice biotique AMBI et équivalence avec les statuts écologiques de la DCE**

## Le BENTIX

Le BENTIX une nouvelle adaptation de l'AMBI qui se base uniquement sur 2 grands ensembles : les espèces sensibles (regroupant les espèces sensibles et indifférentes des groupes écologiques I et II) et les espèces tolérantes (regroupant les espèces tolérantes et opportunistes de premier et second ordre des groupes écologiques III, IV et V).

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	BENTIX	EcoQ
ST3-100	62,4	11,6	24,7	0,8	0,4	4,958	HIGH
ST3-200	62,2	17,7	18,7	0,8	0,6	5,196	HIGH
ST3-400	49,7	16,8	30,6	0	2,8	4,658	HIGH
ST3-600	51,4	17	29,7	0,6	1,3	4,736	HIGH
ST4-100	54,8	31,6	10,3	2,6	0,7	5,456	HIGH
ST4-200	60	27,4	9,8	2,6	0,3	5,498	HIGH
ST4-400	52,7	33,5	11,1	1,4	1,3	5,448	HIGH
ST4-600	53,9	29,6	12,3	2,2	2	5,34	HIGH

**Tableau 25 : Récapitulatif de la répartition des espèces selon leurs groupes trophiques et indices biotiques BENTIX et équivalences avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ)**

L'utilisation de l'indice BENTIX sur les 8 stations révèle des résultats moins nuancés que l'AMBI. La classification de l'ensemble des stations en « excellent » s'explique par la pondération accordée aux espèces du groupe trophique III qui est plus importante dans le BENTIX que dans l'AMBI.

**Au vu des assez fortes proportions des groupes I (espèces sensibles à l'hypertrophisation) et II (espèces indifférentes à l'hypertrophisation) sur la station, ainsi que la présence d'espèces tolérantes à l'hypertrophisation et d'espèces opportunistes en proportions plus faibles, il semble que la zone d'étude présente une perturbation faible ou nulle du milieu, en lien à un enrichissement en matière organique. Ces résultats sont en adéquation avec le type de milieu étudié.**

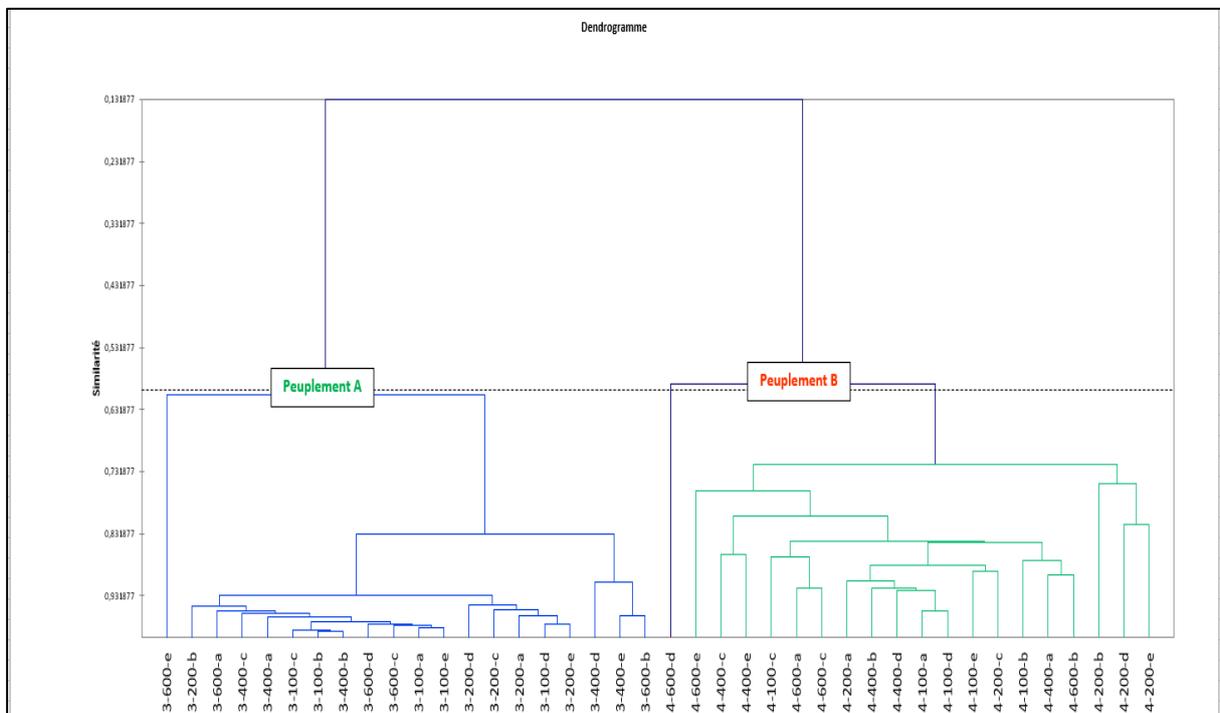
**Les résultats correspondent aux valeurs généralement observées en zone ouverte et dans ces types de milieux. La qualité écologique du site, au regard des peuplements benthiques est globalement excellente.**

### 3.3.2 Composition des peuplements benthiques. Analyses multivariées

#### 3.3.2.1 Classification Ascendante Hiérarchique (CAH)

L'analyse de similarité suggère une répartition des 40 stations en deux groupes distincts. Ces similarités sont étudiées sur la base de la composition faunistique (richesses spécifiques et densités) des stations :

- Un premier groupe, les quatre stations situées sur la zone ST3 dominées par *Ophiothrix fragilis*, *Glycymeris glycymeris* et *Timoclea ovata* notamment ;
- Un second groupe composé des stations de la zone ST4 bien que le réplikat ST4-600-d s'en détache légèrement (présence plus faible d'*Amphipholis squamata*). Ces stations sont dominées par les espèces telles que *Amphipholis squamata*, *Polititapes rhomboides*, *Lumbrineris gracilis*, *Eunice vittata*, *Nucula nitidosa*, *Othomaera othonis* et *Glycymeris glycymeris*



**Figure 36 : Classification Ascendante Hiérarchique illustrant la similarité entre les prélèvements des 40 stations**

Ces similarités dans la composition faunistique, résumées par le dendrogramme, montrent la différence entre les deux zones d'étude.

Les peuplements faunistiques restent cependant assez similaires sur la zone d'étude notamment du fait de la composition granulométrique.

### 3.3.2.2 IndVal

Le tableau ci-dessous présente les résultats des IndVal pour chacun des deux groupes de stations identifiés grâce aux analyses multivariées :

	Peuplement A		Peuplement B
	Groupe 1		Groupe 2
Espèces	INDVAL	Espèces	INDVAL
<i>Ophiothrix fragilis</i>	97%	<i>Amphipholis squamata</i>	94%
<i>Glycymeris glycymeris</i>	80%	<i>Polittapes virgineus</i>	92%
<i>Timoclea ovata</i>	70%	<i>Eunice vittata</i>	85%
<i>Sphaerodorum gracilis</i>	61%	<i>Lumbrineris gracilis</i>	85%
<i>Conilera cylindracea</i>	36%	<i>Nucula nitidosa</i>	81%
<i>Capitella capitata</i>	31%	<i>Scalibregma celticum</i>	81%
<i>Eurydice pulchra</i>	28%	<i>Othomaera othonis</i>	79%
<i>Malmgreniella marphysae</i>	27%	<i>Leptochiton cancellatus</i>	78%
<i>Diplocirrus glaucus</i>	25%	<i>Galathea spp.</i>	77%
<i>Notomastus latericeus</i>	22%	<i>Nemertea</i>	73%
<i>Clausinella fasciata</i>	20%	<i>Caulerella alata</i>	73%
<i>Glycera lapidum</i>	20%	<i>Chaetozone setosa</i>	67%
<i>Ebalia tuberosa</i>	17%	<i>Aonides oxycephala</i>	66%
<i>Modiolus adriaticus</i>	15%	<i>Dorvillea rubrovittata</i>	65%
<i>Liocarcinus pusillus</i>	15%	<i>Emarginula fissura</i>	65%
<i>Syllidae</i>	14%	<i>Lumbrineriopsis paradoxa</i>	65%
<i>Laonice cirrata</i>	12%	<i>Lumbrineris latreilli</i>	64%
<i>Pelogenia arenosa</i>	11%	<i>Harmothoe extenuata</i>	63%
<i>Ateleycyclus rotundatus</i>	11%	<i>Glycera lapidum</i>	62%
<i>Lumbrineris latreilli</i>	11%	<i>Laonice cirrata</i>	62%
<i>Polygordius sp.</i>	11%	<i>Ampharete grubei</i>	58%
<i>Emarginula fissura</i>	11%	<i>Eurynome spinosa</i>	56%
<i>Eunice vittata</i>	11%	<i>Harmothoe impar</i>	55%
<i>Leptocheirus hirsutimanus</i>	10%	<i>Ampelisca spinipes</i>	47%
<i>Lumbrineris gracilis</i>	10%	<i>Diplocirrus glaucus</i>	46%
<i>Clymenura sp (johnstoni)</i>	10%	<i>Syllidae</i>	45%
<i>Apherusa bispinosa</i>	10%	<i>Ebalia granulosa</i>	45%
<i>Phascolion strombus</i>	10%	<i>Pista cristata</i>	41%
<i>Aphelocheata marioni</i>	10%	<i>Orbinia cuvieri</i>	41%
<i>Subadyte pellucida</i>	10%	<i>Eualus occultus</i>	39%

**Tableau 26 : Listes des espèces caractéristiques au sein des deux groupes de stations identifiés**

Le calcul de l'IndVal, n'a pas permis d'identifier des espèces indicatrices à 100% sur les deux groupes.

Pour le peuplement A (stations de la zone ST3), on remarque que plusieurs embranchements sont représentés par des espèces, non pas caractéristiques, mais à fortes dominances sur l'habitat de la zone ST3 : les échinodermes (*Ophiothrix fragilis*), les mollusques (les bivalves *Glycymeris glycymeris* et *Timoclea ovata*) et les vers annélides polychètes (*Sphaerodorum gracilis*).

Pour le peuplement B (stations de la zone ST4), embranchements sont représentés par des espèces non pas caractéristiques, mais à fortes dominances sur l'habitat zone ST4 sont pour les échinodermes *Amphipholis squamata*, pour les mollusques : *Polittapes rhomboides*, *Nucula nitidosa* et *Leptochiton cancellatus*, pour les vers polychètes *Scalibregma celticum*, *Eunice vittata*, *Lumbrineris gracilis* et enfin pour les crustacés : *Othomaera othonis* et *Galathea spp.*

### 3.3.2.3 Exemples d'espèces dominant les échantillons et/ou caractéristiques de la zone d'étude<sup>17</sup>

#### ***Ophiothrix fragilis***



L'ophiure-singe, *Ophiothrix fragilis*, est une des ophiures les plus communes de la façade Manche/Atlantique. Elle peut être très abondante à une profondeur de 10 à 30 m sur les fonds caillouteux où elle peut totalement couvrir les fonds, en grands rassemblements de plus de 2000 individus par m<sup>2</sup>. Cette espèce apprécie les cailloutis hétérogènes, exposés ou non au courant, dans une eau fraîche à tempérée. On la trouve plus rarement (individus isolés) sur des fonds plus fins et homogènes.

#### ***Timoclea ovata***

Ce mollusque bivalve à coquille subtriangulaire, peut mesurer jusqu'à 20mm de long. Sa couleur est variable, typiquement avec des raies et des taches roses, brunes ou violettes. L'intérieur de la marge de la coquille est finement crénelé. On la retrouve dans les sables ou graviers, en zones circalittorales. Elle est commune sur toutes les côtes britanniques jusqu'en Méditerranée.



#### ***Aequipecten opercularis***



*Aequipecten opercularis* ressemble à une coquille Saint-Jacques en plus petit : son envergure ne dépasse pas les 9 centimètres. Les deux (2) valves sont convexes et de même taille, la valve gauche (supérieure) étant légèrement plus convexe que la droite (inférieure), plus plate. Au niveau de la charnière, on observe deux (2) oreilles de longueur inégale, avec une petite encoche pour le passage du byssus\*, filament sécrété par l'animal pour se fixer. La forme de la coquille est presque circulaire. Sur chaque valve, on distingue entre 16 et 20 côtes rayonnantes à section arrondie. La distribution du peigne operculé s'étend sur les côtes de l'Atlantique Est depuis la Norvège et les îles Féroé jusqu'à l'Espagne, les Canaries et les Açores. L'espèce est également présente en

Manche ainsi qu'en Méditerranée. (Sources : <https://doris.ffessm.fr>)

#### ***Eunice vittata***

Cet annélide polychète fait partie des espèces errantes. Omnivore, il se caractérise par des bandes transversales rouges au dos de chaque segment. Selon Fauvel (1939), cette espèce se retrouve dans les dragages côtiers et est présente en abondance en Atlantique (Brest, Concarneau et Glénan), Méditerranée et Pacifique.



<sup>17</sup> Sources : Hayward, Guide des bords de mer, [doris.ffessm.fr](https://doris.ffessm.fr) et [naturalhistory.museumwales.ac.uk](http://naturalhistory.museumwales.ac.uk) - Doris.ffessm.fr

***Glycymeris glycymeris***

L'amande de mer est un mollusque bivalve, se caractérisant par une coquille ronde avec des « flamèches » oranges sur celle-ci. Cette espèce commerciale vit préférentiellement dans les sédiments grossiers plus ou moins envasés. Ce bivalve est présent de la Norvège au nord jusqu'aux côtes africaines occidentales au sud (Maroc, îles du Cap-Vert). On le rencontre également en Méditerranée.



***Glycera lapidum***



Cet annélide polychète a, comme toutes les espèces qui composent la famille des Glyceridae, une tête qui a la forme d'une extension conique au-dessus de la bouche (composée de 8 à 11 anneaux dans le cas de *Glycera lapidum*) et qui se termine par 4 petites antennes. Carnivore et prédatrice, l'espèce possède une trompe armée de quatre (4) dents disposées en croix qu'elle peut utiliser pour pénétrer dans les sables ou les vases. Sa répartition s'étend de l'Arctique aux côtes Atlantiques.

***Galathea intermedia***

La galathée intermédiaire est une toute petite espèce dont la carapace\* mesure 10 mm de long au maximum et dont la longueur totale atteint à peine les 20 mm.

Le corps de ce crustacé est allongé et plat. Sa carapace, peu calcifiée, de forme ovale, est plus longue que large. Elle est marquée de stries en travers portant des soies. L'abdomen court et peu développé se compose de six (6) segments. Il est rabattu sur lui-même. Cette galathée vit principalement dans les eaux infralittorales et circalittorales peu profondes, dans une grande variété de milieux, parmi les zostères, les laminaires, sur le coralligène\* ou le maërl\*, et aussi sur le sable coquillier ou le gravier : dès les premiers mètres en Atlantique, un peu plus bas en Méditerranée. Elle est commune surtout entre 15 et 50 m et devient moins fréquente plus profondément ; elle a été signalée jusqu'à 225 m. On la trouve également souvent en groupe dans les fissures du substrat. (Sources : <https://doris.ffessm.fr>)



***Amphipholis squamata***



Cette minuscule espèce à des bras très fins de 20 mm de long. La surface supérieure est recouverte de petites écailles et les écussons radiaux sont grands. Il s'agit d'une espèce microphage qui ingère de minuscules proies et de petits débris collectés le long de ses bras recouverts de mucus. Elle est aussi détritivore et charognarde, comme bon nombre d'ophiures. C'est une espèce commune de toutes les côtes Atlantique, Méditerranée, Manche et mer du Nord (site DORIS).

***Notomastus latericeus***

Ce ver annélide polychète fait partie de la famille des Capitellidae. Son corps, renflé au niveau du thorax, est très fragile dans sa partie postérieure et, est rarement trouvé entier lors des prélèvements. Sa trompe rouge sombre et globuleuse qu'il sort et rentre pour activer sa circulation sanguine lui vaut le surnom de ver « goutte de sang ». Il se trouve dans divers types de sédiments, mais se plaît dans les sables.



***Diplocirrus glaucus***



*Diplocirrus glaucus* est une espèce de polychète qui vit dans divers substrats : vase, sable ou gravelles. Elle se nourrit de débris ou de micro-organismes. Son corps est en forme de massue et l'arrière est assez effilé et sa couleur varie de gris perle au blanc argenté. Elle mesure environ 25 mm. Elle est trouvée en Arctique, Méditerranée, et dans l'Atlantique nord est jusqu'à une profondeur de 750 mètres.

***Nucula nitidosa***

Les nucules sont facilement reconnaissables par les nombreuses petites dents identiques de la charnière. Cette espèce, à la coquille luisante et aux valves plus triangulaires, est une espèce de l'infra et du circalittoral, vivant plus profondément que *Nucula nucleus* par exemple. On la retrouve dans les substrats sableux et vaseux parfois dans les gravelles, mais toujours avec une partie de sable ou de vase. Elle est présente sur les côtes de la Grande-Bretagne et d'Irlande ainsi qu'en Atlantique jusqu'à la Méditerranée.



***Othomaera othonis***



Ce crustacé amphipode appartient à la famille des Maeridae. Il vit habituellement sur des sédiments grossiers mélangés à des sables fins ou de la vase à des profondeurs modérées. Il s'abrite sous les morceaux de coquille et de cailloux. Il est présent notamment en Atlantique, Méditerranée, Manche et mer du Nord.

### 3.3.3 Classification des peuplements benthiques

Il est possible d'effectuer une classification des communautés en présence. La mise en relation avec la typologie EUNIS (2012) a été réalisée et la traduction a été extraite des documents à disposition (Bajjouk et al., 2015). Toutefois, il est à noter qu'il est parfois difficile d'attribuer précisément un type de communauté à une station donnée. En effet, il s'agit souvent de milieux transitoires, aux spécificités propres à plusieurs faciès.

L'habitat principal des stations de la zone ST3 est le A5.445 :

**A5.44**  
**Sédiments hétérogènes circalittoraux**  
 Sédiment hétérogène circalittoral (en général à des profondeurs de moins de 15 à 20 m), dont des sables graveleux et vaseux bien mélangés, ou des mosaïques très mal triées de coquilles, galets et cailloutis dans ou sur de la vase, du sable ou du gravier. Étant donné la nature variable du fond, des biocénoses parfois très diverses peuvent se développer dans ce milieu. Une endofaune très variée de polychètes, bivalves, échinodermes et anémones fouisseuses telles que *Cerianthus lloydii* est souvent présente, et la présence de substrats durs (coquilles et cailloux) sur la surface permet l'établissement d'une épifaune comportant notamment des hydraires tels que *Nemertesia* spp. et *Hydrallmania falcata*. L'épifaune et l'endofaune peuvent constituer des biocénoses d'une grande richesse spécifique. Les habitats de sédiments hétérogènes plus grossiers peuvent avoir une endofaune très semblable à celle des habitats de type A5.1. Par contre, les données sur l'endofaune de cet habitat se limitent à ce que l'on trouve dans la description de l'habitat A5.443 et ne sont donc pas représentatives de l'endofaune de tous les habitats de ce type.

**A5.445**  
**Bancs d'ophiures *Ophiothrix fragilis* et/ou *Ophiocomina nigra* sur sédiment hétérogène subtidal**  
 Sédiment circalittoral dominés par des ophiures (des centaines ou des milliers d'individus par mètre carré) formant des bancs denses qui constituent une épifaune sur des blocs, du gravier ou des substrats sédimentaires. *Ophiothrix fragilis* et *Ophiocomina nigra* sont les principales espèces qui forment des bancs, de rares bancs étant formés par *Ophiopholis aculeata*. Les bancs d'ophiures sont de taille variable, les plus grands s'étendant sur des centaines de mètres carrés et comportant des millions d'individus. Ces bancs ont généralement une structure interne inégale, avec des concentrations localisées de plus forte densité. *Ophiothrix fragilis* ou *Ophiocomina nigra* peuvent dominer séparément, ou il peut y avoir des populations mélangées des deux espèces. Les bancs de *Ophiothrix* peuvent être constitués de gros individus adultes et de minuscules juvéniles récemment installés, les individus de taille intermédiaire vivant dans les milieux rocheux avoisinants ou parmi l'épifaune sessile. Contrairement aux bancs d'ophiures installés sur des substrats rocheux, ceux qui sont sur des sédiments peuvent contenir une riche épifaune associée (Warner, 1971 ; Allain, 1974 ; Davout et Gounin, 1995). De grands animaux filtreurs tels que le corail mou *Alcyonium digitatum*, l'anémone *Metridium senile* et l'hydraire *Nemertesia antennina* sont présents principalement sur des affleurements rocheux ou des blocs qui dépassent du substrat couvert d'ophiures. La grande anémone *Urticina felina* peut être très commune. Cette espèce vit à demi-enfouie dans le substrat, mais n'est pas étouffée par les ophiures puisqu'elle est généralement entourée d'un « halo » d'espace libre (Brun, 1969 ; Warner, 1971). Les gros animaux mobiles couramment présents sur les bancs de *Ophiothrix* comprennent l'étoile de mer *Asterias rubens*, *Crossaster papposus* et *Luidia ciliaris*, les oursins *Echinus esculentus* et *Psammechinus miliaris*, le crabe comestible *Cancer pagurus*, les crabes nageurs *Necora puber*, *Liocarcinus* spp., et le bernard-l'hermite *Pagurus bernhardus*. Les sédiments sous-jacents contiennent aussi une endofaune diversifiée, dont la bivalve *Abra alba*. Warner (1971) a constaté que le nombre et la biomasse des animaux fouisseurs dans les sédiments ne sont pas significativement réduits sous les taches denses d'ophiures.

Dénomination de la biocénose	CODE EUNIS
<i>Sédiments hétérogènes subtidaux</i>	A5.4
<i>Sédiments hétérogènes circalittoraux</i>	A5.44
<i>Bancs d'ophiures Ophiothrix fragilis et/ou Ophiocomina nigra sur sédiment hétérogène subtidal</i>	A5.445
Dénomination de la biocénose	Typo MNHN
<i>Sédiments hétérogènes circalittoraux côtiers</i>	M11.01.02
Dénomination de la biocénose	CODE N2000
<i>Sables hétérogènes envasés infralittoraux. Bancs de maerl (façade atlantique)</i>	1160-2

Tableau 27 : Tableau récapitulatif des biocénoses de la zone ST3 suivant les typologies

L'habitat principal des stations de la zone ST3 est le A5.142 :

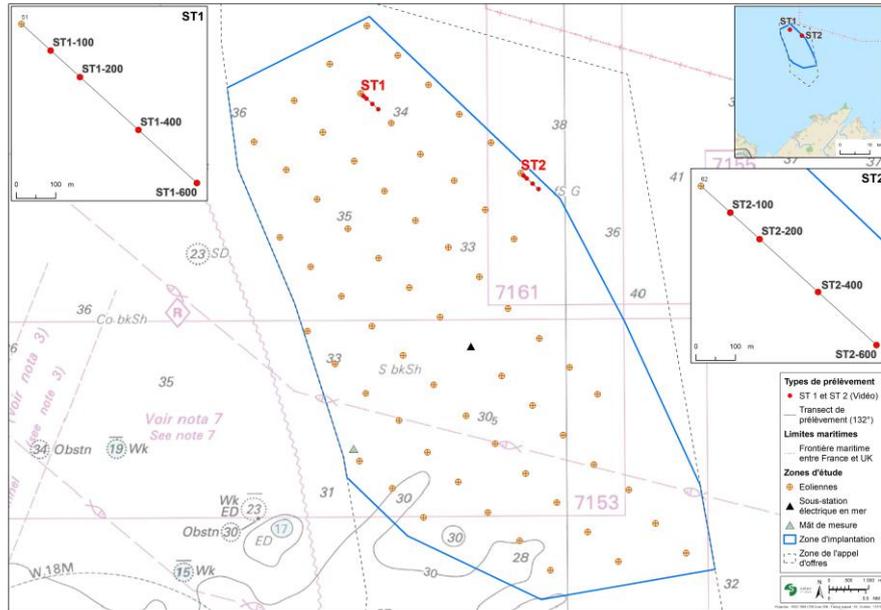
<b>A5.14</b> <b>Sédiment grossier circalittoral</b> Sable grossier, gravier, galets et cailloutis circalittoraux soumis aux courants de marée, en général à des profondeurs de 15 à 20 m. On peut trouver cet habitat dans des chenaux de marée de bras de mer, le long de côtes exposées et au large des côtes. Comme dans le cas de sédiments grossiers en eau moins profonde, cet habitat peut être caractérisé par une endofaune de polychètes robustes, de crustacés mobiles et de bivalves. Certaines espèces d'holoturides (par exemple <i>Neopentadactyla</i> ) peuvent également être courantes dans ces zones, de même que l'amphoxius <i>Branchiostoma lanceolatum</i> .
<b>A5.142</b> <b><i>Mediomastus fragilis</i>, <i>Lumbrineris</i> spp. et bivalves vénérédés dans du sable grossier ou du gravier circalittoral</b> Gravier, sable grossier à moyen, et gravier coquillier, parfois avec une petite quantité de limon, dans des eaux relativement profondes (de 15 à 20 m) du circalittoral, pouvant être caractérisés par des polychètes tels que <i>Mediomastus fragilis</i> , <i>Lumbrineris</i> spp., <i>Glycera lapidum</i> , ainsi que la fève de mer <i>Echinocyamus pusillus</i> . D'autres taxons représentés peuvent être <i>Nemertea</i> spp., <i>Protodorvillea kefersteini</i> , <i>Owenia fusiformis</i> , <i>Spiophanes bombyx</i> et <i>Amphipholis squamata</i> , ainsi que des amphipodes tels que <i>Ampelisca spinipes</i> . Cet habitat peut également être caractérisé par la présence manifeste de bivalves vénérédés, en particulier <i>Timoclea ovata</i> . D'autres espèces robustes de bivalves dont <i>Moerella</i> spp., <i>Glycymeris glycymeris</i> et <i>Astarte sulcata</i> peuvent également être présentes dans cet habitat. <i>Spatangus purpureus</i> peut être présente, particulièrement si les interstices du gravier sont remplis de particules fines, auquel cas <i>Gari tellinella</i> peut également être courante (Glémarec, 1973). Les bivalves vénérédés sont souvent sous-échantillonnés dans les prélèvements à la benne et peuvent donc ne pas figurer dans de nombreuses données sur l'endofaune. De telles biocénoses de sédiments graveleux peuvent avoir une diversité spécifique relativement grande et peuvent comporter des espèces de l'épifaune telles que <i>Hydroides norvegicus</i> et <i>Spirobranchus lamarcki</i> (anciennement <i>Pomatoceros lamarcki</i> ). Dans les bandes sableuses, la biocénose peut également comporter des éléments de l'habitat A5.242, notamment des espèces du genre <i>Magelona</i> . Cet habitat a déjà été appelé « Deep Venus Community » et « Boreal Off-Shore Gravel Association » par d'autres auteurs (Ford 1923 ; Jones 1950) et peut faire partie de la « Venus Community » décrite par Thorson (1957) et de l'étage infralittoral décrit par Glémarec (1973). L'habitat A5.142 peut être très variable dans le temps, et pourrait en fait constituer un complexe d'habitats dont un certain nombre d'habitats ou de sous-habitats resteraient à définir. Par exemple, Ford (1923) décrit une "Série A" et une "Série B" respectivement caractérisées par <i>Echinocardium cordatum</i> - <i>Chamelea gallina</i> et <i>Spatangus purpureus</i> - <i>Clausinella fasciata</i> . De plus, des mosaïques de galets et de gravier grossier contiennent souvent des crêtes de sable grossier graveleux, et ces espaces localisés sont également caractérisés par des vénérédés robustes et d'autres bivalves semblables, dont <i>Arcopagia crassa</i> , <i>Laevicardium crassum</i> , ainsi que d'autres espèces telles que <i>Glycymeris glycymeris</i> (E.I.S. Rees, communication personnelle, 2002). Ce gravier fin ou sable grossier très poreux peut constituer un biotope distinct. Situation : Cet habitat et ses variantes constituent une proportion significative du benthos au large des côtes de la mer d'Irlande (Mackie, Oliver et Rees, 1995). Variations temporelles : L'habitat A5.142 peut être très variable dans le temps.

Dénomination de la biocénose	CODE EUNIS
<i>Sédiment grossier subtidal</i>	A5.1
<i>Sédiments grossiers circalittoraux</i>	A5.14
<i>Mediomastus fragilis, Lumbrineris spp. et bivalves vénérédés dans du sable grossier ou du gravier circalittoral</i>	A5.142
Dénomination de la biocénose	Typo MNHN
<i>Sables grossiers et graviers du circalittoral côtier à Mediomastus fragilis, Lumbrineris spp. et bivalves vénérédés</i>	C3-2.2
Dénomination de la biocénose	CODE N2000
<i>Sables grossiers et graviers, bancs de maerl (façade atlantique)</i>	1110-3

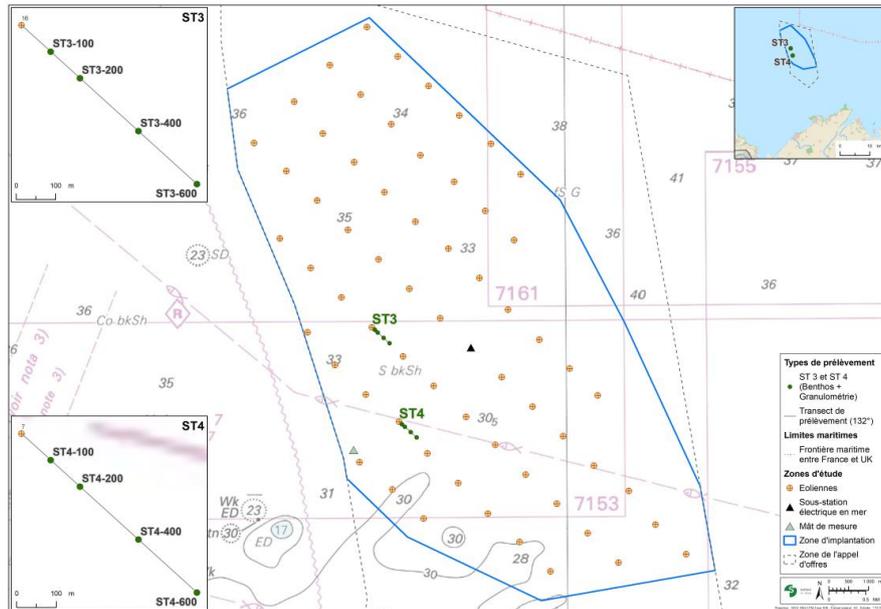
**Tableau 28 : Tableau récapitulatif des biocénoses de la zone ST4 suivant les typologies**

### 3.4 ANALYSE DES VIDEOS

Rappel de la localisation des stations sur la zone :



**Figure 37 : Positionnement des stations vidéo fixes sur les zones ST1 et ST2**

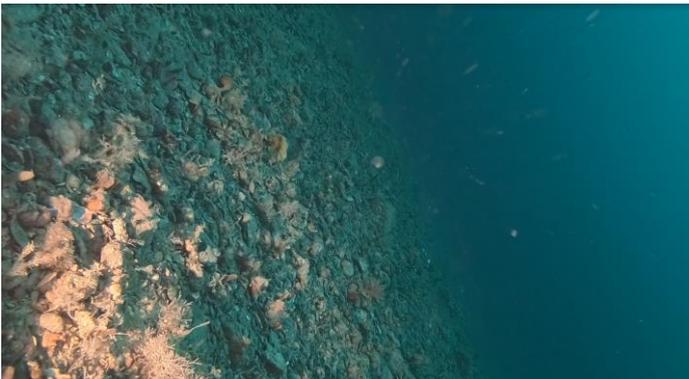


**Figure 38 : Positionnement des stations vidéo complémentaires sur les zones ST3 et ST4**

Huit stations de vidéo en point fixe (10 minutes) sur les zones ST1 et ST2 ainsi que huit autres vidéos (prises de vues rapides) sur les stations des zones de prélèvements bio-sédimentaires St3 et ST4, ont permis de compléter et/ou valider la cartographie initiale sur la zone d'étude. En effet, le sédiment très grossier, voire rocheux ne permet pas d'inventorier la zone au moyen d'une benne ou d'une drague (par exemple : blocs rocheux bloquant la fermeture de la benne, chalut à perche sur zone de platier rocheux, etc.).

Ainsi, la réalisation de stations en vidéo a permis d'observer les peuplements et espèces en présence sur les transects définis au préalable

### 3.4.1 Station ST1-100

Station Vidéo ST1-100	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
<p>Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde ro Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.), coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.)</p>	
Observations	
<p>Galets et blocs à épibiose sessile avec présence d'espèces encroûtantes (bryozoaires, <i>Schizomavella sp.</i>, <i>Lithophyllum incrustans</i>) et dressées : <i>Pentapora fascialis</i> Présence de crisidés et d'hydriaires indéterminés</p> <p style="text-align: center;">Observation d'une Coquille SJ</p> <p style="text-align: center;">Présence de Sabellidae, Pagures, mue de crabe, <i>Inachus sp.</i></p> <p style="text-align: center;">Poissons : Blennies, <i>Pomatoschistus sp.</i></p>	

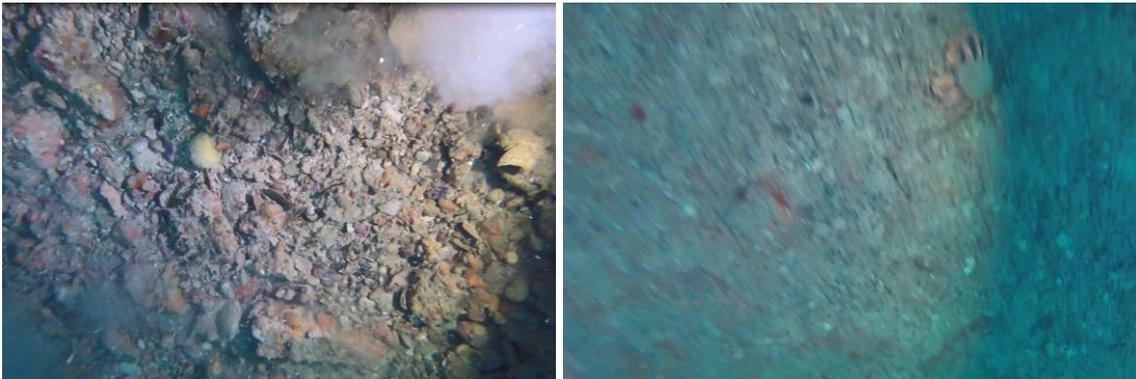
**Tableau 29 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST1-100**

### 3.4.2 Station ST1-200

Station Vidéo ST1-200	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
<p>Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.), coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.)</p> <p>Quelques rochers plats sur la zone</p>	
Observations	
<p>Galets et blocs à épibiose sessile avec présence d'espèces encroûtantes (bryozoaires, <i>Schizomavella sp.</i>, <i>Lithophyllum incrustans</i>). Présence de crisidés et d'hydrides dressés indéterminés (<i>Hydrallmania sp. ?</i>, <i>Abietinaria sp. ?</i>)</p> <p>Observation de pétoncles <i>Aequipecten opercularis</i>, de crevettes <i>Pandalus spp.</i></p> <p>Présence de Sabellidae, Pagures (plusieurs espèces), mue de crabe, <i>Inachus sp.</i>,</p> <p>Poissons : Blennies, <i>Pomatoschistus sp.</i></p> <p>Tentative de prédation d'un pagure sur un pétoncle</p>	

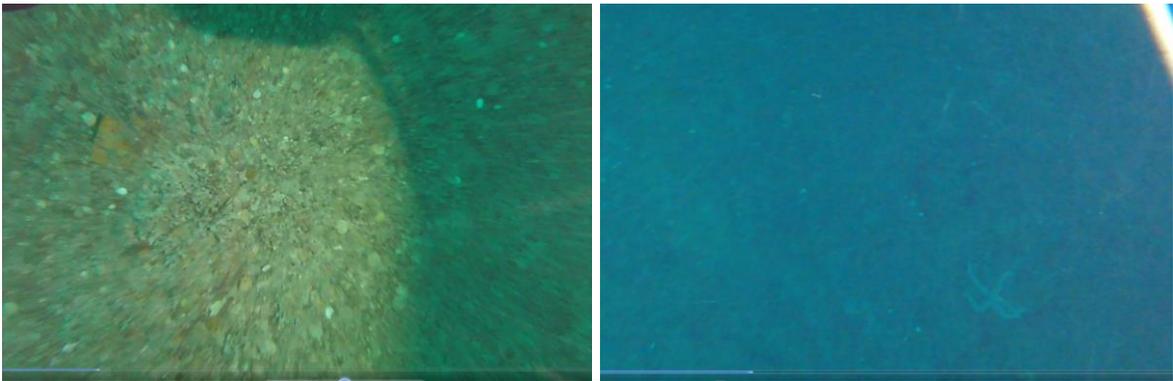
**Tableau 30 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST1-200**

### 3.4.3 Station ST1-400

Station Vidéo ST1-400	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
<p>Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.), coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.)</p> <p>Quelques rochers plats sur la zone</p>	
Observations	
<p>Galets et blocs à épibiose sessile avec présence d'espèces encroûtantes (bryozoaires, <i>Schizomavella sp.</i>, <i>Lithophyllum incrustans</i>). <i>Pentapora fascialis</i> ; Présence de crisidés et d'hydriaires dressés indéterminés (<i>Hydrallmania sp. ?</i>, <i>Abietinaria sp. ?</i>) d'éponges <i>Axinella spp.</i></p> <p>Observation de pétoncles <i>Aequipecten opercularis</i></p> <p>Présence de Sabellidae, Pagures,</p> <p>Observation d'une Araignée de mer</p>	

**Tableau 31 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST1-400**

### 3.4.4 Station ST1-600

Station Vidéo ST1-600	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
<p>Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.), coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.)</p>	
Observations	
<p>Galets et blocs à épibiose sessile avec présence d'espèces encroûtantes (bryozoaires, <i>Schizomavella sp.</i>, <i>Lithophyllum incrustans</i>). <i>Pentapora fascialis</i> ; Présence de crisidés et d'hydrides dressés indéterminés (<i>Hydrallmania sp. ?</i>, <i>Abietinaria sp. ?</i>) d'éponges <i>Axinella spp.</i></p> <p style="padding-left: 40px;">Observation de pétoncles <i>Aequipecten opercularis</i>, <i>Mimachlamys varia</i></p> <p style="padding-left: 80px;">Présence de Pagures, Palourdes roses,</p> <p style="padding-left: 80px;">Poissons : Blennies, <i>Pomatoschistus sp.</i></p> <p style="padding-left: 40px;">Observation de crabe <i>Ebalia sp.</i>, de crevettes <i>Pandalus spp.</i></p>	

**Tableau 32 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST1-600**

### 3.4.5 Station ST2-100

Station Vidéo ST2-100	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
<p>Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.), coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.)</p> <p>Quelques rochers sur la zone</p>	
Observations	
<p>Galets et blocs à épibiose sessile avec présence d'espèces encroûtantes (bryozoaires, <i>Schizomavella sp.</i>, <i>Lithophyllum incrustans</i>). Présence de crisidés et d'hydrides dressés indéterminés (<i>Hydrallmania sp. ?</i>, <i>Abietinaria sp. ?</i>) d'éponges <i>Axinella spp.</i></p> <p>Observation de pétoncles <i>Aequipecten opercularis</i></p> <p>Présence de Pagures</p> <p>Poissons : Blennies, <i>Pomatoschistus sp.</i></p> <p>Observations d'<i>Inachus sp.</i></p>	

**Tableau 33 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST2-100**

### 3.4.6 Station ST2-200

Station Vidéo ST2-200	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
<p>Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.), coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.)</p>	
Observations	
<p>Galets et blocs à épibiose sessile avec présence d'espèces encroûtantes (bryozoaires, <i>Schizomavella sp.</i>, <i>Lithophyllum incrustans</i>). <i>Pentapora fascialis</i> ; Présence de crisidés et d'hydrides dressés indéterminés (<i>Hydrallmania sp. ?</i>, <i>Abietinaria sp. ?</i>).</p> <p style="padding-left: 40px;">Observation de pétoncles <i>Aequipecten opercularis</i>,</p> <p style="padding-left: 40px;">Présence de Pagures, d'<i>Inachus sp.</i>, de crevettes <i>Pandalus spp.</i></p> <p style="padding-left: 40px;">Poissons : Blennies, <i>Pomatoschistus sp.</i></p> <p style="padding-left: 40px;">Ascidie solitaire</p>	

**Tableau 34 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST2-200**

### 3.4.7 Station ST2-400

Station Vidéo ST2-400	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
<p>Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.), coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.)</p> <p>Quelques rochers sur la zone</p>	
Observations	
<p>Galets et blocs à épibiose sessile avec présence d'espèces encroûtantes (bryozoaires, <i>Schizomavella sp.</i>, <i>Lithophyllum incrustans</i>). Présence d'éponges <i>Axinella spp.</i></p> <p>Observation de Palourde rose, de pétoncles <i>Aequipecten opercularis</i> recouverts d'éponges</p> <p>Présence de Pagures, d'<i>Inachus sp.</i>, de crevettes <i>Pandalus sp.</i></p> <p>Poissons : Blennies, <i>Pomatoschistus sp.</i></p> <p>Observation d'<i>Alcyonum digitatum</i></p>	

**Tableau 35 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST2-400**

### 3.4.8 Station ST2-600

Station Vidéo ST2-600	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
<p>Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers et de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.), coquilles Saint-Jacques, pétoncles, etc.)</p>	
Observations	

**Tableau 36 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST2-600**

### 3.4.9 Station ST3-100

Station Vidéo ST3-100	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
Cailloux et cailloutis et présence de graviers Débris coquilliers	
Observations	
Tapis d'ophiures <i>Ophiothrix fragilis</i> assez dense, bivalves vénéréidés	

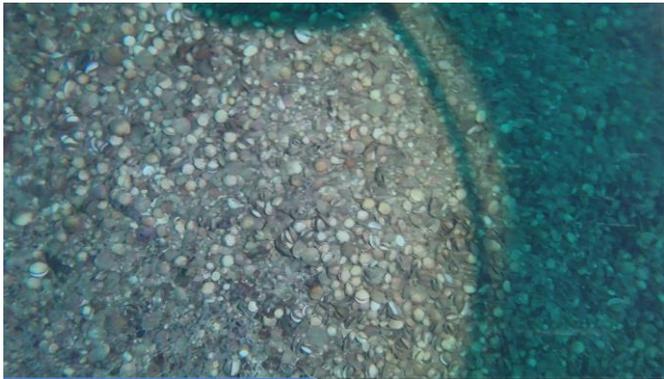
**Tableau 37 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST3-100**

### 3.4.10 Station ST3-200

Station Vidéo ST3-200	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
Cailloux et cailloutis et présence de graviers Débris coquilliers	
Observations	
Tapis d'ophiures <i>Ophiothrix fragilis</i> assez dense, bivalves vénérédés	

**Tableau 38 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST3-200**

### 3.4.11 Station ST3-400

Station Vidéo ST3-400	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
Cailloux et cailloutis et présence de graviers Énormément de débris coquilliers ( <i>Glycymeris glycymeris</i> )	
Observations	
Tapis d'ophiures <i>Ophiothrix fragilis</i> moins dense, bivalves vénérédés vivants et morts	

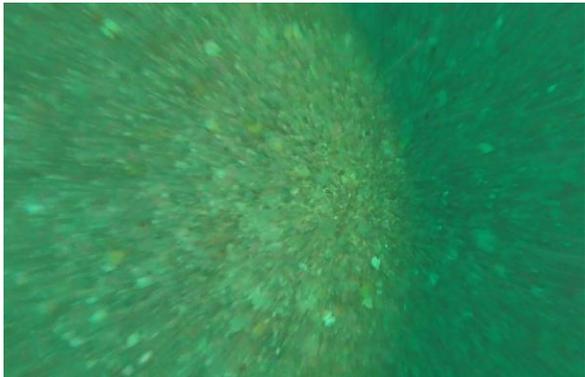
**Tableau 39 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST3-400**

### 3.4.12 Station ST3-600

Station Vidéo ST3-600	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
Cailloux et cailloutis et présence de graviers et de sable Débris coquilliers	
Observations	
Tapis d'ophiures <i>Ophiothrix fragilis</i> assez dense, bivalves vénérédés	

**Tableau 40 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST3-600**

### 3.4.13 Station ST4-100

Station Vidéo ST4-100	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
Cailloux et cailloutis et présence de graviers Débris coquilliers	
Observations	
<i>Ophiura sp.</i> , <i>Inachus sp.</i> , <i>Aequipecten opercularis</i> , <i>Glycymeris glycymeris</i> , algues calcaires	

**Tableau 41 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST4-100**

### 3.4.14 Station ST4-200

Station Vidéo ST4-200	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
Cailloux et cailloutis et présence de graviers et de sable Débris coquilliers	
Observations	
<i>Ophiura sp.</i> , <i>Inachus sp.</i> , <i>Aequipecten opercularis</i> , <i>Glycymeris glycymeris</i> , algues calcaires	

**Tableau 42 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST4-200**

### 3.4.15 Station ST4-400

Station Vidéo ST4-400	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
Cailloux et cailloutis et présence de graviers et de sable Débris coquilliers	
Observations	
<i>Ophiura sp.</i> , <i>Coquille SJ</i> , <i>Glycymeris glycymeris</i> , <i>algues calcaires</i>	

**Tableau 43 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST4-400**

### 3.4.16 Station ST4-600

Station Vidéo ST4-600	
Image « point fixe »	
	
Image « paysage »	
	
Type de sédiment	
Cailloux et cailloutis et présence de graviers et de sable Débris coquilliers	
Observations	
<i>Lanice conchilega</i> , <i>Aequipecten opercularis</i> , <i>Glycymeris glycymeris</i> , algues calcaires	

**Tableau 44 : Captures et descriptif des analyses vidéo station ST4-600**

### 3.4.17 Classification des peuplements benthiques

Suite à l'analyse des séquences vidéos, il est possible d'effectuer une classification des communautés en présence. La mise en relation avec la typologie EUNIS (2012) a été réalisée et la traduction a été extraite des documents à disposition (Bajjouk et al., 2015). Toutefois, il est à noter qu'il est parfois difficile d'attribuer précisément un type de communauté à une station donnée. En effet, il s'agit souvent de milieux transitoires, aux spécificités propres à plusieurs faciès.

L'habitat principal des stations de la zone ST1 et ST2 est le A4.13 :

Ce milieu est une mosaïque entre substrats meubles très grossiers (galets, cailloux) et la roche.

Cet habitat est rencontré sur la roche en place et les blocs exposés aux vagues et soumis à des courants de marée forts à modérément forts, du circalittoral. Ce complexe est caractérisé par divers hydroides (*Halecium halecinum*, *Nemertesia antennina* et *Nemertesia ramosa*), bryozoaires (*Alcyonidium diaphanum*, *Flustra foliacea*, *Bugula flabellata* et *Bugula plumosa*) et éponges (*Sycon ciliatum*, *Pachymatisma johnstonia*, *Cliona celata*, *Raspailia ramosa*, *Amphilectus fucorum* (anciennement *Esperiopsis fucorum*), *Hemimycale columella* et *Dysidea fragilis*), qui forment un tapis faunistique mixte, souvent dense. Les autres espèces présentes dans ce complexe sont *Alcyonium digitatum*, *Urticina felina*, *Sagartia elegans*, *Actinothoe sphyrodeta*, *Caryophyllia smithii*, *Spirobranchus triqueter* (anciennement *Pomatoceros triqueter*), *Balanus crenatus*, *Cancer pagurus*, *Necora puber*, *Asterias rubens*, *Echinus esculentus* et *Clavelina lepadiformis*.

Dénomination de la biocénose	CODE EUNIS
<i>Roche circalittorale de l'Atlantique et de la Méditerranée sous fort hydrodynamisme</i>	A4.1
<i>Tapis de biocénoses animales mixtes sur roche circalittorale</i>	A4.13
Dénomination de la biocénose	Typo MNHN
<i>Roches ou blocs du circalittoral côtier</i>	C1
Dénomination de la biocénose	CODE N2000
<i>Récifs</i>	1170

**Tableau 45 : Tableau récapitulatif des biocénoses des zones ST1 et ST2 suivant les typologies**

Comme mentionné dans la partie concernant la faune benthique (page 75), l'habitat principal des stations de la zone ST3 est le A5.445 : « *Bancs d'ophiures Ophiothrix fragilis et/ou Ophiocomina nigra sur sédiment hétérogène subtidal* » et l'habitat principal des stations de la zone ST4 est le A5.142 : « *Mediomastus fragilis, Lumbrineris spp. et bivalves vénéridés dans du sable grossier ou du gravier circalittoral* ».

### 3.4.18 Synthèse

Les investigations menées sur les stations au moyen d'enregistrements vidéos (16 stations au total), ont permis d'observer des densités non négligeables d'*Ophiothrix fragilis* sur la zone ST3.

Les faciès observés sur les vidéos sur les zones ST1 et ST2 ont validé la présence de substrats rocheux et caillouteux, non ensablés et colonisés par des biocénoses caractéristiques de roches circalittorales à épibiose sessile. Ce secteur, incluant les zones ST1 et ST2, est caractérisé par la présence de sédiments hétérogènes très grossiers, constitués de roches, blocs et de graviers/cailloutis. D'un point de vue biologique, toutes les stations sont ici similaires et se caractérisent par une très forte dominance d'un peuplement animal sessile : les espèces encroûtantes (notamment les bryozoaires *Cellepora* sp., *Schizomavella* sp. et quelques spongiaires non déterminés). D'autres macro-espèces dressées ont également été observées : l'alcyon *Alcyonium digitatum*, les bryozoaires *Flustra foliacea* et *Pentapora fascialis* et des spongiaires tels que *Axinella* spp. cf. *dissimilis*, *Tethya aurantium*, *Raspaillia* sp. cf. *ramosa*. Le sédiment grossier semble être un habitat de prédilection pour des bivalves pectinidés tels que *Aequipecten opercularis*, *Mimachlamys varia*, *Pecten maximus* puisque ceux-ci ont été observés à plusieurs reprises. Il en est de même pour les espèces de divers crustacés : *Inachus* spp, *Ebalia* spp., des Paguridae, des crevettes *Pandalus* sp., ainsi que des poissons benthiques tels que des Blennies et *Pomatoschistus* sp.

Enfin la zone ST4 présente un milieu à cailloutis sans épibiose dressée, mais des ophiures *Ophiura* sp. ou des mollusques bivalves tels que *Glycymeris glycymeris* et *Aequipecten opercularis* y sont bien visibles (tels que trouvés dans les échantillons à la benne).



Figure 39 : Prises de vues d'espèces extraites des vidéos

### 3.5 ANALYSE DES BIOTES POUR LE SUIVI DE L'IMPACT DES ANODES SACRIFICIELLES

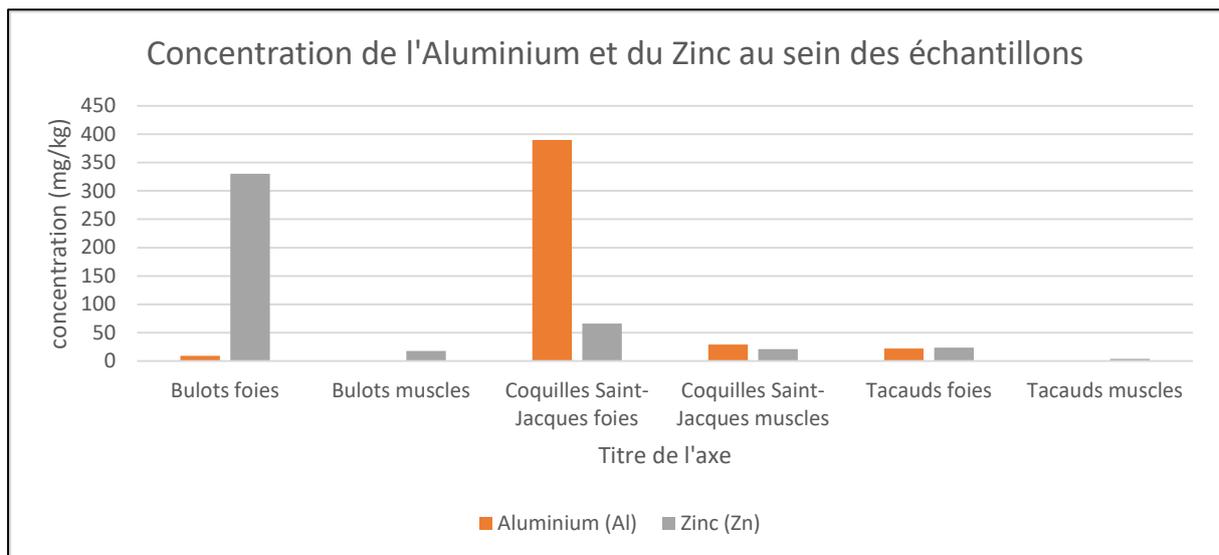
Les résultats bruts sont présentés dans l'Annexe 3.

Les résultats des dosages de l'Aluminium et du Zinc pour l'étude de l'état de référence avant travaux sont présentés dans le tableau ci-après :

			Bulots foies	Bulots muscles	Coquilles Saint-Jacques foies	Coquilles Saint-Jacques muscles	Tacauds foies	Tacauds muscles
Paramètres	Unités	LQ						
Aluminium (Al)	mg/kg	0,5	9,6	<0,5 *	390	29	22	<0,5 *
Zinc (Zn)	mg/kg	0,5	330	18	66	21	24	3,9

**Tableau 46 : Tableau récapitulatif des résultats de dosages de l'Aluminium et du Zinc des échantillons**

Le graphe ci-après montre que les bulots ont tendance à bio-accumuler le zinc dans leur appareil digestif et que les coquilles Saint-Jacques ont plutôt tendance à bio-accumuler l'aluminium dans leurs glandes digestives. Pour les parties musculaires des trois espèces ainsi que les foies de tacauds, les valeurs des deux métaux sont beaucoup plus faibles.



**Figure 40 : Résultats graphiques des concentrations de l'Aluminium et du Zinc au sein des biotes**

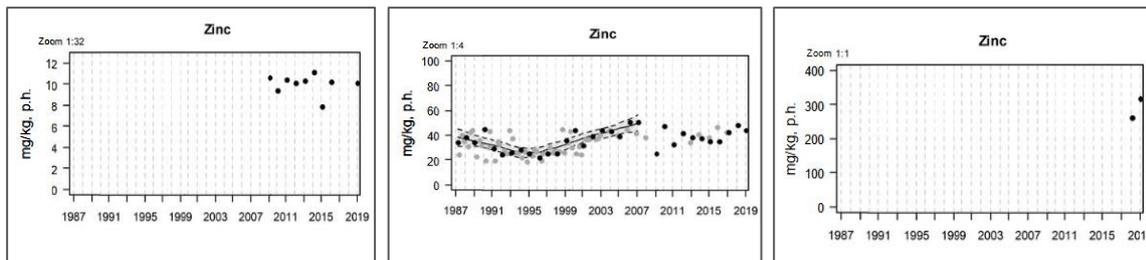
#### Zinc (Zn)

Le zinc est présent dans l'écorce terrestre principalement sous forme de sulfure (blende). Le zinc provient également des minerais de plomb dans lesquels il est toujours associé au cadmium.

Le zinc a des usages voisins de ceux du cadmium (protection des métaux contre la corrosion) et entre dans la composition de divers alliages (laiton, bronze ...) utilisés dans la construction. Il est utilisé également comme intermédiaire de fabrication ou réactif en chimie et dans l'industrie pharmaceutique. Il est peu toxique pour l'homme mais peut perturber la croissance des larves d'huîtres. Les sources de zinc dans les milieux aquatiques peuvent être industrielles urbaines et domestiques, mais également agricole car il est présent en quantités significatives comme impureté dans certains engrais phosphatés.

Pour comparaison, les résultats des dosages de zinc obtenus lors du suivi annuel ROCCH de 2019 dans les coques ou les moules (025-P-037 Baie de Saint Briec- fond de baie) ou encore les huitres creuses (028-P-003 Jaudy / Le castel) montrent des valeurs allant de 10 mg/kg (coques) jusqu'à 320 mg/kg (huîtres). Les valeurs obtenues montrent une grande variabilité en fonction du biote testé.

Le suivi des éléments dans les chaires et les appareils ou glandes digestives devra cibler les variations et surtout, les augmentations des concentrations de ces éléments.



**Figure 41 : Dosages en zinc pour trois mollusques différents lors du suivi ROCCH 2019 en Baie de Saint Briec (coques, à gauche ; moules au milieu) et à Jaudy – Le Castel (huître creuse, à droite) (Ifremer, 2020)**

Les concentrations de l'Indium au sein des six échantillons de biotes pour l'étude de l'état de référence avant travaux sont toutes « non détectables » (« ND, <1 ») selon les résultats obtenus du laboratoire.

## 4 COMPARAISON AVEC LES DONNEES ANTERIEURES

### 4.1 ECOLOGIE DE LA ZONE

La baie de Saint-Brieuc est, avec la baie du Mont Saint-Michel, l'une des deux plus grandes enclaves de peuplements de sédiments fins en Bretagne Nord. Le fond de baie comprend deux anses : Yffiniac et Morieux, désignées comme ZPS en 1990, abritant une Réserve naturelle depuis 1998 et faisant partie des sites Natura 2000 (Ifremer).

La classification des masses d'eau DCE (Baie de Saint-Brieuc) révèle que la zone entre la côte de Granit rose et Erquy est caractérisée par des eaux jugées en très bon état en 2011. On pouvait donc supposer que la zone du large (*Saint-Brieuc (large)*) était elle aussi de bonne qualité.

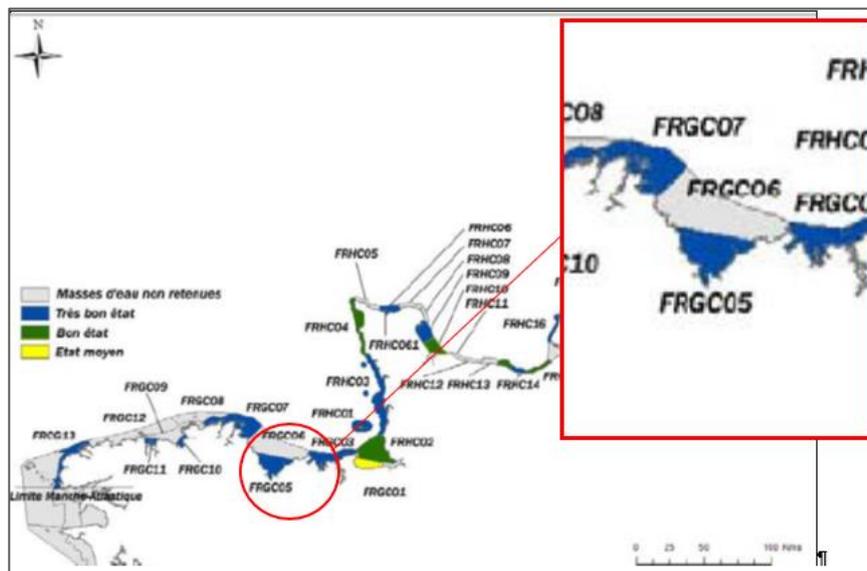


Figure 42 : Classement des masses d'eau (Ifremer, 2011)

En 2015, les données disponibles classaient la masse d'eau concernée par l'étude (FRGC06) en bon état comme le montre la figure ci-dessous, en revanche la masse d'eau de la Baie de Saint-Brieuc (FRGC05) était classée comme médiocre.

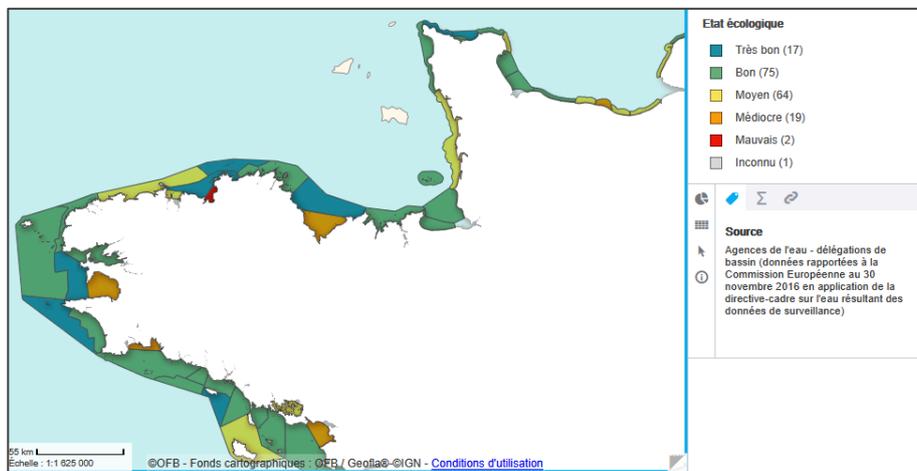


Figure 43 : Classement des masses d'eau (cartograph.eaufrance.fr, 2015)

De plus, la zone d'étude se caractérise par un hydrodynamisme important puisqu'exposée aux houles dominantes de nord-ouest et soumise à des courants de marées atteignant 2,5 nœuds. Ces conditions environnementales se traduisent par un sédiment constitué de sables grossiers, voire de graviers et cailloutis. Cette instabilité sédimentaire, associée à des profondeurs importantes limitant fortement la luminosité, est un frein à l'implantation de communautés algales. Les fonds de cailloutis infralittoraux et circalittoraux en mode battu se caractérisent par le développement d'un peuplement à dominance animale (épibiose sessile ou vagile) (setec in vivo, 2014).

Sur la zone d'étude, les algues sont quasi-absentes du fond, seulement réduites à la présence ponctuellement de corallinacées, algues encroûtantes, de type Lithothamnion (*Lithothamnion coralloïdes* et *L. calcareum*). Ces algues forment une pellicule superficielle rose sur certains cailloutis ou débris coquilliers. Ponctuellement, quelques thalles libres de maërl (une dizaine maximum sur 2-3 traits) ont été observés (photo de droite ci-dessous), mais sans toutefois former de véritable tapis ou bancs denses. (setec in vivo, 2014).



Figure 44 : Corallinacées encroûtantes (gauche) ou sous forme libre (droite) (setec in vivo, 2014)

## 4.2 COMPARAISON AVEC LES DONNEES BIBLIOGRAPHIQUES ANTERIEURES

### 2.1.1. Données IFREMER (1992,1996)

En 1996, un Atlas thématique a été réalisé (Augris, Hamon *et al.*, 1996) afin de définir les caractéristiques physiques (hydrologie, courantologie, morpho-sédimentologie) et biologiques (peuplements benthiques et exploitation des ressources vivantes) de la Baie de Saint-Brieuc.

Il est à noter que la zone d'implantation du parc éolien est géographiquement à extrême nord et au-delà de la Baie de Saint-Brieuc. Les caractérisations de ces études sont plus tournées vers le fond de la baie, la partie "large" de cette dernière étant difficilement délimitable.

Ainsi, une cartographie des peuplements benthiques a été produite à l'échelle de la baie à partir notamment de travaux effectués par Ifremer en 1992 (Thouzeau, Hamon, 1992).

Le peuplement des sables grossiers à *Nucula hanleyi*, *Glycymeris glycymeris* et *Timoclea ovata* (en orange) constitue le peuplement le plus dominant dans la partie du large. Selon les auteurs, « il occupe le nord de la baie, au-delà de 20 m dans la partie nord-ouest et 15 m dans la partie nord-est ; ce peuplement est en continuité avec celui des sables hétérogènes envasés. Les sédiments sont constitués majoritairement de sables grossiers propres et de graviers. La richesse spécifique est maximale pour ce peuplement (207 espèces). La prépondérance de la fraction sableuse sur les graviers est soulignée par la très forte proportion d'espèces sabulicoles et la rareté de l'épifaune sessile ». Selon

Thouzeau et Hamon (Thouzeau, Hamon, 1992), les espèces prépondérantes sont les bivalves *Glycymeris glycymeris*, *Timoclea ovata* et *Nucula hanleyi*, les polychètes *Eunice vittata*, *Ampharete grubei* et les amphipodes *Ampelisca spinipes*, *Atylus vedlomensis* et *Urothoe marina*. Parmi les espèces communes, les auteurs recensent les bivalves *Polititapes rhomboides*, *Parvicardium scabrum* et *Nucula nucleus*, les polychètes *Lumbrineris gracilis*, *Pista cristata*, *Lanice conchilega* et des syllidés ainsi que de nombreux crustacés de petite taille : *Eurydice pulchra*, *Cheirocratus assimilis*, *Leptocheirus hirsutimanus*, *Apherusa bispinosa*, *Lyssiana plumosa*, *Ampelisca spp.*, *Conilera cylindracea*.

Bien que la zone d'étude du parc éolien soit située plus au nord que la carte, les espèces majoritaires identifiées dans les prélèvements sont similaires à celles décrites précédemment avec une abondance de bivalves vénéridés (*Polititapes rhomboides*, *Glycymeris glycymeris*, *Timoclea ovata*), une diversité importante de crustacés amphipodes et décapodes (*Liocarcinus spp.*, *Macropodia spp.*, *Eurynome spp.*) essentiellement. Les annélides sont aussi fortement diversifiés avec une dominance des annélides carnivores (*Lumbrineris spp.*, *Eunice vittata*, *Glycera lapidum*, etc.).

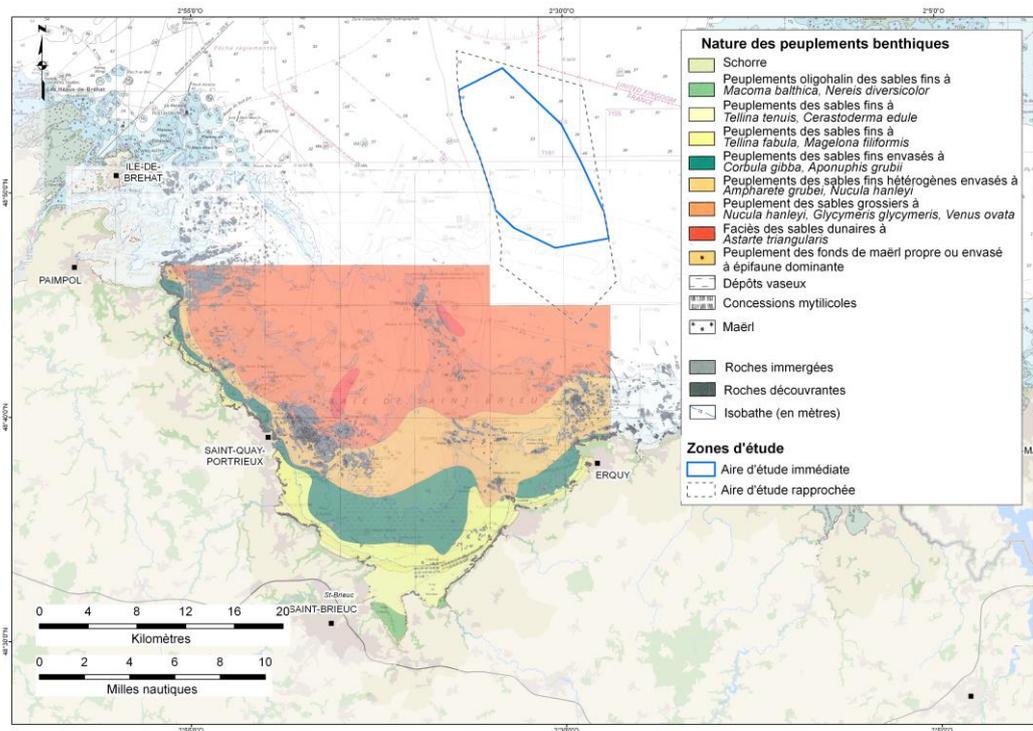


Figure 45 : Distribution des peuplements benthiques des fonds meubles (IFREMER, 1996)

### 2.1.2. Données G-TEC (2012-2013)

Dans le cadre des missions prospectives de géophysiques pour le compte d'Ailes Marines (2012-2013), la société G-Tec a réalisé une campagne de prélèvements (25 stations) afin de valider leurs résultats acoustiques. Cette validation, à l'aide d'un prélèvement à la benne et de données vidéo fixe, a permis d'acquérir des données qualitatives (type de substrat, principales espèces présentes) et de réaliser une cartographie des peuplements selon la typologie EUNIS (Figure 46).

Toutefois, comme le précisent les auteurs de cette mission, le travail réalisé est une première approximation qualitative de la distribution spatiale des assemblages benthiques et la classification EUNIS réalisée mériterait d'être affinée par un effort d'échantillonnage plus important.

Les auteurs ont donc distingué trois peuplements distincts sur la zone d'étude :

- Peuplement circalittoral de substrats rocheux (Code EUNIS : A4.13) localisé dans la zone nord ;
- Bancs d'ophiures sur sédiments hétérogènes (Code EUNIS : A5.445) sur la partie centrale ;
- Sables grossiers et graviers sublittoraux marins à *Branchiostoma lanceolatum* (Code EUNIS : A5.135) sur la partie sud de la zone.

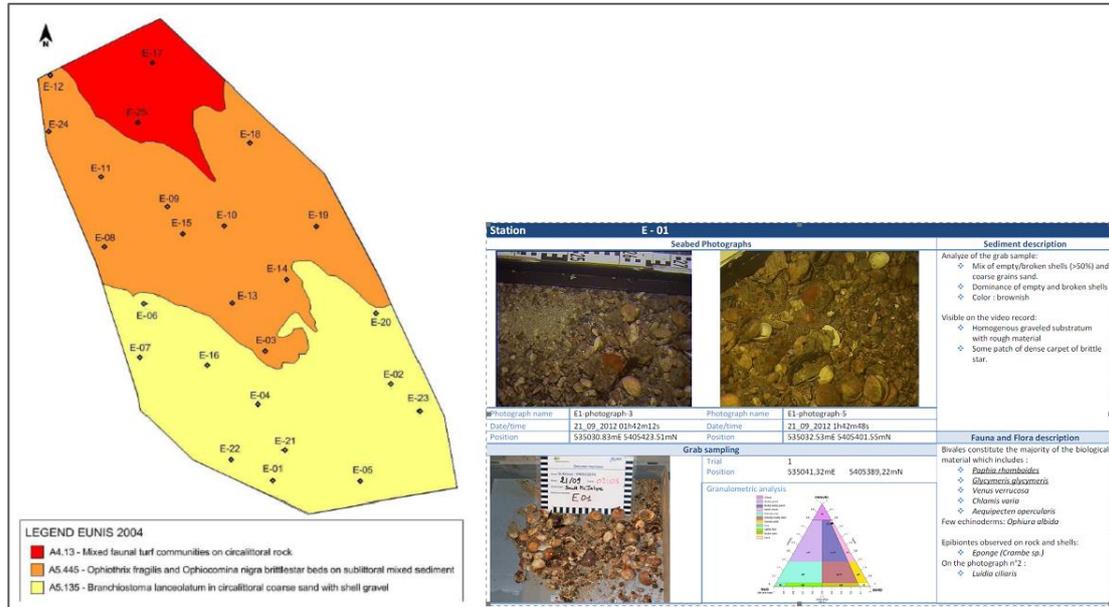


Figure 46 : Illustration des résultats des prospections (G-Tec, 2013)

Ces résultats avaient ainsi permis de compléter les observations de setec in vivo (anciennement IN VIVO Environnement) et ainsi affiner le rendu de la cartographie des peuplements en 2014.

#### 4.2.1 Campagnes IN VIVO (2014) : classification des peuplements benthiques

A partir de l'ensemble des campagnes de prélèvements et d'acquisitions vidéos, il avait été possible d'effectuer une classification des peuplements en présence. La mise en relation avec la typologie EUNIS (2004) avait été réalisée.

❖ *Mediomastus fragilis*, *Lumbrineris* spp. et bivalves vénérifiés dans du sable grossier et graveleux du circalittoral (ancien Code EUNIS A5.132). (*Mediomastus fragilis*, *Lumbrineris* spp. and venerid bivalves in circalittoral coarse sand and gravel)

Code: A5: « Sédiment sublittoral »

A5.1: « Sédiment grossier du sublittoral »

A5.13: « Sédiment grossier du circalittoral »

A5.132: « *Mediomastus fragilis*, *Lumbrineris* spp. et bivalves vénérifiés dans du sable grossier et graveleux du circalittoral »

Ce peuplement est caractéristique des sédiments grossiers de la zone circalittorale de la majeure partie de la zone d'étude. Connor D. (EUNIS, 2004) décrit celui-ci comme « caractérisé par des graviers grossiers circalittoraux, des sables et des graviers de taille moyenne, de coquillages, parfois avec une petite quantité de limon et généralement dans une eau relativement profonde (généralement plus de 15-20m), il peut être caractérisé par des polychètes comme *Mediomastus fragilis*, *Lumbrineris* spp.,

*Glycera lapidum* avec l'oursin *Echinocyamus pusillus*. Les autres taxons peuvent inclure *Nemertea* spp., *Protodorvillea kefersteini*, *Owenia fusiformis*, *Spiophanes bombyx* et *Amphipholis squamata* avec aussi des amphipodes tels que *Ampelisca spinipes*. Ce biotope peut également être caractérisé par la présence de remarquables bivalves vénérédés, en particulier *Timoclea ovata*. D'autres espèces de bivalves robustes comme *Moerella* spp., *Glycymeris glycymeris* et *Astarte sulcata*. On peut également trouver dans ce biotope *Spatangus purpureus*, présents en particulier lorsque les interstices des graviers sont remplis par des particules plus fines, dans ce cas, *Gari tellinella* peut également être répandue (Glemarec 1973). De telles communautés dans les sédiments graveleux peuvent être relativement riches en espèces et elles peuvent également contenir une épifaune tels qu'*Hydroïdes norvegicus* et *Pomatoceros lamarcki* ».

La description générique faite par Connor correspond au peuplement observé sur la zone, à savoir :

- Une granulométrie caractérisée par une dominance de sédiments très grossiers, voire graveleux ;
- La présence d'espèces caractéristiques au vu de la description de Connor (2004) : *Mediomastus fragilis*, *Lumbrineris* spp., *Glycera lapidum*, *Timoclea ovata* ;
- Une densité importante de bivalves vénérédés (*Glycymeris glycymeris* et *Polittapes rhomboides*) ;
- La présence des espèces secondaires associées (*Amphipholis squamata*, *Ampelisca spinipes*, *Nemertea* spp.) ;
- La présence d'une épifaune composée principalement d'hydrides (*Hydrallmania falcata*, *Halecium halecinum*, *Abietinaria abietina*, *Nemertesia antennina*).

❖ **Ophiothrix fragilis et/ou Ophiocomina nigra sur un sédiment mixte du sublittoral (Code EUNIS A5.445)** (*Ophiothrix fragilis and/or Ophiocomina nigra brittlestar beds on sublittoral mixed sediment*)

Le sédiment circalittoral est dominé par les ophiures (centaines ou des milliers/m<sup>2</sup>) formant des bancs denses, vivant en épifaune sur les rochers, substrats de graviers ou meubles. *Ophiothrix fragilis* et *Ophiocomina nigra* sont les principales espèces qui forment ce tapis (...). Les tapis d'ophiures sont de taille variable, pouvant s'étendre sur des centaines de mètres carrés et contenant des millions d'individus. *Ophiothrix fragilis* ou *Ophiocomina nigra* peut dominer séparément ou il peut y avoir des populations mixtes des deux espèces. Contrairement aux tapis d'ophiures sur roches, les sédiments peuvent contenir une riche épifaune associée (Warner, 1971 ; Allain, 1974 ; Davault & Gounin, 1995). Les suspensivores comme les octocoraux *Alcyonium digitatum*, l'anémone *Metridium sénile* et l'hydroïde *Nemertesia antennina* sont présents essentiellement sur des affleurements rocheux ou des rochers en saillie au-dessus du substrat couvert par les ophiures. L'anémone *Urticina felina* peut être assez fréquente. Cette espèce vit à moitié enfouie dans le substrat, mais elle n'est pas étouffée par les ophiures. Les grands animaux mobiles observés couramment sur des tapis d'*Ophiothrix fragilis* sont les étoiles de mer *Asterias rubens*, *Crossaster papposus* et *Luidia ciliaris*, les oursins *Echinus esculentus* et *Psammechinus miliaris*, les crabes comestibles *Cancer pagurus*, les étrilles *Necora puber*, *Liocarcinus* spp., et des bernard-l'hermite *Pagurus bernhardus*. Les sédiments sous-jacents peuvent également contenir une endofaune diversifiée. Warner (1971) a constaté que le nombre et la biomasse des animaux vivant dans les sédiments n'ont pas été significativement réduits en présence de tapis d'ophiures.

Enfin, précisons que le bureau d'études G-Tec avait défini la zone sud comme étant un peuplement de gravelles à *Branchiostoma lanceolatum* (code EUNIS A5.135). Lors des campagnes de setec in vivo (2014), l'espèce était très peu représentée sur la zone d'étude : seuls deux individus avaient été échantillonnés sur l'ensemble des campagnes de prélèvements. Il est probable que ce peuplement soit présent en périphérie de la zone échantillonnée, mais ne semble pas représenté sur un véritable peuplement à large emprise sur la zone d'étude.

L'analyse des vidéos réalisées a permis de caractériser les peuplements en présence selon la typologie EUNIS :

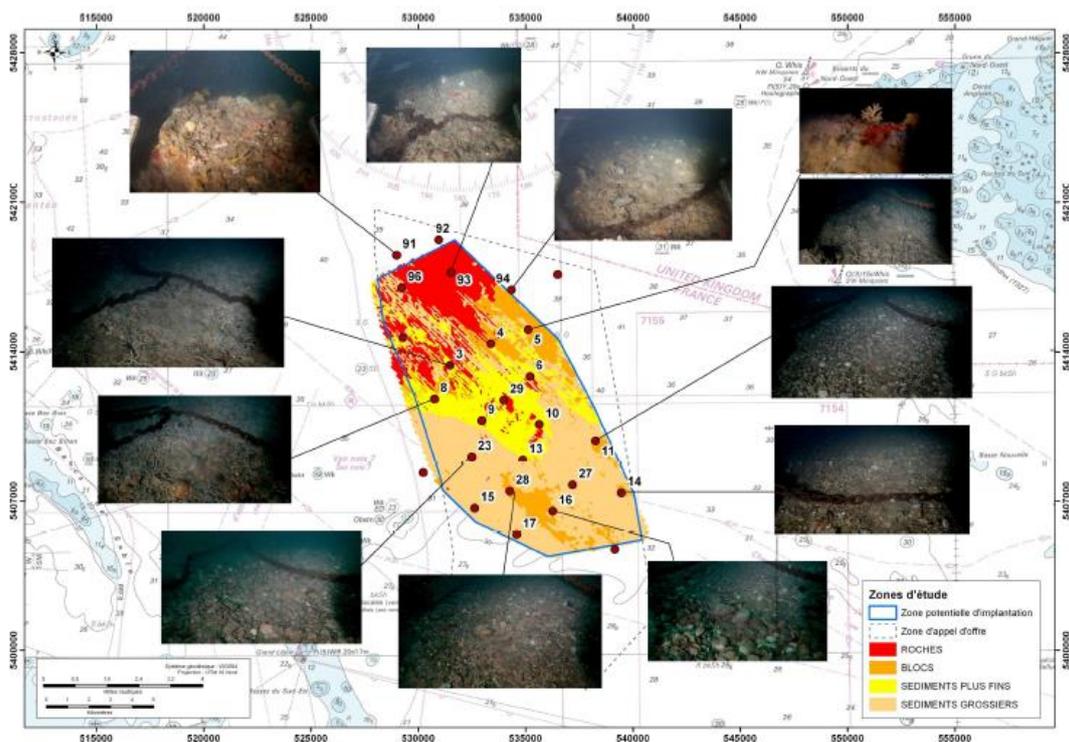
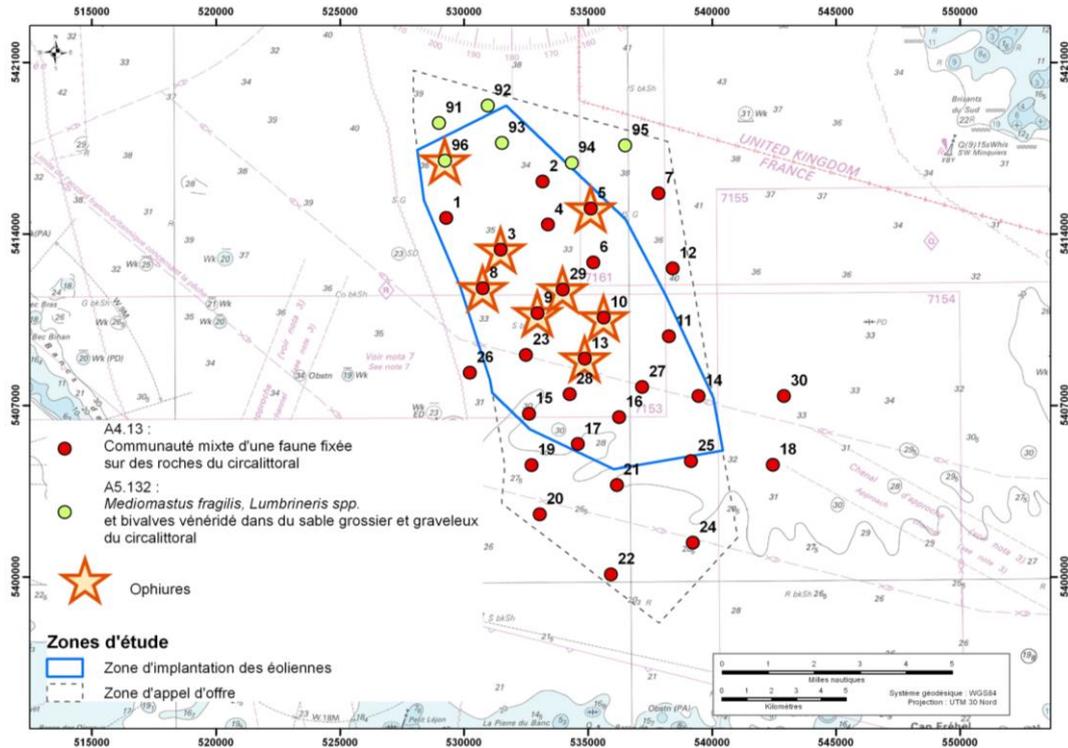
❖ **Communauté mixte d'une faune fixée sur des roches du circalittoral (Code EUNIS A4.13).** (*Mixed faunal turf communities on circalittoral rock*).

Ce type d'habitat est présent sur les zones d'affleurements rocheux et de blocs circalittoraux, en présence de courants de marée forts à modérément forts. Selon Connor (2004), ce complexe est généralement caractérisé par la diversité de ses hydroïdes (*Halecium halecinum*, *Nemertesia antennina* et *Nemertesia ramosa*), des bryozoaires (*Alcyonidium diaphanum*, *Flustra foliacea*, *Bugula flabellata* et *Bugula plumosa*) et les éponges (*Scypha ciliata*, *Pachymatisma johnstonia*, *Cliona celeta*, *Raspailia ramosa*, *Esperiopsis fucorum*, *Hemimycale columella* et *Dysidea fragilis*) formant un élément souvent gazonnant dense et mixte. D'autres espèces trouvées dans ce complexe sont *Alcyonium digitatum*, *Urticina felina*, *Sagartia elegans*, *Actinothoe sphyrodeta*, *Caryophyllia smithii*, *Pomatoceros triqueter*, *Balanus crenatus*, *Cancer pagurus*, *Necora puber*, *Asterias rubens*, *Echinus esculentus* et *Clavelina lepadiformis*.

❖ **Ophiothrix fragilis et/ou Ophiocomina nigra sur un sédiment mixte du sublittoral (Code EUNIS A5.445).** (*Ophiothrix fragilis and/or Ophiocomina nigra brittlestar beds on sublittoral mixed sediment*)

L'analyse des vidéos réalisées avait permis de caractériser les peuplements en présence selon la typologie EUNIS : le code A4.13 en tant que biocénose principale et le code A5.445 en épifaciès à Ophiures.

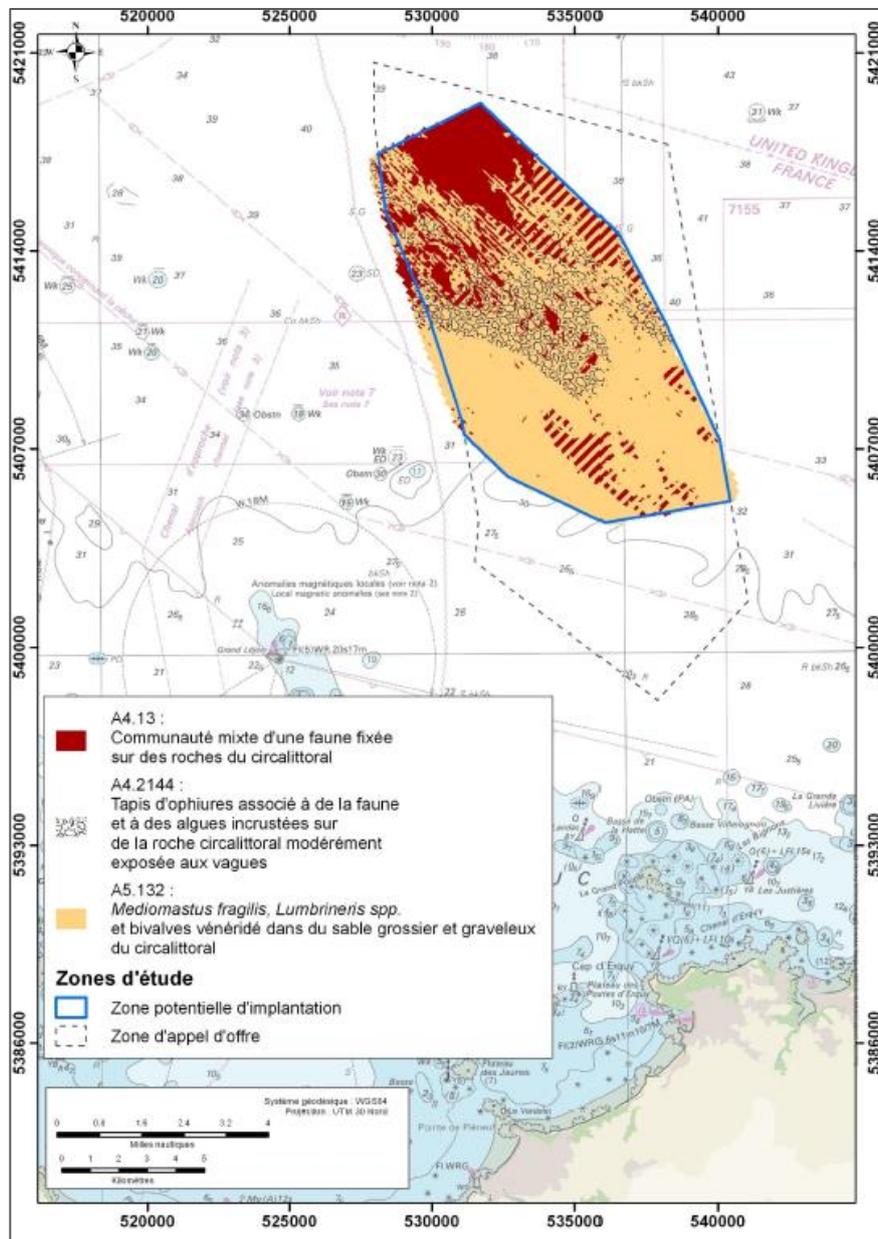
L'étude de 2014 avait permis d'établir les cartes sur la répartition des peuplements benthiques. Ainsi, la figure ci-dessous, présente, une pré-cartographie stationnelle des peuplements benthiques :



L'ensemble des cartographies produites en 2013 et 2014, avait permis de mettre en évidence :

- Un platier rocheux circalittoral avec épibiose sessile importante (Code A4.13) dans la partie nord ;
- Un peuplement de sédiments grossiers graveleux (A5.135) à bivalves vénérédés sur une grande majorité du site ;
- Un tapis d'ophiures (A4.2144) dans la partie centrale en épibiose du peuplement de sédiment grossier
- A5.135 ;
- Dans la partie nord-est et sud de la zone d'étude, la présence de blocs rocheux circalittoraux similaires au platier rocheux (A4.13) sur le peuplement de sédiment grossier A5.135.

Grâce à l'ensemble de ces informations, une cartographie synthétique des peuplements benthiques avait été réalisée :



### 4.3 COMPARAISON AVEC LES DONNEES DE L'ETAT INITIAL

La carte ci-dessous permet de visualiser les plans d'échantillonnage de l'état initial de 2014 avec celui de 2020.

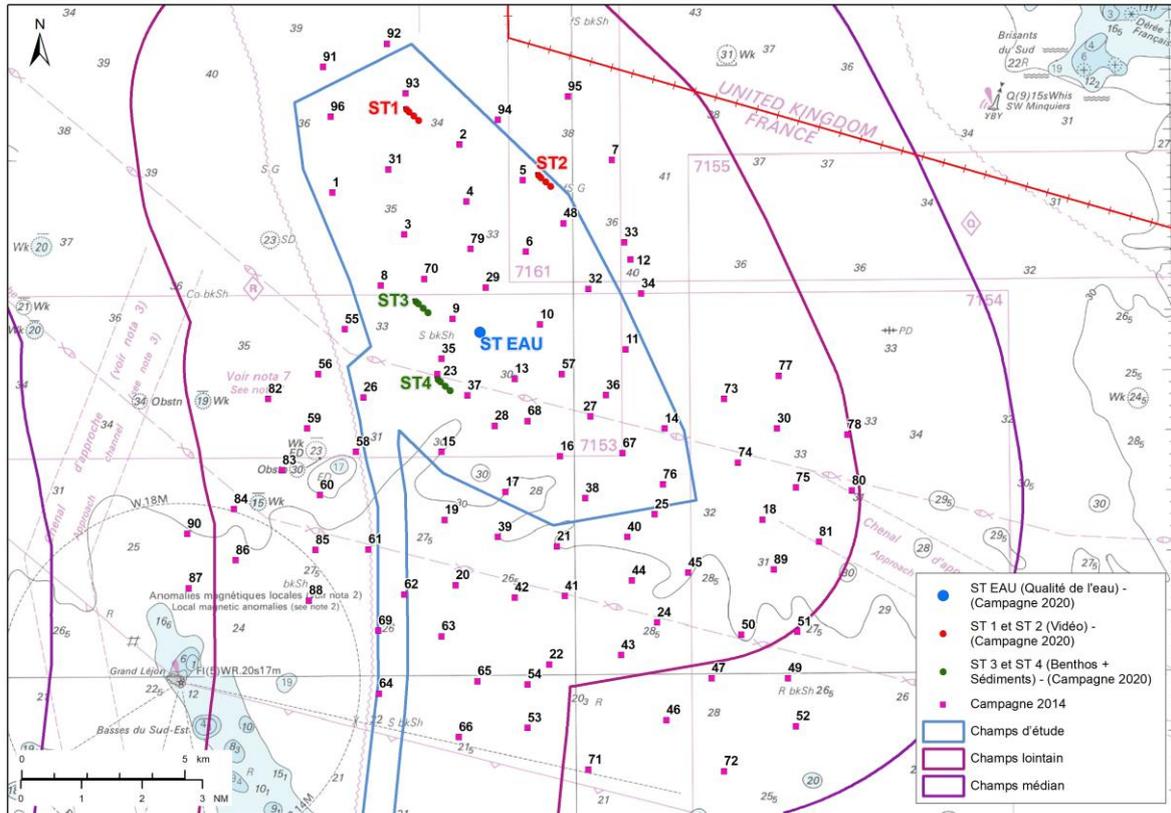


Figure 50 : Plan de positionnement des prélèvements de 2014 et de 2020

Cette carte permet de comparer les stations entre elles dans le temps : les stations de la zone ST1 avec la station « 93 », les stations de la zone ST2 avec la station « 5 », les stations de la zone ST3 avec la station « 9 » et enfin les stations de la zone ST4 avec la station « 23 ».

#### 2.1.3. Analyses sédimentaires

##### 4.3.1.1 Granulométrie

En 2014, la répartition granulométrique était relativement homogène sur la zone de prélèvement et majoritairement représentée par des graviers (médiane s'étendant de 4 000 µm à plus de 10 000 µm) concentrés au nord et au centre de la zone investiguée.

Au sud, ainsi qu'au niveau des limites ouest et est de la zone d'étude, les sédiments étaient plutôt représentés par des granules (médiane comprise entre 2 000 µm et 4 000 µm).

Des étendues de sables très grossiers (médiane allant de 1 000 µm à 2 000 µm) se retrouvaient un peu partout sur la zone d'étude avec une dominance au centre et à l'ouest de la zone.

**La zone d'étude « était principalement caractérisée par un sédiment grossier (graviers, granules et sables très grossiers) qui se retrouvait également aux abords du périmètre d'étude. Les teneurs en particules fines (inférieures à 63 µm) étaient très faibles, voire négligeables.**

Echantillons	Mode (µm)	Médiane (µm)	Fraction fine (%)	Faciès					
1	> 10 000	> 10 000	0,01	GRAVIERS					
2	Echantillon non prélevé								
3	> 10 000	> 10 000	0,04	GRAVIERS					
4	6300	4761	0,04	GRAVIERS					
5	6300	5537	0,04	GRAVIERS					
6	> 10 000	9408	0	GRAVIERS					
7	6300	7137	0	GRAVIERS					
8	> 10 000	> 10 000	0,11	GRAVIERS					
9	500	1538	0,15	SABLES TRES GROSSIERS					
10	6300	7689	0,03	GRAVIERS					
11	> 10 000	7658	0	GRAVIERS					
12	500	2080	0,05	GRANULES					
13	> 10 000	> 10 000	0	GRAVIERS					
14	> 10 000	2650	1,72	GRANULES					
15	> 10 000	2367	0,06	GRANULES					
16	> 10 000	> 10 000	0,02	GRAVIERS					
17	> 10 000	4445	0	GRAVIERS					
18	> 10 000	5553	0,03	GRAVIERS					
19	6300	9715	0,06	GRAVIERS	ST3-100	500	1073	0,5	SABLES TRES GROSSIERS
20	6300	3660	0,13	GRANULES	ST3-200	0	3227	1,1	GRAVILLONS / GRANULES
21	> 10 000	> 10 000	0,01	GRAVIERS					
22	2000	2833	0,06	GRANULES	ST3-400	500	1668	0,6	SABLES TRES GROSSIERS
23	500	1435	1,42	SABLES TRES GROSSIERS	ST3-600	0	3620	0,6	GRAVILLONS / GRANULES
24	500	2410	0,03	GRANULES					
25	500	1010	2,26	SABLES TRES GROSSIERS	ST4-100	0	>20000 µm	0,3	CAILLOUX / GRAVIERS
26	500	2204	1,36	GRANULES	ST4-200	0	>20000 µm	0,4	CAILLOUX / GRAVIERS
27	> 10 000	> 10 000	0,03	GRAVIERS					
28	> 10 000	8979	0	GRAVIERS	ST4-400	0	>20000 µm	0,2	CAILLOUX / GRAVIERS
29	> 10 000	> 10 000	0	GRAVIERS					
30	500	2550	0	GRANULES	ST4-600	0	>20000 µm	0,5	CAILLOUX / GRAVIERS

**Tableau 47 : Synthèse des caractéristiques granulométriques des stations en 2014 et 2020**

Les données en 2021 sont en adéquation avec l'état initial : les stations de la zone ST3 correspondent bien aux données de 2014, les stations de la zone ST4 sont légèrement plus grossières en 2020 (cailloux/graviers) qu'en 2014 (sables très grossiers).

#### 4.3.1.2 Géochimie

En 2014, les résultats d'analyse ne mettaient pas en évidence de contamination des sédiments puisque l'ensemble des substances étaient soit absentes, soit inférieures au seuil N1.

En 2020, les analyses montrent que les concentrations en métaux lourds, et PCB sont toutes inférieures aux seuils N1.

Les concentrations pour les HAP sont aussi pour la quasi-totalité inférieures au niveau N1, mais on note que deux molécules présentent des taux très légèrement supérieurs à ce niveau N1 sur l'échantillon ST4 Moyen : l'Acénaphène et le Fluorène.

Les deux suivis présentent des résultats sensiblement identiques, avec, pour la quasi-totalité des substances, une absence de contamination (hormis deux légers dépassements du niveau N1 pour l'Acénaphène et le Fluorène sur la station ST4-Moyen en 2020).

## 2.1.4. Analyses faunistiques

### 4.3.1.3 Diversité

En 2014, l'analyse des 150 échantillons benthiques (30 stations de 5 réplicats), prélevés selon le même protocole avait permis de recenser 9 450 individus et d'identifier 223 espèces appartenant à 6 groupes zoologiques principaux (hors espèces « diverses »).

Les tableaux ci-dessous récapitulent les données obtenues en 2014 :

station	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Richesse Spécifique (nb espèces)	66	44	61	42	23	64	70	66	36	65
Abondance (nb individus )	272	106	400	66	88	238	256	440	317	515
Densité (nb individus/m <sup>2</sup> )	544	212	800	132	293	476	512	880	634	1030
station	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Richesse Spécifique (nb espèces)	66	3	76	41	84	61	71	75	71	61
Abondance (nb individus )	348	3	513	152	613	317	418	388	391	443
Densité (nb individus/m <sup>2</sup> )	696	6	1026	304	1226	634	836	776	782	886
station	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Richesse Spécifique (nb espèces)	54	64	80	71	44	71	64	71	58	49
Abondance (nb individus )	362	289	432	393	125	350	435	429	338	145
Densité (nb individus/m <sup>2</sup> )	724	578	864	786	417	700	870	858	676	290

**Tableau 48 : Paramètres de richesse spécifique et d'abondance des espèces sur les 30 stations d'étude (setec in vivo, 2014)**

En 2020, la moyenne de la richesse spécifique sur la zone ST3 est de 57 espèces et de 90 pour la zone ST4. Ces valeurs sont un peu plus importantes que les valeurs obtenues lors de l'état initial (respectivement 36 espèces sur la station 9 et 80 espèces sur la station 23)

Concernant les abondances, les moyennes obtenues sont également plus élevées en 2020 par rapport aux stations unitaires correspondantes : 428 individus ont été inventoriés en moyenne sur la zone ST3 pour 317 individus sur la station 9 et 696 individus sur la zone ST4 pour 432 sur la station 23.

En 2014, au sein des prélèvements sur les 30 stations d'étude, la répartition des groupes zoologiques était globalement identique (hormis la station 12 où la benne n'avait pas pu échantillonner correctement) : une dominance des annélides (entre 35 et 90 % selon les stations), puis une représentation assez forte des espèces de crustacés et des mollusques. Les échinodermes étaient peu présents en nombre d'espèces avec moins de 10 %.

En 2020, la composition de la richesse spécifique était sensiblement équivalente au suivi de l'état initial (Figure 51) sur les stations situées sur les mêmes zones géographiques (station « 9 » pour la ST3 et station « 23 » pour la zone ST4). En effet, il est constaté une forte dominance des vers annélides puis un fort pourcentage des crustacés et des mollusques ainsi qu'un nombre d'espèces d'échinodermes assez faible (5% sur l'ensemble des stations).

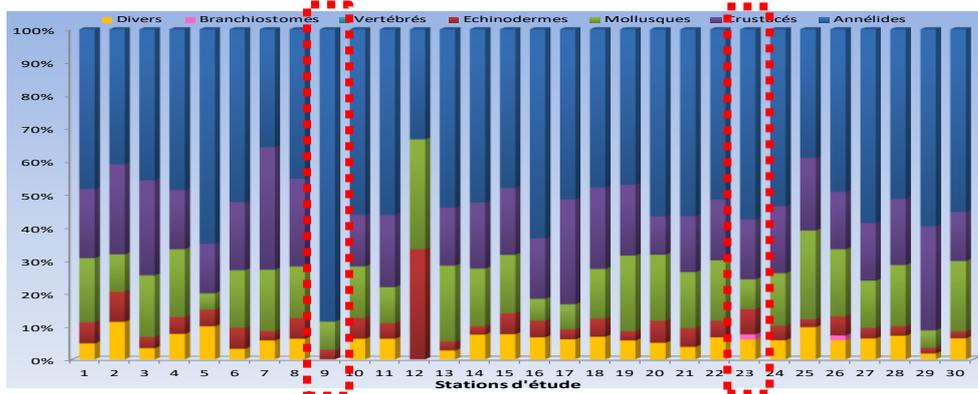


Figure 51 : Répartition de la richesse spécifique selon le groupe zoologique en 2014

En 2014, la répartition de l'abondance montrait des contrastes plus forts entre les stations d'étude que celle de la richesse spécifique. En termes d'abondance, le groupe zoologique des annélides restait majoritaire sur la plupart des stations, mais les mollusques et les échinodermes étaient abondants sur certaines. En effet, les stations 3, 5, 8, 9, 10, 12, 13 et 29 se caractérisaient par une forte abondance d'échinodermes, comme c'est le cas sur les stations de la zone ST3 en 2020. Celle-ci est due à une seule espèce, *Ophiothrix fragilis*, dont la densité peut atteindre 500 individus /m<sup>2</sup> et former de véritables tapis d'ophiures.

Sur la plupart des stations, les mollusques étaient relativement abondants avec la prédominance de trois espèces : *Glycymeris glycymeris*, *Nucula nitidosa* et *Timoclea ovata*. Ces trois espèces avec *Politapes rhomboides* sont également les plus nombreuses en 2020 sur les stations de la zone ST4.

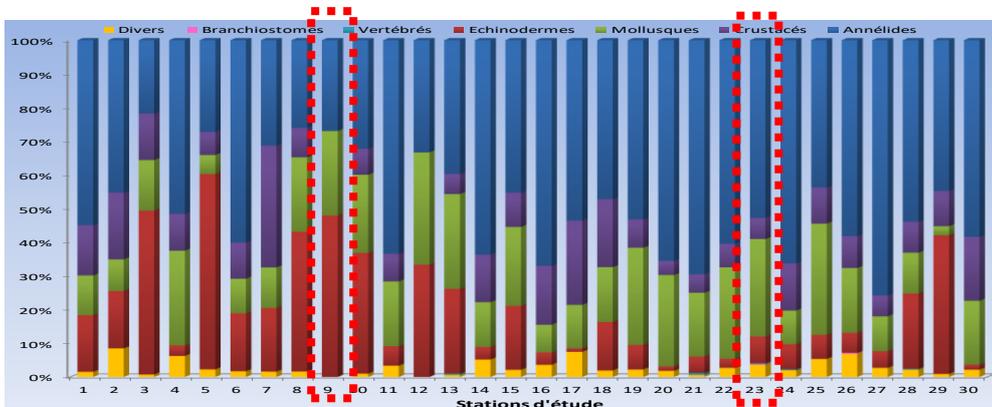


Figure 52 : Répartition de l'abondance selon le groupe zoologique en 2014

Les résultats des valeurs de diversité sur les stations d'études obtenus en 2020 sont tout à fait comparables aux valeurs trouvées lors de l'état initial de 2014 sur les stations situées aux mêmes endroits.

Au vu des résultats des deux suivis, il apparaît que les stations se caractérisent par une forte diversité d'espèces d'annélides polychètes en abondance importante. Les échinodermes se caractérisent par une diversité d'espèces faible mais dont les densités peuvent être importantes du fait de deux espèces : *Ophiothrix fragilis* et *Amphipholis squamata* et ce, lors des deux suivis. Concernant les mollusques, ils sont bien diversifiés, mais seules quatre présentent des densités importantes (trois en 2014) (*Glycymeris glycymeris*, *Nucula nitidosa*, *Timoclea ovata* et *Politapes rhomboides*). Concernant les crustacés, le nombre d'espèces est très important, mais celles-ci sont peu abondantes en nombre d'individus. Deux espèces se distinguent par leur abondance lors des deux suivis : *Eualus occultus* et *Othomaera othonis*, à laquelle s'ajoute *Galathea spp.* en 2020.

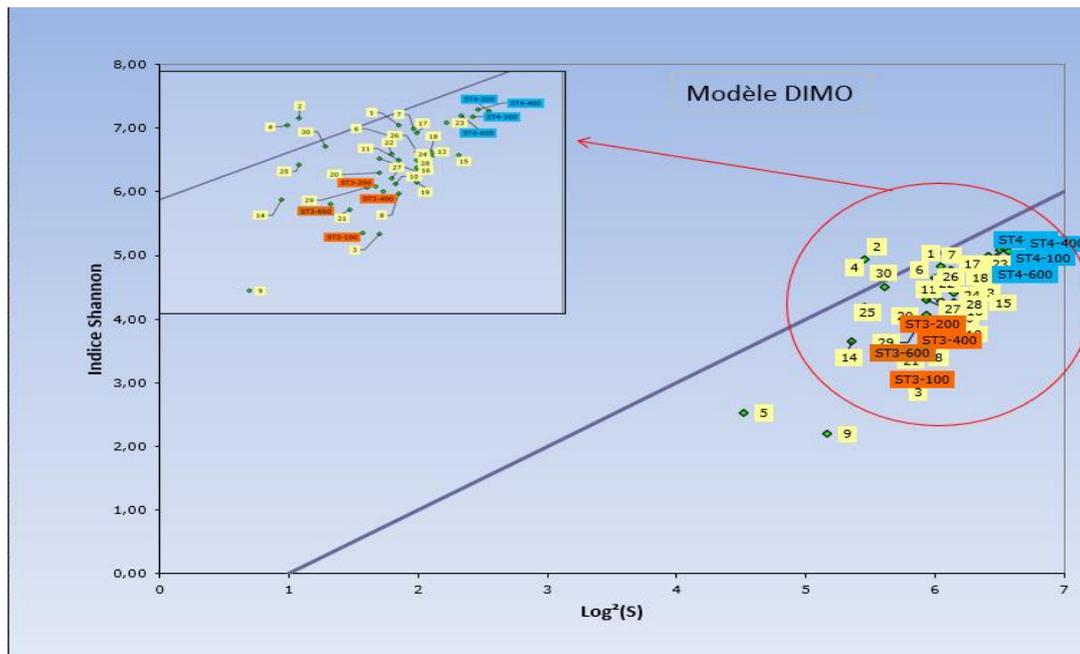


Figure 53 : Modèle DIMO appliqué aux stations de 2014 et 2020

La distribution spatiale montre que les peuplements présentent des richesses spécifiques et une répartition des espèces homogène sur l'ensemble des stations des suivis de 2014 et 2020. Les résultats concernant la diversité et l'équitabilité des stations des deux suivis sont du même ordre.

#### 4.3.1.4 Indices basés sur les groupes écologiques

En 2014, les résultats de l'indice AMBI sur les 30 stations révélaient que celles-ci oscillent entre le seuil « non perturbé » et « faiblement perturbé ». La dominance d'espèces sensibles à l'hypertrophisation et la présence de peu d'espèces opportunistes sont révélatrices d'un état environnemental peu à faiblement perturbé. Bien qu'il y ait une dominance de quelques espèces, l'AMBI révélait un faible niveau de perturbation. Concernant l'indice BENTIX, la classification de l'ensemble des stations était en « excellent ».

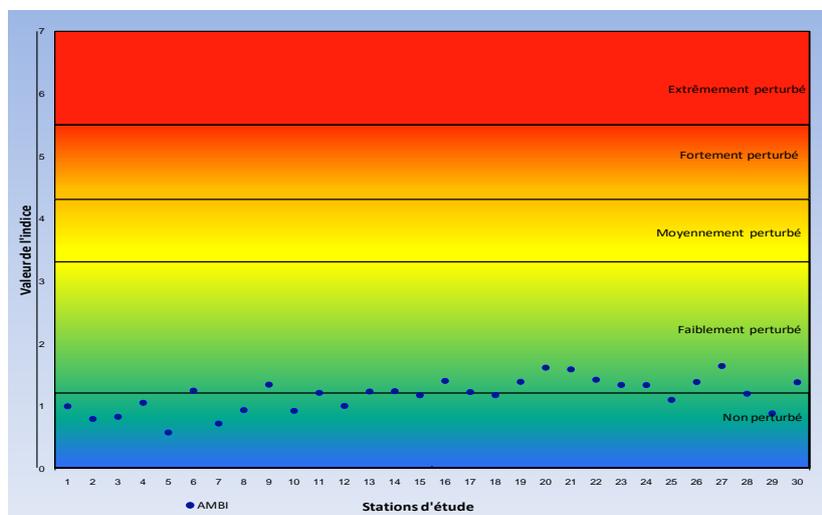


Figure 54 : Synthèse des niveaux de perturbation selon les stations d'étude (setec in vivo, 2014)

Stations	I(%)	II(%)	III(%)	IV(%)	V(%)	BENTIX	EcoQ
1	46.7	41.7	10.4	1.3	0	5.538	EXCELLENT
2	51.6	44	4.4	0	0	5.824	EXCELLENT
3	64.1	18.9	15.4	1.1	0.5	5.32	EXCELLENT
4	51.7	33.3	11.7	0	3.3	5.4	EXCELLENT
5	72.8	17.3	8.6	1.2	0	5.602	EXCELLENT
6	35.4	48.5	13.6	2.4	0	5.354	EXCELLENT
7	63.6	28.4	5.9	0.8	1.3	5.68	EXCELLENT
8	62.9	17.1	17.3	0.2	2.4	5.198	EXCELLENT
9	50	17.3	28.5	1.6	2.6	4.692	EXCELLENT
10	60	22.8	13.9	2.2	1	5.31	EXCELLENT
11	35.8	51.3	10.1	2.2	0.6	5.484	EXCELLENT
12	66.7	0	33.3	0	0	4.668	EXCELLENT
13	48.9	26.5	18.9	5.1	0.6	5.016	EXCELLENT
14	35.2	50.4	12.8	0	1.6	5.424	EXCELLENT
15	45.3	34.9	16.2	3.5	0	5.206	EXCELLENT
16	30.7	49.1	17.1	2.4	0.7	5.192	EXCELLENT
17	43.8	39.2	11.6	2.4	3	5.32	EXCELLENT
18	43.7	40.8	10.5	3.5	1.5	5.38	EXCELLENT
19	46.4	24.2	21.8	5.9	1.7	4.824	EXCELLENT
20	29	42.7	22.6	3	2.7	4.868	EXCELLENT
21	18.5	61.4	16.9	2.2	0.9	5.194	EXCELLENT
22	36.7	41.2	16.3	2	3.7	5.114	EXCELLENT
23	36.6	42	18.6	1.3	1.5	5.144	EXCELLENT
24	33.2	49.1	14.7	1.5	1.5	5.292	EXCELLENT
25	49.1	34.3	13	1.9	1.9	5.34	EXCELLENT
26	32	48	17.1	1.4	1.4	5.198	EXCELLENT
27	21.3	58.1	13.5	4	3	5.174	EXCELLENT
28	41.1	42.2	12.9	3.6	0.3	5.334	EXCELLENT
29	57.5	30.5	8.8	2.3	1	5.522	EXCELLENT
30	39.5	40.3	12.9	3.2	4	5.19	EXCELLENT

**Tableau 49 : Récapitulatif de la répartition des espèces selon leurs groupes trophiques et indices biotiques BENTIX et équivalences avec les statuts écologiques de la DCE (EcoQ)**

Les résultats des indices basés sur les groupes écologiques obtenus en 2020 sont tout à fait comparables à l'état initial de 2014.

Les résultats correspondent aux valeurs généralement observées en zone ouverte et dans ces types de milieu. La qualité écologique du site au regard des peuplements benthiques est globalement bonne ou excellente.

#### 4.3.1.5 Classification de peuplements benthiques

stations	Dénomination de la biocénose	Code
Stations de la zone ST3 (2020) Stations 70 ou 9 (2014)	Bancs d'ophiures <i>Ophiotrix fragilis</i> et/ou <i>Ophiocomina nigra</i> sur sédiment hétérogène subtidal	A5.445
Stations de la zone ST4 (2020) Station 23 (2014)	<i>Mediomastus fragilis</i> , <i>Lumbrineris</i> spp. et bivalves vénérédés dans du sable grossier ou du gravier circalittoral	A5.142

**Tableau 50 : récapitulatif des biocénoses benthiques de 2014 et 2020**

Les peuplements trouvés en 2020 sont en adéquation avec ceux trouvés lors de l'état initial sur la zone d'étude.

### 2.1.5. Analyses vidéo

#### 2.1.5.1. Observations in situ

En 2014, toute la partie nord de la zone d'étude était caractérisée par la présence de sédiments hétérogènes très grossiers constitués de roches, blocs et des graviers/cailloutis. D'un point de vue biologique, les stations étaient similaires entre elles avec une très forte dominance d'un peuplement animal sessile : les espèces encroûtantes (notamment les bryozoaires *Cellepora sp.*, *Schizomavella sp.* et quelques spongiaires non déterminés) étaient dominantes, mais certaines macro-espèces dressées avaient été identifiées : l'alcyon *Alcyonium digitatum*, les bryozoaires *Flustra foliacea* et *Pentapora fascialis* et des spongiaires tels que *Axinella spp. cf. dissimilis*, *Tethya aurantium*, *Raspaillia sp. cf. ramosa*. Le sédiment grossier semblait être un habitat de prédilection pour des bivalves pectinidés tels que *Mimachlamys varia*, *Pecten maximus* puisque ceux-ci ont été observés à la vidéo à plusieurs reprises.

Enfin sur la station 96, un tapis important d'ophiures *Ophiothrix fragilis* avait été observé.

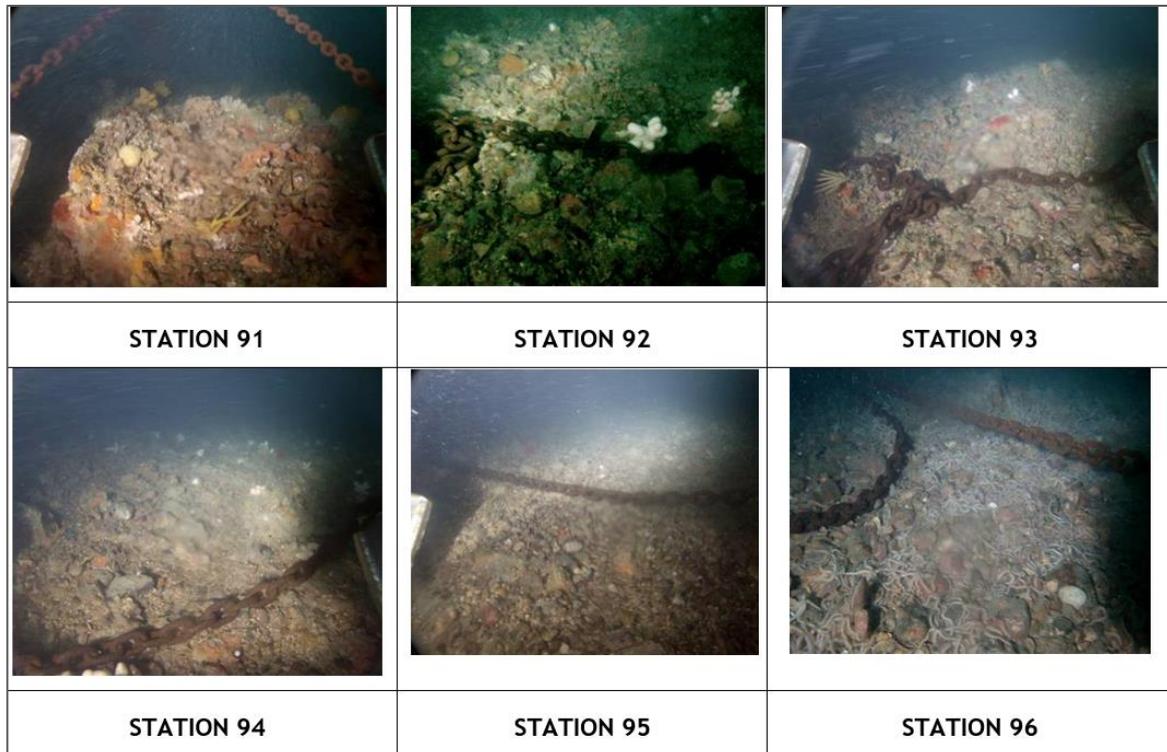


Figure 55 : Extraits images des stations vidéo en 2014

Station Vidéo	Type de sédiment	Observations
091_V	Galets et blocs plus ou moins ensablés et présence de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles saint-jacques, etc.). Présence ponctuelle de roches de taille métrique. Hypothèse de platier rocheux sub-affleurant	Galets et blocs à épibiose sessile avec présence d'espèces encroûtantes (bryzoaire <i>Schizomavella sp.</i> ) et dressées : la grande flustre <i>Flustra foliacea</i> (abondante), l'axinelle ( <i>Axinella sp.</i> ), l'orange de mer, <i>Axinella dissimilis</i> , <i>Adreus fascicularis</i> , <i>Pentapora fascialis</i> (densités localement importantes). Présence de crisés et d'hydriaires indéterminés Observation d'une Coquille SJ Présence de tubes calcaires ( <i>Pomatoceros spp.</i> ). Poissons: dragonnets, blennies
092_V	Galets et blocs peu ensablés avec débris de coquilles (Saint-Jacques)	Galets et blocs à épibiose sessile. Présence d'alcyon <i>Alcyonium digitatum</i> , de la grande flustre <i>Flustra foliacea</i> , <i>Mimachlamys varia</i> (1 individu). Quelques spongiaires encroûtants et dressés (similaires à précédent)
093_V	Galets et blocs plus ou moins ensablés et présence de débris coquilliers (coquilles entières de palourde rose, coquilles saint-jacques, etc.). Hypothèse de platier rocheux sub-affleurant	<i>Alcyonium digitatum</i> , <i>Haliclona oculata</i> (1 indiv.), éponges dressées ( <i>Axinella dissimilis</i> ?) Hydriaires indéterminés ( <i>Hydrallmania sp.</i> ?, <i>Abietinaria sp.</i> ?). <i>Mimachlamys varia</i> (1 individu). Roches bien épiphytées par spongiaires ou bryzoaires encroûtants. présence de blennies
094_V	Galets, blocs et cailloutis plus ou moins ensablés. Présence de graviers Peu de débris coquilliers	Abondance d' <i>Alcyonium digitatum</i> , plusieurs espèces de bryzoaires encroûtants ( <i>Cellepora pumicosa</i> , <i>Schizomavella sp.</i> ) + crisés et hydriaires
095_V	Galets, blocs et cailloutis et présence de graviers Peu de débris coquilliers (quelques coquilles vides de palourdes)	Présence de nombreux bivalves <i>Mimachlamys varia</i> , épibiose sessile moins importante. Présence de <i>Flustra foliacea</i> (peu abondante) Peu d'espèces dressées et peu de spongiaires. Quelques espèces encroûtantes ( <i>Schizomavella sp.</i> , spongiaires encroûtants indéterminés). 1 colonie de <i>Pentapora fascialis</i> , quelques alcyons de petite taille
096_V	Galets peu ensablés+ quelques coquilles vides	Densité importante de <i>Ophiotrix fragilis</i> . Diversité biologique faible hormis les ophiures 1 blennie observée. Observation d'un petit banc de gadidés (capelans?) Quelques alcyons dispersés. 1 individu de <i>Stelligera stuposa</i>

**Tableau 51 : Descriptif des analyses vidéo sur les 6 stations inventoriées en 2014**

La station 93 illustre les mêmes fonds observés sur la zone ST1. Les stations aux alentours correspondent également aux observations faites sur la zone ST2 (habitat identique).

**Les observations faites en 2020 sont en adéquation avec celles faites lors de l'état initial sur la zone d'étude.**

#### 4.3.1.6 Classification de peuplements benthiques

stations	Dénomination de la biocénose	Code
Stations de la zone ST1 (2020) Stations 93 (2014)	<i>Tapis de biocénoses animales mixtes sur roche circalittorale</i>	A4.13
Stations de la zone ST2 (2020) ≈ Station 94 (2014)		

**Tableau 52 : récapitulatif des biocénoses benthiques de 2014 et 2020**

**Les peuplements trouvés en 2020 sont en adéquation avec ceux trouvés lors de l'état initial sur la zone d'étude.**

## 5 SYNTHÈSE DES RESULTATS

### Eau :

Les résultats obtenus par la sonde multi-paramètres Sambat présentent des valeurs cohérentes et correspondant au milieu étudié en cette saison.

Aucune pollution n'est détectée au regard des 41 substances de la DCE sur l'échantillon d'eau de mer prélevé.

### Sédiments :

Les sédiments prélevés sur la zone d'étude révèlent une homogénéité sur chacune des zones de prélèvement.

La majorité des stations présente des granulométries de sables très grossiers, gravillons (zone ST3) et de cailloux et graviers (zone ST4), granulométrie typique de la zone géographique. La classe « cailloux et graviers » est la classe granulométrique la plus importante de la classification utilisée (Wentworth modifié). Les échantillons ne présentent quasiment pas de fraction fine. Aux cailloux présents sur les stations sont mélangés des sables plus ou moins grossiers, des gravillons et des coquilles de mollusques.

Le diagramme de Folk permet de visualiser toutes les stations bio-sédimentaires étudiées selon une autre classification. Cette représentation montre deux tendances : les stations de la zone ST3 réparties sur les sables graveleux (« gS ») ainsi graviers sableux (« sG ») et les autres stations de la zone ST4 situées dans les graviers sableux (« sG ») et les graviers (« G »)

Pour la quasi-totalité des substances dosées pour la caractérisation géochimique des sédiments, les résultats montrent une absence de contamination. Seuls deux légers dépassements du niveau N1 pour l'Acénaphène et le Fluorène sur la station ST4-Moyen sont relevés.

### Faune benthique :

L'analyse des quarante échantillons biologiques (8 stations à 5 réplicats de 0,1 m<sup>2</sup>) a permis d'identifier cent-soixante-cinq (165) espèces appartenant à cinq (5) groupes zoologiques (hors espèces « diverses ») et de quatre mille quatre cent quatre-vingt-seize (4496) individus.

Les densités observées sur les deux groupes de stations ST3 et ST4 montrent les mêmes tendances et varient entre

636 et 1546 individus/m<sup>2</sup> et présentent une moyenne de 1124 ( $\pm 322$ ) individus/m<sup>2</sup>.

Les stations de la zone ST4 sont sensiblement plus diversifiées et présentent de plus fortes densités que les stations de la zone ST3. C'est notamment dû à la présence de nombreuses espèces telles que *Amphipholis squamata*, *Polititapes rhomboides*, *Lumbrineris gracilis*, *Eunice vittata*, *Nucula nitidosa*, *Othomaera othonis*, *Glycymeris glycymeris* au sein des échantillons.

Les résultats obtenus sont en accord avec ceux cités dans la littérature scientifique (Connor D., 2004, Thouzeau et Hamon, 1992).

La présence en fortes densités d'annélides polychètes, de bivalves, d'échinodermes et de crustacés et la forte richesse sur la majorité des stations se traduisent par des indices de diversité (Shannon et Equitabilité) de valeurs moyennes à fortes.

Au vu des assez fortes proportions des groupes I (espèces sensibles à l'hypertrophisation) et II (espèces indifférentes à l'hypertrophisation) sur les stations, ainsi que la présence d'espèces tolérantes à l'hypertrophisation et d'espèces opportunistes en proportions plus faibles, la zone d'étude présente une perturbation faible ou nulle du milieu, en lien à un enrichissement en matière organique. Ces résultats sont en adéquation avec le type de milieu étudié (milieu ouvert, présentant de forts courants).

Les analyses induisent des valeurs d'indices AMBI et BENTIX qui révèlent un état bon, voire excellent du milieu.

Les résultats correspondent aux valeurs généralement observées en zone ouverte et dans ces types de milieux. La qualité écologique du site au regard des peuplements benthiques est globalement excellente.

Les biocénoses benthiques du site d'étude sont caractéristiques du circalittoral du large de la baie de Saint-Brieuc avec un sédiment très grossier constitué de graviers, cailloutis et sables grossiers. Le peuplement en présence sur la zone ST4 (*Mediomastus fragilis*, *Lumbrineris spp.* et bivalves vénérédés dans du sable grossier ou du gravier circalittoral - A5142) est dominé par des espèces sabulicoles telles qu'*Eunice vittata*, *Lumbrineris spp.* et *Glycera lapidum* ou les bivalves *Glycymeris glycymeris*, *Polititapes rhomboides* et *Timoclea ovata*. La zone ST3 est quant à elle caractérisée par un peuplement à Ophiures « Bancs d'ophiures *Ophiothrix fragilis* et/ou *Ophiocomina nigra* sur sédiment hétérogène subtidal » (A5.445).

### Analyses vidéo :

La partie nord de la zone d'étude se caractérise par un mélange de substrat rocheux sub-affleurant et de sédiments très grossiers hétérogènes. Le milieu est caractérisé par une biocénose sessile, à dominance d'hydrides (*Hydrallmania falcata*, *Halecium halecinum*), de bryozoaires (*Pentapora fascialis*, *Flustra foliacea*, *Cellepora* sp. et de spongiaires (encroûtants ou dressés). Le sédiment grossier semble être un habitat de prédilection pour des bivalves pectinidés tels que *Aequipecten opercularis*, *Mimachlamys varia*, *Pecten maximus* puisque ceux-ci ont été observés à la vidéo à plusieurs reprises. Il en est de même pour les espèces de divers crustacés : *Inachus* spp, *Ebalia* spp., des Paguridae, des crevettes *Pandalus* sp., ainsi que des poissons benthiques tels que des Blennies et *Pomatoschistus* sp.

Il est difficile d'évaluer la qualité du milieu pour ce type de faciès (actuellement, il n'existe pas d'indicateurs du circalittoral rocheux), mais au vu de la diversité d'espèces dressées, sensibles aux perturbations physiques, le peuplement à épibiose sessile semble en bon état.

### Biotes pour le suivi de l'impact des anodes sacrificielles :

Les résultats montrent que les bulots ont tendance à bio-accumuler le zinc dans leur appareil digestif et que les coquilles Saint-Jacques ont plutôt tendance à bio-accumuler l'aluminium dans leurs glandes digestives. Pour les parties musculaires des trois espèces ainsi que les foies de tacauds, les valeurs des deux métaux sont beaucoup plus faibles.

Les concentrations de l'Indium au sein des six échantillons de biotes pour l'étude de l'état de référence avant travaux sont toutes « non détectables » (« ND, <1 ») selon les résultats obtenus du laboratoire.

Le suivi des éléments dans les chairs et les appareils ou glandes digestives devra cibler les variations et surtout, les augmentations des concentrations de ces éléments.

## 6 BIBLIOGRAPHIE

- ALZIEU, C. (2003). *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*. Ed. Ifremer, 248 p.
- AR GALL et LE DUFF, 2007. Protocole d'observation in situ et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans le cadre de la DCE. LEBHAM-IUEM- UBO, Brest. 14p
- ASSOCIATION POUR LA DECOUVERTE DU MONDE SOUS-MARIN (ADMS). *La faune et la flore de la zone des marées des côtes de la Manche et de l'Atlantique*.
- BAFFREAU, A. 23M000015, Moulières littorales de Varengeville-sur-Mer à Bracquemont. - INPN, SPN-MNHN Paris, 7P. <http://inpn.mnhn.fr/zone/znieffMer/23M000015.pdf>
- BEUKEMA, J.J., FLACH, E.C., DEKKER, R. & STARINK, M. (1999). A long-term study of the recovery of the macrozoobenthos on large defaunated plots on a tidal flat in the Wadden Sea, *Journal of Sea Research*, 3, 42, p. 235-254.
- BLANCHARD, M. (2004). *Cartographie synthétique et analyse des peuplements benthiques sur deux secteurs du littoral français « Manche-est » et « Loire-Gironde »*. Rapport de contrat Ifremer/Ministère de l'Industrie n°2004-00258-00-07 « Inventaires en matériaux marins sur les façades maritimes de 11 départements côtiers.
- BOLAM, S.G., REES, H.L., SOMERFIELD, P., SMITH, R., CLARKE, K.R., WARWICK, R., ATKINS, M. & GARNACHO, E. (2006). Ecological consequences of dredged material disposal in the marine environment: A holistic assessment of activities around the England and Wales coastline. *Marine Pollution Bulletin*, 4, 52, p. 415-426.
- BOLAM, S.G., SCHRATZBERGER, M. & WHOMERSLEY, P. (2006). Macro- and meiofaunal recolonisation of dredged material used for habitat enhancement: Temporal patterns in community development. *Marine Pollution Bulletin*, 52, p. 1746-1755.
- 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*, Vol.40, N°12.
- BORJA, A. (2004). The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools, *Marine Pollution Bulletin*, Vol. 48.
- BORRVAL, C. & EBENMAN, B. (2008). Biodiversity and persistence of ecological communities in variable environments. *Ecological complexity*.
- Bulletin de la Surveillance de la Qualité du Milieu Marin Littoral 2019. Résultats acquis jusqu'en 2019. Ifremer/ODE/LITTORAL/LER BN-20-007/Laboratoire Environnement Ressources Bretagne Nord, 11668 p.
- CABIOCH, J., FLOC'H, J-Y. & LE TOQUIN, A. (1992). *Guides algues des mers d'Europe*. Editions Delachaux et Niestlé.

Cahiers d'Habitat 2000 - 2004 - Habitats côtiers. La Documentation française.

CHANDRASEKARA, W.U. & FRID, C. (1998). A laboratory assessment of the survival and vertical movement of two epibenthic gastropod species, *Hydrobia ulvae* (Pennant) and *Littorina littorea* (Linnaeus), after burial in sediment, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 221, p. 191-207.

CONNOR, D.W et al. (2004). *The Marine Habitat Classification for Britain and Ireland*. Version 04.05.

ESSINK, K. (1999). Ecological effects of dumping of dredged sediments; options for management, *Journal of Coastal Conservation*, 1, 5, p. 69-80.

DAUVIN, J-C. (1997). *Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord. Synthèse, menaces et perspectives*. Laboratoire de Biologie des Invertébrés Marins et Malacologie- Service du Patrimoine Naturel, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

DAVIES, C., MOSS, D. & O HILL, M. (2004). *EUNIS Habitat Classification revised 2004*.

GLEMAREC, M. & HILY, C. (1981). *Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires*. Acta Oecol., Oecol. Applic.139-150.

GRALL, J. (2012). *Résultats de la surveillance du Benthos (REBENT), Région Bretagne : Suivi stationnel du maërl – Année 2011*. Rapport Ifremer et Institut Universitaire Européen de la Mer – Université de Bretagne Occidentale, Laboratoire des sciences de l'Environnement MARin.

GRUET, Y. (1989). *Les algues de Loire-Atlantique Vendée*. Bulletin de la Société des Sciences naturelles de l'Ouest de la France-Nantes.

GUERRA-GARCIA, J.M. & GARCIA-GOMEZ, J.C. (2006). Recolonization of defaunated sediments: fine versus gross sand and dredging versus experimental trays, *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 68, p. 328-342.

HAYWARD, P., NELSON-SMITH, T. & SHIELDS, C. (1998). *Guide des bords de mer. Mer du Nord, Manche, Atlantique, Méditerranée*. Les compagnons du naturaliste, Editions Delachaux et Niestlé.

HAYWARD, P. & RYLAND, J.S. (1994). *Handbook of the marine fauna of North-west Europe*.

HEWITT, J.E., CUMMINGS, V.J., ELLIS, J.I., FUNNEL, G., NORKKO, A., TALLEY, T.S. & THRUSH, S.F. (2003). The role of waves in the colonisation of terrestrial sediments deposited in the marine environment, *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 290, p. 19-47.

HILY, C. (2012), *Résultats de la surveillance du benthos, Région Bretagne, Suivi stationnel des roches intertidales (faune) Année 2011, REBENT*

LEVEQUE, C. (2001). *Ecologie. De l'écosystème à la biosphère*. Univers sciences, Dunod, Paris, 502 p.

LOHRER, A.M. (2006). Deposition of terrigenous sediment on subtidal marine macrobenthos: response of two contrasting community types, *Marine Ecology Progress Series*, 307, p. 115-125.

- MAURER, D., KECK, R., RINSMAN, J., LEATHEM, W., WETHE, C., LORD, C. & CHURCH, T. (1986). Vertical migration and mortality of marine benthos in dredged material: A synthesis, *Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie*, 1, 1, p. 49-63.
- MAURER, D., KECK, R.T., TINSMAN, J.C. & LEATHERN, W.A. (1982). Vertical migration and mortality of benthos in dredged material: Part III—polychaete, *Marine Environmental Research*, 6, 1, p. 49-68.
- MUXIKA I BORJA, A. & BALD, J. (2007). *Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive*. Marine Pollution Bulletin, Vol.55.
- NORKKO, A., THRUSH, S., HEWITT, J.E., CUMMINGS, V.J. et al. (2002). Smothering of estuarine sandflats by terrigenous clay: the role of wind-wave disturbance and bioturbation in site-dependent macrofaunal recovery, *Marine Ecology Progress Series*, 11, p. 139-153.
- OSPAR Commission, (2013), « Background document on Sabellaria spinulosa reefs », OSPAR Publication number 614/2013, 25p.
- QINGHONG, L. (1995). A model for species diversity monitoring at community level and its application. *Environmental Monitoring and Assessment*, 34, p. 271-284.
- RAMADE, F. (1987). *Eléments d'écologie, écologie fondamentale*.
- ROBERTS, R.D., GREGORY, M.R. & FOSTER, B.A. (1998). Developing an efficient macrofauna monitoring index from an impact study—a dredge spoil example, *Marine Pollution Bulletin*, 36, 3, p. 231-235.
- ROLET, Céline. (2015) Thèse « Les communautés macrozoobenthiques des sédiments meubles intertidaux du littoral Nord- Pas-de-Calais. Structure, relations avec les limicoles hivernants et enjeux de conservation ». Université de Lille 1 – Sciences et technologies, 289p.
- SALEN-PICARD, C. (1981). Evolution d'un peuplement de vase terrigène côtière soumis à des rejets de dragages, dans le Golfe de Fos, *Téthys*, 10, 1, p. 83-88.
- SANCHEZ F et al. (2011) Étude du stock de moules *Mytilus spp* des gisements naturels dans le bassin d'Arcachon, Année 2011
- SCHRATZBERGER, M., REES, H.L. & BOYD, S.E. (2000). Effects of simulated deposition of dredged material on structure of nematode assemblages - the role of contamination, *Marine Biology*, 4, 137 ,p. 613-622.
- SIMBOURA, N. & ZENETOS, A. (2002). Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a new Biotic Index. *Mediterranean Marine Science*.
- TBM Environnement (2016), *Cartographie des habitats et peuplements benthiques intertidaux, Raccordement électrique du site éolien du Dieppe – Tréport*

VAN DALFSEN, R.F., ESSINK, K., TOXVIG MADSEN, H., BIRLUND, J., ROMERO, J. & MANZANERA, M. (2000). Differential responses of macrozoobenthos to marine sand extraction in the north Sea and the western Mediterranean, *ICES Journal of Marine Science*, 57, p. 1439-1445.

WILBER, D. & CLARKE, D. (1998). Estimating secondary production and benthic consumption in monitoring studies: A case of the impacts of dredged material disposal in Galveston Bay, Texas, *Estuaries*, 21, 2, p. 230-245.

WILBER, D.H., CLARKE, D.G. & REES, S.I. (2007). Responses of benthic macroinvertebrates to thinlayer disposal of dredged material in Mississippi Sound, USA, *Marine Pollution Bulletin*, 54, p. 42-52.

### **Ouvrages d'identification des espèces :**

Anonyme (non daté). *Liste de la faune benthique des fonds côtiers au large de Dieppe. Annélides polychètes*. ESTRAN Cité de la Mer- Dieppe.

Anonyme (non daté). *Liste de la faune benthique des fonds côtiers au large de Dieppe. Mollusques*. ESTRAN Cité de la Mer- Dieppe.

Anonyme (non daté). *Liste de la faune benthique des fonds côtiers au large de Dieppe. Arthropodes*. ESTRAN Cité de la Mer- Dieppe.

ANDERSEN, A. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Capitellidae*. Formation continue UPMC – MNHN. Station Biologique de Roscoff.

ANDERSEN, A. & GENTIL, F. (2011). *Introduction générale Annélides polychètes. Famille des Spionidae*. Formation continue UPMC – MNHN. Station Biologique de Roscoff.

AUDIBERT, C. & DELEMARRE, J-L. (2009). *Guide des coquillages de France. Atlantique et Manche*.

BICK, A., OTTE, K. & MEISSNER, K. (2010). *A contribution to the taxonomy of Spio (Spionidae, Polychaeta, Annelida) occurring in the North and Baltic Seas, with a key to species recorded in this area*. *Mar. Biodiv*, 40, p. 161-180.

BARNIG, R. (2011). *Identification of scale worms in British and Irish waters*. Senckenberg-Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt.

BOGGEMANN, M. (2002). *Revision of the Glyceridae GRUBE 1850 (Annelida: Polychaeta)*. *Abhandlungen der Senckenbergischen Naturforschenden Gesellschaft*, 555 p.

CABIOCH, J., FLOC'H, J-Y. & LE TOQUIN, A. (2006), *Guide des algues des mers d'Europe*. Editions Delachaux et Niestlé.

CAVIGNAUX, G., CROUZET, J-M. & GRALL, S. (2011). *Des limaces de rêve. Opisthobranches de Méditerranée*. 249 p.

D'ANGELO, Giulia et GARGIULLO, Stefano. *Guida alle conchiglie mediterranee: conoscerle, cercarle, collezionarle*. Fabbri, 1978.

- FALCIAI, L. & MINERVINI, R. (1996). *Guide des homards, crabes, langoustes et crevettes et autres crustacés décapodes d'Europe*. Delachaux et Niestlé. 286 p.
- FAUCHALD, K. (1977). *Definitions and keys to the orders, families and genera*.
- FAUVEL P. (1927). *Polychètes sédentaires*. Faune de France. Office nationale de Faunistique.
- FAUVEL P. (1927). *Polychètes errantes*. Faune de France. Office nationale de Faunistique.
- FISHER, W. et BAUCHOT, M. L. M. Schneider, 1987.-Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche" Révision 1" Méditerranée et Mer noire. Zone de pêche 37. Volume I. Invertébrés marins. Rome, FAO, vol. 2, p. 761-1530.
- FISCHER, W. ML bauchot et M. Schneider (rédacteurs), 1987. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la Pêche (Révision I). Méditerranée et mer Noire Zone de pêche 37. Vol II. Vertébrés. *Publication préparée par la FAO, résultat d'un accord ente la FAO et la Commission des Communautés européenne (Projet GCP/INT/422/EEC) financé conjointement par ces deux organismes*. Rome, FAO, vol. 2, p. 761-1530.
- FIEGE, D., LICHER, F., MACKIE, A. (2000). *A partial review of the european Magelonidae (annelida : Polychaeta) : Magelona mirabilis redefined and M. johnstoni sp. Nov. distinguished*. J. Mar. Biol. Ass.U.K., 80, p. 215-234.
- GARWOOD, P.R (2007). *A guide to species in waters around the British Isles*. Family MALDANIDAE. Identification notes.
- GAYRAL, P. (1966). *Les algues des côtes françaises (Manche et Atlantique)*.
- GENTIL, F. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Spionidae*. Formation continue UPMC – MNHN. Station Biologique de Roscoff.
- GRANT, R., (2010). *A provisional guide to the family Opheliidae (Polychaeta) from the shallow waters of the British Isles*. Emu Ltd.
- HAYWARD, P.J & RYLAND, J.S (2005). *Handbook of the Marine fauna of the North-West Europe*.
- LINCOLN, R.J (1979). *British marine amphipoda*. British muséum (Natural History).
- LINDHER, G. (2004). *Coquillages et bivalves d'Europe*. Guide VIGOT.
- LOUISY, P. (2002). *Guide d'identification des poissons marins. Europe de l'ouest et Méditerranée*. ULMER
- LOWELL, L. & PASKO, D. (1995). *Key to the non-polydorid spionidae from southern California (intertidal to 500 meters)*.
- MARTIN, J. (2010). *Les invertébrés marins du Golfe de Gascogne à la Manche Orientale*.

- OLIVIER, F. (2011). *Taxinomie des polychètes. Famille des Cirratulidae*. Formation continue UPMC – MNHN. Station Biologique de Roscoff.
- O'CONNOR, B. & WORSFOLD, T. (2006). *Keys to and littérature on Glyceridae and Goniadidae*. BEQUALM/NMBAQC 2006 Taxonomic Workshop. Dove Marine Laboratory.
- OUG, E. (2012). *Guide to the identification of Lumbrineridae (Polychaeta) in north east Atlantic waters*. Norwegian Institute for Water Research. Regional Office Sorlandet.
- PNUE/FAO (1994) : Rapports finaux sur les projets de recherche traitant des problèmes de l'eutrophisation. MAP Technical Reports Series No. 78. UNEP, Athens, 1994.
- QUERO, JC., PORCHE, P. & VAYNE, J-J. (2003). *Guide des poisons de l'Atlantique Européen*. Les Guides naturalistes.
- RAVARA, A., CUNHA, M. & PLEIJEL, F. (2010). *Nephtyidae (Annelida, Polychaeta) from Southern Europe*. Zootaxa, 2682. 68 p.
- ROUSE, G.W. & PLEIJEL, F. (2001). *Polychaetes*. Oxford University Press.
- RUFFO, S. The Amphipoda of the Mediterranean. I Gammaridea (Acanthonotozomatidae to Gammaridae). *Mem. Inst. Ocean. Monaco*, 1982, vol. 13.
- RUFFO, Sandro, OCEANOGRAPHIQUE, Musee, *et al.* The amphipoda of the Mediterranean. 1989.
- BELLAN-SANTINI, Denise, KARAMAN, Gordon, KRAPP-SCHICKEL, Gertraud, *et al.* *The Amphipoda of the Mediterranean. Part 3 : Gammaridea (Melphidippidae to Talitridae), Ingolfiellidea, Caprellidea*. 1993.
- RUFFO, S. the amphipoda of the Mediterranean, part 4 (Addenda to parts 1-3, Key to families, Ecology, Faunistics and Zoogeography, Bibliography, Index). *Mémoires de L'Institut Océanographique*, 1998, p. 815-959.
- SARS, G.O (1895). *An account of the crustacea of Norway*.
- TEBBLE, N. (1976). *British Bivalve Seashells. A handbook for identification*. Second Edition, Royal Scottish Museum.
- UDEKEM D'ACOSZ, C. (1999). *Inventaire et distribution des crustacés décapodes de l'Atlantique nord-oriental, de la Méditerranée et des eaux continentales adjacentes au nord de 25°N*. Patrimoines naturels (MNHN/SPN), 40, 383 p.
- Synopses of the British Fauna (New Series), Volumes 1-40*. The Linnean Society of London.
- WORSFOLD, T. (2006). *A provisional update to the identification of UK Cirratulidae*. Dove Marine Laboratory NMBAQC.
- WORSFOLD, T. (2007). *Identification guide for the NMBAQC Scheme:2. Goniadidae, with notes on Glyceridae (Polychaeta) from shallow seas around the British Isles*. Unicmarine Ltd. NMBAQC.

WORSFOLD, T. (2009). *Progress on the identification of cirratulidae in british and irish waters through the nmbaqc scheme: 1996-2009*. Unicmarine Ltd. NMBAQC.

**Sites internet :**

[www.rebent.org](http://www.rebent.org)

[www.ifremer.fr](http://www.ifremer.fr)

<http://www.sb-roscoff.fr/Enseignement/fiches.php>

<http://www.marbef.org>

<http://www.marinespecies.org>

<https://doris.ffesm.fr>

<https://www.nature22.com/estran22>

## 7 ANNEXES

### **ANNEXE 1 : ANALYSES DU LABORATOIRE EUROFINS (EAU ET SEDIMENT)**

## ANNEXE 2 : LISTES FAUNISTIQUES DE L'ETUDE BENTHIQUE

Stations	a	b	c	d	e	ST3-100	a	b	c	d	e	ST3-200	a	b	c	d	e	ST3-400	a	b	c	d	e	ST3-600			
<b>ANNELIDES</b>																											
<i>Ampharete grubei</i>				1		1		1	1	1	1	3															
<i>Aonides oxycephala</i>						1	1	1	1			3												1	1		
<i>Aonides paucibranchiata</i>				1		1							1				1		2								
<i>Aphelocheata marioni</i>					1	1					1	2	3														
<i>Aphrodita aculeata</i>																		1	1								
<i>Aphrodidae</i>																											
<i>Arabella iricolor</i>																								1	1		
<i>Capitella capitata</i>	1				1	2		1	2			3	1	2	1	1	2	7		1	1			1	3		
<i>Capitellidae</i>																											
<i>Cauterella alata</i>										1	1									1		1		1	2		
<i>Chaetozoa setosa</i>			1			1																			2		
<i>Cyrtomura</i> sp. (Johnstoni)																				3					1	4	
<i>Diplocirrus glaucus</i>		1	1	2		4	2		2	1		5	1	1	7	2		11		1		1		1	2		
<i>Dorvillea rubrovittata</i>																									2		
<i>Eteone foliosa</i>																											
<i>Eteone longa</i>																											
<i>Euclymene</i> sp.																											
<i>Eulalia viridis</i>																											
<i>Eumida punctifera</i>				1		1																					
<i>Eunice vittata</i>	1				1	2	1	1		2	3	7	3		2		4	9	2	2	2	1	3	10			
<i>Euphosina foliosa</i>																											
<i>Eupolyimia nebulosa</i>																											
<i>Glycera gigantea</i>																				1				1			
<i>Glycera lapidum</i>			1	2		3	1	3	1	4		9			2		1	3	2	1	1	3	1	8			
<i>Glycera oxycephala</i>																											
<i>Harmothoe extenuata</i>				2		2											1	1	2								
<i>Harmothoe impar</i>																											
<i>Harmothoe pagenstecheri</i>			1			1			1		1																
<i>Laonice cirrata</i>	1	1	3	1	6		3			1	4	1						1	1		2	2	1	6			
<i>Leocrates</i> sp.																											
<i>Leonnates glauca</i>															1	1		2									
<i>Lepidonotus squamatus</i>																											
<i>Lumbrineris paradoxa</i>	3			1		4				1		1				1		1	2	1		1		4			
<i>Lumbrineris fragilis</i>																											
<i>Lumbrineris gracilis</i>	2	1	4	2		9	1	2	4	9	4	20		1			1	2		1			1	2			
<i>Lumbrineris latreilli</i>		1				1	2			2		4		2		2	1	5	2		1		1	4			
<i>Lyaldice ninetta</i>							1	4				5															
<i>Maldanidae</i>																											
<i>Malmgrenia</i> sp.																											
<i>Malmgreniella marphysae</i>				1	2	3	1	1	1	1	1	5	1	1	2		2	6					3	3			
<i>Marphysa bellii</i>																											
<i>Marphysa sanguinea</i>				1		1																					
<i>Mediomastus fragilis</i>																											
<i>Mytilus</i> sp.														1				1	2								
<i>Nephtys hombergii</i>																											
<i>Notomastus latericus</i>	2			2	2	6	1		2		2	5	1		3	1		5				1	3	4			
<i>Notophyllum foliosum</i>																											
<i>Orbitia cuxieri</i>																	1										
<i>Oxydromus flexuosus</i>																											
<i>Paraonidae</i>																											
<i>Paragonia arenosa</i>	1			1		2									2		1	1	4	2				2			
<i>Pholoe inornata</i>																											
<i>Phyllodoce</i> sp.																											
<i>Pista cristata</i>							2			1		3		1				1	2								
<i>Polycirrus</i> sp.																											
<i>Polydora</i> sp.		2				2																					
<i>Polygordius</i> sp.					1	1			3	3		6								2				1	3		
<i>Prionospio multibranchiata</i>													1														
<i>Pseudomytilus limbata</i>																											
<i>Sabellaria spinulosa alcocki</i>																									1		
<i>Sabellidae</i>																											
<i>Scalibregma celicum</i>				1		1		1				1					2	1	3					1	1		
<i>Scoletoma impatiens</i>																											
<i>Serpula vermicularis</i>																	1										
<i>Sphaerodorum gracilis</i>	1	2	4	1		8	4	4		5		13	4	3	3	5	3	16					2	1	3		
<i>Spinther oniscoides</i>																											
<i>Spio</i> sp.																											
<i>Spionidae</i>																											
<i>Sthenelais boa</i>												1	1					1				1			1		
<i>Subadyte pellucida</i>							2			1	1	4	1					1	2				2		2		
<i>Syllidae</i>																											
<i>Terebellidae</i>	1			2		3			1	1	1	3				1		1	2				1	2	3		
<i>Trypanosyllis zebra</i>																											
	2				1		3		1		1	2													1		
<b>ECHINODERMES</b>																											
<i>Amphipholis squamata</i>		1			7		8	2		3	3	6	14		1			5	4	10		2	1	1		4	
<i>Amphipura filiformis</i>															1					1							
<i>Amphipura incana</i>																											
<i>Anseropoda placenta</i>																											
<i>Echinocyamus pusillus</i>						1																					
<i>Leprosynapta inhaerens</i>																											
<i>Oestergrenia digitata</i>																				1	1		1		1	2	
<i>Ophiotrix fragilis</i>	40	44	37	57	51	229	31	27	37	41	49	185	23	38	33	11	17	122	26	19	25	40	3		113		
<i>Ophiura albida</i>				1		1																					

Stations	a	b	c	d	e	ST3-100	a	b	c	d	e	ST3-200	a	b	c	d	e	ST3-400	a	b	c	d	e	ST3-600	
<b>MOLLUSQUES</b>																									
<i>Acanthochitona crinita</i>	1					1									1										
<i>Acanthochitona fascicularis</i>															1			1							
Aeolididae																		1							
<i>Aequipecten opercularis</i>	1					1											2	2				1		1	
<i>Buccinum undatum</i>		1				1		1				1													
<i>Calliochiton septemvalvis</i>																									
<i>Calyptraea chinensis</i>				1	1	2																3		3	
<i>Chamaelea striatula</i>											1	1													
<i>Clausinella fasciata</i>					1	1	1	1				2			1			1							
<i>Crepidula fornicata</i>																						1		1	
<i>Diodora graeca</i>																	1	1							
Dorididae																									
<i>Dosinia lupinus</i>																		1							
<i>Emerginula fissura</i>		2			2	4	1	1	1			3	1				2	3	1		1			2	
<i>Emerginula rosea</i>							1					1													
<i>Gibbula tumida</i>																							1	1	
<i>Glycymeris glycymeris</i>	16	27	23	17	27	110	9	22	15	13	19	78	14	25	20	23	21	103	17	21	12	16	15	81	
<i>Leptochiton cancellatus</i>											1	1						1	1						
<i>Mimachlamys varia</i>											1	1													
<i>Modiolus adriaticus</i>			1			1															1		2	3	
<i>Nucula nitidosa</i>		1			3	4	3	2	3			8													
<i>Nucula nucleus</i>																									
<i>Pandora inaequivalvis</i>																									
<i>Politapes virginicus</i>			4	2		6	1	2	1	3		7		1				1		1	1	1		3	
<i>Scrobicularia plana</i>											1	1													
<i>Sepiola</i> sp.																									
<i>Stiaria lactea</i>																									
<i>Tectura virginea</i>					3	3																			
<i>Thracia devesa</i>																									
<i>Timoclea ovata</i>	6	2	5	5	7	25	4	5	14	7	11	41	4	3	1	1	4	13		3	1	3	4	11	
<i>Velutina velutina</i>									2			2													
<i>Venus verrucosa</i>										1	1	2													
<b>ARTHROPODES</b>																									
<i>Achelia echinata</i>																									
<i>Ampellica diadema</i>																									
<i>Ampellica spinipes</i>					1	1																			
Amphipoda													1												
<i>Apherusa bipinnosa</i>															1							1		1	
<i>Apsaudes salpa</i>																									
<i>Atelocyclus rotundatus</i>									1			1	1									1		1	
<i>Athanas nitescens</i>																									
<i>Alytus veddomensis</i>																									
<i>Caprella</i> sp.											1	1													
<i>Caprella</i> sp.							1					1													
<i>Conilera cylindracea</i>				1	1	2	1	1		1	1	4	1		1			2							
<i>Crangon crangon</i>																								1	1
<i>Ebalia granulosa</i>																									
<i>Ebalia tuberosa</i>				2		2							1	1				2		1				1	
<i>Ebalia tumefacta</i>	1					1											1	1							
<i>Endeis</i> sp.																									
<i>Eualus occultus</i>															1										
<i>Eurydice pulchra</i>			1	1	2			1	2	1	4					1	3	4	3			1	1	5	
<i>Euryome aspera</i>																									
<i>Euryome spinosa</i>											1	1					1	1							
<i>Galathea</i> spp.			1	1	2	1	1	1	2	4		4	1		1			1		1	1	1		2	
Gammaridae																		1	1						
<i>Gnathia maxillaris</i>																									
<i>Inachus dorsetensis</i>																									
<i>Iphimedia obtusa</i>																									
<i>Iphimedia</i> sp.																									
<i>Iphinoe</i> sp.											1	1													
<i>Joeropsis brevicornis</i>																					1				1
<i>Leptocheirus hirsutimanus</i>		1				1	1		1	1	1	4	1					1	1					1	
<i>Leucothoe spinicarpa</i>																	2	2							
<i>Liocarcinus pusillus</i>			1			1											1	1	2		1	1	3		
<i>Lysianassa</i> sp.																									
Lysianassidae																									
<i>Macropodia parva (rostrata)</i>									1			1													
<i>Monoculodes carinatus</i>				1		1																			
Mysidae									1			1	1					1							
<i>Neomysis integer</i>									1			1													
<i>Othomeera othonis</i>		1		2		3	4		1	11	1	17		1			1	2							
<i>Pagurus bernhardus</i>																									
<i>Pandalina brevirostris</i>					1	1			1			1													
<i>Pilumnus hirtellus</i>															1								1	1	
<i>Rinotheres pisum</i>																									
<i>Upogebia deltaura</i>					3	3																			
<b>DIVERS</b>																									
<i>Golfingia vulgaris</i>				1		1		1	1	1		3													
Nemertea		1				2	1					1													

Stations	a	b	c	d	e	ST4-100	a	b	c	d	e	ST4-200	a	b	c	d	e	ST4-400	a	b	c	d	e	ST4-600		
<b>ANNELIDES</b>																										
<i>Ampharete grubii</i>	4	1	4	4	2	15	4	4		3		11	2	3		1	2	9		1					1	
<i>Aonides oxycephala</i>	2	1		2	4	9		1	3	1	3	8	1		3	2	1	7		3	2			2	7	
<i>Aonides paucibranchiata</i>	1		2			3																	2	2		
<i>Aphelochaeta marioni</i>		1				1													1	1					1	
<i>Aphrodite aculeata</i>		1				1														1					1	
<i>Aphrodite</i>								1				1														
<i>Arabella iricolor</i>							1					1						1		1					2	
<i>Capitella capitata</i>	1					1	1				1	2	2	1	2	1		6		1			1	3	5	
<i>Capitellidae</i>	1	1	1		1	4							2	1			3	1	2	2		2	2	7		
<i>Cauterella alata</i>		2	2	1	1	6		2	3		3	8	1	2	1	1	2	7	1	4	2		1	8		
<i>Chaetozoa setosa</i>	1	1	2	2	1	7	2		5	1		8		1	1		1	3		1	1	1	1	3		
<i>Clymenura</i> sp. (johnstoni)																										
<i>Diploclonus glaucus</i>	4	1			2	7	2		2	1	2	7		2	1	1	1	5	2	3	2	1	3	11		
<i>Dorvillea rubrovittata</i>	1	2	2	3	1	9	1		1	1	1	3		2		1	2	5		2	3			5		
<i>Eteone foliosa</i>																				1					1	
<i>Eteone longa</i>	1					1												1	1		1			1	2	
<i>Euclymene</i> sp.								2				2														
<i>Eulalia viridis</i>													1					1								
<i>Eumida punctifera</i>																										
<i>Eunice vittata</i>	11	9	8	3	5	36	9	10	5	10	6	40	13	4	13	2	6	38	6	9	12	8	9	44		
<i>Euprosina foliosa</i>	1					1					1	1		2				2			3			3		
<i>Eupolyornis nebulosa</i>									2		1	3		2			1	3	1		1		1	3		
<i>Glycera gigantea</i>						1						1										1	1	2		
<i>Glycera lapidum</i>	4		3	2	3	12	5	5	4	1	1	16	3	3	2	4	1	13	3	6	1		1	11		
<i>Glycera oxycephala</i>											1	1														
<i>Harmothoe attenuata</i>	4	7	1	1	2	15	2		5	2	1	10	5	4			3	12			1		1	2		
<i>Harmothoe impar</i>	2	2	1	2	1	8	1		1	1	1	3	2				1	3	2					2		
<i>Harmothoe paggenstecheri</i>										2	4	6								3		1		4		
<i>Laonice cirrata</i>	3	5	5		3	16			2	2		4	5	4	2	8	2	21	2	6	7	1	2	18		
<i>Leocrates</i> sp.	1					1	1	1	1			2										1		1		
<i>Leonnetes glauca</i>	1					1	1	2				3						1	1			1		1		
<i>Lepidonotus squamatus</i>												1						1	2							
<i>Lumbrineriopsis paradoxa</i>		2			3	5	1		6	2	2	11	3	2	3	1	3	12	3	2	3	2	4	14		
<i>Lumbrineris fragilis</i>											1	1														
<i>Lumbrineris gracilis</i>	9	10	7	8	8	42	19	4	13	2	5	43	14	10	15	10	20	69	3	11	7	3	3	27		
<i>Lumbrineris lateralis</i>	8	5	3	3	1	20	1	1	1	4	2	9			2	2	1	5	3	4		1	1	9		
<i>Lydiceria nineta</i>	1	1	1	1		4	2		2			4					1	1		1				1		
<i>Maldanidae</i>															2			2								
<i>Malmgrenia</i> sp.																										
<i>Malmgreniella marphyae</i>	1	3		1	1	6		2	1		1	4			1	1		2	2			1	3			
<i>Marphysa bellii</i>										1		1										1		1		
<i>Marphysa sanguinea</i>																										
<i>Mediomastus fragilis</i>			1			1																				
<i>Mysididae</i>		1	1			2																				
<i>Nephtys hombergii</i>			1			1																	1	1		
<i>Notomastus latericeus</i>	5	1	2		2	10	1	3				4	4		6	1	3	14	2			1	3			
<i>Notophyllum foliosum</i>	1	1				2	1			1		2						1			1			1		
<i>Orbinia cuvieri</i>		1				1		1	1	1	1	4	1				1	2				1	1	2		
<i>Oxydromus flexuosus</i>			1	2		3					1	1														
<i>Paraonidae</i>											1	1	1					1	1							
<i>Pelogenia arenosa</i>	2				2	4	3		2	1		6	1					1	1		1			2		
<i>Pholoe inornata</i>	2	1			1	4				1		1		2				2	1	2				3		
<i>Phyllodoce</i> sp.													1										1	1		
<i>Pista cristata</i>	1	2	2	1		6			1	1	2	4		1	1	1	2	5					1	1		
<i>Polycirrus</i> sp.		3				3	2	1		1		4												1		
<i>Polydora</i> sp.		1				1																				
<i>Polygordius</i> sp.									1		1	2	1								1	2	1	3	5	9
<i>Prionospio multibranchiata</i>																										
<i>Pseudomyssides limbata</i>					1	1	1	2		1	2	6									1		1		2	
<i>Sabellaria spinulosa atcocki</i>	1					1																				
<i>Sabellidae</i>																										
<i>Scalibregma cellicum</i>	7	1	2	3		13	1		6	1	1	9	6	4	3	1	3	17	1	3	3	2	5	14		
<i>Scoletoma impatiens</i>		1				1								3	1			5								
<i>Serpula vermicularis</i>									1			1														
<i>Sphaerodoron gracilis</i>		1				1			1	1	1	3	1								1	2				
<i>Spirinther oniscoides</i>											1	1														
<i>Spio</i> sp.	1					1					1	1														
<i>Spionidae</i>																						1				
<i>Sithmilais boa</i>			1	1		2			1	1	2	1	1	1	1			2			1	1	2	4		
<i>Subadyte pellucida</i>		2		1	1	4	1		3			4	2	1	3	1		7		1				1		
<i>Syllidae</i>	1	3		2		6	5	3		1		9		1	1	2	1	5	1	1	3			5		
<i>Terebellidae</i>	1					1	2					2	1	1			1	4						1	1	
<i>Trypanosyllis zebra</i>	2	2		</																						

Stations	a	b	c	d	e	ST4-100	a	b	c	d	e	ST4-200	a	b	c	d	e	ST4-400	a	b	c	d	e	ST4-600	
<b>MOLLUSQUES</b>																									
<i>Acanthochitona crinita</i>																									
<i>Acanthochitona fascicularis</i>																		1							1
Aeolididae																									
<i>Aequipecten opercularis</i>	1			1		2	1	2		2		5	3				1	1	4			1		1	2
<i>Buccinum undatum</i>																						1			1
<i>Calliochiton septemvalvis</i>	1					1												1				1		1	
<i>Calyptraea chinensis</i>	1					1			1	1		2													
<i>Chamaelea striatula</i>																									
<i>Clausinella fasciata</i>																									
<i>Crepidula fornicata</i>																									
<i>Diodora graeca</i>										1		1						1	1						
Dorididae			1			1																			
<i>Dosinia lupinus</i>																									
<i>Emerarginula fissura</i>	6		3	2	4	15	2	1	3	2	3	11	1	1	3			5	2	1	3	1	1	8	
<i>Emerarginula rosea</i>																									
<i>Gibbula tumida</i>																									
<i>Glycymeris glycymeris</i>	3	5	4	2	10	24	2	9	10	3	5	29	3	3	3	2	2	13	3	3	5	10	6	27	
<i>Leptochiton cancellatus</i>	6	4	1	6		17	7		5	14		26	5	4	2	1	2	14		1	2	1	1	5	
<i>Mimachlamys varia</i>	1	1				2		3	1			4		2				2							
<i>Modiolus adriaticus</i>																									
<i>Nucula nitidosa</i>	3	10		5	11	29	2	1	10	10	21	44	12	7	3	3	2	27	1	6	7	1		15	
<i>Nucula nucleus</i>																		1	1						
<i>Pandora inaequivalvis</i>			1			1												1	1						
<i>Politapes virgineus</i>	4	7	3	5	9	28	5	14	13	23	21	76	12	10	12	4	8	46	3	16	10	3	3	35	
<i>Scrobicularia plana</i>																									
<i>Sepiola sp.</i>																		1	1						
<i>Stiaria lactea</i>		1				1												1	1						
<i>Tectura virginea</i>	1				1	2					1	1													
<i>Thracia devesa</i>																		1	1						
<i>Timoclea ovata</i>	3	6	1			10	1		3		6	10			3	1	1	5	2	1	2	3		8	
<i>Velutina velutina</i>																									
<i>Venus verrucosa</i>																			1					1	
<b>ARTHROPODES</b>																									
<i>Achelia echinata</i>										1		1	3					3	1				1	2	
<i>Ampelica diadema</i>		1				1	1		1		1	3		1	1			2			1	1		1	
<i>Ampelica spinipes</i>	1		2			3	2				3	5	1					2	1		1	2	1	5	
Amphipoda	1			2		3																			
<i>Apherusa bipinnosa</i>																									
<i>Apsaudes salpa</i>					1	1																			
<i>Atelocyclus rotundatus</i>																		1							
<i>Athanas nitescens</i>									2			2													
<i>Alytus vedfomenais</i>	3		3			6							4				2	6							
Caprellia sp.																									
Caprellia sp.																									
<i>Conilera cylindracea</i>																				1				1	
<i>Crangon crangon</i>																									
<i>Ebalia granulosa</i>					1	1	1		1	1	1	4			2			3		2	1			3	
<i>Ebalia tuberosa</i>													1					1							
<i>Ebalia tumefacta</i>																						1		1	
<i>Endeis sp.</i>																		2							
<i>Eualus occultus</i>		2		1		3			19	1		20	3	2		2		7			3			3	
<i>Eurydice pulchra</i>					1	1	1	2			3	6	2					2						3	
<i>Euryome aspera</i>																							1	1	
<i>Euryome spinosa</i>	1	1			1	3	3			2	1	6	2	3	2	1		8		5	3			8	
<i>Galathea spp.</i>	1	2		4	4	11	1	2	13	1	1	18	3	2	1	2	5	13	3	1	2	3		9	
Gammaridae												1												2	
<i>Gnathia maxillaris</i>							1				2	3										1		2	
<i>Inachus dorsetensis</i>											1	1										1		1	
<i>Iphimedia obesa</i>				1	1	2				2		2													
<i>Iphimedia sp.</i>												1										1		1	
<i>Iphinoe sp.</i>																									
<i>Joeropsis brevicornis</i>			1			1					1	1													
<i>Lepidocheilus hirsutimanus</i>	1				1	2					4	4			2	5	1	1	9		1			2	
<i>Leucothoe spinicarpa</i>																									
<i>Liocarcinus pusillus</i>											1	1	1					2			1	1	1	3	
<i>Lysianassa sp.</i>		1			1	1	3						1		1			3	5						
Lysianassidae																									
<i>Macropodia parva (rostrata)</i>																									
<i>Monoculodes carinatus</i>																									
Mysidae								1				1									2	1		4	
<i>Neomysis integer</i>																									
<i>Othomeera othonis</i>	3	10	7	3	4	27	1	4	1	6	1	13	8		1	4	6	19	8	6	23	10	3	50	
<i>Pagurus bernhardus</i>																			1						
<i>Pandalina brevistriata</i>		1				1	1			1	1	3	1					2			2			2	
<i>Pilumnus hirtellus</i>								1	1	2		4						1							
<i>Rinotheres pisum</i>												1													
<i>Upogebia deltaura</i>					1	1												1	1					1	
<b>DIVERS</b>																									
<i>Golfingia vulgaris</i>				2		2			1			1	1			1	2	4							
Nemertea	2	2	1	2		7	2	3	3	4		12	2	5		1	3	11	3	3	2		4	12	
<i>Phascolion strombus</i>																									
<i>Platelmintes</i>	1			1	1	3				1		1	1	1				3			2		1	3	
<i>Sycon ciliatum</i>												2	1		1	1		3							
<b>CHORDES</b>																									
<i>Diplecogaster bimaculata</i>	1					1			1			1													
<i>Pomatoschistus sp.</i>	3					3																			

### **ANNEXE 3 : ANALYSES DU LABORATOIRE EUROFINS (BIOTE)**



[www.setec.fr](http://www.setec.fr)

setec in vivo

Siège social  
Immeuble Central Seine  
42-52 quai de la Râpée  
CS 7120  
75 583 Paris cedex 12  
France

Tél. +33 1 82 51 55 55  
[info@invivo.setec.fr](mailto:info@invivo.setec.fr)

Agence de La Forêt-  
Fouesnant  
Z.A La Grande Halte  
29 940 La Forêt-Fouesnant  
France

Tél. + 33 2 98 51 41 75

Agence de Toulon  
Espace Maurice  
141 Avenue Marcel Castié  
83100 TOULON  
France

Tél. + 33 4 86 15 61 83

