



IFREMER, Océanographie et Dynamique des Ecosystème
Unité littoral
Laboratoire Environnement Ressources Bretagne Nord
Station de Dinard
Centre de Recherche et d'Etudes des Systèmes COTiers (CRESCO)

Ifremer/ODE/LITTORAL/LERBN-18-004

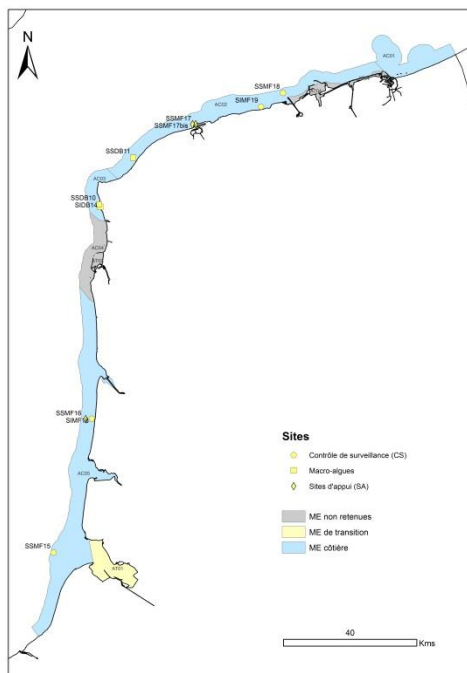
Coordination: Aurélie Foveau (Ifremer), Nicolas Desroy (Ifremer),
Patrick Le Mao (Ifremer)

Participants :



Contrôle de surveillance benthique de la
Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) :
ANNEE 2016

➤ **District Artois-Picardie**



Mars 2018

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/>		date de publication : Mars 2018
Validé par : Adresse électronique :		nombre de pages : 53 p. bibliographie : oui illustration(s) : oui langue du rapport : français
Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Année 2016 – District Artois-Picardie		
Contrat n° Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>		
Auteur(s) principal(aux) : Foveau Aurélie Desroy Nicolas Le Mao Patrick		Ifremer/ODE/UNITE LITTORAL/LERBN – 18-004
Cadre de la recherche : Soutien à la Directive Cadre Eau		
Destinataires : Agence de l'eau Artois-Picardie, DIREN Nord-Pas de Calais et Picardie, Rebent		
Résumé Ce rapport présente les résultats des opérations menées en 2016, sur l'ensemble des masses d'eau côtières et de transition rattachées au district Artois-Picardie.		
Abstract This report deals with results of monitoring carried out in 2016 for the area concerned by the Artois-Picardie water district.		
Mots-clés Directive Cadre Eau, Benthos, Réseau de surveillance, Manche		
Keys words European Water Framework Directive, Benthos, Monitoring Network, English Channel		

Paramètre	Tâche	Participant
Macroinvertébrés de substrats meubles	Prélèvements	Vincent BOUCHET (LOG) Muriel CROUVOISIER (LOG) Dominique MENU (LOG) Noémie DELDICQ (LOG) Vincent CORNILLE (LOG)
	Analyses laboratoire	Vincent BOUCHET (LOG) Muriel CROUVOISIER (LOG)
	Bancarisation des données	Aurélie FOVEAU (Ifremer) Muriel CROUVOISIER (LOG)
	Rédaction	Aurélie FOVEAU (Ifremer)
Macroalgues de substrats durs	Prélèvements	François GEVAERT (LOG) Gwendoline DUONG (LOG) Dominique MENU (LOG) F. DOUAY (LOG) Jean GRASSIEN (LOG)
	Analyses laboratoire	François GEVAERT (LOG) Dominique MENU (LOG)
	Bancarisation des données	Emilie GAUTHIER (Ifremer)
	Calcul indicateur	François GEVAERT (LOG) Michel LE DUFF (IUEM) Aodren LE GAL (MNHN C)
	Rédaction	François GEVAERT (LOG)

SOMMAIRE

1 RAPPEL DU CONTEXTE ET DES OBLIGATIONS IMPOSEES PAR LA DIRECTIVE EUROPEENNE CADRE SUR L'EAU	1
1.1 Rappel des attendus relatifs aux éléments de qualité biologique du benthos marin pour la DCE (Guillaumont et al., 2005).....	1
1.2 Rappel des caractéristiques des masses d'eau du district côtier Artois-Picardie.....	2
1.3 Partenaires de la mise en œuvre de la surveillance du compartiment benthique en Artois-Picardie.....	2
2 SUIVI STATIONNEL DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES DE SUBSTRATS MEUBLES	4
2.1 Objectif de l'étude	4
2.2 Stratégie générale	4
2.3 Qualification biologique des masses d'eau côtières	9
2.4 Résultats.....	11
2.5 Calcul de l'indice.....	22
3 SUIVI STATIONNEL DES MACROALGUES INTERTIDALES DE SUBSTRAT DUR.....	25
3.1 I. Examen des données brutes.....	26
4 SUIVI STATIONNEL DES MACROALGUES SUBTIDALES DE SUBSTRAT DUR	32
4.1 Relevés sur le site d'Audresselles (AC03-SSDB10).....	34
4.2 Relevés sur le site de Wissant (Les Wardes AC02-SSDB11)	37
5 SYNTHÈSE 2014 DES INDICES BENTHIQUES.....	41
6 OPERATIONS PROGRAMMEES EN 2015 ET 2016	43
7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	44
8 ANNEXES	ERREUR ! SIGNET NON DEFINI.

1 RAPPEL DU CONTEXTE ET DES OBLIGATIONS IMPOSEES PAR LA DIRECTIVE EUROPEENNE CADRE SUR L'EAU

1.1 RAPPEL DES ATTENDUS RELATIFS AUX ELEMENTS DE QUALITE BIOLOGIQUE DU BENTHOS MARIN POUR LA DCE (GUILLAUMONT *ET AL.*, 2005)

L'application de la Directive Cadre sur l'Eau (DCE) nécessite la mise en place de contrôles pour évaluer l'état écologique des Masses d'Eau Côtières (MEC) et de Transition (MET) avec comme objectif l'atteinte du bon état en 2027. L'ensemble des eaux côtières, dont la limite extérieure s'établit à 1 mille de la ligne de base, et des eaux de transition, correspondant aux eaux de surface situées près des embouchures de rivières/fleuves et partiellement salines mais influencées par les eaux douces, a fait l'objet d'un découpage en Masses d'Eau (ME). Ces Masses d'Eau ont été définies en fonction de leurs caractéristiques physiques ainsi que des pressions qui s'y exercent.

Sur ces Masses d'Eau, différents types de contrôle peuvent être exercés :

- le **contrôle de surveillance**, appliqué sur une sélection de Masses d'Eau considérées comme représentatives en se référant à la typologie préétablie. Les objectifs de cette surveillance sont de « (...) *concevoir de manière efficace et valable les futurs programmes de surveillance, évaluer les changements à long terme des conditions naturelles, évaluer les changements à long terme résultant d'une importante activité anthropique.* » (Annexe V – art. 1.3.1) ;
- le **contrôle opérationnel**, appliqué sur les Masses d'Eau présentant un Risque de Non Atteinte du Bon Etat Ecologique (RNABE) d'ici 2027, afin d'en établir l'état et d'en évaluer les changements dus aux programmes de mesure mis en place ;
- le **contrôle additionnel**, requis pour les zones protégées (notamment les zones de protection d'habitat et/ou d'espèces résultant des directives européennes "Oiseaux" et "Habitats", risquant de ne pas répondre à leurs objectifs environnementaux) ;
- le **contrôle d'enquête**, appliqué aux Masses d'Eau présentant un RNABE pour des raisons inconnues, ainsi qu'aux zones touchées par des pollutions accidentelles, pour lesquelles le benthos est un indicateur privilégié de l'ampleur et de l'incidence des contaminations.

L'article 1.1.4 de l'annexe V de la DCE précise les paramètres biologiques qui participent à l'évaluation de l'état écologique des masses d'eau côtières. Ces derniers se réfèrent à la composition, l'abondance et la biomasse du phytoplancton, à la composition et l'abondance de la flore aquatique (autre que le phytoplancton) et à la composition et l'abondance de la faune benthique invertébrée.

Dans le cadre du contrôle de surveillance du compartiment benthique, la végétation benthique (macroalgues et angiospermes), ainsi que les macroinvertébrés benthiques, doivent obligatoirement être pris en considération.

Pour les contrôles opérationnels, les éléments les plus sensibles seront retenus : "(...) *afin d'évaluer l'ampleur des pressions auxquelles les masses d'eau de surface sont soumises,*

les États membres contrôlent les éléments de qualité qui permettent de déterminer les pressions auxquelles la ou les masses sont soumises. Afin d'évaluer l'incidence de ces pressions, les États membres contrôlent (...) les paramètres permettant de déterminer l'élément de qualité biologique ou les éléments qui sont les plus sensibles aux pressions auxquelles les masses d'eau sont soumises (...)"

A partir du texte de la DCE, des travaux de réflexion ont été conduits au niveau européen (travaux du groupe COAST, aboutissant notamment à des recommandations générales consignées dans le rapport *Guidance on monitoring* destiné à guider les stratégies à mettre en œuvre dans chaque pays, travaux des groupes informels d'intercalibration NEA-GIG), chaque pays restant libre de définir la stratégie de surveillance la plus adaptée, avec toutefois un impératif d'intercalibration sur le classement relatif à l'état écologique des Masses d'Eau défini selon cinq niveaux (très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais - Art. 1.2. de l'annexe V de la DCE).

1.2 RAPPEL DES CARACTERISTIQUES DES MASSES D'EAU DU DISTRICT COTIER ARTOIS-PICARDIE

Le district côtier Artois-Picardie est composé de cinq masses d'eau côtières et de quatre masses d'eau de transition (Figure 1). Au total, quatre masses d'eau côtières ont été retenues pour le contrôle de surveillance ainsi que deux masses d'eau de transition (*cf.* Guérin *et al.*, 2007 pour la présentation des caractéristiques générales et biologiques des masses d'eau).

1.3 PARTENAIRES DE LA MISE EN ŒUVRE DE LA SURVEILLANCE DU COMPARTIMENT BENTHIQUE EN ARTOIS-PICARDIE

En 2016, afin d'assurer le suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles dans les masses d'eaux côtières (contrôle de surveillance et sites d'appui), le Laboratoire d'Océanographie et de Géosciences (LOG) de Wimereux a été sollicité (Tableau 1 et Figure 1).

Pour l'élément de qualité « Macro-Algues », ce même laboratoire a été sollicité (Tableau 1 et Figure 1).

Tableau 1 : Répartition entre partenaires des paramètres et sites de prélèvements.

Partenaires	Paramètres	Sites
Laboratoire d'Océanographie et de Géosciences	Macro-Invertébrés Benthiques	SIMF18
		SIMF19
		SSMF15
		SSMF16
		SSMF17
		SSMF17bis
		SSMF18
		SIDB14
		SSDB10
		SSDB11
	Macro-Algues	

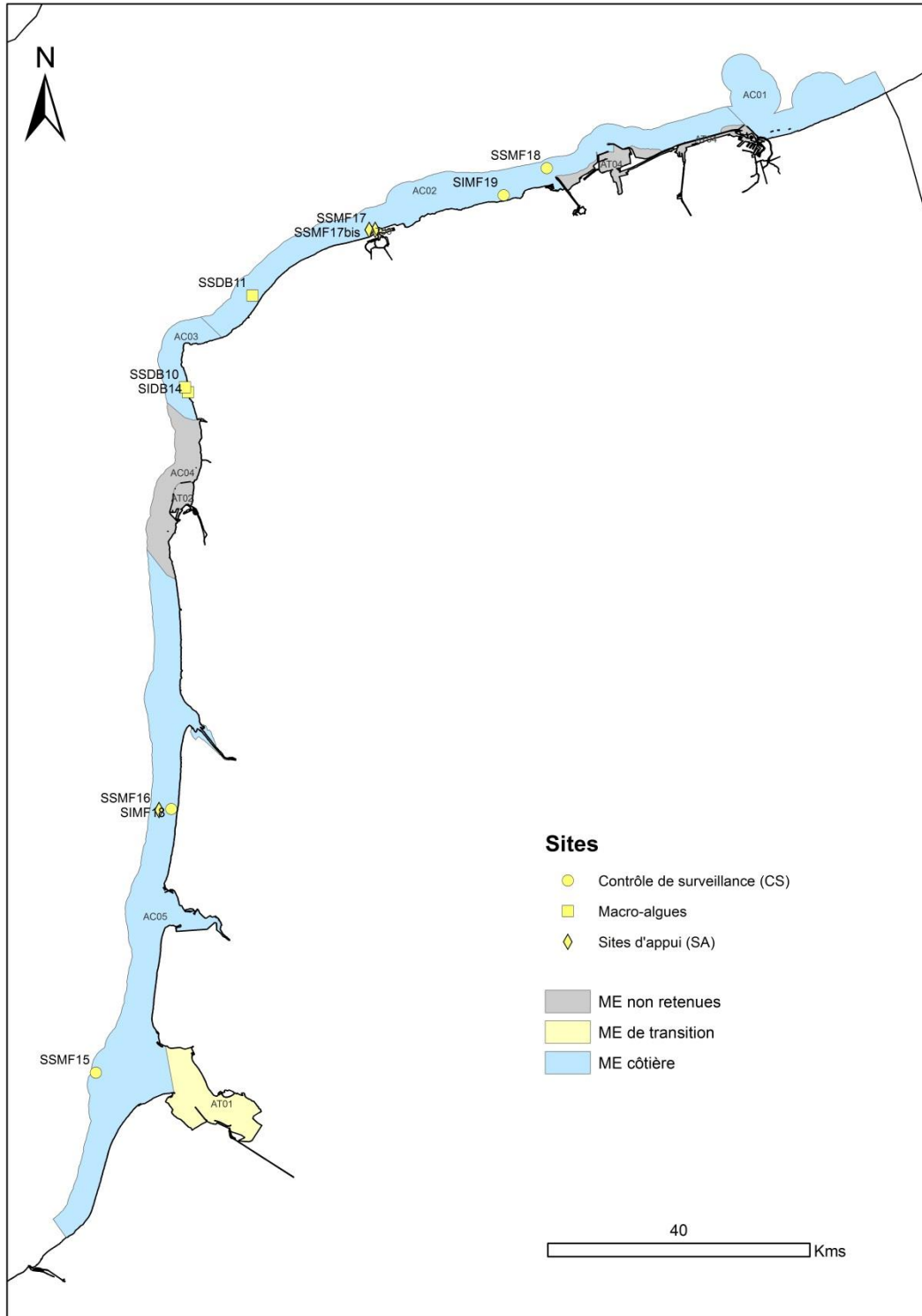


Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnage des éléments de qualité « Macro-Invertébrés Benthiques de substrats meubles » et « Macro-Algues » lors du suivi 2016.

2 SUIVI STATIONNEL DES MACRO-INVERTEBRES BENTHIQUES DE SUBSTRATS MEUBLES

2.1 OBJECTIF DE L'ETUDE

L'étude porte sur le suivi des communautés d'invertébrés benthiques des masses d'eau du district Artois-Picardie et l'évaluation de leur qualité biologique. Les macro-invertébrés benthiques constituent en effet d'excellents intégrateurs et indicateurs de l'état général du milieu et peuvent permettre notamment, grâce à certains organismes sensibles, d'identifier et de quantifier les pressions d'origine anthropique qui s'exercent sur ces masses d'eau. Les paramètres de l'élément de qualité "invertébrés benthiques" permettant de définir l'état écologique sont :

- le niveau de diversité et d'abondance des taxa (...);
- les taxa sensibles aux perturbations (...).

Afin de compléter le contrôle de surveillance des communautés d'invertébrés benthiques ayant lieu une fois tous les trois ans, un réseau de sites appelés "sites d'appui" a été mis en place avec une fréquence annuelle d'échantillonnage. Ces prélèvements intermédiaires sur un nombre limité de sites distribués le long des côtes de la Manche et de l'Atlantique ont pour but de fournir une information quant à la variabilité spatio-temporelle des communautés benthiques. A cette échelle d'espace, il sera possible de savoir si une divergence observée par rapport à un état initial est de cause naturelle ou non.

2.2 STRATEGIE GENERALE

En 2016, la totalité des sites localisés dans les masses d'eaux côtières et appartenant au contrôle de surveillance a fait l'objet d'un suivi. Ainsi, deux sites subtidiaux et deux sites intertidaux ont été échantillonnés (au printemps). La totalité des sites d'appui ont fait également été intégrés dans ce suivi. Ainsi, trois sites subtidiaux ont été échantillonnés : les sites SSMF17 et SSMF17 bis, situés à proximité du port de Calais, et le site SSMF16, situé en face de la commune de Merlimont (site d'appui depuis 2013). Les coordonnées des sites sont présentées en Tableau 2.

Tableau 2 : Coordonnées géographiques des sites étudiés

	LIBELLE	LOCALITE	ME_DCE	STATUT	PARTNER	LAT_DDD	LON_DDD
Invertébrés benthiques	SIMF18 - Merlimont IM	Merlimont	AC05	CS	SMW	50,4658479	1,5653656
	SIMF19 - Oye IM	Oye	AC02	CS	SMW	51,000008	2,021024
	SSMF15 SM	Baie de Sommes	AC05	CS	SMW	50,2346802	1,4620202
	SSMF16 SM	Merlimont	AC05	SA	SMW	50,4650165	1,5488612
	SSMF17 SM	Calais	AT03M	SA	SMW	50,9700115	1,8450279
	SSMF17bis - Calais SM	Calais	AT03M	SA	SMW	50,9700051	1,8366928
	SSMF18 SM	Grand Fort Philippe	AC02	CS	SMW	51,0233456	2,080022
Macrophytes	SIDB14 - Audresselles IR	Audresselles	AC03	CS	SMW	50,8292788	1,5885898
	SSDB10 - Audresselles SR	Audresselles	AC03	CS	SMW	50,8335214	1,5842637
	SSDB11 - Wissant-Strouanne SR	Wissant	AC02	CS	SMW	50,9131664	1,6768246

Dans un souci de calibration des méthodes d'acquisition et de qualité de la donnée, le protocole en vigueur depuis 2015 pour l'étude des macro-invertébrés benthiques de substrats meubles est celui défini par Garcia *et al.* (2014).

2.2.1 Prélèvements et analyses biologiques

La macrofaune benthique subtidale a été échantillonnée à l'aide d'une benne Van Veen (échantillonnant sur une surface unitaire de 0,1m²) à raison de neuf répliqués (trois prélèvements sur chacun des trois passages pour un même site, Tableau 3). En domaine intertidal, les prélèvements ont été effectués à l'aide d'un carottier à main (0,029 m²), à raison de neuf répliqués (trois prélèvements sur chacun des trois passages pour un même site. Le nombre de répliqués et les dates de prélèvement sont résumés dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Précision sur l'échantillonnage des sites étudiés en 2016

	Site	Code Masse d'eau	Date	Engin d'échantillonnage	Nombre de prélèvements
SUB	SSMF15 SM	AC05	17/05/2016	Benne Van Veen (0,1 m ²)	9 (3 × 3)
	SSMF 16 SM	AC05			
	SSMF 17 SM	AT03M	17/06/2016		
	SSMF17bis – Calais SM	AC02			
	SSMF18 SM	AC02	17/05/2016		
INT	SIMF18 – Merlimont IM	AC05	10/06/2016	Carottier à main (0,029 m ²)	9 (3 × 3)
	SIMF19 – Oye IM	AC02	06/06/2016		

Les prélèvements ont été tamisés sur une maille ronde de 1 mm, puis les refus ont été fixés et conservés dans une solution de formaldéhyde (de 4 à 10%). Les organismes ont ensuite été déterminés et dénombrés spécifiquement. Certains groupes peuvent faire exception (Bryozoa, Chaetognatha, Copepoda, Ctenophora, Echiura, Hemichordata, Hydrozoa, Insecta, Nemertea, Nematoda, Oligochaeta, Ostracoda, Phoronida, Platyhelminthes, Pogonophora, Priapulida). Les noms d'espèces déterminées ont été actualisés selon le référentiel officiel international : Word Register of Marine Species (WoRMS).

2.2.2 Prélèvements et analyses sédimentaires

Un prélèvement supplémentaire de sédiment a été effectué au sein de chaque site afin de déterminer la distribution granulométrique du sédiment. Il a été réalisé par échantillonnage vertical avec un tube de 3 à 5 cm de diamètre sur 5 cm de profondeur en domaine intertidal. En domaine subtidal, le prélèvement est réalisé par sous-échantillonnage dans une benne additionnelle dédiée aux analyses sédimentaires.

Après désalinisation, le sédiment a été séché dans une étuve à 60°C pendant 48 heures. Pour les échantillons présentant une fraction fine (<63 µm) importante, le sédiment a été rincé sur un tamis AFNOR 63 µm ; la partie fine récupérée a été mise à sécher (60°C pendant 48h) pour obtenir le poids sec. Le refus de sédiment (> 63 µm) a ensuite été tamisé à sec sur une

colonne vibrante de 26 tamis de maille décroissante (de 20 à 0,063 mm). Les refus de tamis ont été pesés au centième de gramme près.

Un second prélèvement de sédiment a également été réalisé dans chaque site selon le même procédé pour quantifier la teneur totale en matière organique. Il a été conservé à l'abri de la lumière au congélateur -20°C. Après décongélation, la teneur en matière organique des sédiments a été déterminée sur la fraction inférieure à 63 µm par la méthode de perte au feu : 1 heures à 550°C pour les analyses réalisées au LOG et 6 heures à 465°C pour celles effectuées par le GEMEL. La différence de poids, exprimée en pourcentage, indique la teneur en matière organique de la fraction inférieure à 63 µm de l'échantillon.

2.2.3 Traitement des données

Analyses sédimentaires

Les indices et paramètres granulométriques permettant de caractériser le sédiment ont été calculés grâce au package G2Sd développé par Fournier *et al.* (2014) (Tableau 4) :

- la texture du sédiment et les histogrammes de distributions des fréquences de classes granulométriques (classification de Blott et Pye, 2001)

Tableau 4 : Classification de Blott et Pye (GRADISTAT Program, 2001) comparée à celle utilisée par Udden (1914), Wentworth (1922) et Friedman et Sanders (1978).

Grain size		Descriptive terminology		
phi	mm/μm	Udden (1914) and Wentworth (1922)	Friedman and Sanders (1978)	GRADISTAT program
-11	2048 mm		Very large boulders	
-10	1024	Cobbles	Large boulders	Very large
-9	512		Medium boulders	Large
-8	256		Small boulders	Medium
-7	128		Large cobbles	Small
-6	64		Small cobbles	Very small
-5	32	Pebbles	Very coarse pebbles	Very coarse
-4	16		Coarse pebbles	Coarse
-3	8		Medium pebbles	Medium
-2	4		Fine pebbles	Fine
-1	2	Granules	Very fine pebbles	Very fine
0	1	Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse
1	500 μm	Coarse sand	Coarse sand	Coarse
2		Medium sand	Medium sand	Medium
3		Fine sand	Fine sand	Fine
4		Very fine sand	Very fine sand	Very fine
5	31	Silt	Very coarse silt	Very coarse
6	16		Coarse silt	Coarse
7	8		Medium silt	Medium
8	4		Fine silt	Fine
9	2		Very fine silt	Very fine
		Clay	Clay	Clay

- la médiane ou D_{50} (paramètre de position) donne une estimation de la taille moyenne des grains,
- l'indice de Trask ou Sorting-Index : S_o (paramètre de dispersion) où Q_{25} et Q_{75} sont les quartiles (Équation 1).

Équation 1: indice de Trask

$$S_o(mm) = \sqrt{\frac{Q_{25}(mm)}{Q_{75}(mm)}}$$

Le sédiment est homogène pour un indice de 1. Le Tableau 5 issu de Fournier *et al.* (2012) récapitule les classements.

Tableau 5: Classement du sédiment en fonction de l'indice de Trask (So) (Fournier *et al.*, 2012).

So	Classement
1 à 1,17	Très bien classé
1,17 à 1,20	Bien classé
1,20 à 1,35	Assez bien classé
1,35 à 1,87	Moyennement classé
1,87 à 2,75	Mal classé
> 2,75	Très mal classé

Analyse de la dynamique temporelle des communautés benthiques

Grâce à la mise en place, depuis 2007, du réseau de sites d'appui, il est maintenant possible de commencer à analyser de manière plus pertinente l'évolution temporelle de la composition des communautés benthiques.

De façon générale, les abondances d'espèces suivent une distribution asymétrique, certaines espèces pouvant atteindre des abondances telles qu'elles écrasent statistiquement la présence d'autres espèces. Lorsque nécessaire, la matrice des abondances a donc été transformée par la fonction racine carrée pour réduire l'importance des espèces très abondantes et donner d'avantage de poids aux espèces moins représentées, tout en conservant l'ordre de dominance entre les espèces communes (Thorne *et al.*, 1999).

Dans un premier temps, une analyse d'ordination par Positionnement Multidimensionnel non Métrique (n-MDS) des sites, a permis de visualiser leur répartition au travers de l'étagement (intertidal et subtidal) et du type de masse d'eau (côtier et de transition). Cette analyse est basée sur une matrice de distance de Bray-Curtis réalisée à partir des abondances moyennes des espèces rapportées à 0,1 m²

Une analyse MDS a permis de traduire dans un plan en deux dimensions les données de la matrice de distance entre les communautés benthiques des différents sites étudiés. De façon générale, plus les sites sont proches sur le graphique, plus les communautés sont similaires. Dans le cas d'une analyse n-MDS, le but est de représenter les distances entre les objets, en respectant l'ordre entre les proximités plutôt que leurs valeurs exactes.

Le regroupement des sites, représenté par la n-MDS au travers des différents facteurs, a été évalué au moyen d'une analyse de variance multivariée par permutation (PermAnova ; Anderson, 2005). Cette analyse permet de vérifier s'il existe une réelle différence entre ces facteurs. Cette méthode statistique non paramétrique est basée sur des permutations, elle s'absout donc des conditions d'applications normalement requises en statistique paramétrique comme par exemple la normalité des résidus (Anderson et Legendre, 1999). En fonction des résultats de la PermAnova, les modalités des facteurs significatifs seront traitées séparément.

Au sein de chaque facteur significatif, une Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) utilisant une matrice de similarité ($1-D_{BC}$, D_{BC} : dissimilarité de Bray Curtis) a permis de définir des groupes en utilisant un seuil de similarité arbitraire de 20%. La CAH consiste à regrouper les passages (année_site) les plus proches sous forme d'un dendrogramme, dont la longueur des branches représente la distance moyenne entre les passages et groupes de passages, c'est-à-dire leur pourcentage de similarité. La pertinence de la différenciation des groupes a été évaluée à l'aide d'une PermAnova.

Les variations de richesses spécifiques moyennes et d'abondances moyennes ont été testées entre les différents groupes par une analyse de variance (ANOVA) suivie d'un test post-hoc de Tukey discriminant les groupes entre eux. Le test de Tukey consiste à comparer

chaque paire de moyennes comme si ces deux moyennes pouvaient être la plus grande et la plus petite dans l'ensemble des n moyennes à comparer.

Pour chaque groupe les espèces caractéristiques intra-groupe ont été déterminées grâce à la méthode IndVal. Cet indice créé par Dufrene et Legendre (1997) a pour objectif de caractériser des groupes par un assemblage d'espèce. Il se base sur la spécificité (A) qui correspond à l'abondance d'une espèce (j) dans un groupe (k) plutôt qu'un autre et la fidélité (B) qui correspond à l'occurrence d'une espèce (j) dans un groupe (k) plutôt qu'un autre (Équation 2).

Équation 2 : Méthode IndVal – Dufrene & Legendre (1997)

$$IndVal_{groupe\ k, espèce\ j} = 100 \times A_{kj} \times B_{kj}$$

Enfin, la contribution des espèces à la dissimilarité inter-groupe a été évaluée à l'aide de la routine SIMPER (SIMilarity PERcentage : Clarke, 1993). Pour différencier les groupes, la méthode SIMPER calcule la dissimilarité de Bray Curtis moyenne entre tous les groupes (c.-à-d. tous les sites appartenant au groupe 1 versus tous les sites appartenant au groupe 2). Comme la dissimilarité de Bray-Curtis intègre la contribution de chaque élément (ex. chaque espèce), la dissimilarité moyenne entre les sites d'un groupe et les sites d'un autre groupe peut être exprimée comme la contribution moyenne de chaque espèce.

2.3 QUALIFICATION BIOLOGIQUE DES MASSES D'EAU COTIERES

L'indice idéal, qui résume en une valeur unique représentative d'une somme importante d'informations écologiques sur les communautés benthiques, doit répondre à deux conditions :

- être indépendant des facteurs externes : il doit être indépendant de la surface totale de l'échantillonnage, du type d'habitat, du degré d'identification taxonomique ;
- être capable de refléter les différences entre les communautés, en relation avec les facteurs de perturbation, qu'il s'agisse de la richesse spécifique, de l'équitabilité de la distribution des espèces ou du caractère sensible ou tolérant des espèces. C'est ce qui définit son pouvoir discriminant.

De nombreux outils ont été développés afin de répondre aux exigences de la Directive européenne Cadre sur l'Eau pour l'évaluation de la qualité des eaux côtières.

L'indicateur retenu par la France, à l'issue de sa participation à l'exercice européen d'intercalibration au sein du GIG-NEA, est le M-AMBI.

Cet indice, version améliorée de l'AMBI développé par A. Borja et son équipe (Borja *et al.*, 2004, Muxika *et al.*, 2007), repose :

- sur la reconnaissance dans la communauté de cinq groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (Tableau 6), comme proposé par Hily (1984). Cet indice est basé sur la pondération de chaque groupe écologique par une constante qui représente le niveau de perturbation auquel les espèces sont associées, selon la formule (Équation 3):

Équation 3 : Marine Biotic Index - AMBI

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

Tableau 6 : Groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (d'après Hily, 1984).

Groupe	Type d'espèces	Caractéristiques	Groupes trophiques
I	sensibles à une hypertrophisation	- largement dominantes en conditions normales - disparaissent les premières lors de l'enrichissement en matière organique du milieu - dernières à se réinstaller	- suspensivores, carnivores sélectifs, quelques dépositores tubicoles de sub-surface
II	Indifférentes à une hypertrophisation	- espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de MO	- carnivores et nécrophages peu sélectifs
III	Tolérantes à une hypertrophisation	- naturellement présentes dans les vases, mais, leur prolifération étant stimulée par l'enrichissement du milieu, elles sont le signe d'un déséquilibre du système	- dépositores tubicoles de surface profitant du film superficiel chargé en MO
IV	Opportunistes de second ordre	- cycle de vie court (souvent <1 an) proliférant dans les sédiments réduits	- dépositores de subsurface
V	Opportunistes de premier ordre	- prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface	- dépositores

- sur la richesse spécifique (S), ou nombre d'espèces présentant au moins un individu pour le site ;

- sur l'indice de diversité de Shannon-Weaver,

Équation 4 : indice de Shannon-Weaver

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

Où : p_i est la proportion de l'espèce i dans le nombre total d'individus du milieu d'étude. i allant de 1 à S

Ces paramètres sont calculés pour tous les sites. Avec le jeu de données résultant, une Analyse Factorielle des Correspondances est réalisée, déterminant trois axes perpendiculaires minimisant le critère des moindres carrés. La projection dans ce nouveau repère des deux points de référence correspondant à l'état le plus dégradé et l'état le meilleur, permet de définir un nouvel axe sur lequel est projeté l'ensemble des points des sites (Figure 3). Pour chacun d'eux est calculée la distance qui le sépare du point le plus dégradé, en considérant que le segment de droite du point le plus dégradé à celui du meilleur état, a une longueur de 1. Cette distance bornée par 0 et 1 est le M-AMBI.

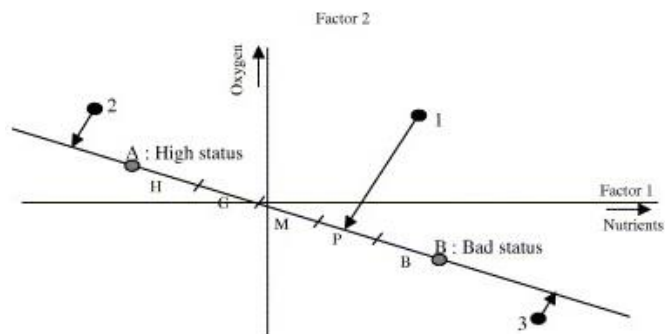


Figure 2 : Définition du statut des sites échantillonnés par projection sur l'axe factoriel défini par les conditions de référence (d'après Bald *et al.*, 2005).

Les sites échantillonnés se réfèrent à deux types d'environnements hydrosédimentaires : i) sables fins plus ou moins envasés subtidiaux, ii) sables fins plus ou moins envasés intertidaux, auxquelles correspondent deux conditions de référence distinctes (Tableau 7).

Tableau 7 : Conditions de référence retenues pour le calcul de la valeur de M-AMBI dans les eaux côtières.

Environnement hydrosédimentaire	Etat	S	H'	AMBI
Sables fins plus ou moins envasés subtidiaux	Très bon	58	4	1
	Mauvais	1	0	6
Sables fins plus ou moins envasés intertidaux	Très bon	35	4	1
	Mauvais	1	0	6

La grille de lecture du M-AMBI, telle qu'adoptée par la France au sein du GIG NEA, est la suivante :

Classes	[0 ;0,2]]0,2 ;0,39]]0,39 ;0,53]]0,53 ;0,77]]0,77 ;1]
Etat écologique	Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon

2.3.1 Conditions d'utilisation du M-AMBI

Malgré le fait qu'il soit parlant pour tous, simple d'utilisation (logiciel AMBI) et déjà testé et validé sur un large spectre de données, le M-AMBI doit être manipulé et interprété avec précautions.

D'après Borja (2013) :

- la richesse spécifique (S) doit être supérieure à 4 ;
- l'abondance (N) 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 50 sites est recommandé pour optimiser la robustesse du M-AMBI.

2.3.2 Traitement de la base de données

D'après Borja et Muxika (2005), la robustesse de l'AMBI et donc du M-AMBI, peut être réduite par des événements locaux (faible salinité, stress naturel, impact physique) qui génèrent une augmentation des espèces opportunistes et par la suite, une augmentation des valeurs de AMBI, entraînant à une mauvaise classification.

L'analyse structurelle des communautés est là pour minimiser ce type de confusion mais afin que l'indice soit le plus réaliste possible, la base de données a subi quelques aménagements. Ainsi les taxa qui n'appartiennent pas aux invertébrés benthiques de substrats meubles des eaux côtières ont été exclus de la base. La norme ISO/FDIS 1666 :2005 (F) et le protocole de Guérin et Desroy (2008), préconisent d'identifier jusqu'au niveau spécifique les organismes prélevés, en tenant compte du fait que certains taxa ne peuvent être identifiés qu'à un niveau supérieur. Hormis s'ils sont référencés dans la liste d'espèces actualisée en 2012, les hauts niveaux taxonomiques n'ont pas été pris en compte.

2.4 RESULTATS

Dans cette partie, seuls les résultats synthétiques sont présentés. Les données brutes sont disponibles dans la base de données Quadrigé². Les résultats de l'analyse sédimentaire obtenus grâce au package G2Sd sont disponibles en annexe 2.

2.4.1 Caractéristiques sédimentaires

La Figure 3 présente la granulométrie globale des sites sous contrôle de surveillance (masses d'eau côtières et sites d'appui) pour la période 2011-2016.

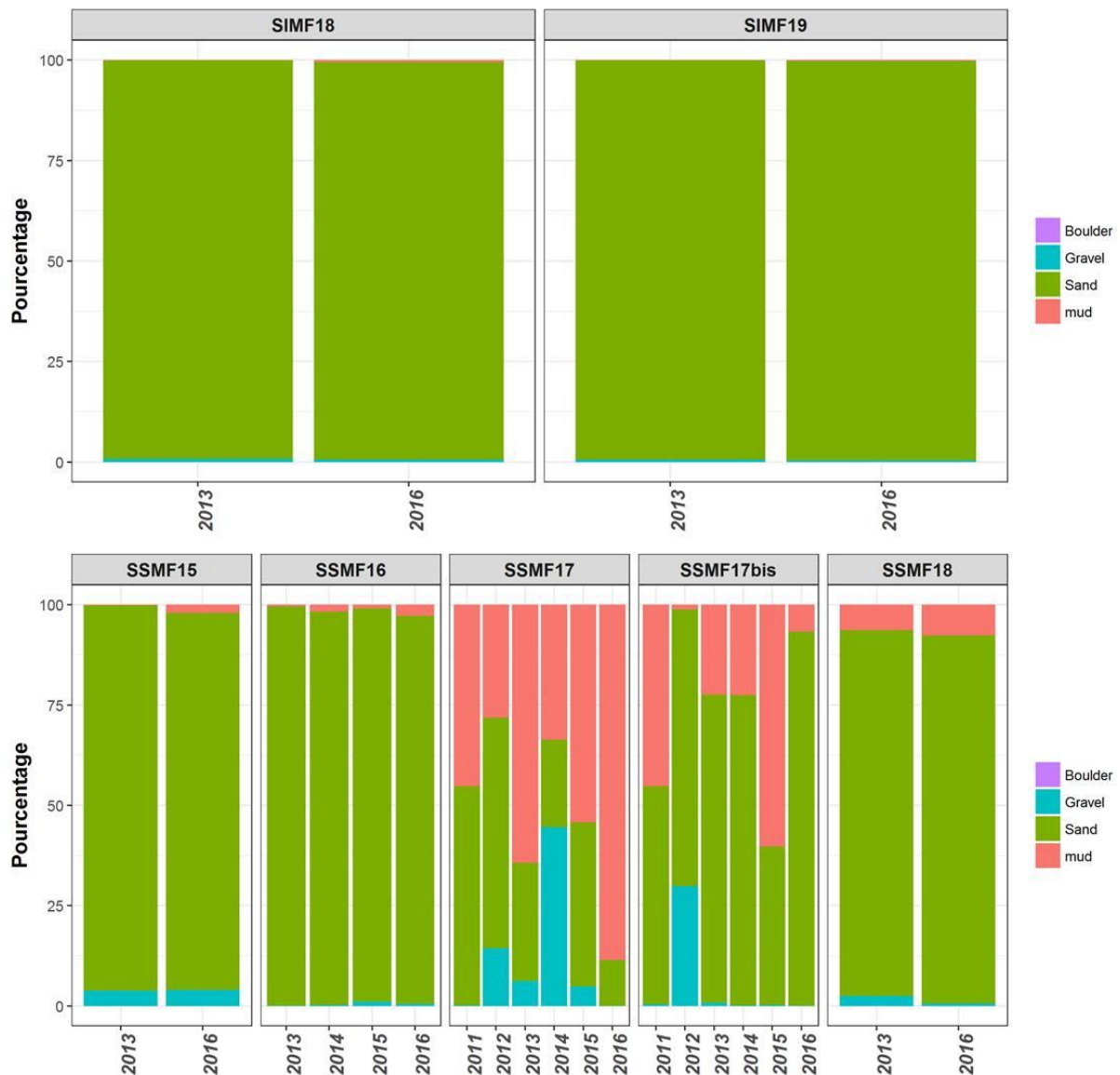


Figure 3 : Histogrammes de distribution des fréquences de classes granulométriques caractérisant les sites du domaine intertidal (SIMF) et subtidal (SSMF) sous contrôle de surveillance (MEC et sites d'appui).

Selon la classification de Blot et Pye (2001), l'ensemble des sites échantillonnés est caractérisé par des sables légèrement graveleux (Figure 3), à l'exception des sites du port de Calais (SSMF17 et SSMF17bis). Entre 2011 et 2016, les sites SSMF 17 et SSMF17bis étaient caractérisés par une vase sableuse avec des fractions vaseuse et graveleuse variables entre les années et qui ont pu être très importante (jusqu'à plus de 60% pour les vases et 30% pour les graviers). Ponctuellement, la fraction vaseuse a pu être très faible (comme au site SSMF17bis en 2012), mais ce phénomène n'est resté qu'éphémère. Ces deux dernières années, ces deux sites sont classés en « vase sableuse légèrement graveleuse ».

En 2016, la valeur de la médiane granulométrique est restée stable sur la plupart des sites : elle a augmenté au site SSMF17bis. Entre 2011 et 2016, les valeurs de ce paramètre (D50 μm ;

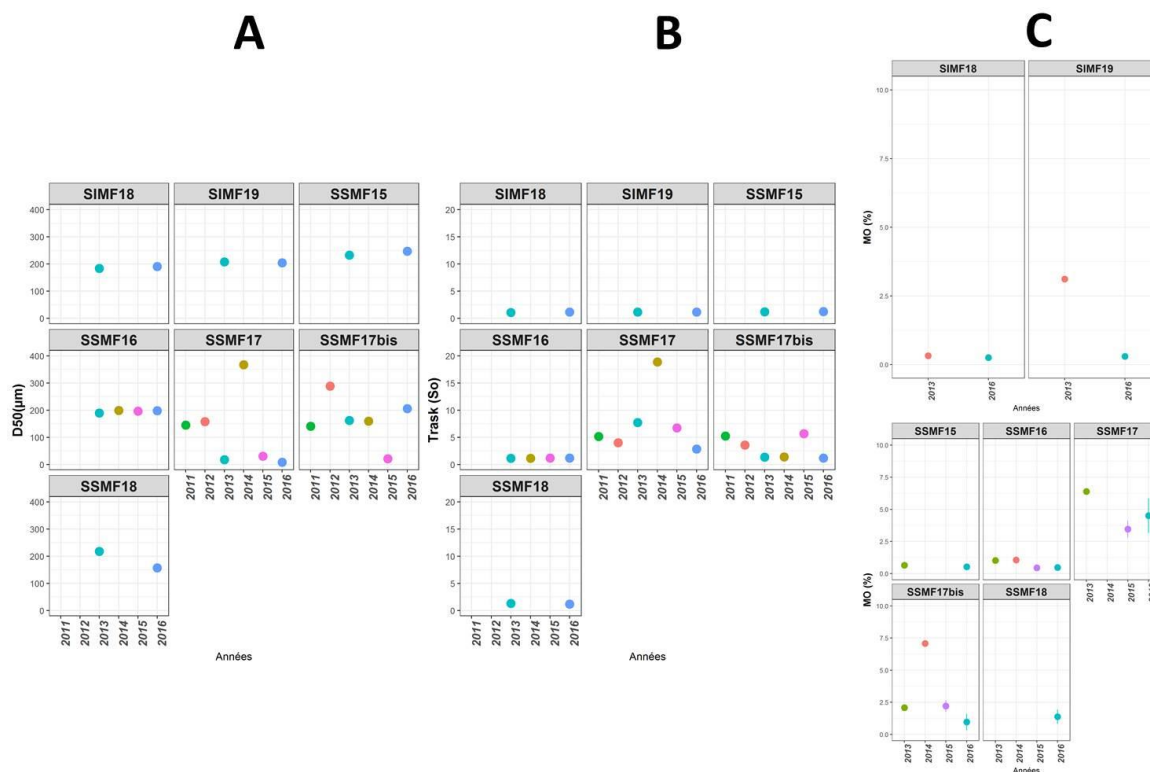


Figure 4A) sont restées stables sauf pour les sédiments des sites subtidiaux du port de Calais (SSMF17 et SSMF17bis).

Au regard de l'indice de Trask (So ;

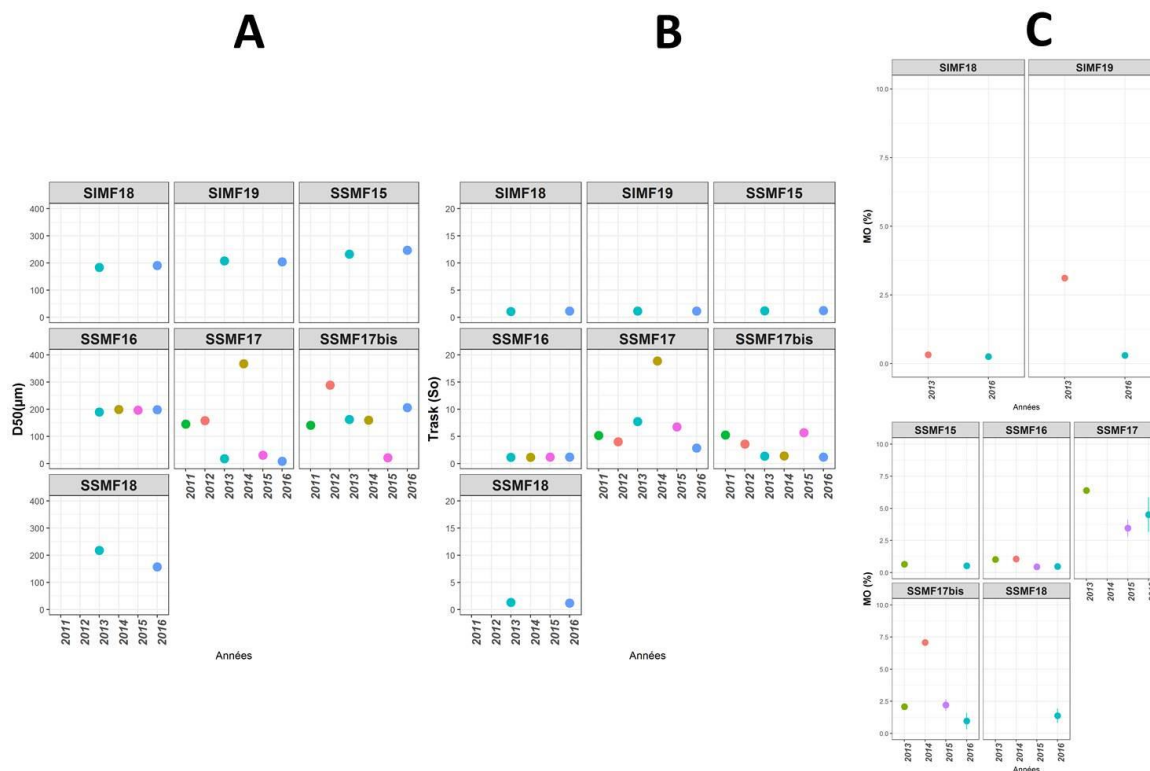


Figure 4B), les sédiments des sites en zone intertidale sont homogènes, tout comme ceux des sites SSMF15, SSMF16 et SSMF18. Les sites du port de Calais (SSMF17, SSMF17bis) sont caractérisés par des sédiments particulièrement hétérogènes. A la station SSMF17, toutes les valeurs de l'indice de Trask sont supérieures à 2,75.

Avant 2013, les taux de matière organique étaient délicats à interpréter car les analyses ont été réalisées sur la fraction inférieure à 63 µm. Le nouveau protocole en vigueur depuis 2015 (Garcia *et al.*, 2014) propose désormais de travailler sur la teneur en matière organique présente dans la totalité du sédiment et non uniquement dans la fraction inférieure à 63 µm (% MO ;

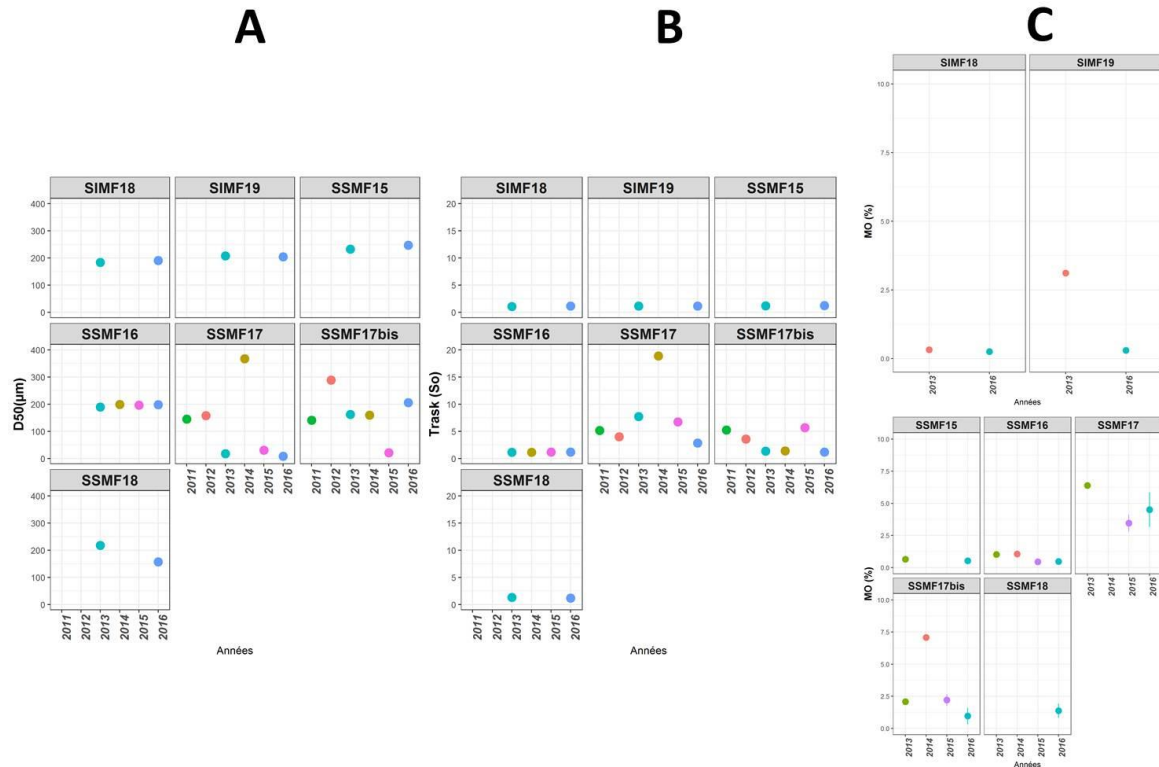


Figure 4C), ce qui correspond à une meilleure réalité écologique. Dans ce contexte, les teneurs observées entre 2011 et 2016 aux différents sites sont relativement stables et restent faibles (< 5%). La teneur aux sites SSMF17 et SSMF17bis sont quant à elle plus variables ; les taux observés en 2016 étant respectivement plus élevé (~5 %) et plus faible (< 2,5 %).

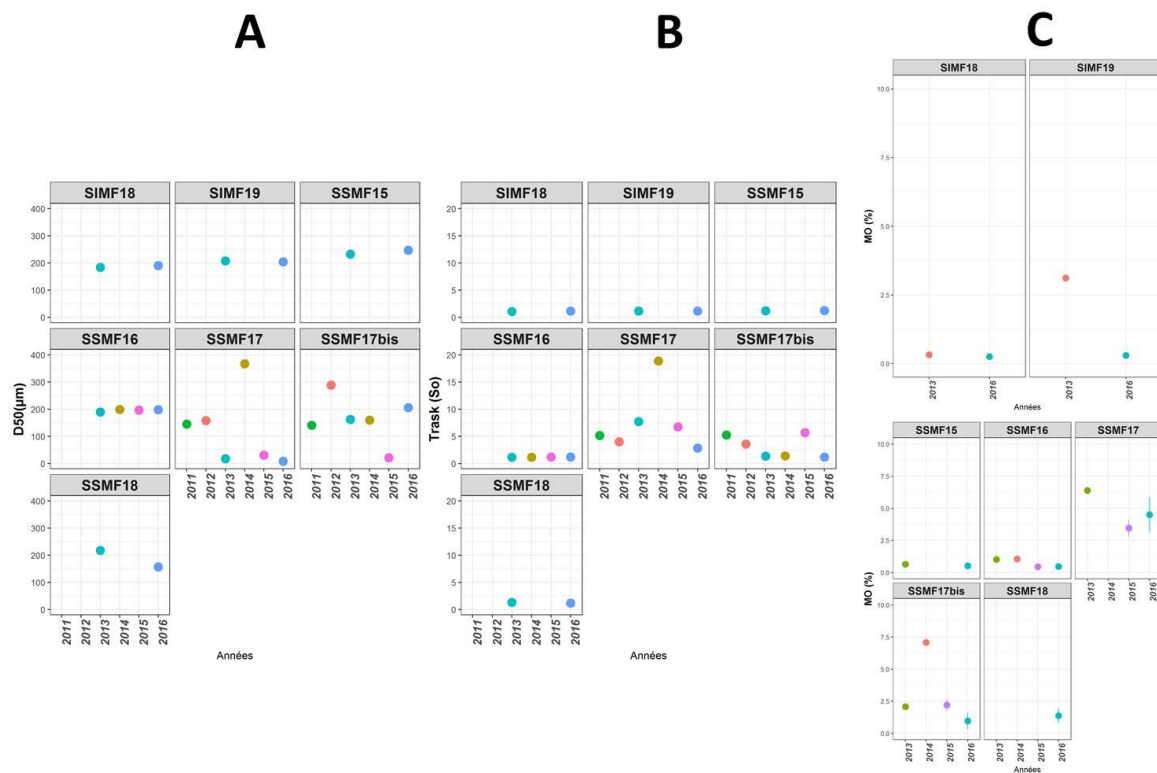


Figure 4 : Evolution des paramètres sédimentologiques associés depuis 2011. A : médiane granulométrique (D_{50}), B : indice de Trask (S_o), C : teneur en matière organique (MO) sur la fraction inférieure à $63 \mu\text{m}$.

2.4.2 Caractéristiques biologiques générales

Les indices de diversité : Richesse spécifique (S) et indice de Pielou(J')

Un total de 240 taxa a été identifié sur l'ensemble des sites suivis depuis 2011. En 2016, un total de 127 taxa a été identifié sur les différents sites étudiés (annexe 3)

Les résultats de richesse spécifique (S) illustrés par la Figure 5 montrent une dichotomie entre le domaine intertidal et le domaine subtidal.

En zone intertidale, la richesse spécifique totale maximale a été observée sur le site de Merlimont (SIMF18) en 2013 ($S = 14$) et la plus faible sur ce même site en 2016 ($S = 7$).

En zone subtidale, la RS totale maximale a été observée sur le site de Gravelines (SSMF18) en 2016 ($S = 71$) et la plus faible au site du port de Calais (SSMF17bis) en 2012 ($S = 2$).

En 2016, les résultats de richesse spécifique (RS) illustrés à la Figure 5 montrent une valeur plus élevée au site SSMF18 (71 taxa) que sur tous les autres sites. Les sites intertidaux présentent des valeurs de richesse spécifique inférieures à celles observées en 2013. La tendance pour les sites subtidaux est plus variable.

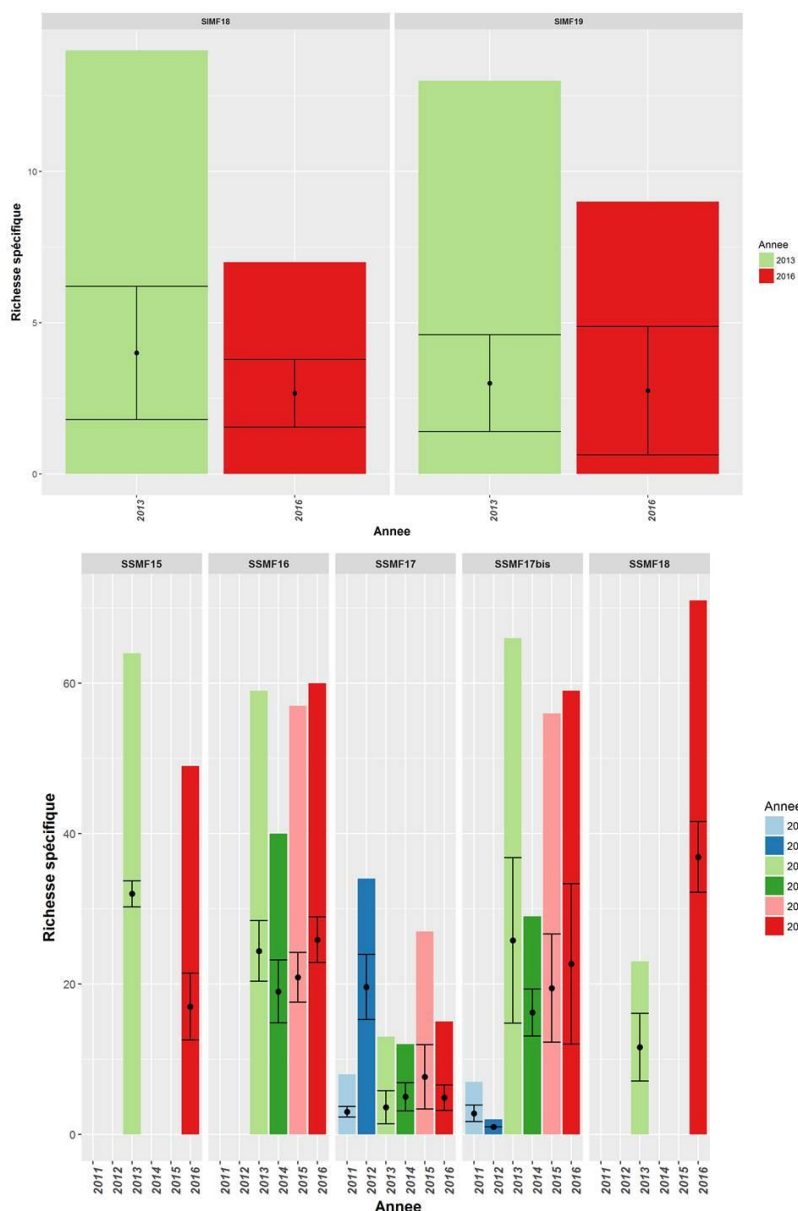


Figure 5 : Richesse spécifique totale et moyenne (\pm ET) observées aux différents sites échantillonnés depuis 2011 (barres colorées : richesse totale, points noirs : richesse moyenne et écart-type).

En 2016, les valeurs de l'indice d'équitabilité de Pielou (J') sont respectivement de 0,52 et 0,74 pour les sites intertidaux SIMF18 et SIMF19. La répartition des individus au sein des taxa est équilibrée (*i.e.* ayant une valeur $J' > 0,5$) pour la quasi-totalité des sites (exception faite du site SSMF17bis). Pour l'ensemble des sites suivis entre 2011 et 2016, les valeurs de l'indice d'équitabilité de Pielou, calculées à partir de la richesse totale de chaque site, fluctuent entre 0,47 et 0,76 pour les sites intertidaux et entre 0,15 et 0,92 pour les sites subtidaux. Sur cette période, la répartition des individus au sein des taxa est majoritairement équilibrée pour 62,5% des répliquats (*i.e.* ayant une valeur $J' > 0,5$). 90 % des répliquats analysés depuis 2011 ont une valeur d'équitabilité moyenne supérieure à la valeur d'équitabilité totale caractérisant les sites. De plus, les écarts-types sont très importants, ce qui signifie que les échantillons sont hétérogènes. Cela confirme la nécessité d'échantillonner plusieurs répliquats pour avoir une bonne représentativité de la communauté en place.

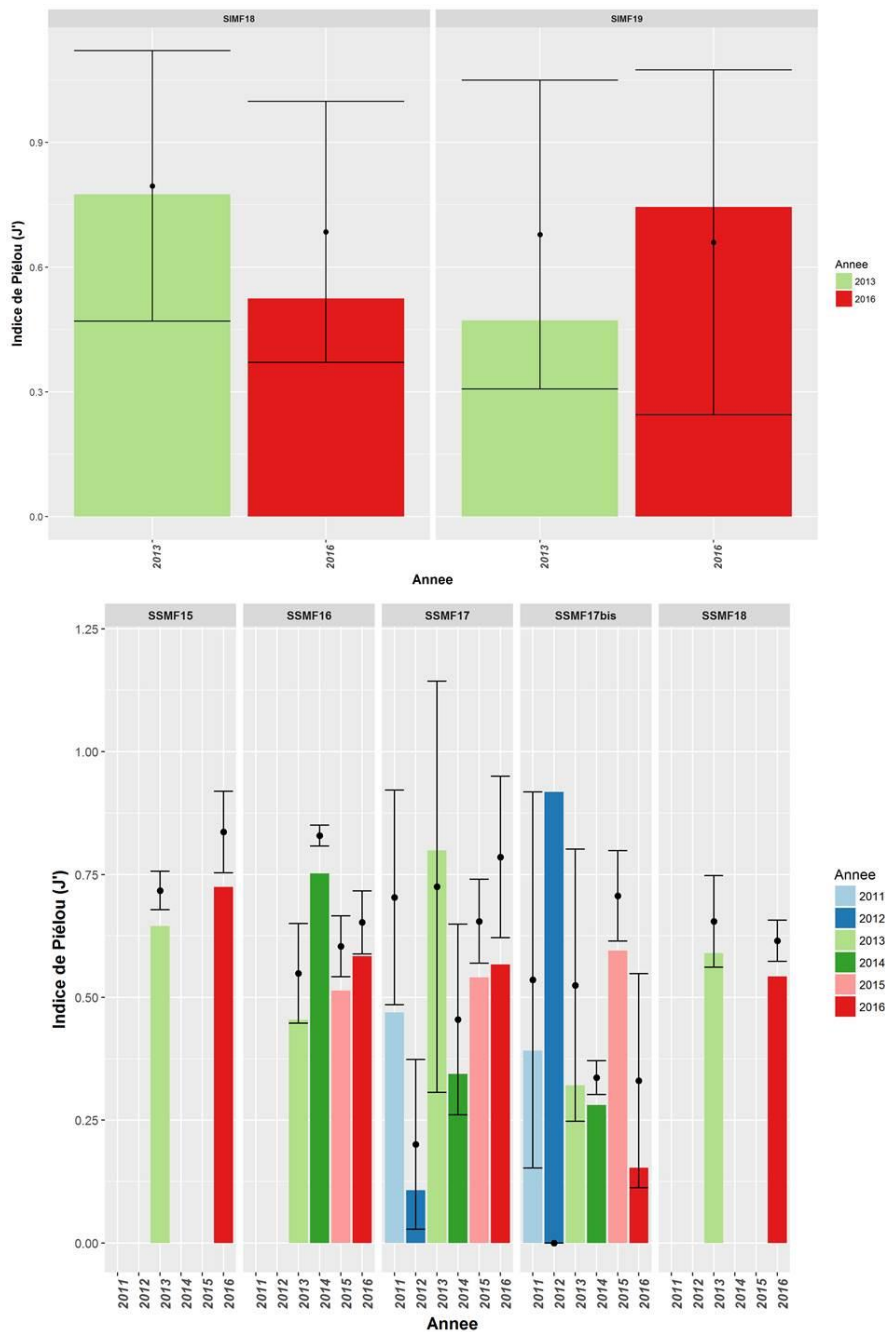


Figure 6 : Indice d'équitabilité de Piélou total et moyen (\pm ET) observés aux différents sites échantillonnés depuis 2011 (barres colorées : équitabilité totale, points noirs : équitabilité moyenne et écart-type).

Abondances

Les valeurs d'abondances moyennes (N) sont présentées à la Figure 7.

En 2016, les abondances recensées aux sites intertidaux SIMF18 et SIMF19 sont respectivement de 45 ± 43 ind. $0,1 \text{ m}^{-2}$ et 16 ± 12 ind. $0,1 \text{ m}^{-2}$. Aux sites subtidaux, les abondances fluctuent entre 21 ± 16 ind. $0,1 \text{ m}^{-2}$ (site SSMF17) et 2938 ± 4200 ind. $0,1 \text{ m}^{-2}$ (site SSMF17bis). Sur la période 2011-2016, la valeur la plus faible a été observée en 2012 au site SSMF17bis (1 ind. $0,1 \text{ m}^{-2}$) et la valeur la plus élevée a été observée en 2016 au site SSMF17bis : 2938 ± 4200 ind. $0,1 \text{ m}^{-2}$). Cette abondance particulière est due à la dominance de

l'annélide polychète *Lanice conchilega*, mais également à la présence de nombreux juvéniles (du fait d'un échantillonnage tardif – juin 2016).

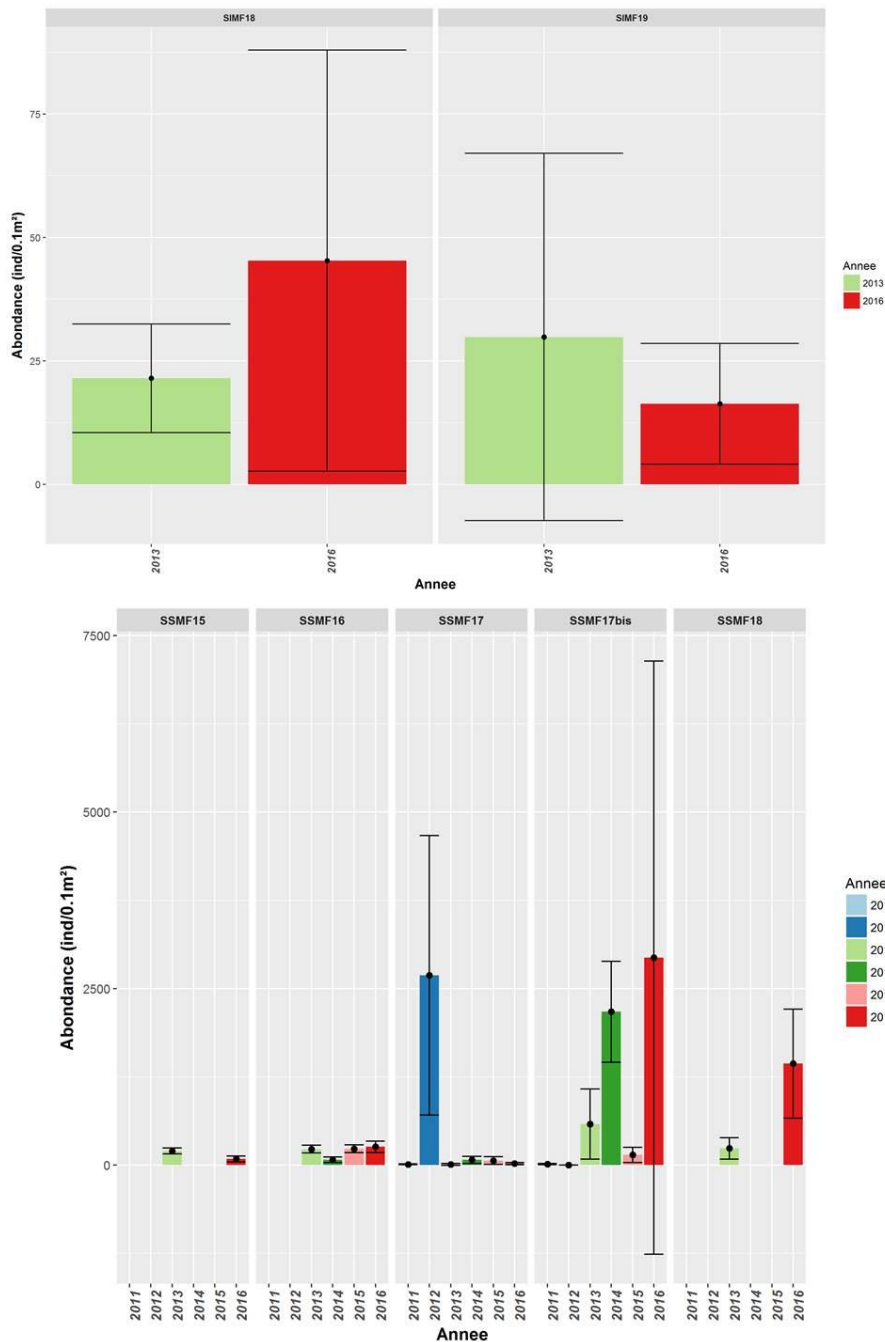


Figure 7 : Abondances moyenne (ind/0.1 m² ± ET) observées aux différents sites échantillonnés depuis 2011 (barres colorées : abondance totale, points noirs : abondance moyenne et écart-type).

Groupes écologiques

Actuellement, seules les masses d'eaux côtières disposent d'un indice intercalibré à l'échelle européenne. Les masses d'eaux de transition ne sont pas encore dotées d'un indice permettant de les qualifier. Cependant, les proportions des espèces appartenant aux groupes de polluo-sensibilité (Figure 8) peuvent apporter quelques informations.

En 2016, les sites, qu'ils soient intertidaux ou subtidaux, sont majoritairement caractérisés par des espèces appartenant aux groupes écologiques I (GI) et II (GII). L'ensemble des groupes III à V représentent au maximum 18 % du total pour ces sites.

Pour la période 2011-2016, les groupes écologiques les plus représentés sont les groupes GII (0,83-97,5 %) et GIII (0-96,4 %). En 2014, le groupe V est représenté de façon notable (SSMF20 – 35,56 %, SSMF17 - 23,53% et SSMF17bis - 26,6%). Des annélides opportunistes (Capitellidae) sont à l'origine de ces pourcentages élevés.

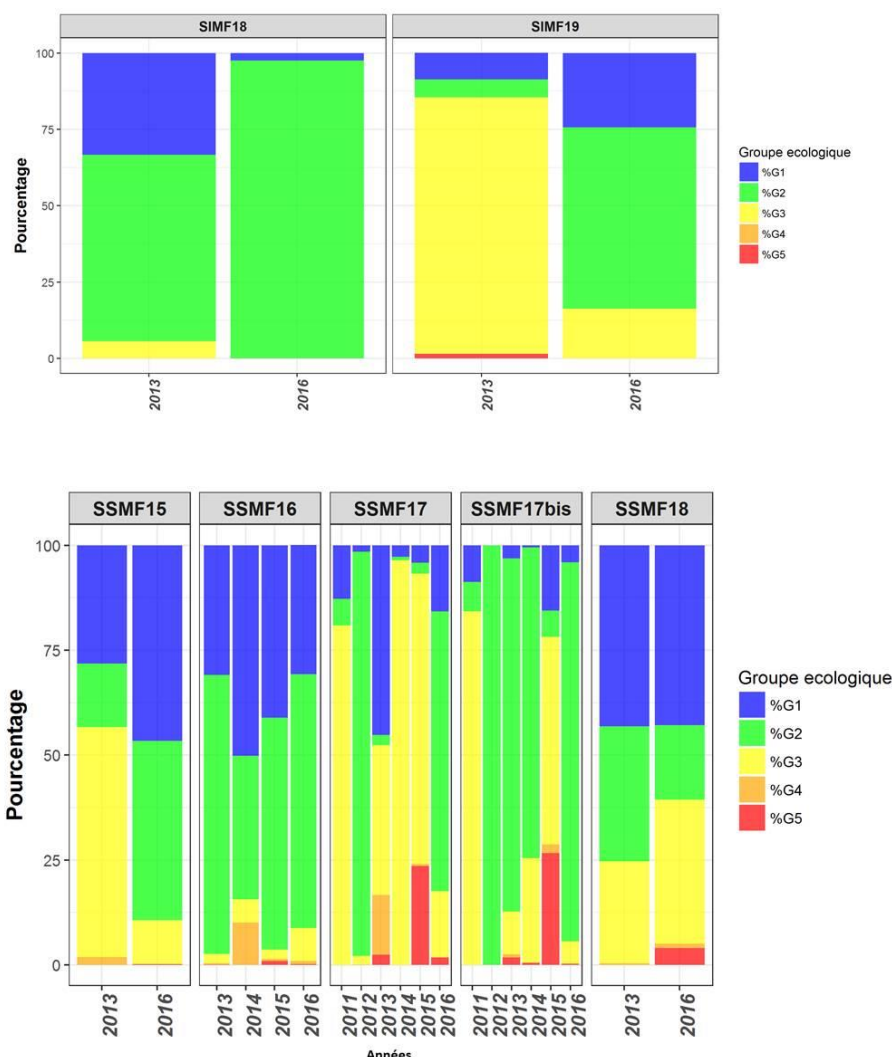


Figure 8 : Répartition de la proportion des groupes écologiques de polluo-sensibilité sur les sites échantillonnés entre 2011 et 2015 (GI : espèces sensibles à une hypertrophisation, GII : espèces indifférentes à une hypertrophisation, GIII : espèces tolérantes à une hypertrophisation, GIV : espèces opportunistes de second ordre, GV : espèces opportunistes de premier ordre).

2.4.3 Analyse des communautés

Etant donné les différences de protocole, les domaines intertidaux et subtidaux sont analysés séparément.

Domaine intertidal

Le dendrogramme (Figure 9), issu de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) réalisée à partir de la matrice de distance de Bray-Curtis intégrant l'ensemble des données, permet de distinguer deux groupes de sites en domaine intertidal s'agréant significativement (PermAnova : p -value = 0,001).

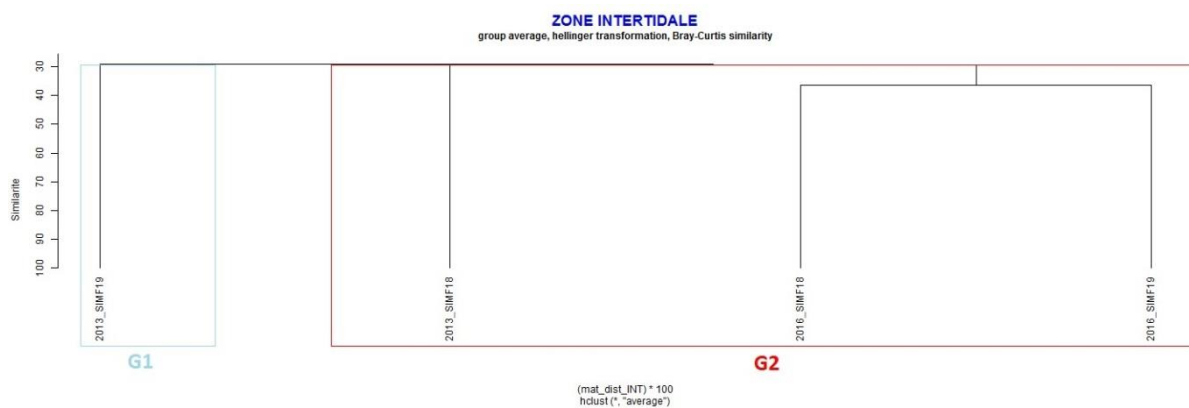


Figure 9 : Dendrogramme issu de la Classification Ascendante Hierarchique réalisée à partir de la matrice de similarité entre les sites échantillonnés (2011-2016). G = Groupe de passages.

Une seule donnée isolée s’individualise, correspondant au site SIMF19 suivi en 2013 (G1).

Le site SIMF19 (G1), en 2013, présentait une forte proportion de matière organique associée à une proportion plus élevée d’espèces appartenant au groupe écologique 3. Ces deux facteurs peuvent être responsables de la discrimination de ce site en 2013.

Le groupe 2 (G2) est constitué de l’ensemble des années de suivi du site intertidal de Merlimont (SIMF18) et du site SIMF19 en 2016. La richesse spécifique moyenne de ce groupe est plus faible ($S=10\pm 1,8$). En revanche, l’abondance reste basse ($28\pm 22 \text{ ind.}0,1 \text{ m}^{-2}$). Les espèces les plus échantillonnées sur ces sites sont l’annélide *Lanice conchilega* et le gastéropode *Peringia ulvae*.

Domaine subtidal

Le dendrogramme (Figure 10), issu de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) réalisée à partir de la matrice de distance de Bray-Curtis intégrant les données des sites subtidaux, permet de distinguer trois groupes de sites, dont deux correspondent une seule station-date (G1 et G2).

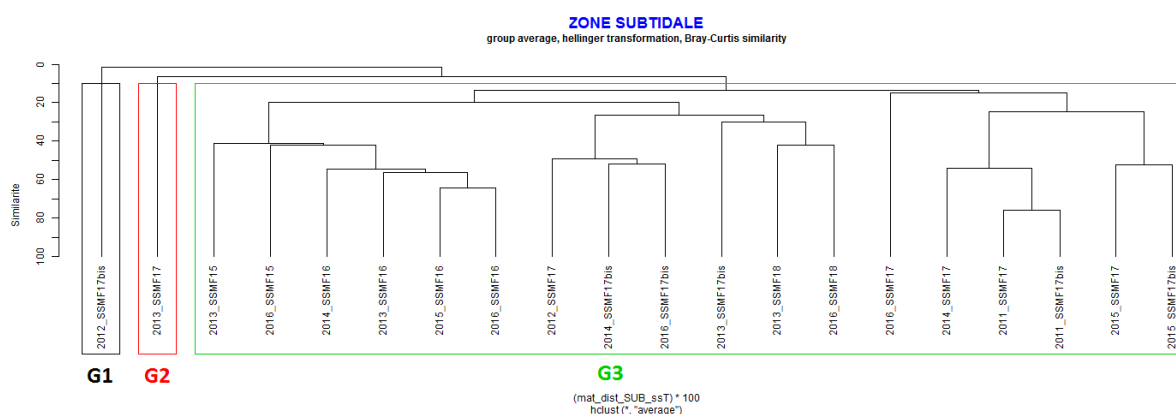


Figure 10 : Dendrogramme issu de la Classification Ascendante Hiérarchique réalisée à partir de la matrice de similarité entre sites subtidaux. P= Passage année_site ; G = Groupe de passages.

Le groupe 1 (G1) correspond au site d’appui situé face au port de Calais échantillonné en 2012 (2012_SSMF17bis). A cette date, la richesse spécifique ($S=2$) et l’abondance ($N=3 \text{ ind.}0,1 \text{ m}^{-2}$) étaient très faibles ; deux répliqués sur cinq ne comportaient pas de macrofaune supérieure à 1 mm).

Le groupe 2 (G2) correspond au site d'appui initial du port de Calais échantillonné en 2013 (2013_SSMF17). L'augmentation de la médiane granulométrique, la présence de l'ascidie *Molgula oculata* et l'absence du bivalve *Abra alba* indique que le sédiment est plus propre en 2013 que les autres années.

Le groupe 3 (G3) est constitué de l'ensemble des années de suivi des sites côtiers de de la Baie de Somme (SSMF15), de Merlimont (SSMF16), de Gravelines (SSMF18) et les années restantes des sites du port de Calais. La richesse spécifique moyenne des sites de ce groupe est de 37 ± 4 (Figure 11). Un grand nombre de taxa caractérise statistiquement ce groupe (les annélides Cirratulidae, *Mysta picta*, *Spio martinensis* et *Nephtys* et les crustacés *Bathyporeia elegans* et *Schistomysis spiritus*).

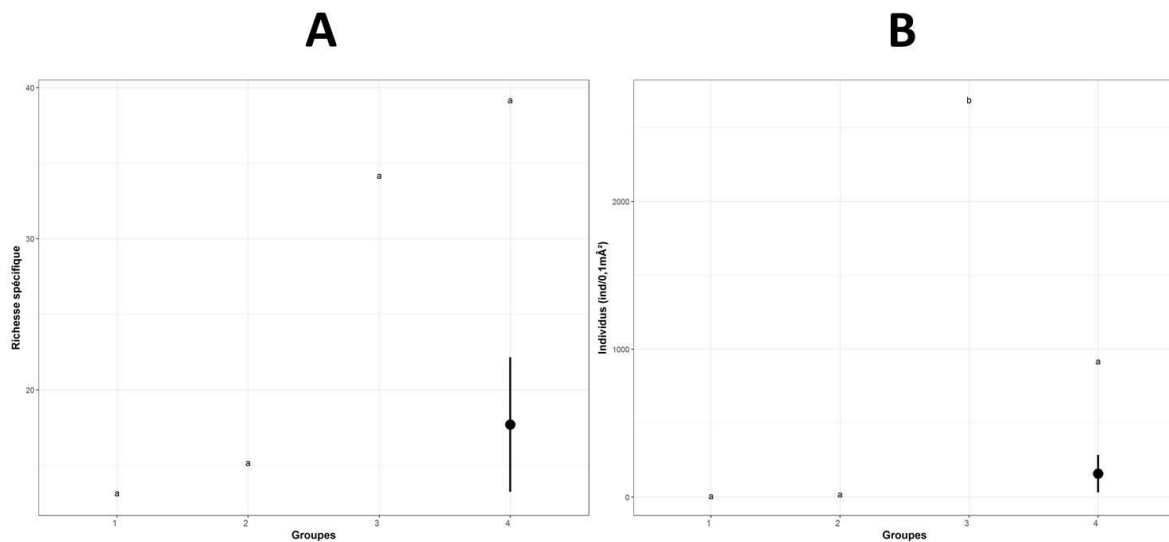


Figure 11 : Richesse (A) et abondance (B) des ensembles subtidaux déterminés par la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Les groupes (nommés a, b) ont été définis par un test post hoc de Tukey HSD avec un seuil de 0,05.

2.4.4 Evolution temporelle de la structure des communautés des macro-invertébrés benthiques

La dynamique des sites échantillonnés entre 2011 et 2016 a été étudiée à l'aide d'une n-MDS. La matrice considérée comprend donc la totalité des données, *i.e.* sites intertidaux et sites subtidaux (sans les stations en eaux de transition). La n-MDS (stress = 0,11) basée sur la matrice de distance de Bray-Curtis dissocie naturellement les sites intertidaux et subtidaux (PermAnova, p -value = 0,001 ; Figure 12). Cette même analyse réalisée entre les années suivies montrent que trois groupes se distinguent : les années 2011 et 2012 représentent chacune un ensemble ; un troisième groupe est formé par les années 2013 à 2016 (Figure 12). A l'intérieur de ce troisième groupe, l'année 2014 est moins semblable que les années 2013, 2015 et 2016.

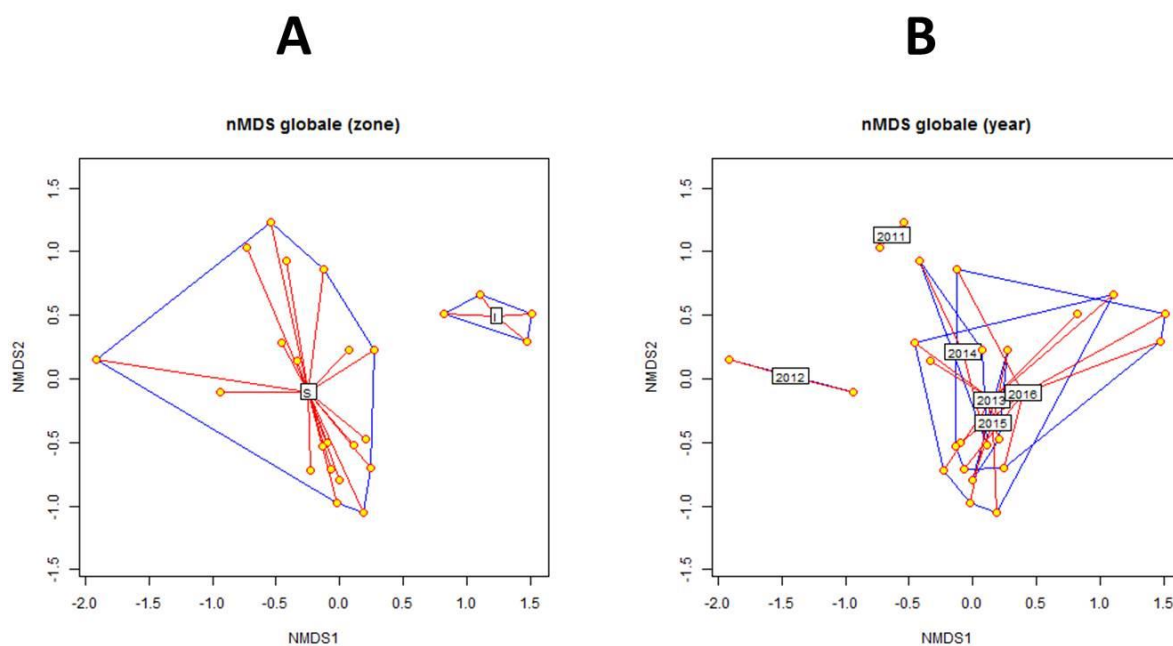


Figure 12 : Diagrammes d'ordination issus de la n-MDS basée sur la matrice de distance (Bray-Curtis) entre sites calculée à partir des abondances spécifique par site après transformation en racine carré. Sites ●, enveloppes convexes □, étoile de barycentre ✖. A : groupement par zone (I : intertidal, S : subtidal). B : groupement par années.

2.5 CALCUL DE L'INDICE

L'indice calibré au niveau européen utilisé en France pour évaluer la qualité écologique des masses d'eau côtières grâce à l'élément de qualité « macro-invertébrés benthiques » est le M-AMBI (Muxika *et. al.*, 2007). En eaux de transition, il n'existe pas encore d'indice validé par l'ONEMA permettant d'évaluer la qualité écologique des masses d'eau. La qualité des masses d'eaux est évalué tous les trois ans à l'échelle des façades Manche et Atlantique, ce qui permet, en augmentant le nombre d'observations, de se rapprocher des conditions d'application du M-AMBI.

Ci-après est proposée pour l'ensemble des années de suivi (2011-2016) et les deux types de masses d'eau (côtières et de transition) la proportion des cinq groupes écologiques suivant la liste actualisée par Borjà en 2017.

Intertidal

Toutes les stations intertidales incluses dans ce rapport ont leurs descripteurs qui respectent les conditions d'application permettant une répartition robuste de la structure écologique (*cf* chapitre 2.3.1).

La Figure 13 présente les histogrammes de distribution de fréquences des groupes écologiques des 4 passages (année_site) retenus en zone intertidale. Le nombre de passages est inférieur au minimum requis de 50 passages nécessaires pour que les résultats de l'analyse M-AMBI ne soient influencés par l'ajout de passages supplémentaires à l'analyse.

Une dominance des groupes G1 (espèces sensibles à une hypertrophisation) et G2 (espèces indifférentes à une hypertrophisation) est observée, sauf au site SIMF19 en 2013, où

les communautés sont dominées par des taxa du groupe 3 (G3), tolérants à une hypertrophisation.

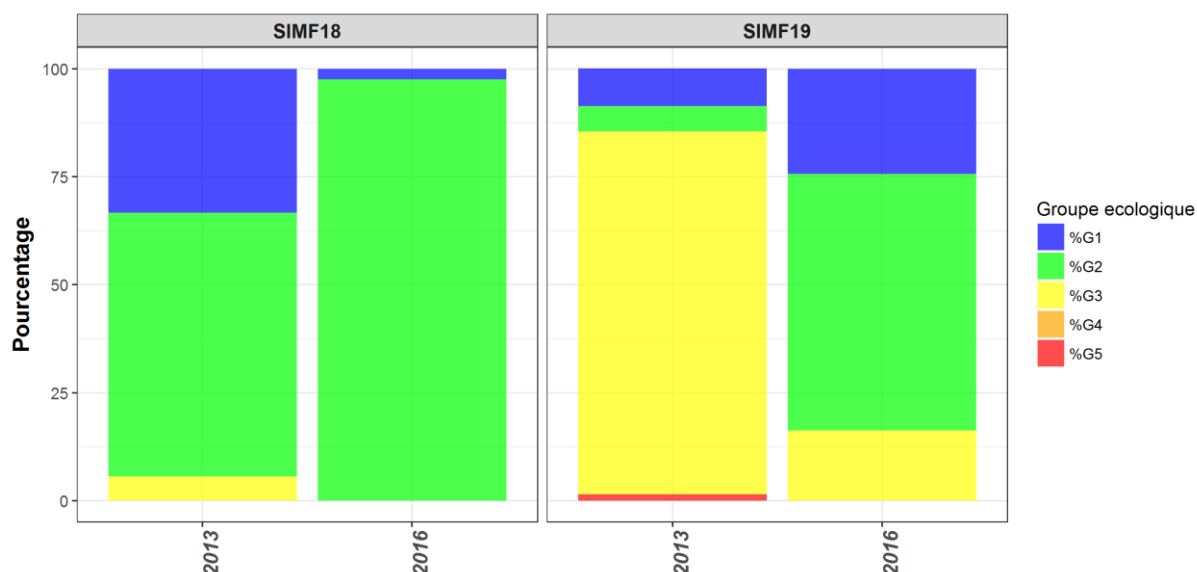


Figure 13 : Histogrammes de distributions des fréquences des groupes écologiques de polluo-sensibilités (Hily, 1984) des sites côtiers du domaine intertidal.

Subtidal

Les proportions des trois groupes écologiques n'ont pas été calculées pour trois passages en zone subtidale. Certains descripteurs (richesse spécifique : S, abondance : N, et le pourcentage d'espèces Non-Assignées à un groupe écologiques : %NA) ne respectent pas les conditions d'application permettant une répartition robuste de la structure écologique (*cf* chapitre 2.3.1). Les valeurs de S et d'abondances observées au site du port de Calais (SSMF17bis en 2012) sont trop faibles et le %NA est supérieur à 20% pour les sites SSMF17bis en 2012, SSMF17 et SSMF18 en 2016 (Tableau 8).

Tableau 8 : Résumé des descripteurs (richesse spécifique : S, abondance : N et pourcentage d'espèces Non-Assignées à un groupe écologique : %NA) ne respectant pas les conditions d'application permettant une représentation robuste de la structure écologique des sites côtiers du domaine subtidal.

Sites	Année	S	N	%NA
SSMF17bis	2012	2	1	66,67
SSMF17	2016	15	20,89	69,68
SSMF18	2016	71	1436,89	29,34

La Figure 14 présente les histogrammes de distribution de fréquences des groupes écologiques des 20 passages (année_site) retenus en zone subtidale. Le nombre de passages côtier (14) est inférieur au minimum requis de 50 passages nécessaires pour que les résultats de l'analyse M-AMBI ne soient influencés par l'ajout de passages supplémentaires à l'analyse.

Globalement, une dominance des groupes G1 et G2 est observée dans les communautés des sites côtiers (SSMF15, SSMF16, SSMF17bis et SSMF18). Les taxa du groupe G3 sont majoritaires sur les autres sites (SSMF17). Quelques taxa du groupe G5

(opportunistes de premier ordre) apparaissent dans les communautés des sites du port de Calais, en particulier en 2015.

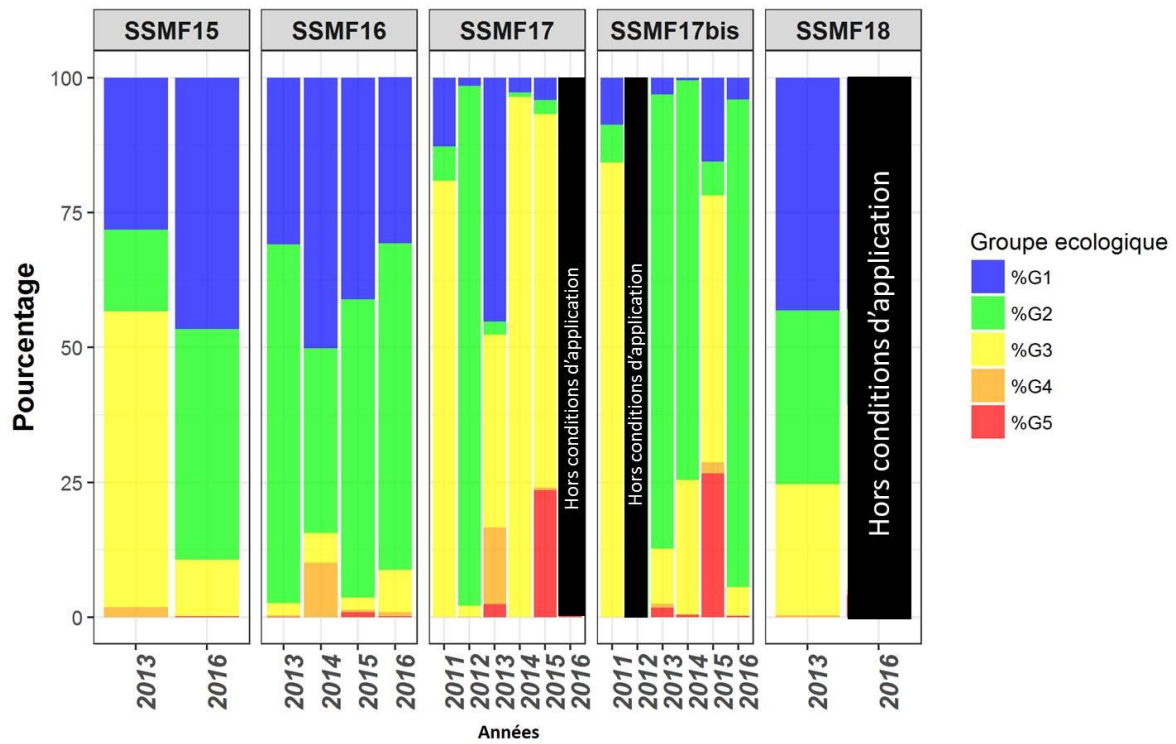


Figure 14 : Histogrammes de distributions des fréquences des groupes écologiques de polluo-sensibilités (Hily, 1984) des sites côtiers du domaine subtidal.

3 SUIVI STATIONNEL DES MACROALGUES INTERTIDALES DE SUBSTRAT DUR.

La station intertidale retenue et figurant au cahier des charges a été échantillonnée au mois de mai 2016, conformément à la période préconisée dans le protocole (Tableau 9). Le protocole d'échantillonnage appliqué est celui présenté dans la fiche technique de recommandation pour l'échantillonnage et l'analyse des macroalgues de substrats durs dans le cadre du contrôle de surveillance DCE, adapté aux particularités du district Artois-Picardie (Adaptation du protocole de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans intertidaux rocheux dans les sites DCE de Manche orientale).

Tableau 9 : Caractéristiques et coordonnées géographiques des stations relatives à l'échantillonnage des macroalgues benthiques de substrat dur rocheux en subtidal [CS : Contrôle de Surveillance, DDD = Degrés décimales (WGS84)]

Libellé	ME_dce	Statut	Lat_ddd	Long_ddd
SIDB14 - Audresselles IR	AC03	CS	50,8292788	1,5885898

Sur le site, les paramètres mesurés ont été les suivants :

- Couverture végétale globale des ceintures (pourcentages de recouvrement)
- Surface de couvert végétal de chaque ceinture (en m²)
- Observations dans les quadrats lors de basses mers de vives-eaux (3 quadrats aléatoires de 33 cm x 33 cm par point, en trois points de 1,65 m x 1,65 m par ceinture, soit 9 quadrats de 0,9 m²).

Toutes les espèces présentes dans les quadrats échantillonnés sous forme encroûtante (surface minimale de l'ordre de 1 cm²) ou érigée (individus d'une taille supérieure ou égale à 5 mm) sont inventoriées. Le pourcentage de recouvrement estimé sur le terrain correspond, pour une espèce donnée, au rapport entre la surface totale du substrat recouverte après projection verticale de la canopée de tous les individus de cette espèce et la surface totale de chaque quadrat, l'estimation prenant en compte exclusivement les thalles dont le système de fixation se situe dans le quadrat. Lorsque certaines ceintures sont très fournies, notamment avec des individus de grande taille, cette opération nécessite de soulever les thalles les plus longs à la verticale au-dessus du substrat (à la fois pour estimer la surface recouverte et pour faire apparaître les espèces les plus petites).

Une estimation du pourcentage de la roche nue, couverte de sable ou de lichens ainsi que des organismes animaux sessiles (Balanes, Anémones, Moules, Patelles) est également appréciée pour chaque quadrat. Compte tenu de l'imbrication des espèces et des strates, le cumul des pourcentages de recouvrement de l'ensemble peut donner, a priori, des valeurs supérieures à 100%.

Les observations ont été réalisées par le concours de plusieurs personnes au cours des basses mers de grandes vives-eaux (Tableau 10).

A l'issue des missions de terrain, les espèces non identifiées sur le terrain et prélevées sont déterminées au laboratoire. Les données brutes sont saisies, analysées, mises en forme et archivées sous forme numérique.

Les coordonnées géographiques des stations données à titre indicatif dans le cahier des charges et reprécisées ici pour répondre aux exigences relatives à la DCE (notamment en termes de représentativité de la masse d'eau, de la différenciation des ceintures et de leur taux de recouvrement ainsi que de leur homogénéité) sont les mêmes que celles sélectionnées en 2014.

Tableau 10 : Caractéristiques marégraphiques (Boulogne-sur-mer, UT+2) des périodes concernées par les observations de terrain en intertidal.

Juin 2014						
Date	Matin			Après-midi		
	Coef	Pleine mer	Basse mer	Coef	Pleine mer	Basse mer
Samedi 14	96	1h10	8h43	98	13h38	21h04
Lundi 16	99	2h45	10h18	98	15h15	22h38
Mardi 17	95	3h34	11h04	92	16h03	23h25

Le site d'Audresselles est dépourvu de la ceinture à *Pelvetia canaliculata* (ne figurant donc pas dans les ceintures retenues) ainsi que de celle à *Himanthalia elongata* (He) / *Bifurcaria bifurcata* (Bb). Néanmoins, cette dernière est remplacée par une ceinture majoritairement représentée par des Rhodophyceae.

3.1 EXAMEN DES DONNEES BRUTES

3.1.1 Sous-Indice 1

Le calcul du sous-indice 1 repose sur une estimation visuelle des surfaces potentielles de recouvrement et du pourcentage de recouvrement pour chaque ceinture. Les « scores » sont attribués en fonction de la surface et donc du rang de la ceinture selon 7 classes : [0 ; 2,5 [; [2,5 ; 5 [; [5 ; 10 [; [10 ; 25 [; [25 ; 50 [; [50 ; 75 [; [75 ; 100].

Ceinture	Surface (m ²)	Recouvrement (%)	Classement	Points
Pc	/	/		
Fspi	1400	45	1	6/9
An / Fves	150	15	5	3/5
Fser / Rhodo	310	65	3	6/7
He / Bb / Rhodo	270	90	4	6/6
Ld	350	83	2	8/8
Total				29/35 soit 33,14/40

3.1.2 Sous-Indice 2

Le sous-indice 2 porte sur les espèces caractéristiques de chaque ceinture. Les pourcentages de recouvrement sont enregistrés sous la forme d'intervalles : [0, 5[; [5, 25[; [25, 50[; [50, 75[; [75, 100].

Le sous-indice 2 porte sur le nombre d'espèces caractéristiques dont le recouvrement moyen est strictement supérieur à 2,5% dans chaque ceinture (dans les 3 quadrats sur chacun

des 3 points) et repose sur l'attribution d'un score correspondant. Les ceintures à *Pelvetia canaliculata* (Pc) et à *Fucus spiralis* (Fspi) sont traitées comme une seule ceinture.

Tableaux bruts

Espèces caractéristiques	Fspi1, 1	Fspi1, 2	Fspi1, 3	Fspi2, 1	Fspi2, 2	Fspi2, 3	Fspi3, 1	Fspi3, 2	Fspi3, 3
<i>Catenella repens</i>						0-5			
<i>Fucus spiralis</i>	0-5			0-5	5-25	5-25	0-5		5-25
<i>Hildenbrandia rubra</i>	0-5				0-5	0-5			
<i>Porphyra spp</i>				0-5			0-5		

Espèces caractéristiques	An1, 1	An1, 2	An1, 3	An2, 1	An2, 2	An2, 3	An3, 1	An3, 2	An3, 3
<i>Ascophyllum nodosum</i>				5-25		5-25			

Espèces caractéristiques	Fser1, 1	Fser1, 2	Fser1, 3	Fser2, 1	Fser2, 2	Fser2, 3	Fser3, 1	Fser3, 2	Fser3, 3
<i>Chondrus crispus</i>	5-25	5-25	5-25	0-5	0-5	0-5	25-50	5-25	5-25
<i>Cladophora rupestris</i>	0-5								
<i>Corallina spp.</i>							0-5	0-5	
<i>Fucus serratus</i>	0-5	25-50		0-5	0-5		0-5	0-5	0-5
<i>Lithophyllum incrustans</i>	5-25		0-5	0-5			0-5	50-75	25-50
<i>Lomentaria articulata</i>	0-5	0-5	0-5						
<i>Osmundea pinnatifida</i>	0-5	0-5	0-5	5-25	0-5	5-25	0-5	0-5	0-5
<i>Palmaria palmata</i>				0-5	0-5	0-5			
<i>Rhodothamniella floridula</i>	5-25	25-50	5-25	50-75	5-25	25-50			

Espèces caractéristiques	He1, 1	He1, 2	He1, 3	He2, 1	He2, 2	He2, 3	He3, 1	He3, 2	He3, 3
<i>Chondracanthus acicularis</i>	0-5						0-5		0-5
<i>Chondrus crispus</i>	0-5	0-5		0-5	0-5	0-5	0-5	5-25	0-5
<i>Cladophora rupestris</i>		0-5					0-5	0-5	0-5
<i>Corallina spp.</i>	0-5		0-5	0-5					0-5
<i>Cystoclonium purpureum</i>	0-5		0-5	5-25			0-5		0-5
<i>Lithophyllum incrustans</i>			0-5	0-5			5-25	5-25	5-25
<i>Plocamium cartilagineum</i>			5-25	0-5			0-5		5-25
<i>Rhodothamniella floridula</i>	50-75	75-100	50-75	5-25	75-100	75-100	5-25	0-5	0-5

Espèces caractéristiques	Ld1, 1	Ld1, 2	Ld1, 3	Ld2, 1	Ld2, 2	Ld2, 3	Ld3, 1	Ld3, 2	Ld3, 3
<i>Chondracanthus acicularis</i>				0-5		0-5		0-5	
<i>Chondrus crispus</i>	0-5	5-25	5-25	5-25	5-25	5-25	5-25	5-25	
<i>Corallina spp.</i>							0-5	0-5	0-5
<i>Cryptopleura ramosa</i>							0-5		0-5
<i>Cystoclonium purpureum</i>	0-5			0-5	0-5	0-5			
<i>Lithophyllum incrustans</i>	0-5	0-5	0-5		0-5	0-5	0-5	0-5	0-5
<i>Osmundea pinnatifida</i>		0-5			0-5				
<i>Palmaria palmata</i>		0-5							
<i>Plocamium cartilagineum</i>							0-5	5-25	5-25

Tableaux après transformations et nombre d'espèces retenues par ceinture

Espèces caractéristiques	Fspi1, 1	Fspi1, 2	Fspi1, 3	Fspi2, 1	Fspi2, 2	Fspi2, 3	Fspi3, 1	Fspi3, 2	Fspi3, 3	1/7
<i>Catenella repens</i>	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0,28
<i>Fucus spiralis</i>	2,5	0	0	2,5	15	15	2,5	0	15	5,83
<i>Hildenbrandia rubra</i>	2,5	0	0	0	2,5	2,5	0	0	0	0,83
<i>Porphyra spp</i>	0	0	0	2,5	0	0	2,5	0	0	0,56

Espèces caractéristiques	An1, 1	An1, 2	An1, 3	An2, 1	An2, 2	An2, 3	An3, 1	An3, 2	An3, 3	1/13
<i>Ascophyllum nodosum</i>	0	0	0	15	0	15	0	0	0	3,33

Espèces caractéristiques	Fser1, 1	Fser1, 2	Fser1, 3	Fser2, 1	Fser2, 2	Fser2, 3	Fser3, 1	Fser3, 2	Fser3, 3	5/15
<i>Chondrus crispus</i>	15	15	15	2,5	2,5	2,5	37,5	15	15	13,33
<i>Cladophora rupestris</i>	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0,28
<i>Corallina spp.</i>	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	0	0,56
<i>Fucus serratus</i>	2,5	37,5	0	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	5,83
<i>Lithophyllum incrustans</i>	15	0	2,5	2,5	0	0	2,5	62,5	37,5	13,61
<i>Lomentaria articulata</i>	2,5	2,5	2,5	0	0	0	0	0	0	0,83
<i>Osmundea pinnatifida</i>	2,5	2,5	2,5	15	2,5	15	2,5	2,5	2,5	5,28
<i>Palmaria palmata</i>	0	0	0	2,5	2,5	2,5	0	0	0	0,83
<i>Rhodothamniella floridula</i>	15	37,5	15	62,5	15	37,5	0	0	0	20,28

Espèces caractéristiques	He1, 1	He1, 2	He1, 3	He2, 1	He2, 2	He2, 3	He3, 1	He3, 2	He3, 3	5/15
<i>Chondracanthus acicularis</i>	2,5	0	0	0	0	0	2,5	0	2,5	0,83
<i>Chondrus crispus</i>	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	15	2,5	3,61
<i>Cladophora rupestris</i>	0	2,5	0	0	0	0	2,5	2,5	2,5	1,11
<i>Corallina spp.</i>	2,5	0	2,5	2,5	0	0	0	0	2,5	1,11
<i>Cystoclonium purpureum</i>	2,5	0	2,5	15	0	0	2,5	0	2,5	2,78
<i>Lithophyllum incrustans</i>	0	0	2,5	2,5	0	0	15	15	15	5,56
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0	0	15	2,5	0	0	2,5	0	15	3,89
<i>Rhodothamniella floridula</i>	62,5	87,5	62,5	15	87,5	87,5	15	2,5	2,5	46,94

Espèces caractéristiques	Ld1, 1	Ld1, 2	Ld1, 3	Ld2, 1	Ld2, 2	Ld2, 3	Ld3, 1	Ld3, 2	Ld3, 3	2/14
<i>Chondracanthus acicularis</i>	0	0	0	2,5	0	2,5	0	2,5	0	0,83
<i>Chondrus crispus</i>	2,5	15	15	15	15	15	15	15	0	11,94
<i>Corallina spp</i>	0	0	0	0	0	0	2,5	2,5	2,5	0,83
<i>Cryptopleura ramesa</i>	0	0	0	0	0	0	2,5	0	2,5	0,56
<i>Cystoclonium purpureum</i>	2,5	0	0	2,5	2,5	2,5	0	0	0	1,11
<i>Lithophyllum incrustans</i>	2,5	2,5	2,5	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,22
<i>Osmundea pinnatifida</i>	0	2,5	0	0	2,5	0	0	0	0	0,56
<i>Palmaria palmata</i>	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0,28
<i>Plocamium cartilagineum</i>	0	0	0	0	0	0	2,5	15	15	3,61

Ceinture	Nombre d'espèces caractéristiques	Valeurs /30
Pc + Fspi	1/7	5
An / Fves	1/13	5
Fser / Rhodo	5/15	10
He / Bb / Rhodo	5/15	10
Ld	2/14	5
Total		35/150 soit 7/30

3.1.3 Sous-Indice 3

Pour le sous-indice 3, le principe est le même mais porte sur les espèces opportunistes présente sur chacune des ceintures (les ceintures à *Pelvetia canaliculata* (Pc) et à *Fucus spiralis* (Fspi) sont traitées comme une seule ceinture).

Les pourcentages de recouvrement sont enregistrés sous la forme d'intervalles : [0, 5[; [5, 25[; [25, 50[; [50, 75[; [75, 100].

Tableaux après transformations

Espèces opportunistes	Fspi1, 1	Fspi1, 2	Fspi1, 3	Fspi2, 1	Fspi2, 2	Fspi2, 3	Fspi3, 1	Fspi3, 2	Fspi3, 3	25,56
<i>Enteromorpha compressa</i>	0	0	0	0	0	0	62,5	0	2,5	7,22
<i>Ulva spp.</i>	15	2,5	62,5	62,5	2,5	15	0	2,5	2,5	18,33

Espèces opportunistes	An1, 1	An1, 2	An1, 3	An2, 1	An2, 2	An2, 3	An3, 1	An3, 2	An3, 3	7,22
<i>Enteromorpha compressa</i>	0	62,5	0	0	0	0	0	2,5	0	7,22

Espèces opportunistes	Fser1, 1	Fser1, 2	Fser1, 3	Fser2, 1	Fser2, 2	Fser2, 3	Fser3, 1	Fser3, 2	Fser3, 3	13,33
<i>Ceramium spp.</i>	2,5	2,5	15	2,5	15	15	0	0	0	5,83
<i>Ectocarpales</i>	0	0	2,5	0	0	0	0	0	0	0,28
<i>Polysiphonia spp (sauf lanosa/elongata)</i>	0	0	2,5	0	0	15	0	0	0	1,94
<i>Ulva spp.</i>	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	15	2,5	15	2,5	5,28

Espèces opportunistes	He1, 1	He1, 2	He1, 3	He2, 1	He2, 2	He2, 3	He3, 1	He3, 2	He3, 3	4,76
<i>Ceramium spp.</i>	0	2,5	0	15	2,5	2,5	2,5	0	2,5	3,06
<i>Polysiphonia spp (sauf lanosa/elongata)</i>	0	2,5	0	15	0	0	0	0	0	0,31
<i>Ulva spp.</i>	0	2,5	0	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	1,39

Espèces opportunistes	Ld1, 1	Ld1, 2	Ld1, 3	Ld2, 1	Ld2, 2	Ld2, 3	Ld3, 1	Ld3, 2	Ld3, 3	2,50
<i>Ceramium spp.</i>	0	0	2,5	0	0	0	2,5	2,5	0	0,83
<i>Enteromorpha compressa</i>	0	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0,28
<i>Ulva spp.</i>	0	2,5	2,5	2,5	0	0	2,5	0	2,5	1,39

Ceinture	Recouvrement (%) par les espèces opportunistes	Valeurs / 6
Pc + Fspi	25,56	2
An / Fves	7,22	4
Fser / Rhodo	13,33	4
He / Bb / Rhodo	4,76	6
Ld	2,50	6
Total		22/30

3.1.4 Calcul de l'EQB

Année	Sous-indice 1	Sous-indice 2	Sous-indice 3	Total	Catégorie
2016	33,14/40	7/30	22/30	62,14/100	Good
2014	35,43/40	10/30	20/30	65,43/100	Good
2011	34,29/40	13/30	17/30	64,29/100	Good
2008	35,43/40	10/30	20/30	65,43/100	Good

Ces valeurs traduisent une relative stabilité de l'indice.

4 SUIVI STATIONNEL DES MACROALGUES SUBTIDALES DE SUBSTRAT DUR

Les 2 stations subtidales retenues et figurant au cahier des charges ont été échantillonnées en plongée en juillet 2016, conformément à la période préconisée dans le protocole (Tableau 11). Le protocole d'échantillonnage suivi est celui en vigueur pour les macroalgues de substrat dur subtidal (Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2), adapté aux particularités du district Artois-Picardie). En Manche orientale, la composition spécifique diffère de celle de Pays de Loire – Manche occidentale et la turbidité des eaux conditionne particulièrement l'extension en profondeur des laminaires (profondeur limite de croissance dépendant de l'éclairement environnant), réduisant ainsi les étendues des ceintures à laminariales. Conformément aux recommandations figurant dans le protocole, l'échantillonnage dans l'infralittoral supérieur a été réalisé à un niveau supérieur à -3m C.M, dans la ceinture à laminaires qui, en Manche orientale, ne descend pas sous cette profondeur et se condense en une bande étroite, là où la densité maximale des espèces structurantes est observée - les quadrats ayant été répartis dans la ceinture présente. Selon la typologie figurant dans le protocole, l'étage infralittoral caractérisé par de grandes algues photophiles ne comporte dans la région Nord-Pas de Calais que les laminaires *Laminaria digitata* et *Saccharina latissima* (absence de Fucales sous-marines : *Sargassum*, *Cystoseira*, *Halidrys* – absence des autres espèces de laminaires présentes en Bretagne). Les niveaux 1-2 de l'étage infralittoral supérieur (= zone à laminaires ou grandes algues brunes denses, avec plus de 3 pieds de laminaires par mètre carré) ont pu être échantillonnés tandis que l'horizon à laminaires clairsemées (niveau 3 = étage infralittoral inférieur) n'a pu faire l'objet de relevés puisqu'indiscernable, la ceinture à *Laminaria digitata* s'interrompant brutalement et ne se distinguant pas de celle des niveaux 1-2.

L'horizon circalittoral côtier (niveau 4 = étage circalittoral supérieur caractérisé par l'absence de laminaires mais la présence d'algues sciaphiles de densité décroissante avec la profondeur) a également été échantillonné.

Les listes des espèces retenues sont celles figurant dans le protocole, pour l'écorégion Manche orientale, à quoi s'ajoute un inventaire exhaustif des espèces présentes, à la fois pour la flore (macroalgues) et la faune (invertébrés fixés) pour la détermination de la richesse spécifique totale (10 quadrats en N1-N2 et 10 quadrats en N4). Le paramètre « étude des stipes de *Laminaria hyperborea* et de leurs épibioses » n'a pu être retenu, cette espèce étant absente sur l'ensemble du district Artois-Picardie. De même, la structure des populations d'algues arbustives pérennes n'a pu faire l'objet de relevés, les ceintures à laminaires ne descendant pas au-delà de -1m C.M.

Tableau 11 : Caractéristiques et coordonnées géographiques des stations relatives à l'échantillonnage des macroalgues benthiques de substrat dur rocheux en subtidal [CS : Contrôle de Surveillance, DDD = Degrés décimales (WGS84)]

Libellé	ME_dce	Statut	Lat_ddd	Long_ddd
SSDB10 - Audresselles SR	AC03	CS	50,8335214	1,5842637
SSDB11 – Wissant-Strouanne SR	AC02	CS	50,9131664	1,6768246

Pour chacun des sites, un transect a été positionné puis balisé et le relevé bathymétrique effectué sur sa longueur totale (25 m) au niveau de la ceinture à laminaires. La bathymétrie de la dernière laminaire présente a été relevée le long du transect mais compte tenu de la faible dénivellation, celle de la dernière algue dressée a dû être relevée en prospectant le fond au-delà du transect de 25 m. Les mesures qualitatives et quantitatives ont été réalisées *in situ* pour les niveaux 1-2 et le niveau 4 sur 10 quadrats de 0,25 m², de manière aléatoire au sein des ceintures, dans des secteurs homogènes et représentatifs de la population. Les plongeurs notent systématiquement l'heure de prélèvement et la profondeur correspondante mesurée au fond. Ces profondeurs mesurées en plongée sont par la suite rapportées au zéro bathymétrique.

Sur chacun des sites, les paramètres mesurés ont été les suivants :

- Les limites d'extension en profondeur des différentes ceintures algales présentes ;
- La composition et la densité des espèces définissant l'étagement (laminaires et autres macroalgues participant à la définition des différentes ceintures) ;
- La composition spécifique (espèces caractéristiques et espèces opportunistes) ; relevé systématique et exhaustif de la totalité des espèces présentes fixées sur le substrat ;
- La richesse spécifique totale ;
- L'étude de la faune.

Dans le cadre de ces observations subaquatiques, les plongeurs ont été confrontés à plusieurs contraintes, d'ordre notamment météorologique et de marnage, avec un accès sur site pas toujours garanti, même la veille ou le jour même de l'expérimentation, entraînant le report des missions à des dates ultérieures (mer trop agitée et non praticable, houle de surface, courants importants au fond et manque de visibilité). Une autre contrainte concerne la durée d'intervention restreinte en plongée, due aux courants très importants et très fréquents, laissant place à une étale de marée réduite. Pour chacune des stations, les observations et prélèvements ont été réalisés par le concours de plusieurs personnes travaillant simultanément sur le site, ce qui a permis de « rentabiliser » les journées propices aux mesures (plusieurs relevés par jour) et l'ensemble du suivi a ainsi pu être réalisé (Tableau 12).

A l'issue des missions de terrain, les espèces non identifiées sur le terrain et prélevées sont déterminées au laboratoire.

Les données brutes sont saisies, analysées, mises en forme et archivées sous forme numérique.

Tableau 12 : Caractéristiques marégraphiques (Boulogne-sur-mer, UT+2) des périodes concernées par les observations de terrain en subtidal (Wissant en juin, Audresselles en juillet)

Date	Matin			Après-midi		
	<i>Coef</i>	<i>Pleine mer</i>	<i>Basse mer</i>	<i>Coef</i>	<i>Pleine mer</i>	<i>Basse mer</i>
12 juin 2014	84	12h04	7h01			19h26
13 juin 2014	89	0h24	7h53	93	12h50	20h16
08 juillet 2014	47	8h36	3h15	51	21h13	15h51
23 juillet 2014	53	10h26	4h59	56	22h52	17h27

4.1 RELEVES SUR LE SITE D'AUDRESSELLES (AC03-SSDB10)

Compte tenu de la turbidité des eaux, la dernière algue dressée a été relevée à seulement -2,04 m C.M. et la dernière laminaire (*Saccharina latissima*) à -0,50 m. Les relevés dans les quadrats ont été effectués au niveau des ceintures dans la zone la plus représentative de la population et la plus homogène, à -0,40 m C.M. en moyenne pour le N1-N2 et à -1,20 m C.M. en moyenne pour le N4 (Figure 15 et Tableau 13, Tableau 14).

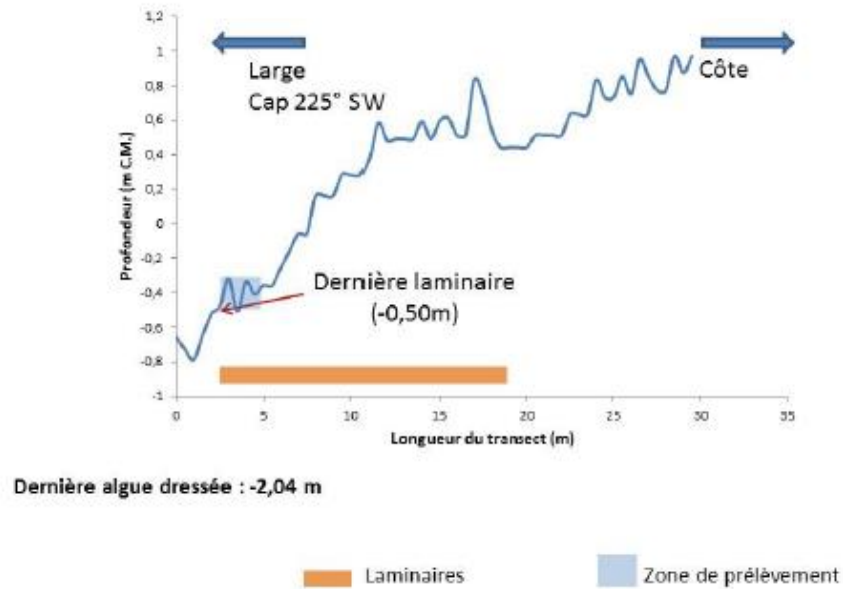


Figure 15 : Profil du transect subtidal sur le site d'Audresselles

Tableau 13 : Relevés effectués sur 10 quadrats en N1-2 pour le site d'Audresselles

Espèces définissant l'étagement		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Phéophycées	jeunes laminaires indéterminées										
	<i>Laminaria digitata</i>										
	<i>Laminaria hyperborea</i>										
	<i>Laminaria ochroleuca</i>										
	<i>Saccorhiza polyschides</i>										

Espèces caractéristiques		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Phéophycées	<i>Cladostephus spongiosus</i>	5	8	2	2		3	3		2	1
	<i>Dictyota dichotoma</i>										
	<i>Saccharina latissima</i>	4	1	10		1	1	1	4	2	3
	<i>Sargassum muticum</i>										
Rhodophycées	<i>Ahnfeltia plicata</i>				1	4		1	3		
	Algues calcaires dressées			2	1						
	<i>Apoglossum ruscifolium</i>										
	<i>Calliblepharis ciliata</i>										
	<i>Calliblepharis jubata</i>										
	<i>Callophyllis laciniata</i>										
	<i>Cordylecladia erecta</i>	3	1	4				3		3	5
	<i>Cryptopleura ramosa</i>	12	1	4	2	2			6	3	
	<i>Dilsea carnosa</i>										
	<i>Erythrogloussum laciniatum</i>										
	<i>Halurus equisetifolius</i>										
	<i>Heterosiphonia plumosa</i>										
	<i>Phyllophora crispa</i>	1	1								
	<i>Phyllophora pseudoceranoïdes</i>										
	<i>Plocamium cartilagineum</i>	4	3	3	5	9	7	1	3	4	5
<i>Polyneura bonnemaisonii</i>											
<i>Rhodomenia pseudopalmata</i>	19	19	23	52	47	24	24	15	13	5	

Espèces opportunistes		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Chlorophycées	<i>Enteromorpha spp.</i>										
	<i>Ulva spp.</i>	32	27	23	16	24	16	22	22	12	16
Microalgues coloniales	Diatomées (filamenteuses)										
Phéophycées	<i>Desmarestia ligulata</i>		2								
	<i>Ectocarpales</i>										
	<i>Hinckia spp.</i>										
Rhodophycées	<i>Ceramium spp.</i>	7	10	4	20	15	4	10	9	8	7
	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>			1				1	1	1	4
	<i>Heterosiphonia japonica</i>										
	<i>Polysiphonia spp.</i> (hormis <i>P. lanosa</i> et <i>P. elongata</i>)										

Espèces encroustantes ou "tapis" (%)		% / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Algues encroustantes	<i>Phymatolithon lenormandii</i>	1-5	1-5	1-5		1-5		1-5			
	<i>Lithophyllum incrustans</i>		1-5		1-5						
	<i>Cruoria pellita</i>			1-5		1-5		1-5			
Tapis homogène	<i>Rhodothamniella floridula</i>	1-5	5-25	5-25	5-25		5-25	5-25	1-5		

		Nb d'individus / Quadrats									
Autres espèces		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Chlorophycées	<i>Chaetomorpha spp.</i>	10		2					3		
	<i>Cladophora spp.</i>	2	6	8	7			7			
Rhodophycées	<i>Chondrus crispus</i>	14	11	9	10	13	10	11	17	21	10
	<i>Cystoclonium purpureum</i>	9	2	2	1	5	6	2	3	3	
	<i>Gracilaria gracilis</i>		2					2	4	5	8
	<i>Halurus flosculosus</i>	5				1					3
	<i>Palmaria palmata</i>							1	1		
	<i>Polyides rotundus</i>								1		
	<i>Rhodymenia holmesii</i>								5		
<i>Solieria chordalis</i>						2			2		

		Nb d'individus / Quadrats									
Faune		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
	Balanés	15	243	27	130		234	90			
	<i>Mytilus edulis</i>	4900	3700	5200	3400	4600	2500	3100	1800	6100	4300
	<i>Morchellium argus</i> (%)					1-5					

Tableau 14 : Relevés effectués sur 10 quadrats en N4 pour le site d'Audresselles

		Nb d'individus / Quadrats									
Flore		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Chlorophycées	<i>Bryopsis plumosa</i>			2			3			3	
	<i>Cladophora spp.</i>			5							
Phéophycées	<i>Dictyota dichotoma</i>	11	11	34	7	9	32	8	14	7	3
	<i>Petalonia fascia</i>			1							
Rhodophycées	<i>Chondria dasyphylla</i>		2	2		4			3	2	
	<i>Cordylecladia erecta</i>	28	16	16	16	25	19	12	18	18	7
	<i>Gracilaria gracilis</i>						2				
	<i>Halurus equisetifolius</i>	28	16	16	16	25	19	12	18	18	7
	<i>Palmaria palmata</i>			2							3
	<i>Phyllophora crispa</i>	2	2	7	1	1			10	5	1
	<i>Plocamium cartilagineum</i>	4	8	2		15			5		
	<i>Rhodymenia holmesii</i>		10	15							
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>	12				17			15	4	13	
<i>Scinaia furcelata</i>							1				

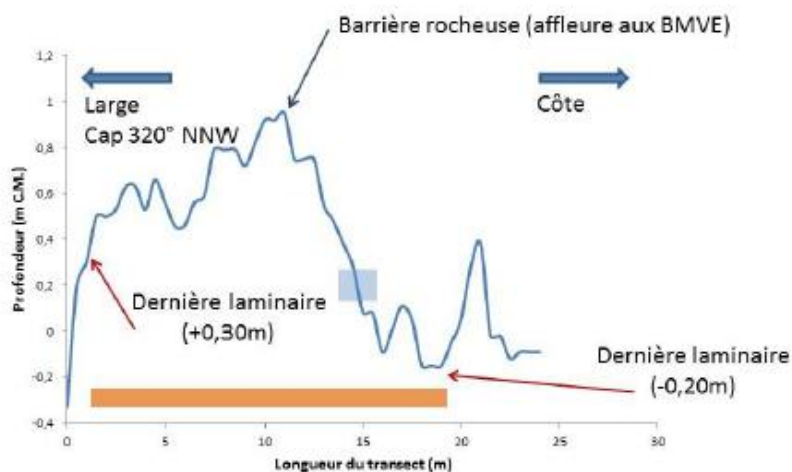
		Nb d'individus / Quadrats									
Flore espèces opportunistes		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Chlorophycées	<i>Ulva spp.</i>	16	11	6	9	14	13		8	8	7
Rhodophycées	<i>Ceramium spp.</i>			2		4	22		5	5	1
	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>		1	5		1			1		1
	<i>Heterosiphonia japonica</i>						5		1	4	

		% / Quadrats									
Flore espèces encroustantes ou "tapis" (%)		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Algues encroustantes	<i>Phymatolithon lenormandii</i>		1-5	1-5	1-5						
	<i>Lithophyllum incrustans</i>						1-5	1-5		1-5	
	<i>Cruoria pellita</i>							1-5			

Faune	Nb d'individus / Quadrats									
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Balanes			5		4			20	10	
<i>Actinothoe sphyrodeta</i>	2	4	2	6	2	6	3	2	5	4
<i>Didemnum maculosum</i> (%)									1-5	
<i>Hymeniacion sanguinea</i> (%)			1-5					1-5		
<i>Molgula manhattensis</i>			1			2				
<i>Morchellium argus</i> (%)	1-5	1-5	1-5						1-5	1-5
<i>Polydora ciliata</i> (%)	50-75	75-100	50-75	75-100	50-75	50-75	75-100	50-75	50-75	75-100
<i>Tethya aurantum</i>				2						

4.2 RELEVES SUR LE SITE DE WISSANT (LES WARDES AC02-SSDB11)

Compte tenu de la turbidité des eaux, la dernière algue dressée a été relevée à seulement -5,88 m C.M. et la dernière laminaire (*Laminaria digitata*), du fait de la configuration particulière du site à +0,30 m côté large et -0,20 m en direction de la côte. Les relevés dans les quadrats ont été effectués au niveau des ceintures dans la zone la plus représentative de la population et la plus homogène, à +0,20 m C.M. en moyenne pour le N1-N2 et à -1,50 m C.M. en moyenne pour le N4 (Figure 16 et Tableau 15, Tableau 16).



Dernière algue dressée : -5,88 m

Laminaires Zone de prélèvement

Figure 16 : Profil du transect subtidal sur le site de Wissant (Les Wardes)

Tableau 15 : Relevés effectués sur 10 quadrats en N1-2 pour le site de Wissant

Espèces définissant l'étagement		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Phéophycées	jeunes laminaires indéterminées			1			10				
	<i>Laminaria digitata</i>		1	1		3				1	
	<i>Laminaria hyperborea</i>										
	<i>Laminaria ochroleuca</i>										
	<i>Saccorhiza polyschides</i>										

Espèces caractéristiques		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Phéophycées	<i>Cladostephus spongiosus</i>	3	2	2					4		1
	<i>Dictyota dichotoma</i>										
	<i>Saccharina latissima</i>						5		2		
	<i>Sargassum muticum</i>										
Rhodophycées	<i>Ahnfeltia plicata</i>						14		1		
	Algues calcaires dressées	3	5					2			
	<i>Apoglossum ruscifolium</i>										
	<i>Calliblepharis ciliata</i>										
	<i>Calliblepharis jubata</i>										
	<i>Callophyllis laciniata</i>										
	<i>Cordylecladia erecta</i>	20	14				6		8	8	35
	<i>Cryptopleura ramosa</i>	20	8	4	8	10	12	19	22	8	10
	<i>Dilsea carnosa</i>										
	<i>Erythrogloussum laciniatum</i>										
	<i>Halurus equisetifolius</i>										
	<i>Heterosiphonia plumosa</i>										
	<i>Phyllophora crispa</i>										
	<i>Phyllophora pseudoceranoïdes</i>										
	<i>Plocamium cartilagineum</i>	1		6			2	2	1		7
<i>Polyneura bonnemaisonii</i>											
<i>Rhodomenia pseudopalmata</i>		16	20	23	2	10	18	11	16		

Espèces opportunistes		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Chlorophycées	<i>Enteromorpha spp.</i>										
	<i>Ulva spp.</i>	8	6	11	2	5	14	5	4	6	21
Microalgues coloniales	Diatomées (filamenteuses)										
Phéophycées	<i>Desmarestia ligulata</i>						3			3	
	<i>Ectocarpales</i>										
	<i>Hinckia spp.</i>										
Rhodophycées	<i>Ceramium spp.</i>	38	30	55	35	43	40	39	23	50	42
	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>			3		3					
	<i>Heterosiphonia japonica</i>										
	<i>Polysiphonia spp.</i> (hormis <i>P. lanosa</i> et <i>P. elongata</i>)			4		3					

Espèces encroustantes ou "tapis" (%)		% / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Algues encroustantes	<i>Phymatolithon lenormandii</i>										
	<i>Cruoria pellita</i>										
Tapis homogène	<i>Rhodothamniella floridula</i>										

Autres espèces		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Chlorophycées	<i>Chaetomorpha spp.</i>	2	12	10		2	13	5	5	3	
	<i>Cladophora spp.</i>			6							
Phéophycées	<i>Chorda filum</i>							4			3
Rhodophycées	<i>Callithamnion granulatatum</i>	18	9	2			8	3	16		3
	<i>Chondrus crispus</i>	4	3	2	5		4				
	<i>Gracilaria gracilis</i>		1	3	3						3
	<i>Palmaria palmata</i>			3		4					
	<i>Scinaia furcelata</i>			2		18	13			2	
	<i>Solieria chordalis</i>								1		

Faune		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
	Balanes						34	17		16	23
	<i>Morchellium argus</i> (%)							0-1			
	<i>Polydora ciliata</i> (%)	5-25	5-25	5-25	25-50	1-5	5-25	5-25	25-50	1-5	5-25

Tableau 16 : Relevés effectués sur 10 quadrats en N4 pour le site de Wissant

Flore		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Chlorophycées	<i>Bryopsis plumosa</i>					2		1	1		
	<i>Chaetomorpha spp.</i>			2	2	5					
Rhodophycées	<i>Apoglossum ruscifolium</i>								2		
	<i>Cordylecladia erecta</i>	12	3	8	13	8	11	12	6	24	
	<i>Cryptopleura ramosa</i>	3	2	4	1	4	5	10	2	1	2
	<i>Halurus flosculosus</i>		6		1		3	1		4	
	<i>Phyllophora crispa</i>	6	1			3	7	4		16	2
	<i>Plocamium cartilagineum</i>				2	3	2			2	
	<i>Rhodymenia holmesii</i>	12		31	11	11	35	21	41	9	76
<i>Rhodymenia pseudopalmata</i>	7		8	3	3	12	10	10			

Flore espèces opportunistes		Nb d'individus / Quadrats									
		Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Chlorophycées	<i>Ulva spp.</i>					2		1			1
Rhodophycées	<i>Ceramium spp.</i>	4	7			6					1
	<i>Hypoglossum hypoglossoides</i>	3		2	2	2		1		2	

Faune	Nb d'individus / Quadrats									
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10
Balanes						7				
<i>Actinothoe sphyrodeta</i>			1							
<i>Didemnum maculosum (%)</i>						1-5				
<i>Halichondria panicea (%)</i>					1-5					
<i>Lanice conchilega</i>						1				
<i>Morchellium argus (%)</i>				1-5		1-5	1-5	1-5		1-5
<i>Polydora ciliata (%)</i>	75-100	75-100	25-50	75-100	50-75	50-75	50-75	25-50	50-75	25-50
<i>Sycon ciliatum</i>						1				

5 SYNTHÈSE 2016 DES INDICES BENTHIQUES.

Depuis la mise en place de la surveillance en 2007, les paramètres biologiques benthiques pour la classification de l'état écologique des masses d'eau côtières et de transitions ont été suivis *a minima* aux fréquences recommandées par l'article 1.3.4 de l'annexe V de la DCE.

Comme préconisé par l'article 1.4.1 de l'annexe V de la DCE, les résultats sont exprimés comme des Ratio de Qualité Ecologique (EQR) allant de zéro à un. Ils sont divisés en cinq classes dont les bornes sont spécifiques à chaque paramètre. Les valeurs proches de zéro représentent le « mauvais » état écologique et les valeurs proches de un le « très bon » état écologique.

La classification de l'état écologique d'une masse d'eau se fait par le plus déclassant des résultats du contrôle biologique et physico-chimique. Le classement de la masse d'eau est représenté par un code couleur (Tableau 17). Si c'est une masse d'eau fortement modifiée, le classement est illustré par le même code couleur avec des hachures égales de gris.

Tableau 17 : Grilles d'évaluations de la qualité écologique des masses d'eau des paramètres benthiques : faune invertébré benthique (FAU), angiospermes (ANG), macroalgues de substrat dur intertidales (MAID), subtidales (MASD) et opportunistes (AO)

	Mauvais	Médiocre	Moyen	Bon	Très bon	
FAU (M-AMBI)	[0;0,2]	[0,21;0,39]	[0,4;0,53]	[0,54;0,77]	[0,78;1]	Borja <i>et al.</i> (2013)
ANG (EQR)	[0;0,19]	[0,2;0,39]	[0,4;0,59]	[0,6;0,79]	[0,8;1]	Carletti & Heiskanen (2009)
MAID (EQR)	[0;19]	[20;40]	[41;61]	[62;82]	[83;100]	Ar Gall & Le Duff (2007)
MASD (EQR)	[0;0,24]	[0,25;0,44]	[0,45;0,64]	[0,65;0,84]	[0,85;1]	Derrien & Le Gal (2011)
AO (EQR)	[0;0,2]	[0,21;0,4]	[0,41;0,6]	[0,61;0,8]	[0,81;1]	Rossi (2012)

Le Tableau 18 synthétise les derniers résultats du contrôle biologique benthique. **Ces résultats sont fournis à titre indicatif, car actuellement tous les indices utilisés en France ne sont pas validés au niveau européen (JO N°198 du 28/08/2015). De plus, les eaux de transitions ne sont actuellement pas dotées d'indices pour l'élément de qualité invertébrés benthiques.** Il est donc très important de ne pas réduire l'évaluation de la qualité écologique des masses d'eau à une couleur, les valeurs des indices et la classification qui en découle ne devant être utilisées qu'avec l'appui des spécialistes.

Ainsi, le Tableau 19 récapitule les interprétations des résultats des indices par élément de qualité benthique.

Tableau 18 : Synthèse des derniers résultats d'EQR du contrôle biologique des éléments de qualité benthique publiés par les experts : faune invertébré benthique (FAU), macroalgues de substrat dur intertidales (MAID) et subtidales (MASD). ¹ Foveau *et. al.* (2018), ² Gevaert & Le Duff , ³ Derrien & Le Gall.

Masses d'eau	FAU (2016) ¹	MAID (2016) ²	MASD (2014) ³
AC02	0,71		0,41
AC03		62,14	0,41
AC05	0,87		
AT01			
AT03M			

Tableau 19 : Avis d'experts sur les résultats des indices biologiques utilisés pour la classifications des masses d'eau.

Paramètres	Interprétations	Bibliographie
Invertébrés benthiques	En eaux côtières l'évaluation des masses d'eau se fait sur l'ensemble des façades Manche et Atlantique. L'indicateur a été recalculé sur la période 2011-2016. Actuellement aucun indice n'a été choisi en eaux de transition.	Foveau <i>et al.</i> , 2018
Macroalgues de substrat dur intertidal	Suite à l'étude réalisée sur cinq sites bretons en 2012-2013, il a été montré qu'un échantillonnage supplémentaire en automne apportait une expertise complémentaire au calcul de l'indice sur les données de l'échantillonnage du printemps.	Ar Gall & Le Duff (2013)
Macroalgues de substrat dur subtidal	Suite à une étude réalisée en 2013 sur 4 sites bretons, un nouveau protocole (DCE 2) a été proposé pour optimiser l'échantillonnage (nombre de quadrat) et l'évaluation des masses d'eau (fréquence de suivi)	Derrien & Le Gal (2014)

6 OPERATIONS PROGRAMMEES EN 2017 ET 2018

En **2017**, les actions proposées sont les suivantes :

- Le suivi **stationnel des macroinvertébrés** de substrats meubles dans les **masses d'eau de transition** et le suivi des **sites d'appui (masses d'eau côtières et masses d'eau de transition)**
- Le suivi **stationnel des macroalgues de substrats durs** dans les masses d'eau côtières : un site en domaine intertidal et deux sites en domaine subtidal. La coordination de ce suivi est maintenant assurée par la station marine du Muséum National d'Histoire Naturelle de Concarneau.

Pour l'année **2018**, le volet benthique comprendra les éléments de qualité suivants :

- Le suivi **stationnel des macroinvertébrés** de substrats meubles des **sites d'appui dans les masses d'eau côtières et de transition.**

7 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Anderson M.J. 2005. PERMANOVA: a FORTRAN computer program for permutational multivariate analysis of variance. Department of Statistics, University of Auckland, New Zealand.
- Anderson M.J., Legendre P., 1999. An empirical comparison of permutation methods for tests of partial regression coefficients in a linear model. *Journal of Statistical Computation and Simulation* 62: 271–303.
- Ar Gall E., Le Duff M., 2007. Protocole d'observation in situ et proposition de calcul d'un indice de qualité pour le suivi des macroalgues sur les estrans rocheux dans le cadre DCE. Complément de la FT DCE n°3 en date du 31/12/2007. 14p.
- Ar Gall, E., and M. Le Duff, 2013. Coordination nationale et expertises pour les MEC – Etude des relations pression – impact pour les MEC et les MET – Etude de l'extension de l'application du protocole MET – Révision de la surveillance MEC (intérêt d'une deuxième saison). Rapport final ONEMA / LEMAR / UBO / IUEM / IFREMER. 75 p. <http://wwz.ifremer.fr/dce/content/download/83009/1042222/file/FA-4-Rapport%20final%20L%C3%A9mar%20algues%20Onema%20Ifremer%202013.pdf>
- Bald J., Borja A., Muxika I., Franco J., Valencia V., 2005. Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: a case-study from the Basque Country (Northern Spain). *Marine Pollution Bulletin* 50: 1508–1522.
- Blott, S., Pye, K. 2001. Gradistat: grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediment. *Earth, Surface Processes and Landforms* 26, 1237-1248.
- Borja A., 2013. Ecological indices based on macrobenthos: the case of AMBI and M-AMBI in assessing seafloor integrity status, PERSEUS Summer School “The contribution of environmental indices in meeting objectives and principles of Marine Strategy Framework Directive. 3-7 June 2013, Costanta, Romania.
- Borja A., Muxika I., 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin* 50: 787–789.
- Borja, A., J. Franco, V. Valencia, J. Bald, I. Muxika, M.J. Belzunce, O. Solaun, 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach, *Marine Pollution Bulletin*, 48(3-4): 209-218.
- Borja A., Elliott M., Henriksen P., Marbà N. (2013). Transitional and coastal waters ecological status assessment: advances and challenges resulting from implementing the European Water Framework Directive. *Hydrobiologia*, **704**: 213-229.
- Carletti A., Heiskanen A.S. (2009). Water Framework Directive intercalibration technical report. Part 3: Coastal and Transitional waters. JRC-IES EUR 23838 EN/3. 244 pp.
- Clarke K.R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18, 117–143.
- Derrien-Courtel, S., and A. Le Gal. “Suivi Des Macroalgues Subtidales de La Façade Manche-Atlantique,” 2011. http://envlit.ifremer.fr/content/download/80964/554115/version/3/file/DCE_Macroalg+sub_Derrien+et+Le+Gal_2010.pdf.
- Derrien-Courtel, S., Le Gal, A., 2014. Protocole de surveillance DCE pour l'élément de qualité « Macroalgues subtidales » - Second cycle de suivi (DCE-2) - Version 2014-V1, janvier 2014 ed. Contrat Ifremer-MNHN, p. 28
- Directive 2000/60/CE du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2000 établissant un cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. *Journal officiel des Communautés européennes*, FR, 22.12.2000, L 327/1.

- Dufrêne, M., & Legendre, P., 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs*, 67(3), 345-366.
- Fournier J., Bonnot-Courtois C., Paris R., Voldoire O., Le Vot M., 2012. Analyses granulométriques, principes et méthodes. CNRS, Dinard, 99 p.
- Fournier J., Gallon R.K., Paris R., 2014. G2Sd: a new R package for the statistical analysis of unconsolidated sediments, *Géomorphologie : relief, processus, environnement*, 1/2014 | 2014, 73-78.
- Foveau A., Desroy N., Brun M., Lefebvre A., Menet-Nédélec F., Bizzozero L., Trut G., Andral B. (2018b). Classement des masses d'eau côtières du littoral Manche-Atlantique sur la base de l'indicateur DCE de l'élément de qualité biologique "Invertébrés Benthiques de Substrats meubles" (2011-2016). Rapport Ifremer.
- Friedman G. M., Sanders J. E. (1978). *Principles of Sedimentology*. Wiley, New-York.
- Fournier J. (2009). Dépêche Ministérielle du 13 mars 1933 : état des herbiers français. *Com. Pers.*, Dinard : 62 pp.
- Garcia A., Desroy N., Le Mao P., Miossec L. (2014). Protocole de suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidaux et intertidaux dans le cadre de la DCE. *Façades Manche et Atlantique – Rapport AQUAREF 2014 – 13 p. + Annexes*.
- Guérin L., Desroy N., 2008. Protocole d'observation pour le suivi de la macrofaune benthique subtidale et intertidale des sédiments meubles côtiers dans le cadre DCE.
- Guérin L., Le Mao P., Desroy N., 2007. Contrôle de surveillance benthique de la Directive Carde sur l'Eau (2000/60/CE) – Etat des lieux et propositions – District Seine-Normandie. Rapport Ifremer, 82 p.
- Guillaumont B., Gauthier E., 2005. Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE – Recommandations concernant le benthos marin. Rapport Ifremer, 27 p.
- Hily C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la Rade de Brest. Doctorat d'Etat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 696 p.
- ISO/FDIS 16665, 2005. Qualité de l'eau — Lignes directrices pour l'échantillonnage quantitatif et le traitement d'échantillons de la macrofaune marine des fonds meubles.
- Muxika, I., Á. Borja, J. Bald, 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*, 55: 16-29.
- Rossi N., 2012. Domaine d'application et validation des grilles d'évaluation de la qualité des masses d'eau côtières et de transition élaborées dans le cadre de la DCE- Elément de qualité biologique « macroalgues opportunistes ». Partenariat Onema-Ifremer. CEVA. 55 p.
- Thorne R.S.J., Williams P. & Cao Y., 1999. The influence of the data transformations on biological monitoring studies using macroinvertebrates. *Wat. Res.* 33: 343-350.
- Udden J. A. (1914). Mechanical composition of clastic sediments. *Bulletin of the Geological Society of America*, 25: 655-744.
- Wentworth C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.