



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

Ifremer/ODE/LITTORAL/LERBN-17-007

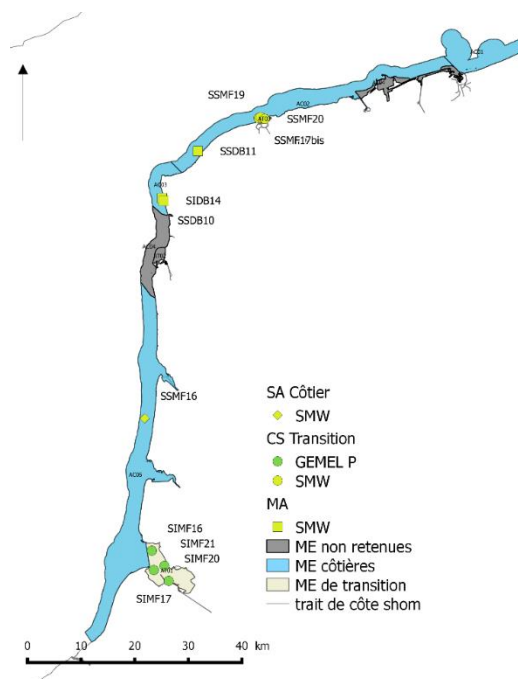
Aurélie Foveau (Ifremer), Aurélie Garcia (MNHN), Nicolas Desroy (Ifremer) & Patrick Le Mao (Ifremer).

Participants :



Contrôle de surveillance benthique de la
Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) :
ANNEE 2015

➤ District Artois-Picardie



Mars 2017

Fiche documentaire

Numéro d'identification du rapport : Diffusion : libre : <input checked="" type="checkbox"/> restreinte : <input type="checkbox"/> interdite : <input type="checkbox"/> Validé par : Adresse électronique :		date de publication : Mars 2017 nombre de pages : 30 p. + annexes bibliographie : oui illustration(s) : oui langue du rapport : français
Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : Année 2015 – District Artois-Picardie		
Contrat n° Rapport intermédiaire <input type="checkbox"/> Rapport définitif <input checked="" type="checkbox"/>		
Auteur(s) principal(aux) : Aurélie Foveau Aurélie Garcia Nicolas Desroy Patrick Le Mao		Ifremer/ODE/UNITE LITTORAL/LERBN – 17-007
Cadre de la recherche : Soutien à la Directive Cadre Eau		
Destinataires : Agence de l'eau Artois-Picardie, DIREN Nord-Pas de Calais et Picardie		
Résumé Ce rapport présente les résultats des opérations menées en 2015 (contrôle de surveillance des invertébrés benthiques) sur l'ensemble des masses d'eau côtières et de transition rattachées au district Artois-Picardie. Ces résultats sont comparés à ceux obtenus dans le cadre du premier plan de gestion (2010-2015).		
Abstract This report shows results of the monitoring actions carried out in 2015 (surveillance monitoring of macrobenthic invertebrates) in the water bodies (coastal and transitional) of the Artois-Picardie water district. Results are compared with those collected during the first management plan (2010-2015).		
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) Marie-Caroline GOURMELON (LOG) Dimitri COLLARD (LOG) Thierry RUELLET (GEMEL) Jean-Denis TALLEUX (GEMEL) Mélanie ROCROY (GEMEL)
	Analyses laboratoire	Vincent BOUCHET (LOG) Muriel CROUVOISIER (LOG) Dominique MENU (LOG) Marie-Caroline GOURMELON (LOG) Dimitri COLLARD (LOG) Jean-Denis TALLEUX (GEMEL)
	Bancarisation des données	Aurélie GARCIA (MNHN)
	Rédaction	Aurélie FOVEAU (IFREMER) Aurélie GARCIA (MNHN)

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 <i>et al.</i> , 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.....	12
2.5 Calcul de l'indice.....	22
3 SYNTHESE 2015 DES INDICES BENTHIQUES.	25
4 OPERATIONS PROGRAMMEES EN 2016 ET 2017.....	27
5 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	29
6 ANNEXES.....	31

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 2015. 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 2015, 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 2015, afin d'assurer le suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles dans les masses d'eaux côtières (sites d'appui), le Laboratoire d'Océanographie et de Géosciences (LOG) de Wimereux a été sollicité (Tableau 1 et Figure 1).

Les données antérieures présentées dans le cadre de ce rapport (2010 à 2015) ont été récoltées avec la collaboration du LOG et le Groupe d'Etude des Milieux Estuariens et Littoraux, basé en Picardie (GEMEL).

Tableau 1 : Partenaire, paramètres et sites de prélèvements échantillonnés en 2015.

Partenaires	Paramètres	Sites
Laboratoire d'Océanographie et de Géosciences (Vincent Bouchet)	MacroInvertébrés Benthiques – domaine subtidal	SSMF16
		SSMF17
		SSMF17-bis

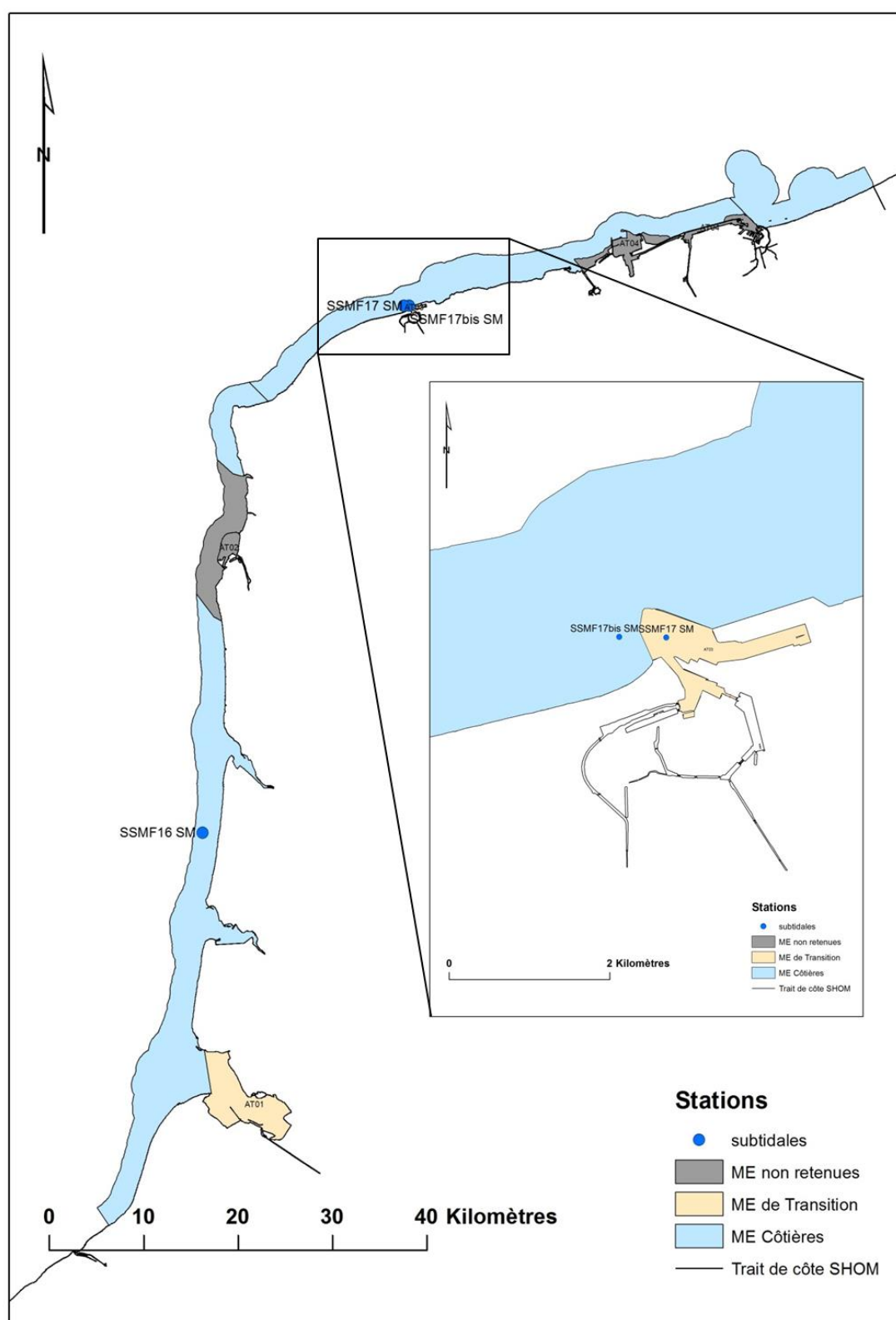


Figure 1 : Localisation des sites d'échantillonnage de l'élément de qualité « MacroInvertébrés benthiques de substrats meubles » lors du suivi de l'année 2015.

2 SUIVI STATIONNEL DES MACROINVERTEBRES BENTHIQUES DE SUBSTRATS MEUBLES

2.1 OBJECTIF DE L'ETUDE

L'étude porte sur le suivi des communautés de macroinvertébrés benthiques des masses d'eau du district Artois-Picardie et l'évaluation de leur qualité biologique. Les macroinvertébrés 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 "macroinvertébrés 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 de macroinvertébrés 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, effectués 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 sur 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 2015, la totalité des sites d'appui ont fait l'objet d'un 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 annexe 1.

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 macroinvertébrés 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 répliquats (trois prélèvements sur chacun des trois passages pour un même site, Tableau 2).

Tableau 2 : Echantillonnage des sites d'appui en 2015

	Site	Code Masse d'eau	Date	Engin d'échantillonnage	Nombre de prélèvements
SUB	SSMF16 – Merlimont SM	AC05	21/04/2015	Benne Van Veen (0,1 m²)	9 (3 x 3)
	SSMF 17 – Calais SM	AT03M	09/04/2015		
	SSMF 17bis – Calais SM	AT03M			

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

2.2.2.1. Prélèvements

Les prélèvements destinés à l'analyse des paramètres sédimentaires devant être réalisés indépendamment de ceux destinés à l'étude de la macrofaune, pour chaque paramètre sédimentaire (granulométrie, Gr et matière organique, MO) et au sein de chaque passage, un prélèvement supplémentaire a été effectué.

En domaine subtidal, les prélèvements Gr et MO sont réalisés directement à l'intérieur d'une benne supplémentaire pour chaque passage. La benne doit rester fermée et l'accès au sédiment se fait par la trappe de la benne. A l'échelle d'un site, il y aura donc six prélèvements (trois dédiés à la granulométrie et trois dédiés à la MO). En domaine intertidal, la même démarche est conduite avec des carottiers.

2.2.2.2. Analyses granulométriques

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.

2.2.2.3. Teneur en matière organique

Une fois prélevé, l'échantillon 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. 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 Gallon et Fournier (2014) :

- la texture du sédiment et les histogrammes de distributions des fréquences de classes granulométriques (classification de Blott et Pye, 2001, Tableau 3)

Tableau 3 : 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	
			Very large boulders		
−11	2048 mm	Cobbles	Large boulders	Very large	Boulders
−10	1024		Medium boulders	Large	
−9	512		Small boulders	Medium	
−8	256		Large cobbles	Small	
−7	128		Small cobbles	Very small	
−6	64				
−5	32	Pebbles	Very coarse pebbles	Very coarse	Gravel
−4	16		Coarse pebbles	Coarse	
−3	8		Medium pebbles	Medium	
−2	4		Fine pebbles	Fine	
−1	2		Granules	Very fine pebbles	
		Very coarse sand	Very coarse sand	Very coarse	Sand
0	1	Coarse sand	Coarse sand	Coarse	
1	500 μm	Medium sand	Medium sand	Medium	
2	250	Fine sand	Fine sand	Fine	
3	125	Very fine sand	Very fine sand	Very fine	
4	63				
5	31	Silt	Very coarse silt	Very coarse	Silt
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 Q_{50} (paramètre de position) donne une estimation de la taille moyenne des grains,
- l'indice de Trask ou Sorting-Index : So (paramètre de dispersion) où Q_{25} et Q_{75} sont les quartiles (Équation 1).

Équation 1: indice de Trask

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

Le sédiment est homogène pour un indice de 1. Le Tableau 4 issu de Fournier *et al.* (2012) récapitule les classements.

Tableau 4: Classement du sédiment en fonction de l'indice de Trask (So) (Fournier, 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 (2010-2015)

Grâce à la mise en place depuis 2007 du réseau de sites d'appui et de son renforcement en 2010, il est maintenant possible d'analyser de manière plus pertinente l'évolution temporelle de la composition des communautés benthiques.

Le site SSMF16 est devenu site d'appui en 2013 ; il a été échantillonné en 2010 dans le cadre du contrôle de surveillance des masses d'eaux côtières. Le site SSMF17 n'a pas été échantillonné en 2010 car il est situé en eaux de transition. Le site SSMF17bis n'a pas été échantillonné en 2010 car il n'est devenu site d'appui qu'à partir de l'année 2011.

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-groupes ont été déterminées grâce à la méthode IndVal (Équation 2). Cet indice créé par Dufrêne 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 : Méthode IndVal – Dufrêne & Legendre (1997)

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

Enfin, la contribution des espèces à la dissimilarité inter-groupes 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'est-à-dire 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 (par exemple, 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 COTIÈRES

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, comme proposé par Hily (1984 ; Tableau 5). 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 5 : 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 dépositivores tubicoles de subsurface
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	- dépositivores 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	- dépositivores de subsurface
V	Opportunistes de premier ordre	- prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface	- dépositivores

- 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),

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 2). 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.

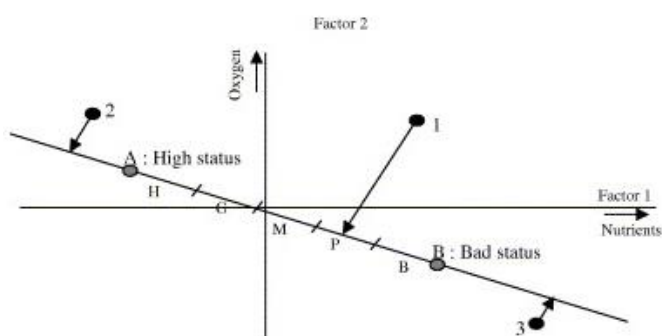


Figure 2 : Définition du statut des sites échantillonnés par projection sur l'axe factoriel défini par les conditions de référence (d'après Bald *et al.*, 2005).

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 6).

Tableau 6 : 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 subtidaux	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 de 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.

Afin que l'indice soit le plus réaliste possible, la base de données a subi quelques ajustements. 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 II.

2.4.1 Caractéristiques sédimentaires

La Figure 3 présente la granulométrie globale des sites d'appui depuis le début du plan de gestion (2010-2015).

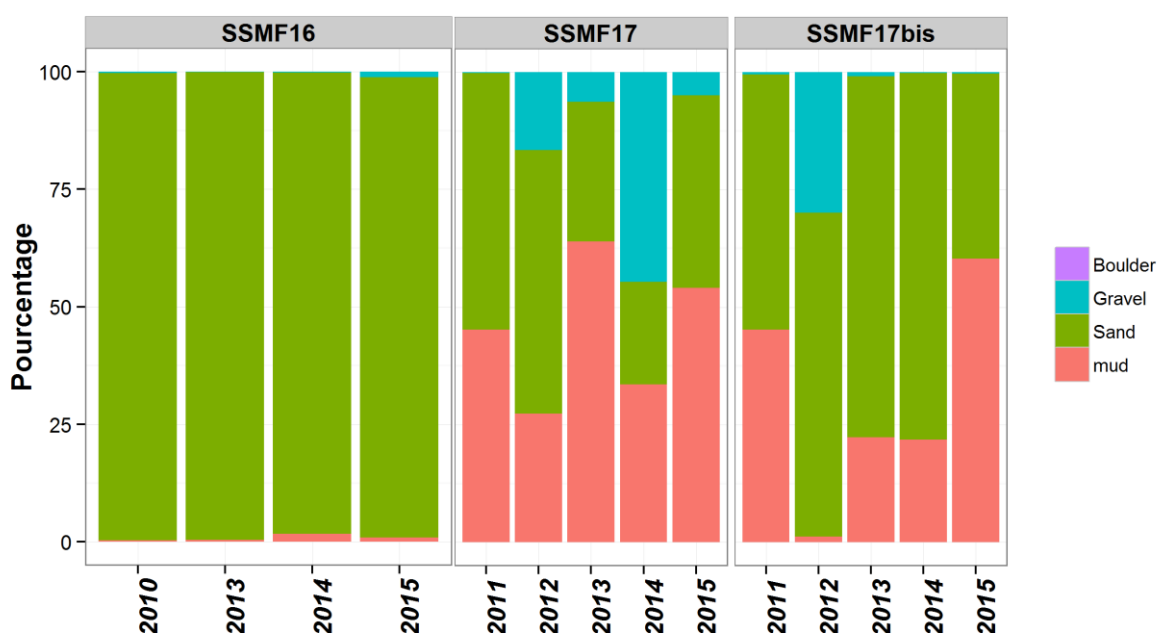


Figure 3 : Histogrammes de distribution des fréquences de classes granulométriques caractérisant les sites d'appui depuis 2010.

Les sédiments présents aux sites SSMF16, SSMF17 et SSMF17bis sont respectivement un sable et des vases sableuses. Entre 2010 et 2015, 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.

En 2015, la valeur de la médiane granulométrique est restée stable au site SSMF16 et a diminué aux sites SSMF17 et SSMF17bis. Entre 2010 et 2015, les valeurs de ce paramètre ($D_{50\mu m}$; Figure 4A) sont restées stables pour les sédiments du site SSMF16 mais ont varié aux deux autres sites.

Au regard de l'indice de Trask (So ; Figure 4B), le sédiment caractérisant le site SSMF16 est plus homogène que ceux des sites SSMF17 et SSMF17bis, particulièrement hétérogènes. A la station SSMF17, toutes les valeurs de l'indice de Trask sont supérieures à 2,75.

Les taux de matière organique (% MO ; Figure 4C) sont délicats à interpréter car les analyses ont été réalisées sur la fraction inférieure à $63 \mu m$. 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 , ce qui correspond à une meilleure réalité écologique. Dans ce contexte, les teneurs observées entre 2010 et 2015 aux sites SSMF16 et SSMF17 sont stables et restent faibles (< 5%). La teneur au site SSMF17bis est quant à elle plus variable, le taux observé en 2015 étant plus faible (< 2,5 %).

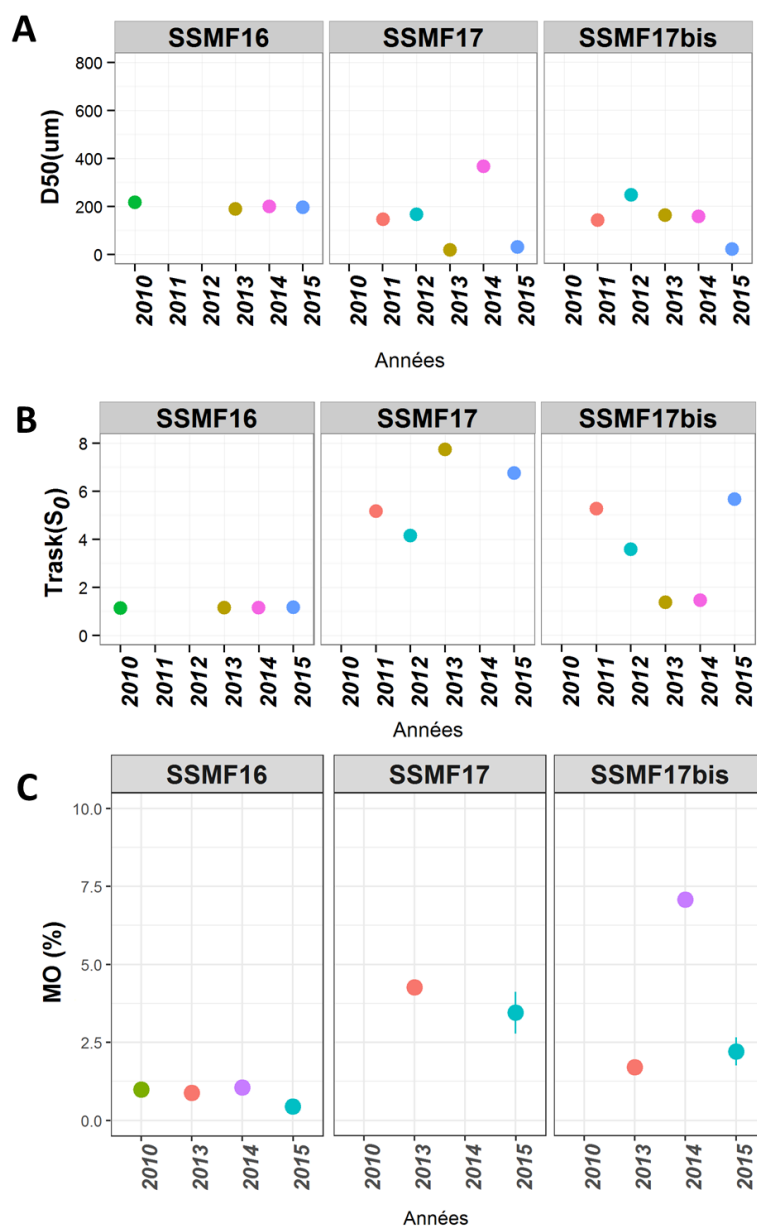


Figure 4 : Evolution des paramètres sédimentologiques associés (plan de gestion 2010-2015). A : médiane granulométrique (D₅₀), B : indice de Trask (S₀), C : teneur en matière organique (MO) sur la fraction inférieure à 63 μm .

2.4.2 Caractéristiques biologiques générales

Indices de diversité : Richesse spécifique (S) et indice de Piélou (J')

Un total de 191 taxa a été identifié sur l'ensemble des sites d'appui suivis depuis 2010. En 2015, 99 taxa ont été identifiés sur les trois sites d'appui échantillonnés.

En 2015, les résultats de richesse spécifique (S) illustrés à la Figure 5 montrent une valeur plus élevée aux sites SSMF16 et SSMF17bis (57 espèces) qu'au site SSMF17 (27

espèces). A ces trois sites, les valeurs de richesse spécifique figurent parmi les plus élevées depuis 2010 et sont quasiment semblables à celles mesurées en 2013 pour les sites SSMF16 et SSMF17bis.

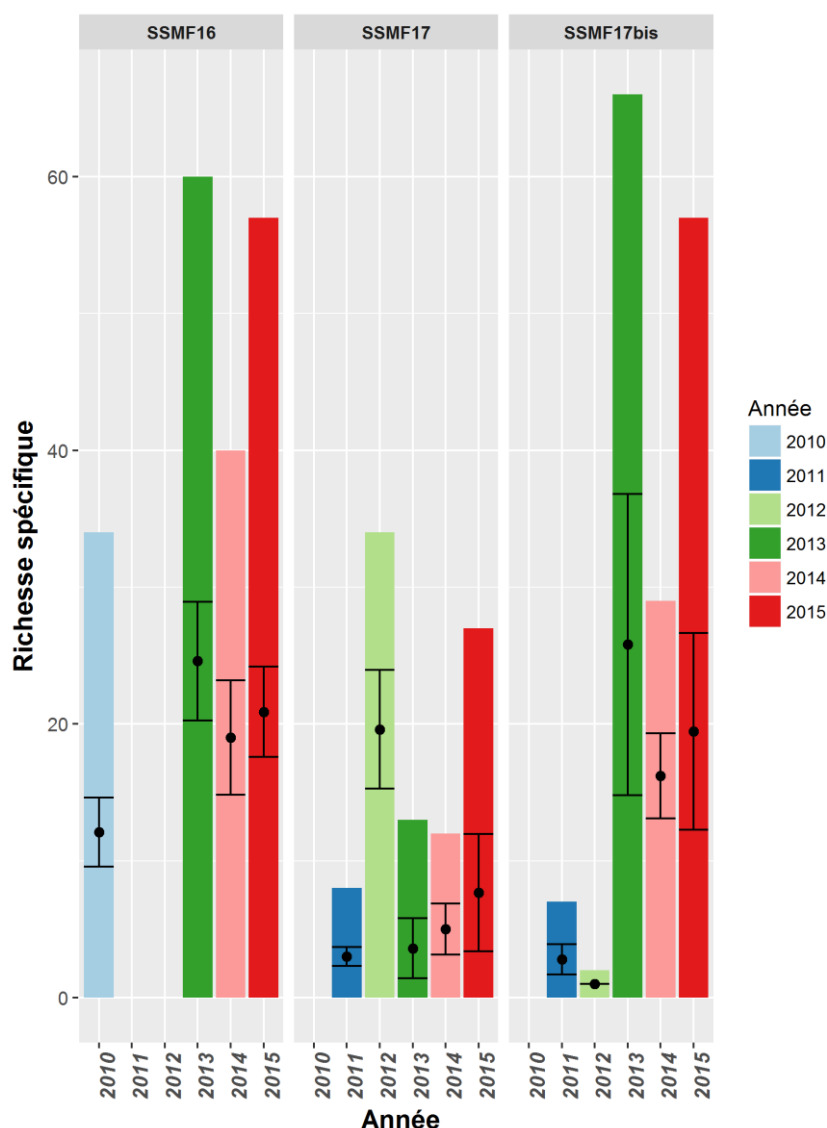


Figure 5 : Richesses spécifiques totales et moyenne (\pm ET) observées sur les trois sites d'appui depuis 2010 (barres colorées : richesse totale, points noirs : richesse moyenne et écart-type).

En 2015, les valeurs de l'indice d'équitabilité de Pielou sont respectivement de 0,51, 0,54 et 0,59 pour les sites SSMF16, SSMF17 et SSMF17bis. Pour l'ensemble des sites d'appui sur la période 2010-2015, les valeurs de l'indice d'équitabilité de Pielou (J'), calculées à partir de la richesse totale de chaque site, fluctuent entre 0,11 et 0,92 (Figure 6). La répartition des individus au sein des taxa est majoritairement équilibrée pour 75% des réplicats (*i.e.* ayant une valeur $J' > 0,5$). Plus de 86 % des réplicats analysés depuis 2010 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 réplicats pour avoir une bonne représentativité de la communauté en place.

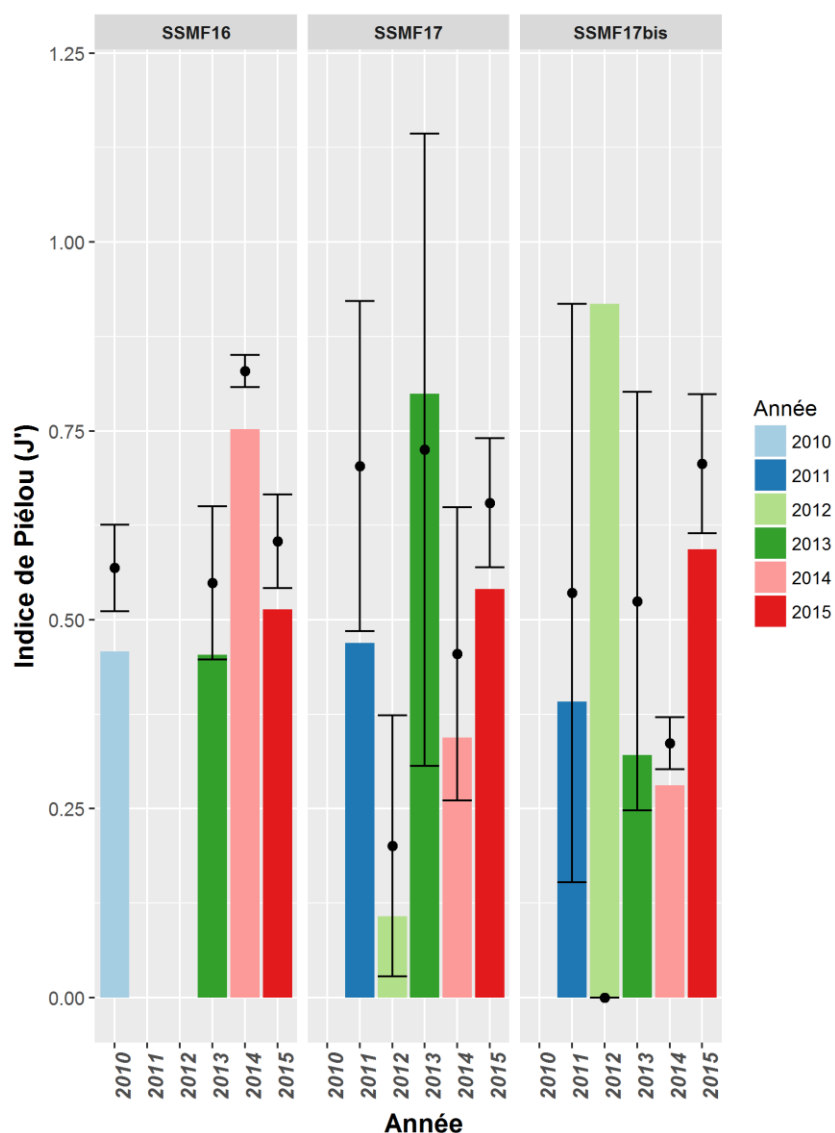


Figure 6 : Indice d'équitabilité de Piélou total et moyen (\pm ET) observés sur les trois sites d'appui depuis 2010 (barres colorées : équitabilité totale, points noirs : équitabilité moyenne et écart-type).

Abondances

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

En 2015, les abondances recensées aux sites SSMF16, SSMF17 et SSMF17bis sont respectivement de 231 ± 56 ind. $0,1 \text{ m}^2$, 63 ± 56 ind. $0,1 \text{ m}^2$ et 143 ± 108 ind. $0,1 \text{ m}^2$. Parmi les trois sites d'appui, 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 2012 au site SSMF17 : 2688 ± 1980 ind. $0,1 \text{ m}^2$). Cette dernière valeur est due à la présence de juvéniles de l'annélide polychète *Lanice conchilega*, suite à un recrutement massif de cette espèce.

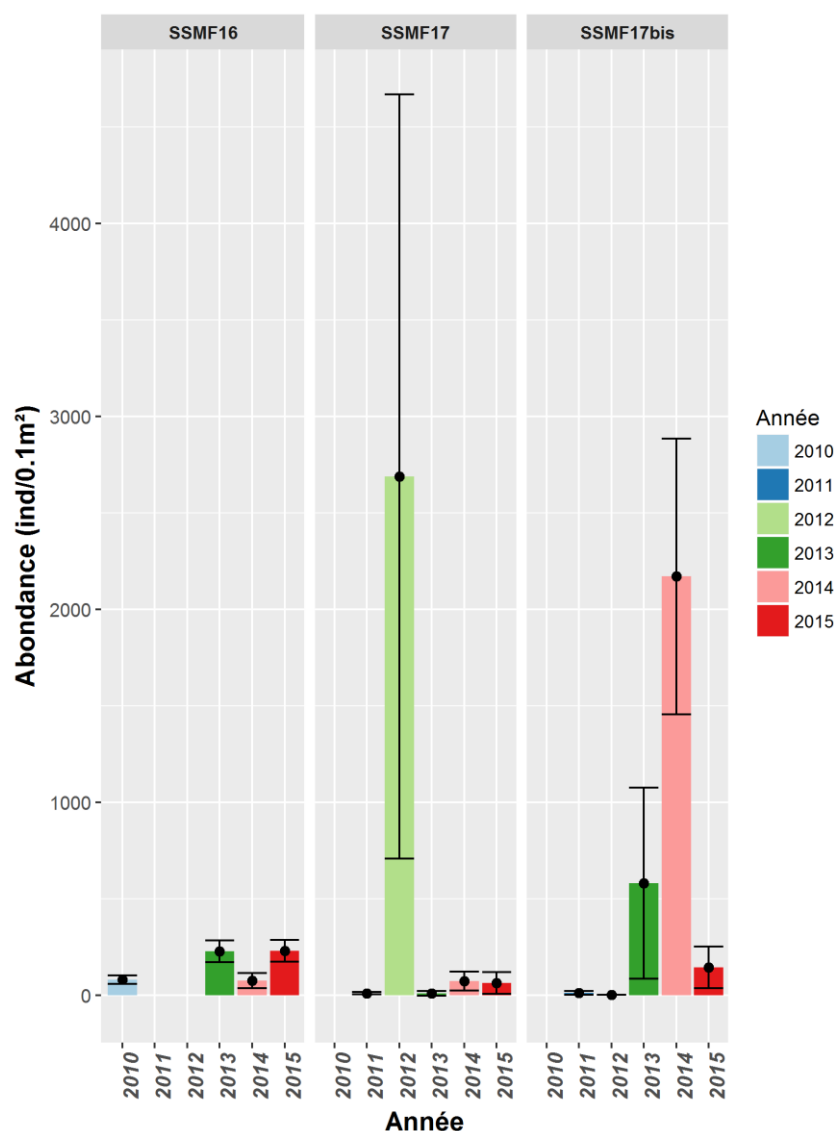


Figure 7 : Abondances moyennes (ind/0.1 m² ± ET) observées sur les trois sites d'appui depuis 2010 (barres colorées : abondance totale, points noirs : abondance moyenne et écart-type).

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.

Le site SSMF16 est caractérisé par la présence d'espèces appartenant majoritairement aux groupes écologiques I (GI) et II (GII). L'ensemble des groupes III à V représentent au maximum 15 % du total pour ce site. En 2015, les pourcentages associés aux quatre groupes écologiques représentés sont les suivants : GI - 41,48%, GII - 55,88%, GIII - 1,22%, GIV - 0,46% et GV - 0,97%.

Les sites SSMF17 et SSMf17bis sont caractérisés par une variabilité plus importante dans les répartitions des groupes écologiques. Les résultats observés à la station SSMF17Bis en 2012 ne peuvent être interprétés du fait d'une diversité trop faible (deux espèces).

Les groupes écologiques les plus représentés sont les groupes GII (0,83-96,33 %) et GIII (0-96,42 %). En 2015, le groupe V est représenté de façon notable (SSMF17 - 23,53%, SSMf17bis - 26,6%). Des annélides opportunistes (Capitellidae) sont à l'origine de ces pourcentages élevés.

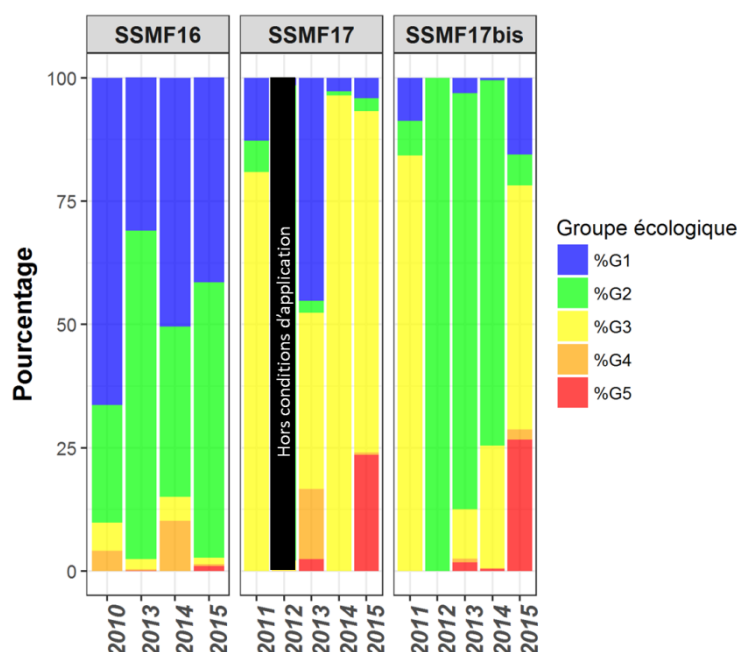


Figure 8 : Répartition de la proportion des groupes écologiques de polluo-sensibilité sur les trois sites d'appui entre 2010 et 2015 (GI : espèces sensibles à une hypertrophisation, GII : espèces indifférentes à une hypertrophisation, GIII : espèces tolérantes à une hypertrophisation, GIV : espèces opportunistes de second ordre, GV : espèces opportunistes de premier ordre).

Analyse des communautés

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 quatre groupes de sites s'agréant significativement (PermAnova : p -value = 0,001).

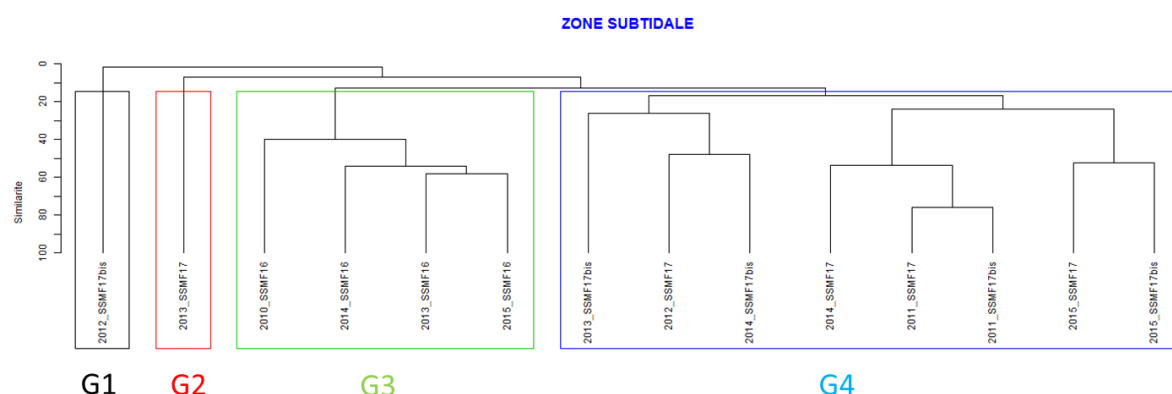


Figure 9 : Dendrogramme issu de la Classification Ascendante Hierarchique réalisée à partir de la matrice de similarité entre sites d'appui (2010-2015). P= Passage année_site ; G = Groupe de passages.

Deux données isolées s'individualisent, correspondant au site SSMF17bis suivi en 2012 (G1) et au site SSMF17 suivi en 2013 (G2).

Le site SSMF17bis (G1) a été ajouté en 2011 pour anticiper l'intégration du site initialement identifié pour le suivi (SSMF17) dans le port de Calais dans le cadre de son réaménagement (Calais 2015). En 2012, le sédiment comportait une forte proportion de boulette de vase. Deux répliqués sur les cinq échantillonnés ne comportaient pas de macrofaune de taille supérieure à 1 mm. L'absence du bivalve *Abra alba* est responsable à 18% de la discrimination de ce site en 2012.

Le site SSMF17 (G2) s'est distingué en 2013 par l'augmentation de la médiane granulométrique et la présence de l'ascidie *Molgula oculata*. L'absence du bivalve *Abra alba* à cette date indique que le sédiment était moins envasé que lors des autres années.

Le groupe 3 (G3) est constitué de l'ensemble des années de suivi du site côtier de Merlimont (SSMF16). La richesse spécifique moyenne de ce groupe est la plus élevée ($S = 48 \pm 19$, 0). En revanche, l'abondance reste modeste (153 ± 43 ind.0,1 m²; Figure 10). L'espèce la plus échantillonnée sur ces sites est l'échinoderme *Echinocardium cordatum*.

Le groupe 4 (G4) est constitué de l'ensemble des années de suivi des sites du port de Calais (SSMF17 et SSMF17bis), à l'exception des deux sites exclus dans les groupes G1 et G2. Ce groupe est caractérisé par les plus fortes valeurs d'abondance (valeur maximale de 718 ± 427 ind.0,1 m², Figure 10). Ces fortes abondances sont liées aux espèces telles que l'annélide polychète *Lanice conchilega*, le bivalve *Abra alba* et certaines espèces d'annélides Capitellidae.

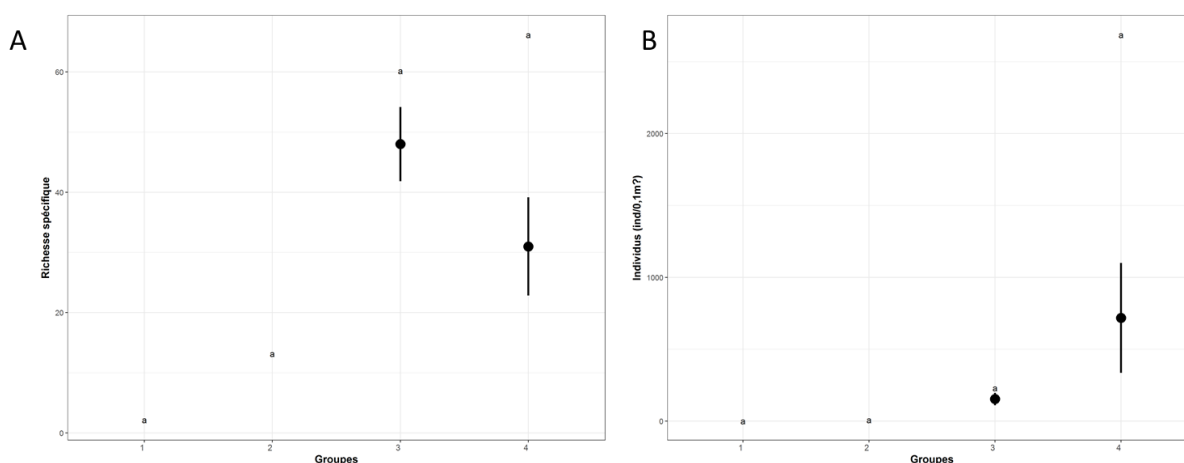


Figure 10 : Richesse (A) et abondance (B) des assemblages des sites d'appui déterminés par la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Le groupe nommé « a » a été défini par un test post-hoc de Tukey HSD au seuil de 0,05.

2.4.3 Evolution temporelle de la structure des communautés des macro-invertébrés benthiques (plan de gestion 2010-2015)

La dynamique des sites échantillonnés entre 2010 et 2015 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. La n-MDS (stress = 0,13) basée sur la matrice de distance de Bray-Curtis dissocie naturellement les sites intertidaux et subtidaux (PermAnova, *p-value* = 0,001 ; Figure 11). Ces deux domaines ont donc été analysés séparément.

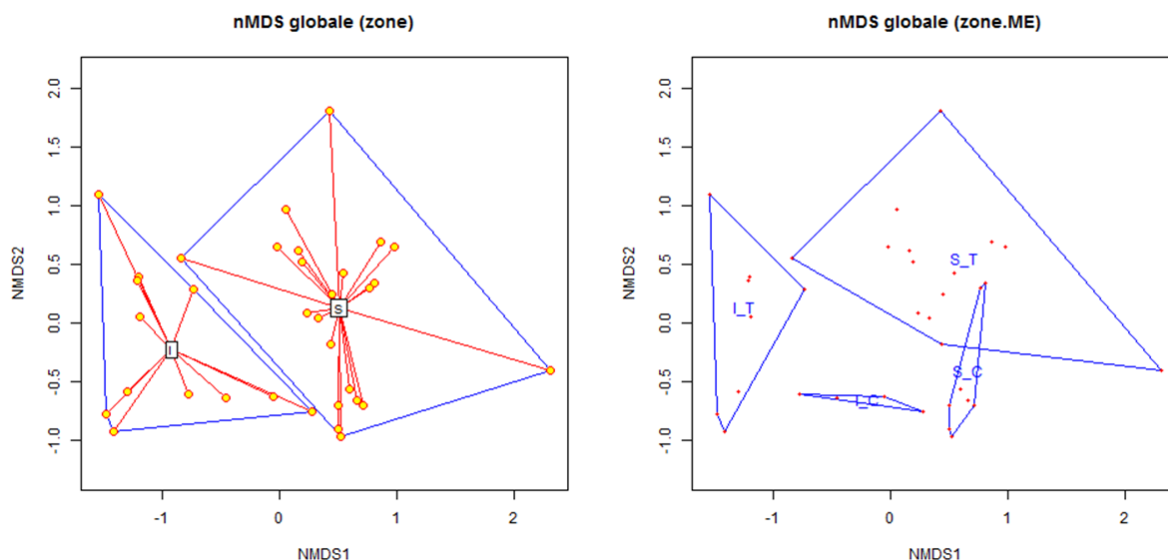




Figure 11 : Diagrammes d'ordination issus de la nMDS basée sur la matrice de distance (Bray-Curtis) entre sites calculée à partir des abondances spécifique par site après transformation en racine carré. Sites ●, enveloppes convexes , étoile de barycentre . a : groupement par zone (I : intertidal, S : subtidal). b : groupement par masse d'eau (C : côtier, T : transition).

Domaine intertidal

Le dendrogramme (Figure 12), issu de la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) réalisée à partir de la matrice de distance de Bray-Curtis entre les sites du domaine intertidal, permet de distinguer trois groupes de sites s'agréant significativement (PermAnova : $p\text{-value} = 0,001$) à un niveau de similarité supérieur à 20%.

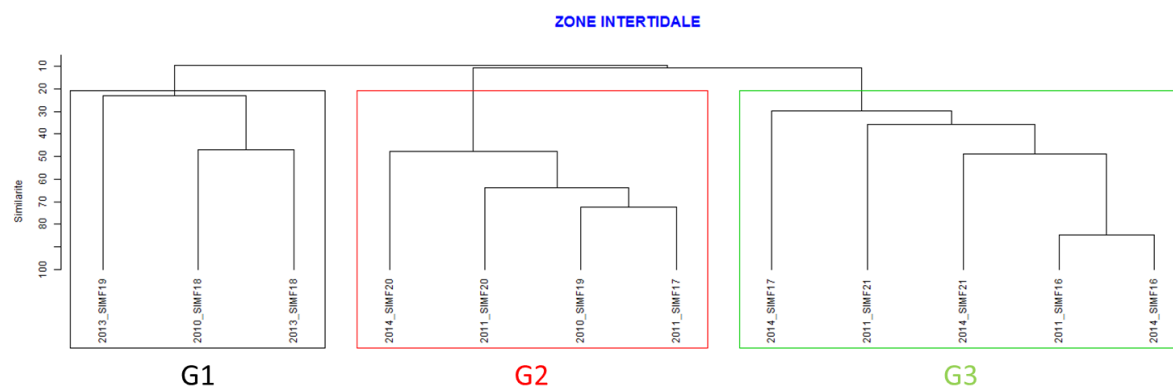


Figure 12 : Dendrogramme issu de la Classification Ascendante Hierarchique réalisée à partir de la matrice de similarité entre sites intertidaux.

Le premier groupe (G1) est constitué des sites SIMF19 et SIMF18 - 2013 et du site SIMF18 - 2010. L'ensemble des sites de ce groupe sont situés dans les eaux côtières. L'abondance moyenne ($34 \pm \text{ind.}0,1 \text{ m}^2$) de ce groupe n'est pas significativement différente de celles observées dans les autres groupes (test de Tukey ; $p\text{-value} = 0,001$) (Figure 13 B). La méthode IndVal désigne les taxa *Spiophanes bombyx*, *Nephtys cirrhosa*, *Nephtys hombergii* (annélides polychètes) et *Urothoe poseidonis* (crustacé amphipode) comme significativement caractéristiques.

Le deuxième groupe (G2) est composé de la totalité des années de suivi du site de Saint-Valéry (SIMF20), du site de Cayeux SIMF17 - 2011 et du site d'Oye SIMF19 - 2010. Les sites de ce groupe sont tous localisés en eaux de transition, à l'exception du site SIMF19. La méthode IndVal définit l'amphipode *Bathyporeia pilosa* comme espèce statistiquement caractéristique de ce groupe. Cette espèce, qui peut être trouvée en zone intertidale au-dessus des hauts niveaux de mortes-eaux sur les plages de sables fins, est capable de supporter de faible salinité.

Le troisième groupe (G3) n'intègre que des sites situés en eaux de transition. Il regroupe les deux années de suivi (2011, 2014) des sites de transition de la baie de Somme nord (SIMF16 et SIMF21) et le site SIMF17 - 2014, situé au sud de la baie de Somme. Ce groupe de sites présente la plus forte valeur d'abondance moyenne (2960 ± 367 ind.0,1 m⁻², Figure 13). Il est numériquement dominé par des espèces typiquement estuariennes : les annélides polychètes *Hediste diversicolor*, *Pygospio elegans* et *Tubificoides benedii* ainsi que par le mollusque gastéropode *Peringia ulvae*. Les espèces caractéristiques mise statistiquement en avant par l'IndVal sont les annélides polychètes *Hediste diversicolor* et *Heteromastus filiformis*, le mollusque bivalve *Limecola balthica* et les annélides Clitellata.

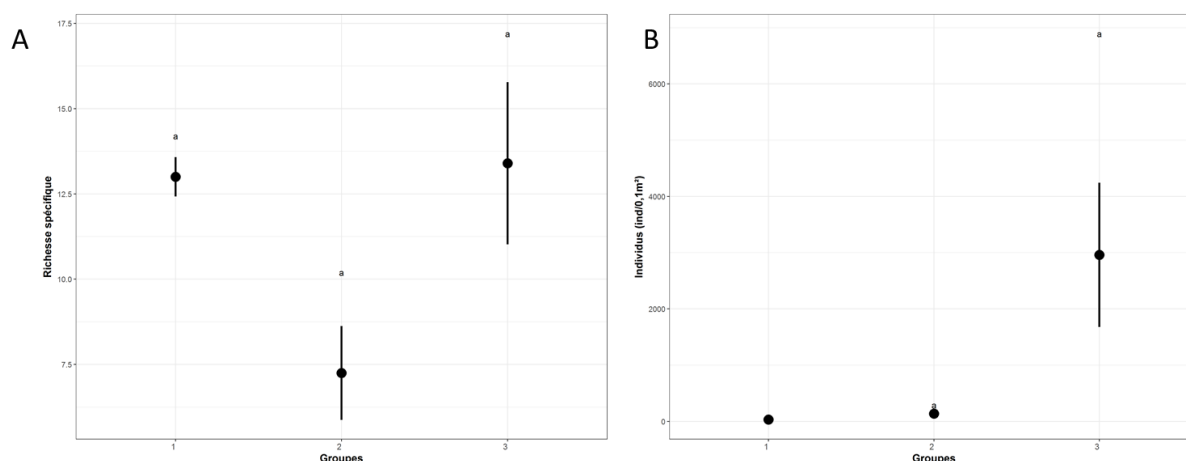


Figure 13 : Richesse (A) et abondance (B) des assemblages intertidaux déterminés par la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Le groupe nommé « a » a été défini par un test post-hoc de Tukey HSD au seuil de 0,05.

Domaine subtidal

Le dendrogramme (Figure 14), 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 cinq groupes de sites, dont trois correspondent une seule station-date (G1, 2 et 4).

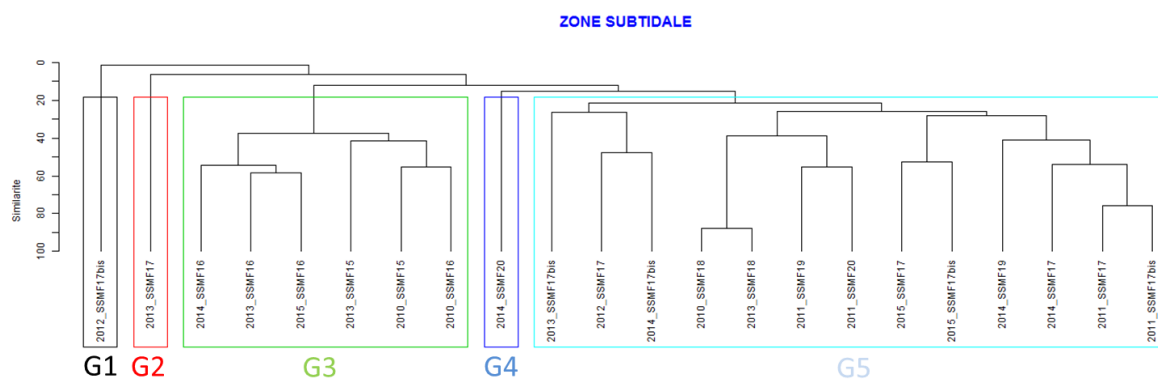


Figure 14 : Dendrogramme issu de la Classification Ascendante Hiérarchique réalisée à partir de la matrice de similarité entre sites subtidale. P= Passage année_site ; G = Groupe de passages.

Le groupe 1 (G1) correspond au site d'appui situé face au port de Calais échantillonné en 2012 (SSMF17bis – 2012). A cette date, la richesse spécifique ($S=2$) et l'abondance ($N=3 \text{ ind.}0,1 \text{ m}^2$) étaient très faibles ; deux réplicats 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 (SSMF17-2013). 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 Merlimont (SSMF16) et de la Baie de Somme (SSMF15), soit l'ensemble des stations du bassin oriental de la Manche. La richesse spécifique moyenne des sites de ce groupe est la plus élevée ($S= 20\pm3$ Figure 15). Un grand nombre de taxa caractérise statistiquement ce groupe (l'échinoderme *Echinocardium cordatum*, les crustacés *Diastylis bradyi*, *Gastrosaccus spinifer*, *Iphinoe trispinosa*, *Megaluropus agilis* et *Pseudocuma (Pseudocuma) longicorne*, les annélides polychètes *Nephtys cirrosa*, *Scoloplos (Scoloplos) armiger* et *Sigalion mathildae* et le bivalve *Donax vittatus*).

Le groupe 4 correspond au site SSMF20 (situé dans le port de Calais) échantillonné en 2014. A cette date, ce site était caractérisé statistiquement par des ascidies et l'annélide polychète *Nephtys caeca*. L'espèce dominante à cette date site était le taxon *Ascidia* ($22 \text{ ind.}0,1 \text{ m}^2$).

Le groupe 5 (G5) regroupe les sites localisés dans le port de Calais et à sa proximité ainsi que le site SSMF18 en 2010 et 2013. Plus généralement, ce groupe rassemble les sites situés dans la baie sud de la mer du Nord. La richesse spécifique moyenne de ce groupe est la deuxième plus importante ($S= 12\pm4$, Figure 15). Les fortes abondances de ce groupe sont liées à la présence d'espèces telles que l'annélide polychète *Lanice conchilega* ou le mollusque bivalve *Abra alba*.

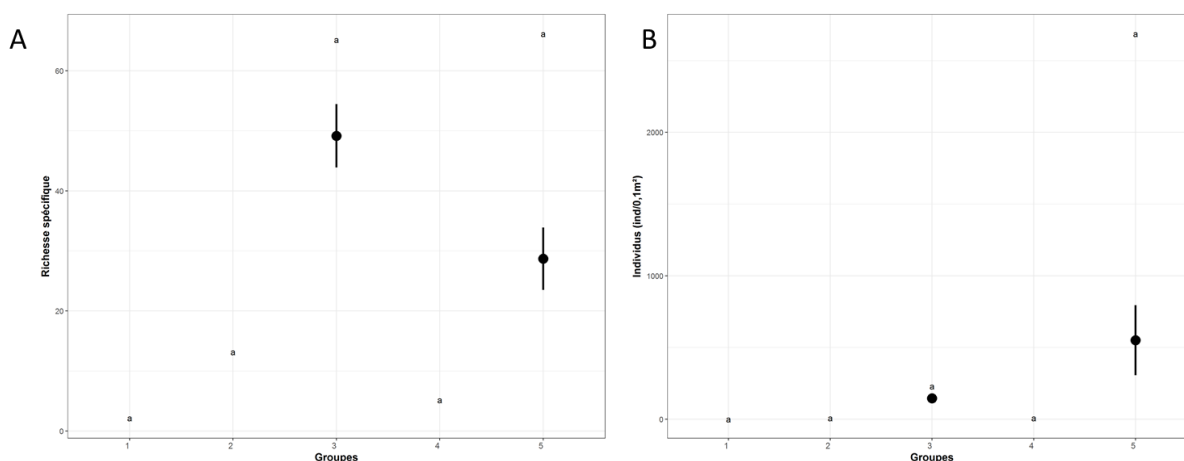


Figure 15 : Richesse (A) et abondance (B) des ensembles subtidaux déterminés par la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH). Les groupes (nommés a, b, c) ont été définis par un test post hoc de Tukey HSD avec un seuil de 0.05.

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 (2010-2015) et les deux types de masses d'eau (côtières et de transition) la proportion des cinq groupes écologiques suivant la liste actualisée par Borja en 2015.

Domaine intertidal

Les proportions des cinq groupes écologiques n'ont pas été calculées pour certains couples date-site. Certains descripteurs (richesse spécifique : S, abondance : N, et le pourcentage d'espèces Non-Assignées à un groupe écologiques : %NA) ne respectent en effet pas les conditions d'application permettant une répartition robuste de la structure écologique (*cf* chapitre 2.3.1). Les valeurs de S observée aux sites de Cayeux (SIMF17) et de Saint-Valery (SSMF20) pour l'année 2014 sont ainsi trop faibles et le %NA au site SIMF16 en 2014 est supérieur à 20% (**Erreur ! Référence non valide pour un signet.**). Tous ces couples date-site sont localisés en eaux de transition.

Tableau 7 : Résumé des descripteurs (richesse spécifique : S, abondance : N (somme) 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 du domaine intertidal.

	Année	S	N	%NA
SIMF16	2014	17	3934	22,99
SIMF17	2014	4	44	34
SIMF20	2014	4	14	36

La Figure 16 présente les histogrammes de distribution de fréquences des groupes écologiques des 12 couples date-site retenus en zone intertidale. Le nombre de passages (échantillonnage) côtier (4) est inférieur au minimum requis de 50 passages, nécessaires pour que les résultats de l'analyse M-AMBI ne soient plus influencés par l'ajout de passages supplémentaires à l'analyse.

Parmi les sites côtiers, une dominance des groupes GI (espèces sensibles à une hypertrophisation) et GII (espèces indifférentes à une hypertrophisation) est observée, sauf au site SIMF19 en 2013, où les communautés sont dominées par des taxa du groupe 3 (GIII), tolérants à une hypertrophisation.

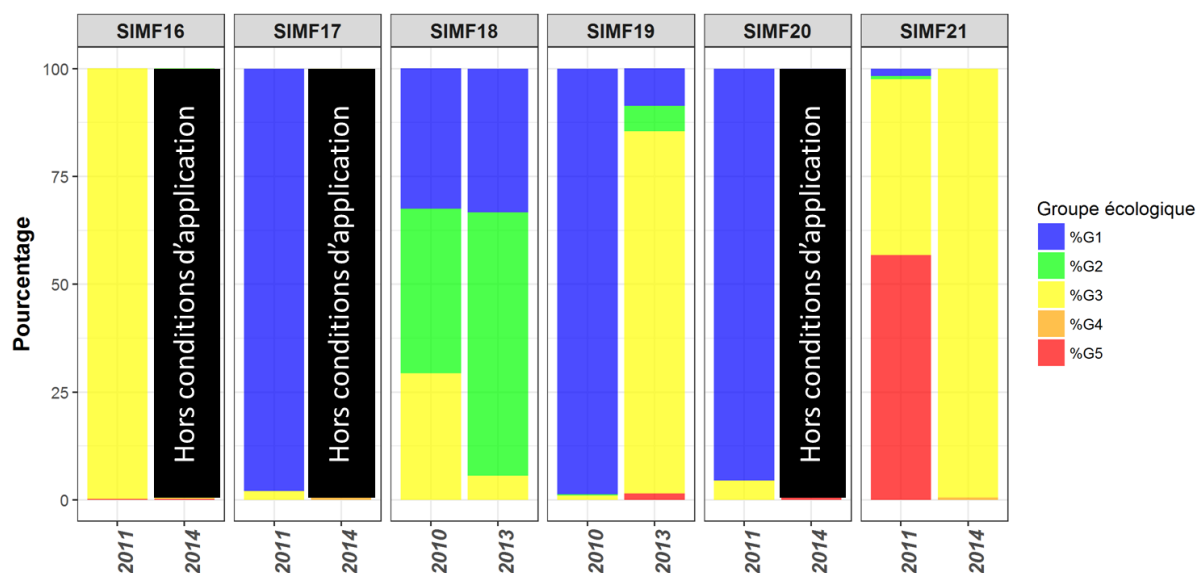


Figure 16 : Histogrammes de distributions des fréquences des groupes écologiques de polluo-sensibilités (Hily, 1984) des sites du domaine intertidal.

Domaine subtidal

Les proportions des cinq groupes écologiques n'ont pas été calculées pour certains 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). Ainsi, le site SSMF17bis a été exclu des interprétations à cause de valeurs de S trop faibles (2 individus) et de %NA supérieur à 20% (Tableau 8).

Tableau 8 : Résumé des descripteurs (richesse spécifique : S, abondance : N (somme) 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 du domaine subtidal.

	Année	S	N	%NA
SSMF17b	2012	2	3	66,67

La Figure 17 présente les histogrammes de distribution de fréquences des groupes écologiques des 22 couples date-site retenus en zone subtidale. Le nombre de passages côtier (11) reste 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 GI et GII est observée dans les communautés des sites côtiers (SSMF15, SSMF16, SSMF17bis et SSMF18). Les taxa du groupe GIII sont majoritaires sur les autres sites (SSMF17, SSMF19 et SSMF20). Quelques taxa du groupe GV (opportunistes de premier ordre) apparaissent dans les communautés des sites du port de Calais, situés en eaux de transition.

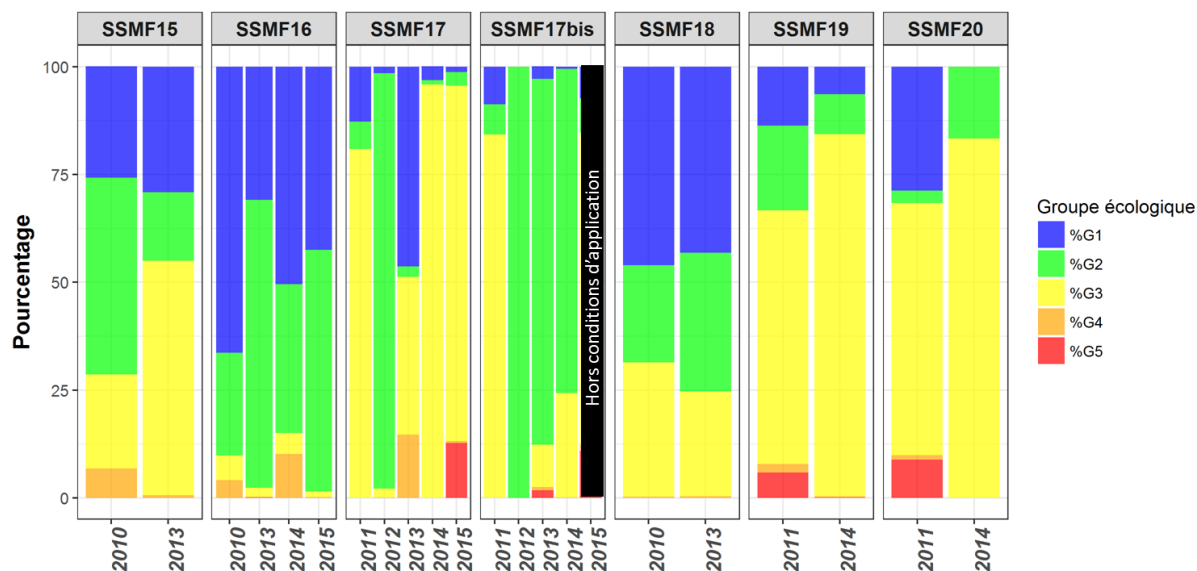


Figure 17 : Histogrammes de distributions des fréquences des groupes écologiques de polluo-sensibilités (Hily, 1984) des sites du domaine subtidal.

3 SYNTHÈSE 2015 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.

Tableau 9 : 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> (2012)
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)

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 9). Si c'est une masse d'eau fortement modifiée, le classement est illustré par le même code couleur avec des hachures égales de gris.

Le Tableau 10 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 11 récapitule les interprétations des résultats des indices par élément de qualité benthique.

Tableau 10 : 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 Garcia *et. al.* (2015), ² Gevaert & Le Duff , ³ Derrien & Le Gall.

Masses d'eau	FAU (2010) ¹	MAID (2014) ²	MASD (2014) ³
AC02	0,73		0,41
AC03		65,43	0,41
AC05	0,81		
AT01			
AT03M			

Les EQR mis à jour avec les données des suivis 2013 et 2014 doivent être calculés.

Tableau 11 : Avis d'experts sur les résultats des indices biologiques utilisés pour la classifications des masses d'eau.

Paramètres	Interprétations	Bibliographie
Invertébrés benthiques	<p>En eaux côtières l'évaluation des masses d'eau pour les campagnes de 2007 et 2010, s'est faite sur l'ensemble des façades Manche et Atlantique afin d'augmenter la robustesse de l'analyse.</p> <p>L'interprétation des résultats des campagnes 2013 et 2014 ne sont pas encore disponibles.</p> <p>Actuellement aucun indice n'a été choisi en eaux de transition.</p>	<p>Partie 2.5 Calcul de l'indice (p. 22 du présent rapport)</p> <p>Garcia <i>et. al.</i> (2015)</p>
Macroalgues de substrat dur intertidal	<p>Suite à l'étude réalisée sur cinq sites bretons en 2012-2013, il a été montré qu'un échantillonnage supplémentaire en automne apportait une information complémentaire au calcul de l'indice sur les données de l'échantillonnage du printemps.</p>	<p>Ar Gall & Le Duff (2013)</p>
Macroalgues de substrat dur subtidal	<p>Suite à une étude réalisée en 2013 sur 4 sites bretons, un nouveau protocole (DCE 2) a été proposé pour améliorer l'échantillonnage (nombre de quadrat) et affiner l'évaluation des masses d'eau (fréquence de suivi)</p>	<p>Derrien & Le Gal (2014)</p>

4 OPERATIONS PROGRAMMEES EN 2016 ET 2017

En **2016**, les actions proposées sont les suivantes :

- 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 seront ainsi suivis.
- Le suivi **stationnel des macroinvertébrés de substrats meubles** de 5 stations de masses d'eau côtières, ainsi que des deux sites d'appui (MET) seront échantillonnés

Pour l'année **2017**, le volet benthique comprendra les éléments de qualité suivants :

- 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. Ce suivi sera repris en 2017 par la station marine du Muséum National d'Histoire Naturelle de Concarneau.
- Le suivi **stationnel des macroinvertébrés de substrats meubles** dans les **masses d'eau de transition** et le suivi des **sites d'appui dans les masses d'eau côtières** :

Un total de neuf stations sera échantillonné :

- Huit stations (dont deux sites d'appui) en eaux de transition dans le cadre du contrôle de surveillance.
- Une station en eaux côtières dans le cadre du suivi annuel des sites d'appui.

Tableau 12 : Rétrospective (2010-2015) et planification (2016-2021) du suivi des paramètres benthiques : Invertébrés et Macroalgues (à partir de 2017, le suivi macroalgues est repris par le MNHN de Concarneau – partie hachurée du tableau).

			Stations	SA = Site d'Appui; CS = Contrôle Surveillance	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Eaux de Transitions	Invertébrés Benthiques	Intertidal	SIMF20	CS												
			SIMF21	CS												
			SIMF16	CS												
			SIMF17	CS												
		Subtidal	SSMF19	CS												
			SSMF20	CS												
			SSMF17	SA												
			SSMF17 bis	SA												
Eaux Côtières	Invertébrés Benthiques	Intertidal	SIMF18	CS												
			SIMF19	CS												
		Subtidal	SSMF15	CS												
			SSMF16	SA												
		Subtidal	SSMF18	CS												
			SIDB14	CS												
	Macro Algues	Intertidal	SIDB14	CS												
		Subtidal	SSDB10	CS												
			SSDB11	CS												

5 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

LIVRE/OUVRAGE :

- Cabioc'h J., Floc'h J.Y., Le Toquin A., Boudouresque C.F., Meinesz A., Verlaque M., 1992. Guide des algues des mers d'Europe. Delachaux et Niestlé. Paris, 231 p.
- Copejans E., Kling R., 1995. Flore algologique des côtes du Nord de la France et de la Belgique. Jardins Botaniques National de Belgique. Meise, 454 p.
- Gayral P., 1982. Les algues des côtes françaises (Manche & Atlantique). Editions Doin. Paris, 632 p.

ARTICLE/RAPPORT :

- 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>
- Bajjouk, T., and B. Guillaumont. "Classification Des Habitats EUNIS - Tome I - Habitats Littoraux VF," March 2015. http://spn.mnhn.fr/servicepatrimoinenaturel/images/COMMUNICATION/SUPPORTS/AUTRES_RAPPORTS/Eunis_Traduction_Tome1_201503_V1.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.
- Clarke K.R., 1993. Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology*, 18: 117–143.

- Derrien-Courtél, 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-Courtél, 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.
- Elliott, B., S. Degraer, M. Bursey, M. Vincx, and others. "Intertidal Zonation of Macroinfauna on a Dissipative, Sandy Beach at De Panne (Belgium): A Pilot Study." *Biologisch Jaarboek (Dodona)* 64 (1997). <http://www.vliz.be/en/imis?refid=7281>.
- 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.
- Garcia A., Brun M., Soudant D., Pothier A., Gauthier E., Desroy N. (2015). Valorisation des données issues du contrôle de surveillance du compartiment benthique suivi dans le cadre de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : campagnes 2007 et 2010 – Élément de qualité biologique « invertébrés benthiques de substrats meubles » – Masses d'eau côtières - Façades Manche et Atlantique. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00273/38404/>
- 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. 3 p.
- Guérin L., Le Mao P., Desroy N., 2007. Contrôle de surveillance benthique de la Directive Cadre sur l'Eau (2000/60/CE) : état des lieux et propositions – District Artois-Picardie. Rapport Ifremer, 193 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- Élément 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. *Water Research*, 33: 343-350.
- Wentworth C.K., 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Journal of Geology*, 30: 377-392.

6 ANNEXES

Annexe 1 : Références des sites échantillonnés

	Libellé	LOCALITE	ME_DCE	STATUT	PARTNER	LAT_DDD	LON_DDD
Invertébrés Benthiques	SIMF16 - Le Crotoy IM	Le Crotoy	AT01	CS	GEMEL	50,2440132	1,5739515
	SIMF17 - Cayeux IM	Cayeux	AT01	CS	GEMEL	50,2116858	1,5800652
	SIMF18 - Merlimont IM	Merlimont	AC05	CS	SMW	50,4658479	1,5653656
	SIMF19 - Oye IM	Oye	AC02	CS	SMW	51,0000008	2,021024
	SIMF20 – 3_25 – St Valery IM	St Valery	AT01	CS	GEMEL	50,1939521	1,6195579
	SIMF21 – 5_18 – Le Crotoy IM	Le Crotoy	AT01	CS	GEMEL	50,2190554	1,6079757
	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
	SSMF19 – CALPORext – Calais SM	Calais	AT03	CS	SMW	50,9717174	1,8414669
	SSMF20 – CALPORint – Calais SM	Calais	AT03	CS	SMW	50,9687008	1,8529173
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

Annexe 2 : Synthèse des valeurs de granulométrie pour la période 2010-2015

Libellé	Texture	Boulder	Gravel	Sand	mud
2010_SIMF18_I_C	Slightly Gravelly Sand	0	0,15	99,82	0,03
2010_SIMF19_I_C	Gravelly Sand	0	7,4	92,54	0,06
2010_SSMF15_S_C	Slightly Gravelly Sand	0	0,97	98,56	0,47
2010_SSMF16_S_C	Slightly Gravelly Sand	0	0,25	99,46	0,29
2010_SSMF18_S_C	Slightly Gravelly Sand	0	2,19	89,6	8,21
2011_SIMF16_I_T	Slightly Gravelly Sand	0	0,12	91,98	7,898
2011_SIMF17_I_T	Slightly Gravelly Sand	0	0,19	99,31	0,5
2011_SIMF20_I_T	Sand	0	0	99,9	0,1
2011_SIMF21_I_T	Slightly Gravelly Sand	0	1,52	97,38	1,1
2011_SSMF17_S_T	Slightly Gravelly Muddy Sand	0	0,15	54,65	45,21
2011_SSMF17bis_S_T	Slightly Gravelly Muddy Sand	0	0,48	54,3	45,22
2011_SSMF19_S_T	Slightly Gravelly Muddy Sand	0	0,09	59,2	40,71
2011_SSMF20_S_T	Slightly Gravelly Muddy Sand	0	1,88	50,62	47,5
2012_SSMF17_S_T	Gravelly Muddy Sand	0	16,59	56,01	27,4
2012_SSMF17bis_S_T	Gravelly Sand	0	29,94	68,85	1,209
2013_SIMF18_I_C	Slightly Gravelly Sand	0	0,79	99,16	0,05
2013_SIMF19_I_C	Slightly Gravelly Sand	0	0,66	99,3	0,04
2013_SSMF15_S_C	Slightly Gravelly Sand	0	3,79	96,08	0,13
2013_SSMF16_S_C	Slightly Gravelly Sand	0	0,08	99,51	0,41
2013_SSMF17_S_T	Gravelly Mud	0	6,254	29,73	64,02
2013_SSMF17bis_S_T	Slightly Gravelly Muddy Sand	0	0,83	76,79	22,38
2013_SSMF18_S_C	Slightly Gravelly Sand	0	2,51	91,18	6,309
2014_SIMF16_I_T	Slightly Gravelly Sand	0	0,13	95,17	4,7
2014_SIMF17_I_T	Sand	0	0	94,51	5,491
2014_SIMF20_I_T	Sand	0	0	99,77	0,23
2014_SIMF21_I_T	Slightly Gravelly Muddy Sand	0	0,9	82,01	17,09
2014_SSMF16_S_C	Slightly Gravelly Sand	0	0,23	98,05	1,72
2014_SSMF17_S_T	Muddy Gravel	0	44,64	21,76	33,61
2014_SSMF17bis_S_T	Slightly Gravelly Muddy Sand	0	0,165	78,02	21,82
2014_SSMF19_S_T	Slightly Gravelly Sand	0	0,787	97,14	2,074
2014_SSMF20_S_T	Gravelly Sand	0	5,211	85,92	8,871
2015_SSMF16_S_C	Slightly Gravelly Sand	0	1,124	97,95	0,922
2015_SSMF17_S_T	Slightly Gravelly Sandy Mud	0	4,878	40,96	54,16
2015_SSMF17bis_S_T	Slightly Gravelly Sandy Mud	0	0,239	39,46	60,3

Annexe 2bis : Synthèse des indices sédimentaires pour la période 2010-2015

Libellé	D10 (µm)	D50 (µm)	D90 (µm)	D90/D10	D90-D10	D75/D25	D75-D25	Trask (S ₀)	Krumbein(Qd)
2010_SIMF18_I_C	376,694	234,868	163,823	0,435	-212,871	0,646	-105,932	1,245	-0,316
2010_SIMF19_I_C	1091,82	230,827	166,804	0,153	-925,013	0,658	-101,562	1,232	-0,302
2010_SSMF15_S_C	382,809	256,207	185,5	0,485	-197,309	0,697	-94,026	1,198	-0,261
2010_SSMF16_S_C	287,755	217,547	158,705	0,552	-129,049	0,779	-53,424	1,133	-0,18
2010_SSMF18_S_C	394,139	215,203	102,51	0,26	-291,629	0,592	-111,555	1,3	-0,378
2011_SIMF16_I_T	210,514	148,025	72,402	0,344	-138,112	0,635	-65,913	1,254	-0,327
2011_SIMF17_I_T	261,755	191,789	140,942	0,538	-120,813	0,739	-59,344	1,164	-0,219
2011_SIMF20_I_T	223,708	168,898	126,203	0,564	-97,505	0,742	-49,485	1,161	-0,215
2011_SIMF21_I_T	237,717	169,486	110,607	0,465	-127,11	0,698	-59,297	1,197	-0,259
2011_SSMF17_S_T	259,759	145,393	2,22	0,009	-257,539	0,037	-195,617	5,168	-2,369
2011_SSMF17bis_S_T	280,356	141,118	2,22	0,008	-278,136	0,036	-202,482	5,256	-2,394
2011_SSMF19_S_T	244,99	137,024	2,431	0,01	-242,559	0,048	-188,159	4,551	-2,186
2011_SSMF20_S_T	298,618	168,122	2,134	0,007	-296,485	0,029	-228,425	5,844	-2,547
2012_SSMF17_S_T	2387,8	167,642	3,786	0,002	-2384,01	0,058	-469,78	4,154	-2,055
2012_SSMF17bis_S_T	5728,95	247,377	145,431	0,025	-5583,52	0,078	-2243,85	3,581	-1,84
2013_SIMF18_I_C	266,02	183,985	155,004	0,583	-111,016	0,819	-37,217	1,105	-0,144
2013_SIMF19_I_C	301,729	207,715	166,506	0,552	-135,223	0,751	-59,928	1,154	-0,207
2013_SSMF15_S_C	492,397	232,39	171,671	0,349	-320,725	0,677	-95,854	1,215	-0,281
2013_SSMF16_S_C	246,099	189,816	140,587	0,571	-105,512	0,754	-54,608	1,152	-0,204
2013_SSMF17_S_T	974,529	17,742	1,744	0,002	-972,785	0,017	-245,382	7,743	-2,953
2013_SSMF17bis_S_T	234,319	162,236	5,13	0,022	-229,189	0,54	-87,92	1,361	-0,444
2013_SSMF18_S_C	422,16	217,494	116,746	0,277	-305,414	0,566	-123,102	1,329	-0,411
2014_SIMF16_I_T	241,981	174,062	107,992	0,446	-133,989	0,69	-63,338	1,204	-0,267
2014_SIMF17_I_T	184,471	122,766	71,706	0,389	-112,765	0,662	-51,39	1,229	-0,298
2014_SIMF20_I_T	196,928	156,3	118,319	0,601	-78,609	0,745	-45,977	1,158	-0,212
2014_SIMF21_I_T	192,223	116,397	8,573	0,045	-183,65	0,537	-69,612	1,365	-0,449
2014_SSMF16_S_C	255,388	199,001	151,575	0,594	-103,813	0,751	-57,335	1,154	-0,207
2014_SSMF17_S_T	5969,33	367,423	2,948	0	-5966,38	0,003	-5490,12	18,873	-4,238
2014_SSMF17bis_S_T	223,957	156,999	5,355	0,024	-218,602	0,47	-99,162	1,459	-0,545
2014_SSMF19_S_T	223,181	139,01	92,712	0,415	-130,469	0,754	-38,701	1,151	-0,203
2014_SSMF20_S_T	1317,28	262,75	66,036	0,05	-1251,24	0,321	-323,713	1,765	-0,82
2015_SSMF16_S_C	285,344	196,059	140,229	0,491	-145,115	0,729	-62,564	1,171	-0,228
2015_SSMF17_S_T	666,496	30,071	1,938	0,003	-664,558	0,022	-241,396	6,749	-2,755
2015_SSMF17bis_S_T	239,888	21,219	1,808	0,008	-238,08	0,031	-141,363	5,662	-2,501

Annexe 3 : Synthèse des valeurs des groupes écologiques pour la période 2010-2015

Libellé	S	N	%NA	%GI	%GII	%GIII	%GIV	%GV
2010_SIMF18_I_C	12	50,16	0	32,54	38,1	29,37	0	0
2010_SIMF19_I_C	9	123,41	1,61	98,69	0,33	0,98	0	0
2010_SSMF15_S_C	38	61,7	1,94	25,79	45,62	21,82	6,78	0
2010_SSMF16_S_C	34	80,2	3,37	66,32	23,87	5,68	4,13	0
2010_SSMF18_S_C	30	225,1	1,91	46,06	22,55	31,16	0,23	0
2011_SIMF16_I_T	15	6894,62	15,84	0	0	99,75	0,07	0,19
2011_SIMF17_I_T	10	290	1,99	97,97	0	2,03	0	0
2011_SIMF20_I_T	6	120	0	95,51	0	4,49	0	0
2011_SIMF21_I_T	16	231,92	13,27	1,72	0,76	40,73	0	56,79
2011_SSMF17_S_T	8	9,4	0	12,77	6,38	80,85	0	0
2011_SSMF17bis_S_T	7	11,4	0	8,77	7,02	84,21	0	0
2011_SSMF19_S_T	16	10,2	0	13,73	19,61	58,82	1,96	5,88
2011_SSMF20_S_T	17	25,25	0	28,71	2,97	58,42	0,99	8,91
2012_SSMF17_S_T	34	2688,4	0,77	1,56	96,33	1,99	0,09	0,03
2012_SSMF17bis_S_T	2	1	66,67	0	100	0	0	0
2013_SIMF18_I_C	14	21,5	0	33,33	61,11	5,56	0	0
2013_SIMF19_I_C	13	29,86	8	8,7	5,8	84,06	0	1,45
2013_SSMF15_S_C	65	198,4	13,91	29,16	15,69	53,28	1,87	0
2013_SSMF16_S_C	60	226,4	4,24	31	66,61	2,03	0,28	0,09
2013_SSMF17_S_T	13	8,8	4,55	45,24	2,38	35,71	14,29	2,38
2013_SSMF17bis_S_T	66	580,6	3,34	3,1	84,39	9,98	0,78	1,75
2013_SSMF18_S_C	23	235,2	2,55	43,19	32,11	24,35	0,35	0
2014_SIMF16_I_T	17	3934,62	22,99	0	0,03	99,71	0,04	0,23
2014_SIMF17_I_T	4	43,85	34,21	0	0	90,67	9,33	0
2014_SIMF20_I_T	4	13,89	36	87,5	0	6,25	0	6,25
2014_SIMF21_I_T	15	3694,62	15,66	0,01	0	99,43	0,56	0
2014_SSMF16_S_C	40	76,2	9,45	50,43	34,49	4,93	10,14	0
2014_SSMF17_S_T	12	72,6	0	2,75	0,83	96,42	0	0
2014_SSMF17bis_S_T	29	2171,2	0,16	0,5	74,09	24,87	0,07	0,46
2014_SSMF19_S_T	39	921	0,98	9,23	8,6	78,09	0,37	3,71
2014_SSMF20_S_T	5	9	0	2,22	2,22	60	0	35,56
2015_SSMF16_S_C	57	230,56	5,3	41,48	55,88	1,22	0,46	0,97
2015_SSMF17_S_T	27	63,11	1,23	4,1	2,67	69,16	0,53	23,53
2015_SSMF17bis_S_T	57	143,78	5,87	15,6	6,24	49,51	2,05	26,6