

Suzie Humbert, Hugues BLANCHET, Benoît GOUILLIEUX
Université de Bordeaux-CNRS / UMR 5805 EPOC
Observatoire aquitain des sciences de l'univers
Station marine d'Arcachon
2 rue du professeur Jolyet
33120 Arcachon



Avec le soutien financier de l'Agence de l'Eau Adour-Garonne



Contrat ifremer n° 18/2 216 864



Rapport final Juin 2019
Contrôle de surveillance 2018
Echantillonnage DCE et DCSMM des Masses d'Eau
Côtières d'Adour-Garonne pour le paramètre
« faune invertébrée benthique »

FICHE DOCUMENTAIRE

Type de rapport : Rapport d'étude	
Diffusion : Libre	Date de publication : 12 juin 2019
Titre : Contrôle de surveillance 2018 - Echantillonnage DCE et DCSMM des Masses d'Eau Côtières d'Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique »	
Auteur(s) principal(aux) : Suzie HUMBERT Hugues BLANCHET Benoît GOUILLIEUX	Organisme(s)/Service(s) : Université de Bordeaux et ADERA /UMR 5805 EPOC /Plateforme Biodiversité Station marine d'Arcachon 2 rue du professeur Jolyet 33120 Arcachon
Responsable de l'étude : Hugues BLANCHET	
Organisme commanditaire : Ifremer 92138 Issy les Moulineaux	

Citation : Humbert S., Blanchet H., Gouillieux, B. (2019) Contrôle de surveillance 2018 - Echantillonnage DCE et DCSMM des Masses d'Eau Côtières d'Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport d'étude UMR EPOC/Plateforme Biodiversité. Ifremer 18/2 216 864, AST 2018 429

Table des matières

Introduction	1
Méthodologie.....	3
Echantillonnage	3
Traitement des échantillons	5
Traitement des données	6
Résultats	10
MASSE D'EAU ARCACHON AMONT (FRFC 06) : SITE D'APPUI COMPRIAN	10
Localisation du site de Comprian	10
Contexte environnemental	11
Composition de la faune invertébrée benthique sur le site	11
Abondance de la faune	12
Nombre d'espèces	12
Indice de diversité de Shannon et indice d'équitabilité	13
Valeurs de l'AMBI	14
Evolution du peuplement benthique sur le site de Comprian	17
MASSE D'EAU ARCACHON AMONT (FRFC 06) : FAUNE DES HERBIERS A <i>ZOSTERA</i> <i>NOLTEI</i>	21
Caractéristiques du sédiment.....	21
Abondance et niveau de diversité de la faune	22
Indice de diversité de Shannon et indice d'équitabilité	23
Valeurs de l'AMBI	24
Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique	27
Résumé et Conclusions	31
Références	32

INTRODUCTION

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE établit un cadre pour la politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle a fixé comme objectif général l'atteinte d'un bon état écologique et chimique des masses d'eau souterraines et de surface. Ces dernières incluant les eaux côtières et de transition (intégrant notamment les estuaires). Au sein du district Adour-Garonne, qui s'étend des Pertuis charentais à l'estuaire de la Bidassoa (frontière espagnole), six masses d'eau Côtières (MEC) (« Côte nord-est de l'île d'Oléron » (FRFC01, « Pertuis charentais » (FRFC02), « Arcachon amont » (FRFC 06), « côte Landaise » (FRFC 08), « lac d'Hossegor » (FRFC 09) et « côte Basque » (FRFC 11)) font l'objet d'une surveillance DCE de la faune invertébrée benthique de substrat meuble. Cette faune invertébrée benthique, qui est un des éléments déterminants la qualité écologique des masses d'eau, a été échantillonnée aux printemps 2007, 2008 et 2009 puis en 2012 dans chacune de ces masses d'eau. Il convient de noter qu'une septième masse d'eau : la masse d'eau FRFC 07 « Arcachon Aval » n'est plus suivie depuis 2012.

La Directive cadre européenne « Stratégie pour le milieu marin » (DCSMM, 2008/56/CE), établit un cadre supplémentaire pour les actions communautaires européennes en matière de gestion durable propre au milieu marin. Suite à la mise en application de cette seconde directive il a été demandé d'étendre et de renforcer le dispositif de surveillance du milieu marin mis en place par la DCE. Notamment par l'extension du nombre de sites d'appuis qui consiste en un ensemble de sites suivis de manière annuelle alors que la plupart des sites ne sont suivis que tous les trois ans.

Le présent rapport présente les résultats de la surveillance DCE du paramètre « faune invertébrée benthique » pour l'année 2018 sur l'une des masses d'eau dont la surveillance a été confiée à l'UMR 5805 EPOC (Université de Bordeaux/CNRS) : la masse d'eau « Arcachon amont » (FRFC 06).

Le dispositif de surveillance renforcé inclut à présent deux sites suivis annuellement : le site de « Comprian », suivi depuis le début de la mise en application de la DCE), et le site « Estey Tort », site suivi tous les trois ans jusqu'ici et qui le sera désormais tous les ans (Figure 1). Le présent rapport présente les résultats acquis sur ces deux sites et propose des éléments d'interprétation de la qualité écologique des masses d'eau dans le cadre de la DCE mais ne constitue pas une évaluation de ces eaux dans le cadre de la DCSMM.



Figure 1

Localisation des sites de surveillance DCE en 2018 dans le bassin d’Arcachon

METHODOLOGIE

Echantillonnage

L'ensemble de l'échantillonnage a eu lieu entre les 25 et 27 avril 2018. Conformément au protocole AQUAREF (Garcia *et al.*, 2014), chaque site (ou « lieu ») est étudié au travers de trois stations (ou « passages ») éloignées d'environ 200 mètres les unes des autres. Dans chacun des trois passages (stations), trois prélèvements ont été réalisés pour la macrofaune invertébrée benthique ainsi qu'un prélèvement supplémentaire pour caractériser le sédiment. Au total, pour chaque site (lieu), neuf prélèvements ont donc été réalisés pour la faune et trois prélèvements supplémentaires pour la caractérisation des sédiments (2). La terminologie utilisée dans le présent rapport et sa correspondance avec la base de données Quadrigé² et le protocole AQUAREF est récapitulée dans la Table 1. Les changements méthodologiques réalisés au cours du suivi des différents sites sont résumés dans la Table 2.

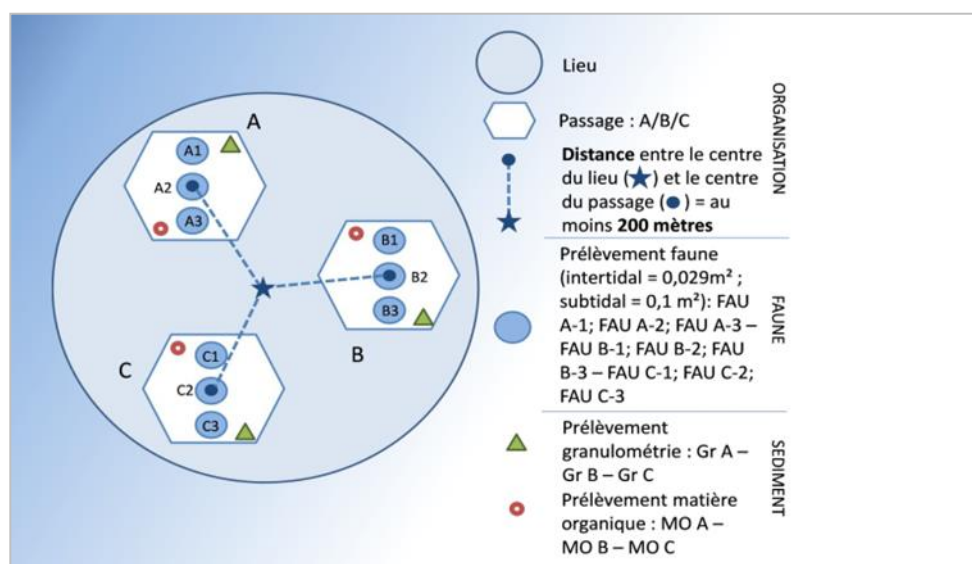


Figure 2

Représentation schématique du nouveau protocole d'échantillonnage AQUAREF
(figure issue de Garcia et al. 2014)

Table 1 : Terminologie utilisée dans le rapport et équivalences Quadrigé²/AQUAREF

Termes équivalents utilisés dans le présent rapport	Termes utilisés dans la Base Quadrigé ² et dans le protocole AQUAREF
Site	Lieu
Station	Passage

Pour les **sites intertidaux**, conformément au nouveau protocole AQUAREF, les échantillons ont été collectés à l'aide d'un carottier de diamètre intérieur d'environ 19 centimètres (19,22 cm de diamètre). Ces carottiers prélèvent une surface unitaire de 0,029 m² environ.

Pour la plupart des **sites subtidaux**, les échantillons ont été collectés à l'aide d'une benne de type Van Veen (Figure 3). Cette benne prélève une surface unitaire de 0,1 m².



Figure 3

Mise en œuvre de la benne Van Veen

Table 2

Synthèse des méthodes d'échantillonnage utilisées depuis 2007 sur les différents sites

Site d'échantillonnage / Année	surface unitaire d'échantillonnage (m ²)	nombre d'échantillon	surface d'échantillonnage totale (m ²)	engin d'échantillonnage
Estey Tort, herbier à <i>Zostera noltei</i>				
2007	0.04	5	0.20	Carottier métallique carré 0,2 x 0,2m
2008	0.04	5	0.20	Carottier métallique carré 0,2 x 0,2m
2009	0.04	5	0.20	Carottier métallique carré 0,2 x 0,2m
2012	0.04	5	0.20	Carottier métallique carré 0,2 x 0,2m
2016	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2017	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
2018	0.028	9	0.25	Carottier PVC diam. 19 cm (0,028 m ²)
Comprian, subtidal				
2007	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2008	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2009	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2010	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2011	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2012	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2013	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2014	0.1	5	0.50	Benne Van Veen 0,1 m ²
2015	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2016	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2017	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²
2018	0.1	9	0.90	Benne Van Veen 0,1 m ²

Traitement des échantillons

Faune benthique

Les prélèvements de macrofaune ont été tamisés sur maille carrée de 1 mm de côté. Le refus de tamis a été fixé à l'aide d'une solution de formol (4%) et coloré au Rose Bengale. Au laboratoire, la faune a été triée, identifiée au niveau du taxon le plus précis possible et dénombrée sous loupe binoculaire. L'abondance des espèces de l'épifaune fixée de petite taille (comme les polyplacophores) n'a pas été prise en compte dans l'abondance totale ainsi

que dans le calcul des indices. Les indices utilisés sont en effet principalement basés sur l'endofaune et l'épifaune mobile et non sur la faune fixée.

Caractérisation des sédiments

Les sédiments récoltés ont été caractérisés par leur granulométrie et leur teneur en matière organique. Le sédiment prélevé a été conservé au congélateur (-20°C).

Pour l'analyse granulométrique, le sédiment est placé dans un récipient pesé. Le sédiment est ensuite lavé 3 fois avec de l'eau douce (chaque lavage durant un minimum de 48H) puis lavé à nouveau 3 fois au métaphosphate de sodium (à 40 g/L, chaque lavage durant 48h au minimum également). Une fois lavé, le sédiment est séché à l'étuve (60°C) jusqu'à l'obtention d'un poids sec stable (avec un minimum de 48H). Le sédiment sec est ensuite pesé. Un premier tamisage humide, sur maille de 63 µm permet de déterminer la fraction inférieure à 63 µm, le sédiment restant est récupéré, séché à nouveau (48h à 60°C) et pesé. Une fois le sédiment sec, il est passé sur une colonne de tamis durant 15min selon les spécifications de Garcia *et al.* (2014). Cette analyse permet d'obtenir le poids sec de sédiment de chaque fraction. La médiane granulométrique a été déterminée en utilisant le *package G2sd* sous R (Gallon & Fournier, 2015).

La teneur en matière organique du sédiment a été déterminée par la méthode dite de la perte au feu. Pour cela, le sédiment est placé à l'étuve durant 48h minimum à 60°C (jusqu'à obtention d'une masse constante). Le sédiment est ensuite broyé à l'aide d'un mortier, placé dans une capsule pré-pesée et remis à sécher à l'étuve. L'ensemble capsule + sédiment sec est ensuite pesé, puis calciné au four durant 4H à une température de 450°C. A l'issue de la calcination, l'ensemble capsule + cendres et matières minérales est pesé. La teneur en matière organique est obtenue par différence entre les masses avant et après calcination.

Traitement des données

Calcul des indices de diversité

Afin de caractériser la diversité des stations échantillonnées, trois valeurs ont été calculées :

- La richesse spécifique S^1 qui correspond au nombre total d'espèces récoltées à l'échelle du site.
- L'indice de diversité de Shannon H' selon la formule :

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \cdot \text{Log}_2(p_i)$$

Avec :

S le nombre total d'espèces ;

p_i la proportion, en abondance, de l'espèce i par rapport à l'abondance totale

¹ Les valeurs de S utilisées pour la définition des Etats de Référence correspondent à une surface échantillonnée d'environ 0.2 m² en intertidal et à 0.5 m² en subtidal.

La valeur de H' se calcule sur l'ensemble (la somme) des échantillons

- L'indice d'équitabilité de Piéluou J' selon la formule :

$$J' = \frac{H'}{H'_{max}}$$

Avec :

$$H'_{max} = \log S$$

- La valeur de l'AMBI est calculée pour chaque échantillon selon la formule :

$$AMBI = (p_{GE1} \times 0) + (p_{GE2} \times 1,5) + (p_{GE3} \times 3) + (p_{GE4} \times 4,5) + (p_{GE5} \times 6)$$

Avec :

p_{GEx} la proportion, en abondance, des espèces du groupe écologique x défini par Borja *et al.* (2000). Celui-ci définit 5 groupes écologiques de polluo-sensibilité décroissante :

- GE I : espèces sensibles aux perturbations ;
- GE II : espèces indifférentes aux perturbations ;
- GE III : espèces tolérantes aux perturbations ;
- GE IV : espèces opportunistes de second ordre ;
- GE V : espèces opportunistes de premier ordre

L'AMBI a été calculé grâce au logiciel développé par AZTI (<http://ambi.azti.es>).

Analyse des données

Afin de mieux comprendre la dynamique de la faune benthique telle qu'elle est observée dans cette station, une analyse complémentaire des données est proposée, notamment en replaçant les données acquises en 2018 dans le contexte de l'ensemble du suivi.

Pour procéder à cette étude, les données d'abondance par espèce de chacun des échantillons collectés depuis le début du suivi ont été soumises à un ensemble d'analyses multivariées afin de dégager les éventuels patrons d'évolution de la composition faunistique à cette station.

Les données d'abondances brutes mesurées sur le terrain ont été transformées en cotation d'abondance selon l'échelle SACFOR. Cette échelle de cotation permet de limiter l'importance des taxons de petites tailles (par exemple la plupart des Spionidae, la plupart des oligochètes, ou le petit gastéropode *Peringia ulvae*). L'échelle SACFOR considère qu'en fonction de l'échelle de taille individuelle des différentes espèces, une espèce peut être qualifiée de « Extrêmement abondante » (*S: Superabundant*), « Abondante » (*A: Abundant*), « Commune » (*C: Common*), « Fréquente » (*F: Frequent*), « Occasionnelle » (*O: Occasional*) ou « Rare » (*R: Rare*) en fonction de son niveau d'abondance dans un échantillon selon le schéma présenté sur la Figure 1.

MNCR SACFOR abundance scales

S = Superabundant, A = Abundant, C = Common, F = Frequent, O = Occasional, R = Rare

GROWTH FORM			SIZE OF INDIVIDUALS / COLONIES				DENSITY
% COVER	CRUST / MEADOW	MASSIVE / TURF	<1 cm	1-3 cm	3-15 cm	>15 cm	
>80%	S		S				>1 / 0.0001 m ² (1x1 cm) >10,000 / m ²
40-79%	A	S	A	S			1-9 / 0.001 m ² (3.16x3.16 cm) 1000-9999 / m ²
20-39%	C	A	C	A	S		1-9 / 0.01 m ² (10x10 cm) 100-999 / m ²
10-19%	F	C	F	C	A	S	1-9 / 0.1 m ² 10-99 / m ²
5-9%	O	F	O	F	C	A	1-9 / m ²
1-5% or density	R	O	R	O	F	C	1-9 / 10 m ² (3.16x3.16 m)
<1% or density		R		R	O	F	1-9 / 100 m ² (10x10 m)
					R	O	1-9 / 1000 m ² (31.6x31.6 m)
						R	>1 / 10,000 m ² (100x100 m) <1 / 1000 m ²

Figure 1

Présentation de l'échelle SACFOR utilisée pour transformer les données d'abondances brutes en cotations d'abondances en fonction de la taille individuelle des espèces (<1 cm, 1-3 cm, 3-15 cm, >15 cm) et de leur niveau de densité (colonne DENSITY).

Dans le cas de cette étude, seule les classes de taille : « <1 cm », « 1-3 cm » et « 3-15 cm » ont été prises en compte. Les cotations utilisées sont présentées sur la Table 4.

Table 3

Echelle de cotations utilisée pour le codage des données d'abondance. Des exemples d'organismes sont présentés en bas de la table

Echelle de taille individuelle			Niveau de densité
< 1 cm	1-3 cm	3-15 cm	
S (=4) ●●●●			> 10 000 ind.m ⁻²
A (=3) ●●●	S (=4) ●●●●		1000-9999 ind.m ⁻²
C (=2) ●●	A (=3) ●●●	S (=4) ●●●●	100-999 ind.m ⁻²
F (=1) ●	C (=2) ●●	A (=3) ●●●	11-99 ind.m ⁻²
O (=0)	F (=1) ●	C (=2) ●●	10 ind.m ⁻²
R (=0)	O ou R (=0)	F, O ou R (=0)	<10 ind.m ⁻²

< 1 cm	1-3 cm	3-15 cm	
La plupart des Spionidae et Capitellidae, oligochètes	Nephtyidae, Nereididae, <i>Glycera</i> spp., Ampharetidae	<i>Arenicola marina</i> , <i>Diopatra</i> spp., <i>Marphysa</i> spp.	exemples d'Annélides
<i>Peringia ulvae</i> , <i>Bittium reticulatum</i>	<i>Nassarius reticulatus</i>	<i>Buccinum undatum</i>	exemples de gastéropodes
<i>Abra</i> spp., Montacutidae,	Palourdes, coques, moules, <i>Scrobicularia plana</i>	Huîtres, lutraires, myes	exemples de bivalves
Amphipodes, isopodes, Mysidacées	<i>Clibanarius erythropus</i> , crevettes	<i>Carcinus maenas</i> , la plupart des crabes	exemples de crustacés
	La plupart des ophiures	<i>Echinocardium cordatum</i> , <i>Marthasterias glacialis</i>	exemples autres

En pratique, l'utilisation de ce système de cotation conduit à ne pas considérer la présence des petites espèces lorsque leur niveau d'abondance est inférieur à 11 individus par m² (un seul individu dans une benne Van Veen) et à considérer que le fait de trouver un seul individu d'espèces de grande taille correspond probablement à des niveaux d'abondance élevés pour l'espèce (« Fréquente » ou « Commune » selon la taille individuelle moyenne de l'espèce). De même, l'utilisation de cotation d'abondance entraîne le fait que deux échantillons contenant respectivement l'équivalent de 1050 *Peringia ulvae* par m² et 5248 *Peringia ulvae* par m² sont considérés comme strictement similaires du point de vue de l'abondance de cette espèce de petite taille.

Ces données transformées ont ensuite été utilisées pour calculer le degré de similarité faunistique entre chaque paire d'échantillon à partir du coefficient de similarité de Bray -Curtis, classiquement utilisé dans la littérature pour l'analyse de ce type de données (Clarke & Warwick, 2001 ; Clarke & Gorley, 2006). Cette matrice de similarités a ensuite été soumise à une Analyse en coordonnées principales (PCO) qui permet de visualiser l'ordination des échantillons dans un espace de dimensions réduites sur la base de la ressemblance faunistique entre échantillons (Anderson *et al.*, 2008). Les principales espèces caractérisant chaque site à chaque campagne ont été déterminées comme les espèces présentant au moins un niveau d'abondance « commun » sur l'une des dates de la surveillance.

RESULTATS

Masse d'eau Arcachon amont (FRFC 06) : site d'appui Comprian

Localisation du site de Comprian

Le site de Comprian est un site d'appui pour la surveillance du paramètre « faune invertébrée benthique » localisé dans la masse d'eau « Arcachon amont ». Sa localisation précise est indiquée sur la figure 5.



Figure 5

Localisation du site d'appui « Comprian » et des trois stations correspondantes : A, B et C

Contexte environnemental

Le site Comprian correspond à des sables fins plus ou moins envasés (médiane granulométrique de 90 à 440 μm) dont le taux de particules fines varie entre 1 et 49 % et une teneur en MO de 0,3 à 4,7 %. Les données acquises depuis 2015 ont confirmé l'hétérogénéité spatiale non négligeable de ces sédiments à petite échelle spatiale avec des taux de particules fines variant entre 7 et 28% entre les passages en 2015, 2 et 21% en 2016, 1 et 26 % en 2017 et entre 4 et 15% en 2018 (Table 4).

Table 4
Variations des caractéristiques du sédiment sur le site « Comprian »

Année		Teneur en matière organique (%)	Teneur en particules fines (<63 μm) (%)	Médiane granulométrique (μm)
2007		0,6	6	200
2008		1,4	7	290
2009		4,7	32	110
2010		4,1	49	100
2011		0,3 à 0,5	8 à 11	90 à 130
2012		1,2 à 2,6	5 à 13	150 à 150
2013		0,7 à 1,1	3 à 6	170 à 210
2014		0,7 à 0,8	4 à 7	130 à 150
2015	A	0,9	7	170
	B	3,1	24	130
	C	3,8	28	110
2016	A	2,5	21	140
	B	0,3	2	190
	C	1,2	9	250
2017	A	0,6	1	440
	B	2,5	26	140
	C	2,6	17	150
2018	A	0,6	4	290
	B	2,1	15	170
	C	1,8	11	160

Composition de la faune invertébrée benthique sur le site

Les principales espèces présentes sur le site sont, pour les annélides polychètes : *Mediomastus fragilis*, *Poecilochaetus serpens*, *Heteromastus filiformis*, *Scoloplos armiger* et *Euclymene oerstedii* ainsi que les genres *Magelona*, *Prionospio* et *Diopatra*. Le crustacé anomoure *Diogenes pugilator*, l'amphipode *Abludomelita obtusata*, la moule *Mytilus edulis* ainsi que des némerthes sont également communément échantillonnés sur le site.

Abondance de la faune

Par comparaison avec le début de la surveillance en 2007, l'abondance de la faune invertébrée benthique avait augmenté à partir de 2009 jusqu'à atteindre des valeurs maximales sur la période 2011 - 2012, avec des niveaux d'abondance supérieurs à 5 000 individus par m². Une forte chute du niveau d'abondance avait été observée en 2014 (Blanchet *et al.*, 2015). En 2015, le niveau d'abondance était comparable aux niveaux mesurés en début de suivi, de l'ordre de 500 individus par m² (

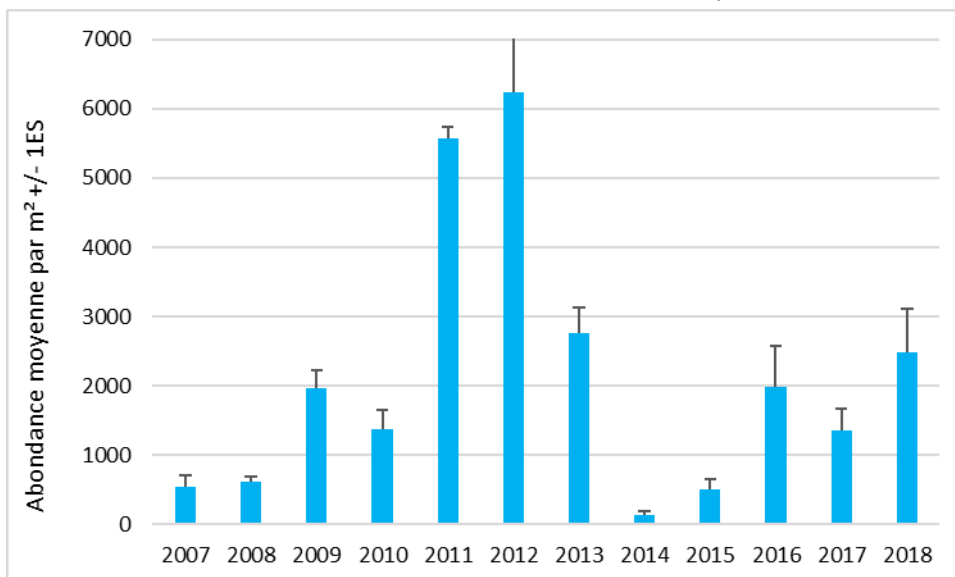


Figure 6). En 2016, on a assisté à une nouvelle augmentation de la densité de la macrofaune qui s'est maintenue en 2017 puis en 2018 avec une abondance moyenne de plus de 2000 individus par m².

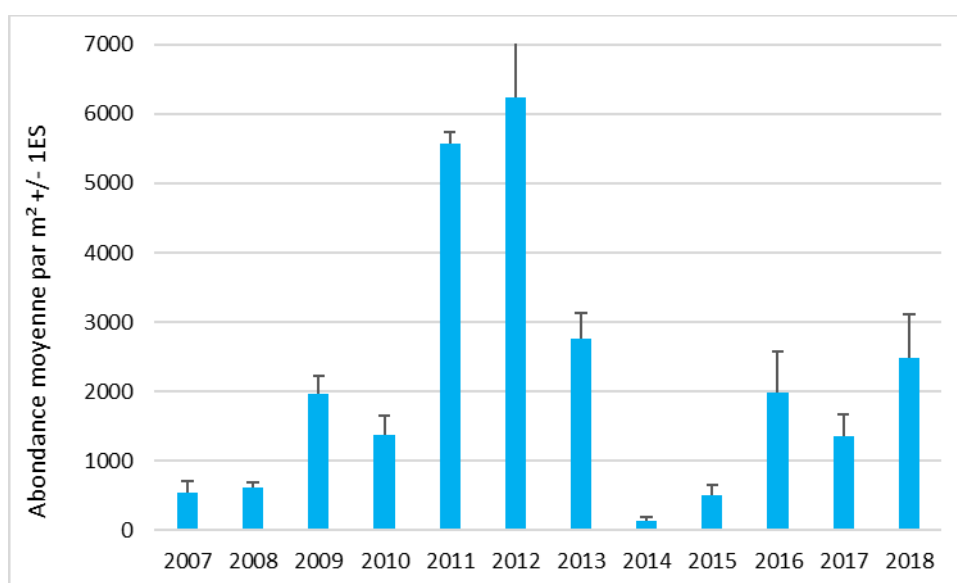


Figure 6

Evolution des niveaux d'abondance (abondance moyenne, en nombre d'individus par m²) entre 2007 et 2018 sur le site « Comprian »

Nombre d'espèces

Depuis le début de la surveillance, le nombre de taxons a connu une forte augmentation entre 2010 et 2011, passant d'un nombre de taxons compris entre 15 et 25 sur la période 2007 à 2010 à un niveau de l'ordre de 40 à 45 taxons en 2011. A partir de cette période, le nombre de taxons a tendu à diminuer pour atteindre un niveau moyen de l'ordre de 25-30 taxons par échantillon en 2013 et un niveau notablement faible en 2014 (moyenne inférieure à 10 taxons par échantillon). En 2015, le nombre d'espèces s'est accru par rapport à 2014 et se rapproche du niveau de 2007 (

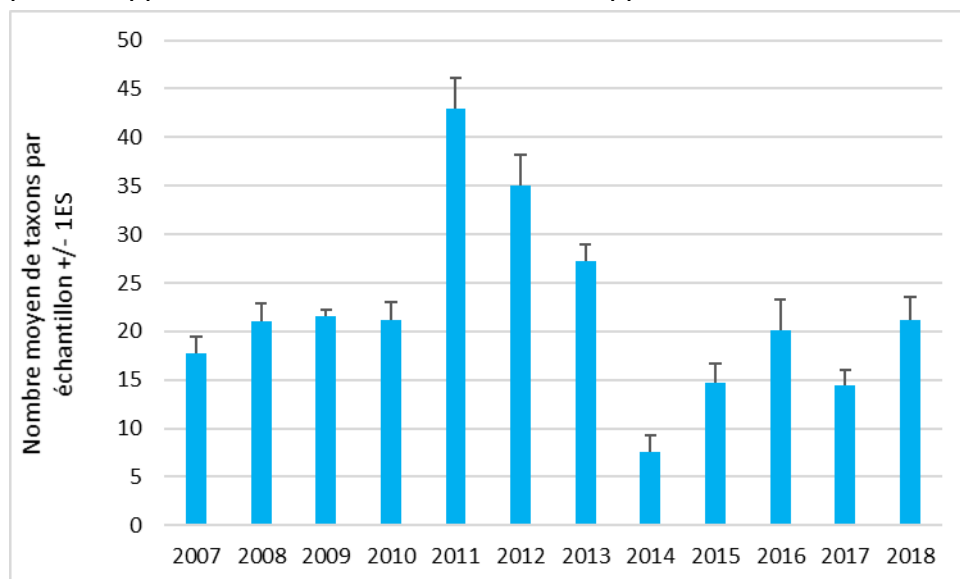


Figure 7). Le nombre d'espèce en 2015 restait encore relativement faible par rapport aux niveaux de la période 2008-2013. En 2016, le nombre d'espèces par échantillon est équivalent à ce qu'il était sur la période 2007-2010. En 2017, le nombre moyen de taxons par échantillon est sensiblement égal à celui de 2015 soit légèrement plus faible qu'en 2016. En 2018, le nombre moyen d'espèce est équivalent à celui du début du suivi (2007-2011) et de 2016 avec un peu plus de 20 taxons.

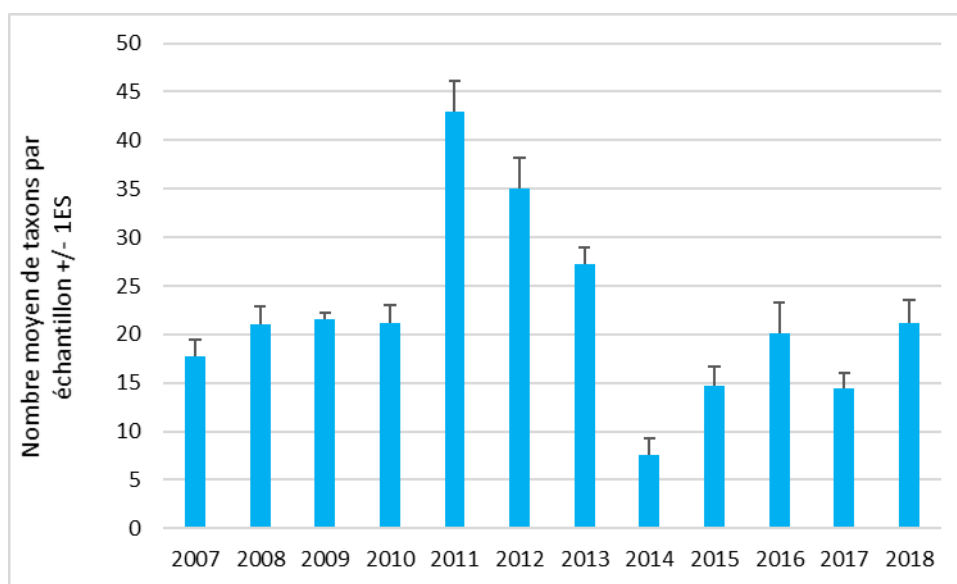


Figure 7

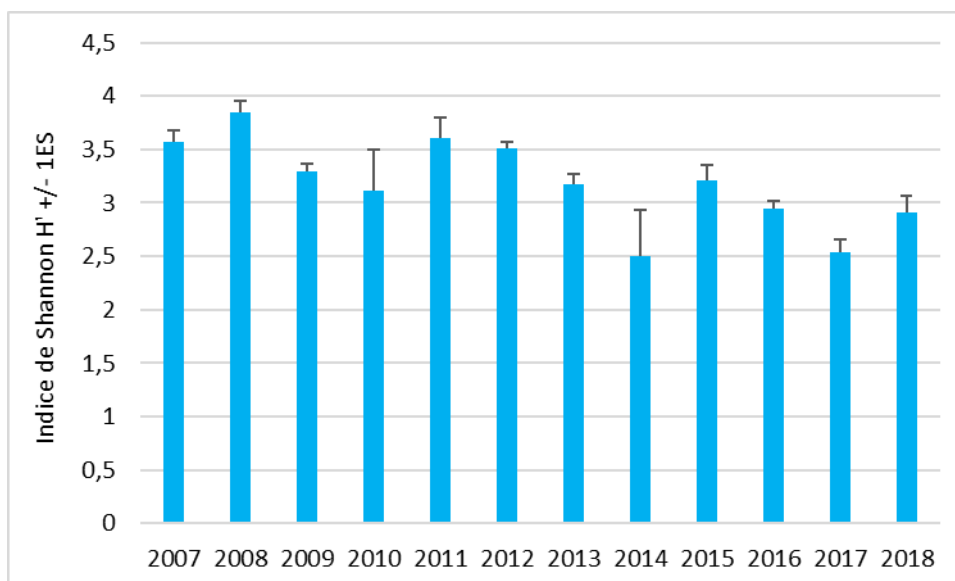
Evolution de la diversité taxonomique (nombre moyen de taxons par échantillon) entre 2007 et 2018 sur le site « Comprian »

Indice de diversité de Shannon et indice d'équitabilité

Les valeurs moyennes de l'indice de diversité de Shannon sont relativement stables depuis le début du contrôle de surveillance. Ces valeurs sont par ailleurs relativement élevées (en général supérieures à 3.0 bit.ind^{-1}) pour ce type de peuplement. A l'exception des années 2014, marquées par une assez forte hétérogénéité entre échantillons, et 2017. En 2018, la valeur de l'indice est plus élevée que l'année précédente et atteint presque 3 (Figure 8A).

L'équitabilité mesurée par l'indice d'équitabilité J' est en général élevée ($>0,7$) sur l'ensemble du suivi. Elle tend à diminuer légèrement depuis 2014 (Figure 8B).

A.



B.

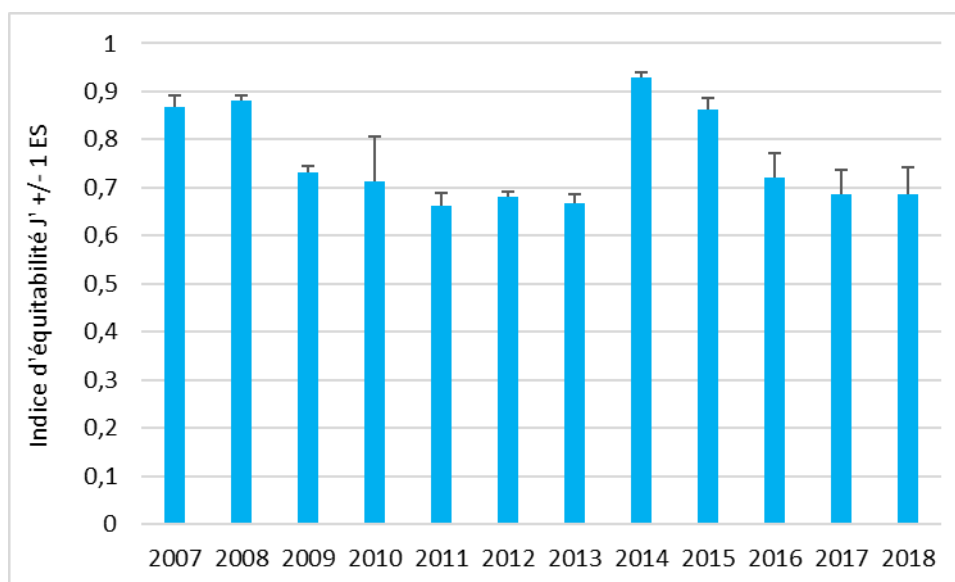


Figure 8

Evolution de la valeur moyenne (+ 1 erreur standard) de (A.) l'indice de diversité de Shannon (H') et de (B.) l'indice d'équitabilité de Pielou (J'), au cours des différentes campagnes de surveillance DCE sur le site « Comprian »

Valeurs de l'AMBI

Les valeurs de l'AMBI ont été peu modifiées dans cette station au cours de la période de surveillance (Figure 9). On note cependant que les années 2007-2008 et 2012-2013 se caractérisaient par des valeurs d'AMBI plus élevées en raison d'une plus importante proportion relative de taxons du groupe écologique V (espèces opportunistes de premier ordre) ainsi que du groupe écologique III. Les organismes de ce groupe écologique V disparaissent de la station en 2014 et sont progressivement retrouvés dans les échantillons

en 2015 puis en 2016, 2017 et 2018. En revanche, les années 2010, 2011 et 2015 sont marquées par une forte proportion d'organismes du groupe I avec des valeurs d'AMBI plus faibles. On retrouve le même cas de figure en 2018.

Estimation de l'état écologique à la station Comprian

Comparé à des valeurs de référence, l'AMBI, malgré ses variations au cours du suivi, traduit un bon état écologique de la macrofaune benthique au cours du temps depuis le début du suivi sur le site de Comprian (Figure 10). L'indice de Shannon H' indique également que les peuplements benthiques seraient plutôt en bon état écologique depuis 2007, malgré quelques valeurs plus basses ces dernières années qui tendent vers un état moyen. La richesse spécifique témoigne d'un bon état écologique global du site au début du suivi. A partir de 2014, la baisse du nombre d'espèces par échantillon entraîne une détérioration de l'évaluation de l'état écologique vers un état « Moyen » voire « Médiocre ». L'ensemble est indicateur d'un très probable Bon état écologique du site.

Site de Comprian, subtidal

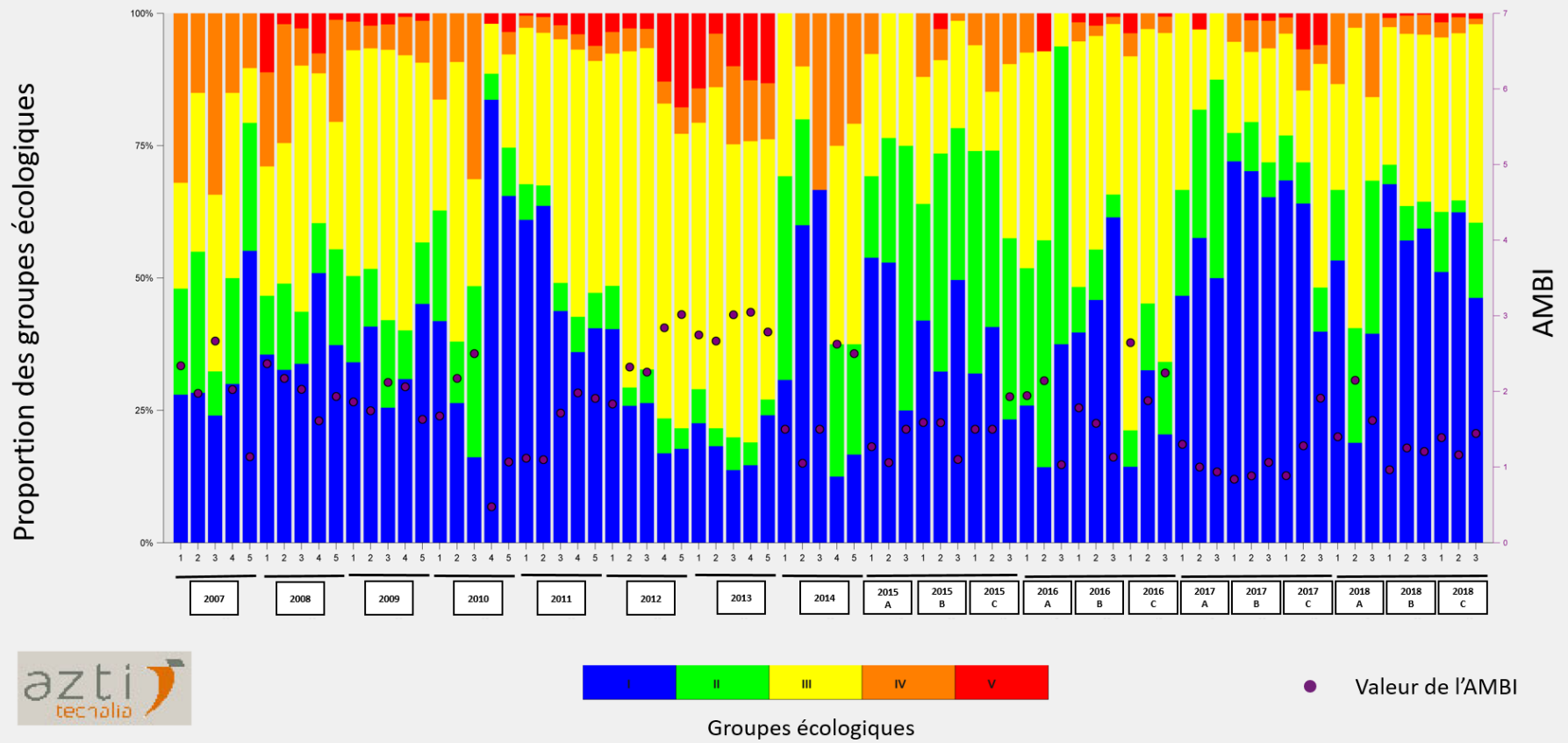


Figure 9

Evolution de l'importance relative des groupes écologiques I à V définis par l'AMBI (histogramme empilé) ainsi que la valeur de l'AMBI (points) entre 2007 et 2018 sur le site « Comprian »

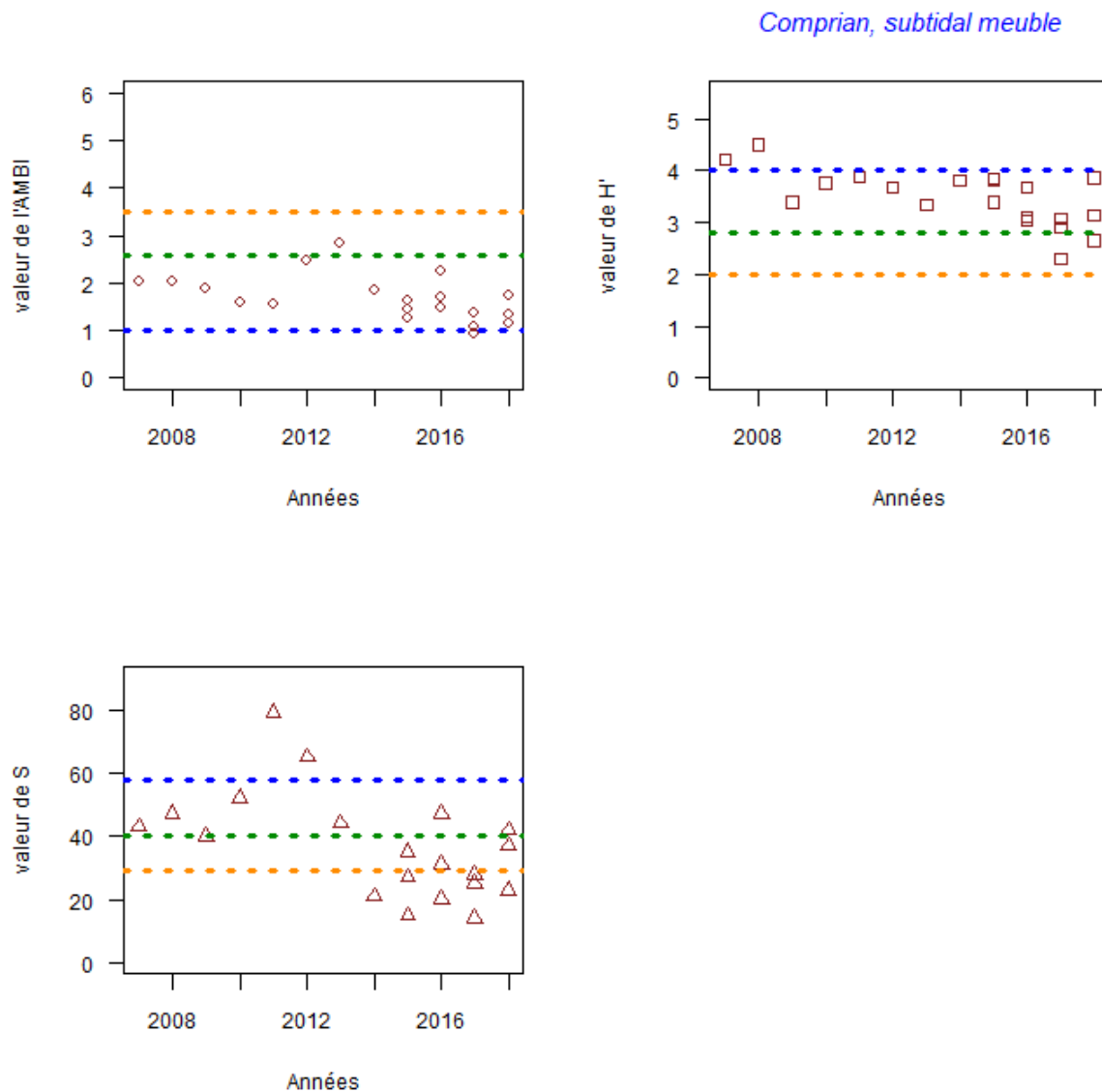


Figure 10

Evaluation des métriques (AMBI, H', S) entre 2007 et 2018 sur le site « Comprian ». Les segments tracés indiquent la limite entre les états « Très Bon » et « Bon » (en bleu), « Bon » et « Moyen » (en vert), « Moyen » et « Médiocre » (en orange). Ces segments en pointillés sont uniquement des limites estimées

Evolution du peuplement benthique sur le site de Comprian

Les résultats acquis depuis 2015 ont illustré la variabilité non négligeable du peuplement benthique sur le site « Comprian » à petite échelle spatiale. Ils suggèrent que les différences de peuplement benthique entre les années 2007 et 2014, d'une part, et les années 2008 à 2010, d'autre part étaient du même ordre que celles retrouvées entre les différents « passages » de 2015. Autrement dit, les différences observées entre ces années peuvent être considérées comme mineures car du même ordre que celles trouvées en 2015 à petite échelle spatiale (Blanchet *et al.*, 2016). La PCO réalisée en incluant les données de 2018 confirme à nouveau les résultats obtenus précédemment (

1). Elles confirment également l'évolution observée à cette station au cours du suivi.

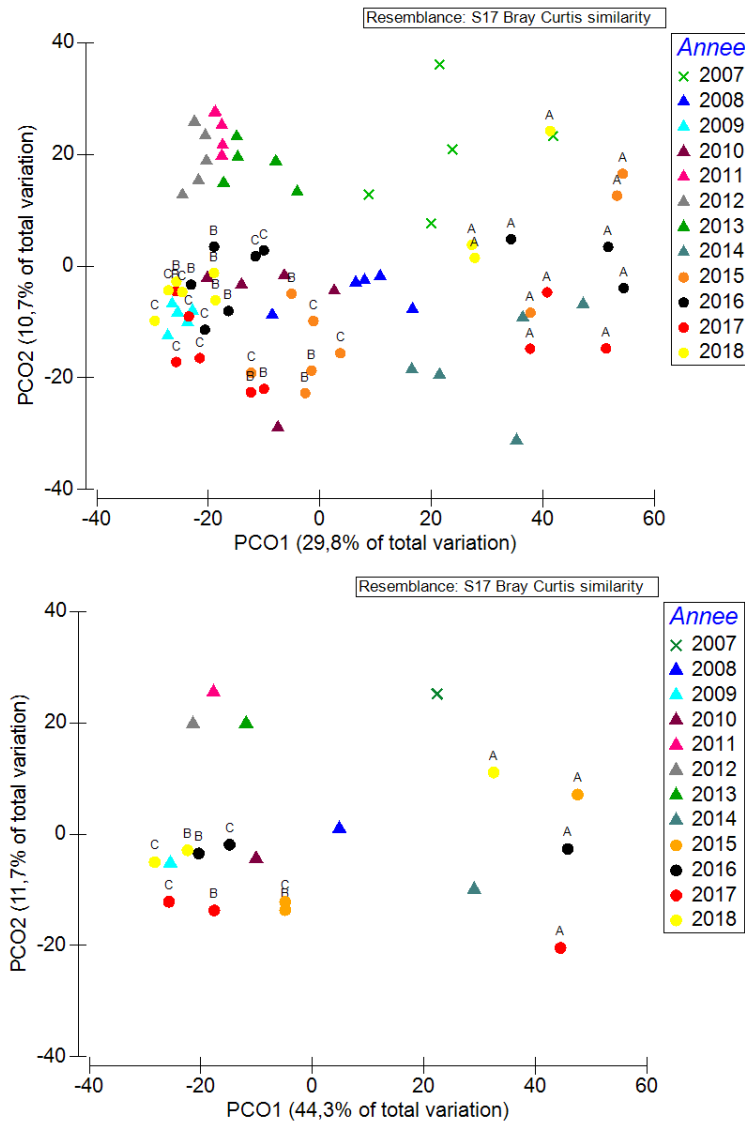


Figure 11

Résultats de l'ordination en coordonnées principales (PCO) des échantillons faunistiques collectés depuis le début de la surveillance DCE sur le site « Comprian » (A). La figure B est l'ordination des « années » (centroïdes) par PCO. Elle permet de résumer les variations inter annuelles.

En 2007, la faune benthique de la zone est installée sur des sédiments relativement sableux, dépourvu de bancs de moules. Cette faune benthique présente des niveaux d'abondances très modérés (de l'ordre de 500 individus par m²) avec un assez faible nombre d'espèces par échantillon (entre 15 et 20 taxons par 0,1 m²) où les crustacés amphipodes des genres *Urothoe* et *Bathyporeia* représentent une part importante du peuplement. A partir de 2008, des bancs de moules *Mytilus edulis* se développent sur la zone. Ces bancs de moules se maintiennent et se développent dans les années suivantes, entraînant une modification de l'habitat benthique. Ces modifications sont (1) la formation d'un habitat complexe, qui favorise la présence de nombreuses espèces (épifaune, et faune vagile), sur une même surface et (2) l'envasement des sédiments à proximité des moulières en raison

de la présence des massifs de moules, dont la structure physique ralentit les courants et favorise la sédimentation de particules fines riches en matière organique et par l'activité de filtration des moules qui génèrent la production de pseudofèces qui sédimentent et contribuent également à l'enrichissement en matière organique des sédiments. Ce phénomène entraîne un développement important de l'endofaune, notamment les annélides parmi lesquels figurent de nombreux taxons présentant une affinité pour les sédiments envasés et/ou riches en matière organique. En conséquence, le peuplement devient largement dominé par les annélides et présente des niveaux d'abondance nettement plus élevés, d'un à plusieurs milliers d'individus par m² ainsi qu'un nombre d'espèces par échantillon élevé (> 20 et jusqu'à >45 taxons par échantillon). Le peuplement se caractérise en outre par la présence d'espèces considérées comme opportunistes par l'indicateur AMBI. Néanmoins, ces espèces restent à des niveaux d'abondance et de dominance faibles. En 2014, une dessalure marquante du milieu (Ifremer, 2015), liée à des débits élevés des cours d'eaux en relation avec une pluviométrie très importante au cours des mois précédant l'échantillonnage, se traduit probablement par une modification importante du milieu où seules certaines espèces macrobenthiques se maintiennent. Cet événement est accompagné par une disparition des moulières de la zone, peut-être également en raison des fluctuations de salinités. Le peuplement présente donc une densité d'individus et un nombre d'espèces très faible. En 2015, les niveaux de salinités relativement élevés et plus stables ont favorisé la recolonisation de la zone, à l'exception des moules, absentes du site comme en début de suivi. A partir de 2016 la recolonisation du site semble se poursuivre. En 2018, l'espèce *Mytilus edulis* est de nouveau présente sur la zone mais les résultats ne montrent pour l'instant pas de modification de la macrofaune benthique associée.

Table 5

Principales espèces (taxons) caractérisant la macrofaune benthique du site « Comprian » entre 2007 et 2018 et niveaux moyens d'abondance (individus par m²). L'absence d'un taxon de la liste ne signifie pas nécessairement que le taxon est totalement absent mais les niveaux d'abondances mesurés sont considérés comme faibles pour l'espèce considérée. ●●● espèce « Abondante », ●● espèce « Commune », ● espèce « Fréquente » selon l'échelle SACFOR

Groupe écologique		Comprian 2007	Comprian 2008	Comprian 2009	Comprian 2010	Comprian 2011	Comprian 2012	Comprian 2013	Comprian 2014	Comprian 2015	Comprian 2016	Comprian 2017	Comprian 2018				
													A	B	C		
ANNELIDA	III		●	●●	●●	●●●	●●●	●●●	●	●	●●	●●			●	●	
	IV	●●		●	●	●●	●●	●		●	●	●			●	●	
			●●	●●	●●	●●●	●●	●●●	●●			●●	●●		●●	●●	
	I			●●●	●●	●●	●●			●●	●●	●●			●●●	●●●	
	I		●●	●●	●●	●●	●●●	●●●			●●	●●●	●●		●●●	●●●	
	III	●●	●●			●●	●●	●●			●●						
	II	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●	
	I	●	●	●●	●●	●●●	●●	●●			●	●●	●●		●	●●●	●●●
	III			●●		●●	●●	●●				●●			●●	●	
	IV			●●	●	●●	●●	●			●	●●	●●				
	I	●●	●●			●●●											
	V		●	●	●	●●	●●	●●				●	●		●	●	
	MOLLUSCA	III			●●●	●●●	●●●	●●●	●●			●●				●●	●●
I						●●	●●	●●			●●						
III						●	●								●●	●●	
ARTHROPODA AUTRES CLADES	II		●							●●	●●	●●	●●	●●	●●		
	III		●●	●●		●●	●●	●●			●				●●	●●	
	II					●●	●●	●●		●●	●●		●	●●	●●	●●	

Masse d'eau Arcachon amont (FRFC 06) : faune des herbiers à *Zostera noltei*

Caractéristiques du sédiment

Le site « Estey Tort » correspondait à un herbier à *Zostera noltei* en 2007 mais l'herbier a disparu de ce site à partir de 2008 (Figure 12). Les sédiments consistent en général en des vases plus ou moins sableuses (Table 6). Entre 2007 et 2009, les sédiments semblent plus fins qu'en 2012 et 2016 où les sédiments sont apparus moins envasés bien que leur teneur en matière organique soit restée relativement élevée. En 2017, les sédiments sont à nouveau plus envasés avec des teneurs en particules fines supérieures à 40% sur les trois stations. En 2018, les sédiments semblent similaires à ceux de 2017, avec des teneurs en particules fines élevées sur les trois stations.

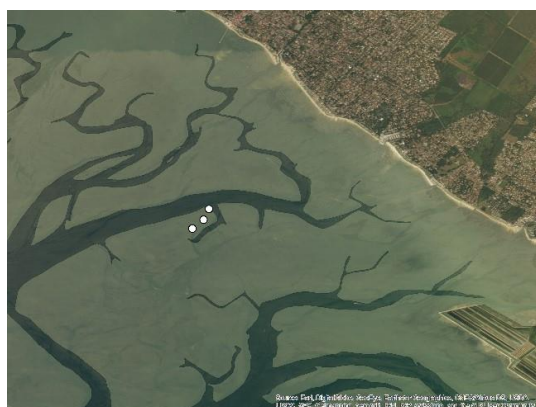


Figure 12

Localisation des stations d'échantillonnage du site « Estey tort »

Table 6

Variations des caractéristiques du sédiment sur le site « Estey Tort »

Site		Teneur en matière organique (%)	Teneur en particules fines (<63µm) (%)	Médiane granulométrique (µm)
Année				
Estey Tort				
2007		7	59	40
2008		9,1	21	40
2009		10,3	77	30
2012		1,2 à 2	9 à 13	150 à 150
2016	A	8,4	8	300
	B	6,7	21	100
	C	3,6	12	100
2017	A	6,5	70	10
	B	5,2	63	20
	C	2,6	40	80
2018	A	6,6	89	10
	B	4,5	74	10
	C	2,9	29	10

Abondance et niveau de diversité de la faune

Depuis le début de la surveillance DCE du site « Estey Tort », le nombre moyen d'espèces de la macrofaune benthique collectée a oscillé entre 11 et 27 taxons par échantillons (Figure 13). En 2016 et 2017, le nombre moyen de taxons semble plus faible qu'au début de la surveillance. En 2018, on observe une légère augmentation, avec plus de 15 taxons en moyenne par échantillon, qui reste relativement faible par rapport aux années antérieures. Un biais lié à la réduction de la surface d'échantillonnage à partir de 2016 ne peut être écarté.

L'abondance de la macrofaune était forte au début du suivi en 2007 jusqu'à 2012 avec des niveaux d'abondances moyennes compris entre 5000 et 15 000 individus par m² (Figure 14). A partir de 2016 l'abondance est nettement plus faible avec moins de 5000 individus par m². On observe une légère augmentation de l'abondance en 2017. Celle-ci est très faible en 2018 avec la valeur la plus basse depuis le début de la surveillance (moins de 500 individus par m²). Cette diminution est principalement liée à la faible présence sur le site de *Peringia ulvae* (moins de 100 individus par m²) et des oligochètes depuis 2016, qui était jusque-là des espèces dominantes (Figure 15). En 2018 *Peringia ulvae* est absente et les oligochètes sont en très faible abondance.

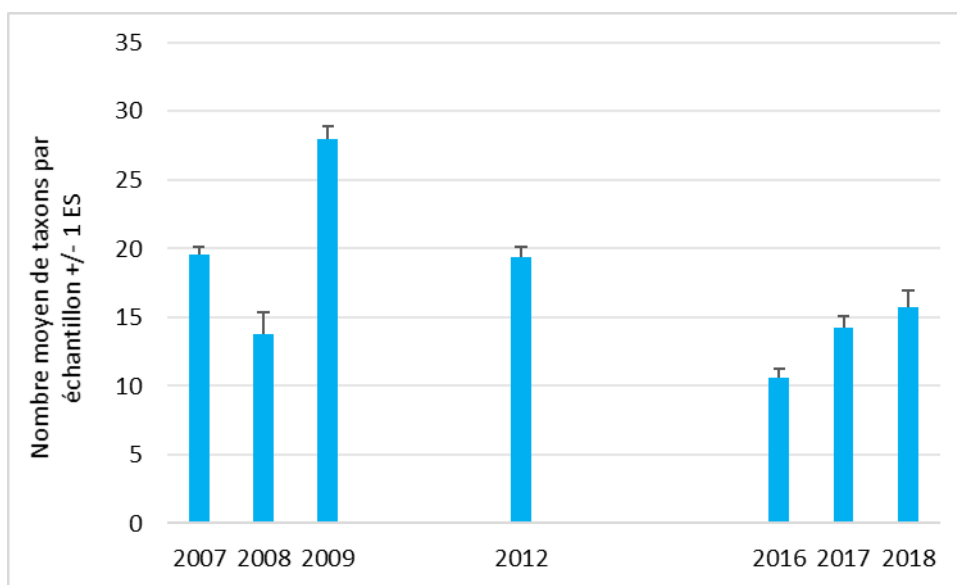


Figure 13

Evolution de la diversité taxonomique (nombre moyen de taxons par échantillon) entre 2007 et 2018 sur le site « Estey Tort »

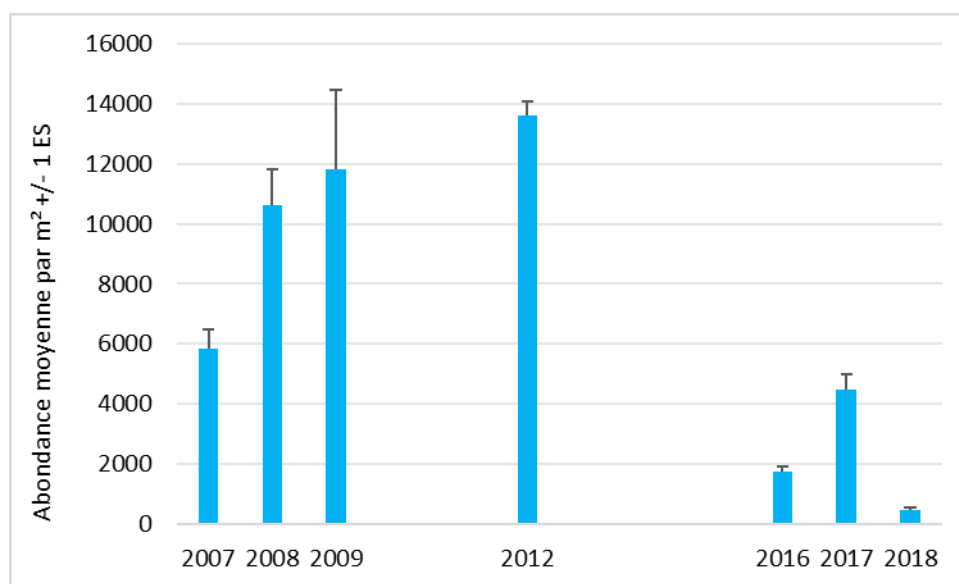


Figure 14

Evolution des niveaux d'abondance (abondance moyenne, en nombre d'individus par m² +/- 1ES) entre 2007 et 2018 sur le site « Estey Tort »

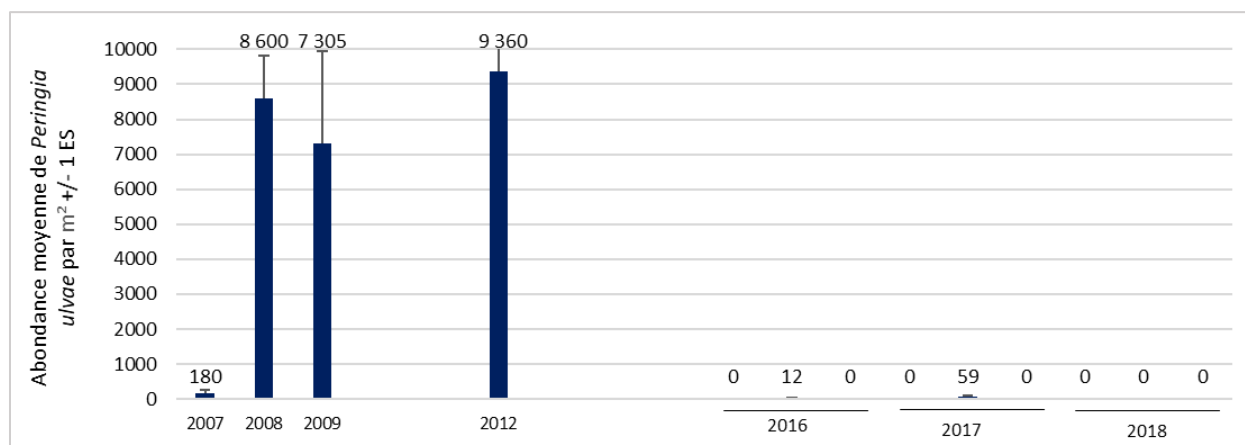


Figure 15

Evolution de l'abondance moyenne de l'espèce *Peringia ulvae* (nombre d'individus par m² +/- 1ES) sur le site « Estey Tort »

Indice de diversité de Shannon et indice d'équitabilité

L'indice de Shannon est modérément élevé du début de la surveillance à 2017. Cependant en 2008, la valeur de l'indice était particulièrement basse. Cette baisse est principalement liée au faible nombre de taxons représentés sur le site cette année-là associé à la dominance en terme d'abondance d'un faible nombre d'espèces, dont les hydrobiees qui constituaient 80% des échantillons (Figure 16). En 2018, H' a la valeur la plus élevée depuis le début du suivi, ce qui peut s'expliquer par l'absence de *Peringia ulvae* et la très faible abondance des oligochètes. L'analyse de l'équitabilité, qui suit la même évolution que H', amène aux mêmes conclusions (Figure 17).

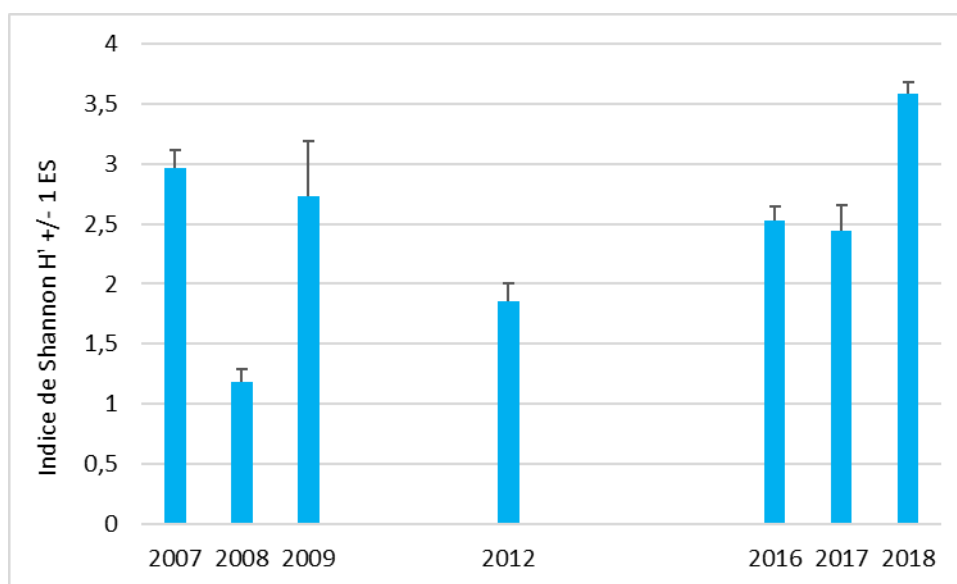


Figure 16

Evolution de la valeur moyenne (+ 1 erreur standard) de l'indice de diversité de Shannon (H') au cours des différentes campagnes de surveillance DCE sur le site « Estey Tort »

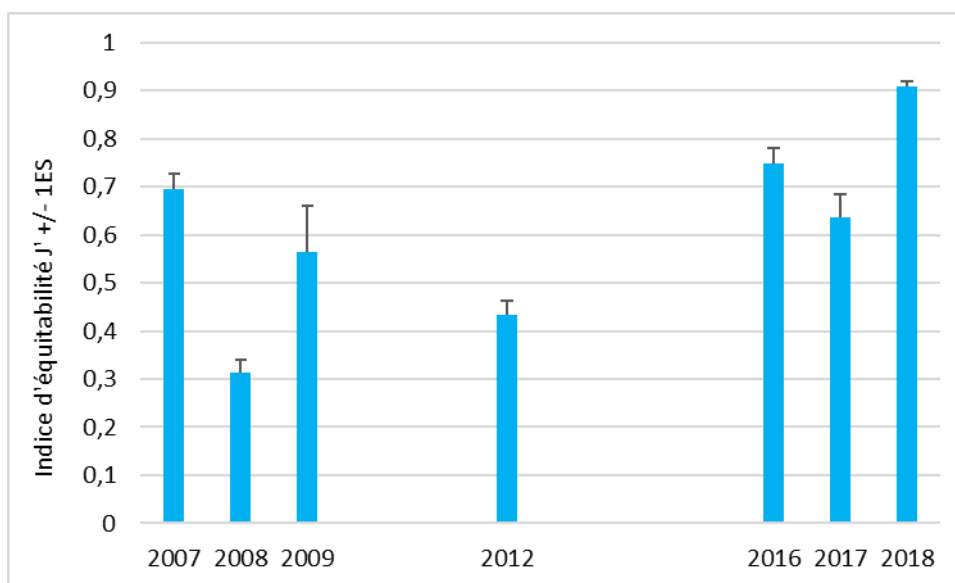


Figure 17

Evolution de la valeur moyenne (+ 1 erreur standard) de l'indice d'équitabilité de Pielou (J'), au cours des différentes campagnes de surveillance DCE sur le site « Estey Tort »

Valeurs de l'AMBI

Le site « Estey Tort » se caractérise par une dominance numérique des espèces des groupes écologiques III et IV de l'AMBI (Figure 18). Les valeurs de l'AMBI sont donc relativement élevées dans cette station, avec des valeurs ayant oscillé entre 3 et 4 au cours des campagnes de surveillance.

En 2016 et 2017, le groupe écologique IV est dominant en abondance sur la plupart des échantillons, certainement en raison des très faibles abondances de *Peringia ulvae* (groupe écologique III) qui était largement dominante au cours des années 2007 à 2012.

En 2018, le groupe dominant est le groupe III, comme au début du suivi. Si *Peringia ulvae* est totalement absente des échantillons, les espèces qui prédominent les échantillons cette année appartiennent au groupe III, tels que l'Annélide Polychète *Melinna palmata*, *Notomastus latericeus* ou encore *Abra segmentum*.

Estimation de l'état écologique du site Estey Tort

La comparaison des valeurs AMBI et H' avec des valeurs de référence traduit un état écologique « Moyen » ou « Médiocre » de la macrofaune benthique sur le site « Estey tort » sur toute la durée du suivi DCE (Figure 19). L'étude de la richesse spécifique indique un bon état écologique des communautés jusqu'à 2012. Par la suite, la diminution du nombre d'espèces par échantillon tend à dévaloriser l'état écologique vers un état « Moyen » voire « Médiocre » de 2016 à 2018.

Pour l'année 2018, les valeurs de H' sont élevées et indicatrice d'un bon à très bon état écologique ; les valeurs de S, relativement faible depuis plusieurs années, indiquent un état moyen à bon. Les valeurs d'AMBI indiquent un état moyen.

L'ensemble indiquerait pour 2018 un état écologique entre moyen et bon.

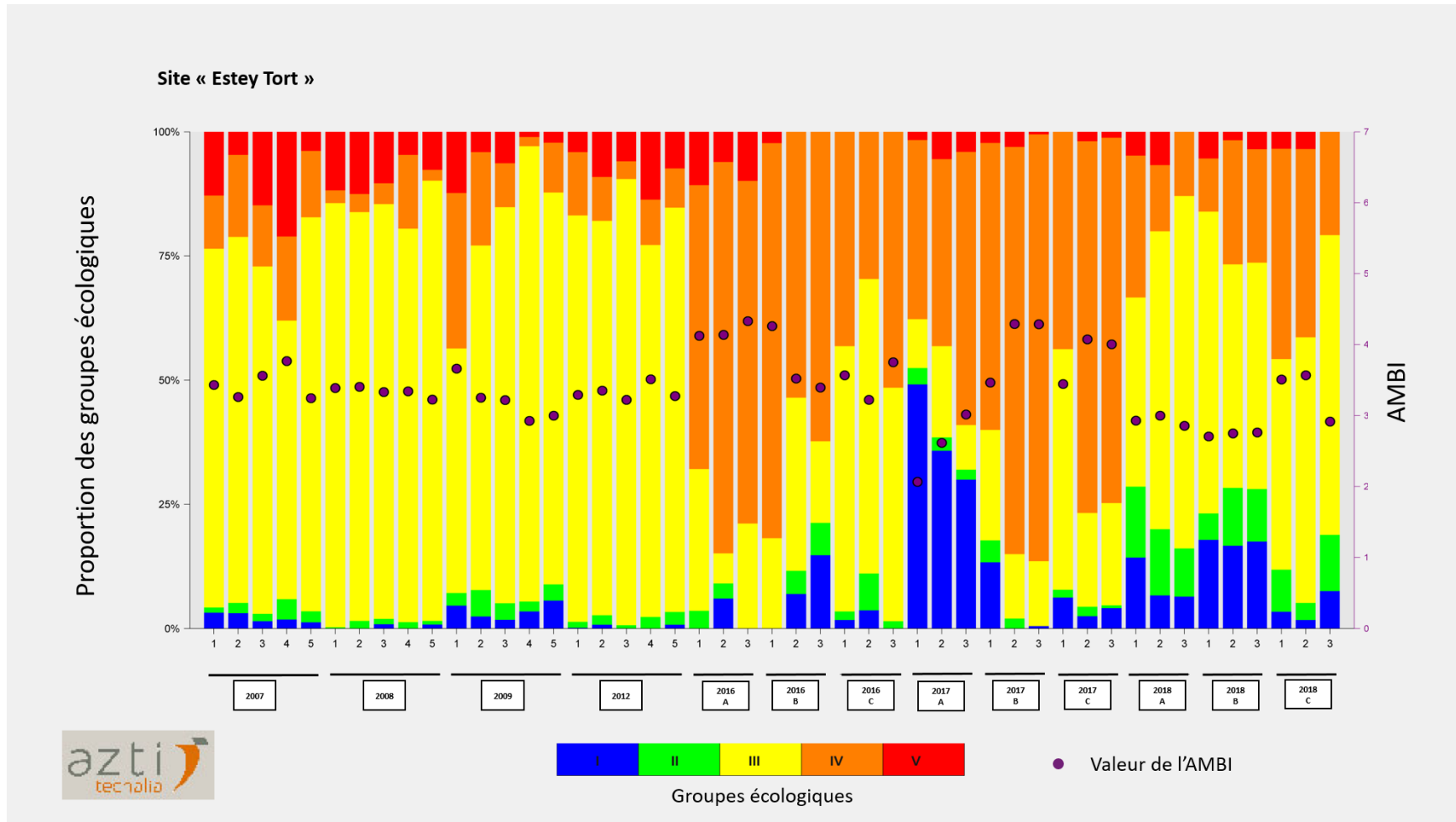


Figure 18

Evolution de l'importance relative des groupes écologiques I à V définis par l'AMBI (histogramme empilé) ainsi que la valeur de l'AMBI (points) entre 2007 et 2018 sur le site « Estey Tort »

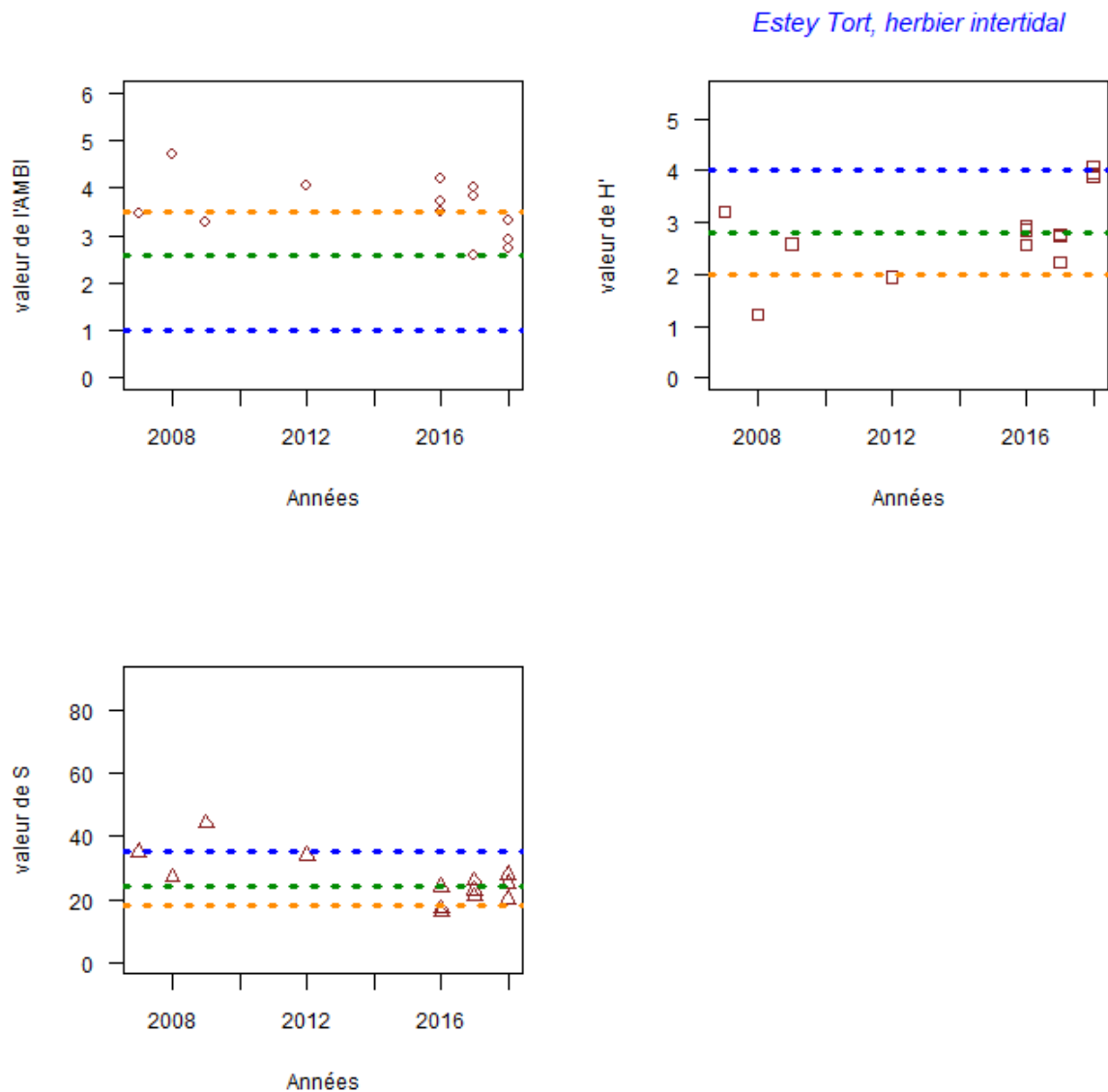


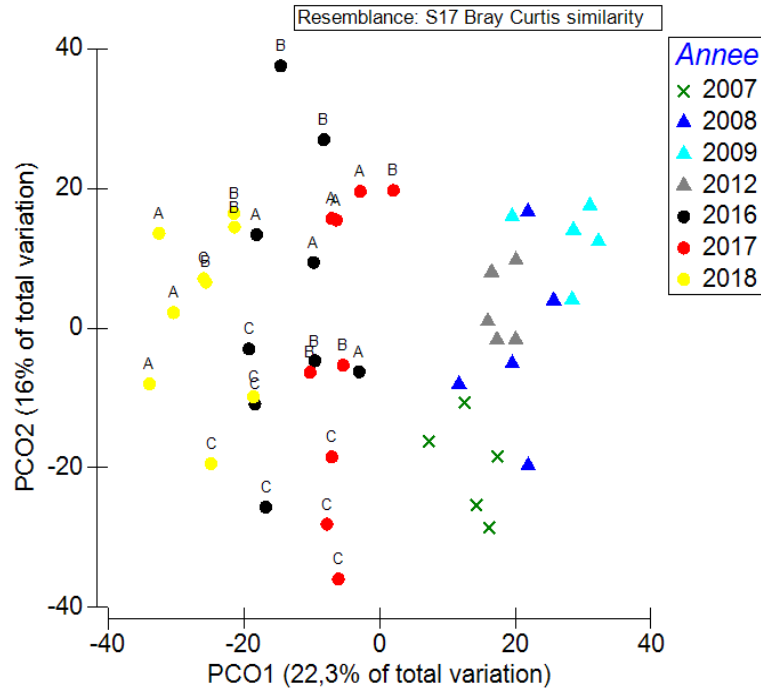
Figure 19

Evaluation des métriques (AMBI , H' , S) entre 2007 et 2018 sur le site « Estey Tort ». Les segments tracés indiquent la limite entre les états « Très Bon » et « Bon » (en bleu), « Bon » et « Moyen » (en vert), « Moyen » et « Médiocre » (en orange). Ces segments en pointillés sont uniquement des limites estimées

Caractéristiques et évolution de la faune invertébrée benthique

Les résultats acquis depuis 2007 illustrent des différences de composition faunistique d'une année à l'autre (Figure 17A). Si de 2007 à 2012 les années paraissent se ressembler, à partir de 2016, le peuplement est modifié. Ceci peut en partie s'expliquer par la diminution puis la disparition de l'espèce *Peringia ulvae*. Cependant on peut observer que des différences, moins marquées, persistent lorsque l'on ne tient pas compte des hydrobies pour le traitement des données (Figure 17B).

A.



B.

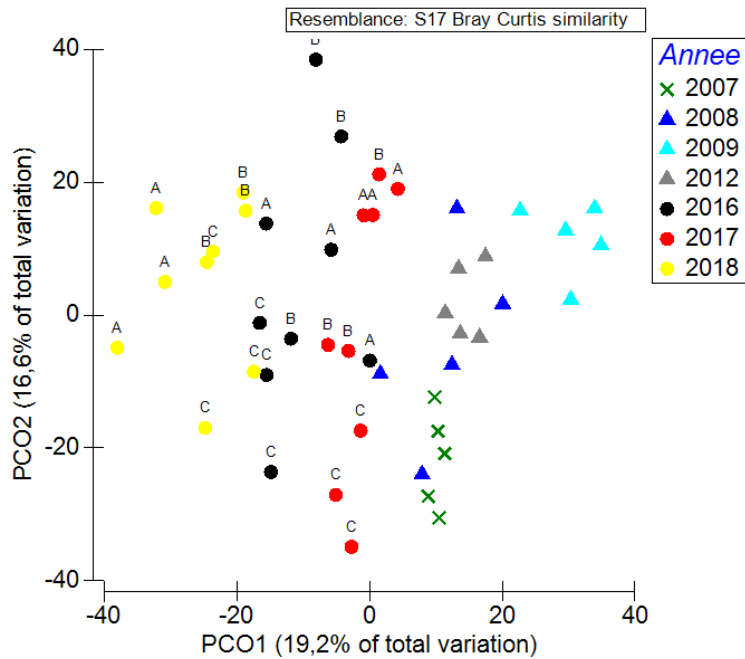


Figure 17

Résultats de l'analyse en coordonnées principales (PCO) des échantillons faunistiques collectés depuis le début de la surveillance DCE sur le site « Estey Tort » (A). La figure B est le résultat d'une PCO une fois l'espèce *Peringia ulvae* supprimé de la base de données

Le site « Estey Tort » est globalement caractérisé par les annélides polychètes dont les Capitellidae (*Heteromastus filiformis*), les Cirratulidae, le genre *Glycera* ainsi que par des oligochètes (Table 7). D'autres polychètes tels que *Pygospio elegans*, *Melinna palmata* et *Streblospio shrubsolii* y sont également observés mais de manière plus irrégulière. Les principales espèces de mollusques présentes sont le gastéropode *Peringia ulvae* qui domine

très fortement les effectifs mais dont la présence et le niveau d'abondance sont hautement fluctuants au cours du temps. Pour les bivalves, les principales espèces sont les palourdes (*Ruditapes philippinarum*) et *Abra segmentum*.

D'un point de vue faunistique l'année 2018 se distingue des années précédentes par la disparition de *P. ulvae*, après une réduction importante en 2016 et 2017. De plus, comme ces dernières années, l'abondance des annélides oligochètes est beaucoup plus faible qu'au début de la surveillance. L'année 2018 se caractérise par de très faibles densités quelques soient les espèces considérées. Ces observations posent questions dans le contexte de la raréfaction des herbiers dans le bassin d'Arcachon.

Table 7

Principales espèces (taxons) caractérisant la macrofaune benthique du site « Estey Tort » entre 2007 et 2018 et niveaux moyens d'abondance (individus par m²). L'absence d'un taxon de la liste ne signifie pas nécessairement que le taxon est totalement absent mais les niveaux d'abondances mesurés sont considérés comme faibles pour l'espèce considérée. ●●● espèce « Abondante », ●● espèce « Commune », ● espèce « Fréquente » selon l'échelle SACFOR

Groupe écologique			Estey Tort 2007	Estey Tort 2008	Estey Tort 2009	Estey Tort 2012	Estey Tort 2016	Estey Tort 2017	Estey Tort 2018			
									A	B	C	
ANNELIDA	IV	<i>Heteromastus filiformis</i>	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●	●	●
	IV	Cirratulidae	●●	●	●●	●●	●●	●●●	●●●		●	●
	III	<i>Melinna palmata</i>	●●●	●●	●●●	●●●	●●	●●	●●	●●		●●
	III	<i>Pygospio elegans</i>	●●●	●●	●	●●	●	●			●	●
	III	<i>Glycera</i>	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●		●●
	III	<i>Streblospio shrubsolii</i>	●●	●	●	●●	●	●			●	●
	III	<i>Clymenura clypeata</i>			●●●	●●	●●	●●●				●●
	III	<i>Notomastus latericeus</i>	●●	●		●●	●●	●●	●●	●●	●●	●●
	I	<i>Diopatra</i>			●●							
	III	<i>Hediste diversicolor</i>	●●●									
V	Oligochaeta	●●	●●	●●	●●●	●	●			●		
MOLLUSCA	III	<i>Peringia ulvae</i>	●●	●●●	●●●	●●●		●				
	II	<i>Littorina littorea</i>			●●	●●						
	I	<i>Gibbula umbilicalis</i>			●●●							
	II	<i>Nassarius reticulatus</i>			●●							
	III	<i>Abra segmentum</i>	●●	●	●●	●●	●			●	●	●
	III	<i>Ruditapes philippinarum</i>	●●	●●	●●●	●●●	●●	●●	●●		●●	
	III	<i>Scrobicularia plana</i>			●●●	●●		●●				
	III	<i>Cerastoderma edule</i>		●●	●●	●●●						
III	<i>Musculista senhousia</i>	●		●●								

RESUME ET CONCLUSIONS

Le présent rapport expose les résultats de la surveillance DCE réalisée en 2018 sur la masse d'eau « Arcachon amont ».

Les résultats obtenus sur la faune invertébrée benthique ne suggèrent pas de changements majeurs de la qualité écologique.

Le site d'appui « Comprian » semble être globalement en bon état écologique depuis le début de la surveillance en 2007, malgré une diminution du nombre d'espèces présentes ces dernières années et une modification du peuplement macrobenthique au cours du temps.

D'autre part, le site d'herbier à *Zostera noltei* « Estey Tort » semble être en état écologique « Moyen » depuis 2007. Depuis 2016, une diminution importante de la diversité et de l'abondance est observée sur le site, ainsi qu'une disparition progressive du gastéropode *Peringia ulvae*.

Ici, les états écologiques mentionnés ne sont que des estimations. L'évaluation à prendre en compte sera celle réalisée par l'Ifremer ultérieurement.

RÉFÉRENCES

- Anderson, M. J., Gorley, R. N., and Clarke, K. R. (2008). *PERMANOVA+ for PRIMER: guide to software and statistical methods*. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E Ltd.
- Auby I, Trut G, Blanchet H, Gouillieux B, Lavesque N, Pothier A (2008) Echantillonnage des sites de référence DCE pour les paramètres "faune invertébrée benthique" et "végétation". Rapport Ifremer - LER Arcachon - UMR 5805 - Station Marine d'Arcachon, Arcachon.
- Bachelet, G., and Montaudouin, X. De (1996). The Quantitative Distribution of Subtidal Macrozoobenthic Assemblages in Arcachon Bay in Relation to Environmental Factors: a Multivariate Analysis. 371-391.
- Blanchet, H., and Gouillieux, B. (2014). Contrôle de surveillance DCE 2013 Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., and Gouillieux, B. (2016). Contrôle de surveillance 2015 Evaluation de l'amplitude des blooms de macroalgues opportunistes dans la masse d'eau "lac d'Hossegor". Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., Gouillieux, B., Bachelet, G., Leconte, M., Lavesque, N., Lebleu, P., et al. (2011). Contrôle de surveillance DCE 2009 Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre "faune invertébrée benthique." Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., Gouillieux, B., Bachelet, G., Leconte, M., Lavesque, N., Villedieu, A., et al. (2013). Contrôle de surveillance DCE 2012 Echantillonnage DCE des Masses d' Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., Gouillieux, B., and Peyran, C. (2015). Contrôle de surveillance DCE 2014 Echantillonnage DCE des Masses d'Eau Côtières du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon.
- Blanchet, H., De Montaudouin, X., Chardy, P., and Bachelet, G. (2005). Structuring factors and recent changes in subtidal macrozoobenthic communities of a coastal lagoon, Arcachon Bay (France). *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 64, 561-576.
- Borja, A., and Muxika, I. (2005). Guidelines for the use of AMBI (AZTI's Marine Biotic Index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Mar. Pollut. Bull.* 50, 787-789. doi:10.1016/j.marpolbul.2005.04.040.
- Clarke, K. R., and Gorley, R. N. (2006). *PRIMER v6: user manual/tutorial*. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E Ltd.
- Clarke, K. R., and Warwick, R. M. (2001). *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth, United Kingdom: PRIMER-E Ltd.
- Cottet, M., Bachelet, G., Blanchet, H., de Montaudouin, X., Leconte, M., and Sauriau, P. G. (2007a). Etude préliminaire sur la macrofaune benthique pour des masses d' eau côtières et de transition Rapport préliminaire: Analyse bibliographique Proposition de protocole d' échantillonnage de la macrofaune. Rapport Station marine d'Arcachon et CRELA de L'Houmeau.
- Cottet, M., Gouillieux, B., Bachelet, G., Blanchet, H., Montaudouin, X. De, Lavesque, N., et al. (2007b). Etude préliminaire de la macrofaune benthique des masses d' eau côtières et de transition du District Hydrographique Adour-Garonne. Rapport Station marine d'Arcachon et CRELA de L'Houmeau.
- Gallon, R K, Fournier J (2015) Package G2sd "Grain-Size Statistics and Description of Sediment". Package R. <http://cran.r-project.org/web/packages/G2Sd/index.html>
- Garcia, A., Blanchet, H., Gouillieux, B., Bachelet, G., Leconte, M., Lavesque, N., et al. (2009). Echantillonnage DCE des Masses d'eau côtières pour le paramètre "faune invertébrée

- benthique ». Rapport Station marine d'Arcachon.
- Garcia, A., Desroy, N., Le Mao, P., and 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. Dinard.
- Guillaumont B, Gauthier E (2005) Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE - Recommandations concernant le benthos marin. Rapport Ifremer - Centre de Brest, Brest.
- Ifremer. ODE/LITTORAL/LERAR (2015). Qualité du Milieu Marin Littoral. Bulletin de la surveillance 2014. Départements : Gironde, Landes, Pyrénées Atlantiques. ODE/LITTORAL/LER/AR/15-001, 140 pages.
- Muxika, I., Borja, A., and Bald, J. (2007). Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Mar. Pollut. Bull.* 55, 16-29. doi:10.1016/j.marpolbul.2006.05.025.

A large, stylized graphic of the letter 'U' in a dark brown color, positioned on the right side of the page. The 'U' is partially filled with a bright blue color, which also forms a large triangular shape at the bottom right of the page. The background is white.

CONTACT

Hugues Blanchet – UMR EPOC
hugues.blanchet@u-bordeaux.fr
T. 05 56 22 39 35