



Contrat d'étude Ifremer 2013 n° 5210053

**Contrôle de surveillance 2013 DCE de la flore benthique
et de la faune benthique de substrat meuble de la masse
d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 :
Partie 2 : macrofaune invertébrée benthique**



**SAURIAU P.-G.¹, AUBERT F.¹, SAURIAU M.¹,
SAURIAU F.¹, LEGUAY D.²**

¹ LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle

² IFREMER, LER-PC, Place Gaby Coll, BP 5, 17137



**Février 2014
Amendé Novembre 2014**

Sommaire

1 - INTRODUCTION.....	1
2 - CALENDRIER DE RÉALISATION DES OPÉRATIONS À LA MER.....	3
2.1 - PRÉSENTATION DES SITES ET PRÉLÈVEMENTS	5
2.1.1 - <i>Boyardville : station subtidale</i>	5
3 - MATÉRIEL & MÉTHODES	8
3.1 - ANALYSE DES SÉDIMENTS	8
3.1.1 - <i>Analyse granulométrique</i>	9
3.1.2 - <i>Analyse de la matière organique sédimentaire</i>	10
3.2 - ANALYSE DES ÉCHANTILLONS FAUNISTIQUES.....	11
3.2.1 - <i>Lavage et tri des échantillons</i>	11
3.2.2 - <i>Détermination des espèces</i>	14
3.3 - QUALITÉ ÉCOLOGIQUE : INDICE M-AMBI.....	15
4 - RÉSULTATS.....	18
4.1 - ANALYSE DES SÉDIMENTS	18
4.1.1 - <i>Boyardville : station subtidale</i>	18
4.2 - ANALYSE FAUNISTIQUE	20
4.2.1 - <i>Boyardville : station subtidale</i>	20
4.2.1.1. <i>Richesse spécifique et abondance spécifique</i>	20
4.2.1.2. <i>Histogramme de taille des mollusques</i>	23
4.2.1.3. <i>Analyse statut écologique selon M-AMBI</i>	24
5 - BILAN DU TEMPS PASSÉ AUX PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES ..	27
6 - BIBLIOGRAPHIE.....	28
7 - ANNEXE.....	32
7.1 - ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES 2013	32
7.1.1 - <i>Boyardville : station subtidale</i>	32

1 - Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE établit un nouveau cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle fixe comme objectif général d'atteindre, à l'horizon 2015, un bon état écologique et chimique des masses d'eaux souterraines et de surface, ces dernières incluant les eaux côtières (MEC) et les eaux de transition (MET) (http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce).

Le contrôle de surveillance de l'état écologique s'effectue, entre autres éléments biologiques, sur les macrophytes, les phanérogames marines et les invertébrés benthiques. C'est parmi ceux-ci que se trouvent les invertébrés marins habitant des substrats meubles soit de petits fonds (benthos subtidal) soit de la zone de balancement des marées ou estrans (benthos intertidal).

Dans le district Adour-Garonne, la seconde masse d'eau côtière la plus septentrionale retenue pour le contrôle de surveillance est la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 située à l'Est de l'île d'Oléron et réceptacle des eaux de la Charente (**Figure 1**).

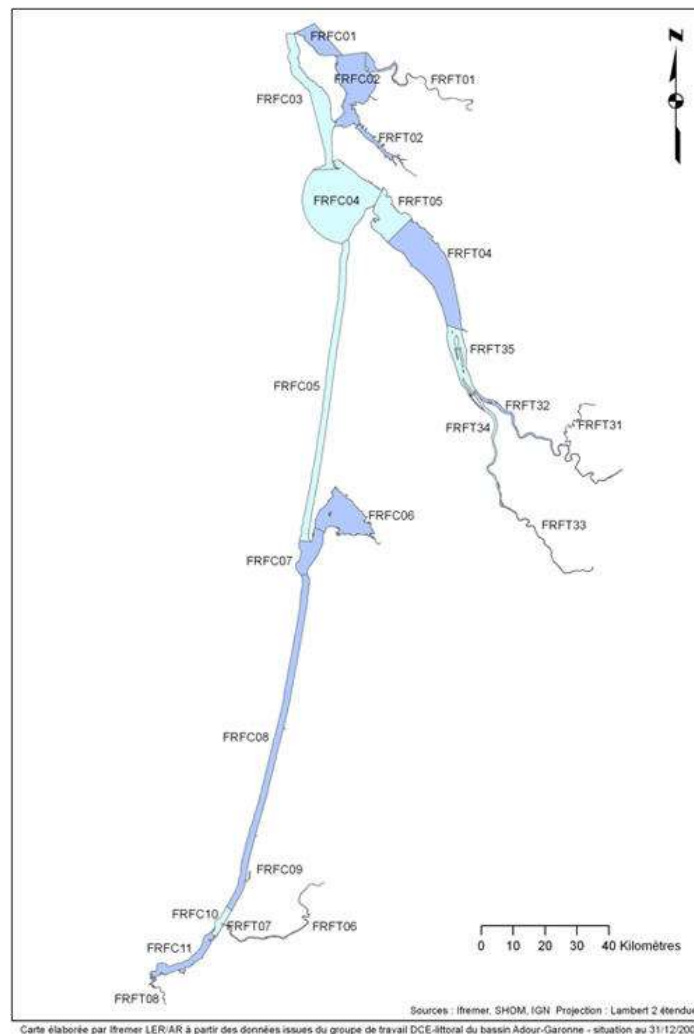


Figure 1 : Masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 dans le bassin Adour-Garonne.

Source http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce

2 - Calendrier de réalisation des opérations à la mer

Les opérations se sont déroulées sur 1 jour (**Tableau 1**), le 4 avril 2013 pour la station Boyardville prospectée à bord du navire Estran (**Figure 3**) de l'université de La Rochelle.

Le travail à la mer a mobilisé 4 personnes jour à bord du navire Estran pour la station subtidale de Boyardville. Ce chiffre ne comprend ni le temps nécessaire à la préparation des opérations à la mer (1 journée) ni le temps de dépouillement des informations collectées (*vide infra*).

Tableau 1 : Calendrier des opérations à la mer.

Type de suivi	Type masse d'eau	Code masse d'eau	Nom masse d'eau	Code point	Nom point (toponymie)	Longitude (Lambert IIe) X	Latitude (Lambert IIe) Y	Type de prélèvement	Type de station	Dates	Nombre personne	Opérateurs
Contrôle de surveillance	MEC	FRFC02	Pertuis Charentais	-	Boyardville	324819	2112958	Subtidal invertébrés benthiques	Station	04/04/2013	4	LIENSs
Total											4	



Figure 3 : Navire Estran de l'Université de La Rochelle utilisé pour l'échantillonnage DCE

2.1 - Présentation des sites et prélèvements

2.1.1 - Boyardville : station subtidale

Les caractéristiques de cette station d'appui, à échantillonner tous les ans, sont rappelées en **Tableau 2** :

- les opérations à la mer sont regroupées avec les prélèvements dans la masse d'eau FRFC01 Côte Nord-Est île d'Oléron quand ils existent ;
- les prélèvements à la mer nécessitent l'utilisation d'une embarcation à faible tirant d'eau, avec grue et possibilités de lavage à bord (**Figure 3**) ;
- les paramètres suivis sont la composition spécifiques et l'abondance par espèce de la macrofaune des invertébrés benthiques ;
- la fréquence est annuelle pour cette station d'appui avec des prélèvements en mars-avril de chaque année du plan de gestion ;
- l'opérateur de prélèvement, de déterminations faunistiques et des analyses granulométriques et de matières organiques est le laboratoire LIENSs, UMR CNRS – Université de La Rochelle ;
- cette station est suivie depuis 2007.

Tableau 2 : Caractéristiques de la station Boyardville.

Station	Boyardville / point d'appui DCE
Regroupement	Oui avec opérations à la mer dans la masse d'eau FRFC01 Côte Nord île d'Oléron si existantes
Moyens à la mer	Embarcation côtière avec treuil (Estran de l'Université de La Rochelle ou bateau de location)
Paramètres	Macrofaune benthique (détermination et abondance) 1 granulométrie + 1 matière organique
Engin de prélèvement	Benne Van Veen de 0,1 m ²
Fréquence	mars-avril, tous les ans du plan de gestion
Opérateur prélèvement	LIENSs, CNRS, Université de La Rochelle
Opérateur tri et détermination	LIENSs, CNRS, Université de La Rochelle
Opérateur mesure granulométrie	LIENSs, CNRS, Université de La Rochelle
Opérateur mesure matière organique	LIENSs, CNRS, Université de La Rochelle
Début prélèvements	2007

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

Le travail à la benne nécessite la présence de 4 personnes, le pilote du navire aux commandes de la grue hydraulique, une personne pour maintenir la tension du bout sur le cabestan qui s'enroule sur le winch motorisé, deux personnes équipées de gants, casque et bottes de sécurité et cirés pour manipuler la benne en toute sécurité (**Figure 4**).



Figure 4 : Déroulement des opérations lors d'un prélèvement à la benne Van Veen.

Le 4 avril 2013, les deux premières bennes n'ont pas fonctionné ainsi que la quatrième. Aucun des autres répliqués réalisés à la benne Van Veen n'a nécessité d'être refait. Au final, il n'y a eu trois essais manqués sur les 8 mises à l'eau. Chacune des cinq bennes réussies a été validée car remplie à 100 % (**Figure 5**).

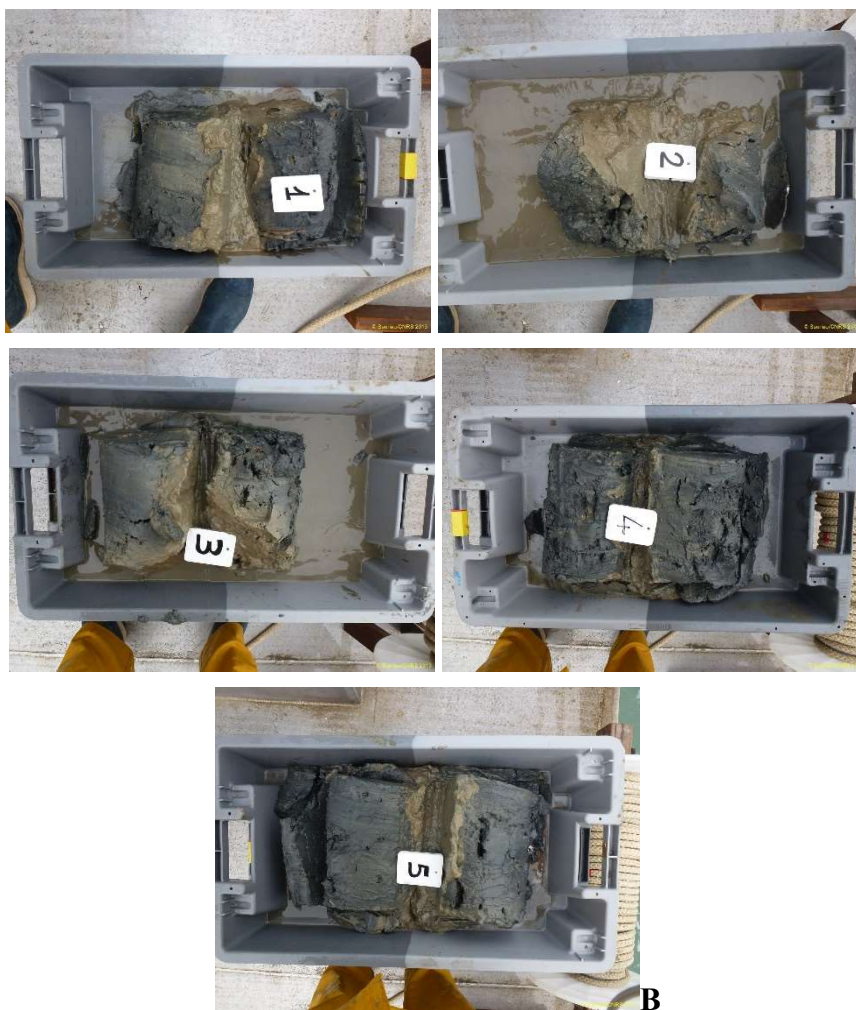


Figure 5 : Situation géographique de la station Boyardville (A) et détails des 5 prélèvements validés (B).

3 - Matériel & Méthodes

3.1 - Analyse des sédiments

Le principe général de l'analyse granulométrique à visée biosédimentaire (Chassé & Glémarec, 1976) est d'obtenir une estimation du type sédimentaire à partir des 3 principales fractions de sédiments que sont les pélites (< 63 µm), les sables (63 µm < X < 2 mm) et les graviers (> 2 mm) selon les coupures communément admises (Figure 6).

MOYEN D'ÉTUDE	AFNOR α	UNITÉS Φ	CLASSIFICATION					
			Wentworth	Cailleux				
mesure directe	-24	250-256	-8	BLOCS (BOULDERS)	RUDITES	200 mm	BLOCS	
	-18	63-32	-5	GRAVE (COBBLE)		GALETS		
	-6	4		CAILLOUX (PEBBLE)		20 mm	GRAVILLONS	
	tamisage	-3	2	1	GRANULES	ARÉNITES (SANDS)	2 mm	SABLES
		-2	1,6-	0	TRÈS GROSSIER			
		-1	1,25-		GROSSIER			
		0	1	1	MOYEN			
		1	0,8-		FIN			
		2	0,63-	2	TRÈS FIN		200 µm	
		3	0,5					
pipette		5	0,315-	3	GROSSIER	LUTITES (SILTS) (CLAYS)	20 µm	SABLONS
		9	0,125-					
		12	0,625-1/16	4	MOYEN			
	14	0,04-						
	17	0,02-	5	FIN				
	20	0,01-						
24	0,004-1/256	8	TRÈS FIN	2 µm	LIMONS			
	-0,00006			14			PRE COLLOIDES	

Figure 6 : Echelle granulométrique AFNOR, unité Φ et classifications communes utilisées (Cojan & Renard, 1999).

3.1.1 - Analyse granulométrique

Pour l'analyse, chaque prélèvement est vidé dans un bol identifié pour être séché à l'étuve à 80-100°C pendant 72h. Un sous-échantillon de 100g (200g pour les sables) est remouillé dans un défloculant (métaphosphate de sodium à 40g/l), et malaxé avec une spatule voire éventuellement passé aux ultrasons 20 mn pour désagréger les amas de vase les plus petits. Le lendemain l'échantillon est tamisé à l'eau douce sur maille de 63 μm jusqu'à obtenir un filtrat clair, le but étant d'éliminer les pélites. Le refus de tamis est récupéré et mis à l'étuve à 80-100°C pendant 72h.

L'échantillon est ensuite passé sur une colonne de tamis normalisés Retsch (**Figure 7**). La colonne contient 17 tamis (4000 μm , 2000 μm , 1600 μm , 1250 μm , 1000 μm , 800 μm , 630 μm , 500 μm , 400 μm , 315 μm , 250 μm , 200 μm , 160 μm , 125 μm , 100 μm , 80 μm , 63 μm), répartis en deux passages successifs (4000 à 400 et 315 à 63 μm). Chaque tamis est pesé vide au préalable puis plein avec sa fraction de sédiment après tamisage avec une balance Sartorius FB12CCE-S afin de déterminer le type et la quantité de sédiments dans chaque échantillon. Une précision à 0,01 g est utilisée pour les pesées. La tamiseuse est mise en marche 15 minutes à 2000 vibrations par secondes.



Figure 7 : Colonne de tamis normalisés AFNOR sur tamiseuse Retsch et balance Sartorius à 0,01 g.

Les tamis sont ultérieurement débarrassés de leurs impuretés grâce à un appareil de nettoyage aux ultrasons Elma. Cette méthode est considérée aujourd'hui comme la méthode la plus efficace dans les procédés de nettoyage de précision sans influence néfaste sur le maillage des tamis.

Les résultats des différentes pesées sont ensuite analysées par la macro-procédure GRADISTAT (Blott & Pye, 2001), permettant d'obtenir des paramètres de forme et le type de sédiment. Le type de sédiment est alors interprété vis-à-vis de la classification de Chassé & Glémarec (1976) reprise par Hily (1976) dans les Pertuis Charentais (**Figure 8**).

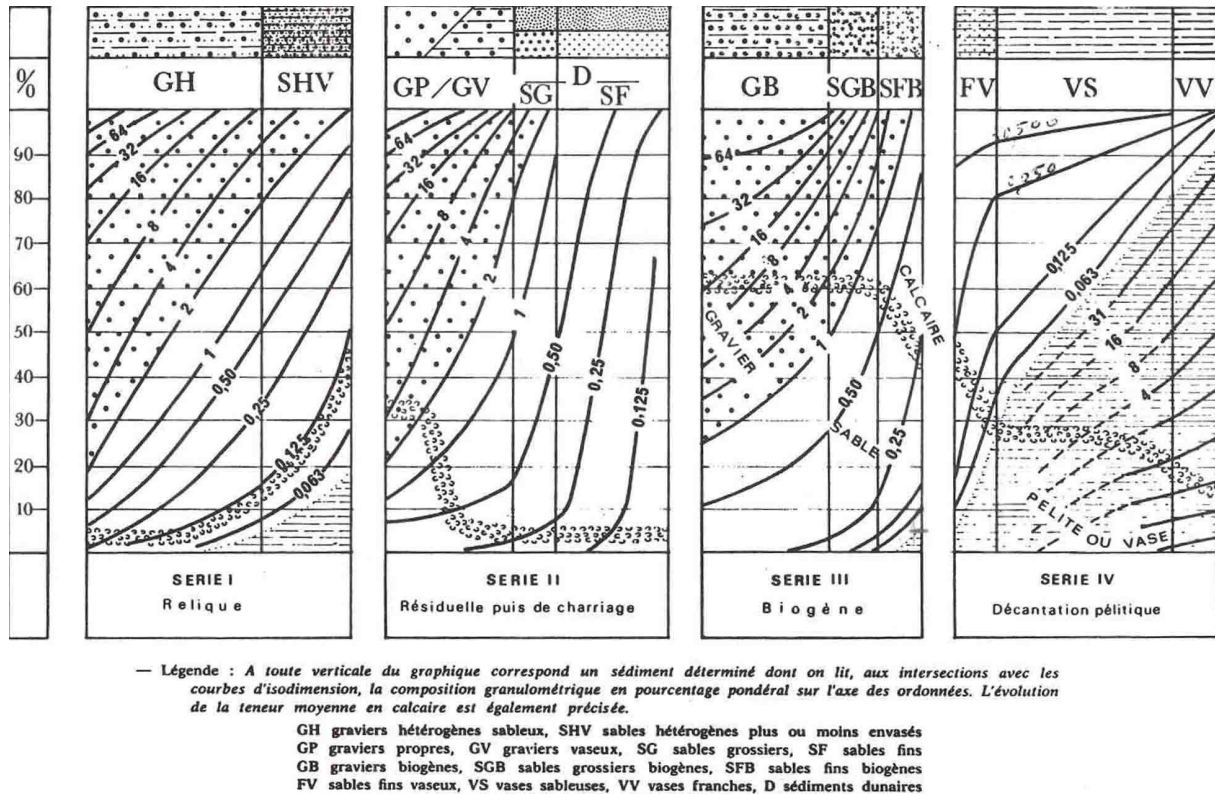


Figure 8 : Type biosédimentaire (Chassé & Glémarec, 1976).

3.1.2 - Analyse de la matière organique sédimentaire

L'analyse de la teneur en matière organique suit le principe de la perte au feu à 450 °C. Chaque sédiment est référencé par son numéro de station puis mis à l'étuve à 80-100°C 72 h afin d'obtenir un échantillon totalement sec. Les masses des coupelles numérotées sont mesurées ainsi que la masse des coupelles + le sédiment sec (environ 1g) par pesée sur une balance Mettler AE 240 avec une précision à 0,0001 g. Les échantillons sont ensuite placés dans un four à mouffles 450°C pendant 5h permettant une crémation effective sur 4h compte tenu de la montée lente en température du four. Des cendres minérales sont ainsi obtenues et sont également pesées sur la même balance après refroidissement dans un dessiccateur à température ambiante.

La formule suivante permet de déterminer la teneur en matières organiques :

$$\% \text{ Matières organiques} = \frac{\text{Matière sèche (g)} - \text{Matière minérale (g)}}{\text{Matière sèche (g)}}$$

La perte au feu est une méthode simple et peu coûteuse mais elle n'est pas très précise vis-à-vis d'une mesure de carbone ou d'azote organique particulière. Elle peut aussi être biaisée lorsque le sédiment renferme une proportion significative d'argile dont l'eau constitutive des feuillettes est évaporée à 450°C (Barillé-Boyer et al., 2003). Elle permet cependant d'avoir une estimation en première approximation des teneurs en matières organiques des sédiments.

3.2 - Analyse des échantillons faunistiques

3.2.1 - Lavage et tri des échantillons

L'analyse des échantillons faunistiques commence par un lavage sur tamis afin de récupérer leurs eaux de fixation formolée, eaux qui sont récupérées dans des bidons normalisés afin d'être traitées par une entreprise spécialisée. Ce rinçage s'effectue dans un évier spécialement aménagé en extérieur avec connexion directe au bidon de récupération des eaux formolées. Le lavage se termine par un rinçage soigneux afin d'éliminer le maximum de sédiments fins et les résidus formolés (**Figure 9A**). Ce rinçage nécessite généralement d'utiliser une série de tamis (parmi les suivants de 10 mm, 5 mm, 1 mm et 500 µm pour le dernier) de façon à récupérer des refus de tamis homogène en taille.

L'opération de tri des refus de tamis s'effectue en deux étapes successives chacune d'elle réalisée si possible par un opérateur différent :

- Etape 1 : tri à vue par un premier opérateur. Le tri est facilité lorsque la forme des débris coquilliers est homogène (cf. le lavage sur la série de tamis) ou bien lorsque leur faible quantité permet un étalement monocouche dans la bassine de tri. En cas de refus de tamis hétérogène en taille, un tamisage successif sur trois ou quatre mailles de tamis est effectué (10 mm, 5 mm, 1 mm et 0,5 mm) afin d'homogénéiser la taille des débris coquilliers. Le tri à vue est aussi facilité après un rinçage hydraulique des éléments faunistiques les plus légers (**Figure 9B**) avec coloration au rose Bengale (**Figure 9C**) puis lavage (**Figure 9D**).
- Etape 2 : tri de vérification à la loupe binoculaire des refus de tamis les plus fins par un opérateur différent de celui ayant réalisé le premier tri (**Figure 9e**). La détection des organismes de la macrofaune (annélides, crustacés, juvéniles de mollusques) est facilitée par la coloration au rose Bengale effectuée de façon à contrôler le temps de coloration (**Figure 9c**). Ce procédé a l'avantage de faciliter la détection des plus petits organismes tout en n'altérant pas ou peu leur coloration d'origine. Le temps de coloration est de l'ordre de quelques dizaines de secondes à moins d'une demi-minute.



A



B



C



D



E

Figure 9 : Opération de rinçage des eaux de fixation puis de lavage à grande eau (A), tri hydraulique (B), coloration des refus de tamis (C) et rinçage (D) puis de tri à la loupe binoculaire des éléments les plus fins. Photos M. Chenoun, M. Sauriau & P. Cajeri CNRS ©.

3.2.2 - Détermination des espèces

Les espèces déterminées font partie de la faune macroscopique (macrofaune > 1 mm). Ces espèces peuvent appartenir à :

- l'endofaune (faune vivant dans les sédiments) et vivre isolément ou en association,
- l'épifaune (faune vivant au-dessus des sédiments), être libre de leur mouvement (épifaune vagile) ou bien fixée (épifaune fixée). Dans chacun de ces deux cas, les espèces peuvent vivre isolément ou en colonie.

La nomenclature de la faune suit celle donnée par le World Register of Marine Species (WoRMS) (<http://www.marinespecies.org/index.php>) :

- Chaque espèce est nommée par son non latin binomial de genre et d'espèce suivi du nom de l'auteur l'ayant initialement décrite et de la date de publication de la description, par exemple *Spisula subtruncata* (da Costa, 1778).
- Lorsque un spécimen est abîmé ou lorsqu'un ou des appendices permettant de caractériser l'espèce de ce spécimen est ou sont absents, par exemples palpes, branchies, élytres, tâches oculaires, etc., l'analyse taxinomique ne peut être menée à son terme et seul le nom de genre est utilisé, par exemple *Lineus* sp.
- En cas d'incertitude sur le genre, seul de nom de la famille est utilisé, par exemple **HESIONIDAE** et, en cas d'incertitude sur la famille ou sur les niveaux supérieurs de la taxinomie, seul le nom de l'embranchement, par exemple **NEMERTEA**, est utilisé.

Les déterminations faunistiques s'appuient en particulier sur les ouvrages listés en **Tableau 3**. Les ouvrages généraux de Hayward & Ryland (1990a, 1990b) sont utilisés avec parcimonie, leur analyse révélant que ne sont listées que 75 % de la faune des Pertuis Charentais (de Montaudouin & Sauriau, 2000), ce chiffre descendant à 60 % pour les polychètes.

La validation des fichiers de saisies et la qualification des données taxinomiques ont été assurées par P.-G. Sauriau (CNRS) et revue pour certaines espèces par J. Jourde (ULR) pour la validation finale des données.

Tableau 3 : Ouvrages principaux utilisés pour les déterminations taxinomiques.

Embranchement	Ouvrage
Annelida	Fauvel (1923, 1927), Hartmann-Schröder (1971), George & Hartmann-Schröder (1985), Pleijel (1988), Westheide (1990), Pleijel & Dales (1991), Chambers & Muir (1997), Rouse & Pleijel (2001), Dauvin et al. (2006)
Arthropoda	Naylor (1972), Mauchline (1984), Smaldon et al. (1993), Ingle (1996), Dauvin & Bellan-Santini (1988), Bellan-Santini & Dauvin (1988), Dauvin & Bellan-Santini (1996, 2002), Ingle & Christiansen (2004), Martin (2011)
Chordata	Millar (1969, 1970), Degraer et al. (2006)
Cnidaria	Manuel (1988), Wood (2005)
Echinodermata	Southward & Campbell (2006), Martin (2011)
Mollusca	Tebble (1966), Glémarec (1968), Jones & Baxter (1987), Graham (1988), Thompson (1988), Poppe & Goto (1991, 1993), Houart (2001), Degraer et al. (2006), Martin (2011)

Nemertea	Gibson (1994)
Phoronida	Emig (1979)
Sipunculida	Gibbs (2001)

3.3 - Qualité écologique : indice M-AMBI

La méthode d'analyse de la qualité écologique est basée sur le concept d'indice biotique :

- Un indice biotique permet de statuer sur l'état écologique d'un fond sédimentaire à partir de la composition faunistique des peuplements qu'il héberge.
- La méthode repose sur la reconnaissance parmi les espèces constitutives du peuplement de cinq groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (Hily, 1984) en relation avec la réponse de chaque espèce à la teneur en matière organique des sédiments (**Tableau 4**), que celle-ci soit d'origine pétrolière, anthropique (rejets urbains) ou industrielle comme les résidus de traitement de bois.

Tableau 4 : Groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (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 du milieu. - dernières à se réinstaller	suspensivores, carnivores sélectifs, quelques dépositivores tubicoles de sub-surface
II	Indifférentes à une hypertrophisation	Espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de MO	carnivores et nécrophages peu sélectifs
III	Tolérantes à une hypertrophisation	naturellement présentes dans les vases, mais, leur prolifération étant stimulée par l'enrichissement du milieu, elles sont le signe d'un déséquilibre du système	dépositivores tubicoles de surface profitant du film superficiel chargé en matière organique
IV	Opportunistes de second ordre	cycle de vie court (souvent <1 an) proliférant dans les sédiments réduits	dépositivores de sub-surface
V	Opportunistes de premier ordre	prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface	dépositivores

- Différents indices ont été proposés (Grall & Glémarec, 2003) mais l'un des plus utilisés aujourd'hui est l'AZTI Marine Benthic Index ou AMBI disponible sur le site de l'AZTI (<http://ambi.azti.es/>). Les réflexions menées depuis la proposition initiale de l'AMBI par Borja *et al.* (2000, 2003, 2004) et les difficultés d'interprétation de cet indice comme explicitées par Borja & Muxika (2005) ont abouti à la proposition d'un indice multivarié ou M-AMBI (Muxika *et al.*, 2007).
- Cet indice est retenu et utilisé par la France dans le cadre de la DCE à l'issue de sa participation au GIG NEA. Il est basé sur les métriques suivantes :

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

- **Richesse spécifique** : la richesse spécifique (RS) se définit classiquement comme le nombre d'espèces recensées à une échelle d'espace déterminée, ici la station ponctuelle.

- **Diversité spécifique** : la diversité (H'), intégrant d'une part la richesse spécifique et d'autre part l'abondance relative des espèces, reflète l'équilibre dynamique de la biocénose et permet d'estimer le degré d'évolution entre les stades pionnier et mature d'un peuplement. L'indice le plus couramment utilisé en écologie est celui de Shannon (1948) ; par analogie avec la théorie de l'information, ce dernier exprime la diversité d'une communauté en fonction du nombre d'espèces récoltées et du nombre d'individus de chaque espèce (Frontier & Pichod-Viale, 1991) :

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i \log_2 p_i)$$

Avec n : nombre d'espèces et p_i : fréquence relative de l'espèce i dans le prélèvement.

- **AMBI** : cet indice se base sur la reconnaissance parmi les espèces constitutives des peuplements benthiques de cinq groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (**Tableau 4**) et une pondération particulière de chaque groupe écologique par une constante qui représente le niveau de perturbation auquel les espèces sont associées :

$$AMBI = \{(0 \times \%GI) + (1,5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + (4,5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV)\} / 100$$

Avec GI, GII, GIII, GIV et GV : proportion d'individus de chacun des groupes écologiques.

- Cet indice est calculé pour chaque station à partir d'une analyse factorielle des correspondances, déterminant trois axes perpendiculaires minimisant le critère des moindres carrés (Bald *et al.*, 2005). 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 sont projetés l'ensemble des points des stations (**Figure 10**). 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, à une longueur de 1. Cette distance bornée par 0 et 1 est le M-AMBI.

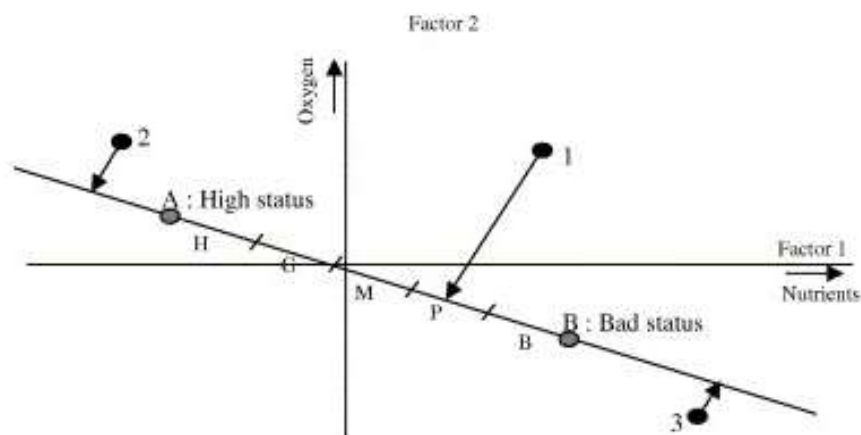


Figure 10 : Définition du statut des stations échantillonnées par projection sur l'axe factoriel défini par les conditions de référence (Bald *et al.*, 2005).

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

- Les stations échantillonnées lors du contrôle de surveillance se réfèrent à trois types d'environnement hydrosédimentaires (sables fins plus ou moins envasés subtidaux, sables fins plus ou moins envasés intertidaux, sables fins à moyens exposés) et, conséquemment, à trois conditions de référence distinctes (**Tableau 5**).

Tableau 5 : Conditions de référence retenues pour le calcul de la valeur de M-AMBI dans les eaux côtières par la France.

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

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	Très mauvais	Mauvais	Moyen	Bon	Très bon

- Les indices AMBI et M-AMBI sont calculés à partir du logiciel AMBI 4.1.
- Une technique de bootstrap (Efron & Tibshirani, 1993, Palm, 2002) sur les répliqués (tirage aléatoire avec remise des répliqués) permet d'obtenir une estimation de la précision sur l'indice M-AMBI ainsi qu'une estimation de sa distribution (histogrammes de 1000 valeurs) autour de la valeur moyenne. La procédure a été développée sous MS-EXCEL et permet une application directe du logiciel AMBI 4.1 sur la feuille de calcul contenant les tirages aléatoires.

4 - Résultats

4.1 - Analyse des sédiments

4.1.1 - Boyardville : station subtidale

L'analyse granulométrique sur 100,08 g de sédiment (**Tableau 6**) indique que ce sont des sédiments sablo-vaseux composés à 42,4 % de sables fins et à 57,6 % de vases. Ce sédiment fin dont le mode est à 90µm avec une taille médiane de 43µm possède une distribution unimodale mais un mauvais classement (**Annexe**).

Le taux de matière organique de 4,5 % est déterminé sur 3 répliquats d'analyse (**Tableau 7**).

Tableau 6 : Résultats bruts (g) de l'analyse granulométrique.

Information	Maille de tamis	Pesée tamis vide (g)	Pesée tamis+sed (g)	Commentaire	Sédiment (g)
DATE_ANALYSE	4000	603,26	604,61		1,35
21/06/2013	2000	494,6	494,63		0,03
OPERATEUR_ANALYSE	1600	454,37	454,42		0,05
M_Sauriau	1250	422,1	422,13		0,03
SED_ANALYSE	1000	416,8	416,82		0,02
100,08	800	384,68	384,7		0,02
NOM_ME	630	402,66	402,72		0,06
Pertuis_Charentais	500	363,62	363,7		0,08
NOM_STATION	400	348,46	348,5		0,04
Boyardville	315	343,32	343,41		0,09
MOIS_STA	250	330,26	330,42		0,16
avril	200	328,77	329,07		0,30
CODE_ME	160	315,74	316,31		0,57
FRFC02	125	312,17	315,76		3,59
CODE_STA	100	309,44	322,19		12,75
SMF1	80	298,93	315,63		16,70
CODE_ANNEE	63	298,93	305,38		6,45
2013	0			Reste < 63µm	57,79

Tableau 7 : Résultats de l'analyse de la teneur en matières organiques.

CODE_ANNEE	NOM_STA	MOIS_STA	TYPE_ANALYSE	DATE_ANALYSE	OPERATEUR_ANALYSE	TAUX_MO_SED (%)
2013	Boyardville	avril	MO perte au feu	17/06/2013	M_Sauriau	4,52
						4,43
						4,53

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

Une analyse comparative des sédiments de cette station échantillonnée depuis 2007 (**Figure 11**) montre une relative stabilité de sa composition en vases, sables et graviers. Les proportions de vases varient de 56 à 80 % pour des sédiments très peu chargés en graviers. Le maximum de proportion en vases est daté d'avril 2010. La médiane varie entre 22 et 46 μm traduisant pour cette vase sableuse la prépondérance de la fraction silteuse.

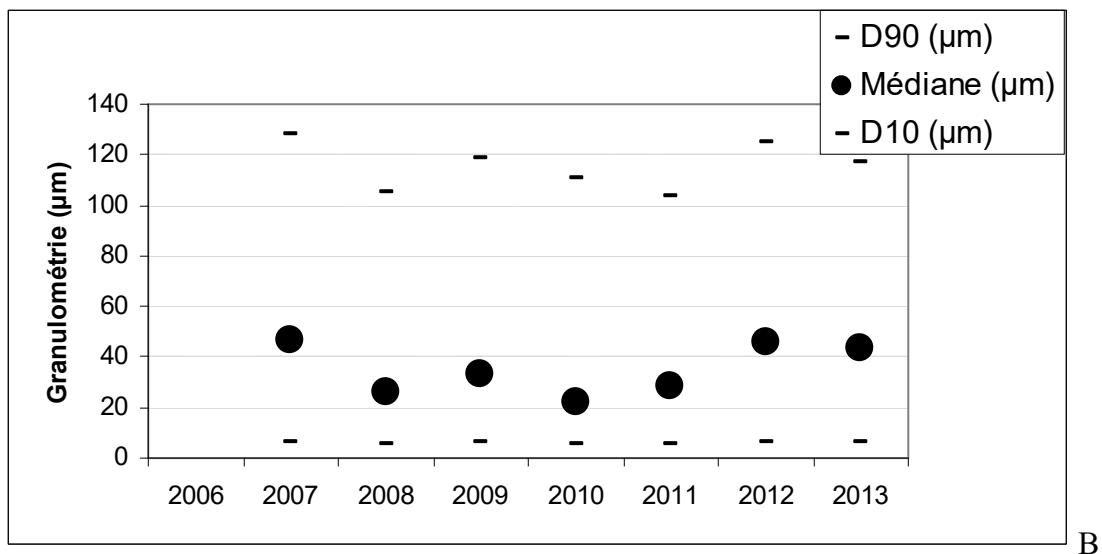
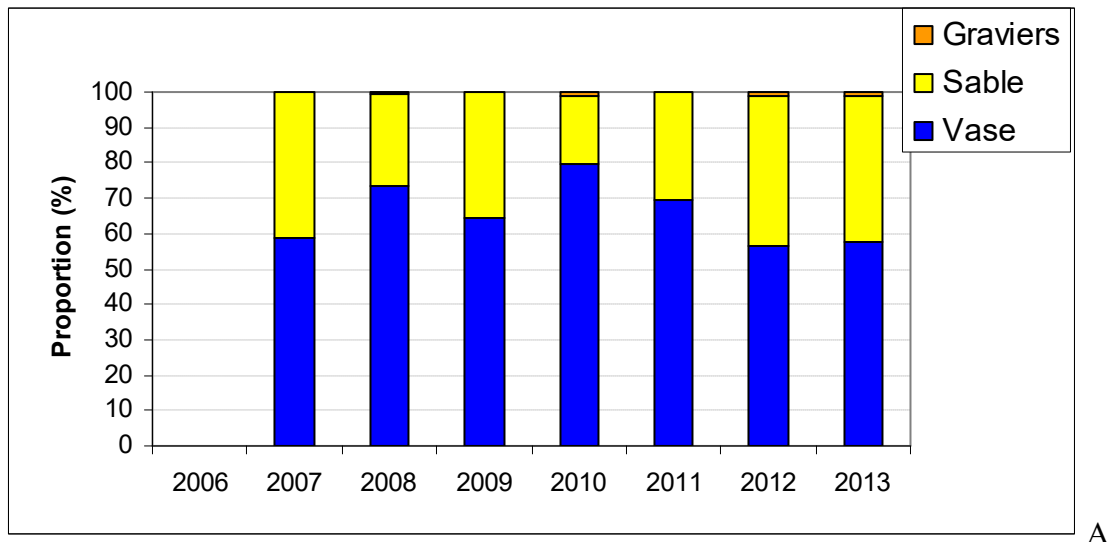


Figure 11 : Evolution des proportions en vases, sable et graviers (A) et de la médiane (D50) encadrée par les D10 et D90 (μm) pour les sédiments de la station subtidale Boyardville.

De même les valeurs de la série 2007-2013 des taux de matières organiques varient entre 3,7 % (le minimum en avril 2010) et 5,1 (le maximum en avril 2008) ne traduisant pas de changement majeur dans les sédiments subtidaux de la station Boyardville.

4.2 - Analyse faunistique

4.2.1 - Boyardville : station subtidale

4.2.1.1. Richesse spécifique et abondance spécifique

La richesse spécifique totale obtenue en sommant les 5 réplicats est de 69 taxons qui se répartissent en deux embranchements dominants avec 36 % d'annélides et 27 % de mollusques (**Figure 12**). Les mollusques sont les plus abondants avec en moyenne 58 % des abondances (**Figure 13**).

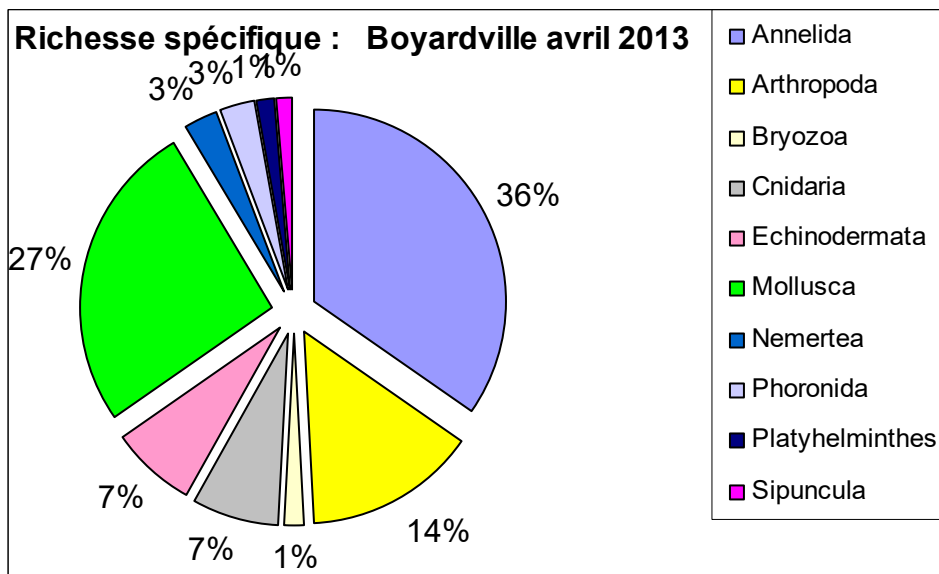


Figure 12 : Répartition des taxons par embranchement selon le nombre d'espèces.

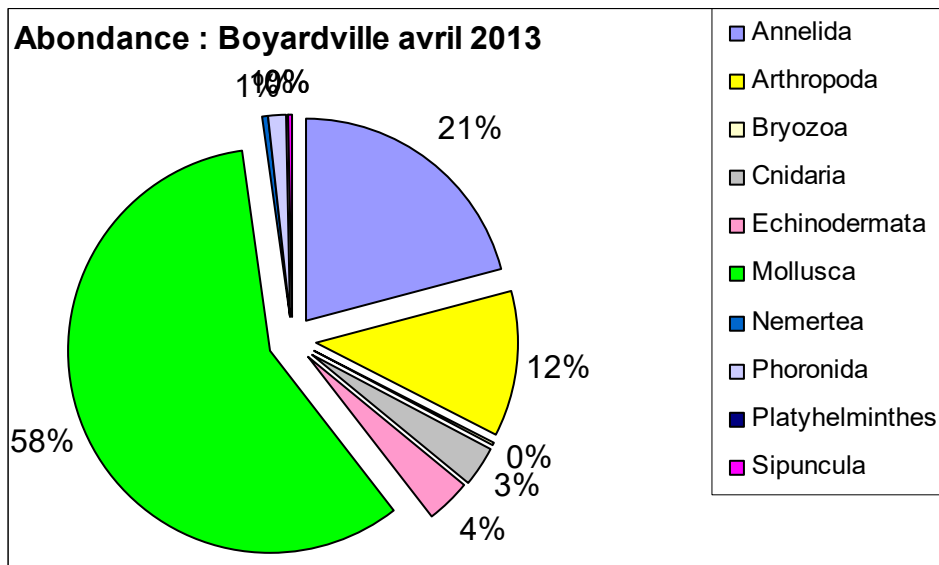


Figure 13 : Répartition des taxons par embranchement selon les abondances.

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

L'analyse succincte du **Tableau 8** des richesses et abondances spécifiques par réplikat montre que :

- La richesse spécifique par réplikat varie entre 20 et 33 espèces ;
- Les abondances par réplikat varient d'environ 750 à 1780 individus par m² pour une valeur moyenne avec son intervalle de confiance à 95 % de 1150 ± 100 individus par m² ;
- Les cinq espèces les plus abondantes sont les mollusques *Crepidula fornicata* (18 %) et *Abra alba* (11%), le crustacé amphipode *Ampelisca armoricana* (9 %), l'annélide *Notomastus latericeus* (6%) et les mollusques *Corbula gibba* (8 %) et *Kurtiella bidentata* (6 %) ;
- Au moins 24 espèces sont rares avec un seul individu collecté sur la station parmi lesquels 9 annélides polychètes, 6 arthropodes, 1 colonie de bryozoaires, 1 cnidaire et 4 mollusques.

Tableau 8 : Richesse et abondances spécifiques de la station Boyardville en avril 2013.

Richesse spécifique		20	37	26	33	24	69			
Abondance totale an m ²		75	178	76	176	72	115	±	100	
								Tot		
Embranchement	Espèce	1	2	3	4	5	al	%		
Annelida	<i>Alitta succinea</i>	0	2	0	0	0	2	0%		
	<i>Ampharete finmarchica</i>	0	2	0	2	0	4	1%		
	<i>Aonides paucibranchiata</i>	0	1	0	0	0	1	0%		
	<i>Boccardiella sp.</i>	0	1	0	0	0	1	0%		
	<i>Chaetozone gibber</i>	0	2	0	0	0	2	0%		
	<i>Euclymene oerstedii</i>	1	3	0	0	1	5	1%		
	<i>Eumida sanguinea</i>	0	1	0	0	1	2	0%		
	<i>Glycera unicornis</i>	0	1	0	0	0	1	0%		
	<i>Harmothoe spinifera</i>	0	2	1	1	0	4	1%		
	<i>Heteromastus filiformis</i>	4	5	8	0	0	17	3%		
	<i>Lagis koreni</i>	0	0	1	0	0	1	0%		
	<i>Magelona alleni</i>	4	0	0	0	1	5	1%		
	<i>Magelona johnstoni</i>	0	0	1	0	0	1	0%		
	<i>Monticellina sp.</i>	0	0	1	0	2	3	1%		
	<i>Neoamphitrite edwardsi</i>	2	1	0	1	1	5	1%		
	<i>Notomastus latericeus</i>	8	9	5	5	8	35	6%		
	<i>Owenia fusiformis</i>	0	1	1	1	0	3	1%		
	<i>Pherusa monilifera</i>	0	1	0	0	0	1	0%		
	<i>Pholoe inornata</i>	0	0	1	0	0	1	0%		
	<i>Platynereis dumerilii</i>	0	1	0	0	0	1	0%		
<i>Sabellaria spinulosa</i>	0	0	0	3	1	4	1%			
<i>Spiochaetopterus costarum</i>	0	3	3	2	3	11	2%			
<i>Spirobranchus lamarcki</i>	0	0	2	8	0	10	2%			
<i>Sternaspis scutata</i>	0	0	0	1	0	1	0%			
Arthropoda	<i>Ampelisca armoricana</i>	7	36	9	0	1	53	9%		
	<i>Ampelisca brevicornis</i>	0	1	0	0	0	1	0%		
	<i>Asthenognathus atlanticus</i>	1	0	1	1	0	3	1%		
	<i>Balanus crenatus</i>	0	0	0	1	0	1	0%		
	<i>Diastylis bradyi</i>	0	0	0	0	1	1	0%		
	<i>Macropodia parva</i>	0	0	0	1	0	1	0%		
	<i>Pandalina brevirostris</i>	0	0	0	2	0	2	0%		

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

	<i>Photis longicaudata</i>	0	0	1	0	0	1	0%
	<i>Pisidia longicornis</i>	0	0	0	3	0	3	1%
	<i>Siphonoecetes (Siphonoecetes) sabatieri</i>	0	1	0	0	0	1	0%
Bryozoa	BRYOZOA	0	0	1	0	0	1	0%
Cnidaria	ANTHOZOA	2	1	0	1	0	4	1%
	<i>Aulactinia verrucosa</i>	0	2	0	0	0	2	0%
	<i>Cereus pedunculatus</i>	1	0	0	1	0	2	0%
	<i>Edwardsia claparedii</i>	0	0	3	3	2	8	1%
	SAGARTIIDAE	0	1	0	0	0	1	0%
Echinodermata	<i>Amphiura filiformis</i>	0	1	1	4	1	7	1%
	<i>Leptopentacta elongata</i>	0	0	2	1	4	7	1%
	<i>Leptosynapta sp.</i>	0	0	1	0	1	2	0%
	<i>Oestergrenia digitata</i>	0	0	1	0	1	2	0%
	<i>Ophiura albida</i>	0	0	0	3	0	3	1%
								11%
Mollusca	<i>Abra alba</i>	2	46	8	5	3	64	%
	<i>Antalis novemcostata</i>	0	2	4	0	1	7	1%
	<i>Corbula gibba</i>	7	19	8	7	8	49	8%
	<i>Crepidula fornicata</i>	0	0	0	94	10	104	%
	<i>Cylichna cylindracea</i>	3	0	2	0	1	6	1%
	<i>Hyala vitrea</i>	3	3	0	3	11	20	3%
	<i>Kurtiella bidentata</i>	24	3	5	2	0	34	6%
	<i>Mimachlamys varia</i>	0	0	0	1	0	1	0%
	<i>Modiolula phaseolina</i>	0	3	0	0	0	3	1%
	<i>Modiolus barbatus</i>	0	0	0	4	0	4	1%
	<i>Musculus subpictus</i>	0	0	0	3	0	3	1%
	<i>Nassarius pygmaeus</i>	1	1	0	3	3	8	1%
	<i>Nassarius reticulatus</i>	0	2	0	1	0	3	1%
	<i>Nucula nitidosa</i>	1	5	4	6	4	20	3%
	<i>Ostrea edulis</i>	0	0	0	1	0	1	0%
	<i>Peringia ulvae</i>	0	1	0	0	0	1	0%
	<i>Spisula subtruncata</i>	1	0	0	0	0	1	0%
	<i>Turritella communis</i>	1	5	1	1	0	8	1%
Nemertea	<i>Lineus sp.</i>	0	1	0	0	0	1	0%
	NEMERTEA	0	2	0	0	0	2	0%
Phoronida	<i>Phoronis psammophila</i>	0	0	0	0	2	2	0%
	<i>Phoronis sp.</i>	0	6	0	0	0	6	1%
Platyhelminthes	<i>Platyhelminthes</i>	1	0	0	0	0	1	0%
Sipuncula	SIPUNCULIDAE	1	0	0	0	0	1	0%

4.2.1.2. Histogramme de taille des mollusques

L'histogramme de taille des mollusques montre que les individus sont en grande majorité de petite taille (moins de 10 mm) les trois espèces dominantes *Nucula nitidosa*, *Kurtiella bidentata* et *Corbula gibba* ayant des tailles variant respectivement entre 1-6 mm, 1-4 mm et 1-14 mm. Les plus grands individus sont des *Crepidula fornicata* jusqu'à 49 mm et *Mimachlamys varia* de 51 mm (Figure 14). Ces dernières sont présentes sur la station de façon hétérogène avec deux répliquats à 10 et 94 individus, soit de 100 à 940 individus/m².

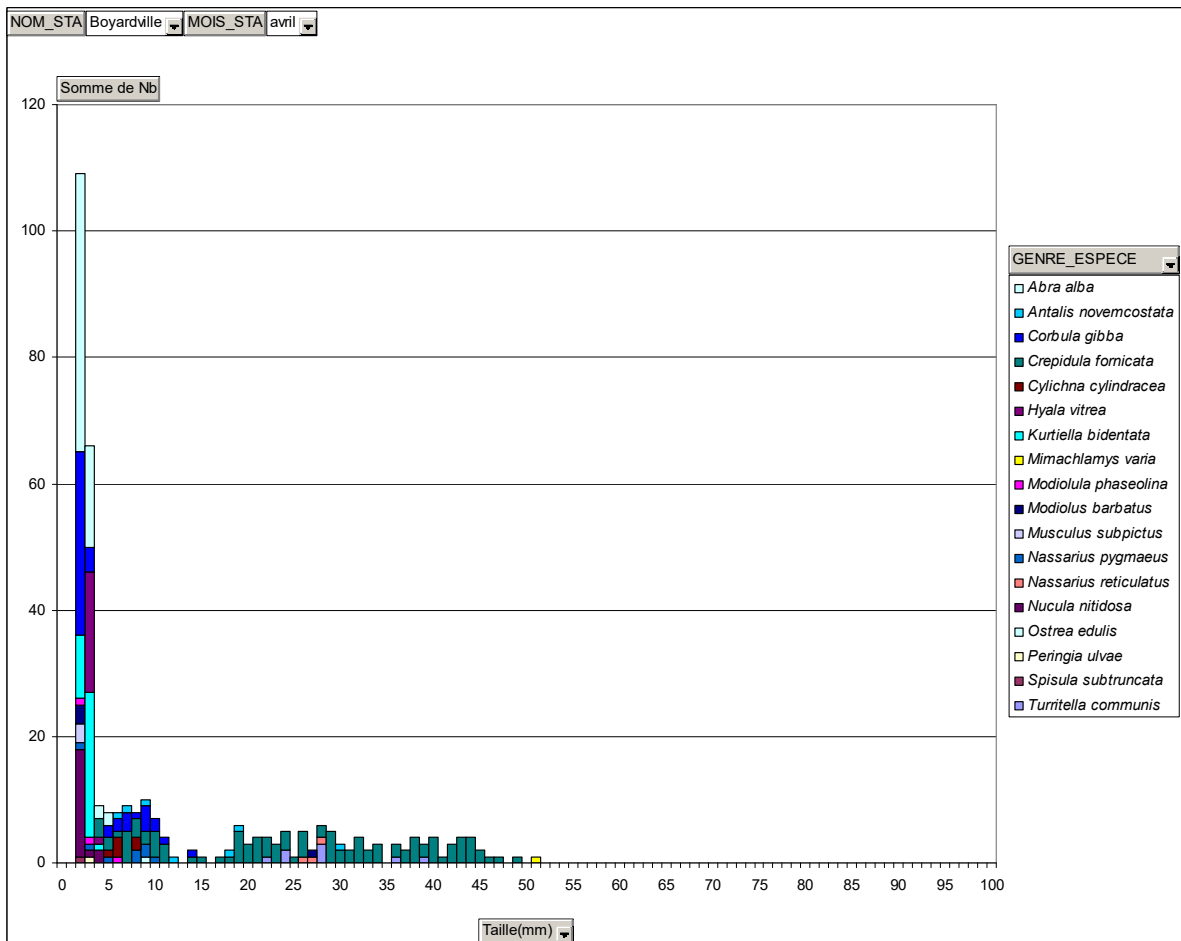


Figure 14 : Histogramme de taille des mollusques pour les 5 répliquats.

4.2.1.3. Analyse statut écologique selon M-AMBI

Parmi les individus recensés, 32 % appartiennent au groupe écologique I des espèces sensibles, 13 % au groupe II, 41 % au groupe III, 14 % au groupe IV mais aucun au groupe V des espèces opportunistes de premier ordre (**Figure 15**).

L'indice AMBI est de 1,99 avec 69 taxons retenus et une diversité de 4,63.

Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 5 réplicats par station et avec comme condition de référence une station de sables fins plus ou moins envasés subtidiaux (1, 4, 58) fournit une valeur de 1,06 arrondie à 1, suggérant un très bon état écologique.

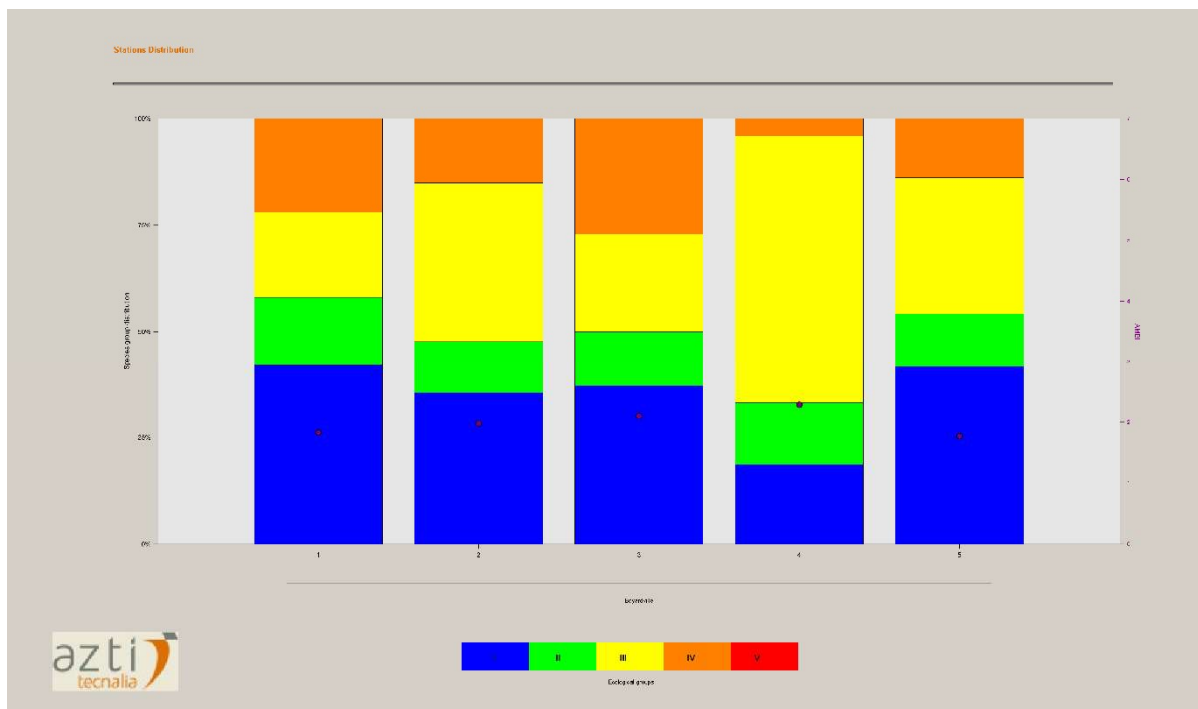


Figure 15 : Proportion des groupes écologiques dans les 5 réplicats.

Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 5 réplicats par station fournit une valeur de 1 mais il a été reconnu que d'utiliser un jeu de données trop restreint (une seule station) conduit à des surestimations du M-AMBI (Ruellet & Dauvin, 2008). Cette valeur ne devrait donc pas être retenue pour estimer le statut écologique de la station. Ce problème de surestimation est lié à l'utilisation d'une analyse factorielle dans le calcul de l'indice M-AMBI, analyse qui est sensible au nombre d'observations soumises à l'analyse (Muxika *et al.*, 2007, Borja *et al.*, 2008). De fait il est recommandé d'utiliser au moins 50 stations afin d'en stabiliser les résultats individuels (Borja & Mader, 2008).

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

La procédure générale sera donc d'utiliser le jeu de données 2013 sur l'ensemble du littoral atlantique pour estimer le statut écologique de cette station. Cependant, une procédure alternative peut être proposée à partir des résultats obtenus sur cette station. Un bootstrap (Efron & Tibshirani, 1993, Palm, 2002) permet en effet, à partir des 126 combinaisons possibles issues de tous les tirages aléatoires avec remise de 5 réplicats parmi 5, de réaliser :

- 1) le calcul de l'indice M-AMBI sur ces 126 combinaisons en respectant la contrainte d'utiliser au moins 50 observations ;
- 2) d'estimer un intervalle de confiance autour de la valeur moyenne du M-AMBI à partir d'un tirage ultérieur de 1000 combinaisons et
- 3) de présenter un histogramme des valeurs obtenues.

En suivant cette procédure, la valeur moyenne de l'indice M-AMBI pour la station de Boyardville en 2013 est de $0,91 \pm 0,01$ avec un intervalle de confiance à 95 % entre 0,90 et 0,92 (**Figure 16**). La dispersion des valeurs se fait sur deux classes de statut écologique, les statuts écologiques TRES BON et BON.

Un test de χ^2 sur la répartition des 1000 tirages aléatoires ne permet pas d'aller en deçà, sans écart significatif à 5 %, d'une répartition en 6 % en statut BON et 94 % en statut TRES BON. Il doit être conclu que le statut TRES BON est le plus probable.

Le statut écologique de la station Boyardville en 2013 peut être considéré comme **TRES BON** pour l'élément de qualité « invertébrés benthiques ».

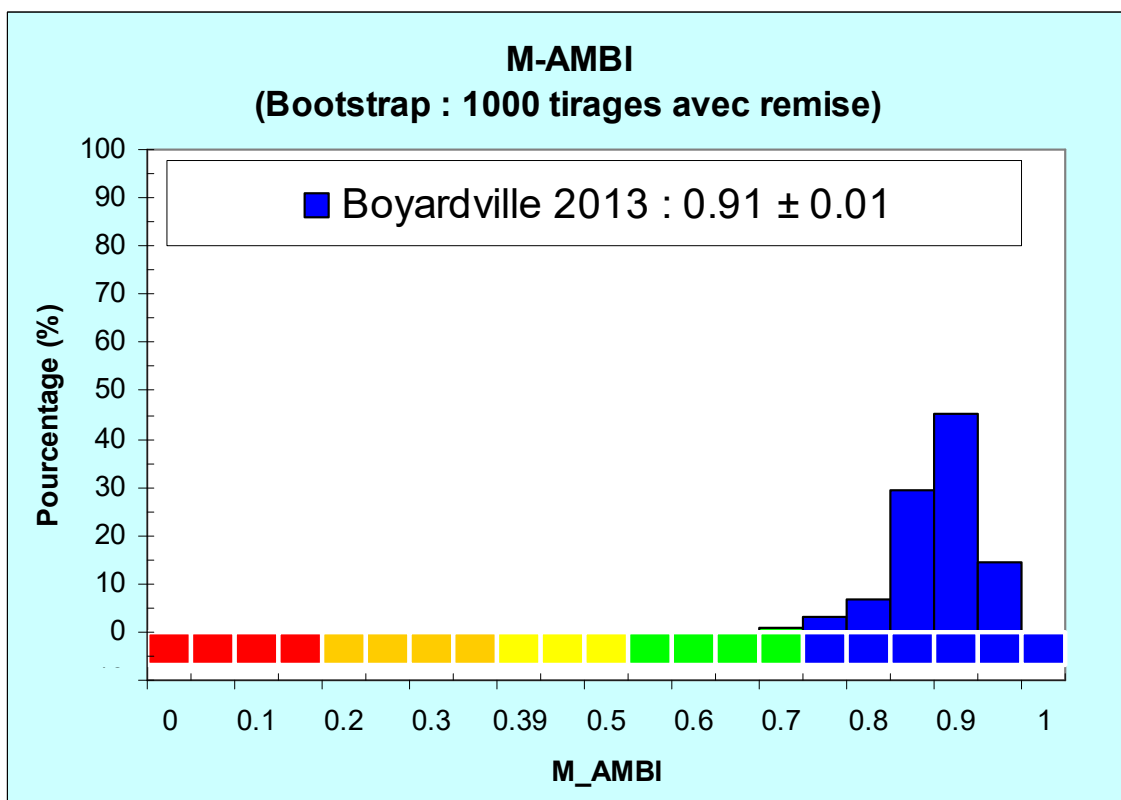


Figure 16 : Histogramme des valeurs du M-AMBI après 1000 tirages aléatoires.

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

Le bilan depuis 2007 de l'évaluation de l'état écologique annuel sur l'élément de qualité « Invertébrés benthiques » de la station Boyardville est TRES BON (**Tableau 9**). Des détails peuvent être obtenus dans les rapports DCE des années concernées (Sauriau, 2008, Sauriau et al., 2008, Sauriau et al., 2009, Sauriau et al., 2011, Sauriau et al., 2012, Sauriau et al., 2013, Sauriau et al., 2014).

Tableau 9 : Bilan du statut écologique de la station Boyardville échantillonnée depuis 2007

Année	Mois	Statut Invertébrés écologique benthiques
2007	Avril	TRES BON
2007	Octobre	TRES BON
2008	Avril	TRES BON
2009	Avril	TRES BON
2010	Avril	TRES BON
2011	Avril	TRES BON
2012	Avril	TRES BON
2013	Avril	TRES BON

5 - Bilan du temps passé aux prélèvements et analyses

La réalisation des analyses biologiques et sédimentaires sur la station de Boyardville échantillonnée en avril 2013 a mobilisé (**Tableau 10**) :

- 1 personne-jour pour la préparation des missions à la mer (y compris l'entretien du matériel) ;
- 4 personnes-jour pour les prélèvements en mer ;
- 2 personnes-jour pour les analyses granulométriques et teneur en matière organique ;
- 5 personnes jour pour le lavage et tri faunistique ;
- 7 personnes-jour pour les déterminations faunistiques ;
- 3 personnes jour pour la saisie des données et leur vérification
- 3 personnes jour pour la rédaction.

Tableau 10 : Effort en personne-jour pour chacune des opérations afférentes à l'analyse sédimentaire et biologique de la station échantillonnée

Opération	Nombre (personne-jour)
Préparation opération à la mer	1
Opération à la mer	4
Granulométrie + matière organique	1 + 1
Lavage + tri faunistique	1 + 4
Déterminations taxinomiques, validation & qualification taxinomique	7
Saisie données, validation fichier	3
Rédaction	3
Total	25

Au total la réalisation des prélèvements, leur analyse sédimentaire et faunistique et leur saisie avec validation a mobilisé un effort de 25 personnes jour. Cela correspond en équivalent temps plein de 20 jours ouvrés par mois à un total de 1,25 mois de travail à temps plein pour une seule personne.

6 - Bibliographie

- Auby, I., Dalloyau, S., Hily, C., Oger-Jeanneret, H., Plus, M., Sauriau, P.-G. & Trut, G., 2012. Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). In *REBENT réseau benthique*, (ed. Ifremer), pp. 20. Arcachon: Ifremer.
- 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.
- Barillé-Boyer, A.-L., Barillé, L., Massé, H., Razet, D. & Héral, M., 2003. Correction for particulate organic matter as estimated by loss on ignition in estuarine ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **58**, 147-153.
- Bellan-Santini, D. & Dauvin, J.-C., 1988. Actualisation des données sur l'écologie, la biogéographie et la phylogénie des Ampeliscidae (crustacés - amphipodes) atlantiques après la révision des collections d'E. Chevreux. In *Aspects Récents de la Biologie des Crustacés*, vol. 8 (eds. Y. Le Gal and A. Van Wormhoudt), pp. 207-216. Concarneau: Ifremer.
- Blott, S.J. & Pye, K., 2001. Gradstat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, **26**, 1237-1248.
- Borja, A., Franco, J. & Muxika, I., 2004. The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools. *Marine Pollution Bulletin*, **48**, 405-408.
- Borja, A., Franco, J. & Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, **40**(12), 1100-1114.
- Borja, A. & Mader, J., 2008. Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1). pp. 13. AZTI-Tecnalia (www.azti.es).
- Borja, A., Mader, J., Muxika, I., Rodríguez, J.G. & Bald, J., 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: some remarks and recommendations. *Marine Pollution Bulletin*, **56**(7), 1377-1379.
- 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., Muxika, I. & Franco, J., 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, **46**, 835-845.
- Chambers, S.J. & Muir, A.I., 1997. *Polychaetes: British Chrysopetaloidea, Pisionoidea and Aphroditoidea*. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Chassé, C. & Glémarec, M., 1976. *Atlas du littoral français. Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. Cartes biosédimentaires*. Brest: C.N.E.X.O., I.C.A.
- Cojan, I. & Renard, M., 1999. *Sédimentologie*. Paris: Dunod.
- Dauvin, J.-C., Bachelet, G. & Bellan, G., 2006. Biodiversity and biogeographic relationships of the polychaete fauna in French Atlantic and Mediterranean waters. *Scientia Marina (Barcelona)*, **70S3**, 259-267.
- Dauvin, J.-C. & Bellan-Santini, D., 1988. Illustrated key to *Ampelisca* species from the North-Eastern Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **68**, 659-676.
- Dauvin, J.-C. & Bellan-Santini, D., 1996. *Ampeliscidae* (Amphipoda) from the Bay of Biscay. *Journal of Crustacean Biology*, **16**(1), 149-168.

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

- Dauvin, J.-C. & Bellan-Santini, D., 2002. Les crustacés Amphipodes Gammaridea benthiques des côtes françaises métropolitaines: bilan des connaissances. *Crustaceana*, **73**(3-4), 299-340.
- de Montaudouin, X. & Sauriau, P.-G., 2000. Contribution to a synopsis of marine species richness in the Pertuis Charentais Sea with new insights in soft-bottom macrofauna of the Marennes-Oléron Bay. *Cahiers de Biologie Marine*, **41**(2), 181-222.
- Degraer, S., Wittoeck, J., Appeltans, W., Cooreman, K., Deprez, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Mees, J., Vanden Berghe, E. & Vincx, M., 2006. *L'atlas du macrobenthos de la partie belge de la mer du Nord*. Bruxelles: Politique scientifique fédérale.
- Efron, B. & Tibshirani, R.J., 1993. *An introduction to the bootstrap*. New York: Chapman and Hall.
- Emig, C.C., 1979. *British and other Phoronids*. London: Academic Press, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association.
- Fauvel, P., 1923. *Faune de France. Polychètes errantes*. Paris: Librairie de la Faculté des Sciences.
- Fauvel, P., 1927. *Faune de France. Polychètes sédentaires*. Paris: Lechevalier, P.
- Frontier, S. & Pichod-Viale, D., 1991. *Ecosystèmes : structure, fonctionnement et évolution*. Paris: Masson.
- George, J.D. & Hartmann-Schröder, 1985. *Polychaetes: British Amphinomida, Spintherida & Eunicida*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.
- Gibbs, P.E., 2001. *Sipunculans*. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Gibson, R., 1994. *Nemerteans*. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Glémarec, M., 1968. Pélécytopodes marins de la côte atlantique française. pp. 21. Brest: Laboratoire de Zoologie.
- Graham, A., 1988. *Molluscs: Prosobranch and Pyramidellid Gastropods*. Leiden: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.
- Grall, J. & Glémarec, M., 2003. L'indice d'évaluation de l'endofaune côtière I2EC. In *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*, (ed. C. Alzieu), pp. 51-86. Plouzané: Editions Ifremer.
- Hartmann-Schröder, G., 1971. *Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta*. Jena: Veb Gustav Fischer Verlag.
- Hayward, P.J. & Ryland, J.S., 1990a. *The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe. Volume 1. Introduction and Protozoans to Arthropods*. Oxford: Oxford University Press.
- Hayward, P.J. & Ryland, J.S., 1990b. *The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe. Volume 2. Molluscs to Chordates*. Oxford: Oxford University Press.
- Hily, C., 1976. Ecologie benthique des pertuis Charentais. Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Thèse de Doctorat de 3^{ème} Cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest: pp. 236.
- Hily, C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, Université de Bretagne Occidentale, Brest: pp. Vol. 1 : 359 & Vol. 352 : 337.
- Houart, R., 2001. *A review of the recent Mediterranean and Northeastern Atlantic species of Muricidae*. Milan: 227.
- Ingle, R.W., 1996. *Shallow-water crabs*. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Ingle, R.W. & Christiansen, M.E., 2004. *Lobsters, mud shrimps and anomuran crabs*. Shrewsbury: Field Studies Council.

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

- Jones, A.M. & Baxter, J.M., 1987. *Molluscs: Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora and Scaphopoda*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.
- Manuel, R.L., 1988. *British Anthozoa (Coelenterata: Octocorallia & Hexacorallia)*. Leiden: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association.
- Martin, J., 2011. *Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale*. Versailles: Éditions Quae.
- Mauchline, J., 1984. *Euphausiid, Stomatopod and Leptostracan Crustaceans*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.
- Millar, R.H., 1969. *Catalogue of main marine fouling organisms (found on ships coming into European waters). Ascidians of European waters*. Paris: Organisation de Coopération et de Développement Economiques.
- Millar, R.H., 1970. *British Ascidians*. London and New York: Academic Press.
- Muxika, I., Borja, A. & Bald, J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, **55**, 16-29.
- Naylor, E., 1972. *British Marine Isopods*. London & New York: Linnean Society of London & Academic Press.
- Palm, R., 2002. Utilisation du bootstrap pour les problèmes statistiques liés à l'estimation des paramètres. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **6**(3), 143-153.
- Pleijel, F., 1988. Phyllodoce (Polychaeta, Phyllococidae) from Northern Europe. *Zoologica Scripta*, **17**(2), 141-153.
- Pleijel, F. & Dales, R.P., 1991. *Polychaetes: British Phyllococoideans, Typhloscolecoideans and Tomopteroideans*. Oegstgeest, The Netherlands: Universal Book Services / Dr. Backhuys, W.
- Poppe, G.T. & Goto, Y., 1991. *European seashells. Vol. I. (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda)*. Wiesbaden: Verlag Christa Hemmen.
- Poppe, G.T. & Goto, Y., 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Wiesbaden: Christa Hemmen Verlag.
- Rouse, G.W. & Pleijel, F., 2001. *Polychaetes*. Oxford University Press.
- Ruellet, T. & Dauvin, J.-C., 2008. Comments on Muxika et al. "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 (2007) 16-29]. *Marine Pollution Bulletin*, **56**(6), 1234-1235.
- Sauriau, P.-G., 2008. Surveillance 2007 faune et flore benthique DCE vitalité herbier de *Zostera noltii* masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais. pp. 22. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour-Garonne.
- Sauriau, P.-G. & Aubert, F., 2013. Contrôle de surveillance 2013 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : Partie 1 : herbier de *Zostera (Zosterella) noltei*. pp. 39. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.
- Sauriau, P.-G., Aubert, F., de Almeida Ferreira, L., Cajeri, P., Curti, C., Latry, L., Sauriau, M., Sauriau, F., Leguay, D. & Pineau, P., 2013. Contrôle de surveillance 2012 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : macrofaune invertébrée benthique. pp. 51. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.
- Sauriau, P.-G., Aubert, F., Sauriau, M. & Sauriau, F., 2014. Contrôle de surveillance 2013 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau

Contrat d'étude Ifremer 2013 5210053 : macrofaune invertébrée benthique

- côtière Pertuis Charentais FRFC02 : Partie 2 : macrofaune invertébrée benthique. pp. 32. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.
- Sauriau, P.-G., Ehlinger, S. & Sauriau, F., 2008. Surveillance 2008 faune et flore benthique DCE vitalité herbier de *Zostera noltii* masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais. pp. 27. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour-Garonne.
- Sauriau, P.-G., Leguay, D., Pineau, P., Cajeri, P. & Chenoun, M., 2011. Contrôle de surveillance DCE 2010 faune masse d'eau côtière FRFC02 Pertuis Charentais : station de Boyardville. pp. 29. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.
- Sauriau, P.-G., Leguay, D., Pineau, P. & Guillemain, D., 2012. Contrôle de surveillance DCE 2011 faune masse d'eau côtière FRFC02 Pertuis Charentais station de Boyardville. pp. 31. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.
- Sauriau, P.-G., Pothier, A. & Thomas, J., 2009. Contrôle de surveillance DCE 2009 masses d'eau côtière FRFC01 Nord-Est Oléron FRFC02 Pertuis charentais. Partie 1 : macrofaune invertébrée benthique Malconche FRFC01 Nord-Est Oléron. pp. 35. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.
- Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, **27**, 379-423.
- Smaldon, G., Holthuis, L.B. & Fransen, C.H.J.M., 1993. *Coastal shrimps and prawns*. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Southward, E.C. & Campbell, A.C., 2006. *Echinoderms*. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Tebble, N., 1966. *British bivalve seashells. A handbook for identification*. London: Trustees of the British Museum (Natural History).
- Thompson, T.E., 1988. *Molluscs: benthic opisthobranchs (Mollusca: Gastropoda)*. Leiden: Linnean Society of London & Estuarine & Brackish-water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.
- Westheide, W., 1990. *Polychaetes: interstitial families*. Oegstgeest, The Netherlands: Universal Book Services / Dr. Backhuys, W.
- Wood, C., 2005. *Seasearch guide to sea anemones and corals of Britain and Ireland*. Ross-on-Wye: Marine Conservation Society.

7 - Annexe

7.1 - Analyses granulométriques 2013

7.1.1 - Boyardville : station subtidale

SAMPLE STATISTICS						
SAMPLE IDENTITY: Boyardville avril 2013 SMF			ANALYST & DATE: M_Sauriau, 2013_Avr			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sandy Mud			
SEDIMENT NAME: Slightly Fine Gravelly Very Fine Sandy Coarse Silt						
	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	90.00	3.483	GRAVEL: 1.4%	COARSE SAND: 0.2%		
MODE 2:			SAND: 41.0%	MEDIUM SAND: 0.3%		
MODE 3:			MUD: 57.6%	FINE SAND: 4.5%		
D ₁₀ :	6.322	3.091		V FINE SAND: 36.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	43.39	4.526	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 9.6%		
D ₉₀ :	117.3	7.305	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 9.6%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	18.56	2.363	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 9.6%		
(D ₅₀ - D ₁₀):	111.0	4.214	FINE GRAVEL: 1.3%	FINE SILT: 9.6%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	7.101	1.823	V FINE GRAVEL: 0.0%	V FINE SILT: 9.6%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	79.42	2.828	V COARSE SAND: 0.1%	CLAY: 9.6%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	124.4	24.25	5.386	33.82	4.886	Very Coarse Silt
SORTING (σ):	518.5	4.068	2.024	3.111	1.637	Poorly Sorted
SKEWNESS (S_k):	8.179	0.897	-0.897	-0.301	0.301	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	68.76	3.478	3.478	0.694	0.694	Platykurtic

