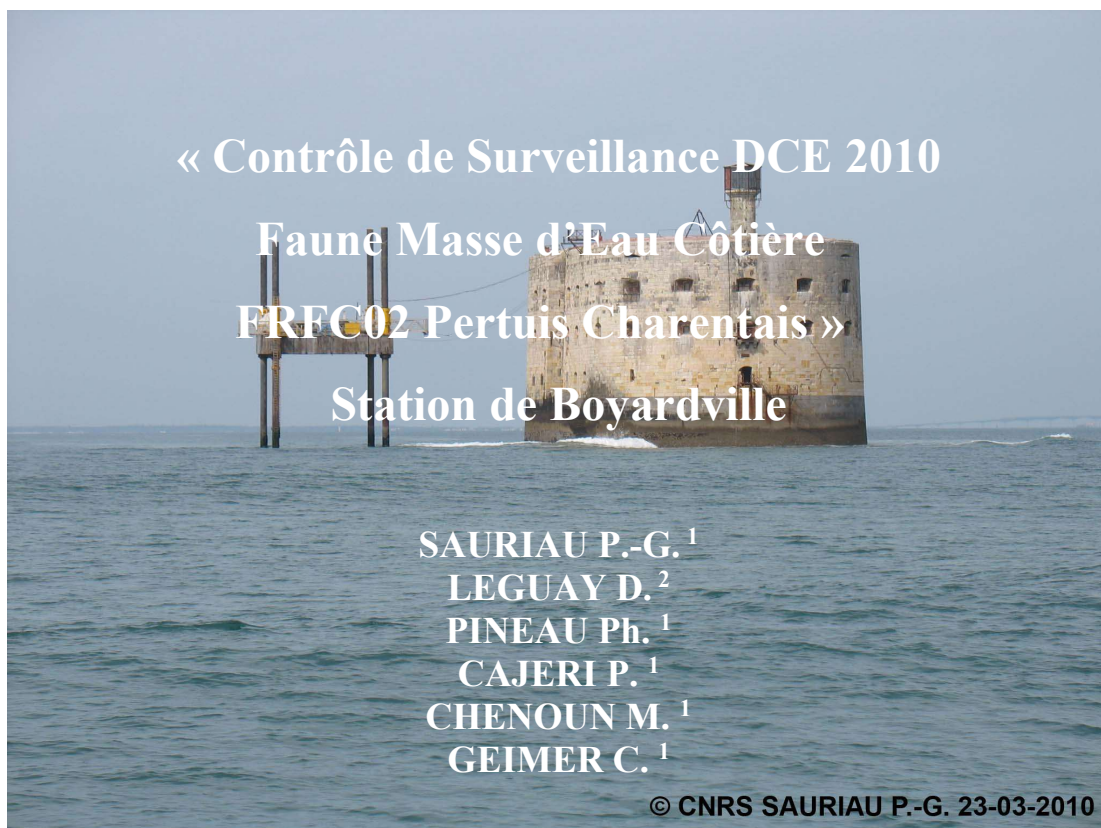




## Contrat de prestation Ifremer

N° 2010 5 51522024



<sup>1</sup> LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle

<sup>2</sup> IFREMER, Place Gaby Coll, BP 5, 17137



Juillet 2011



# Sommaire

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>OPÉRATIONS À LA MER .....</b>	<b>3</b>
2.1	CALENDRIER ET MOYEN À LA MER.....	3
2.2	CONTRÔLE QUALITÉ SUR LES PRÉLÈVEMENTS .....	4
<b>3</b>	<b>MATÉRIEL &amp; MÉTHODE.....</b>	<b>6</b>
3.1	ANALYSE DES SÉDIMENTS .....	6
3.2	ANALYSE DES ÉCHANTILLONS FAUNISTIQUES.....	9
3.3	DÉTERMINATION DES ESPÈCES.....	11
3.4	ANALYSE DE LA QUALITÉ ÉCOLOGIQUE : INDICE M-AMBI .....	12
<b>4</b>	<b>RÉSULTATS.....</b>	<b>16</b>
4.1	ANALYSE DES SÉDIMENTS .....	16
4.2	ANALYSE FAUNISTIQUE .....	17
4.2.1	<i>Liste taxinomique</i> .....	17
4.2.2	<i>Richesse spécifique</i> .....	20
4.2.3	<i>Histogramme de taille des mollusques</i> .....	23
4.3	ANALYSE STATUT ÉCOLOGIQUE SELON M-AMBI.....	25
4.4	BILAN DU TEMPS PASSÉ AUX PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES .....	27
<b>5</b>	<b>CONCLUSION .....</b>	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>ANNEXES : MÉTADONNÉES ET DONNÉES .....</b>	<b>33</b>
7.1	FRFC02 PERTUIS CHARENTAIS : BOYARDVILLE .....	33



## 1 Introduction

Le contrôle de surveillance 2010 pour la Masse d'Eau Côtière FRFC02 Pertuis Charentais prévoyait au contrat de prestations 2010 5 51522024 l'échantillonnage de la macrofaune invertébrée benthique de la station d'appui Boyardville (Figure 1) selon le protocole DCE (Anonymous, 2005) disponible à <http://www.rebent.org/documents/index.php>.

Les caractéristiques de cette station d'appui sont rappelées en Tableau 1.

**Tableau 1 : Caractéristiques de la station échantillonné.**

Station	Boyardville / point d'appui DCE
Regroupement	Oui si existant avec opérations à la mer FRFC01 ou FRFGC3
Moyens à la mer	Embarcation côtière avec treuil (bateau de location)
Paramètres	Macrofaune benthique (détermination) 1 granulométrie + 1 matière organique
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

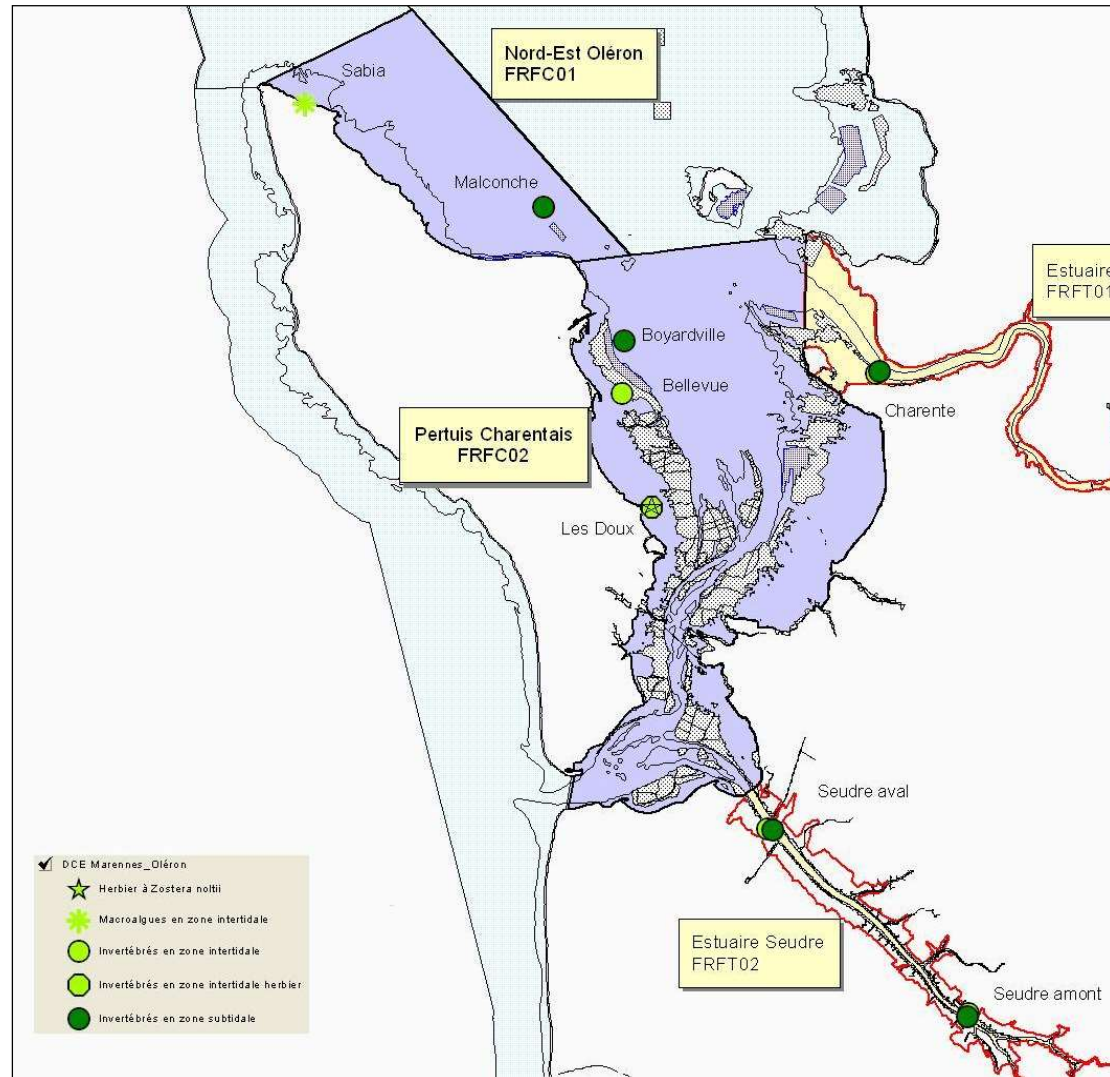


Figure 1 : Situation des stations pour la surveillance faune DCE dans la Masse d'Eau Côtière

## 2 Opérations à la mer

### 2.1 Calendrier et moyen à la mer

Les opérations à la mer se sont déroulées sur 1 jour le 23/03/2010 en domaine subtidal.

Le travail à la mer a mobilisé 5 personnes-jours (Tableau 2) y compris le pilote du navire ESTRAN-(Figure 2).

Cette journée comprend le temps nécessaire à la préparation des opérations à la mer ainsi qu'au débarquement et rangement du matériel.

Elle ne comprend pas le temps de dépouillement des informations collectées (vide infra § 4.4).

**Tableau 2 : Calendrier des opérations à la mer sur la station échantillonnée.**

Code point	Nom point (toponymie)	Code masse d'eau	Longitude (Lambert IIe) X	Latitude (Lambert IIe) Y	Type de suivit	Type de station	Dates	Nombre personne jour-mer	Opérateurs	Engin prélèvement
Boyardville SM	Boyardville	FRFC02	3324819	2112958	Subtidal Meuble Faune des Invertébrés	Point	23/03/2010	5	LIENSs (CNRS)	Benne Van Veen 0,1 m <sup>2</sup>
<b>Total</b>							<b>1 jour</b>	<b>5 personnes</b>		

**Estran**



**Figure 2 : Navire ESTRAN. Cliché P.-G. Sauriau CNRS ©2008.**

## 2.2 Contrôle qualité sur les prélèvements

Les prélèvements réalisés à la benne Van Veen ne posent pas de difficulté particulière et les cinq répliquats sont validés dès lors que la benne fonctionne correctement avec un remplissage quasi-total des deux godets (Figure 3).

**Station Boyardville**

*Subtidal meuble faune : répliquats validés*



© CNRS SAURIAU P.-G. 23-03-2010



© CNRS Sauriau P.-G. 23-03-2010





**Figure 3 : Station BOYARDVILLE et détails des prélèvements pour le contrôle de surveillance DCE faune en domaine subtidal dans la Masse d'Eau Côtière FRFC02 Pertuis Charentais. Photos P.-G. Sauriau CNRS ©.**

### 3 Matériel & Méthode

#### 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 4).

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

**Figure 4 : Echelle granulométrique AFNOR, unité Φ et classifications communes utilisées (Cojan & Renard, 1999).**

Pour l'analyse, chaque prélèvement est vidé dans un bol identifié pour être séché à l'étuve à 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 les plus petits. Le lendemain l'échantillon est tamisé à l'eau 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 100°C pendant 72h.

L'échantillon est ensuite passé sur une colonne de tamis normalisés Retsch (Figure 5). 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 5 : Colonne de tamis normalisés AFNOR sur tamiseuse Retsch et balance Sartorius à 0,01 g. Photo P.-G. Sauriau CNRS ©.**

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 6).

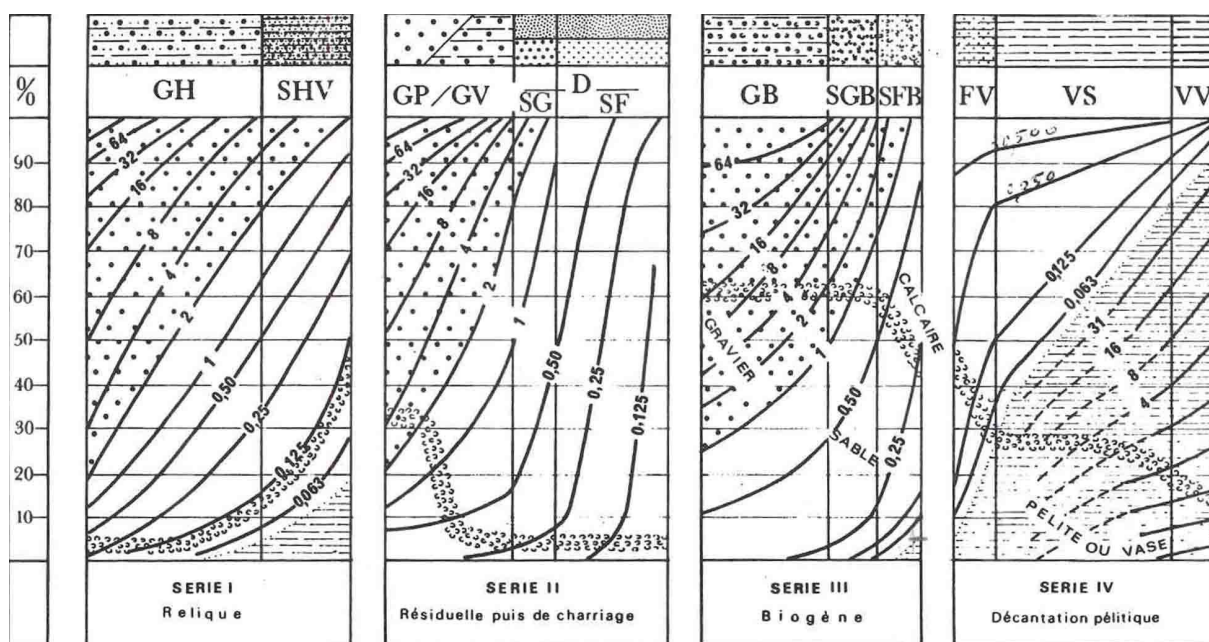


Figure 6 : Type biosédimentaire (Chassé & Glémarec, 1976).

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 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 moufles 450°C pendant 5h permettant une crémation effective sur 4h compte tenue 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

feuillet 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

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 7a). 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 7b) avec coloration au rose Bengale du refus de tamis (Figure 7c) puis lavage (Figure 7d).
- 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 7e). 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 7c). 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 7 : 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 binoculaire des éléments les plus fins.**

**Photos M. Chenoun, M. Sauriau & P. Cajeri CNRS ©.**

### 3.3 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 l'European Register of Marine Species (ERMS) disponible sur le site MarBef (<http://www.marbef.org/>) et incluse dans 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).

**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)

### **3.4 Analyse de la 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
<b>I</b>	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 dépositives tubicoles de sub-surface
<b>II</b>	Indifférentes à une hypertrophisation	Espèces peu influencées par une augmentation de la quantité de MO	carnivores et nécrophages peu sélectifs
<b>III</b>	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	dépositives tubicoles de surface profitant du film superficiel chargé en matière organique
<b>IV</b>	Opportunistes de second ordre	cycle de vie court (souvent <1 an) proliférant dans les sédiments réduits	dépositives de sub-surface
<b>V</b>	Opportunistes de premier ordre	prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface	dépositives

- 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 :
  - **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) :

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

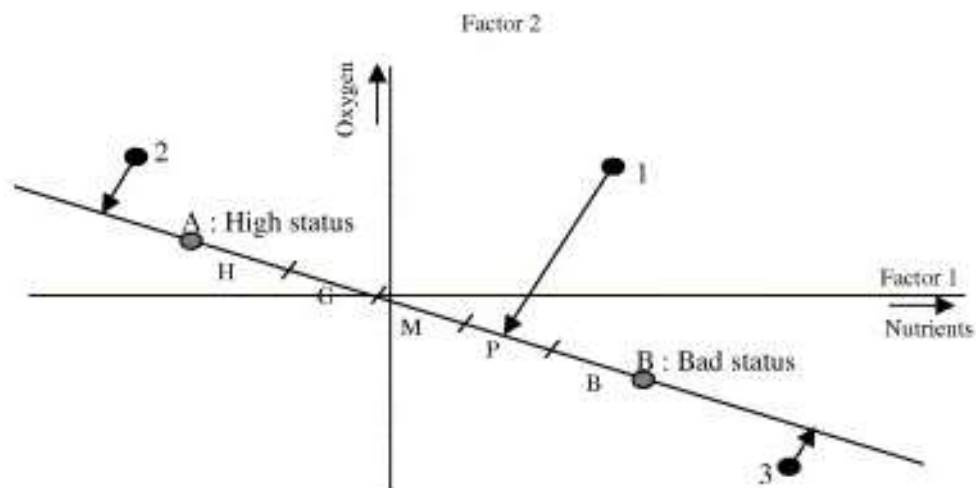
Avec n : nombre d'espèces et  $p_i$  : fréquence relative de l'espèce i dans le prélèvement.

- **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 8). 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 8 : Définition du statut des stations échantillonnées par projection sur l'axe factoriel défini par les conditions de référence (Bald et al., 2005).**

## Contrat de prestation 2010 5 51522024

- 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 répliquats (tirage aléatoire avec remise des répliquats) 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.

## 4 Résultats

### 4.1 Analyse des sédiments

L'analyse granulométrique indique que l'essentiel des sédiments est composé à 80 % de pélites de taille de grains inférieure à 63 µm. Ce sédiment est vaso-sableux (Tableau 6).

Le taux de matière organique de 3,66 % est moyen montrant que ces vases sableuses sont relativement riches en matières organiques (Tableau 7).

**Tableau 6 : Résultats de l'analyse granulométrique.**

Information	Maille de tamis	Pesée tamis vide	Pesée tamis+sed	Commentaire	Sédiment
<b>DATE_ANALYSE</b>	4000	603,26	603,79		0,53
28/06/2010	2000	494,61	495,30		0,69
<b>OPERATEUR_ANALYSE</b>	1600	454,41	454,68		0,27
M_Chenoun	1250	422,13	422,41		0,28
<b>SED_ANALYSE</b>	1000	416,89	417,11		0,22
100	800	384,68	384,90		0,22
<b>NOM_ME</b>	630	402,69	402,91		0,22
Pertuis_Charentais	500	363,69	363,91		0,22
<b>NOM_STATION</b>	400	348,62	348,91		0,29
Boyardville	315	343,24	343,41		0,17
<b>MOIS_STA</b>	250	330,27	330,54		0,27
Avril	200	328,84	329,22		0,38
<b>CODE_ME</b>	160	315,77	316,49		0,72
FRFC02	125	312,23	315,39		3,16
<b>CODE_STA</b>	100	309,52	313,79		4,27
SMF1	80	298,92	304,30		5,38
<b>CODE_ANNEE</b>	63	298,98	301,75		2,77
2010	0			Reste < 63µm	79,94

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

CODE_ME	CODE_ANNEE	NOM_STA	CODE_STA	BATHY_STA	MOIS_STA	TYPE_ANALYSE	DATE_ANALYSE	OPERATEUR_ANALYSE	CODE_POINT	TAUX_MO_SED
FRFC02	2010	Boyardville	IMF1	Subtidal	avril	MO perte au feu	13/07/2010	PG_Sauriau	1	3,66

## 4.2 Analyse faunistique

### 4.2.1 Liste taxinomique

Pour la station de Boyardville échantillonnée en 2010, un ensemble de 65 taxons a été déterminé (Tableau 8). Sont indiqués dans ce tableau le nom spécifique du taxon, l'auteur de la description puis sa classification taxinomique depuis l'embranchement, la classe la sous-classe, l'ordre jusqu'à la famille.

**Tableau 8 : Composition taxinomique de la station.**

<i>Taxon</i>	Auteur	Embranchement	Classe	Sous-Classe	Ordre	Famille
<i>Abra alba</i>	(W. Wood, 1802)	Mollusca	Bivalvia	Heterodonta - Euheterodonta	Veneroida	Semelidae
<i>Abra nitida</i>	(Müller, 1776)	Mollusca	Bivalvia	Heterodonta - Euheterodonta	Veneroida	Semelidae
<i>Ammothella longipes</i>	(Hodge, 1864)	Arthropoda	Pycnogonida	-	Pantopoda	Ammotheidae
<i>Ampelisca brevicornis</i>	(Costa, 1853)	Arthropoda	Malacostraca	Eumalacostraca - Peracarida	Amphipoda	Ampeliscidae
<i>Ampharete finmarchica</i>	(M. Sars, 1864)	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Terebellida	Ampharetidae
<i>Amphipholis squamata</i>	(Delle Chiaje, 1828)	Echinodermata	Ophiuroidea	-	Ophiurida	Amphiuridae
<i>Amphiura filiformis</i>	(O.F. Müller, 1776)	Echinodermata	Ophiuroidea	-	Ophiurida	Amphiuridae
<i>Antalis novemcostata</i>	(Lamarck, 1818)	Mollusca	Scaphopoda	-	Dentaliida	Dentaliidae
<i>Aphelochaeta marioni</i>	(de Saint Joseph, 1894)	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Terebellida	Cirratulidae
<i>Aphelochaeta sp.</i>	Blake, 1991	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Terebellida	Cirratulidae
<i>Asthenognathus atlanticus</i>	Monod, 1933	Arthropoda	Malacostraca	Eumalacostraca - Eucarida	Decapoda	Varunidae
<i>Corbula gibba</i>	(Olivi, 1792)	Mollusca	Bivalvia	Heterodonta - Euheterodonta	Myoida	Corbulidae
<i>Crassostrea gigas</i>	(Thunberg, 1793)	Mollusca	Bivalvia	Pteriomorphia	Ostreoida	Ostreidae
<i>Crepidula fornicata</i>	(Linnaeus, 1758)	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda Heterobranchia -	Littorinimorpha	Calyptraeidae
<i>Cylichna cylindracea</i>	(Pennant, 1777)	Mollusca	Gastropoda	Opisthobranchia	Cephalaspidea	Cylichnidae
<i>Diopatra neapolitana</i>	Delle Chiaje, 1841	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Eunicida	Onuphidae
<i>Diopatra sp. A</i>	Berke et al., 2010	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Eunicida	Onuphidae

Contrat de prestation 2010 5 51522024

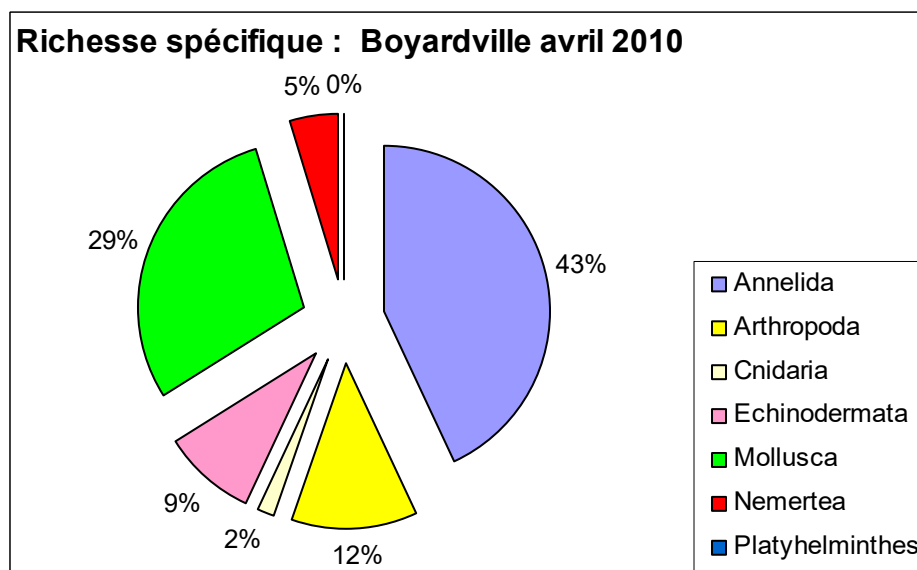
<i>Euclymene oerstedii</i>	(Claparède, 1863)	Annelida	Polychaeta	Scolecida	-	Maldanidae
<i>Eudorella truncatula</i>	(Bate, 1856)	Arthropoda	Malacostraca	Eumalacostraca - Peracarida	Cumacea	Leuconidae
<i>Glycera capitata</i>	Örsted, 1843	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Phyllodocida	Glyceridae
<i>Glycera unicornis</i>	Savigny in Lamarck, 1818	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Phyllodocida	Glyceridae
<i>Harmothoe sp.</i>	Kinberg, 1856	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Phyllodocida	Polynoidae
<i>Heteromastus filiformis</i>	(Claparède, 1864)	Annelida	Polychaeta	Scolecida	-	Capitellidae
<i>Hyalia vitrea</i>	(Montagu, 1803)	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Littorinimorpha	Iravadiidae
<i>Hydrobia ulvae</i>	(Pennant, 1777)	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Littorinimorpha	Hydrobiidae
<i>Kurtiella bidentata</i>	(Montagu, 1803)	Mollusca	Bivalvia	Heterodonta - Euheterodonta	Veneroida	Montacutidae
<i>Labidoplax digitata</i>	(Montagu, 1815)	Echinodermata	Holothuroidea	a	-	Apodida
<i>Lagis koreni</i>	Malmgren, 1866	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Terebellida	Synaptidae
<i>Leptopentacta elongata</i>	(Düben & Koren, 1846)	Echinodermata	Holothuroidea	a	Dendrochirotda	Pectinariidae
<i>Leptosynapta inhaerens</i>	(O.F. Müller, 1776)	Echinodermata	Holothuroidea	a	-	Cucumariidae
<i>Lineus sp.</i>	Sowerby, 1806	Nemertea	Anopla	Heteronemertea	-	Synaptidae
<i>Macropodia tenuirostris</i>	(Leach, 1814)	Arthropoda	Malacostraca	Eumalacostraca - Eucarida	-	Lineidae
<i>Magelona alleni</i>	Wilson, 1958	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Decapoda	Inachidae
<i>Magelona filiformis</i>	Wilson, 1959	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Spionida	Magelonidae
<i>Malmgreniella arenicolae</i>	(de Saint Joseph, 1888)	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Spionida	Magelonidae
<i>Melanella alba</i>	(da Costa, 1778)	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Phyllodocida	Polynoidae
<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>	Costa, 1853	Arthropoda	Malacostraca	Eumalacostraca - Peracarida	-	Eulimidae
<i>Mimachlamys varia</i>	(Linnaeus, 1758)	Mollusca	Bivalvia	Pteriomorphia	Amphipoda	Aoridae
<i>Modiolus barbatus</i>	(Linnaeus, 1758)	Mollusca	Bivalvia	Pteriomorphia	Pectinoida	Pectinidae
<i>Mysta picta</i>	(Quatrefages, 1865)	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Mytiloida	Mytilidae
<i>Nassarius pygmaeus</i>	(Lamarck, 1822)	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Phyllodocida	Phyllodocidae
<i>Nassarius reticulatus</i>	(Linnaeus, 1758)	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	Neogastropoda	Nassariidae
<b>NEMERTEA</b>	-	Nemertea	-	-	Neogastropoda	Nassariidae
<i>Neoamphitrite sp.</i>	Hessle, 1917	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	-	-
<i>Nephtys cirrosa</i>	(Ehlers, 1868)	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Terebellida	Terebellidae
<i>Nephtys hombergii</i>	Savigny in Lamarck, 1818	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Phyllodocida	Nephtyidae

## Contrat de prestation 2010 5 51522024

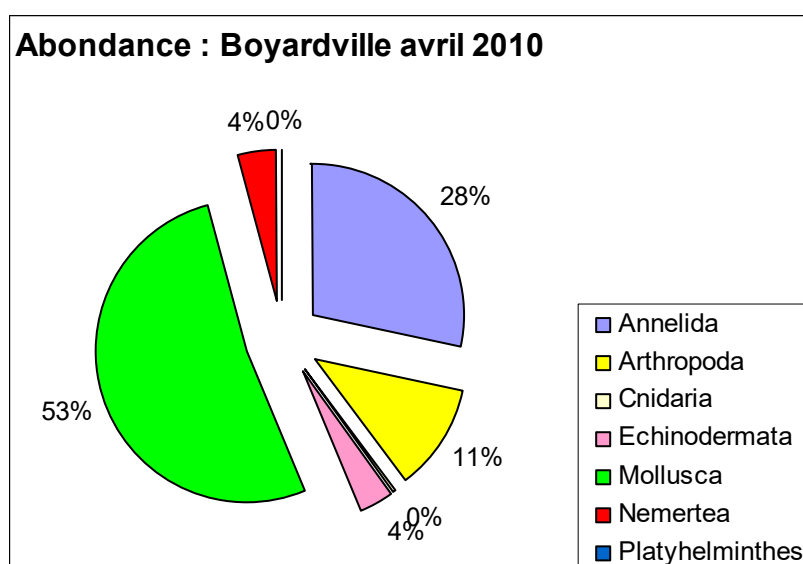
<i>Nereis lamellosa</i>	Ehlers, 1864	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Phyllodocida	Nereididae
<i>Notomastus latericeus</i>	Sars, 1851	Annelida	Polychaeta	Scolecida	-	Capitellidae
<i>Nucula nitidosa</i>	Winckworth, 1930	Mollusca	Bivalvia	Protobranchia	Nuculida	Nuculidae
<i>Ophiura albida</i>	Forbes, 1839	Echinodermata	Ophiuroidea	-	Ophiurida	Ophiuridae
<i>Owenia fusiformis</i>	Delle Chiaje, 1844	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Sabellida	Oweniidae
<i>Photis longicaudata</i>	(Bate & Westwood, 1862)	Arthropoda	Malacostraca	Eumalacostraca - Peracarida	Amphipoda	Photidae
<i>Phyllodoce longipes</i>	Kinberg, 1866	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Phyllodocida	Phyllodocidae
<b>PHYLLODOCIDAE</b>	Örsted, 1843	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Phyllodocida	Phyllodocidae
<i>Pilargis verrucosa</i>	Saint-Joseph, 1899	Annelida	Polychaeta	Aciculata	Phyllodocida	Pilargidae
<i>Pinnotheres pisum</i>	(Linnaeus, 1767)	Arthropoda	Malacostraca	Eumalacostraca - Eucarida	Decapoda	Pinnotheridae
<i>Sabellaria spinulosa</i>	Leuckart, 1849	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Sabellida	Sabellariidae
<i>Sagartiogeton undatus</i>	(Müller, 1778)	Cnidaria	Anthozoa	Hexacorallia	Actiniaria	Sagartiidae
<i>Spiochaetopterus costarum</i>	(Claparède, 1869)	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Spionida	Chaetoptera
<i>Spirobranchus lamarcki</i>	(Quatrefages, 1866)	Annelida	Polychaeta	Canalipalpata	Sabellida	Serpulidae
<i>Spisula solida</i>	(Linnaeus, 1758)	Mollusca	Bivalvia	Heterodonta - Euheterodonta	Veneroida	Macridae
<i>Spisula subtruncata</i>	(da Costa, 1778)	Mollusca	Bivalvia	Heterodonta - Euheterodonta	Veneroida	Macridae
<i>Travisia forbesii</i>	Johnston, 1840	Annelida	Polychaeta	Scolecida	-	Opheliidae
<i>Tubulanus polymorphus</i>	Renier, 1804	Nemertea	Anopla	Palaeonemertea	-	Tubulanidae
<i>Turritella communis</i>	Risso, 1826	Mollusca	Gastropoda	Caenogastropoda	-	Turritellidae

## 4.2.2 Richesse spécifique

La richesse spécifique totale obtenue en sommant les 5 réplicats est de 65 taxons et se répartie en deux embranchements dominants avec 43 % d'annélides, 29 % de mollusques (Figure 9). Cependant, les mollusques sont les plus abondants avec 53 % des abondances suivis des annélides avec 28 % des abondances (Figure 10).



**Figure 9 : Répartition des taxons par embranchement selon le nombre d'espèces.**



**Figure 10 : Répartition des taxons par embranchement selon les abondances.**



## Contrat de prestation 2010 5 51522024

L'analyse succincte du Tableau 9 des richesses et abondances spécifiques par réplikat montre que :

La richesse spécifique par réplikat varie du simple au double entre 22 et 41 espèces.

Les abondances par réplikat varient d'environ 600 à près de 3500 individus par m<sup>2</sup> pour une valeur moyenne avec son intervalle de confiance à 95 % de 1700 ± 100 individus par m<sup>2</sup>.

Les deux espèces les plus abondantes sont les mollusques *Corbula gibba* avec 11 % des abondances et *Kurtiella bidentata* avec 14 % des abondances. Au moins 16 espèces sont rares avec un seul individu collecté sur la station parmi lesquels 6 annélides polychètes, 3 arthropodes, un cnidaire, un échinoderme et 5 mollusques.

**Tableau 9 : Richesse et abondances spécifique.**

Richesse spécifique		41	34	34	22	28	65		
Abondance totale au m <sup>2</sup>									
CODE_ANNEE	2010	3490	1440	1450	570	1420	1674	±	90
MOIS_STA	Avril								

Somme de DENSITE_STA		NOM_STA CODE_REPLICAT					%	Variance	
		Boyardville							
PHYLUM_ESPECE	GENRE_ESPECE	1	2	3	4	5	Total		
Annelida	Ampharete finmarchica	4	0	2	0	0	6	1%	3.2
	Aphelochaeta marioni	46	0	4	8	0	58	7%	380.8
	Aphelochaeta sp.	1	2	0	0	1	4	0%	0.7
	Diopatra neapolitana	0	1	0	0	0	1	0%	0.2
	Diopatra sp. A	0	1	0	0	1	2	0%	0.3
	Euclymene oerstedii	1	2	0	2	1	6	1%	0.7
	Glycera capitata	0	0	0	1	1	2	0%	0.3
	Glycera unicornis	0	5	2	0	1	8	1%	4.3
	Harmothoe sp.	2	0	0	1	0	3	0%	0.8
	Heteromastus filiformis	19	13	13	2	4	51	6%	49.7
	Lagis koreni	0	0	0	0	1	1	0%	0.2
	Magelona alleni	1	3	0	0	0	4	0%	1.7

Contrat de prestation 2010 5 51522024

	Magelona filiformis	0	1	0	1	0	2	0%	0.3
	Malmgreniella arenicolae	2	2	2	0	1	7	1%	0.8
	Mysta picta	0	0	0	0	1	1	0%	0.2
	Neoamphitrite sp.	0	1	1	0	0	2	0%	0.3
	Nephtys cirrosa	2	0	0	0	0	2	0%	0.8
	Nephtys hombergii	0	4	3	0	3	10	1%	3.5
	Nereis lamellosa	0	0	1	0	0	1	0%	0.2
	Notomastus latericeus	11	5	7	6	8	37	4%	5.3
	Owenia fusiformis	0	0	0	1	0	1	0%	0.2
	Phyllodoce longipes	1	1	1	1	0	4	0%	0.2
	PHYLLODOCIDAE	0	1	0	0	0	1	0%	0.2
	Pilargis verrucosa	1	0	0	1	0	2	0%	0.3
	Sabellaria spinulosa	0	1	2	0	0	3	0%	0.8
	Spiochaetopterus costarum	1	1	1	1	0	4	0%	0.2
	Spirobranchus lamarcki	5	0	7	0	0	12	1%	11.3
	Travisia forbesii	0	1	1	0	0	2	0%	0.3
Arthropoda	Ammothella longipes	2	0	0	0	0	2	0%	0.8
	Ampelisca brevicornis	37	8	17	9	9	80	10%	151
	Asthenognathus atlanticus	0	0	0	0	1	1	0%	0.2
	Eudorella truncatula	2	0	2	0	0	4	0%	1.2
	Macropodia tenuirostris	1	0	0	0	0	1	0%	0.2
	Microdeutopus gryllotalpa	1	0	0	0	0	1	0%	0.2
	Photis longicaudata	1	2	0	2	0	5	1%	1
	Pinnotheres pisum	1	1	0	0	0	2	0%	0.3
Cnidaria	Sagartiogeton undatus	1	0	0	0	0	1	0%	0.2
Echinodermata	Amphipholis squamata	1	0	0	0	0	1	0%	0.2
	Amphiura filiformis	3	1	2	0	5	11	1%	3.7
	Labidoplax digitata	5	3	0	0	3	11	1%	4.7
	Leptopentacta elongata	0	0	1	0	1	2	0%	0.3
	Leptosynapta inhaerens	1	2	0	0	0	3	0%	0.8
	Ophiura albida	1	1	2	0	0	4	0%	0.7
Mollusca	Abra alba	0	0	3	0	0	3	0%	1.8
	Abra nitida	1	0	0	0	0	1	0%	0.2
	Antalis novemcostata	9	2	9	1	6	27	3%	14.3
	Corbula gibba	40	19	12	6	16	93	11%	166.8

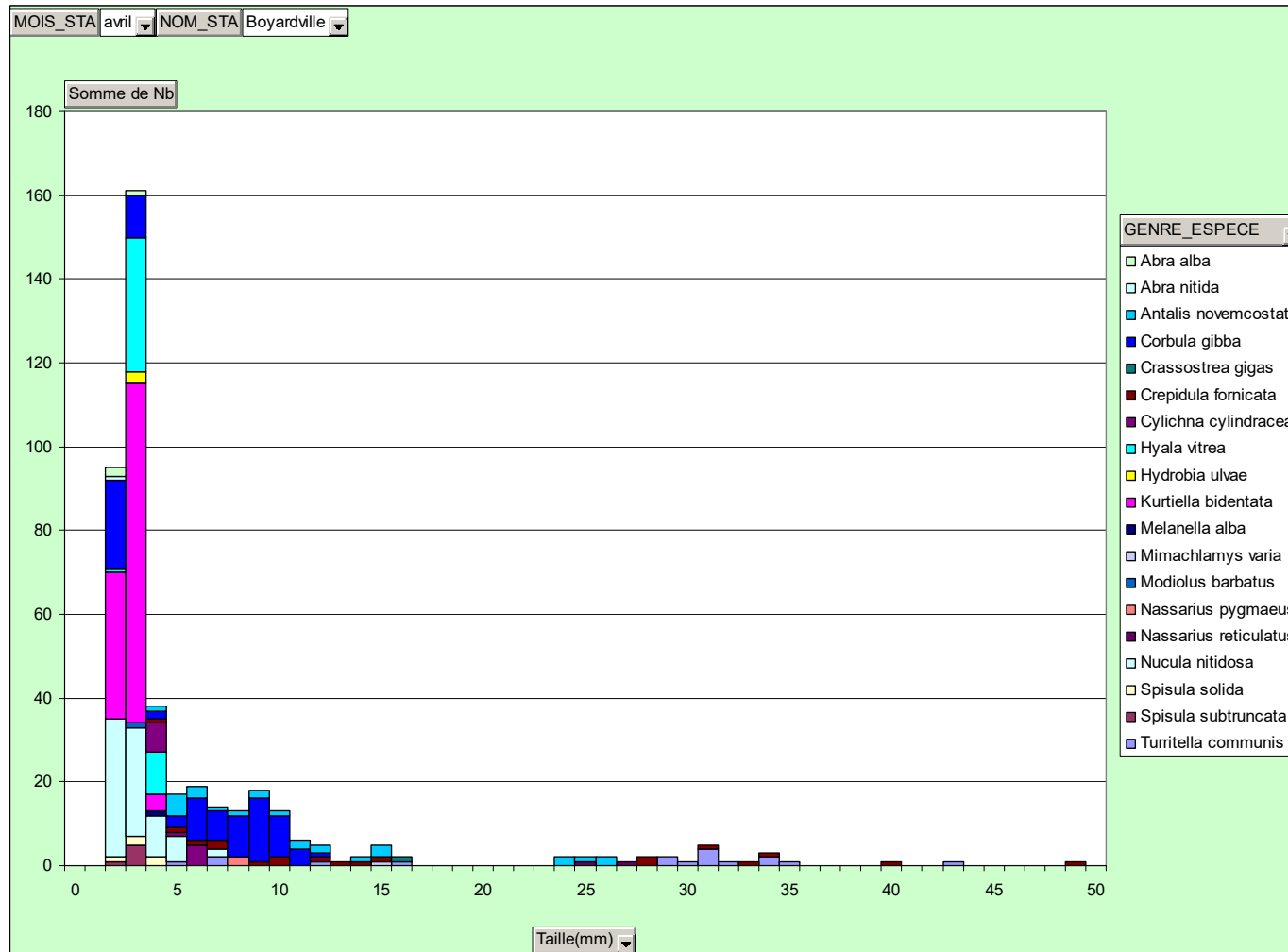
### Contrat de prestation 2010 5 51522024

	Crassostrea gigas	0	0	1	0	0	1	0%	0.2
	Crepidula fornicata	8	0	11	0	0	19	2%	28.2
	Cylichna cylindracea	4	2	2	1	4	13	2%	1.8
	Hyala vitrea	9	18	1	4	11	43	5%	43.3
	Hydrobia ulvae	0	0	0	0	3	3	0%	1.8
	Kurtiella bidentata	78	13	6	1	22	120	14%	973.5
	Melanella alba	0	0	0	0	1	1	0%	0.2
	Mimachlamys varia	1	0	0	0	0	1	0%	0.2
	Modiolus barbatus	0	0	0	1	0	1	0%	0.2
	Nassarius pygmaeus	1	0	1	0	1	3	0%	0.3
	Nassarius reticulatus	0	2	0	0	0	2	0%	0.8
	Nucula nitidosa	22	11	11	4	29	77	9%	99.3
	Spisula solida	3	0	2	0	0	5	1%	2
	Spisula subtruncata	0	0	6	0	0	6	1%	7.2
	Turritella communis	9	0	3	0	5	17	2%	14.3
Nemertea	Lineus sp.	0	3	0	1	1	5	1%	1.5
	Nemertea	3	3	1	2	1	10	1%	1
	Tubulanus polymorphus	7	8	5	0	0	20	2%	14.5

### 4.2.3 Histogramme de taille des mollusques

L'histogramme de taille des mollusques montre qu'une grande majorité des individus est de petite taille, les deux espèces dominantes ayant des tailles variant entre 2 et 11 mm pour *Corbula gibba* et entre 2 et 4 mm pour *Kurtiella bidentata* commensal d'échinodermes. Les plus grandes espèces de taille supérieure à 40 mm sont rares avec une *Turritella communis* et deux *Crepidula fornicata* (Figure 11).

## Contrat de prestation 2010 5 51522024

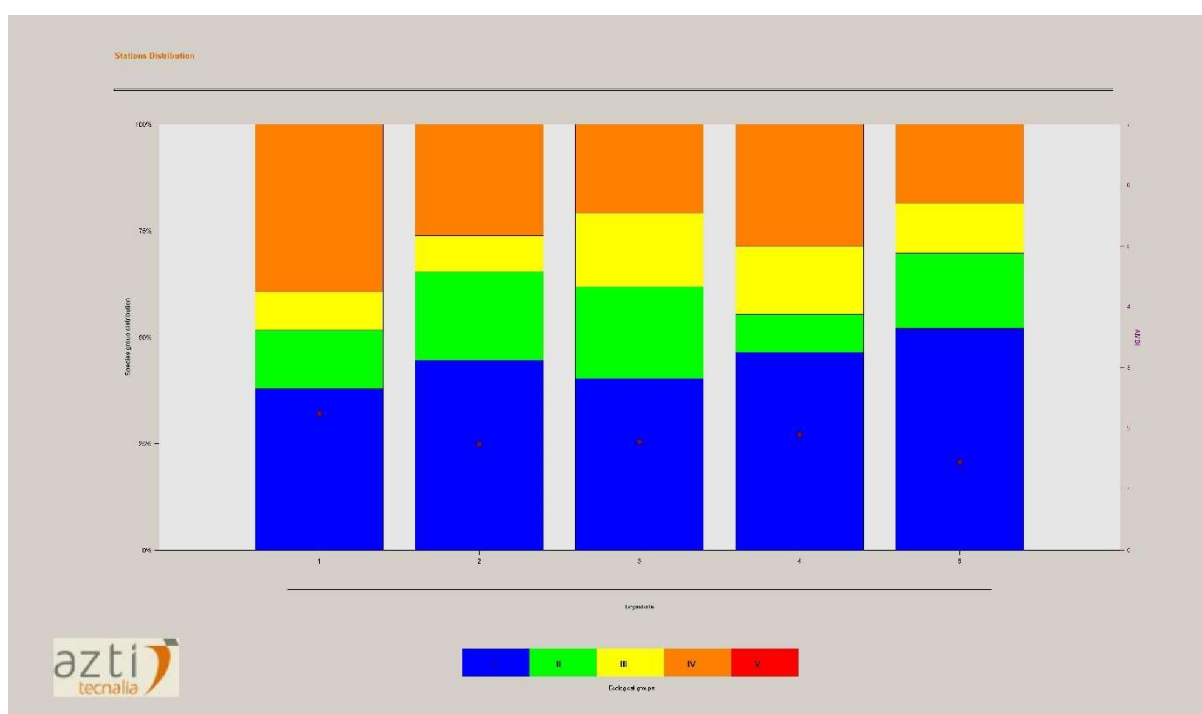


**Figure 11 : Histogramme de taille des mollusques pour les 5 répliquats.**

### 4.3 Analyse statut écologique selon M-AMBI

Parmi les espèces recensées, 43 % appartiennent au groupe écologique I des espèces sensibles, 17 % au groupe écologique II des espèces indifférentes et 12 % au groupe écologiques III des espèces tolérantes. Aucun réplikat ne présente d'espèce du groupe V des espèces opportunistes de premier ordre (Figure 12).

L'indice AMBI est de 1,83 avec une richesse de 65 taxons et une diversité de 4,57.



**Figure 12 : Proportion des groupes écologiques dans les 5 réplikats.**

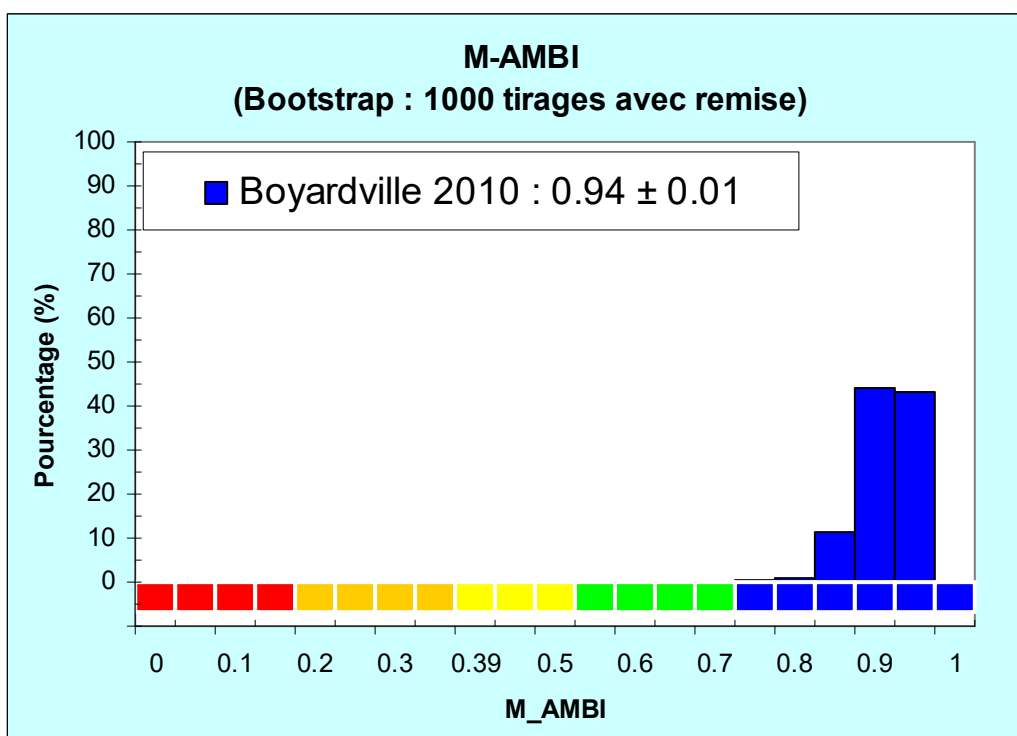
Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 5 réplikats par station fournit une valeur de 1,02 soit 1 mais il a été reconnu que d'utiliser un jeu de données trop restreint conduit à des surestimations du M-AMBI (Ruellet & Dauvin, 2008). Cette valeur n'est donc pas retenue pour estimer 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 (Borja & Mader, 2008).

## Contrat de prestation 2010 5 51522024

La procédure proposée de bootstrap permet, à partir des 126 combinaisons possibles issues de tous les tirages aléatoires avec remise de 5 répliqués parmi 5, de réaliser 1) le calcul de l'indice M-AMBI sur ces 126 combinaisons en respectant cette contrainte ; 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 obtenus.

La valeur moyenne de l'indice M-AMBI est de  $0,94 \pm 0,01$  avec un intervalle de confiance à 95 % entre 0,93 et 0,95 (Figure 13). La dispersion des valeurs sur une seule classe de statut écologique TRES BON ne nécessite pas l'utilisation d'un Test du Chi<sup>2</sup>, ce qui est cohérent avec le fait que la valeur moyenne varie dans un intervalle de confiance à 95 % dont la borne inférieure est largement supérieure à la valeur seuil de 0,77.



**Figure 13 : Histogramme des valeurs du M-AMBI après 1000 tirages aléatoires.**

## 4.4 Bilan du temps passé aux prélèvements et analyses

La réalisation des analyses biologiques a mobilisé (Tableau 10) :

- 1 personne-jour pour les analyses granulométriques et teneur en matière organique,
- 3 personnes-jours pour le tri faunistique,
- 17 personnes-jours pour les déterminations faunistiques,
- 6 personnes-jours pour la saisie des données, leur vérification et la rédaction.

**Tableau 10 : Effort en personne-jour pour chacune des opérations afférentes à l'analyse biologique de la faune de la station échantillonnée en 2010**

Opération	Nombre (personne-jour)
Opération à la mer	5
Granulométrie + matière organique	1
Tri faunistique	3
Déterminations taxinomiques, validation & qualification taxinomique	17
Saisie données, validation fichier	5
Rédaction	1
<b>Total</b>	<b>32</b>

Au total la réalisation des prélèvements, leur analyse faunistique et leur validation a mobilisé un effort de 32 personnes-jours (Tableau 10), soit en équivalent temps plein avec 20 jours ouvrés par mois, un total de 1,6 mois de travail à temps plein pour une seule personne.

## 5 Conclusion

Le Tableau 11 suivant résume les principaux résultats à retenir.

**Tableau 11 : Résumé des métadonnées, données et résultats.**

<b>Métadonnées</b>	<b>Masse d'eau</b>	Pertuis Charentais FRFC02
	<b>Station</b>	Boyardville / Station d'appui
	<b>Position</b>	Subtidale
	<b>Date</b>	mars - avril chaque année du plan de gestion
	<b>Élément de qualité</b>	Macrofaune benthique
<b>Sédiment</b>	<b>Granulométrie</b>	Vases sableuses
	<b>Teneur en matière organique</b>	Moyenne (moins de 4 %)
	<b>Type de sédiment</b>	Vases sableuses (caractéristiques de la masse d'eau)
<b>Macrofaune</b>	<b>Richesse spécifique ponctuelle au 0,5 m<sup>2</sup></b>	65 taxons
	<b>Richesse spécifique ponctuelle par prélèvement</b>	22 à 41 taxons
	<b>Abondance spécifique par m<sup>2</sup></b>	1700 ± 100 individus
	<b>Embranchement dominant</b>	Mollusques et Annélides
	<b>Espèces dominantes</b>	<i>Kurtiella bidentata</i> et <i>Corbula gibba</i>
<b>Indice biotique</b>	<b>Indice biotique</b>	M-AMBI version 4.1 liste des espèces février 2010
	<b>Méthode</b>	Bootstrap sur les 126 combinaisons possibles de tirages aléatoires avec remise de 5 répliqués parmi 5
	<b>Présentation</b>	Moyenne et intervalle de confiance sur histogramme de 1000 tirages aléatoires
	<b>Valeur de l'indice ± IC</b>	Moyenne : 0,94 ± 0,01 Intervalle de confiance : 0,93 à 0,95
	<b>Statut écologique</b>	TRES BON
<b>Coût</b>	<b>Personnel</b>	32 jours soit 1,6 mois équivalent temps plein



## 6 Bibliographie

- Anonymous** (2005). Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE : Invertébrés de substrats meubles Fiche 10. Ifremer, Plouzané, 10: 6 pp.
- 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*. Concarneau: Ifremer. 8: 207-216 pp.
- 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: 1100-1114.
- Borja A. & Mader J.** (2008). Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1). AZTI-Tecnalia ([www.azti.es](http://www.azti.es)): 13 pp.
- Borja A., Mader J., Muxika I., Rodriguez 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: 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. Synopses of the British Fauna (New Series). Barnes R.S.K. & Crothers J.H., (eds), Vol. 54. Shrewsbury, Field Studies Council: 202 pp.
- Chassé C. & Glémarec M.** (1976). Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. Cartes biosédimentaires. Brest, I.C.A.pp.
- Cojan I. & Renard M.** (1999). Sédimentologie. 2<sup>e</sup> Cycle. Capes. Agrégation. Paris, Dunod: 418 pp.
- 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: 149-168.
- Dauvin J.-C. & Bellan-Santini D.** (2002). Les crustacés Amphipodes Gammaridea benthiques des côtes françaises métropolitaines: bilan des connaissances. *Crustaceana*, 73: 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: 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: 164 pp.
- Efron B. & Tibshirani R.J.** (1993). An introduction to the bootstrap. New York, Chapman and Hall: 436 pp.
- Emig C.C.** (1979). British and other Phoronids. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 13. London, Academic Press, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association: 57 pp.
- Fauvel P.** (1923). Faune de France. Polychètes errantes. 1er ed. Office Central de Faunistique, (ed.) Vol. 5. Paris, Librairie de la Faculté des Sciences: 488 pp.
- Fauvel P.** (1927). Faune de France. Polychètes sédentaires. 1er ed. Office Central de Faunistique, (ed.) Vol. 16. Paris, Lechevalier, P.: 492 pp.
- Frontier S. & Pichod-Viale D.** (1991). Ecosystèmes : structure, fonctionnement et évolution. Collection d'écologie Vol. 21. Paris, Masson: 392 pp.
- George J.D. & Hartmann-Schröder** (1985). Polychaetes: British Amphinomida, Spintherida & Eunicida. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 32. London, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.: 221 pp.
- Gibbs P.E.** (2001). Sipunculans. Synopses of the British Fauna (New Series). Crothers J.H. & Hayward P.J., (eds), Vol. 12 (Revised). Shrewsbury, Field Studies Council: 46 pp.
- Gibson R.** (1994). Nemerteans. Synopses of the British Fauna (New Series). Barnes R.S.K. & Crothers J.H., (eds), Vol. 24 (Second Edition). Shrewsbury, Field Studies Council: 224 pp.
- Glémarec M.** (1968). Pélécytopodes marins de la côte atlantique française. In. Laboratoire de Zoologie, Brest: pp. 21.
- Graham A.** (1988). Molluscs: Prosobranch and Pyramidellid Gastropods. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 2 (Second Edition). Leiden, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.: 662 pp.
- 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*. Alzieu C., (ed.) Editions Ifremer, Plouzané. pp. 51-86.
- Hartmann-Schröder G.** (1971). Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. Die tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise Vol. 58. Jena, Veb Gustav Fischer Verlag: 594 pp.
- 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 Vol. 1. Oxford, Oxford University Press: 1-627 pp.
- Hayward P.J. & Ryland J.S.** (1990b). The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe. Volume 2. Molluscs to Chordates Vol. 2. Oxford, Oxford University Press: 628-996 pp.

- Hily C.** (1976). Ecologie benthique des pertuis Charentais. Thèse de 3<sup>ème</sup> Cycle, Université de Bretagne Occidentale: 236 pp.
- Hily C.** (1984). Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Université de Bretagne Occidentale: Vol. 1 : 359 & Vol. 2 : 337 pp.
- Houart R.** (2001). A review of the recent Mediterranean and Northeastern Atlantic species of Muricidae. Milan, ??: 227 pp.
- Ingle R.W.** (1996). Shallow-water crabs. Second Edition ed. Synopses of the British Fauna (New Series). Barnes R.S.K. & Crothers J.H., (eds), Vol. 25. Shrewsbury, Field Studies Council: 243 pp.
- Ingle R.W. & Christiansen M.E.** (2004). Lobsters, mud shrimps and anomuran crabs. Synopses of the British Fauna (New Series). Crothers J.H. & Hayward P.J., (eds), Vol. 55. Shrewsbury, Field Studies Council: 271 pp.
- Jones A.M. & Baxter J.M.** (1987). Molluscs: Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora and Scaphopoda. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 37. London, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.: 123 pp.
- Manuel R.L.** (1988). British Anthozoa (Coelenterata: Octocorallia & Hexacorallia). Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 18 (revised). Leiden, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association: 241 pp.
- Martin J.** (2011). Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale. Guide pratique. Versailles, Éditions Quae: 299 pp.
- Mauchline J.** (1984). Euphausiid, Stomatopod and Leptostracan Crustaceans. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 30. London, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.: 91 pp.
- Millar R.H.** (1969). Catalogue of main marine fouling organisms (found on ships coming into European waters). Ascidiens of European waters Vol. 4. Paris, Organisation de Coopération et de Développement Economiques: 34 pp.
- Millar R.H.** (1970). British Ascidiens. Synopses of the British Fauna (New Series). London T.L.S.o., (ed.) Vol. 1. London and New York, Academic Press: 88 pp.
- 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. Synopses of the British Fauna (New Series) Vol. 3. London & New York, Linnean Society of London & Academic Press: 90 pp.
- Palm R.** (2002). Utilisation du bootstrap pour les problèmes statistiques liés à l'estimation des paramètres. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, 6: 143-153.
- Pleijel F.** (1988). Phyllodoce (Polychaeta, Phyllococidae) from Northern Europe. *Zoologica Scripta*, 17: 141-153.
- Pleijel F. & Dales R.P.** (1991). Polychaetes: British Phyllococoideans, Typhloscolecoideans and Tomopteroideans. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 45. Oegstgeest, The Netherlands, Universal Book Services / Dr. Backhuys, W.: 202 pp.
- Poppe G.T. & Goto Y.** (1991). European seashells. Vol. I. (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda) Vol. 1. Wiesbaden, Verlag Christa Hemmen: 352 pp.
- Poppe G.T. & Goto Y.** (1993). European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda) Vol. 2. Wiesbaden, Christa Hemmen Verlag: 221 pp.
- Rouse G.W. & Pleijel F.** (2001). Polychaetes, Oxford University Press: 354 pp.

- 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: 1234-1235.
- 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. Second ed. Synopses of the British Fauna (New Series). Barnes R.S.K. & Crothers J.H., (eds), Vol. 15. Shrewsbury, Field Studies Council: 142 pp.
- Southward E.C. & Campbell A.C.** (2006). Echinoderms. Synopses of the British Fauna (New Series). Crothers J.H. & Hayward P.J., (eds), Vol. 56. Shrewsbury, Field Studies Council: 272 pp.
- Tebble N.** (1966). British bivalve seashells. A handbook for identification. London, Trustees of the British Museum (Natural History): 212 pp.
- Thompson T.E.** (1988). Molluscs: benthic opisthobranchs (Mollusca: Gastropoda). Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 8 (Second Edition). Leiden, Linnean Society of London & Estuarine & Brackish-water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.: 356 pp.
- Westheide W.** (1990). Polychaetes: interstitial families. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D.M. & Barnes R.S.K., (eds), Vol. 44. Oegstgeest, The Netherlands, Universal Book Services / Dr. Backhuys, W.: 152 pp.
- Wood C.** (2005). Seasearch guide to sea anemones and corals of Britain and Ireland. Ross-on-Wye, Marine Conservation Society: 128 pp.

## **7 Annexes : métadonnées et données**

### **7.1 FRFC02 Pertuis Charentais : Boyardville**

Les métadonnées sont jointes dans le fichier :

**FRFC02\_PertuisCharentais\_2010\_Métadonnées\_biologiques\_Final.xls**

Les données sont jointes dans le fichier :

**FRFC02\_PertuisCharentais\_2010\_Macrofaune\_Boyardville\_Final.xls**