

**Contrôle de surveillance DCE 2014 de la masse d'eau côtière  
Pertuis Breton FRGC53 et de la masse d'eau de transition  
FRGT30 Estuaire du Lay. Rapport final partie 1 : macrofaune  
invertébrée benthique subtidale et intertidale**

**Pointe  
d'Arcay**



**La Flotte**



**Plage  
Charge  
Neuve**



**SAURIAU P.-G. <sup>1</sup>, AUBERT F. <sup>1</sup>, LEGUAY D. <sup>2</sup>  
LACHAUSSEE N. <sup>1</sup>, JOURDE P. <sup>1</sup>**

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

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



# Sommaire

<b>1 - INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES .....</b>	<b>5</b>
2.1 - CALENDRIER DE RÉALISATION DES OPÉRATIONS À LA MER.....	5
2.2 - PRÉSENTATION DES STATIONS .....	7
2.2.1 - <i>Pointe d'Arcay et La Flotte</i> .....	7
2.2.2 - <i>Plage de la Charge Neuve</i> .....	8
2.3 - RÉALISATION ET CONTRÔLE DES PRÉLÈVEMENTS .....	9
2.3.1 - <i>Pointe d'Arcay</i> .....	9
2.3.2 - <i>La Flotte</i> .....	10
2.3.3 - <i>Plage de la Charge Neuve</i> .....	11
2.4 - ANALYSE DES SÉDIMENTS .....	12
2.4.1 - <i>Analyse granulométrique</i> .....	13
2.4.2 - <i>Analyse de la matière organique sédimentaire</i> .....	15
2.5 - ANALYSE DES ÉCHANTILLONS FAUNISTIQUES.....	15
2.5.1 - <i>Lavage et tri des échantillons</i> .....	15
2.5.2 - <i>Détermination des espèces</i> .....	17
2.6 - QUALITÉ ÉCOLOGIQUE : INDICE M-AMBI.....	18
<b>3 - RÉSULTATS.....</b>	<b>21</b>
3.1 - ANALYSE DES SÉDIMENTS .....	21
3.1.1 - <i>Pointe d'Arcay</i> .....	21
3.1.2 - <i>La Flotte</i> .....	24
3.1.3 - <i>Plage de la Charge Neuve</i> .....	27
3.2 - ANALYSES FAUNISTIQUES.....	30
3.2.1 - <i>Pointe d'Arcay</i> .....	30
3.2.1.1. <i>Richesse spécifique et abondance spécifique</i> .....	30
3.2.1.2. <i>Histogramme de taille des mollusques</i> .....	32
3.2.2 - <i>La Flotte</i> .....	33
3.2.2.1. <i>Richesse spécifique et abondance spécifique</i> .....	33
3.2.2.2. <i>Histogramme de taille des mollusques</i> .....	35
3.2.3 - <i>Plage de la Charge Neuve</i> .....	36
3.2.3.1. <i>Richesse spécifique et abondance spécifique</i> .....	36
3.2.3.2. <i>Histogramme de taille des mollusques</i> .....	37
3.3 - ANALYSE STATUT ÉCOLOGIQUE SELON M-AMBI.....	39

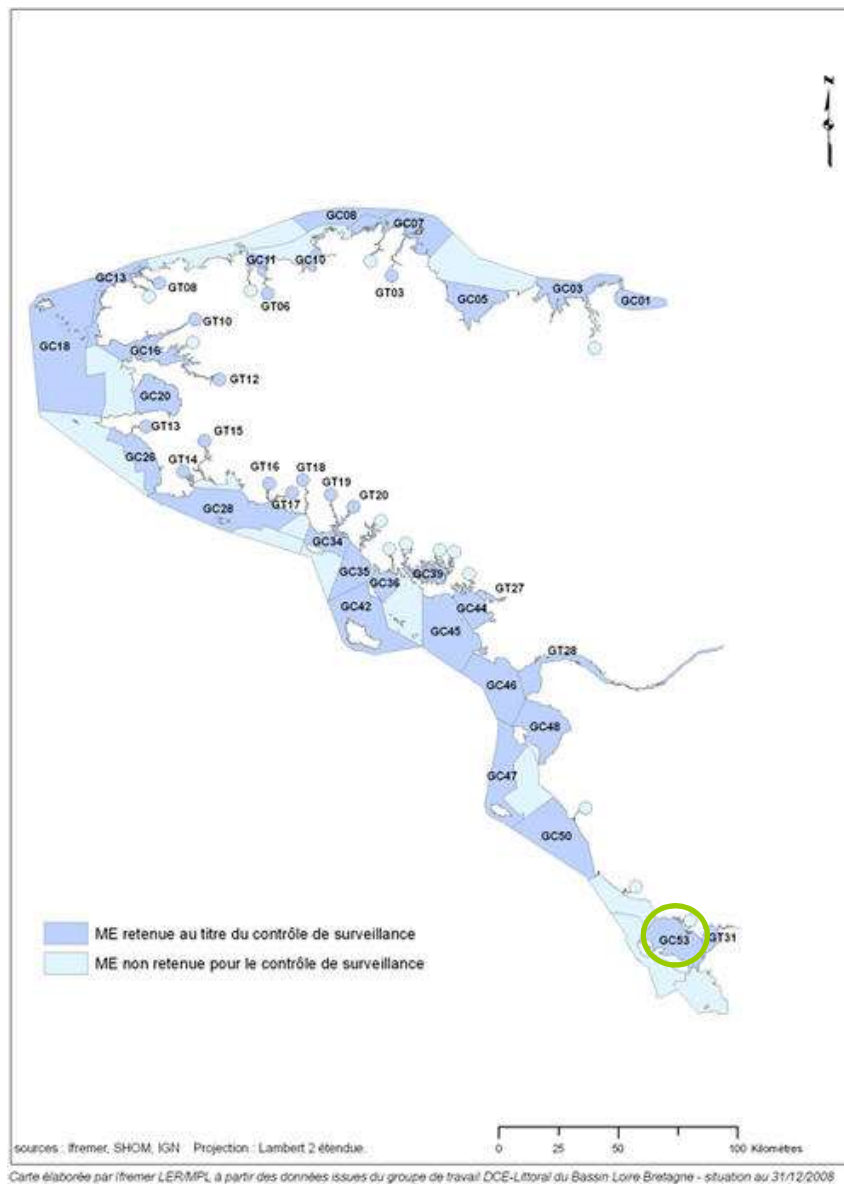
3.3.1 - <i>Pointe d'Arcay</i> .....	39
3.3.2 - <i>La Flotte</i> .....	39
3.3.3 - <i>Plage de la Charge Neuve</i> .....	40
3.4 - BILAN DES STATUTS ÉCOLOGIQUES SELON M-AMBI .....	41
<b>4 - BILAN DU TEMPS PASSÉ AUX PRÉLÈVEMENTS ET ANALYSES ..</b>	<b>45</b>
<b>5 - BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>46</b>
<b>6 - ANNEXE.....</b>	<b>50</b>
6.1 - ANALYSES GRANULOMÉTRIQUES 2014.....	50
6.1.1 - <i>Pointe d'Arcay</i> .....	50
6.1.2 - <i>La Flotte</i> .....	51
6.1.3 - <i>Plage de la Charge Neuve</i> .....	52

## 1 - Introduction

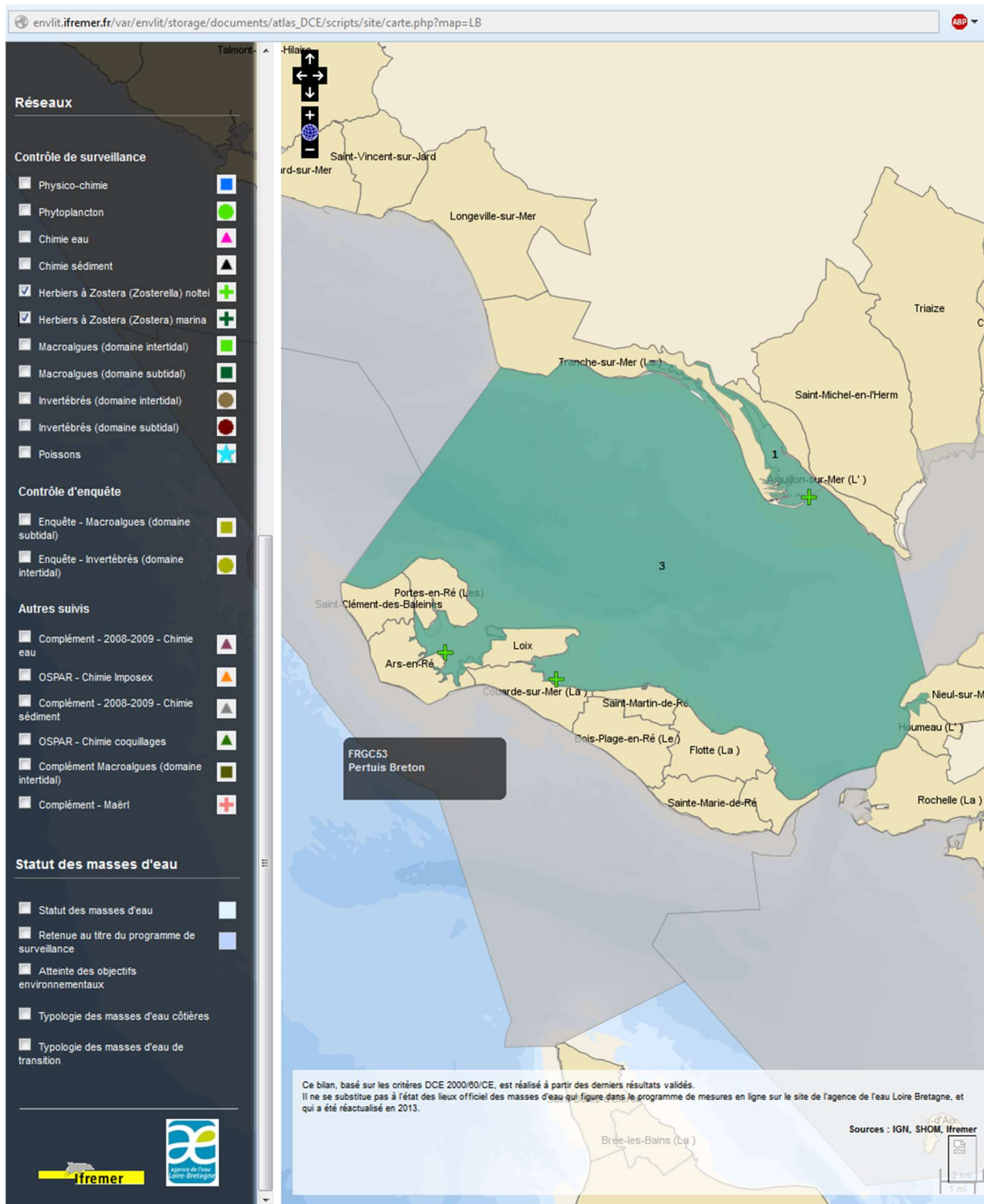
La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE établit un nouveau cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle fixe comme objectif général d'atteindre, à l'horizon 2015, un bon état écologique et chimique des masses d'eaux souterraines et de surface, ces dernières incluant les eaux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

Dans le district Loire-Bretagne, la masse d'eau côtière la plus méridionale retenue pour le contrôle de surveillance est la masse d'eau côtière « Pertuis breton » FRGC53 (**Figure 1**).



**Figure 1** : Masse d'eau côtière « Pertuis breton » FRGC53 dans le district Loire-Bretagne.  
Source [http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive\\_cadre\\_sur\\_l\\_eau\\_dce](http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce)



**Figure 2 :** Masse d'eau côtière « Pertuis breton » FRGC53. Source [http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive\\_cadre\\_sur\\_l\\_eau\\_dce](http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce). La station herbière Plage de la Charge Neuve est identique à la station faune des invertébrés et la station herbière Fier d'Ars est indiquée par la croix verte.

Les opérations de surveillance retenues en 2014 pour la masse d'eau côtière Pertuis breton FRGC53 (**Figure 2**) étaient :

- échantillonnage stationnel des invertébrés benthiques de substrat meuble en avril 2014 sur les stations subtidales La Flotte et Pointe d'Arcay selon le protocole DCE (Anonymes, 2005) de cinq répliqués (0,1 m<sup>2</sup>) par station ;
- échantillonnage stationnel des invertébrés benthiques de substrat meuble en avril 2014 sur la station intertidale de la plage de la Charge Neuve selon le protocole DCE (Anonymes, 2005) de cinq répliqués (0,1 m<sup>2</sup>) par station ;
- échantillonnage stationnel sur une grille de 30 points des herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* Hornemann en septembre 2014 sur les stations Plage de la Charge Neuve et Fiers d'Ars selon le protocole DCE (Auby et al., 2012).
- contribution à l'estimation de la superficie des herbiers de *Zostera noltei* par échantillonnage terrain en collaboration avec Géo-Transfert (Lafon *et al.*, 2014) pour validation ultérieure d'une analyse image satellitale par Géo-Transfert.

Les opérations de surveillance DCE retenues en 2014 pour la masse d'eau de transition « Estuaire du Lay » FRGT30 (**Figure 3**) étaient :

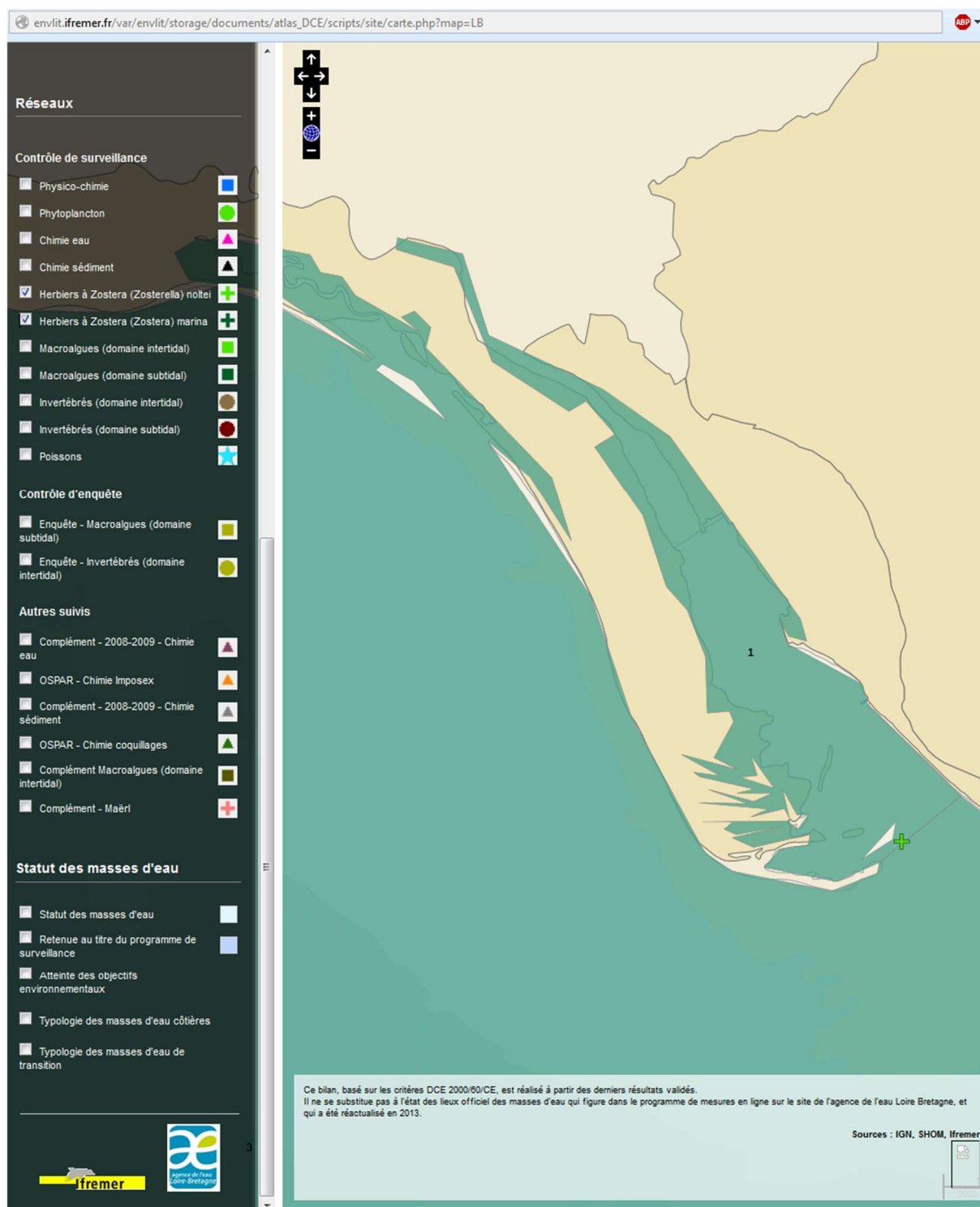
- échantillonnage stationnel sur une grille de 30 points des herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* en septembre 2014 sur la station Lay crochon 1982 selon le protocole 2012 DCE (Auby et al., 2012) ;
- estimation de la superficie des herbiers de *Zostera noltei* par validation terrain après estimation de leur contour sur images ariennes haute résolution.

L'objet du présent document est de faire état des résultats 2014 pour la macrofaune des invertébrés benthiques de substrats meubles subtidaux et intertidaux.

Il est associé aux deux documents :

Sauriau et al. (2015) : Contrôle de surveillance DCE 2014 de la masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis breton et de la masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay. Rapport final : partie 2 : suivis stationnels et surfaciques des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei*.

Lafon et al. (2014) : Cartographie de l'herbier à *Zostera noltei* de l'île de Ré – masse d'eau FRGC53 par télédétection spatiale.



**Figure 3** : Masse d’Eau de Transition « Estuaire du Lay » FRGT30. Croix verte : station herbier à *Zostera noltei* Lay crochon 1982. Source [http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive\\_cadre\\_sur\\_l\\_eau\\_dce](http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce).



## 2 - Matériel et méthodes

### 2.1 - Calendrier de réalisation des opérations à la mer

Les opérations se sont déroulées sur un total de 2 jours soit le 08/04/2014 et le 06/05/2014 (**Tableau 1**).

- En domaine subtidal un regroupement des opérations à la mer de printemps s'est opéré avec les opérations réalisées dans les masses d'eau côtière FRFC02 Pertuis Charentais (station d'appui Boyardville). Le travail à la mer a mobilisé 5 personnes jour-mer le 08/04/2014 y compris le pilote du navire ESTRAN (**Figure 4**);
- En domaine intertidal, le suivi des invertébrés de la station intertidale Plage de la Charge Neuve a été réalisé le 06/05/2014.

**Tableau 1 : Calendrier des opérations à la mer sur les sites échantillonnés.**

Code point	Nom point (toponymie)	Code masse d'eau	Type de suivi	Type de station	Dates	Nombre personnes jour-mer	Opérateurs
RB148	Pointe d'Arcay	FRGC53	Subtidal Meuble Faune des Invertébrés	Point	08/04/2014	5	LIENSs Embarquement N/O ESTRAN
RB132	La Flotte	FRGC53	Subtidal Meuble Faune des Invertébrés	Point	08/04/2014	5	LIENSs Embarquement N/O ESTRAN
RB131	Plage de la Charge Neuve	FRGC53	Intertidal Meuble Faune des Invertébrés	Point	06/05/2014	2	LIENSs
<b>Total</b>	-	-	-	-	<b>2 jours</b>	<b>7</b>	-

L'ensemble des métadonnées sont disponibles sous Quadrige<sup>2</sup>.



© Sauriau 2008/CNRS

**Figure 4** : Navire Estran de l'Université de La Rochelle utilisé pour l'échantillonnage DCE

## 2.2 - Présentation des stations

Les caractéristiques des stations échantillonnées pour la faune des invertébrés en domaine subtidal sont les suivantes :

### 2.2.1 - Pointe d'Arcay et La Flotte

- Stations échantillonnées pour la faune des sables fins à vases sableuses ;
- Stations prospectée en 2006 (Sauriau, 2006) et échantillonnées depuis 2007 selon la fréquence DCE (Tableau 2 et Tableau 3) ;
- Echantillonnage stationnel et quantitatif de cinq répliqués à la benne Van Veen de 0,1 m<sup>2</sup> de la macrofaune invertébrée benthique de substrat meuble subtidal selon protocole DCE (Anonymes, 2005).

**Tableau 2 : Caractéristiques des suivis sur la station échantillonnée.**

<b>Station</b>	Pointe d'Arcay
<b>Regroupement</b>	La Flotte et Boyardville
<b>Moyens à la mer</b>	Embarcation côtière avec treuil (bateau de location)
<b>Paramètres</b>	Macrofaune benthique (détermination)
<b>Fréquence</b>	1 granulométrie + 1 matière organique
<b>Opérateur prélèvement</b>	
<b>Opérateur tri et détermination</b>	CNRS CREMA (2006-2007)
<b>Opérateur mesure granulométrie</b>	CNRS CRELA (2008-2009)
<b>Opérateur mesure matière organique</b>	CNRS LIENSs La Rochelle (2010-2014)
<b>Début prélèvements</b>	2006 (prospection) et 2007-2014 (surveillance)

**Tableau 3 : Caractéristiques des suivis sur la station échantillonnée.**

<b>Station</b>	La Flotte
<b>Regroupement</b>	Pointe d'Arcay et Boyardville
<b>Moyens à la mer</b>	Embarcation côtière avec treuil (bateau de location)
<b>Paramètres</b>	Macrofaune benthique (détermination)
<b>Fréquence</b>	1 granulométrie + 1 matière organique
<b>Opérateur prélèvement</b>	
<b>Opérateur tri et détermination</b>	CNRS CREMA (2006-2007)
<b>Opérateur mesure granulométrie</b>	CNRS CRELA (2008-2009)
<b>Opérateur mesure matière organique</b>	CNRS LIENSs La Rochelle (2010-2014)
<b>Début prélèvements</b>	2006 (prospection) et 2007-2014 (surveillance)

### 2.2.2 - Plage de la Charge Neuve

- Station échantillonnée pour la faune des sables fins à vases sableuses ;
- Station échantillonnée depuis 2007 (**Tableau 4**) ;
- Echantillonnage stationnel et quantitatif de cinq répliqués avec un quadrat de 0,1 m<sup>2</sup> de la macrofaune invertébrée benthique de substrat meuble intertidal selon protocole DCE (Anonymes, 2005).

**Tableau 4 : Caractéristiques des suivis sur la station échantillonnée.**

<b>Station</b>	<b>Plage de la Charge Neuve</b>
<b>Regroupement</b>	Non
<b>Moyens à la mer</b>	Accès pédestre à deux personnes
<b>Paramètres</b>	Macrofaune benthique (détermination) 1 granulométrie + 1 matière organique
<b>Fréquence</b>	mars-avril, tous les 3 ans du plan de gestion
<b>Opérateur prélèvement</b>	
<b>Opérateur tri et détermination</b>	CNRS CREMA (2006-2007)
<b>Opérateur mesure granulométrie</b>	CNRS CRELA (2008-2009)
<b>Opérateur mesure matière organique</b>	CNRS LIENSs La Rochelle (2010-2014)
<b>Début prélèvements</b>	2006 (prospection) et 2007-2014 (surveillance)

## 2.3 - Réalisation et contrôle des prélèvements

### 2.3.1 - Pointe d'Arcay

Il n'y a eu aucun essai manqué sur les 5 mises à l'eau, chacune des 5 autres bennes étant validées car remplies entre 75 et 100% (Figure 5).

Les prélèvements se sont déroulés sur une période de 11 minutes entre 16h27 et 16h38. Le tamisage des prélèvements s'est terminé à 17h11.

Pointe d'Arcay

Subtidal meuble  
faune :  
5 répliquats validés



Figure 5 : Situation géographique de la station Pointe d'Arcay et validation des prélèvements.

### 2.3.2 - La Flotte

Les bennes ont été prélevées sur une période de 10 minutes entre 17h34 et 17h44.

Sur les cinq essais théoriques nécessaires pour les prélèvements à la benne, l'essai n° 3 a été refait une fois, la benne étant remontée ouverte. Les autres prélèvements ont été validés (Figure 6).

Le tamisage des prélèvements s'est terminé à 18h11.

#### La Flotte



#### Subtidal meuble faune : 5 répliquats validés



Figure 6 : Armement de la benne sur la station La Flotte et validation des prélèvements.

### 2.3.3 - Plage de la Charge Neuve

Les répliquats prélevés au quadrat et à la pelle ou à la main en accès pédestre ne posent pas de difficulté à part le tamisage long et parfois difficile lorsque des flaques d'eau sont peu nombreuses ou peu profondes (Figure 7). Un prélèvement granulométrique est assuré en complément des 5 prélèvements de 0,1 m<sup>2</sup>.

Plage Charge Neuve

Intertidal meuble  
faune :  
5 répliquats validés

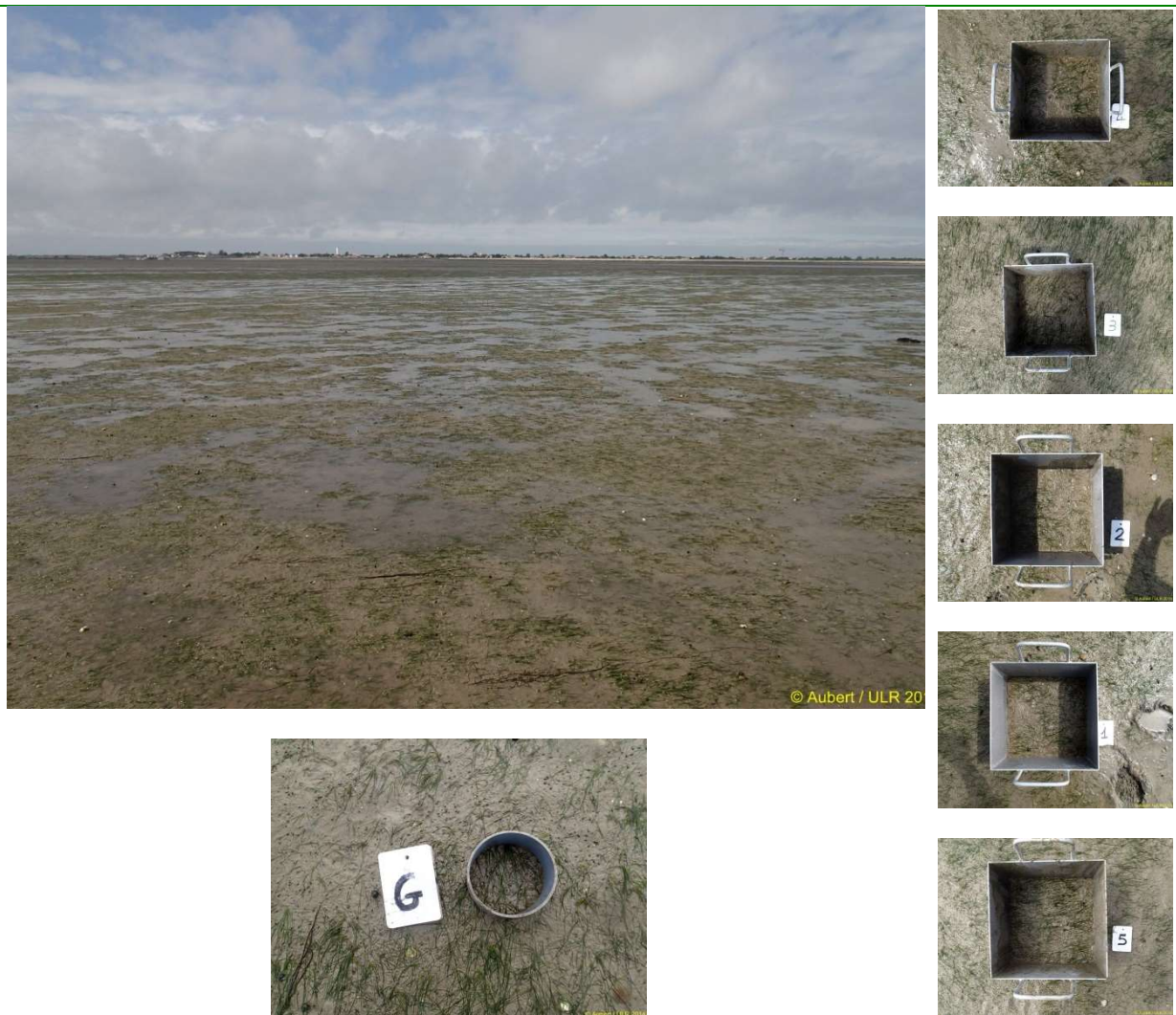


Figure 7 : Situation géographique de la station Plage de la Charge Neuve et validation des prélèvements y compris granulométriques.

## 2.4 - 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 8**).

MOYEN D'ÉTUDE	AFNOR		UNITÉS Φ	CLASSIFICATION			
	α	mm		Wentworth	Cailleux		
mesure directe	-24	250-256	-8	BLOCS (BOULDERS)	RUDITES	BLOCS 200 mm	
	-18	63-32	-5	GRAVE (COBBLE)		GALETS	
	-6	4	-	CAILLOUX (PEBBLE)		20 mm	
	tamisage	-3	2	1	GRANULES	ARÉNITES (SANDS)	GRAVILLONS
		-2	1,6-	0	TRÈS GROSSIER		SABLES
		-1	1,25-				
		0	1	GROSSIER			
		1	0,8-				
		2	0,63-	MOYEN			
		3	0,5				
		5	0,315-	FIN			
			0,25				
		9	0,125	TRÈS FIN			
	12	0,625-1/16					
microscope binoculaire tube de sédimentation	14	0,04-	5	GROSSIER	LUTITES (SILTS)	SABLONS	
	17	0,02-					1/32
	20	0,01-	1/64	6			MOYEN
	24	0,004-1/256	1/128	7			FIN
			1/256	8			TRÈS FIN
	pipette						
					20 µm		
			14			2 µm	
						PRE COLLOIDES	

**Figure 8** : Echelle granulométrique AFNOR, unité Φ et classifications communes utilisées (Cojan & Renard, 1999).



## 2.4.1 - Analyse granulométrique

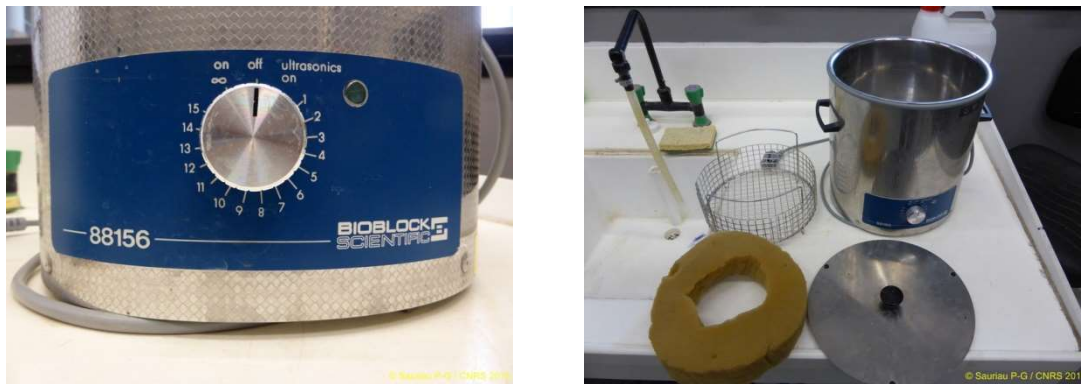
Pour l'analyse, chaque prélèvement est vidé dans un bol identifié pour être séché à l'étuve à 80-100°C pendant 72h. Un sous-échantillon de 100g (200g pour les sables) est remouillé dans un défloculant (métaphosphate de sodium à 40g/l), et malaxé avec une spatule voire éventuellement passé aux ultrasons 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  $\mu\text{m}$  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 AFNOR sur une tamiseuse Retsch (**Figure 9**). La colonne contient 17 tamis (4000  $\mu\text{m}$ , 2000  $\mu\text{m}$ , 1600  $\mu\text{m}$ , 1250  $\mu\text{m}$ , 1000  $\mu\text{m}$ , 800  $\mu\text{m}$ , 630  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ , 400  $\mu\text{m}$ , 315  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 200  $\mu\text{m}$ , 160  $\mu\text{m}$ , 125  $\mu\text{m}$ , 100  $\mu\text{m}$ , 80  $\mu\text{m}$ , 63  $\mu\text{m}$ ), répartis en deux passages successifs (4000 à 400 et 315 à 63  $\mu\text{m}$ ). 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 avec un mouvement vertical de 1,5 mm.



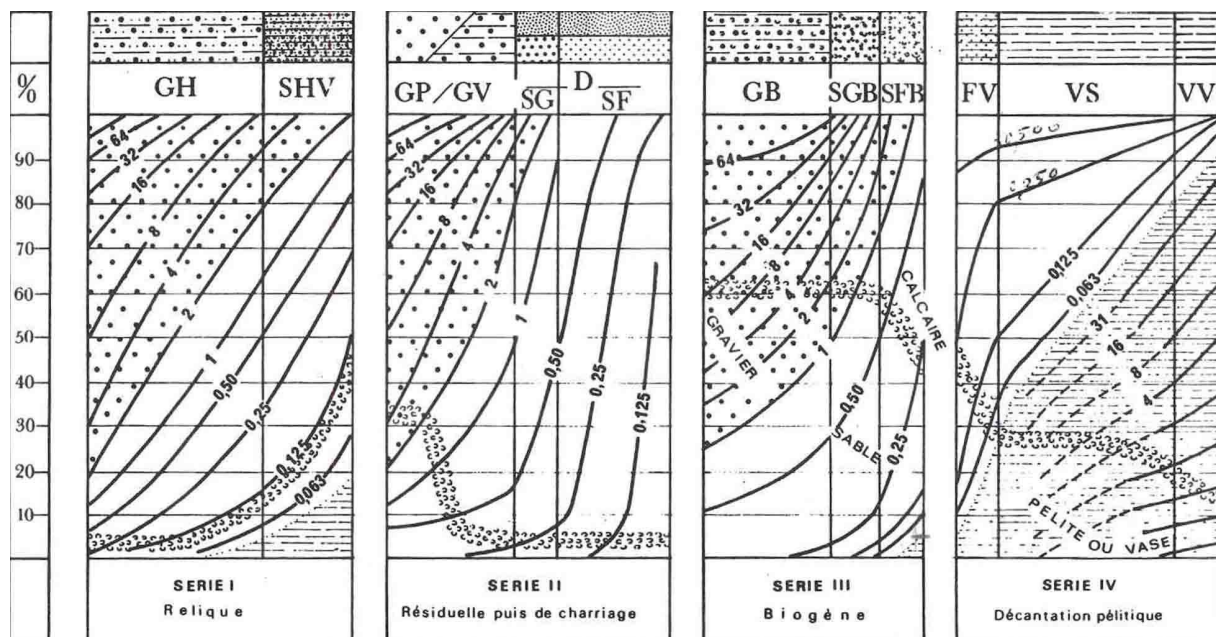
**Figure 9** : Colonne de tamis normalisés AFNOR sur tamiseuse Retsch et balance Sartorius à 0,01 g.

Les tamis sont ultérieurement débarrassés de leurs impuretés grâce à un appareil de nettoyage aux ultrasons Elma (Bioblock Scientific) (**Figure 10**). 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.



**Figure 10** : Bain à ultrasons (A) avec détails du porte tamis et de la collerette en mousse (B) pour maintenir un bol à sédiment.

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 11**).



— Légende : A toute verticale du graphique correspond un sédiment déterminé dont on lit, aux intersections avec les courbes d'isodimension, la composition granulométrique en pourcentage pondéral sur l'axe des ordonnées. L'évolution de la teneur moyenne en calcaire est également précisée.

GH graviers hétérogènes sableux, SHV sables hétérogènes plus ou moins envasés  
 GP graviers propres, GV graviers vaseux, SG sables grossiers, SF sables fins  
 GB graviers biogènes, SGB sables grossiers biogènes, SFB sables fins biogènes  
 FV sables fins vaseux, VS vases sableuses, VV vases franches, D sédiments dunaires

**Figure 11** : Type biosédimentaire (Chassé & Glémarec, 1976).

## 2.4.2 - 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 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 feuilletés 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.

## 2.5 - Analyse des échantillons faunistiques

### 2.5.1 - 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 12A**). 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 12B**) avec coloration au rose Bengale (**Figure 12C**) puis lavage (**Figure 12D**).
- 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 12e**). 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 12c**). 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.



**Figure 12** : 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 ©.

## 2.5.2 - 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 nom 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 5**. 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 5** : 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)

## 2.6 - 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 6**), que celle-ci soit d'origine pétrolière, anthropique (rejets urbains) ou industrielle comme les résidus de traitement de bois.

**Tableau 6** : 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.* (2004, 2000, 2003) 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) :

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

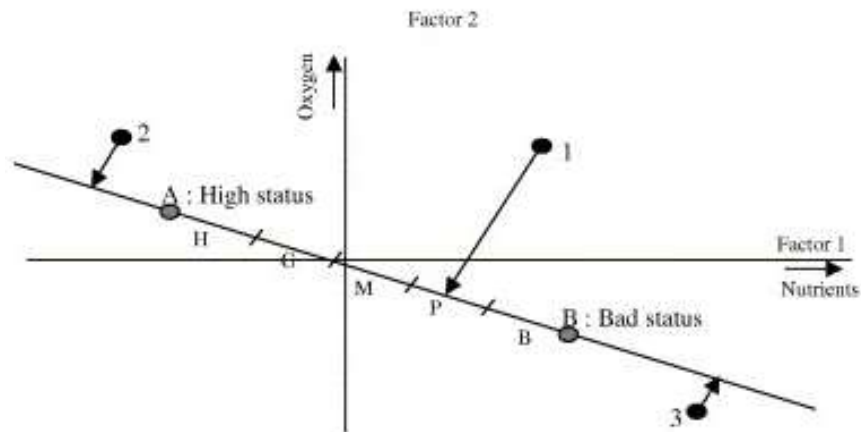
Avec  $n$  : nombre d'espèces et  $p_i$  : fréquence relative de l'espèce  $i$  dans le prélèvement.

- **AMBI** : cet indice se base sur la reconnaissance parmi les espèces constitutives des peuplements benthiques de cinq groupes écologiques de polluosensibilités différentes (**Tableau 6**) 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 13**). 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 13** : Définition du statut des stations échantillonnées par projection sur l'axe factoriel défini par les conditions de référence (Bald et al., 2005).

- 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 7**).

**Tableau 7** : 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 5.0 avec la liste des espèces de Novembre 2014 (Borja et al., 2012).
- Une technique de bootstrap (Efron & Tibshirani, 1993, Palm, 2002) sur les réplicats (tirage aléatoire avec remise des réplicats) 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 5.0 sur la feuille de calcul contenant les tirages aléatoires organisés selon les consignes du logiciel AMBI 5.0 (Borja et al., 2012).



### 3 - Résultats

#### 3.1 - Analyse des sédiments

##### 3.1.1 - Pointe d'Arcay

L'analyse granulométrique sur 200 g de sédiment (**Tableau 8**) indique que ce sont des sédiments de sables moyens composés à 98 % de sables avec environ 1 % de vases et moins de 1 % de graviers. Ce sédiment de sables moyens dont le mode est à 282 µm avec une taille médiane de 294 µm possède une distribution unimodale mais un classement moyen (**Annexe**).

Le taux de matière organique de 0,60 ± 0,05 %) est déterminé sur 3 répliquats relativement homogènes (**Tableau 9**).

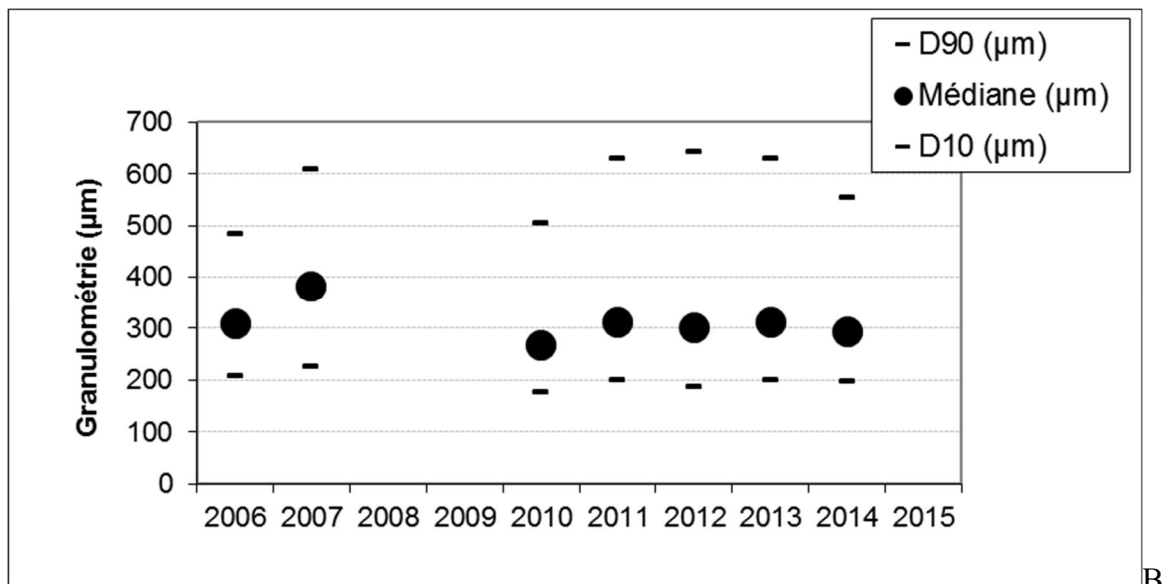
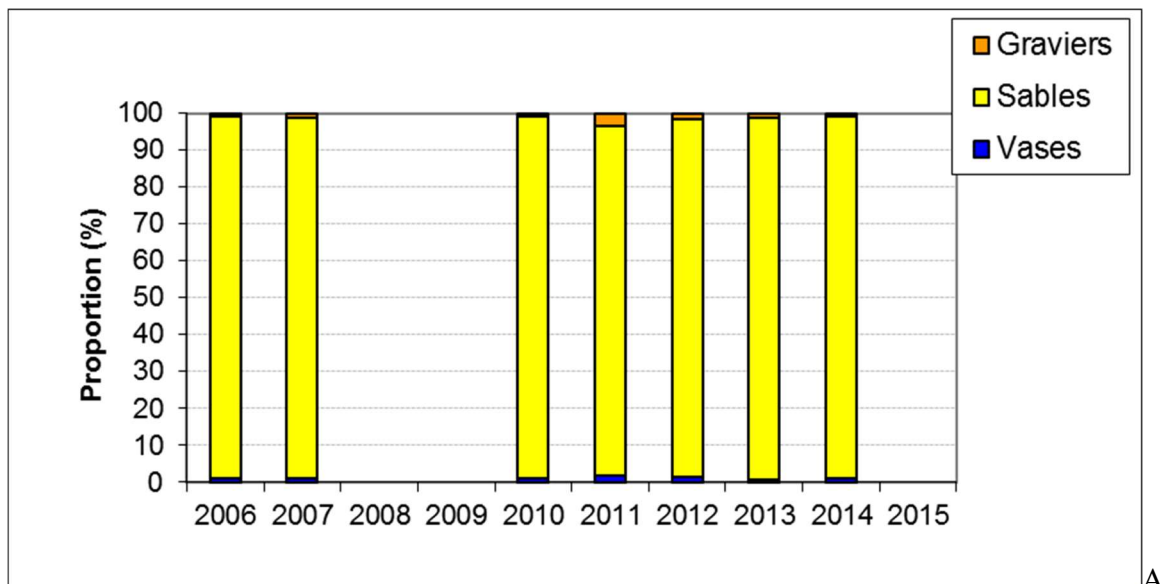
**Tableau 8** : Résultats de l'analyse granulométrique (% massique).

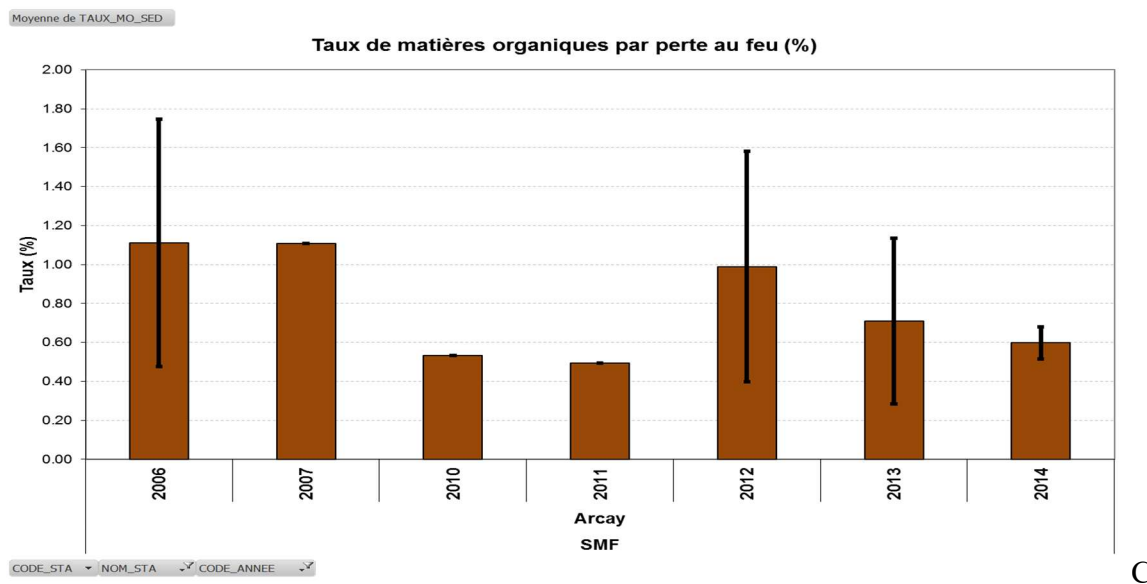
Information	Maille de tamis	Pourcentage (%)
<b>DATE_ANALYSE</b>	4000	0,27
17/09/2014	2000	0,72
<b>OPERATEUR_ANALYSE</b>	1600	0,44
F_Aubert	1250	0,75
<b>SED_ANALYSE</b>	1000	0,89
200,00	800	1,24
<b>NOM_ME</b>	630	2,91
Pertuis_Breton	500	4,99
<b>NOM_STATION</b>	400	10,43
Pointe d'Arcay	315	19,34
<b>MOIS_STA</b>	250	27,26
Avril	200	20,37
<b>CODE_ME</b>	160	7,68
FRGC53	125	1,45
<b>CODE_STA</b>	100	0,12
SMF2	80	0,08
<b>CODE_ANNEE</b>	63	0,04
2014	0	1,04

**Tableau 9** : Résultats de l'analyse de la teneur en matières organiques (% massique).

CODE_ANNEE	NOM_STA	MOIS_STA	TYPE_ANALYSE	DATE_ANALYSE	OPERATEUR_ANALYSE	TAUX_MO_SED (%)
2014	Pointe d'Arcay	avril	MO perte au feu	22/10/2014	F_Aubert	0,59
						0,55
						0,65

Une analyse comparative des sédiments de cette station échantillonnée depuis 2006 mais avec interruption en 2008 et 2009 (**Figure 14**) montre une grande stabilité de sa composition en vases, sables et graviers de 2006-2007 puis 2010-2014. Les proportions de vases varient de 1,0 à 1,7 % pour des sédiments de sables moyens très peu chargés en graviers, ces derniers variant de moins de 1 % à 3,5 %. Le maximum de proportion en graviers est daté d'avril 2011 mais aucune tendance n'apparaît. La médiane varie entre 270 et 380  $\mu\text{m}$  sur cette période traduisant pour ce sable la prépondérance de la fraction des sables moyens.





**Figure 14** : Variations de 2006 à 2014 des proportions en vases, sable et graviers (A), de la médiane D50 encadrée par les D10 et D90 en  $\mu\text{m}$  (B) et du taux de matières organiques encadrés d'un écart-type (C) pour les sédiments de la station Pointe d'Arcay.

Les taux de matières organiques varient entre 0,5 et 1,1 % (le minimum en avril 2011 et le maximum en avril 2006) ne traduisant pas de changement significatif en fonction des années.

### 3.1.2 - La Flotte

L'analyse granulométrique sur 100 g de sédiment (**Tableau 10**) indique que ce sont des sédiments de vases sableuses composés à 42 % de vases, environ 56 % de sables et environ 2 % de graviers. Ce sédiment de vases sableuses dont le mode est à 90 µm avec une taille médiane de 85 µm possède une distribution bimodale mais un mauvais classement (**Annexe**).

Le taux de matière organique de  $3,90 \pm 0,35$  %) est déterminé sur 3 réplicats relativement homogènes (**Tableau 11**).

**Tableau 10** : Résultats de l'analyse granulométrique (% massique).

Information	Maille de tamis	Pourcentage (%)
<b>DATE_ANALYSE</b>	4000	0,60
17/09/2014	2000	1,52
<b>OPERATEUR_ANALYSE</b>	1600	0,79
F_Aubert	1250	1,30
<b>SED_ANALYSE</b>	1000	1,28
100,01	800	1,37
<b>NOM_ME</b>	630	1,82
Pertuis Breton	500	1,70
<b>NOM_STATION</b>	400	1,83
La Flotte	315	1,91
<b>MOIS_STA</b>	250	2,04
Avril	200	2,26
<b>CODE_ME</b>	160	2,97
FRGC53	125	8,93
<b>CODE_STA</b>	100	11,27
SMF1	80	11,72
<b>CODE_ANNEE</b>	63	4,64
2014	0	42,06

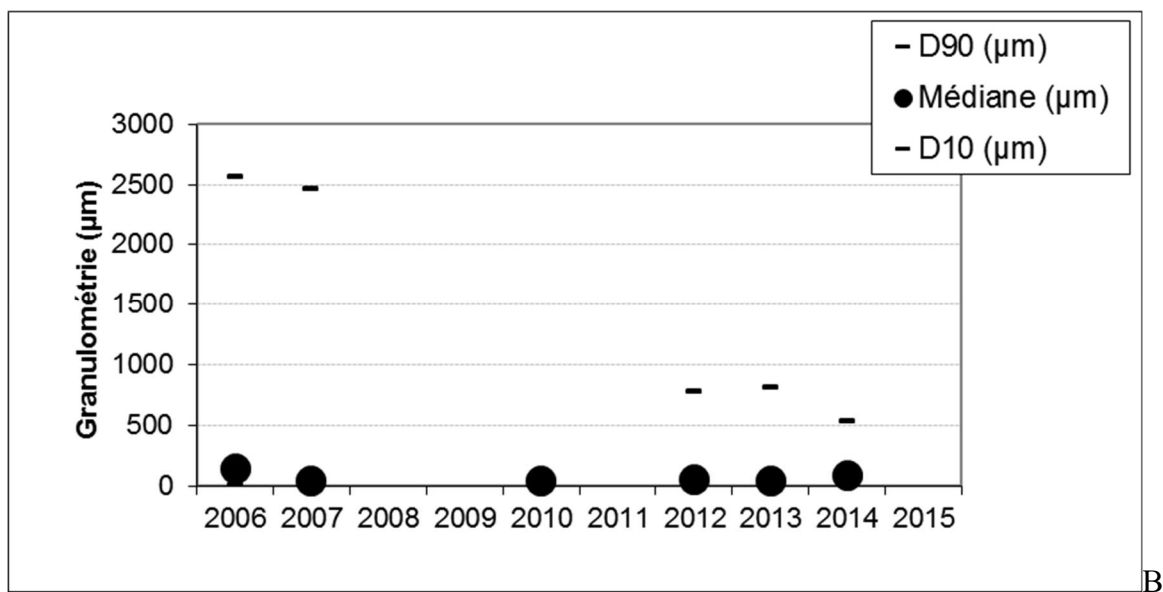
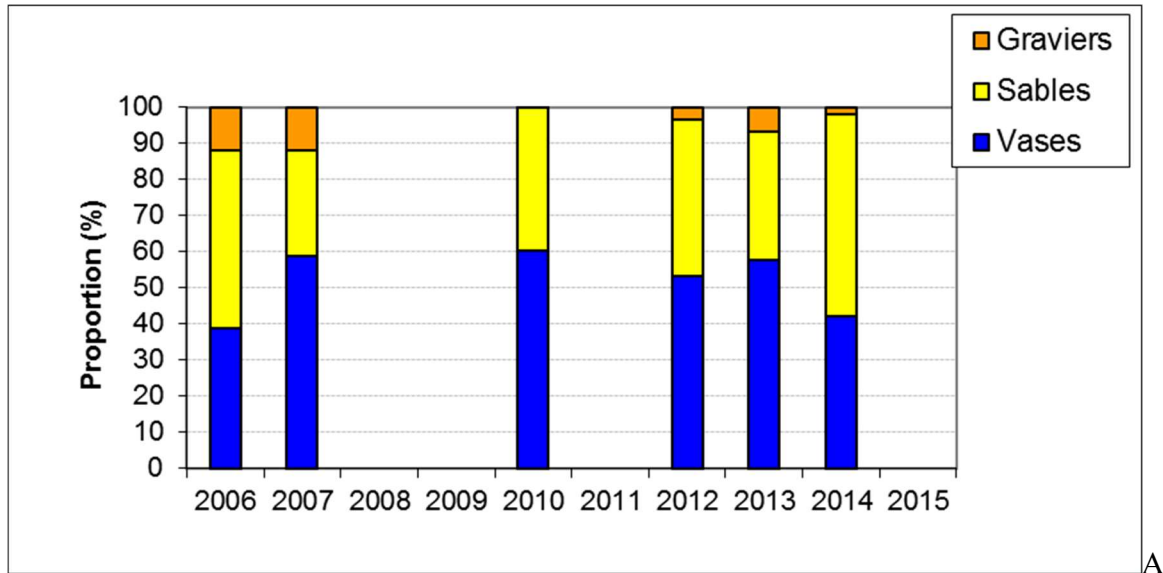
**Tableau 11** : Résultats de l'analyse de la teneur en matières organiques (% massique).

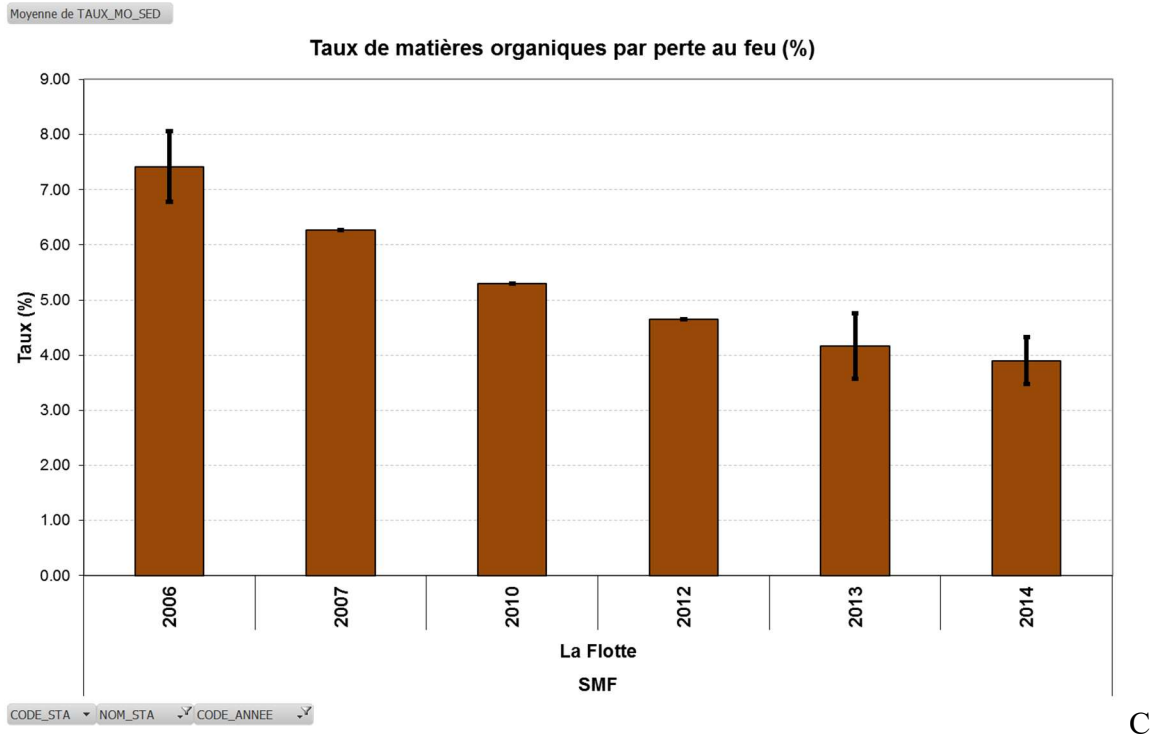
CODE_ANNEE	NOM_STA	MOIS_STA	TYPE_ANALYSE	DATE_ANALYSE	OPERATEUR_ANALYSE	TAUX_MO_SED (%)
2014	La Flotte	avril	MO perte au feu	22/10/2014	F_Aubert	3,74
						3,65
						4,30

Une analyse comparative des sédiments de cette station échantillonnée depuis 2006 mais avec interruption en 2008, 2009 et 2011 (**Figure 15**) montre une relative stabilité de sa composition en vases, sables et graviers depuis 2006. Les proportions de vases varient de 39 à 60 % pour des sédiments parfois hétérogènes avec de moins de 1 % à plus de 12 % de

**Contrat de prestation 2014 5 50528230 : Rapport final. Partie 1 macrofaune invertébrée benthique**

graviers et débris coquilliers. Le maximum de proportion en éléments grossiers à très grossiers est d'avril 2006 mais aucune tendance n'apparaît. La médiane varie entre 40 et 135  $\mu\text{m}$  sur cette période traduisant pour cette vase sableuse la prépondérance des fractions de silts grossiers et sables fins.





**Figure 15** : Variations de 2006 à 2014 des proportions en vases, sable et graviers (A), de la médiane D50 encadrée par les D10 et D90 en  $\mu\text{m}$  (B) et du taux de matières organiques encadrés d'un écart-type (C) pour les sédiments de la station Pointe d'Arcay.

Les taux de matières organiques varient entre 7,4 et 3,90 % (le minimum en avril 2014 et le maximum en avril 2006) traduisant un changement significativement décroissant des taux de matière organique dans les sédiments subtidiaux de la station La Flotte (corrélation négative de pente -0,4 % / an avec  $R=0,89$ ,  $p < 0,001$  au seuil de 5%).

### 3.1.3 - Plage de la Charge Neuve

L'analyse granulométrique sur 100 g de sédiment (**Tableau 12**) indique que ce sont des sédiments de sables fins envasés à vases sableuses composés à 32 % de vases, environ 67 % de sables et moins de 1 % de graviers. Ce sédiment de sables fins envasés à vases sableuses dont le mode est à 143 µm avec une taille médiane de 104 µm possède une distribution unimodale et un mauvais classement (**Annexe**).

Le taux de matière organique de  $3,7 \pm 0,2$  % est déterminé sur 3 réplicats relativement homogènes (**Tableau 13**).

**Tableau 12** : Résultats de l'analyse granulométrique (% massique).

Information	Maille de tamis	Pourcentage (%)
<b>DATE_ANALYSE</b>	4000	0,03
18/09/2014	2000	0,92
<b>OPERATEUR_ANALYSE</b>	1600	1,26
F_Aubert	1250	0,20
<b>SED_ANALYSE</b>	1000	0,17
100,05	800	0,18
<b>NOM_ME</b>	630	0,25
Pertuis_Breton	500	0,21
<b>NOM_STATION</b>	400	0,25
Plage de la Charge Neuve	315	0,36
<b>MOIS_STA</b>	250	0,59
Avril	200	1,65
<b>CODE_ME</b>	160	4,05
FRGC53	125	26,85
<b>CODE_STA</b>	100	15,56
SMF1	80	10,88
<b>CODE_ANNEE</b>	63	4,75
2014	0	31,84

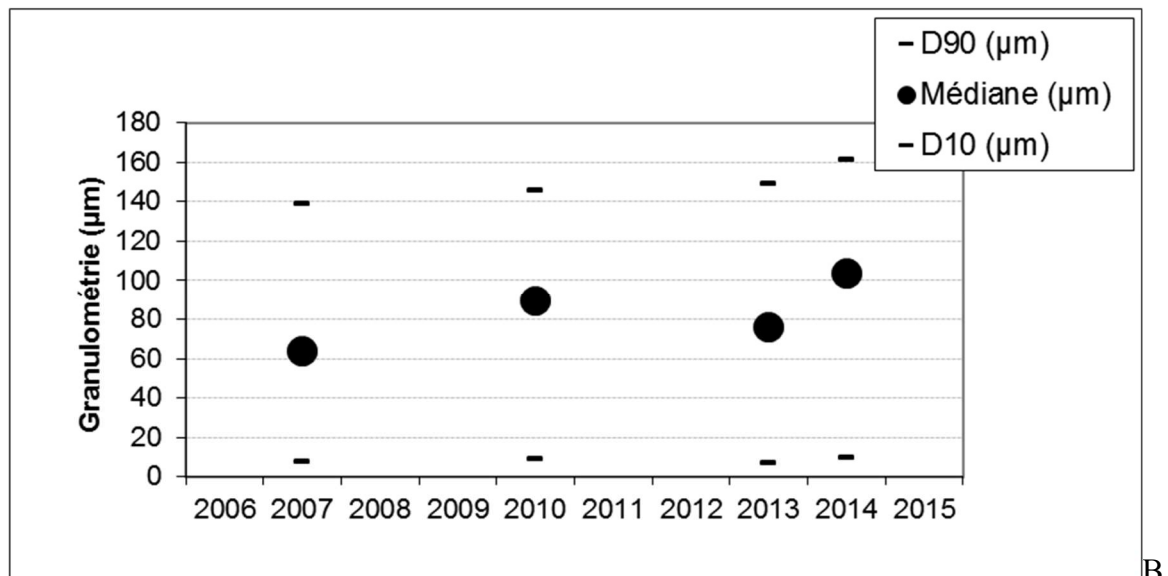
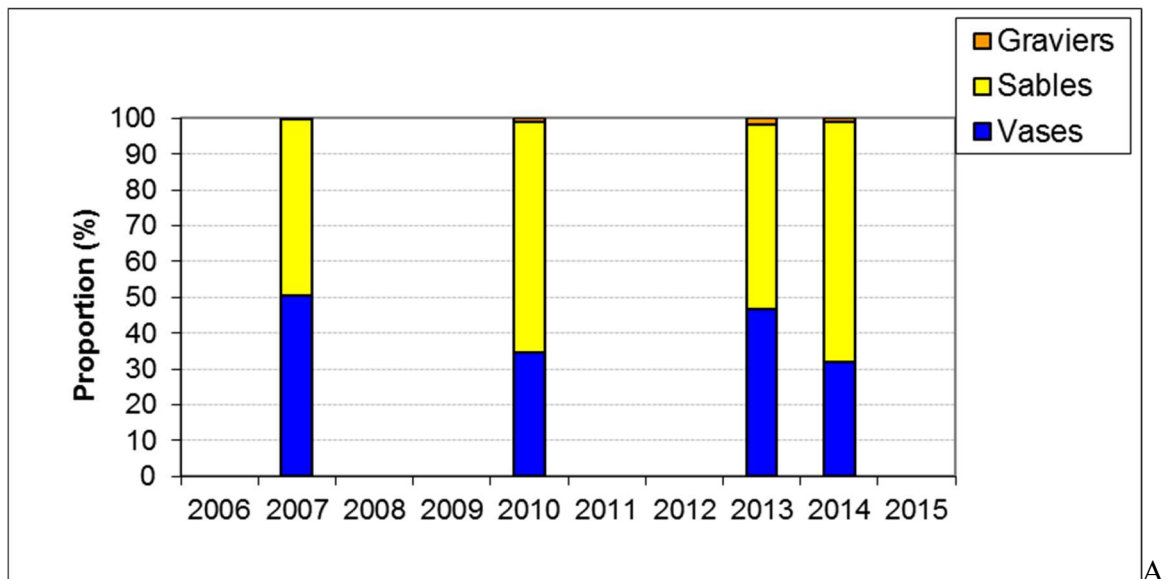
**Tableau 13** : Résultats de l'analyse de la teneur en matières organiques (% massique).

CODE_ANNEE	NOM_STA	MOIS_STA	TYPE_ANALYSE	DATE_ANALYSE	OPERATEUR_ANALYSE	TAUX_MO_SED (%)
2014	Plage de la Charge Neuve	avril	MO perte au feu	22/10/2014	F_Aubert	3,80
						3,49
						3,89

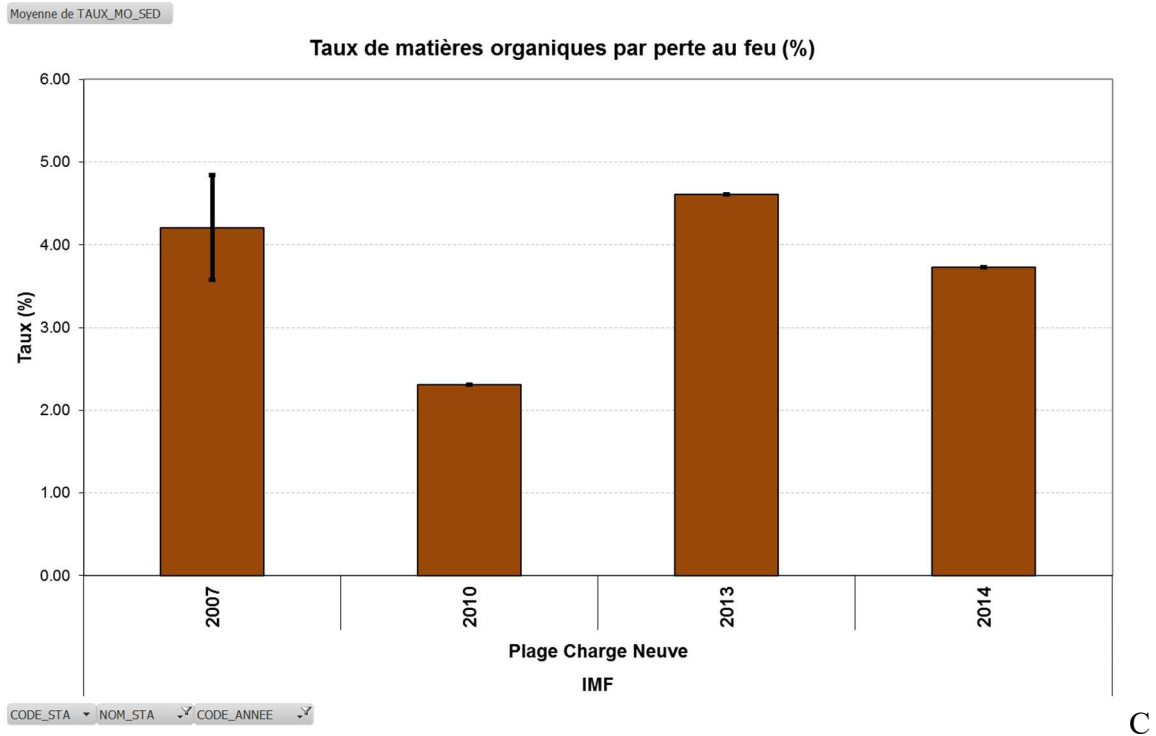
Une analyse comparative des sédiments de cette station échantillonnée depuis 2007 mais avec des interruptions régulières en 2008-2009 puis 2011-2012 (**Figure 16**) montre une relative stabilité de sa composition en vases, sables et graviers depuis 2007. Les proportions de vases varient de 32 à 50 % pour des sédiments avec de moins de 2 % de graviers et débris

## Contrat de prestation 2014 5 50528230 : Rapport final. Partie 1 macrofaune invertébrée benthique

coquilliers. Le maximum de proportion en éléments grossiers est d'avril 2013 mais aucune tendance n'apparaît. La médiane varie entre 63 et 104  $\mu\text{m}$  sur cette période traduisant pour ces sables fins envasés à vases sableuses la prépondérance des sables fins.







**Figure 16** : Variations de 2006 à 2014 des proportions en vases, sable et graviers (A), de la médiane D50 encadrée par les D10 et D90 en  $\mu\text{m}$  (B) et du taux de matières organiques encadrés d'un écart-type (C) pour les sédiments de la station Pointe d'Arcay.

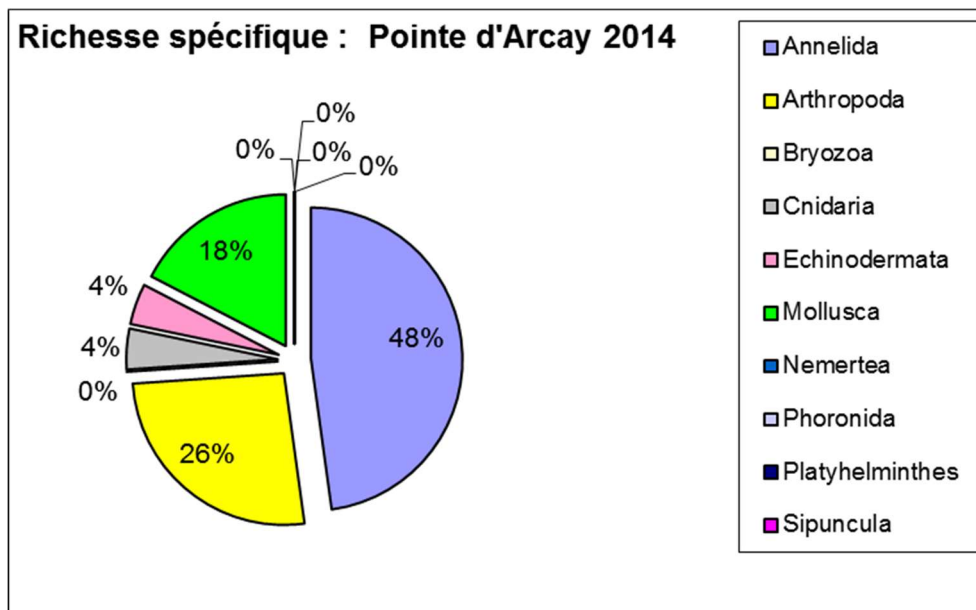
Les taux de matières organiques varient entre 2,3 et 4,6 % (le minimum en avril 2010 et le maximum en avril 2013) ne traduisant pas de changement significatif en fonction des années.

## 3.2 - Analyses faunistiques

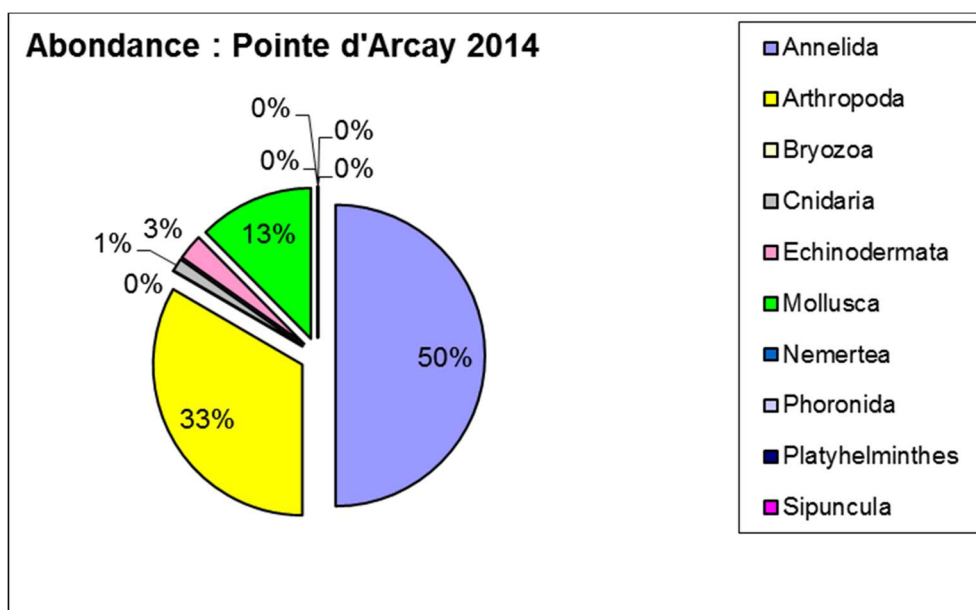
### 3.2.1 - Pointe d'Arcay

#### 3.2.1.1. Richesse spécifique et abondance spécifique

La richesse spécifique totale obtenue en avril 2014 en sommant les 5 réplicats est de 23 taxons. Ceux-ci se répartissent en deux embranchements dominants sur les cinq représentés avec 48 % des espèces d'annélides et 26 % d'espèces d'arthropodes (**Figure 17**). Les annélides sont les plus abondants avec en moyenne 50 % des abondances suivis des arthropodes à 33 % et des mollusques à 13 % des abondances (**Figure 18**).



**Figure 17** : Répartition des taxons par embranchement selon le nombre d'espèces.



**Figure 18** : Répartition des taxons par embranchement selon les abondances.

**Contrat de prestation 2014 5 50528230 : Rapport final. Partie 1 macrofaune invertébrée benthique**

L'analyse succincte du **Tableau 10** des richesses et abondances spécifiques par réplicat montre que :

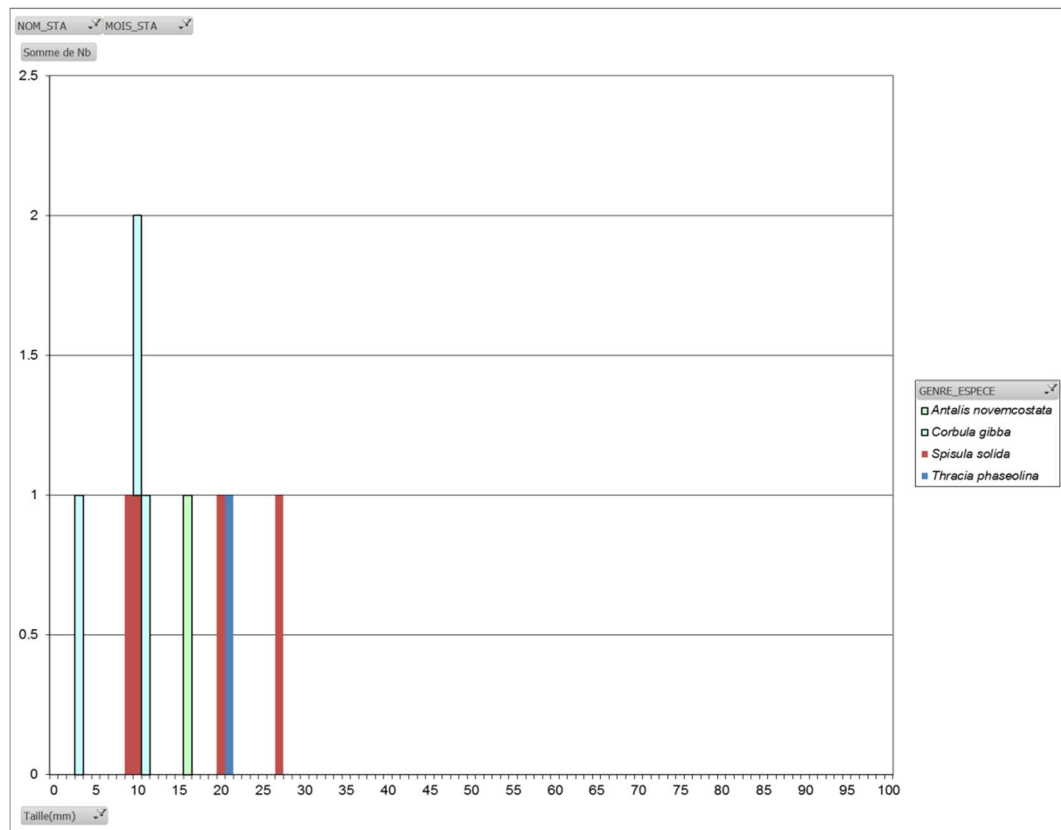
- La richesse spécifique par réplicat varie entre 5 et 11 espèces ;
- Les abondances par réplicat varient d'environ 80 à 130 individus par m<sup>2</sup> pour une valeur moyenne avec son intervalle de confiance à 95 % de 144 ± 14 individus par m<sup>2</sup> ;
- Les cinq espèces les plus abondantes sont le crustacé décapode *Diogenes pugilator* (25 %), les annélides *Travisia forbesi* (17 %), *Magelona mirabilis* (10 %) et *Glycera oxycephala* (8 %) et le mollusque *Spisula solida* (6 %);
- Au moins 13 espèces sont rares (case grisée) avec un seul individu collecté sur la station parmi lesquels 6 annélides polychètes, 4 arthropodes, 1 cnidaire et 2 mollusques.

**Tableau 14** : Richesse et abondances spécifiques de la station Pointe d'Arcay.

Richesse spécifique		10	11	5	8	5	23		13
Abondance totale au m <sup>2</sup>		130	180	80	210	120	144	±	14
Embranchement	Espèce	1	2	3	4	5	Total	%	
Annelida	<i>Glycera oxycephala</i>	0	3	2	1	0	6	8%	
	<i>Magelona mirabilis</i>	1	2	1	3	0	7	10%	
	<i>Malacoceros fuliginosus</i>	0	0	0	1	0	1	1%	
	<i>Nephtys cirrosa</i>	1	0	0	1	0	2	3%	
	<i>Notomastus latericeus</i>	0	1	0	0	0	1	1%	
	<i>Owenia fusiformis</i>	0	0	0	0	1	1	1%	
	<i>Polydora sp.</i>	0	3	0	0	0	3	4%	
	<i>Sabellaria spinulosa</i>	0	1	0	0	0	1	1%	
	<i>Sigalion squamosus</i>	0	0	0	0	1	1	1%	
	SPIONIDAE	0	1	0	0	0	1	1%	
	<i>Travisia forbesii</i>	0	1	3	8	0	12	17%	
Arthropoda	<i>Diastylis sp.</i>	0	0	0	1	0	1	1%	
	<i>Diogenes pugilator</i>	1	3	1	5	8	18	25%	
	<i>Eocuma dollfusi</i>	0	0	0	1	0	1	1%	
	<i>Gastrosaccus spinifer</i>	1	1	0	0	0	2	3%	
	<i>Pinnotheres pisum</i>	1	0	0	0	0	1	1%	
	<i>Thia scutellata</i>	1	0	0	0	0	1	1%	
Cnidaria	<i>Phialella quadrata</i>	0	0	1	0	0	1	1%	
Echinodermata	<i>Amphiura filiformis</i>	2	0	0	0	0	2	3%	
Mollusca	<i>Antalis novemcostata</i>	1	0	0	0	0	1	1%	
	<i>Corbula gibba</i>	2	1	0	0	0	3	4%	
	<i>Spisula solida</i>	2	1	0	0	1	4	6%	
	<i>Thracia phaseolina</i>	0	0	0	0	1	1	1%	

### 3.2.1.2. Histogramme de taille des mollusques

L'histogramme de taille des mollusques montre que les individus sont de taille très variable entre moins de 5 mm jusqu'à plus de 25 mm) les quatre espèces présentes étant *Corbula gibba*, *Spisula solida*, *Thracia phaseolina* et *Antalis novemcostata* (**Figure 19**).

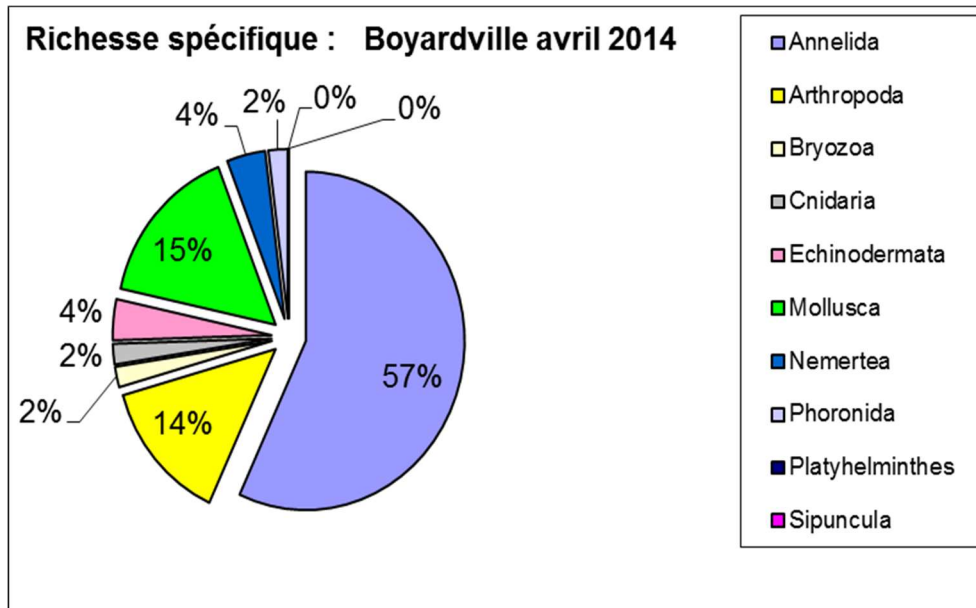


**Figure 19** : Histogramme de taille des mollusques pour les 5 réplicats de la station Pointe d'Arcay.

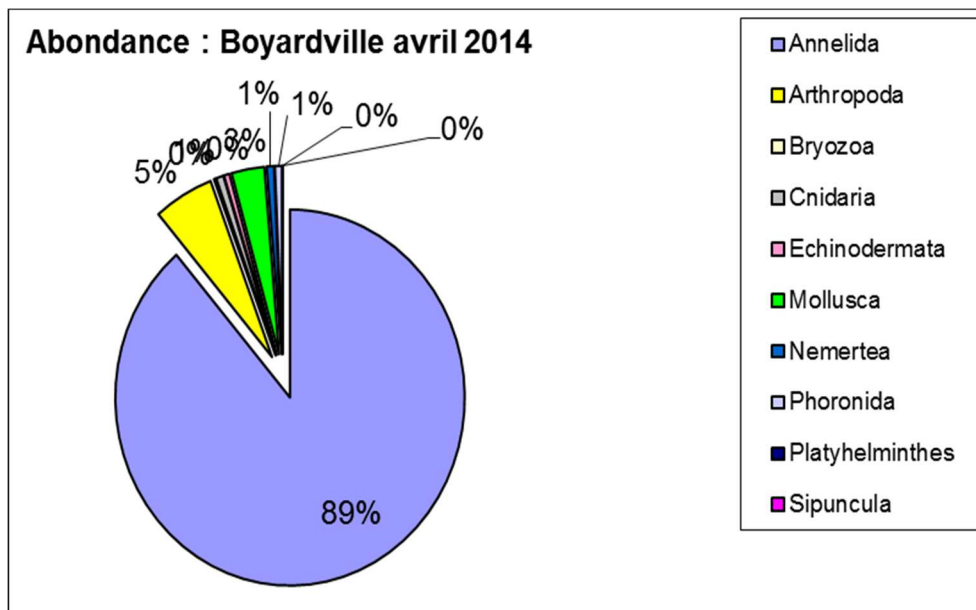
### 3.2.2 - La Flotte

#### 3.2.2.1. Richesse spécifique et abondance spécifique

La richesse spécifique totale obtenue en avril 2014 en sommant les 5 réplicats est de 51 taxons. Ceux-ci se répartissent en trois embranchements dominant sur les huit représentés avec 57 % des espèces d'annélides, 15 % d'espèces de mollusques et 14 % d'espèces d'arthropodes (**Figure 20**). Les annélides sont les plus abondants avec en moyenne 89 % des abondances suivis des arthropodes à 5 % des abondances (**Figure 21**).



**Figure 20** : Répartition des taxons par embranchement selon le nombre d'espèces.



**Figure 21** : Répartition des taxons par embranchement selon les abondances.

**Contrat de prestation 2014 5 50528230 : Rapport final. Partie 1 macrofaune invertébrée benthique**

L'analyse succincte du **Tableau 15** des richesses et abondances spécifiques par réplikat montre que :

- La richesse spécifique par réplikat varie entre 11 et 31 espèces ;
- Les abondances par réplikat varient d'environ 280 à 2640 individus par m<sup>2</sup> pour une valeur moyenne avec son intervalle de confiance à 95 % de 1190 ± 120 individus par m<sup>2</sup> ;
- Les cinq espèces les plus abondantes sont des annélides *Spirobranchus lamarcki* (22 %), *Euclymene* sp. (18 %), *Maldane glebifex* (13 %), des Cirratulidae (10 %) et *Heteromastus filiformis* (6 %) ;
- Au moins 21 espèces sont rares (case grisée) avec un seul individu collecté sur la station parmi lesquels 9 annélides polychètes, 4 arthropodes, 1 cnidaire ou 5 mollusques.

**Tableau 15** : Richesse et abondances spécifiques de la station La Flotte.

Richesse spécifique		22	11	21	31	17	51		21
Abondance totale au m <sup>2</sup>		1520	280	1000	2640	500	1188	±	117
Embranchement	Espèce	1	2	3	4	5	Total	%	
Annelida	<i>Ampharete lindstroemi</i>	1	0	0	0	0	1	0%	
	<i>Aonides oxycephala</i>	1	0	1	1	0	3	1%	
	<i>Aonides paucibranchiata</i>	0	0	1	0	0	1	0%	
	<i>Chaetozone</i> sp.	0	0	0	8	0	8	1%	
	CIRRATULIDAE	10	0	2	48	0	60	10%	
	<i>Dipolydora</i> sp.	0	0	1	0	0	1	0%	
	<i>Euclymene</i> sp.	43	9	16	22	14	104	18%	
	<i>Eunice vittata</i>	0	0	2	1	0	3	1%	
	<i>Glycera unicornis</i>	7	0	2	5	0	14	2%	
	<i>Glycinde nordmanni</i>	1	0	0	0	0	1	0%	
	<i>Heteromastus filiformis</i>	2	4	6	21	2	35	6%	
	<i>Lagis koreni</i>	0	1	0	0	0	1	0%	
	LUMBRINERIDAE	0	1	0	0	1	2	0%	
	<i>Lumbrineris</i> sp.	7	4	1	6	1	19	3%	
	<i>Lysidice unicornis</i>	3	0	4	0	1	8	1%	
	<i>Maldane glebifex</i>	21	3	42	3	11	80	13%	
	<i>Malmgrenia</i> sp.	0	0	1	0	0	1	0%	
	<i>Nephtys cirrosa</i>	0	0	0	0	1	1	0%	
	<i>Notomastus latericeus</i>	3	0	3	2	0	8	1%	
	<i>Pherusa monilifera</i>	0	0	1	1	0	2	0%	
	<i>Pholoe inornata</i>	3	0	0	17	0	20	3%	
	<i>Podarkeopsis</i> sp.	1	1	0	0	0	2	0%	
	<i>Protodorvillea</i> sp.	0	0	0	5	2	7	1%	
	<i>Sabellaria spinulosa</i>	0	0	0	6	0	6	1%	
	<i>Spiochaetopterus costarum</i>	2	0	1	0	1	4	1%	
	SPIONIDAE	0	0	0	0	1	1	0%	
	<i>Spirobranchus lamarcki</i>	39	2	0	80	8	129	22%	
<i>Sthenelais</i> sp.	0	0	0	0	1	1	0%		
<i>Terebellides stroemii</i>	0	0	2	2	0	4	1%		
Arthropoda	<i>Ampelisca</i> sp.	2	1	10	9	1	23	4%	
	<i>Anapagurus hyndmanni</i>	0	0	0	1	0	1	0%	
	ANTHURIDAE	1	0	0	3	0	4	1%	
	<i>Diastylis</i> sp.	1	0	0	0	0	1	0%	
	<i>Harpinia crenulata</i>	1	0	0	0	0	1	0%	
	<i>Microdeutopus armatus</i>	0	0	0	2	0	2	0%	
	<i>Xantho pilipes</i>	0	0	0	1	0	1	0%	

Bryozoa	<i>Membranipora sp.</i>	0	0	0	1	0	1	0%
Cnidaria	<i>Edwardsia sp.</i>	0	1	0	0	0	1	0%
	<i>Gonothyrea loveni</i>	0	0	0	3	0	3	1%
Echinodermata	<i>Amphiura filiformis</i>	0	0	1	2	0	3	1%
Mollusca	<i>Antalis novemcostata</i>	0	0	0	0	1	1	0%
	<i>Calyptrea chinensis</i>	0	0	0	1	0	1	0%
	<i>Corbula gibba</i>	0	0	1	6	2	9	2%
	<i>Crassostrea gigas</i>	0	0	0	1	0	1	0%
	<i>Cylichna cylindracea</i>	0	0	1	0	0	1	0%
	<i>Leptochiton cancellatus</i>	0	0	1	0	1	2	0%
	<i>Myrtea spinifera</i>	0	0	0	0	1	1	0%
	<i>Philine aperta</i>	1	0	0	1	0	2	0%
Nemertea	<i>Lineus sp.</i>	1	1	0	1	0	3	1%
	<i>Tubulanus sp.</i>	0	0	0	1	0	1	0%
Phoronida	<i>Phoronis sp.</i>	1	0	0	3	0	4	1%

### 3.2.2.2. Histogramme de taille des mollusques

L'histogramme de taille des mollusques montre que les individus sont de petite taille entre moins de 5 mm jusqu'à 10 mm sauf exception, l'espèce la plus présente étant *Corbula gibba* (Figure 22)

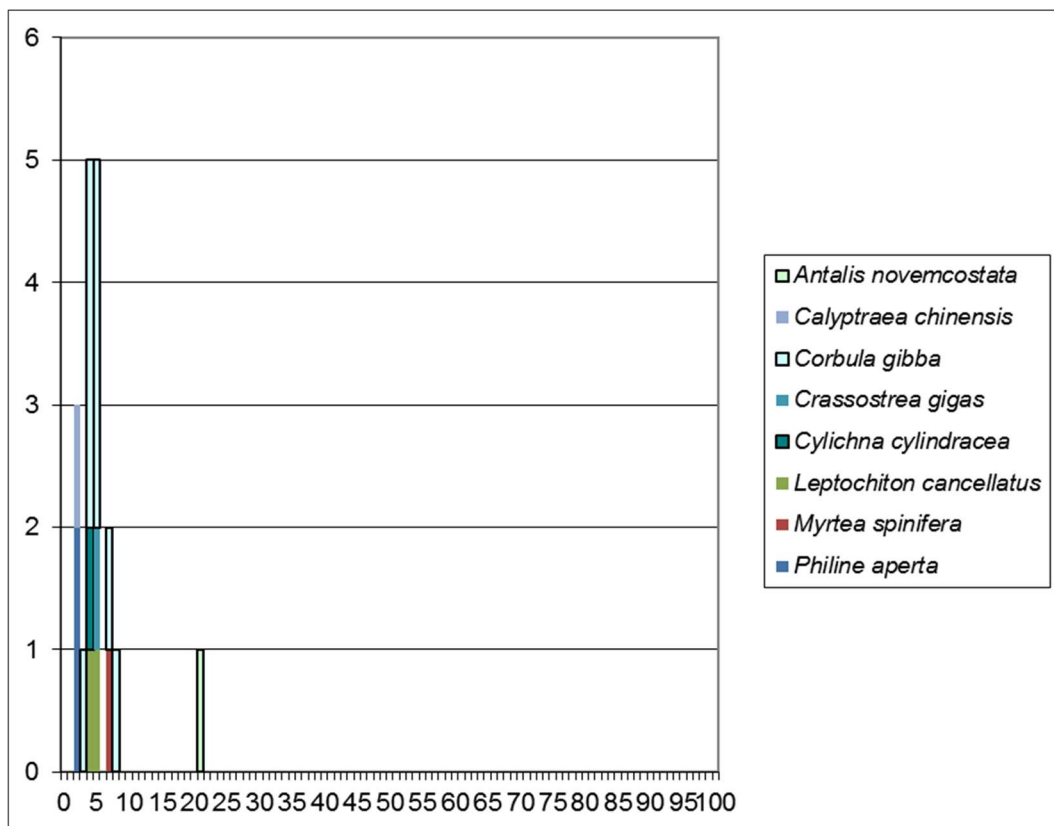


Figure 22 : Histogramme de taille des mollusques pour les 5 réplicats de la station La Flotte.

### 3.2.3 - Plage de la Charge Neuve

#### 3.2.3.1. Richesse spécifique et abondance spécifique

La richesse spécifique totale obtenue en avril 2014 en sommant les 5 réplicats est de 28 taxons. Ceux-ci se répartissent en trois embranchements dominant sur les quatre représentés avec 46 % des espèces d'annélides, 32 % d'espèces de mollusques et 18 % d'espèces d'arthropodes (Figure 23). Les mollusques avec *Peringia ulvae* sont les plus abondants avec en moyenne 97 % des abondances, suivent les annélides et les arthropodes (Figure 24).

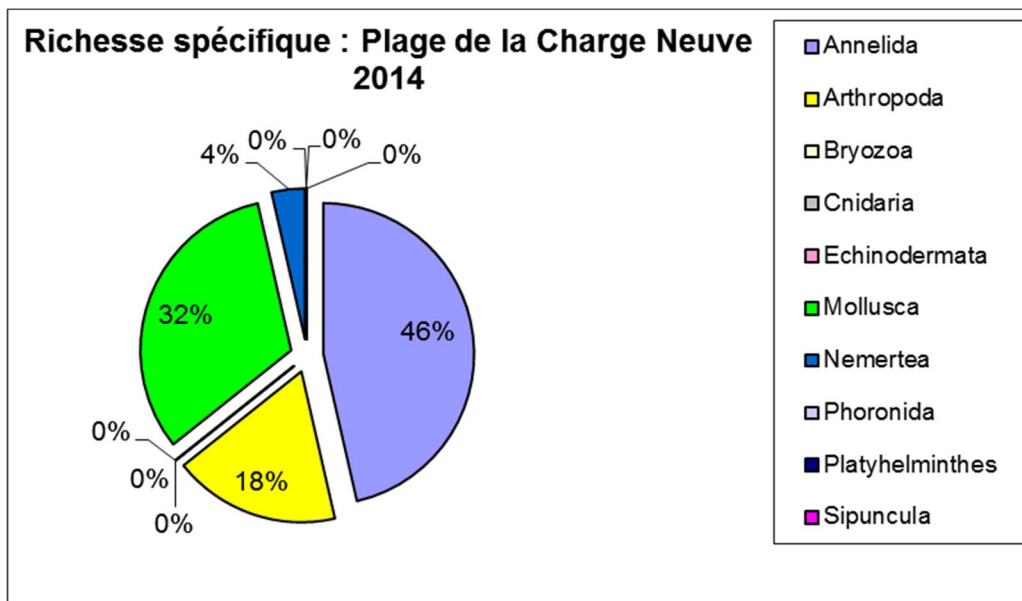


Figure 23 : Répartition des taxons par embranchement selon le nombre d'espèces.

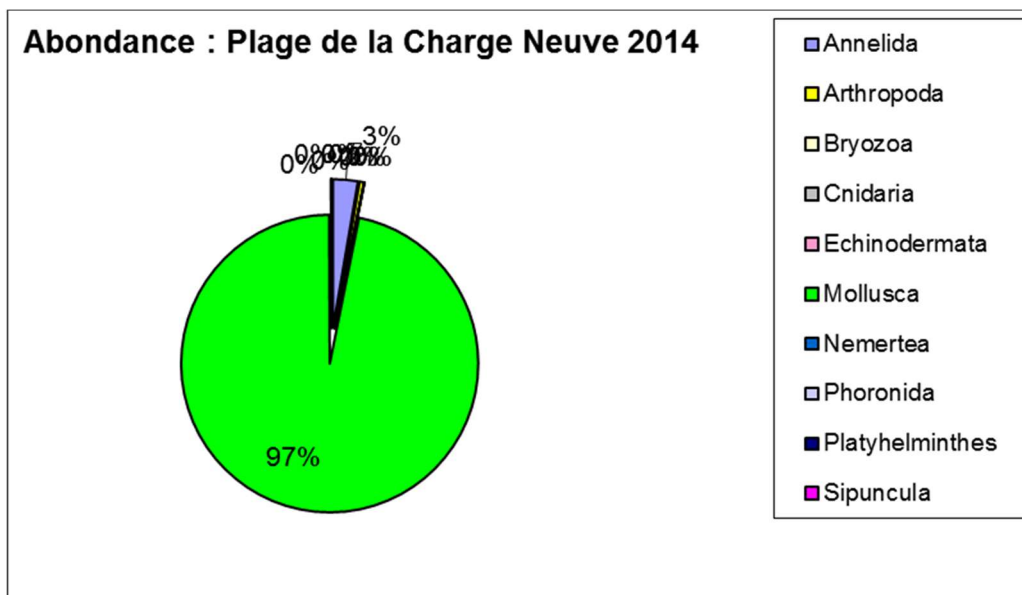


Figure 24 : Répartition des taxons par embranchement selon les abondances.



## Contrat de prestation 2014 5 50528230 : Rapport final. Partie 1 macrofaune invertébrée benthique

L'analyse succincte du **Tableau 16** des richesses et abondances spécifiques par réplicat montre que :

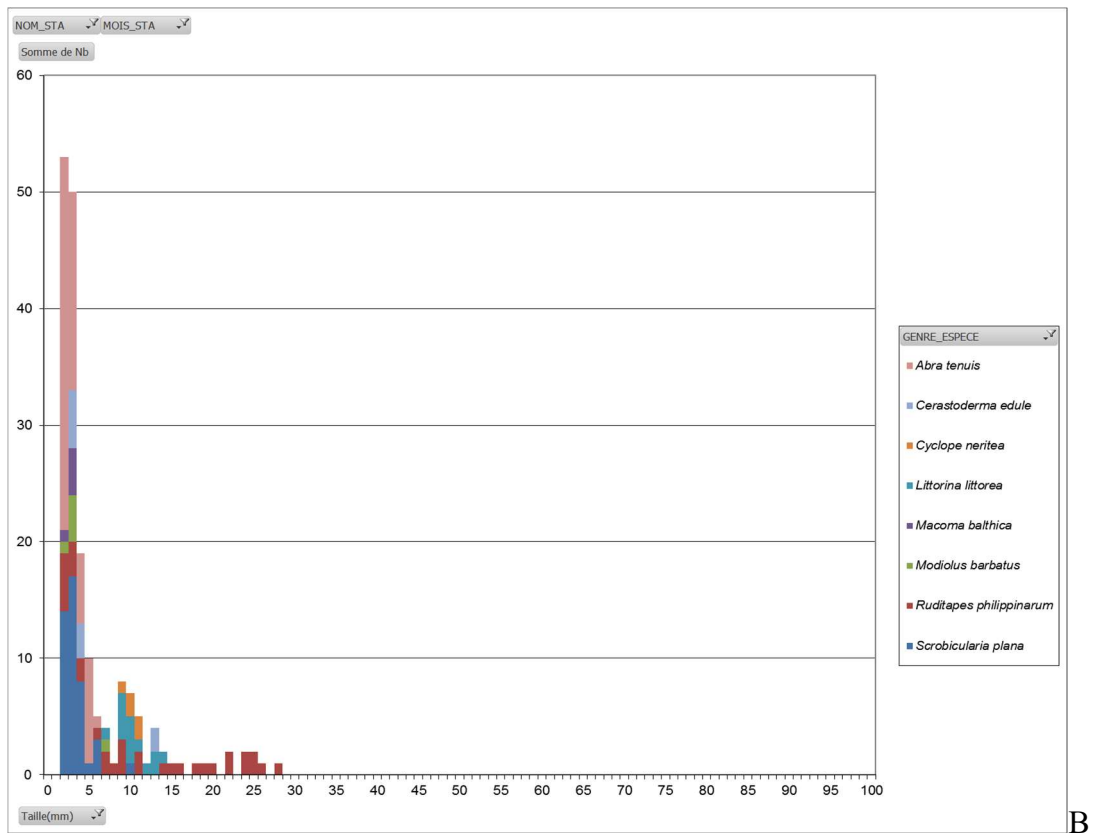
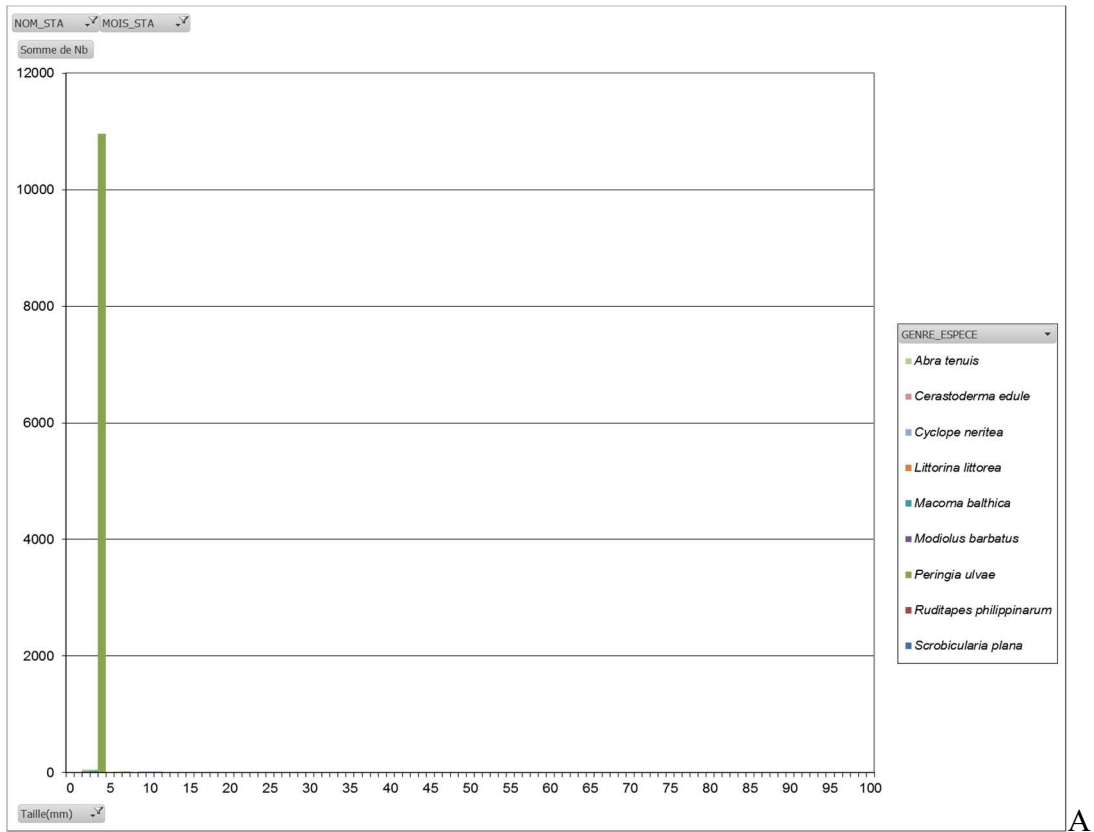
- La richesse spécifique par réplicat varie entre 19 et 24 espèces ;
- Les abondances par réplicat varient d'environ 18700 à 27000 individus par m<sup>2</sup> pour une valeur moyenne avec son intervalle de confiance à 95 % de 22900 ± 800 individus par m<sup>2</sup> ;
- Une seule espèce est abondante *Peringia ulvae* avec 95 % des abondances;
- Au moins 1 espèce est rare (case grisée) avec un seul individu collecté sur la station il s'agit de l'annélide *Phyllodoce mucosa*.

**Tableau 16** : Richesse et abondances spécifiques de la station La Flotte.

Richesse spécifique		20	24	19	20	19	28		1
Abondance totale au m <sup>2</sup>		18660	21140	26980	24100	24040	22984	±	803
Embranchement	Espèce	1	2	3	4	5	Total	%	
Annelida	<i>Glycera tridactyla</i>	1	0	1	1	1	4	0%	
	<i>Heteromastus filiformis</i>	10	7	21	14	22	74	1%	
	<i>Leiochone leiopygos</i>	23	11	3	13	33	83	1%	
	<i>Nephtys cirrosa</i>	1	4	2	1	1	9	0%	
	<i>Notomastus latericeus</i>	5	3	1	11	10	30	0%	
	OLIGOCHAETA	10	3	7	8	7	35	0%	
	<i>Owenia fusiformis</i>	0	3	0	1	8	12	0%	
	<i>Parexogone hebes</i>	2	4	2	0	0	8	0%	
	<i>Phyllodoce mucosa</i>	0	0	1	0	0	1	0%	
	<i>Pseudopolydora sp.</i>	0	2	1	0	0	3	0%	
	<i>Pygospio elegans</i>	0	2	1	0	1	4	0%	
	<i>Streblospio shrubsolii</i>	0	1	0	0	4	5	0%	
	<i>Tharyx sp.</i>	12	4	6	11	8	41	0%	
Arthropoda	<i>Carcinus maenas</i>	2	5	13	6	18	44	0%	
	<i>Crangon crangon</i>	2	0	0	0	0	2	0%	
	<i>Grandidierella japonica</i>	0	0	2	3	0	5	0%	
	<i>Idotea pelagica</i>	1	1	0	0	0	2	0%	
	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	0	1	0	1	0	2	0%	
Mollusca	<i>Abra tenuis</i>	13	12	9	20	11	65	1%	
	<i>Cerastoderma edule</i>	1	4	0	4	1	10	0%	
	<i>Cyclope neritea</i>	1	1	2	1	0	5	0%	
	<i>Littorina littorea</i>	1	5	0	3	5	14	0%	
	<i>Macoma balthica</i>	0	2	1	1	1	5	0%	
	<i>Modiolus barbatus</i>	2	1	2	0	1	6	0%	
	<i>Peringia ulvae</i>	1750	2027	2617	2292	2253	10939	95%	
	<i>Ruditapes philippinarum</i>	9	5	0	10	9	33	0%	
<i>Scrobicularia plana</i>	18	5	6	5	10	44	0%		
Nemertea	<i>Tubulanus sp.</i>	2	1	0	4	0	7	0%	

### 3.2.3.2. Histogramme de taille des mollusques

L'histogramme de taille des mollusques montre que les individus de *Peringia ulvae* sont de petite taille soit moins de 5 mm (**Figure 25 A**) alors que les huit autres espèces se répartissent dans la gamme des tailles jusqu'à 28 mm (**Figure 25 B**).



**Figure 25** : Histogramme de taille des mollusques pour les 5 réplicats de la station Plage de la Charge Neuve avec (A) et sans (B) *Peringia ulvae*

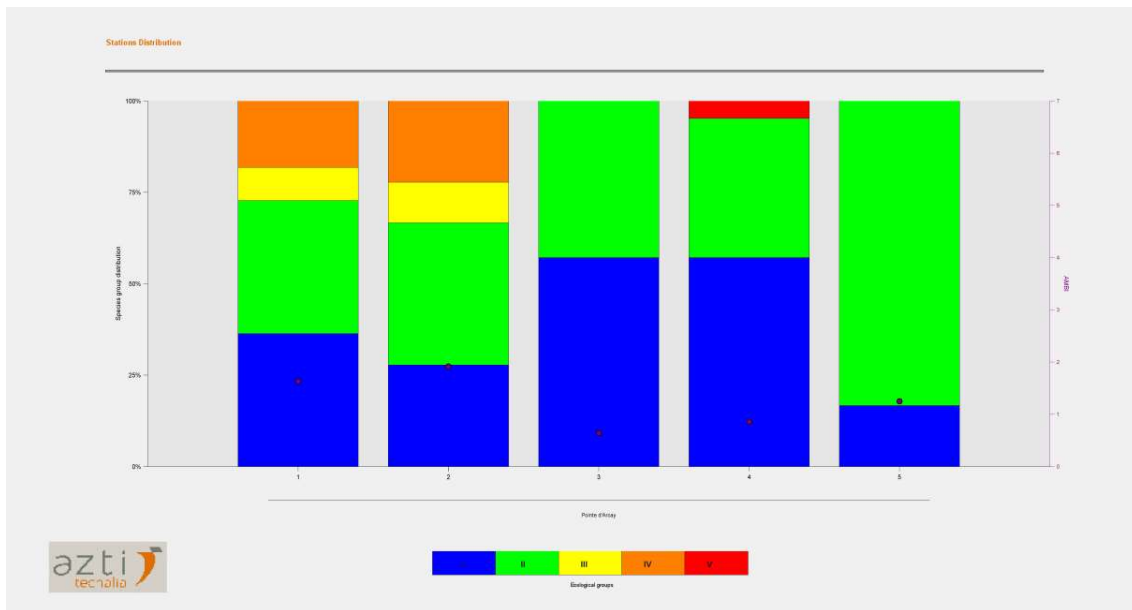
### 3.3 - Analyse statut écologique selon M-AMBI

#### 3.3.1 - Pointe d'Arcay

Parmi les individus recensés, 39 % appartiennent au groupe écologique I des espèces sensibles, 46 % au groupe II, 4 % au groupe III, 8 % au groupe IV et 1 % groupe V des espèces opportunistes de premier ordre (**Figure 26**).

L'indice AMBI est de 1,26 avec 21 taxons retenus et une diversité de 3,58.

Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 5 répliquats par station et avec comme condition de référence une station de sables fins plus ou moins envasés subtidaux (1, 4, 58) fournit une valeur de 0,73, suggérant un bon état écologique.



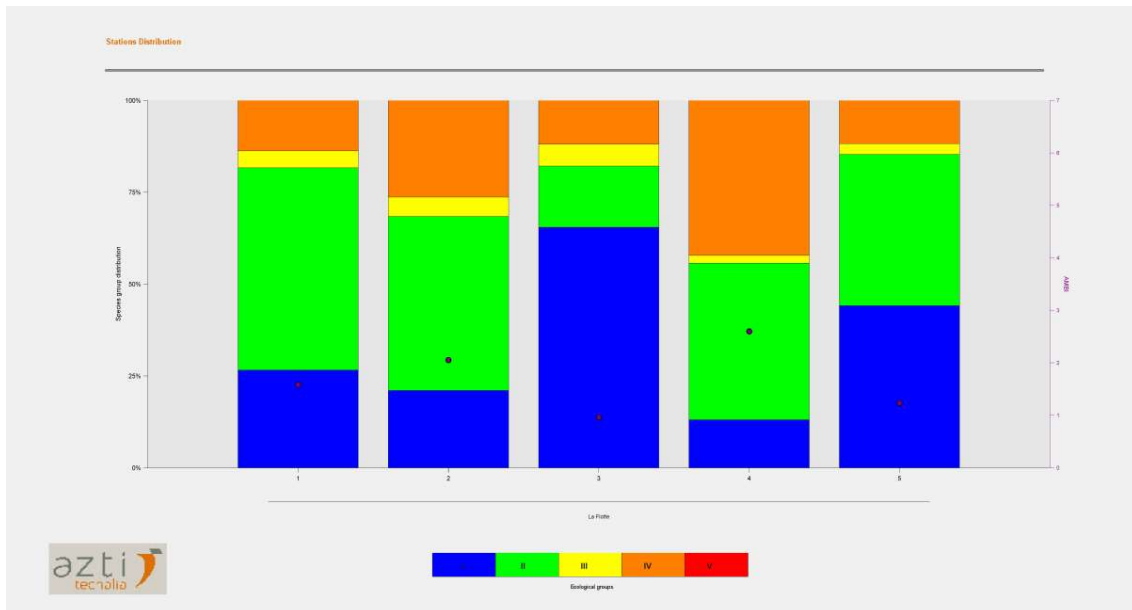
**Figure 26** : Proportion des groupes écologiques dans les 5 répliquats pour la station Pointe d'Arcay en avril 2014.

#### 3.3.2 - La Flotte

Parmi les individus recensés, 28 % appartiennent au groupe écologique I des espèces sensibles, 41 % au groupe II, 3 % au groupe III, 28 % au groupe IV et aucun au groupe V des espèces opportunistes de premier ordre (**Figure 27**).

L'indice AMBI est de 1,69 avec 51 taxons retenus et une diversité de 3,88.

Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 5 répliquats par station et avec comme condition de référence une station de sables fins plus ou moins envasés subtidaux (1, 4, 58) fournit une valeur de 0,90, suggérant un très bon état écologique.



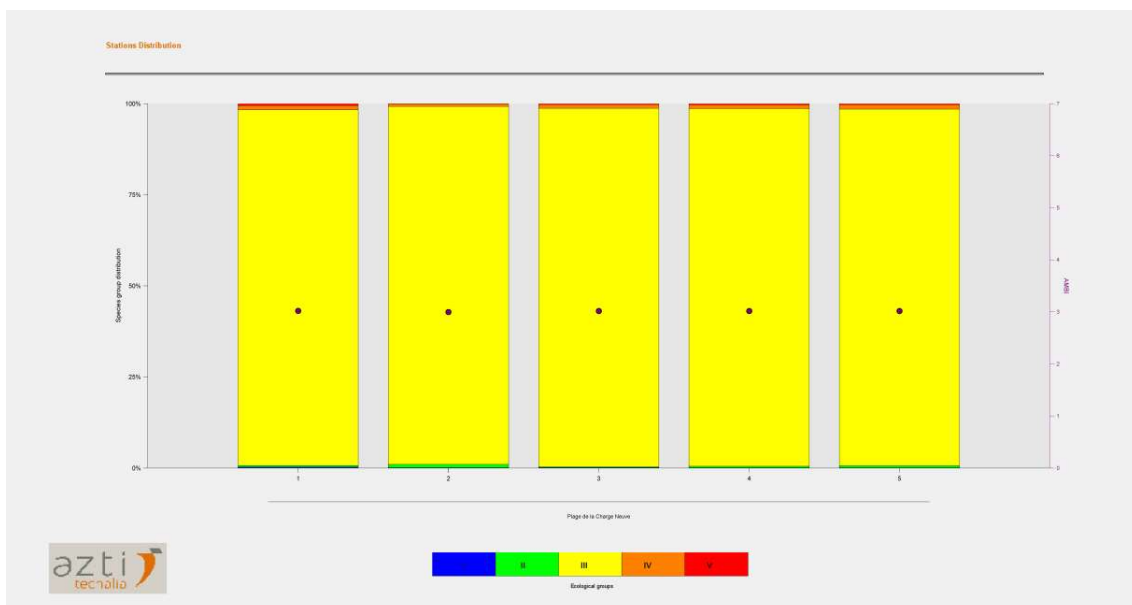
**Figure 27** : Proportion des groupes écologiques dans les 5 réplicats pour la station La Flotte en avril 2014.

### 3.3.3 - Plage de la Charge Neuve

Parmi les individus recensés, moins de 1 % appartiennent aux groupes écologiques I et II, 98 % appartiennent au groupe III, 1 % au groupe IV et aucun au groupe V des espèces opportunistes de premier ordre (**Figure 27**).

L'indice AMBI est de 3,01 avec 28 taxons retenus et une diversité de 0,47.

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 subtidaux (1, 4, 58) fournit une valeur de 0,52, suggérant un état écologique moyen.



**Figure 28** : Proportion des groupes écologiques dans les 5 réplicats pour la station Plage de la Charge Neuve en mai 2014.

### 3.4 - Bilan des statuts écologiques selon M-AMBI

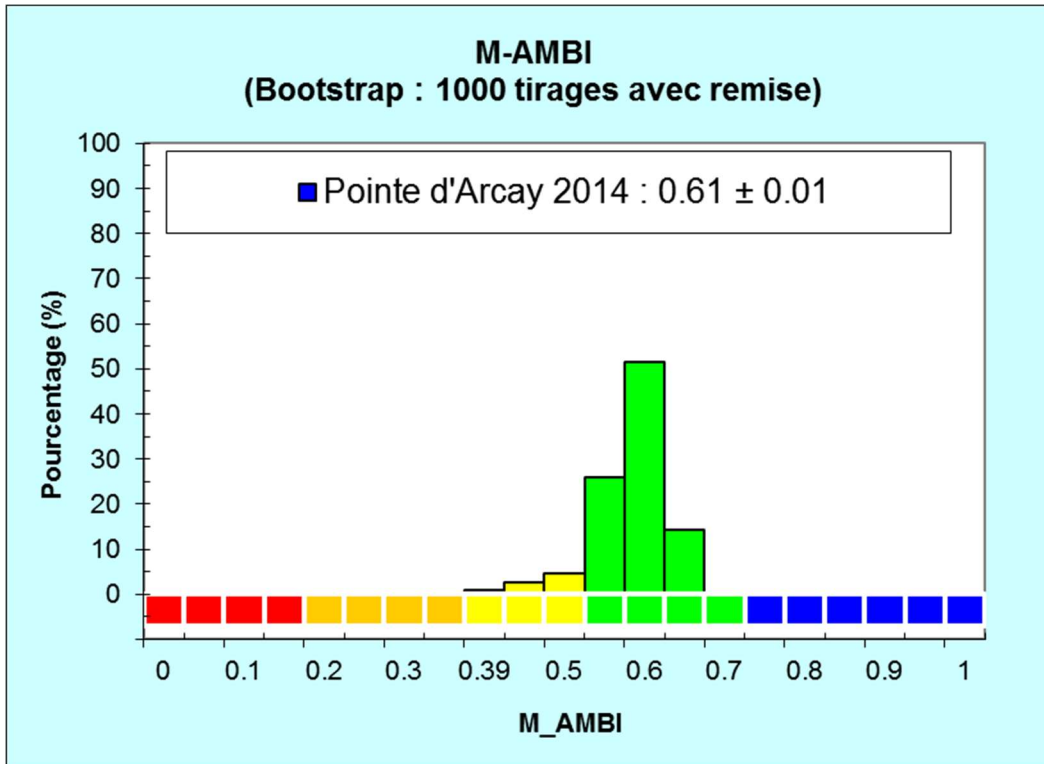
Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 5 réplicats par station fournit une valeur reconnue comme étant surestimée car utiliser un jeu de données trop restreint (une seule station) conduit à des surestimations du M-AMBI (Ruellet & Dauvin, 2008). Cette valeur ne devrait donc pas être retenue pour estimer le statut écologique d'une 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 (Borja et al., 2008, Muxika et al., 2007). De fait il est recommandé d'utiliser au moins 50 stations afin d'en stabiliser les résultats individuels (Borja & Mader, 2008, Borja et al., 2012). La procédure générale pour la coordination DCE Ifremer est d'utiliser le jeu complet de données de l'ensemble du littoral atlantique pour estimer le statut écologique de cette station et permet de résoudre cette question.

Cependant, une procédure alternative peut être proposée à partir des résultats obtenus sur une seule 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.

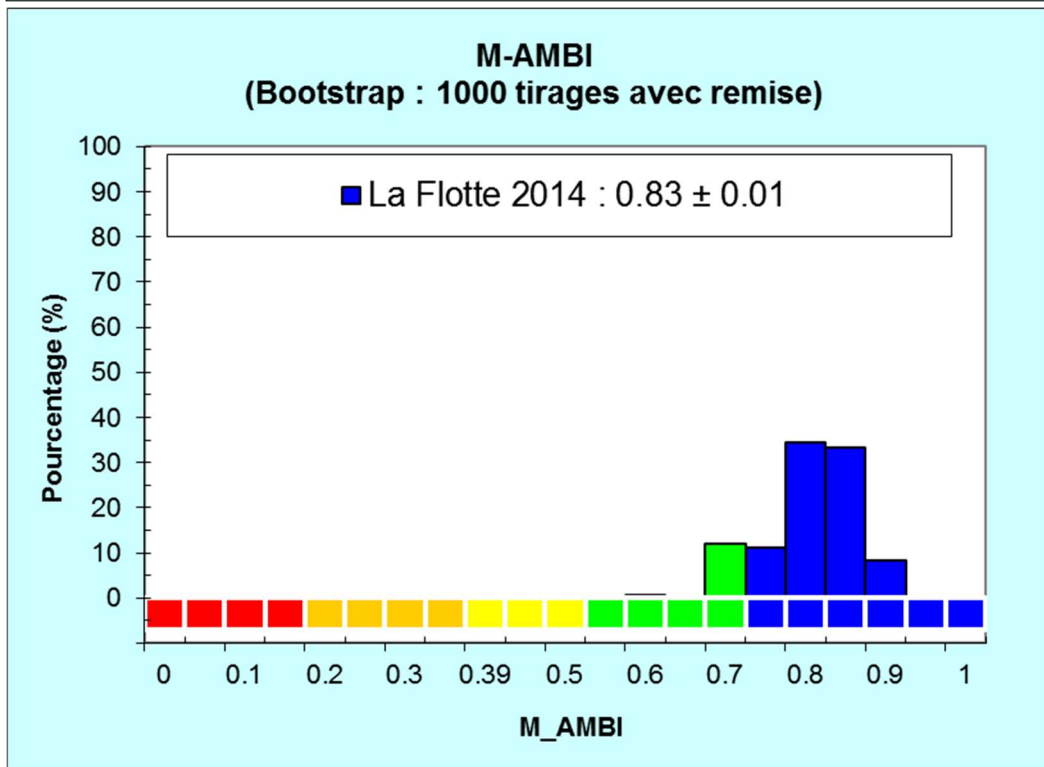
En suivant cette procédure, la valeur moyenne de l'indice M-AMBI est en 2014 :

- pour la station de la Pointe d'Arcay de  $0,61 \pm 0,01$  avec un intervalle de confiance à 95 % entre 0,60 et 0,62 (**Figure 29**). La dispersion des valeurs se fait sur deux classes de statut écologique, les statuts écologiques BON et MOYEN. Un test de  $\chi^2$  sur la répartition des 1000 tirages aléatoires ne permet pas d'aller en deçà, sans l'apparition d'écarts significatifs à 5 %, d'une répartition en 4 % en statut MOYEN et 96 % en statut BON. Il doit en être conclu que le statut BON est le plus probable. Le statut écologique **BON** peut être considéré comme le statut écologique le plus probable pour la station Pointe d'Arcay en 2014 sur l'élément de qualité « invertébrés benthiques ».
- pour la station La Flotte de  $0,83 \pm 0,01$  avec un intervalle de confiance à 95 % entre 0,82 et 0,84 (**Figure 29**). La dispersion des valeurs se fait sur deux classes de statut écologique, les statuts écologiques BON et TRES BON. Un test de  $\chi^2$  sur la répartition des 1000 tirages aléatoires ne permet pas d'aller en deçà, sans l'apparition d'écarts significatifs à 5 %, d'une répartition en 11 % en statut BON et 89 % en statut TRES BON. Il doit en être conclu que le statut TRES BON est le plus probable. Le statut écologique **TRES BON** peut être considéré comme le statut écologique le plus probable pour la station La Flotte en 2014 sur l'élément de qualité « invertébrés benthiques ».
- pour la station de la Plage de la Charge Neuve de  $0,50 \pm 0,01$  avec un intervalle de confiance à 95 % entre 0,49 et 0,51 (**Figure 29**). La dispersion des valeurs se fait sur une classe de statut écologique, le statut écologique MOYEN. Un test de  $\chi^2$  sur la répartition des 1000 tirages aléatoires ne permet pas d'aller en deçà, sans l'apparition d'écarts significatifs à 5 %, d'une répartition en 97,7 en statut MOYEN et 0,3 % en statut BON. Il doit en être conclu que le statut **MOYEN** est le plus probable.

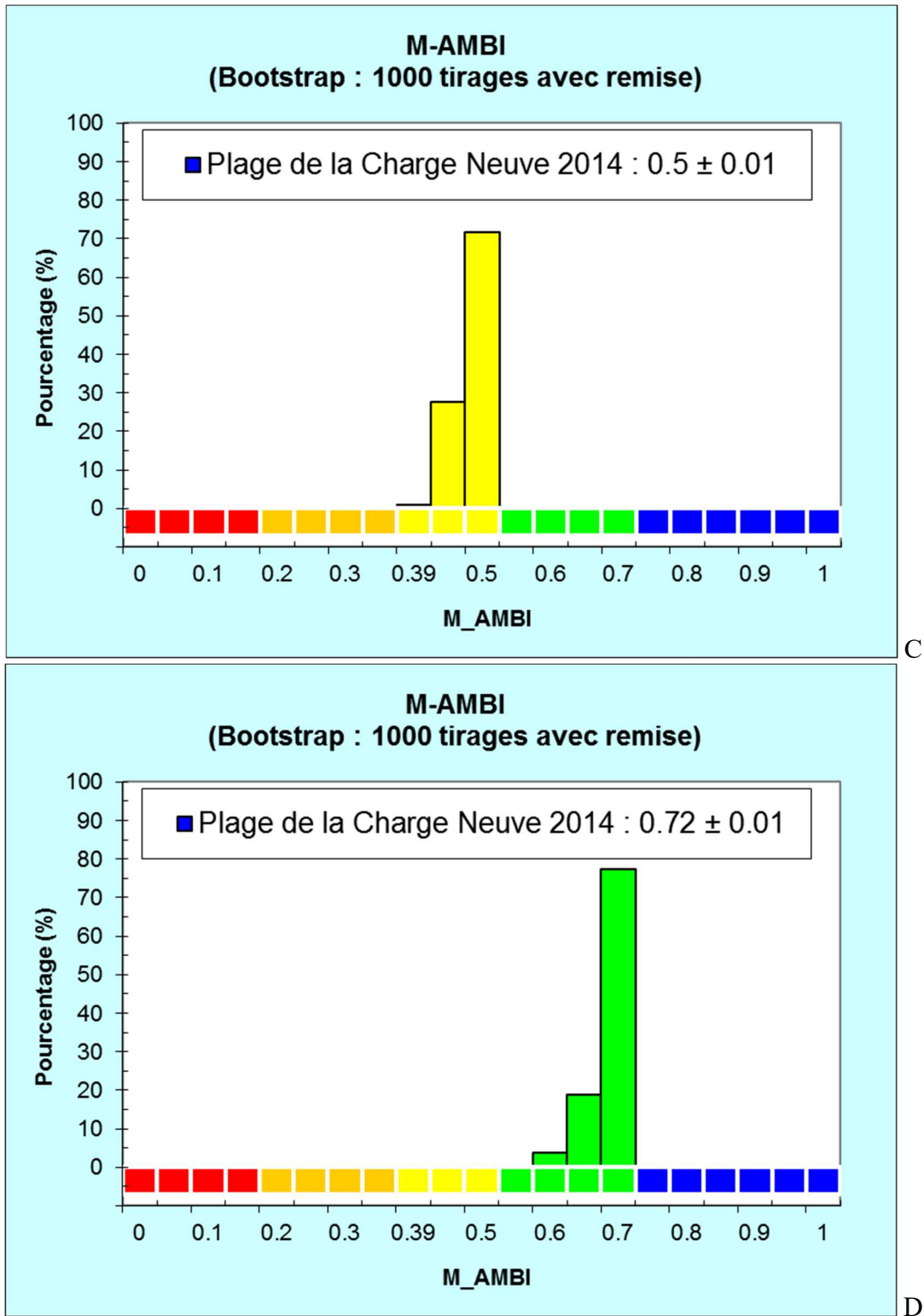
Il faut cependant remarquer que la soustraction de la seule espèce *Peringia ulvae* des résultats fait passer l'évaluation en statut écologique **BON** avec une valeur de  $0,72 \pm 0,01$  et un intervalle de confiance à 95 % entre 0,71 et 0,73 (**Figure 29 D**) sous le simple effet mécanique de la disparition de la principale espèce du groupe écologique II et de l'amélioration de l'indice de diversité.



A



B



**Figure 29 :** Histogramme des valeurs du M-AMBI après 1000 tirages aléatoires pour les stations de la Pointe d'Arcay (A), la Flotte (B) et Plage de la Charge Neuve avec (C) et sans hydrobie *Peringia ulvae* (D) en 2014.

Le bilan 2014 de l'évaluation de l'état écologique annuel sur l'élément de qualité « Invertébrés benthiques » du Pertuis Breton serait en moyenne BON (**Tableau 17**).

**Tableau 17** : Bilan du statut écologique du Pertuis Breton en 2014 pour l'élément de qualité « invertébrés benthiques »

<b>Année</b>	<b>Station</b>	<b>Mois</b>	<b>Statut écologique Invertébrés benthiques</b>
<b>2014</b>	<b>Arcay</b>	<b>avril</b>	BON
<b>2014</b>	<b>La Flotte</b>	<b>Avril</b>	TRES BON
<b>2014</b>	<b>Plage de la Charge Neuve</b>	<b>avril</b>	MOYEN
<b>2014</b>	<b>Total</b>	<b>avril</b>	<b>BON</b>

Concernant les années antérieures, les résultats peuvent être obtenus dans les rapports DCE des années concernées (Sauriau, 2008, Sauriau et al., 2013, Sauriau et al., 2014, Sauriau et al., 2008, Sauriau et al., 2011, Sauriau et al., 2012, Sauriau et al., 2009).



## 4 - Bilan du temps passé aux prélèvements et analyses

La réalisation des analyses sédimentaires et biologiques sur les trois stations du Pertuis Breton, Pointe d'Arcay, La Flotte en subtidal et Plage de la Charge Neuve en intertidal, échantillonnées en avril-mai 2014 a mobilisé (**Tableau 18**) :

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

**Tableau 18** : 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	7
Granulométrie + matière organique	2 + 2
Lavage + tri faunistique	1 + 5
Déterminations taxinomiques, validation & qualification taxinomique	12 + 1
Saisie données, validation fichier	3
Rédaction	3
<b>Total</b>	<b>37</b>

Au total la réalisation des prélèvements, leur analyse sédimentaire et faunistique et leur saisie avec validation a mobilisé un effort de 37 personnes jour. Cela correspond en équivalent temps plein de 20 jours ouvrés par mois à un total de 1,85 mois de travail à temps plein pour une seule personne.

## 5 - Bibliographie

- Anonymes** (2005) Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE : Invertébrés de substrats meubles Fiche 10. *Ifremer*, 6.
- Auby I., et al.** (2012) Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). *Ifremer*, 20.
- Bald J., Borja A., Muxika I., Franco J. and 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. and 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. and Dauvin J.-C.** 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 Le Gal Y. and Van Wormhoudt A. (eds.) *Proceedings of the Aspects Récents de la Biologie des Crustacés, Concarneau, 1988. Actes de Colloques*. Ifremer, pp. 207-216.
- Blott S.J. and Pye K.** (2001) Gradistat: 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. and 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. and 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. and 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.
- Borja A., Mader J. and Muxika I.** (2012) Instructions for the use of the AMBI index software (Version 5.0). *Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia*, **19**(3), 71-82.
- Borja A., Mader J., Muxika I., Rodríguez J.G. and 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. and 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. and 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. and Muir A.I.** (1997) *Polychaetes: British Chrysopetaloidea, Pisionoidea and Aphroditoidea*, Shrewsbury: Field Studies Council.
- Chassé C. and 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. and Renard M.** (1999) *Sédimentologie*, Paris: Dunod.

- Dauvin J.-C., Bachelet G. and 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. and 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. and Bellan-Santini D.** (1996) *Ampeliscidae* (Amphipoda) from the Bay of Biscay. *Journal of Crustacean Biology*, **16**(1), 149-168.
- Dauvin J.-C. and 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. and 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., et al.** (2006) *L'atlas du macrobenthos de la partie belge de la mer du Nord*, Bruxelles: Politique scientifique fédérale.
- Efron B. and 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*, 1er ed. Paris: Librairie de la Faculté des Sciences.
- Fauvel P.** (1927) *Faune de France. Polychètes sédentaires*, 1er ed. Paris: Lechevalier, P.
- Frontier S. and Pichod-Viale D.** (1991) *Ecosystèmes : structure, fonctionnement et évolution*, Paris: Masson.
- George J.D. and 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. Brest: Laboratoire de Zoologie, pp 21.
- 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. and Glémarec M.** (2003) L'indice d'évaluation de l'endofaune côtière I2EC. In Alzieu C. (ed) *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*. Plouzané: Editions Ifremer, pp 51-86.
- Hartmann-Schröder G.** (1971) *Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta*, Jena: Veb Gustav Fischer Verlag.
- Hayward P.J. and 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. and 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<sup>ème</sup> Cycle Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> Cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest.
- 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.

- Houart R.** (2001) *A review of the recent Mediterranean and Northeastern Atlantic species of Muricidae*, Milan: 227.
- Ingle R.W.** (1996) *Shallow-water crabs*, Second Edition ed. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Ingle R.W. and Christiansen M.E.** (2004) *Lobsters, mud shrimps and anomuran crabs*, Shrewsbury: Field Studies Council.
- Jones A.M. and 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.
- Lafon V., Dehouck A. and Curti C.** (2014) Cartographie de l'herbier à *Zostera noltii* de l'île de Ré par télédétection spatiale. *GEO-Transfert/ADERA*, 12.
- 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). Ascidiens of European waters*, Paris: Organisation de Coopération et de Développement Economiques.
- Millar R.H.** (1970) *British Ascidiens*, London and New York: Academic Press.
- Muxika I., Borja A. and Bald J.** (2007) Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *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. and Dales R.P.** (1991) *Polychaetes: British Phyllococoideans, Typhloscolecoideans and Tomopteroideans*, Oegstgeest, The Netherlands: Universal Book Services / Dr. Backhuys, W.
- Poppe G.T. and Goto Y.** (1991) *European seashells. Vol. I. (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda)*, Wiesbaden: Verlag Christa Hemmen.
- Poppe G.T. and Goto Y.** (1993) *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*, Wiesbaden: Christa Hemmen Verlag.
- Rouse G.W. and Pleijel F.** (2001) *Polychaetes*: Oxford University Press.
- Ruellet T. and 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.** (2006) Prospection faune et flore benthique dans le cadre de la DCE : masse d'eau FRGC53 Pertuis Breton. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Loire Bretagne*, 28 + annexes.

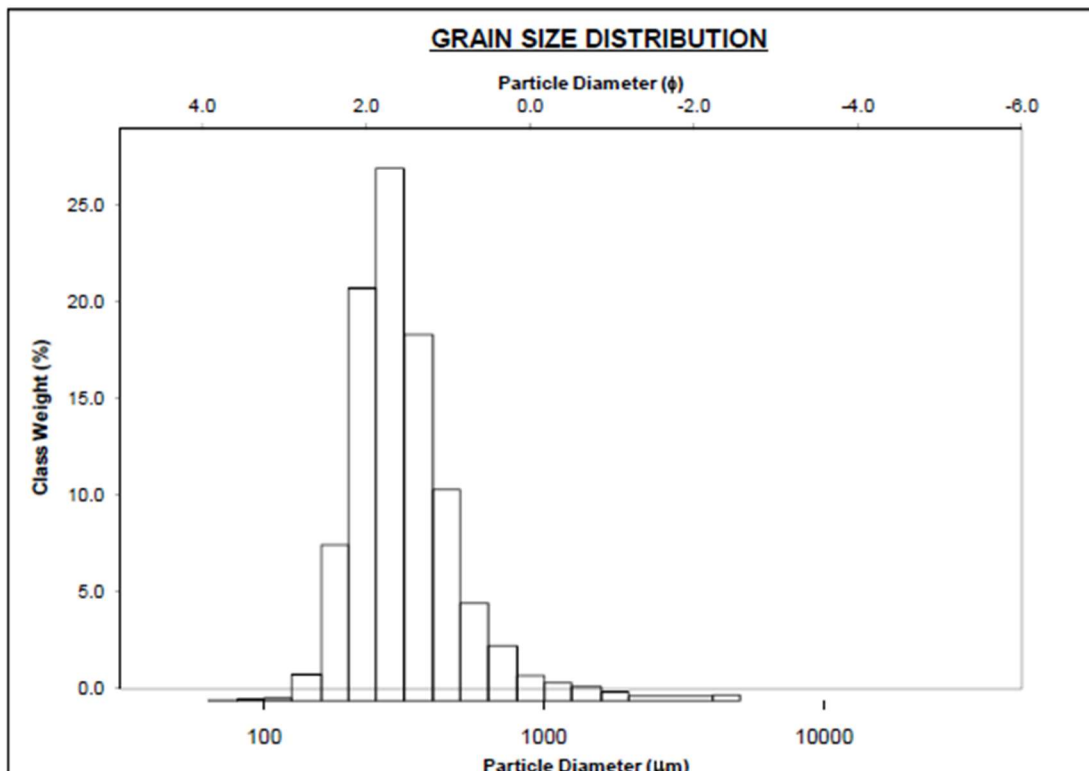
- Sauriau P.-G.** (2008) Surveillance 2007 faune et flore benthique DCE vitalité herbier de *Zostera noltii* masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour-Garonne*, 22.
- Sauriau P.-G., et al.** (2013) Contrôle de surveillance 2012 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : macrofaune invertébrée benthique. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne*, 51.
- Sauriau P.-G., Aubert F., Duvard A., Pineau P. and Lachaussée N.** (2015) Contrôle de surveillance DCE 2014 de la masse d'eau côtière FRGC53 Pertuis Breton et de la masse d'eau de transition FRGT30 Estuaire du Lay. Rapport final : partie 2 : suivis stationnels et surfaciques des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei*. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne*, 62.
- Sauriau P.-G., Aubert F., Sauriau M., Sauriau F. and Leguay D.** (2014) 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. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne*, 31.
- Sauriau P.-G., Ehlinger S. and Sauriau F.** (2008) Surveillance 2008 faune et flore benthique DCE vitalité herbier de *Zostera noltii* masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour-Garonne*, 27.
- Sauriau P.-G., Leguay D., Pineau P., Cajeri P. and Chenoun M.** (2011) Contrôle de surveillance DCE 2010 faune masse d'eau côtière FRFC02 Pertuis Charentais : station de Boyardville. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne*, 29.
- Sauriau P.-G., Leguay D., Pineau P. and Guillemain D.** (2012) Contrôle de surveillance DCE 2011 faune masse d'eau côtière FRFC02 Pertuis Charentais station de Boyardville. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne*, 31.
- Sauriau P.-G., Pothier A. and 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. *CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne*, 35.
- Shannon C.E.** (1948) A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27, 379-423.
- Smaldon G., Holthuis L.B. and Fransen C.H.J.M.** (1993) *Coastal shrimps and prawns*, Second ed. Shrewsbury: Field Studies Council.
- Southward E.C. and 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.

## 6 - Annexe

### 6.1 - Analyses granulométriques 2014

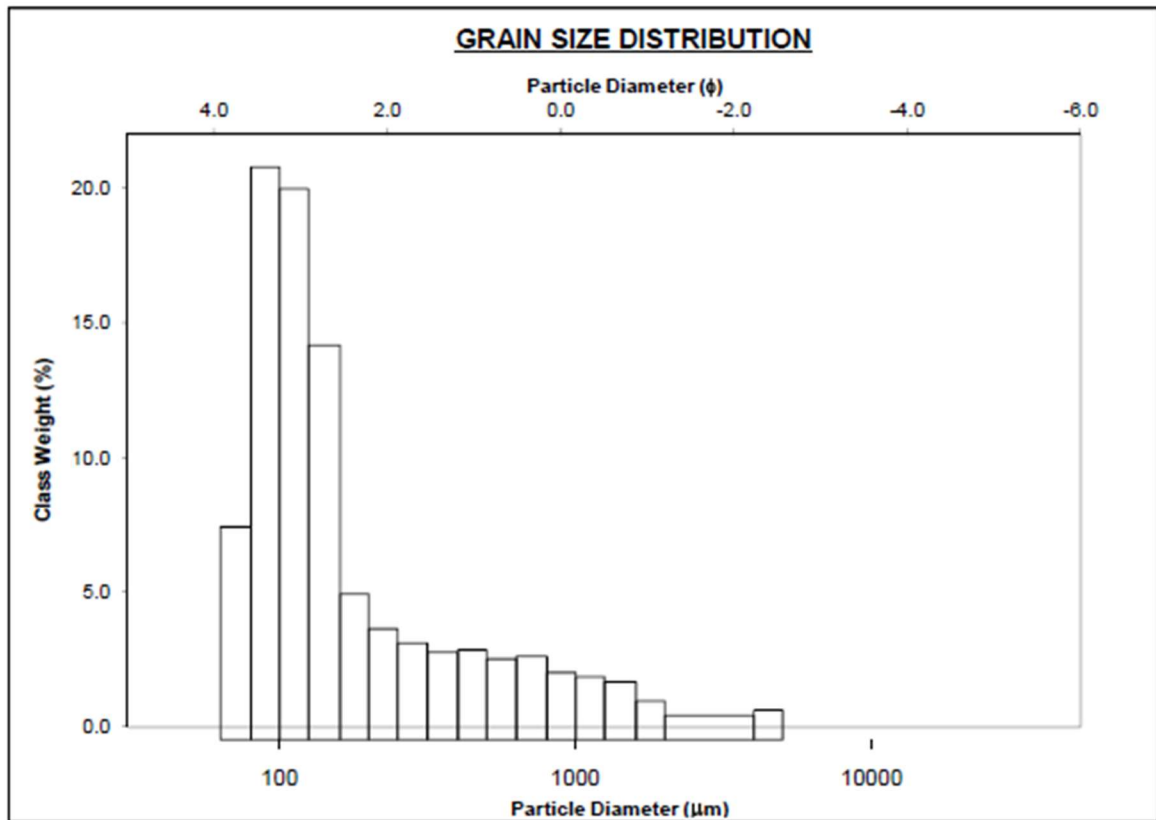
#### 6.1.1 - Pointe d'Arcay

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: Arcay			ANALYST & DATE: F_Aubert, 2014-Avr			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	282.5	1.833	GRAVEL: 1.0%	COARSE SAND: 9.1%		
MODE 2:			SAND: 98.0%	MEDIUM SAND: 57.0%		
MODE 3:			MUD: 1.0%	FINE SAND: 29.5%		
D <sub>10</sub> :	197.7	0.852		V FINE SAND: 0.2%		
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	294.3	1.765	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.2%		
D <sub>90</sub> :	554.0	2.339	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.2%		
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	2.802	2.745	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.2%		
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	356.3	1.487	FINE GRAVEL: 0.3%	FINE SILT: 0.2%		
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	1.655	1.533	V FINE GRAVEL: 0.7%	V FINE SILT: 0.2%		
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	153.8	0.727	V COARSE SAND: 2.1%	CLAY: 0.2%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	378.1	309.0	1.694	306.7	1.705	Medium Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	373.9	1.837	0.877	1.520	0.604	Moderately Well Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	6.660	-1.328	1.328	0.215	-0.215	Coarse Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	59.61	17.35	17.35	1.209	1.209	Leptokurtic



### 6.1.2 - La Flotte

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: La Flotte			ANALYST & DATE: F_Aubert, 2014-Avr			
SAMPLE TYPE: Bimodal, Very Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Silty Very Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	90.00	3.483	GRAVEL: 2.1%		COARSE SAND: 4.9%	
MODE 2:	450.0	1.161	SAND: 55.9%		MEDIUM SAND: 5.8%	
MODE 3:			MUD: 42.0%		FINE SAND: 14.2%	
D <sub>10</sub> :	7.567	0.926			V FINE SAND: 27.7%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	85.20	3.553	V COARSE GRAVEL: 0.0%		V COARSE SILT: 7.0%	
D <sub>90</sub> :	526.4	7.046	COARSE GRAVEL: 0.0%		COARSE SILT: 7.0%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	69.57	7.612	MEDIUM GRAVEL: 0.0%		MEDIUM SILT: 7.0%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	518.9	6.120	FINE GRAVEL: 0.6%		FINE SILT: 7.0%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	7.098	2.014	V FINE GRAVEL: 1.5%		V FINE SILT: 7.0%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	124.4	2.827	V COARSE SAND: 3.4%		CLAY: 7.0%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	238.7	50.10	4.319	62.49	4.000	Very Coarse Silt
SORTING ( $\sigma$ ):	556.8	5.748	2.523	4.868	2.283	Very Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	4.906	0.328	-0.328	-0.168	0.168	Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	30.65	2.052	2.052	1.108	1.108	Mesokurtic



### 6.1.3 - Plage de la Charge Neuve

<b>SAMPLE STATISTICS</b>						
SAMPLE IDENTITY: Plage Charge Neuve			ANALYST & DATE: F_Aubert, 2014-Avr			
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted			TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Muddy Sand			
SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Very Coarse Silty Fine Sand						
	$\mu\text{m}$	$\phi$	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	142.5	2.822	GRAVEL: 0.9%		COARSE SAND: 0.6%	
MODE 2:			SAND: 67.3%		MEDIUM SAND: 1.2%	
MODE 3:			MUD: 31.8%		FINE SAND: 32.5%	
D <sub>10</sub> :	9.354	2.635			V FINE SAND: 31.3%	
MEDIAN or D <sub>50</sub> :	103.7	3.270	V COARSE GRAVEL: 0.0%		V COARSE SILT: 5.3%	
D <sub>90</sub> :	161.0	6.740	COARSE GRAVEL: 0.0%		COARSE SILT: 5.3%	
(D <sub>90</sub> / D <sub>10</sub> ):	17.21	2.558	MEDIUM GRAVEL: 0.0%		MEDIUM SILT: 5.3%	
(D <sub>90</sub> - D <sub>10</sub> ):	151.7	4.106	FINE GRAVEL: 0.0%		FINE SILT: 5.3%	
(D <sub>75</sub> / D <sub>25</sub> ):	4.026	1.707	V FINE GRAVEL: 0.9%		V FINE SILT: 5.3%	
(D <sub>75</sub> - D <sub>25</sub> ):	104.9	2.009	V COARSE SAND: 1.6%		CLAY: 5.3%	
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	$\mu\text{m}$	$\mu\text{m}$	$\phi$	$\mu\text{m}$	$\phi$	
MEAN ( $\bar{x}$ ):	155.2	55.58	4.169	62.85	3.992	Very Fine Sand
SORTING ( $\sigma$ ):	357.2	4.203	2.072	3.057	1.612	Poorly Sorted
SKEWNESS ( $S_k$ ):	6.553	-0.202	0.202	-0.612	0.612	Very Fine Skewed
KURTOSIS ( $K$ ):	49.67	2.343	2.343	1.072	1.072	Mesokurtic

