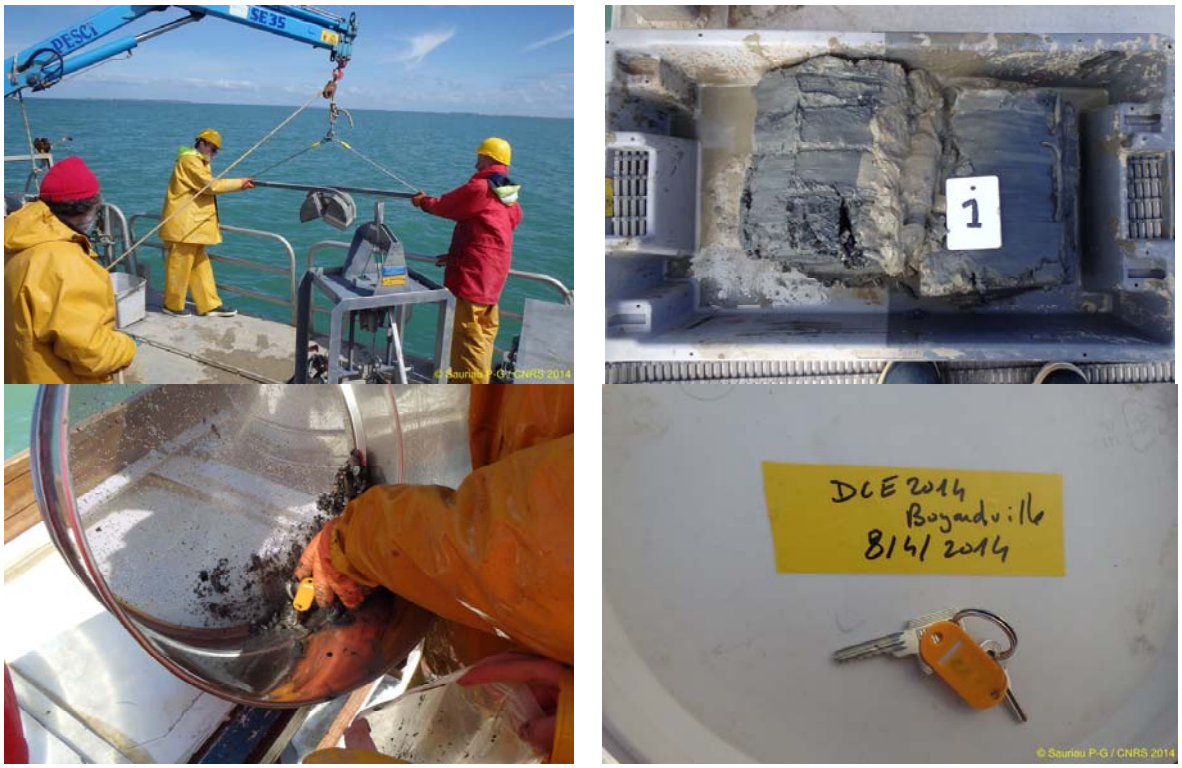
Contrat d'étude Ifremer 2014 5 51522029

Contrôle de surveillance DCE 2014 de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : Rapport final partie 2 : macrofaune invertébrée benthique de la station d'appui Boyardville



SAURIAU P.-G. [1], **AUBERT F.** [1], **CHIPAUX A.** [1], **JOURDE J.** [1], **LACHAUSSEE N.** [1], **LEGUAY D.** [2]

[1] LIENSs, CNRS, Université de la Rochelle, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle
[2] IFREMER, LER-PC, Place Gaby Coll, BP 5, 17137

Avril 2015

Sommaire

1 - INTRODUCTION 1

2 - MATERIEL ET METHODES 3

2.1 - CALENDRIER DE REALISATION DES OPERATIONS A LA MER 3
2.2 - PRESENTATION DU SITE D'APPUI : BOYARDVILLE 5
2.3 - REALISATION DES PRELEVEMENTS 6
2.4 - ANALYSE DES SEDIMENTS 8
2.4.1 - Analyse granulométrique 9
2.4.2 - Analyse de la matière organique sédimentaire 11
2.5 - ANALYSE DES ECHANTILLONS FAUNISTIQUES 11
2.5.1 - Lavage et tri des échantillons 11
2.5.2 - Détermination des espèces 13
2.6 - QUALITE ECOLOGIQUE : INDICE M-AMBI 14

3 - RESULTATS 17

3.1 - ANALYSE DES SEDIMENTS 17
3.1.1 - Boyardville : station d'appui subtidale 17
3.2 - ANALYSES FAUNISTIQUES 19
3.2.1 - Boyardville 19
3.2.1.1. Richesse spécifique et abondance spécifique 19
3.2.1.2. Histogramme de taille des mollusques 22
3.2.1.3. Analyse statut écologique selon M-AMBI 23

4 - BILAN DU TEMPS PASSE AUX PRELEVEMENTS ET ANALYSES .. 26

5 - BIBLIOGRAPHIE 27

6 - ANNEXE 31

6.1 - ANALYSES GRANULOMETRIQUES 2014 31
6.1.1 - Boyardville : station d'appui subtidale 31

1 - Introduction

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

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

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

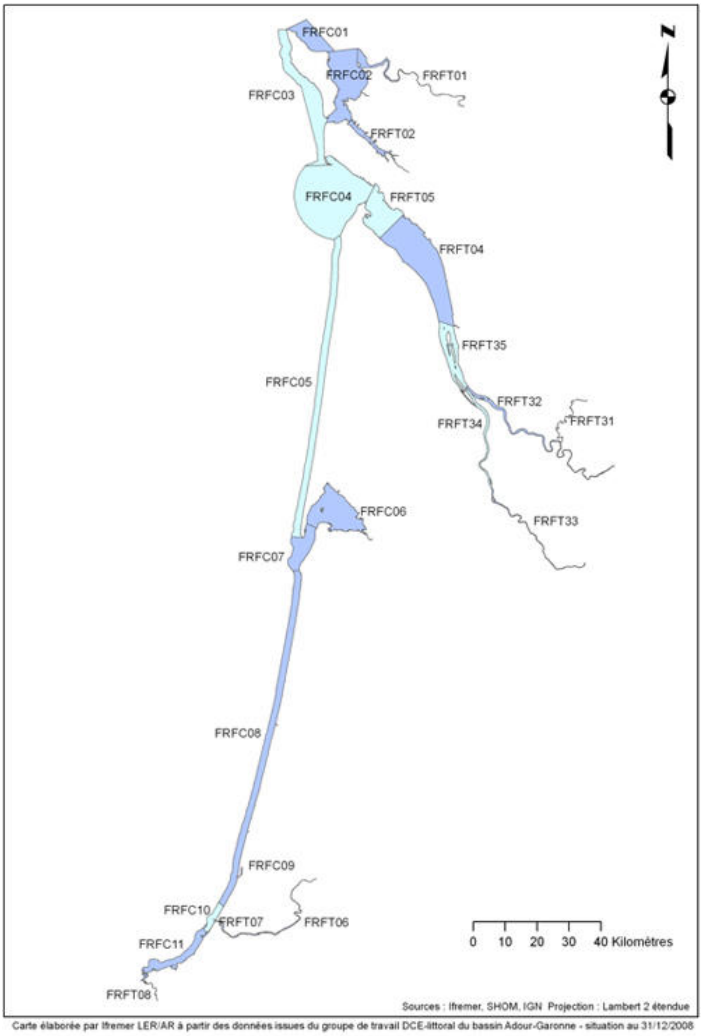


Figure 1 : Masse d'eau côtière « Pertuis Charentais - FRFC02 » dans le bassin Adour-Garonne. Source **http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce**

Les opérations de surveillance retenues en 2014 pour la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 étaient (**Figure 2**) :

- échantillonnage stationnel des invertébrés benthiques de substrat meuble en avril sur une station subtidale Boyardville, point d'appui DCE. C'est l'objet du présent rapport.
- échantillonnage stationnel des herbiers de la zostère naine *Zostera (Zosterella) noltei* Hornemann en septembre sur trois stations Perrotine-Bellevue, Les Doux et Le Château d'Oléron selon le nouveau protocole (Auby et al., 2012) du contrôle de surveillance DCE des herbiers intertidaux. Les résultats ont donné lieu au rapport Partie 1 : suivis stationnels des herbiers de *Zostera (Zosterella) noltei* (Sauriau et al., 2015).

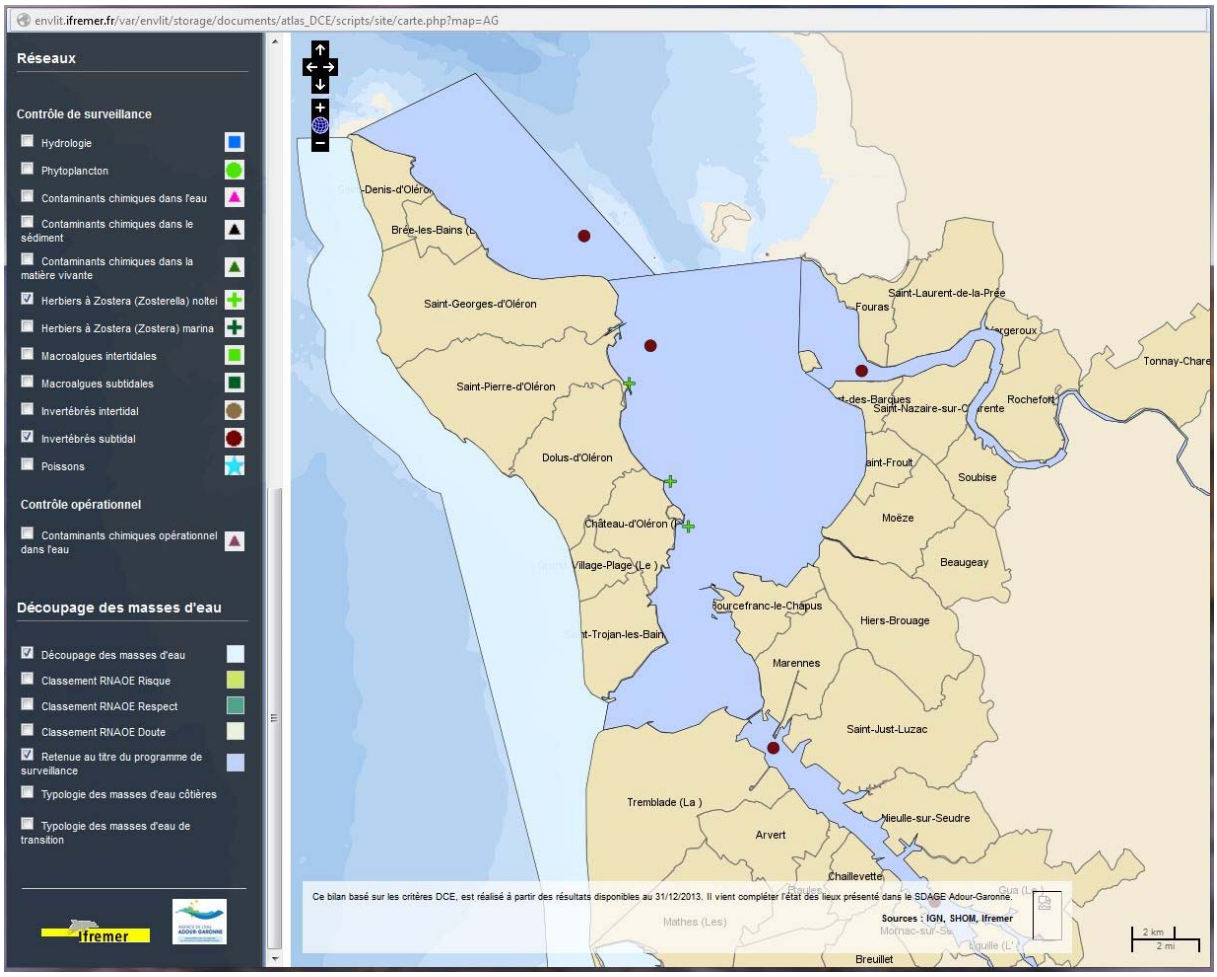


Figure 2 : Masse d'eau côtière « Pertuis Charentais - FRFC02 » avec localisation de la station Boyardville en subtidal (rond marron) et les trois stations à herbier Perrotine-Bellevue, les Doux et La Château d'Oléron (croix verte).
Source http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce

2 - Matériel et méthodes

2.1 - Calendrier de réalisation des opérations à la mer

Les opérations se sont déroulées sur 1 jour (**Tableau 1**), le 8 avril 2014 pour la station Boyardville prospectée à bord du navire Estran (**Figure 3**) de l'université de La Rochelle.

Le travail à la mer a mobilisé 5 personnes jour à bord du navire Estran pour la station subtidale de Boyardville. Ce chiffre ne comprend ni le temps nécessaire à la préparation des opérations à la mer (1 journée) ni le temps de dépouillement des informations collectées (*vide infra*).

Tableau 1 : Calendrier des opérations à la mer.

Type de suivi	Type masse d'eau	Code masse d'eau	Nom masse d'eau	Code point	Nom point (toponymie)	Type de prélèvement	Type de station	Dates	Nombre personne jour-mer	Opérateurs
Contrôle de surveillance	MEC	FRFC02	Pertuis Charentais	-	Boyardville	Subtidal invertébrés benthiques	Appui	08/04/2014	5	LIENSs
Total									**5**	

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

2.2 - Présentation du site d'appui : Boyardville

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

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

Tableau 2 : Caractéristiques de la station Boyardville.

Station	Boyardville / point d'appui DCE
Regroupement	Oui avec opérations à la mer dans la masse d'eau FRFC01 Côte Nord île d'Oléron si existantes
Moyens à la mer	Embarcation côtière avec treuil (Estran de l'Université de La Rochelle ou bateau de location)
Paramètres	Macrofaune benthique (détermination et abondance) 1 granulométrie + 1 matière organique
Engin de prélèvement	Benne Van Veen de 0,1 m²
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

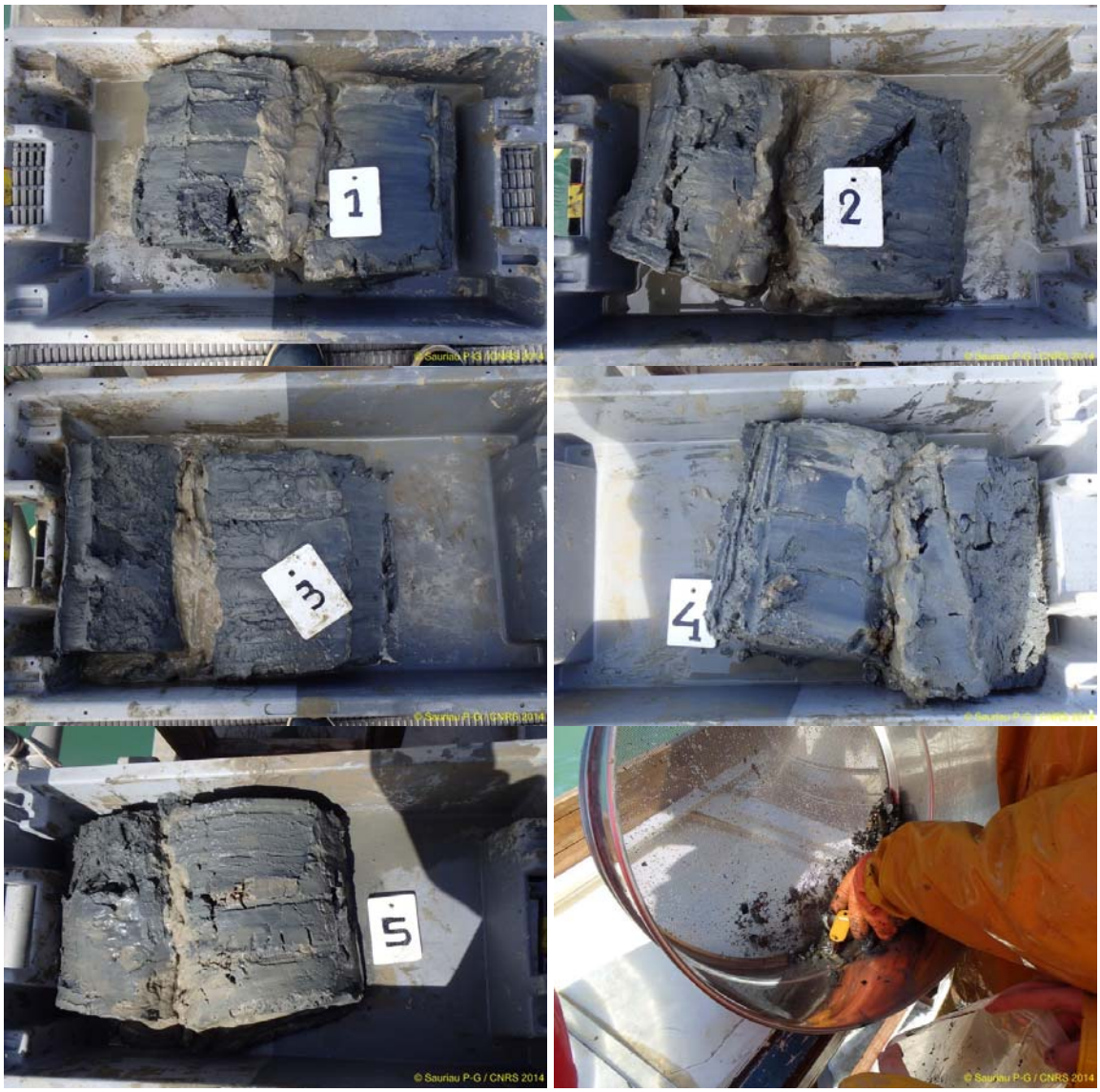
2.3 - Réalisation des prélèvements

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

Figure 4 : Déroulement des opérations 2014 lors d'un prélèvement à la benne Van Veen.

Le 8 avril 2014, un seul des réplicats réalisés à la benne Van Veen a nécessité d'être refait 4 fois. Au total, il y a eu 3 essais manqués sur les 8 mises à l'eau. Chacune des cinq bennes réussies a été validée car remplie à 100 % (**Figure 5**).

A



B

Figure 5 : Situation géographique de la station Boyardville à proximité de Fort Boyard (A) et détails des 5 prélèvements validés avec un porte-clefs du Père Fouras ? (B).

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 6**).

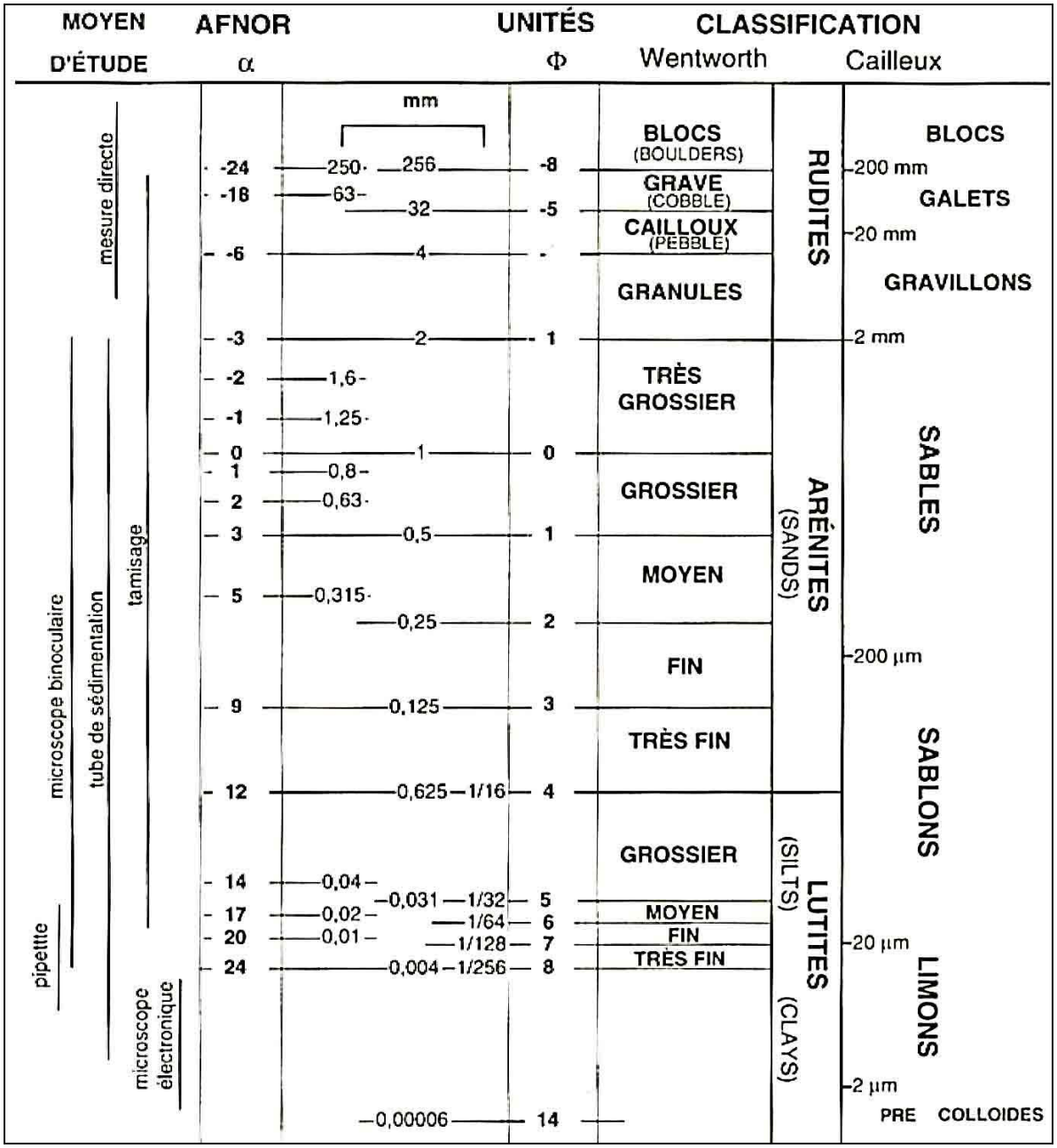


Figure 6 : Echelle granulométrique AFNOR, unité Φ et classifications communes utilisées (Cojan & Renard, 1999).

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 µm jusqu'à obtenir un filtrat clair, le but étant d'éliminer les pélites. Le refus de tamis est récupéré et mis à l'étuve à 80-100°C pendant 72h.

L'échantillon est ensuite passé sur une colonne de tamis normalisés AFNOR sur une tamiseuse Retsch (**Figure 7**). La colonne contient 17 tamis (4000 µm, 2000 µm, 1600 µm, 1250 µm, 1000 µm, 800 µm, 630 µm, 500 µm, 400 µm, 315 µm, 250 µm, 200 µm, 160 µm, 125 µm, 100 µm, 80 µm, 63 µm), répartis en deux passages successifs (4000 à 400 et 315 à 63 µm). Chaque tamis est pesé vide au préalable puis plein avec sa fraction de sédiment après tamisage avec une balance Sartorius FB12CCE-S afin de déterminer le type et la quantité de sédiments dans chaque échantillon. Une précision à 0,01 g est utilisée pour les pesées. La tamiseuse est mise en marche 15 minutes à 2000 vibrations par secondes avec un mouvement vertical de 1,5 mm.

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

Les tamis sont ultérieurement débarrassés de leurs impuretés grâce à un appareil de nettoyage aux ultrasons Elma (Bioblock Scientific) (**Figure 8**). 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.

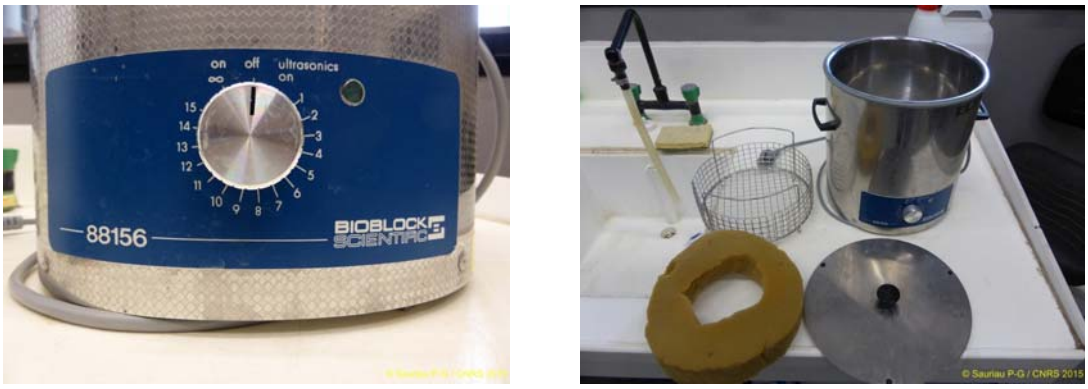
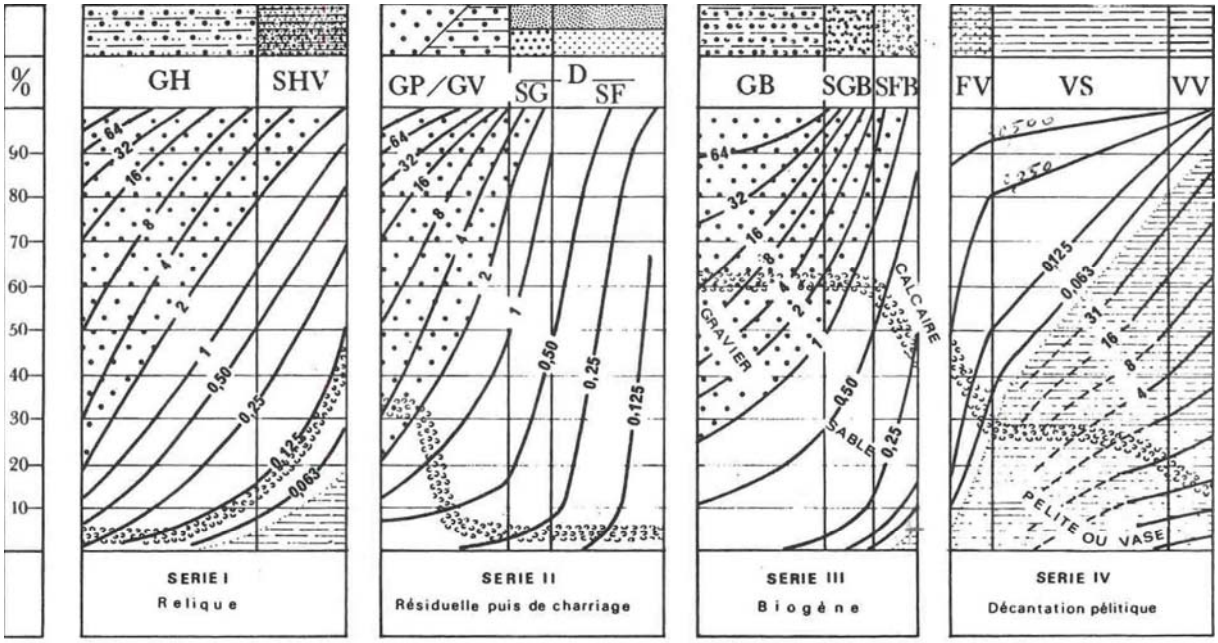


Figure 8 : Bain à ultrasons (A) avec détails du porte tamis et de la collerette en mousse (B) pour maintenir un bol à sédiment.

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 9**).



— 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 9 : 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 :

$$\textbf{\% Matières organiques} = \frac{\textbf{Matière sèche (g) – Matière minérale (g)}}{\textbf{Matière sèche (g)}}$$

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 particulaire. Elle peut aussi être biaisée lorsque le sédiment renferme une proportion significative d'argile dont l'eau constitutive des feuillets 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 10A**). 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 10B**) avec coloration au rose Bengale (**Figure 10C**) puis lavage (**Figure 10D**).
- 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 10e)**. 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 10**c). 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 10 : 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 isolement 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 isolement 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 3**. Les ouvrages généraux de Hayward & Ryland (1990a, 1990b) sont utilisés avec parcimonie, leur analyse révélant que ne sont listées que 75 % de la faune des Pertuis Charentais (de Montaudouin & Sauriau, 2000), ce chiffre descendant à 60 % pour les polychètes. La validation des fichiers de saisies et la qualification des données taxinomiques ont été assurées par P.-G. Sauriau (CNRS) et revue pour certaine es espèces par J. Jourde (ULR) pour la validation finale des données.

Tableau 3 : Ouvrages principaux utilisés pour les déterminations taxinomiques.

Embranchement	Ouvrage
Annelida	Fauvel (1923, 1927), Hartmann-Schröder (1971), George & Hartmann-Schröder (1985), Pleijel (1988), Westheide (1990), Pleijel & Dales (1991), Chambers & Muir (1997), Rouse & Pleijel (2001), Dauvin et al. (2006)
Arthropoda	Naylor (1972), Mauchline (1984), Smaldon et al. (1993), Ingle (1996), Dauvin & Bellan-Santini (1988), Bellan-Santini & Dauvin (1988), Dauvin & Bellan-Santini (1996, 2002), Ingle & Christiansen (2004), Martin (2011)
Chordata	Millar (1969, 1970), Degraer et al.(2006)
Cnidaria	Manuel (1988), Wood (2005)
Echinodermata	Southward & Campbell (2006), Martin (2011)
Mollusca	Tebble (1966), Glémarec (1968), Jones & Baxter (1987), Graham (1988), Thompson (1988), Poppe & Goto (1991, 1993), Houart (2001), Degraer et al. (2006), Martin (2011)
Nemertea	Gibson (1994)
Phoronida	Emig (1979)
Sipunculida	Gibbs (2001)

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

Tableau 4 : Groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (Hily, 1984).

Groupe	Type d'espèces	Caractéristiques	Groupes trophiques
I	Sensibles à une hypertrophisation	Largement dominantes en conditions normales - disparaissent les premières lors de l'enrichissement du milieu. - dernières à se réinstaller	suspensivores, carnivores sélectifs, quelques déposivores 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	déposivores 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	déposivores de sub-surface
V	Opportunistes de premier ordre	prolifèrent dans les sédiments réduits sur l'ensemble de leur épaisseur jusqu'à la surface	déposivores

- 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 11**). 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.

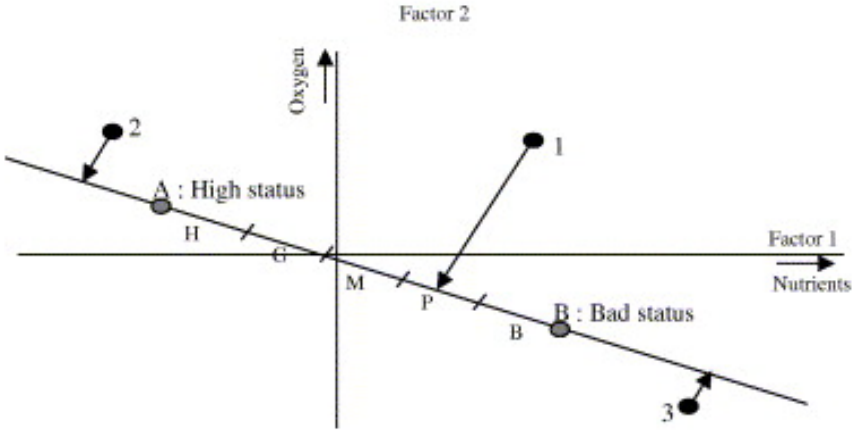


Figure 11 : Définition du statut des stations échantillonnées par projection sur l'axe factoriel défini par les conditions de référence (Bald et al., 2005).

- 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 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 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 - Boyardville : station d'appui subtidale

L'analyse granulométrique sur 100,01 g de sédiment (**Tableau 6**) indique que ce sont des sédiments sablo-vaseux à la limite du vaso-sableux composés à 61,5 % de sables fins et à 38,3 % de vases. Ce sédiment fin dont le mode est à 112 µm avec une taille médiane de 87 µm possède une distribution unimodale mais un mauvais classement (**Annexe**).

Le taux de matière organique de 4,7 % (± 0,3 %) est déterminé sur 3 réplicats relativement homogènes (**Tableau 7**).

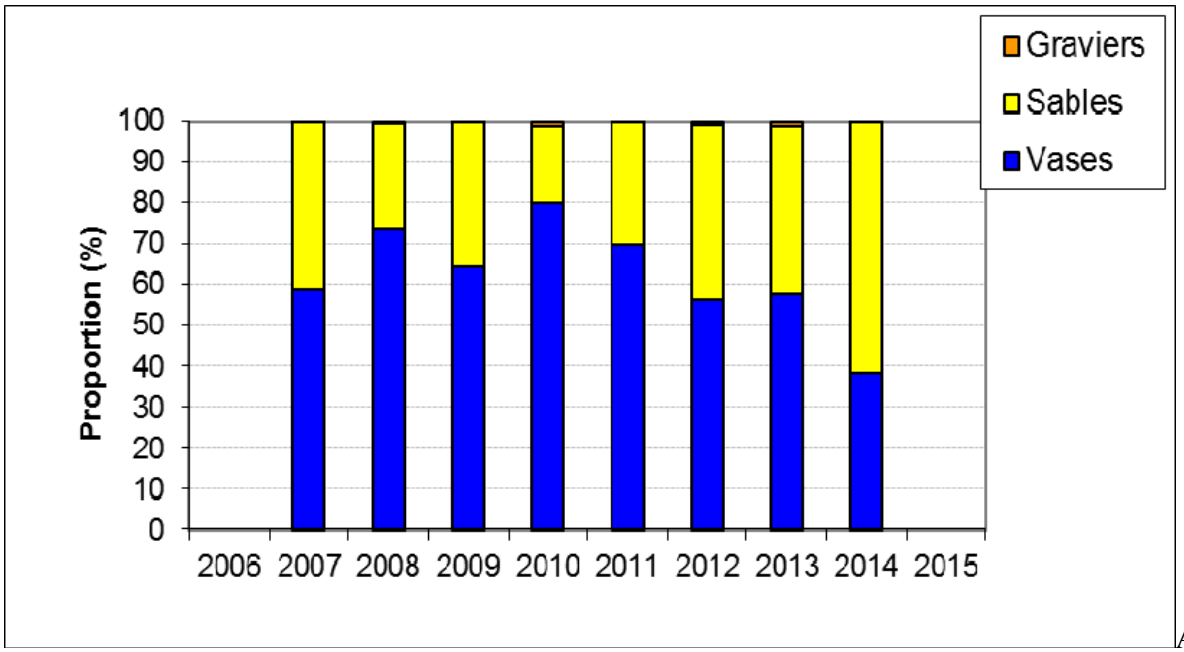
Tableau 6 : Résultats bruts (g) de l'analyse granulométrique.

Information	Maille de tamis	Sédiment (g)	Pourcentage (%)
DATE_ANALYSE	4000	0,07	0,07
18/09/2014	2000	0,15	0,15
OPERATEUR_ANALYSE	1600	0,03	0,03
F_Aubert	1250	0,04	0,04
SED_ANALYSE	1000	0,06	0,06
100,01	800	0,06	0,06
NOM_ME	630	0,14	0,14
Pertuis_Charentais	500	0,15	0,15
NOM_STATION	400	0,22	0,22
Boyardville	315	0,40	0,40
MOIS_STA	250	0,60	0,60
Avril	200	1,02	1,02
CODE_ME	160	2,06	2,06
FRFC02	125	15,77	15,76
CODE_STA	100	20,40	20,38
SMF1	80	14,04	14,03
CODE_ANNEE	63	6,46	6,45
2014	0	38,34	38,31

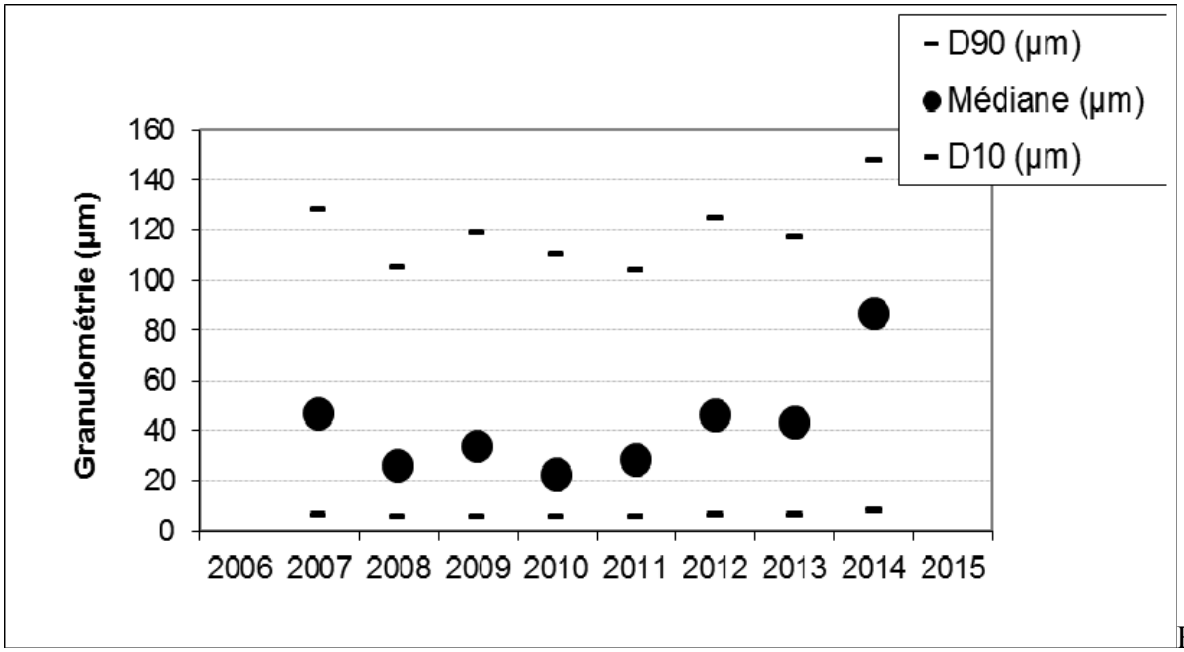
Tableau 7 : Résultats de l'analyse de la teneur en matières organiques.

CODE_ANNEE	NOM_STA	MOIS_STA	TYPE_ANALYSE	DATE_ANALYSE	OPERATEUR_ANALYSE	TAUX_MO_SED (%)
2014	Boyardville	avril	MO perte au feu	22/10/2014	F_Aubert	4,43 4,57 5,02

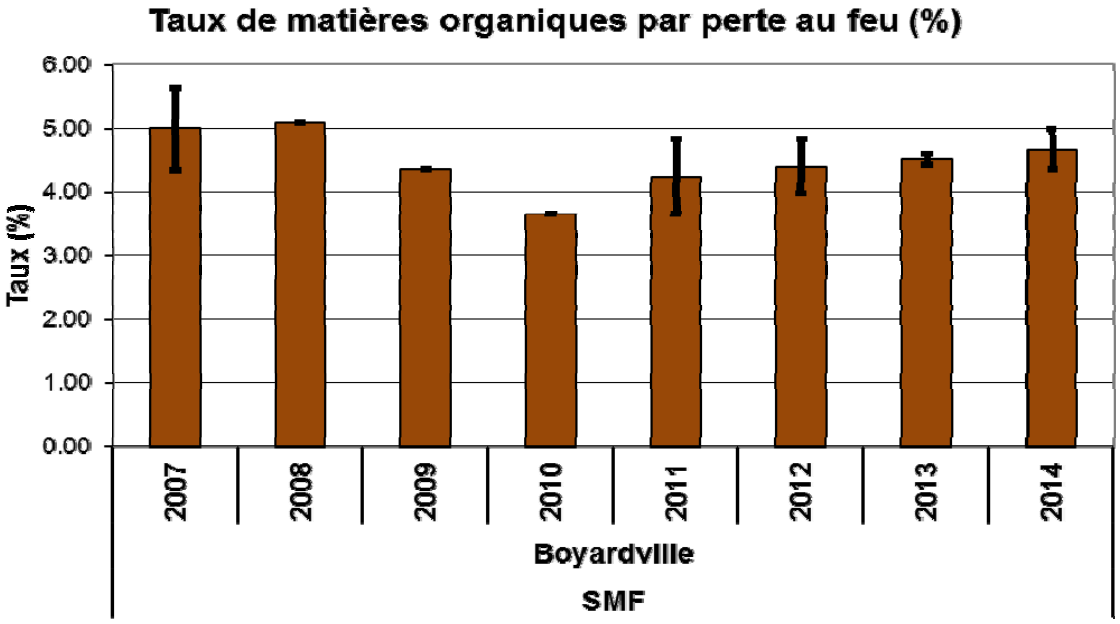
Une analyse comparative des sédiments de cette station échantillonnée depuis 2007 (**Figure 12**) montre une relative stabilité de sa composition en vases, sables et graviers de 2006 à 2012. Les proportions de vases varient de 56 à 80 % pour des sédiments très peu chargés en graviers. Le maximum de proportion en vases est daté d'avril 2010 mais une tendance à un ensablement apparait maintenant entre 2010 et 2014. La médiane varie entre 22 et 46 µm sur la période 2007-2013 traduisant pour cette vase sableuse la prépondérance de la fraction silteuse mais elle dépasse les 80 µm en 2014.



A



B



C

Figure 12 : Evolution des proportions en vases, sable et graviers (A), de la médiane D50 encadrée par les D10 et D90 en µm (B) et du taux de matières organiques encadrés d'un écart-type (C) pour les sédiments de la station d'appui Boyardville.

Les valeurs de la série 2007-2014 des taux de matières organiques varient entre 3,7 % (le minimum en avril 2010) et 5,1 (le maximum en avril 2008) ne traduisant pas de changement majeur dans les sédiments subtidaux de la station Boyardville bien que depuis 2010 il y ait une progression des taux de matières organiques d'environ 1 % avec retour aux valeurs de 2009.

3.2 - Analyses faunistiques

3.2.1 - Boyardville

3.2.1.1. Richesse spécifique et abondance spécifique

La richesse spécifique totale obtenue en avril 2014 en sommant les 5 réplicats est de 47 taxons qui se répartissent en deux embranchements dominants sur six embranchements représentés avec 40 % des espèces d'annélides et 30 % d'espèces de mollusques (**Figure 13**). Les mollusques sont les plus abondants avec en moyenne 54 % des abondances suivis des annélides à 35 % et des arthropodes à 4 % des abondances (**Figure 14**).

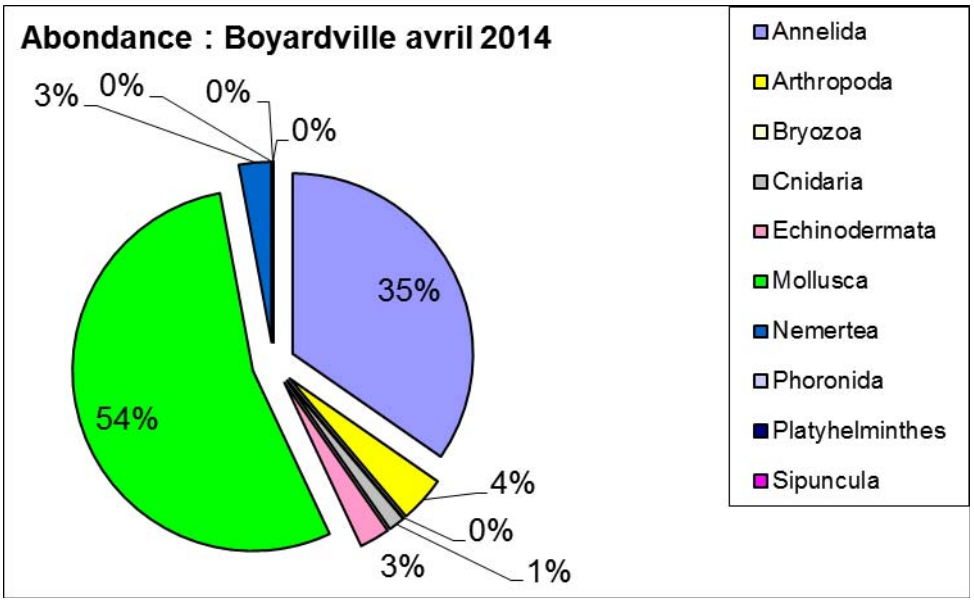


Figure 13 : Répartition des taxons par embranchement selon le nombre d'espèces.

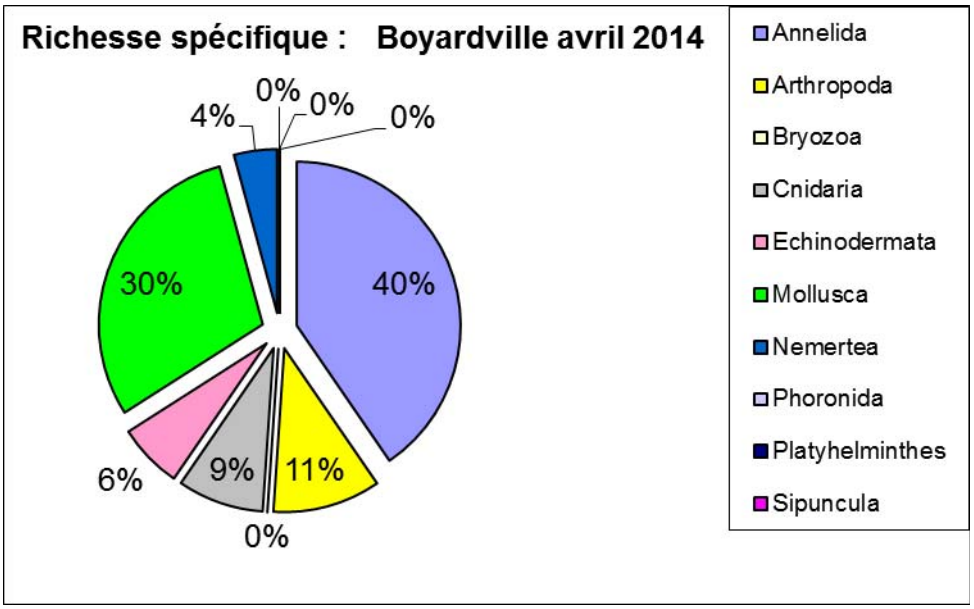


Figure 14 : Répartition des taxons par embranchement selon les abondances.

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

- La richesse spécifique par réplicat varie entre 21 et 25 espèces ;
- Les abondances par réplicat varient d'environ 640 à 1270 individus par m² pour une valeur moyenne avec son intervalle de confiance à 95 % de 958 ± 56 individus par m² ;
- Les cinq espèces les plus abondantes sont les annélides *Notomastus latericeus* (6%) et *Spirobranchus lamarcki* (7%) et les mollusques *Corbula gibba* (14 %), *Kurtiella bidentata* (12 %), *Hyala vitrea* (10 %) et *Antalis novemcostata* (7%);
- Au moins 14 espèces sont rares (case grisée) avec un seul individu collecté sur la station parmi lesquels 6 annélides polychètes, 2 arthropodes et 4 mollusques.

Tableau 8 : Richesse et abondances spécifiques de la station d'appui Boyardville.

Richesse spécifique		25	25	21	21	24	47		14
Abondance totale au m²		1040	850	990	640	1270	958	±	56
Embranchement	**Espèce**	1	2	3	4	5			
Annelida	Ampharete lindstroemi	0	2	1	0	2	5	1%	
	Aphrodita aculeata	1	0	0	0	0	1	0%	
	CIRRATULIDAE	1	0	0	0	1	2	0%	
	Diopatra biscayensis	1	0	0	1	0	2	0%	
	Euclymene sp.	0	1	1	0	0	2	0%	
	Glycera unicornis	2	2	0	1	1	6	1%	
	Heteromastus filiformis	2	0	4	6	2	14	3%	
	Magelona alleni	1	0	0	0	1	2	0%	
	Malmgrenia louiseae	3	0	0	1	0	4	1%	
	Malmgrenia sp.	0	1	0	0	0	1	0%	
	Marphysa sanguinea	0	1	0	0	0	1	0%	
	Neoamphitrite edwardsi	0	0	0	0	1	1	0%	
	Nephtys cirrosa	0	1	1	1	1	4	1%	
	Nereis lamellosa	0	1	0	0	1	2	0%	
	Notomastus latericeus	17	15	12	13	21	78	16%	
	Owenia fusiformis	0	0	0	1	0	1	0%	
	Pettibonesia furcosetosa	0	0	0	0	1	1	0%	
	Spiochaetopterus costarum	1	3	0	0	0	4	1%	
	Spirobranchus lamarcki	3	7	5	17	3	35	7%	
Arthropoda	Ampelisca brevicornis	0	0	0	1	0	1	0%	
	Ampelisca sp.	1	1	2	2	3	9	2%	
	Asthenognathus atlanticus	4	0	1	0	0	5	1%	
	Diastylis laevis	1	2	1	0	0	4	1%	
	Photis longicaudata	0	0	1	0	0	1	0%	
Cnidaria	ACTINIARIA	0	1	0	0	0	1	0%	
	Campanularia sp.	0	0	0	0	3	3	1%	
	Edwardsia sp.	0	0	0	2	0	2	0%	
	Phialella quadrata	1	0	0	0	0	1	0%	
Echinodermata	Amphiura filiformis	0	1	0	1	1	3	1%	
	Oestergrenia digitata	2	0	0	1	0	3	1%	
	Ophiura ophiura	1	2	1	2	1	7	1%	
Mollusca	Abra alba	3	4	2	1	1	11	2%	
	Antalis novemcostata	2	3	10	1	19	35	7%	
	Calyptraea chinensis	0	0	0	0	1	1	0%	
	Chamelea striatula	0	1	0	0	0	1	0%	
	Corbula gibba	8	13	9	1	37	68	14%	
	Crepidula fornicata	0	12	0	0	11	23	5%	
	Cylichna cylindracea	0	0	0	0	1	1	0%	
	Hyala vitrea	14	5	21	4	2	46	10%	
	Kurtiella bidentata	24	3	16	4	10	57	12%	
	Melanella sp.	0	0	1	1	0	2	0%	
	Nassarius reticulatus	2	0	0	0	0	2	0%	
	Nucula nitidosa	2	0	5	0	2	9	2%	
	Ostrea edulis	0	1	0	0	0	1	0%	
	Turritella communis	1	0	1	0	0	2	0%	
Nemertea	Lineus sp.	6	1	1	2	0	10	2%	
	Tubulanus polymorphus	0	1	3	0	0	4	1%	

3.2.1.2. Histogramme de taille des mollusques

L'histogramme de taille des mollusques montre que les individus sont en grande majorité de petite taille (moins de 5 à 10 mm) les quatre espèces dominantes *Corbula gibba*, *Kurtiella bidentata*, *Hyala vitrea* et *Antalis novemcostata* ayant des tailles variant respectivement entre 2-14 mm, 2-4 mm, 3-4 mm et 6-30 mm. Les plus grands individus sont une *Ostrea edulis* de 76 mm et des *Crepidula fornicata* jusqu'à 34 mm et (**Figure 15**). Ces dernières sont présentes sur la station de façon hétérogène avec deux réplicats à 11 et 12 individus, soit localement 110 à 120 individus/m².

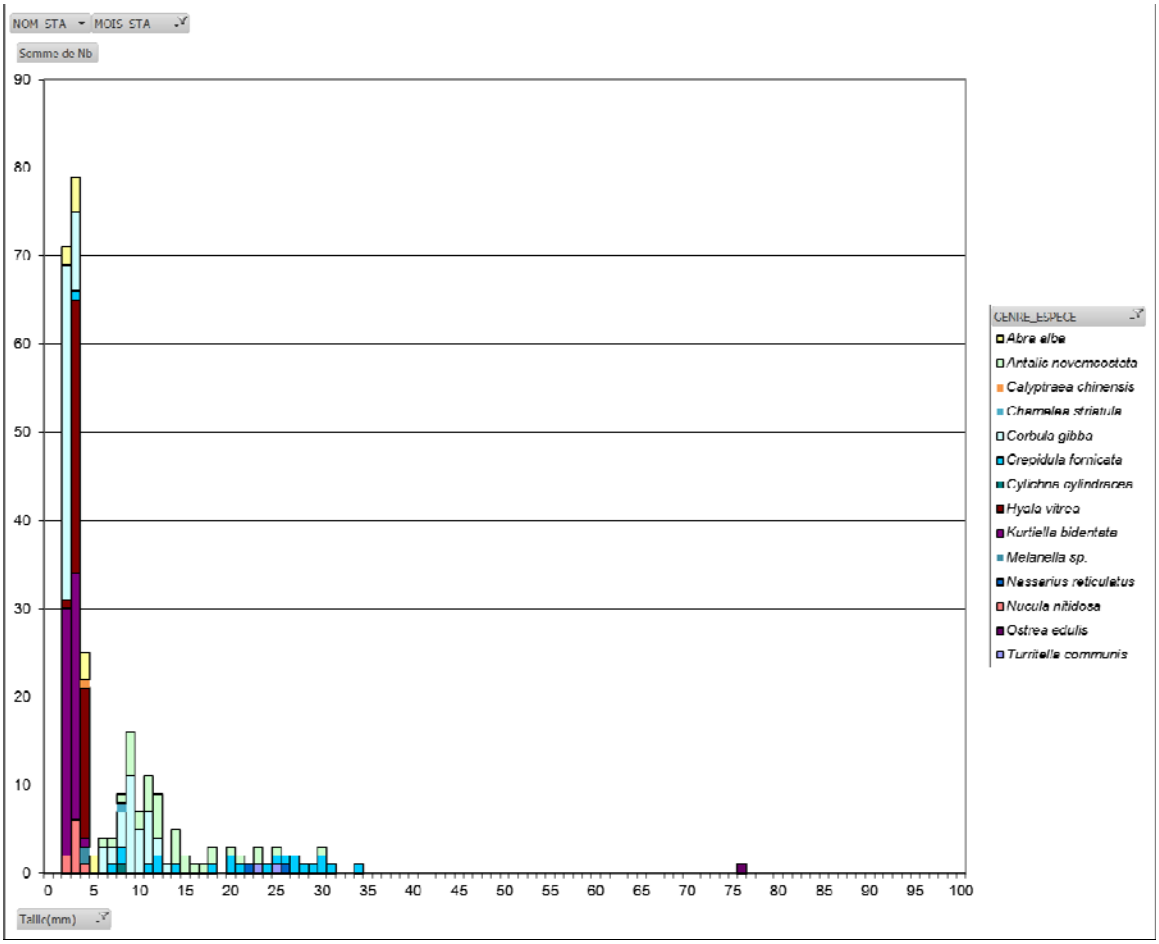


Figure 15 : Histogramme de taille des mollusques pour les 5 réplicats de la station d'appui Boyardville en avril 2014.

3.2.1.3. Analyse statut écologique selon M-AMBI

Parmi les individus recensés, 26 % appartiennent au groupe écologique I des espèces sensibles, 18 % au groupe II, 38 % au groupe III, 18 % au groupe IV mais aucun au groupe V des espèces opportunistes de premier ordre (**Figure 16**).

L'indice AMBI est de 2,18 avec 47 taxons retenus et une diversité de 4,17.

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 0,86, suggérant un très bon état écologique.

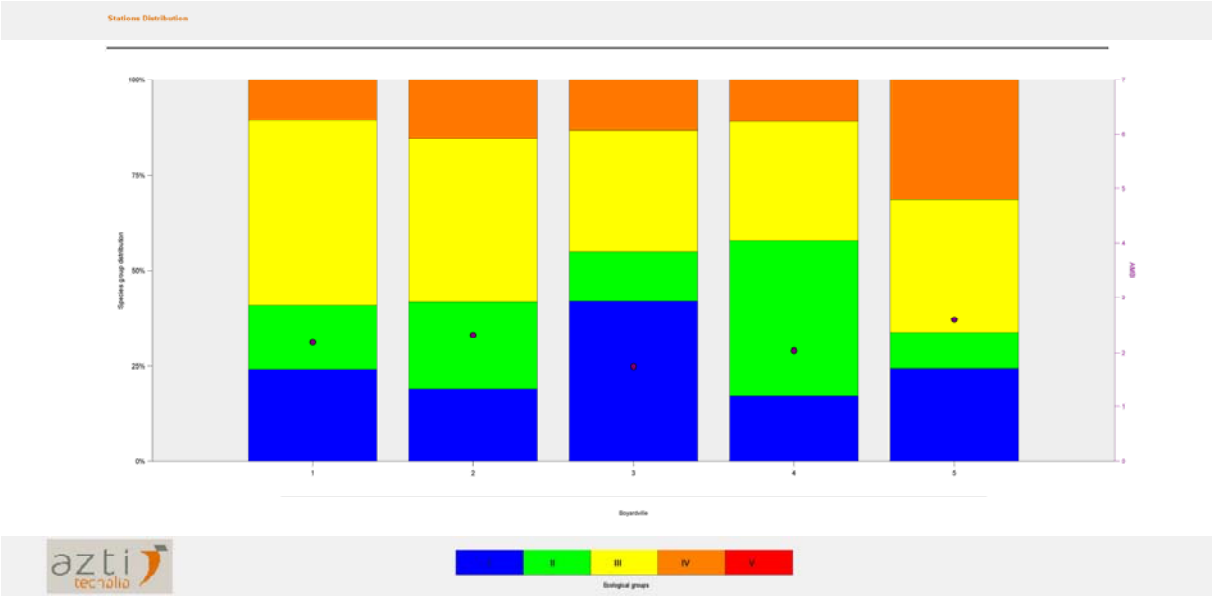


Figure 16 : Proportion des groupes écologiques dans les 5 réplicats pour la station d'appui Boyardville en avril 2014.

Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 5 réplicats par station fournit une valeur de 0,86 mais il a été reconnu que d'utiliser un jeu de données trop restreint (une seule station) conduit à des surestimations du M-AMBI (Ruellet & Dauvin, 2008). Cette valeur ne devrait donc pas être retenue pour estimer le statut écologique de la station. Ce problème de surestimation est lié à l'utilisation d'une analyse factorielle dans le calcul de l'indice M-AMBI, analyse qui est sensible au nombre d'observations soumises à l'analyse (Muxika *et al.*, 2007, Borja *et al.*, 2008). De fait il est recommandé d'utiliser au moins 50 stations afin d'en stabiliser les résultats individuels (Borja & Mader, 2008, Borja et al., 2012).

La procédure générale pour la coordination DCE Ifremer serait d'utiliser les données de Boyardville 2014 dans le jeu de données 2014 de l'ensemble du littoral atlantique pour estimer le statut écologique de cette station.

Cependant, une procédure alternative peut être proposée à partir des résultats obtenus sur cette station. Un bootstrap (Efron & Tibshirani, 1993, Palm, 2002) permet en effet, à partir des 126 combinaisons possibles issues de tous les tirages aléatoires avec remise de 5 réplicats parmi 5, de réaliser :

1) le calcul de l'indice M-AMBI sur ces 126 combinaisons en respectant la contrainte d'utiliser au moins 50 observations ;

2) d'estimer un intervalle de confiance autour de la valeur moyenne du M-AMBI à partir d'un tirage ultérieur de 1000 combinaisons et

3) de présenter un histogramme des valeurs obtenues.

En suivant cette procédure, la valeur moyenne de l'indice M-AMBI pour la station de Boyardville en 2013 est de 0,82 ± 0,01 avec un intervalle de confiance à 95 % entre 0,81 et 0,832 (**Figure 17**). La dispersion des valeurs se fait sur deux classes de statut écologique, les statuts écologiques TRES BON et BON.

Un test de chi² sur la répartition des 1000 tirages aléatoires ne permet pas d'aller en deçà, sans écart significatif à 5 %, d'une répartition en 6 % en statut BON et 94 % en statut TRES BON. Il doit en être conclu que le statut TRES BON est le plus probable.

Le statut écologique de la station Boyardville en 2014 peut être considéré comme TRES BON pour l'élément de qualité « invertébrés benthiques ».

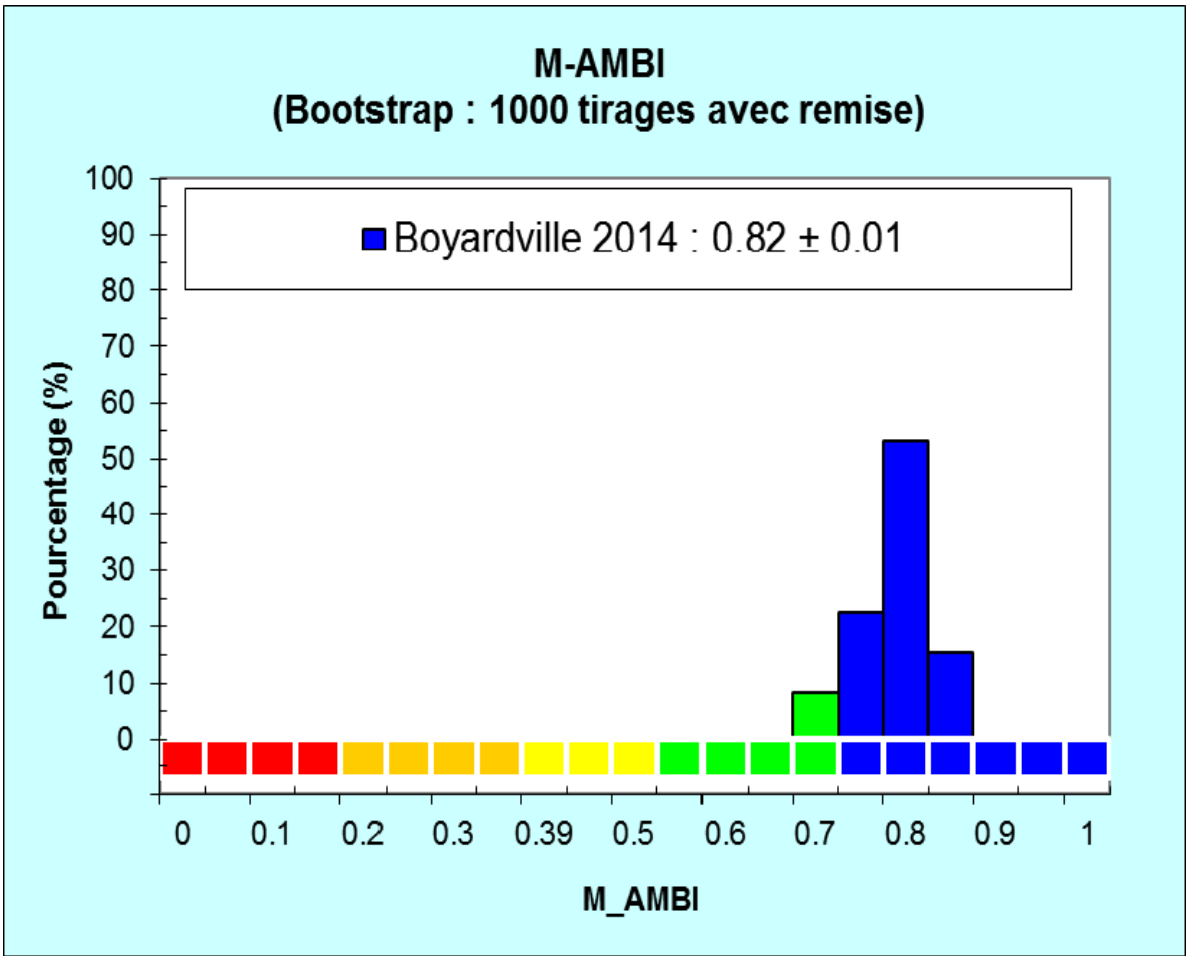


Figure 17 : Histogramme des valeurs du M-AMBI après 1000 tirages aléatoires pour la station d'appui Boyardville en avril 2014.

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

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

Année	Mois	Statut écologique Invertébrés benthiques
2007	**Avril**	TRES BON
2007	**Octobre**	TRES BON
2008	**Avril**	TRES BON
2009	**Avril**	TRES BON
2010	**Avril**	TRES BON
2011	**Avril**	TRES BON
2012	**Avril**	TRES BON
2013	**Avril**	TRES BON
2014	**Avril**	TRES BON

4 - Bilan du temps passé aux prélèvements et analyses

La réalisation des analyses biologiques et sédimentaires sur la station de Boyardville échantillonnée en avril 2014 a mobilisé (**Tableau 10**) :

- 1 personne-jour pour la préparation des missions à la mer (y compris l'entretien du matériel) ;
- 5 personnes-jour pour les prélèvements en mer ;
- 2 personne-jour pour les analyses granulométriques et teneur en matière organique ;
- 5 personnes jour pour le lavage et tri faunistique ;
- 8 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 10 : Effort en personne-jour pour chacune des opérations afférentes à l'analyse sédimentaire et biologique de la station échantillonnée

Opération	Nombre (personne-jour)
Préparation opération à la mer	**1**
Opération à la mer	**5**
Granulométrie + matière organique	**1 + 1**
Lavage + tri faunistique	**1 + 4**
Déterminations taxinomiques, validation & qualification taxinomique	**7 + 1**
Saisie données, validation fichier	**3**
Rédaction	**3**
Total	**27**

Au total la réalisation des prélèvements, leur analyse sédimentaire et faunistique et leur saisie avec validation a mobilisé un effort de 26 personnes jour. Cela correspond en équivalent temps plein de 20 jours ouvrés par mois à un total de 1,35 mois de travail à temps plein pour une seule personne.

5 - Bibliographie

Auby, I., Dalloyau, S., Hily, C., Oger-Jeanneret, H., Plus, M., Sauriau, P.-G. & Trut, G., 2012. Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). In *REBENT réseau benthique*, (ed. Ifremer), pp. 20. Arcachon: Ifremer.

Bald, J., Borja, A., Muxika, I., Franco, J. & Valencia, V., 2005. Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: A case-study from the Basque Country (Northern Spain). *Marine Pollution Bulletin*, **50**, 1508-1522.

Barillé-Boyer, A.-L., Barillé, L., Massé, H., Razet, D. & Héral, M., 2003. Correction for particulate organic matter as estimated by loss on ignition in estuarine ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, **58**, 147-153.

Bellan-Santini, D. & Dauvin, J.-C., 1988. Actualisation des données sur l'écologie, la biogéographie et la phylogénie des Ampeliscidae (crustacés - amphipodes) atlantiques après la révision des collections d'E. Chevreux. In *Aspects Récents de la Biologie des Crustacés*, vol. 8 (eds. Y. Le Gal and A. Van Wormhoudt), pp. 207-216. Concarneau: Ifremer.

Blott, S.J. & Pye, K., 2001. 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. & Muxika, I., 2004. The biotic indices and the Water Framework Directive: the required consensus in the new benthic monitoring tools. *Marine Pollution Bulletin*, **48**, 405-408.

Borja, A., Franco, J. & Pérez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, **40**(12), 1100-1114.

Borja, A. & Mader, J., 2008. Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1). pp. 13. AZTI-Tecnalia (www.azti.es).

Borja, Á., Mader, J. & Muxika, I., 2012. Instructions for the use of the AMBI index software (Version 5.0). *Revista de Investigatión Marina, AZTI-Technalia*, **19**(3), 71-82.

Borja, A., Mader, J., Muxika, I., Rodríguez, J.G. & Bald, J., 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: some remarks and recommendations. *Marine Pollution Bulletin*, **56**(7), 1377-1379.

Borja, A. & Muxika, I., 2005. Guidelines for the use of AMBI (AZTI's marine biotic index) in the assessment of the benthic ecological quality. *Marine Pollution Bulletin*, **50**, 787-789.

Borja, A., Muxika, I. & Franco, J., 2003. The application of a Marine Biotic Index to different impact sources affecting soft-bottom benthic communities along European coasts. *Marine Pollution Bulletin*, **46**, 835-845.

Chambers, S.J. & Muir, A.I., 1997. *Polychaetes: British Chrysopetaloidea, Pisionoidea and Aphroditoidea*. Shrewsburry: Field Studies Council.

Chassé, C. & Glémarec, M., 1976. *Atlas du littoral français. Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. Cartes biosédimentaires*. Brest: C.N.E.X.O., I.C.A.

Cojan, I. & Renard, M., 1999. *Sédimentologie*. Paris: Dunod.

Dauvin, J.-C., Bachelet, G. & Bellan, G., 2006. Biodiversity and biogeographic relationships of the polychaete fauna in French Atlantic and Mediterranean waters. *Scientia Marina (Barcelona)*, **70S3**, 259-267.

Dauvin, J.-C. & Bellan-Santini, D., 1988. Illustrated key to *Ampelisca* species from the North-Eastern Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **68**, 659-676.

Dauvin, J.-C. & Bellan-Santini, D., 1996. *Ampeliscidae* (Amphipoda) from the Bay of Biscay. *Journal of Crustacean Biology*, **16**(1), 149-168.

Dauvin, J.-C. & Bellan-Santini, D., 2002. Les crustacés Amphipodes Gammaridea benthiques des côtes françaises métropolitaines: bilan des connaissances. *Crustaceana*, **73**(3-4), 299-340.

de Montaudouin, X. & Sauriau, P.-G., 2000. Contribution to a synopsis of marine species richness in the Pertuis Charentais Sea with new insights in soft-bottom macrofauna of the Marennes-Oléron Bay. *Cahiers de Biologie Marine*, **41**(2), 181-222.

Degraer, S., Wittoeck, J., Appeltans, W., Cooreman, K., Deprez, T., Hillewaert, H., Hostens, K., Mees, J., Vanden Berghe, E. & Vincx, M., 2006. *L'atlas du macrobenthos de la partie belge de la mer du Nord*. Bruxelles: Politique scientifique fédérale.

Efron, B. & Tibshirani, R.J., 1993. *An introduction to the bootstrap*. New York: Chapman and Hall.

Emig, C.C., 1979. *British and other Phoronids*. London: Academic Press, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association.

Fauvel, P., 1923. *Faune de France. Polychètes errantes*. Paris: Librairie de la Faculté des Sciences.

Fauvel, P., 1927. *Faune de France. Polychètes sédentaires*. Paris: Lechevalier, P.

Frontier, S. & Pichod-Viale, D., 1991. *Ecosystèmes : structure, fonctionnement et évolution*. Paris: Masson.

George, J.D. & Hartmann-Schröder, 1985. *Polychaetes: British Amphinomida, Spintherida & Eunicida*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.

Gibbs, P.E., 2001. *Sipunculans*. Shrewsburry: Field Studies Council.

Gibson, R., 1994. *Nemerteans*. Shrewsburry: Field Studies Council.

Glémarec, M., 1968. Pélécypodes marins de la côte atlantique française. pp. 21. Brest: Laboratoire de Zoologie.

Graham, A., 1988. *Molluscs: Prosobranch and Pyramidellid Gastropods*. Leiden: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.

Grall, J. & Glémarec, M., 2003. L'indice d'évaluation de l'endofaune côtière I2EC. In *Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*, (ed. C. Alzieu), pp. 51-86. Plouzané: Editions Ifremer.

Hartmann-Schröder, G., 1971. *Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta*. Jena: Veb Gustav Fischer Verlag.

Hayward, P.J. & Ryland, J.S., 1990a. *The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe. Volume 1. Introduction and Protozoans to Arthropods*. Oxford: Oxford University Press.

Hayward, P.J. & Ryland, J.S., 1990b. *The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe. Volume 2. Molluscs to Chordates*. Oxford: Oxford University Press.

Hily, C., 1976. Ecologie benthique des pertuis Charentais. Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Thèse de Doctorat de 3ème Cycle, Université de Bretagne Occidentale, Brest: pp. 236.

Hily, C., 1984. Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Thèse de Doctorat d'Etat ès Sciences, Université de Bretagne Occidentale, Brest: pp. Vol. 1 : 359 & Vol. 352 : 337.

Houart, R., 2001. *A review of the recent Mediterranean and Northeastern Atlantic species of Muricidae*. Milan: 227.

Ingle, R.W., 1996. *Shallow-water crabs*. Shrewsburry: Field Studies Council.

Ingle, R.W. & Christiansen, M.E., 2004. *Lobsters, mud shrimps and anomuran crabs*. Shrewsbury: Field Studies Council.

Jones, A.M. & Baxter, J.M., 1987. *Molluscs: Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora and Scaphopoda*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.

Manuel, R.L., 1988. *British Anthozoa (Coelenterata: Octocorallia & Hexacorallia)*. Leiden: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association.

Martin, J., 2011. *Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale*. Versaille: Éditions Quae.

Mauchline, J., 1984. *Euphausiid, Stomatopod and Leptostracan Crustaceans*. London: The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W.

Millar, R.H., 1969. *Catalogue of main marine fouling organisms (found on ships coming into European waters). Ascidians of European waters*. Paris: Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

Millar, R.H., 1970. *British Ascidians*. London and New York: Academic Press.

Muxika, I., Borja, A. & Bald, J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, **55**, 16-29.

Naylor, E., 1972. *British Marine Isopods*. London & New York: Linnean Society of London & Academic Press.

Palm, R., 2002. Utilisation du bootstrap pour les problèmes statistiques liés à l'estimation des paramètres. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.*, **6**(3), 143-153.

Pleijel, F., 1988. Phyllodoce (Polychaeta, Phyllodocidae) from Northern Europe. *Zoologica Scripta*, **17**(2), 141-153.

Pleijel, F. & Dales, R.P., 1991. *Polychaetes: British Phyllodocoideans, Typhloscolecoideans and Tomopteroideans*. Oegstgeest, The Netherlands: Universal Book Services / Dr. Backhuys, W.

Poppe, G.T. & Goto, Y., 1991. *European seashells. Vol. I. (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastra, Gastropoda)*. Wiesbaden: Verlag Christa Hemmen.

Poppe, G.T. & Goto, Y., 1993. *European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda)*. Wiesbaden: Christa Hemmen Verlag.

Rouse, G.W. & Pleijel, F., 2001. *Polychaetes*. Oxford University Press.

Ruellet, T. & Dauvin, J.-C., 2008. Comments on Muxika et al. "Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive" [Marine Pollution Bulletin 55 (2007) 16-29]. *Marine Pollution Bulletin*, **56**(6), 1234-1235.

Sauriau, P.-G., 2008. Surveillance 2007 faune et flore benthique DCE vitalité herbier de *Zostera noltii* masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais. pp. 22. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour-Garonne.

Sauriau, P.-G., Aubert, F., de Almeida Ferreira, L., Cajeri, P., Curti, C., Latry, L., Sauriau, M., Sauriau, F., Leguay, D. & Pineau, P., 2013. Contrôle de surveillance 2012 DCE de la flore benthique et de la faune benthique de substrat meuble de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02 : macrofaune invertébrée benthique. pp. 51. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.

Sauriau, P.-G., Aubert, F. & Duvard, A., 2015. Contrôle de surveillance DCE 2014 de la masse d'eau côtière Pertuis Charentais FRFC02. Rapport final partie 1 : suivis

stationnels des herbiers de *Zostera* (*Zosterella*) *noltei* Hornemann. pp. 49. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.

Sauriau, P.-G., Aubert, F., Sauriau, M., Sauriau, F. & 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. pp. 31. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.

Sauriau, P.-G., Ehlinger, S. & Sauriau, F., 2008. Surveillance 2008 faune et flore benthique DCE vitalité herbier de *Zostera noltii* masse d'eau FRFC02 Pertuis charentais. pp. 27. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour-Garonne.

Sauriau, P.-G., Leguay, D., Pineau, P., Cajeri, P. & Chenoun, M., 2011. Contrôle de surveillance DCE 2010 faune masse d'eau côtière FRFC02 Pertuis Charentais : station de Boyardville. pp. 29. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.

Sauriau, P.-G., Leguay, D., Pineau, P. & Guillemain, D., 2012. Contrôle de surveillance DCE 2011 faune masse d'eau côtière FRFC02 Pertuis Charentais station de Boyardville. pp. 31. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.

Sauriau, P.-G., Pothier, A. & Thomas, J., 2009. Contrôle de surveillance DCE 2009 masses d'eau côtière FRFC01 Nord-Est Oléron FRFC02 Pertuis charentais. Partie 1 : macrofaune invertébrée benthique Malconche FRFC01 Nord-Est Oléron. pp. 35. La Rochelle: CNRS - Ifremer - Agence de l'Eau Adour Garonne.

Shannon, C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, **27**, 379-423.

Smaldon, G., Holthuis, L.B. & Fransen, C.H.J.M., 1993. *Coastal shrimps and prawns*. Shrewsbury: Field Studies Council.

Southward, E.C. & Campbell, A.C., 2006. *Echinoderms*. Shrewsburry: 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 - Boyardville : station d'appui subtidale

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Boyardville avril 2014 SMF** ANALYST & DATE: F_Aubert, 2014_Avr

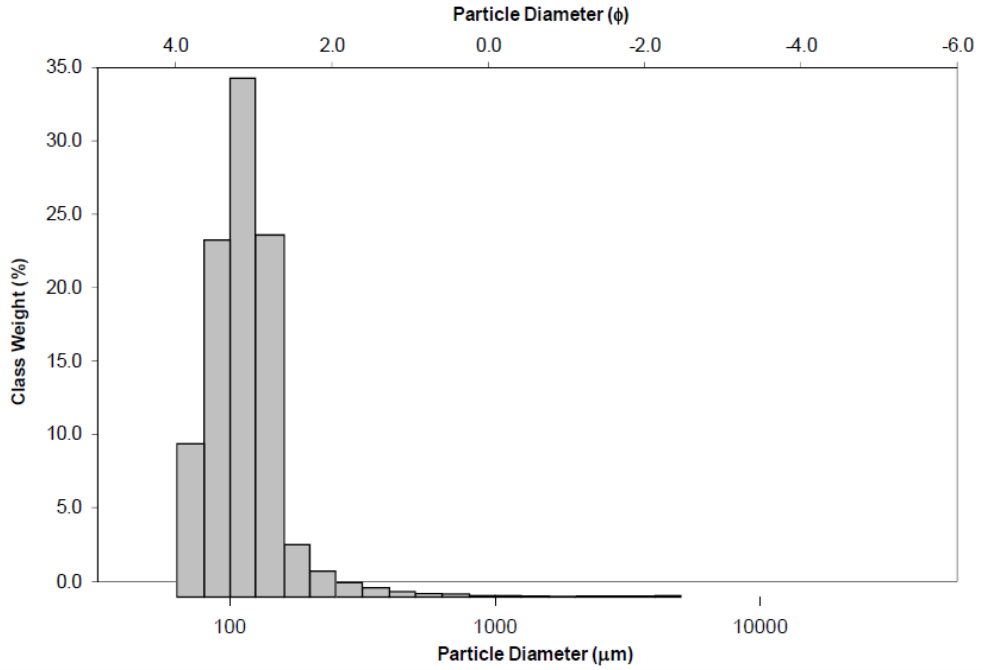
SAMPLE TYPE: Unimodal, Poorly Sorted TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Muddy Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Silty Very Fine Sand

	µm	ϕ
MODE 1:	112.5	3.161
MODE 2:		
MODE 3:		
D_{10}:	8.068	2.757
MEDIAN or D_{50}:	86.90	3.525
D_{90}:	148.0	6.954
(D_{90} / D_{10}):	18.34	2.522
(D_{90} - D_{10}):	139.9	4.197
(D_{75} / D_{25}):	4.984	1.756
(D_{75} - D_{25}):	95.40	2.317

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

GRAVEL:	0.2%	COARSE SAND:	0.3%
SAND:	61.5%	MEDIUM SAND:	1.2%
MUD:	38.3%	FINE SAND:	18.8%
		V FINE SAND:	41.0%
V COARSE GRAVEL:	0.0%	V COARSE SILT:	6.4%
COARSE GRAVEL:	0.0%	COARSE SILT:	6.4%
MEDIUM GRAVEL:	0.0%	MEDIUM SILT:	6.4%
FINE GRAVEL:	0.1%	FINE SILT:	6.4%
V FINE GRAVEL:	0.1%	V FINE SILT:	6.4%
V COARSE SAND:	0.1%	CLAY:	6.4%

	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic µm	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Geometric µm	Logarithmic ϕ	Description
MEAN ($\bar{x}$):	96.87	41.32	4.597	52.65	4.248	Very Coarse Silt
SORTING (σ):	181.0	3.844	1.943	3.012	1.591	Poorly Sorted
SKEWNESS (Sk):	16.93	-0.265	0.265	-0.634	0.634	Very Fine Skewed
KURTOSIS (K):	348.8	1.575	1.575	0.855	0.855	Platykurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION