

**Contrat de prestations Ifremer 2021**

**Contrôle de surveillance DCE 2021 de la faune benthique  
de substrat meuble des stations d'appuis de la masse d'eau  
côtière « Pertuis Charentais » FRFC02 :**

**Rapport final.**



**AUBERT F.<sup>1</sup>, SAURIAU P.-G.<sup>2</sup>, JOURDE J.<sup>2</sup>, PINEAU P.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> Cellule Cohabys, ADERA, 162 avenue A. Schweitzer, 33608 Pessac

<sup>2</sup> LIENSs, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle



# Sommaire

<b>1 - INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
<b>2 - MATERIEL &amp; METHODES .....</b>	<b>4</b>
2.1 - STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE .....	4
2.2 - PROTOCOLE DE PRELEVEMENT .....	5
2.2.1 - <i>Prélèvements subtidaux à la benne Smith</i> .....	5
2.2.2 - <i>Prélèvements intertidaux au carottier</i> .....	6
2.3 - PRESENTATION DES STATIONS .....	7
2.3.1 - <i>Boyardville SM : station d'appui subtidale</i> .....	7
2.3.2 - <i>Les Doux int HZN : station d'appui intertidale à Zostera noltei</i> .....	8
2.4 - CALENDRIER DE REALISATION DES OPERATIONS A LA MER .....	9
2.5 - REALISATION ET CONTROLE DES PRELEVEMENTS .....	11
2.5.1 - <i>Boyardville SM : station subtidale d'appui</i> .....	11
2.5.2 - <i>Les Doux int HZN : station d'appui intertidale à Zostera noltei</i> .....	12
2.6 - PROTOCOLES D'ANALYSE DES SEDIMENTS.....	13
2.6.1 - <i>Analyse granulométrique</i> .....	14
2.6.2 - <i>Analyse de la matière organique sédimentaire</i> .....	17
2.7 - PROTOCOLE D'ANALYSE DES ECHANTILLONS FAUNISTIQUES.....	17
2.7.1 - <i>Lavage et tri des échantillons</i> .....	17
2.7.2 - <i>Détermination des espèces</i> .....	19
2.8 - QUALITE ECOLOGIQUE BIOLOGIQUE : INDICE M-AMBI.....	20
<b>3 - METADONNEES DANS LA BASE QUADRIGE<sup>2</sup> .....</b>	<b>23</b>
<b>4 - RESULTATS.....</b>	<b>24</b>
4.1 - ANALYSE DES SEDIMENTS .....	24
4.1.1 - <i>Boyardville SM</i> .....	24
4.1.2 - <i>Les Doux int HZN</i> .....	27
4.2 - ANALYSE FAUNISTIQUE .....	30
4.2.1 - <i>Boyardville SM</i> .....	30
4.2.1.1. <i>Richesse spécifique et abondance spécifique</i> .....	30
4.2.1.2. <i>Analyse statut écologique biologique selon M-AMBI</i> .....	34
4.2.2 - <i>Les Doux int HZN</i> .....	35
4.2.2.1. <i>Richesse spécifique et abondance spécifique</i> .....	35
4.2.2.2. <i>Analyse statut écologique biologique selon M-AMBI</i> .....	38

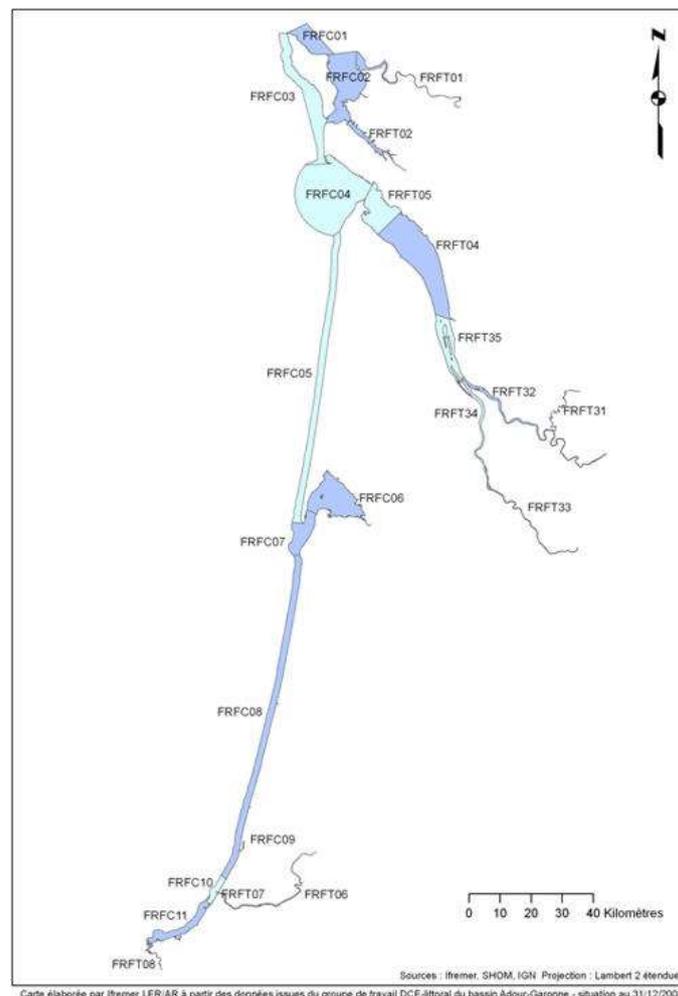
<b>5 -</b>	<b>BILAN SUR LE STATUT ECOLOGIQUE.....</b>	<b>40</b>
<b>6 -</b>	<b>BILAN DU TEMPS AGENT .....</b>	<b>42</b>
<b>7 -</b>	<b>BILAN DES SAISIES DANS LA BASE QUADRIGE<sup>2</sup>.....</b>	<b>43</b>
<b>8 -</b>	<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>	<b>44</b>

## 1 - Introduction

La Directive Cadre sur l'Eau 2000/60/CE du 23 octobre 2000 établit un nouveau cadre pour une politique communautaire dans le domaine de l'eau. Elle a fixé comme objectif général d'atteindre aux horizons 2009, 2015, 2021 puis 2027 selon les cycles de gestion successifs du SDAGE, un bon état écologique et chimique des masses d'eau souterraine et de surface, ces dernières incluant eau côtière (MEC) et eau 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 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, les deux masses d'eau côtière les plus septentrionales retenues pour le contrôle de surveillance sont « Côte Nord-Est île d'Oléron » FRFC01 et « Pertuis Charentais » FRFC02 qui est située à l'Est de l'île d'Oléron et reçoit les eaux de la Charente (**Figure 1**).



**Figure 1** : Masses d'eau côtière « Côte Nord-Est île d'Oléron » FRFC01 et « Pertuis Charentais » FRFC02 dans le bassin Adour-Garonne.

Source [http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive\\_cadre\\_sur\\_l\\_eau\\_dce](http://envlit.ifremer.fr/surveillance/directive_cadre_sur_l_eau_dce)

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

Les opérations de surveillance retenues en 2021 étaient pour la masse d'eau côtière FRFC02 (**Figure 2**):

- « Pertuis Charentais » FRFC02 :
  - échantillonnage stationnel des invertébrés benthiques de substrat meuble en avril sur la station subtidale « Boyardville SM » selon le protocole 2014 standardisé Manche-Atlantique (Garcia *et al.* 2014) ;
  - échantillonnage stationnel des invertébrés benthiques de substrat meuble en avril sur les station intertidales « Les Doux int HZN » selon le protocole 2014 standardisé Manche-Atlantique (Garcia *et al.* 2014) ;
  - échantillonnage stationnel des herbiers de la zostère naine *Zostera noltei* Hornemann en septembre sur trois stations « Bellevue- Perrotine int HZN », « Les Doux int HZN » et « Le Château d'Oléron int HZN » selon le protocole (Auby *et al.* 2012) révisé en 2018 (Auby *et al.* 2018) du contrôle de surveillance DCE des herbiers intertidaux.

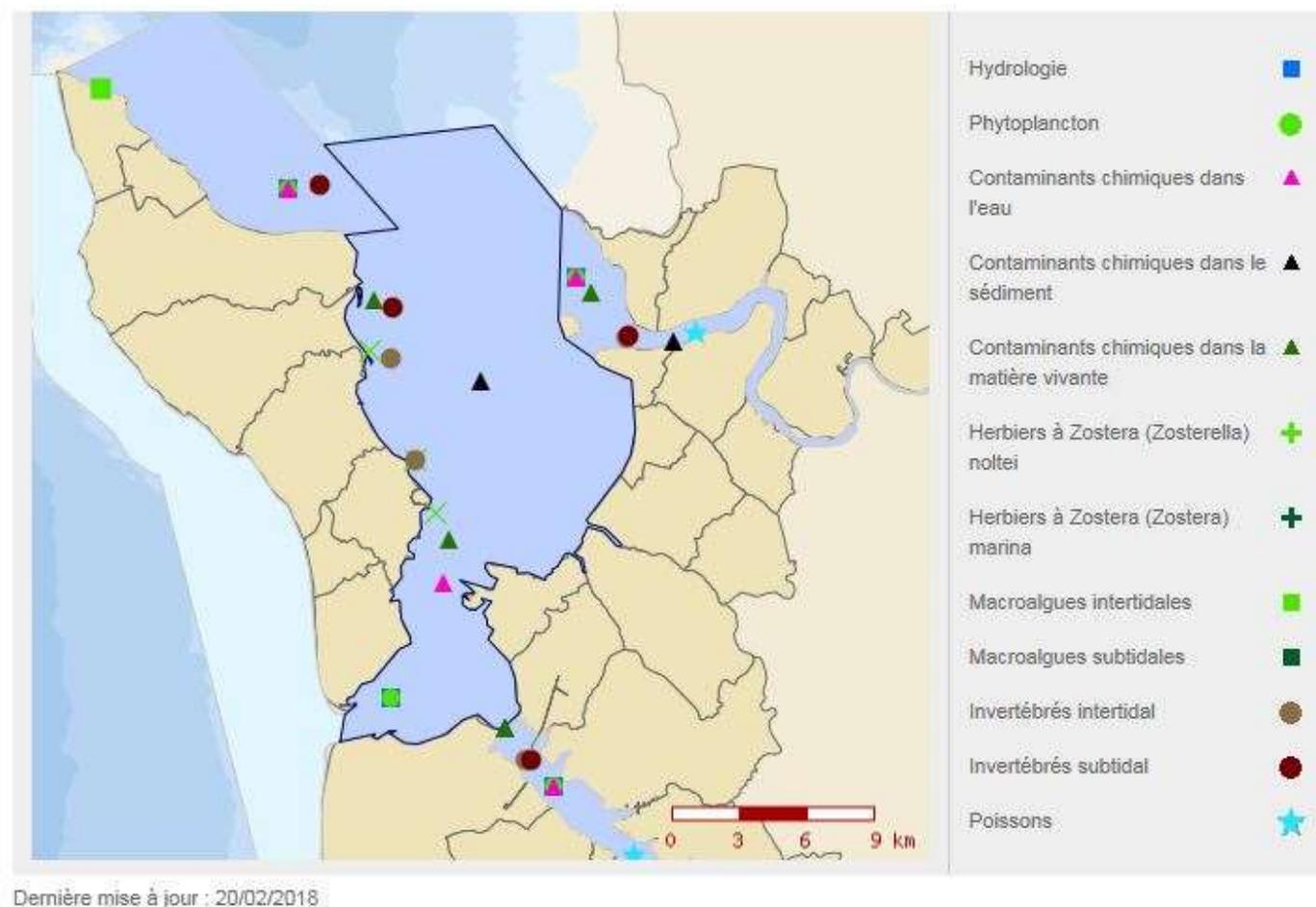
**L'objet de ce document est de faire état des résultats des suivis stationnels des invertébrés benthiques de substrats meubles subtidaux et intertidaux réalisé en avril 2021 conformément au protocoles DCE de 2014 (Garcia *et al.*, 2014) sur :**

- la station subtidale d'appui « Boyardville SM » suivie annuellement,
- la station intertidale d'appuis « Les Doux int HZN » suivie annuellement.

**Un rappel des résultats antérieurs est fait afin de resituer ces informations dans le cours de la dynamique temporelle propre à chaque station.**

Il doit également être pris en compte le caractère strictement provisoire des évaluations présentées dans le rapport final, liées à l'indicateur de qualité « invertébrés benthiques » selon la métrique M-AMBI et réalisées sur chacune de ces trois stations. Seules seront à considérer les évaluations fournies par Ifremer et mises à disposition sur les Atlas DCE lors des synthèses Manche-Atlantique.

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

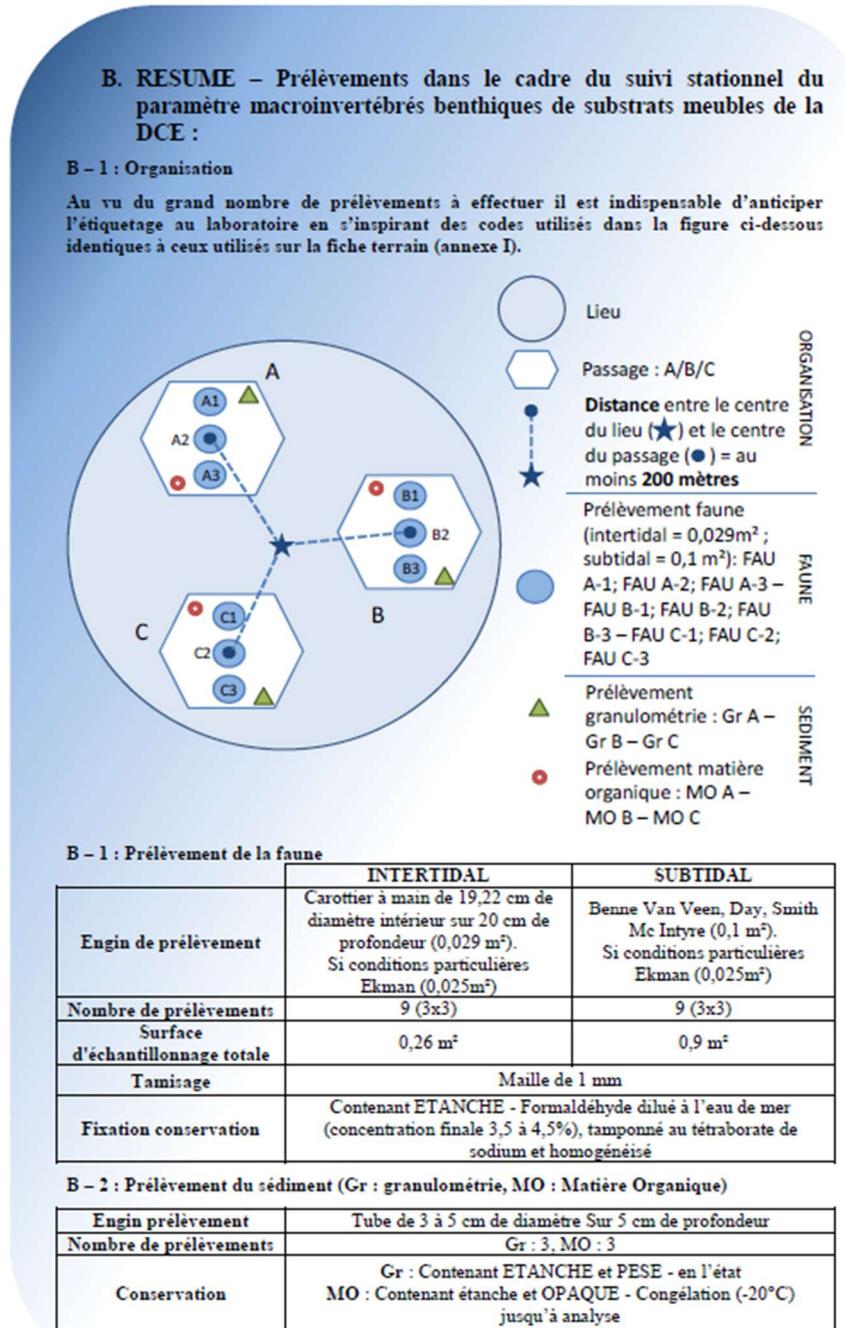


**Figure 2** : Masses d'eau côtière « Côte Nord-Est île d'Oléron » FRFC01 et « Pertuis Charentais - FRFC02 » avec localisation des stations en subtidal Malconche et Boyardville SM (rond marron foncé), en intertidal Bellevue et Les Doux int HZN (rond marron clair) et des trois stations à herbier Perrotine-Bellevue, Les Doux int HZN et Le Château d'Oléron (croix verte). 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 & Méthodes

### 2.1 - Stratégie d'échantillonnage

La nouvelle stratégie d'échantillonnage appliquée depuis 2015 est celle définie par Garcia *et al.* (2014). Chaque station (ou lieu) est composée de 3 sous-stations (ou passage) distantes de 200 m et au sein desquelles 3 échantillons faunistiques, 1 échantillon granulométrique et 1 échantillon pour la matière organique sont prélevés (**Figure 3**).



**Figure 3** : Stratégie d'échantillonnage DCE appliquée depuis 2015 (la terminologie est compatible Quadrigé<sup>2</sup>). Source Garcia *et al.* (2014).

## 2.2 - Protocole de prélèvement

### 2.2.1 - Prélèvements subtidaux à la benne Smith

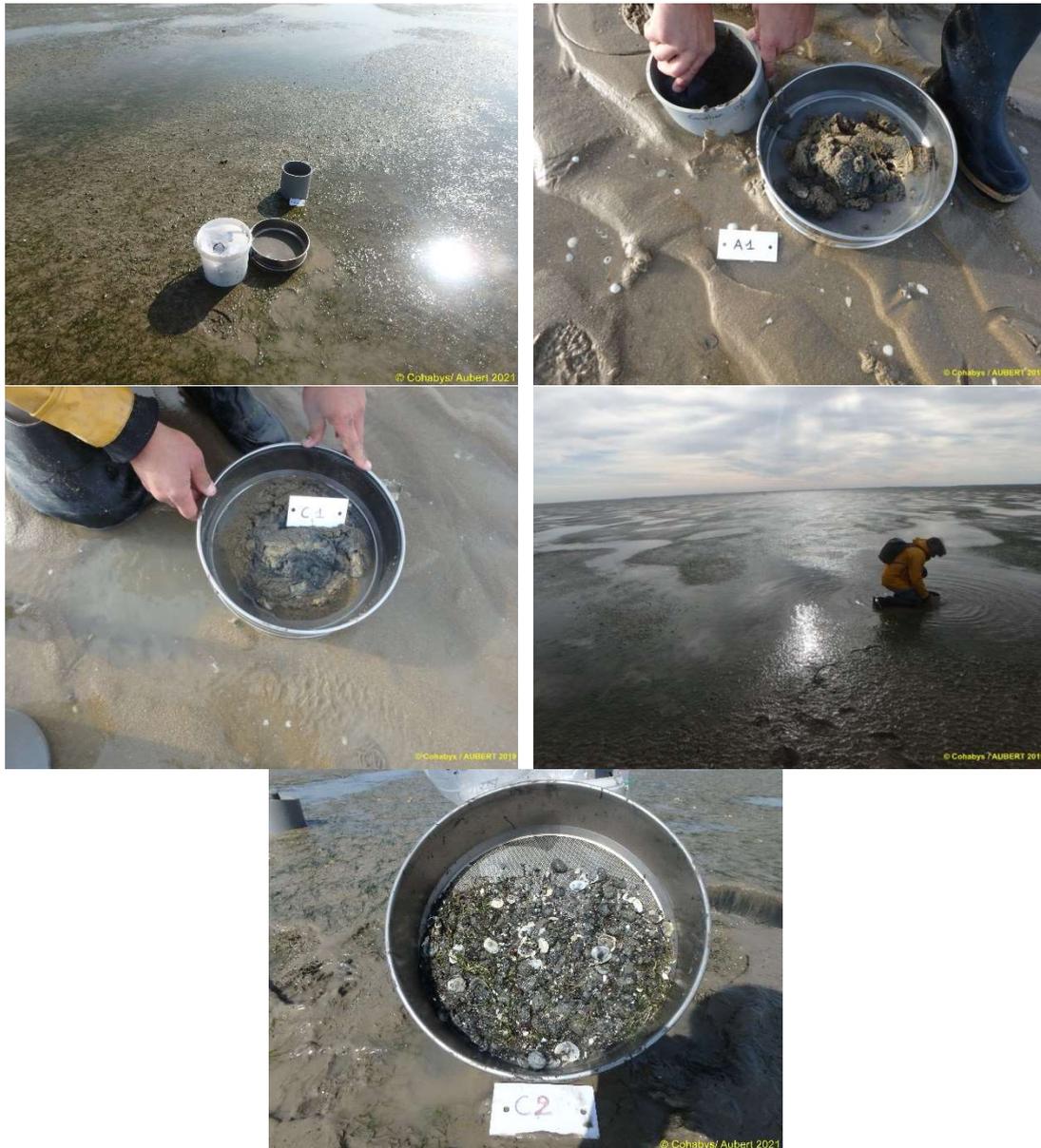
Le travail à la benne nécessite la présence de 4 personnes, le pilote du navire aux commandes de la grue hydraulique, une personne pour maintenir la tension du bout sur le cabestan qui s'enroule sur le winch motorisé, deux personnes équipées de gants, casque et bottes de sécurité et ciré pour manipuler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



**Figure 4** : Déroulement des opérations lors d'un prélèvement à la benne Smith.

## 2.2.2 - Prélèvements intertidaux au carottier

Le prélèvement par carottier (diamètre externe de 200 mm) nécessite la présence de personnes équipées de gants, bottes adaptées au sol sableux ou vaseux et ciré en cas de pluie. Un positionnement par GPS métrique permet de se caler sur la position géographique de chacune des 3 sous-stations. Les prélèvements débutent par ceux pour la granulométrie et la matière organique et se poursuivent par les 3 réplicats faunistiques à tamiser sur 1 mm de vide de maille dans une flaque d'eau si possible proche du point de prélèvement (**Figure 5**).



**Figure 5** : Matériel et opérations lors d'un prélèvement au carottier.

## **2.3 - Présentation des stations**

### **2.3.1 - Boyardville SM : station d'appui subtidale**

Les caractéristiques de cette station d'appui, à échantillonner tous les ans, sont rappelées en **Tableau 1** :

- 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 6**) ;
- 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 actuellement le laboratoire LIENSs (UMR CNRS – Université de La Rochelle) ;
- cette station est suivie depuis 2007.

**Tableau 1** : Caractéristiques des suivis de la station d'appui Boyardville SM.

Station	Boyardville SM / Station d'appui DCE
<b>Regroupement</b>	Oui avec opérations à la mer dans la masse d'eau FRFC01 « Côte Nord-Est île d'Oléron » si existantes
<b>Moyens à la mer</b>	Embarcation côtière avec treuil (navire L'Estran de l'Université de La Rochelle ou bateau de location)
<b>Paramètres</b>	Macrofaune benthique (détermination et abondance) 3 granulométries + 3 matières organiques depuis 2015, antérieurement 1 granulométrie + 1 matière organique
<b>Engin de prélèvement</b>	Benne Smith de 0,1 m <sup>2</sup> , 3 x 3 répliqués depuis 2015
<b>Fréquence</b>	Mars-avril, tous les ans du plan de gestion car station d'appui.
<b>Opérateur prélèvement</b>	Cohabys_Adera_LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle) et antérieurement CREMA L'Houmeau (CNRS-Ifremer) puis CRELA (CNRS-Ifremer-Université de La Rochelle)
<b>Opérateur tri et détermination</b>	
<b>Opérateur mesure granulométrie</b>	
<b>Opérateur mesure matière organique</b>	
<b>Début prélèvements</b>	2007 (surveillance)

### **2.3.2 - Les Doux int HZN : station d'appui intertidale à *Zostera noltei***

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

- les opérations à la mer sont généralement regroupées avec les prélèvements sur la station Bellevue de la masse d'eau FRFC02 « Pertuis Charentais » ;
- les prélèvements à la mer se font *pedibus jambi* (**Figure 5, Figure 8**) ;
- les paramètres suivis sont la composition spécifiques et l'abondance par espèce de la macrofaune des invertébrés benthiques ;
- la fréquence est annuelle pour cette nouvelle 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 actuellement le laboratoire LIENSs (UMR CNRS – Université de La Rochelle) ;
- cette station est suivie depuis 2007.

**Tableau 2** : Caractéristiques des suivis de la station Les Doux int HZN.

Station	Les Doux int HZN / Station d'appui DCE
<b>Regroupement</b>	Oui si possible avec la station Bellevue de la masse d'eau FRFC02 « Pertuis Charentais »
<b>Moyens à la mer</b>	Accès pédestre
<b>Paramètres</b>	Macrofaune benthique (détermination et abondance) 3 granulométries + 3 matières organiques depuis 2015, antérieurement 1 granulométrie + 1 matière organique
<b>Engin de prélèvement</b>	Carottier à main 0,029 m <sup>2</sup> , 3 x 3 répliqués depuis 2015
<b>Fréquence</b>	Mars-avril, tous les ans du plan de gestion car station d'appui depuis 2018.
<b>Opérateur prélèvement</b>	Cohabys_Adera_LIENSs (CNRS, Université de La Rochelle) et antérieurement CREMA L'Houmeau (CNRS-Ifremer) puis CRELA (CNRS-Ifremer-Université de La Rochelle)
<b>Opérateur tri et détermination</b>	
<b>Opérateur mesure granulométrie</b>	
<b>Opérateur mesure matière organique</b>	
<b>Début prélèvements</b>	2007 (surveillance)

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

Les opérations se sont déroulées sur un total de 2 jours (**Tableau 3**), 1 jour pour la station Boyardville SM prospectée à bord du navire L'Estran (**Figure 6**) de l'université de La Rochelle et 1 jour pour la prospection *pedibus jambi* de la station Les Doux int HZN.

Le travail à la mer a mobilisé 4 personnes jour (plus le pilote, Yves Brizard) à bord du navire Estran pour les stations subtidales et 1 personne jour lors des échantillonnages pédestres en zone intertidale. Le bilan de 6 personnes jour ne comprend ni le temps nécessaire à la préparation des opérations à la mer (1 journée) ni le temps de dépouillement des informations collectées (plusieurs dizaines de jours).

**Tableau 3** : Calendrier des opérations à la mer

Type de contrôle	Masse d'eau	Code	Nom	Nom point (toponymie)	Latitude (D°M,d)	Longitude (D°M,d)	Prélèvement	Type	Date	Nombre personne jour-mer	Opérateur
Contrôle de surveillance	MEC	FRFC02	Pertuis Charentais	<b>Boyardville SM</b>	<b>45°57,647</b>	<b>-1°12,890</b>	Subtidal invertébrés benthiques	Station	06/04/2021	4	Cohabys/LIENSs
				A	45°57,755	-1°12,900					
				B	45°57,572	-1°12,780					
				C	45°57,570	-1°12,998					
Contrôle de surveillance	MEC	FRFC02	Pertuis Charentais	<b>Les Doux int HZN</b>	<b>45°54,100</b>	<b>-1°11,810</b>	Intertidal invertébrés benthiques	Station	28/04/2021	1	Cohabys
				A	45°54,090	-1°11,896					
				B	45°54,111	-1°11,805					
				C	45°54,040	-1°11,849					
<b>Total</b>									<b>2 jours</b>	<b>2,5 pers. jour</b>	

Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques



**Figure 6** : Navire L'ESTRAN de l'Université de La Rochelle utilisé pour l'échantillonnage DCE.

## 2.5 - Réalisation et contrôle des prélèvements

### 2.5.1 - Boyardville SM : station subtidale d'appui

En 2021, collecte selon le nouveau protocole DCE (Garcia *et al.*, 2014) de 3 bennes en chacune des 3 sous-stations A, B et C de la station Boyardville SM. Chacune des bennes réussies a été validée car remplie à 100 % (Figure 7).



A

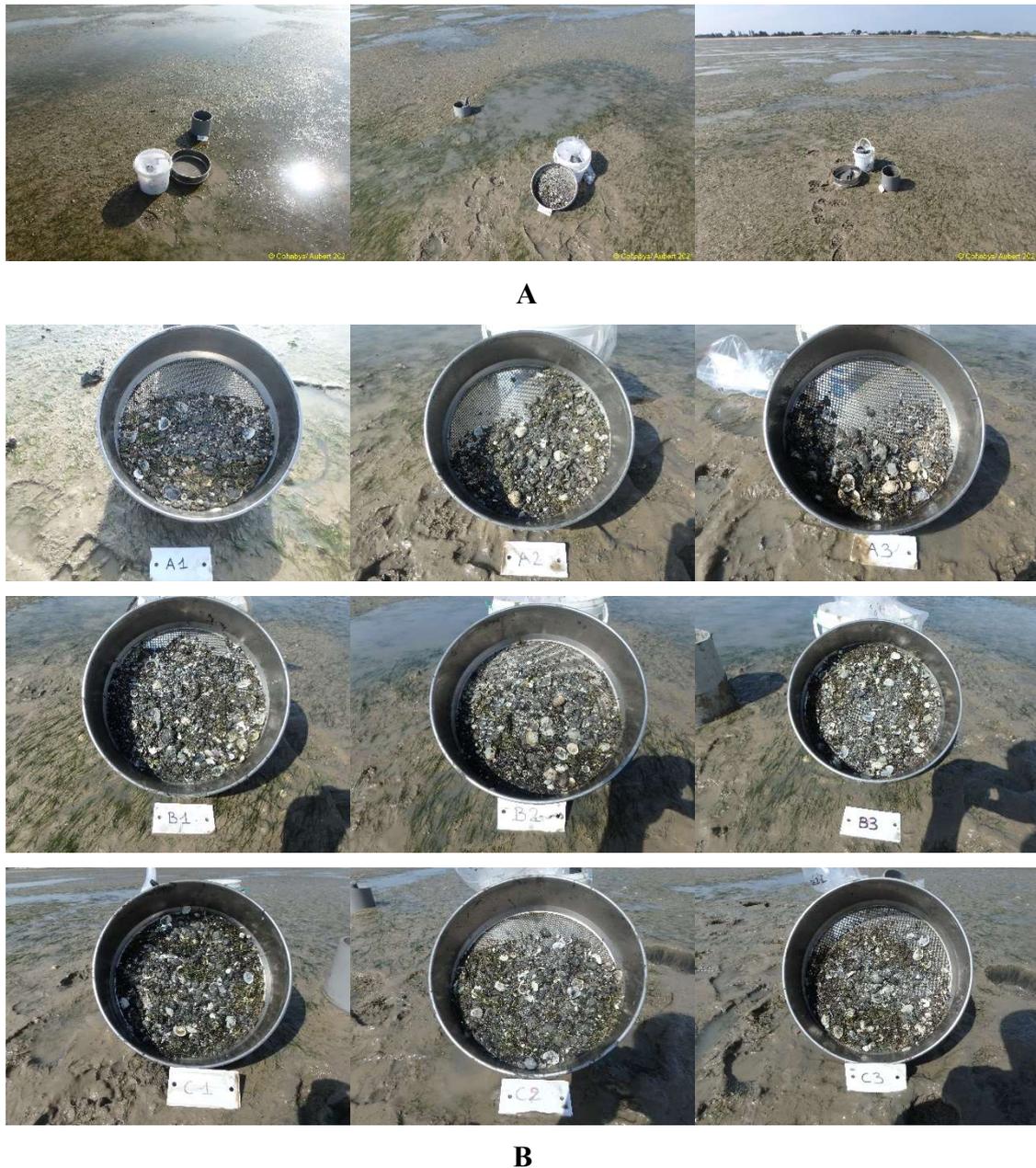


B

**Figure 7 :** Situation géographique de la station Boyardville SM (A) et détails des 9 prélèvements validés avec 3 prélèvements en chacune des 3 sous-stations (B).

## 2.5.2 - Les Doux int HZN : station d'appui intertidale à *Zostera noltei*

En 2021, le nouveau protocole DCE (Garcia *et al.*, 2014) a été utilisé avec 3 sous-stations et pour chacune 3 prélèvements par carottage (Figure 8).



**Figure 8** : Situation géographique des 3 sous-stations de la station Les Doux int HZN (A) et détails des 9 prélèvements validés avec 3 prélèvements en chacune des 3 sous-stations (B).

## 2.6 - Protocoles d'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 ( $< 63 \mu\text{m}$ ), les sables ( $63 \mu\text{m} < X < 2 \text{ mm}$ ) et les graviers ( $> 2 \text{ mm}$ ) selon les coupures communément admises (Figure 9).

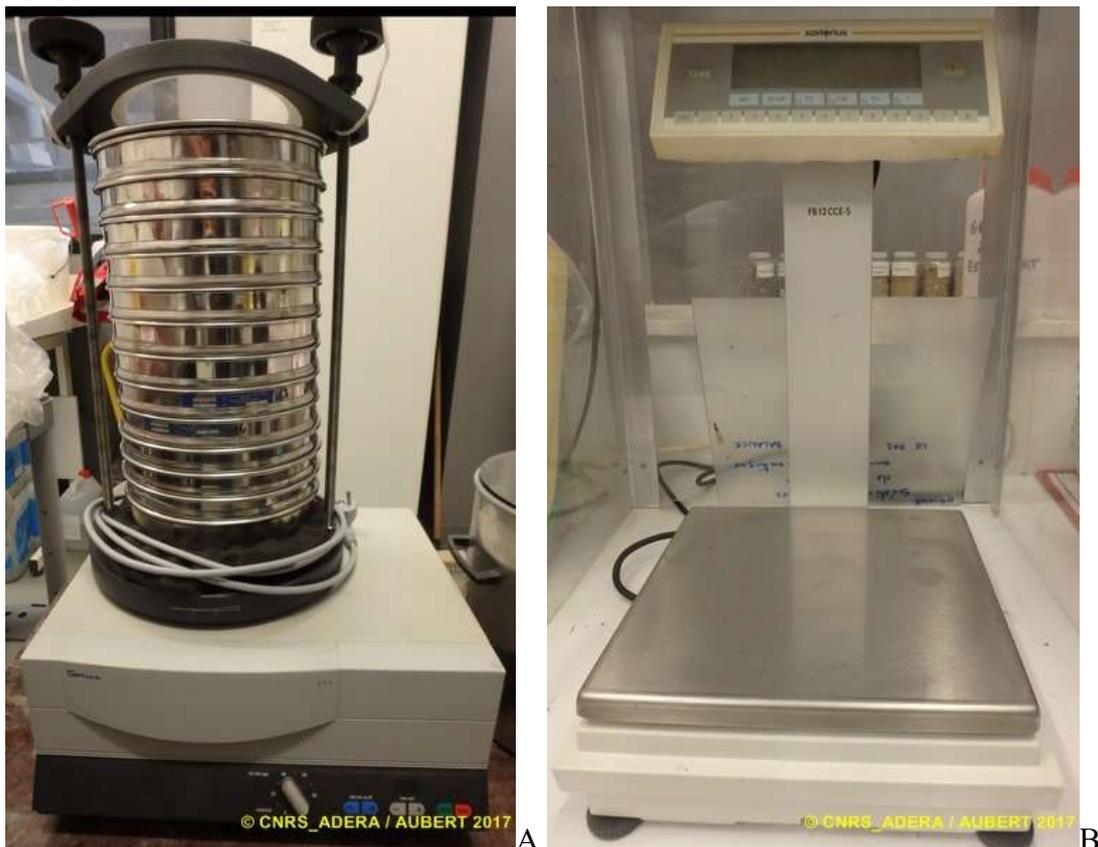
MOYEN D'ÉTUDE	AFNOR		UNITÉS	CLASSIFICATION			
	$\alpha$	mm	$\Phi$	Wentworth	Cailleux		
mesure directe	-24	250-256	-8	BLOCS (BOULDERS)	RUDITES	BLOCS	
	-18	63-32	-5	GRAVE (COBBLE)		GALETS	
	-6	4	-	CAILLOUX (PEBBLE)		GRAVILLONS	
	-3	2	1	GRANULES			
	-2	1,6-		TRÈS GROSSIER	ARÉNITES (SANDS)	SABLES	
	-1	1,25-					
	0	1	0				
	1	0,8-		GROSSIER			
	2	0,63-	1	MOYEN			
	3	0,5	2	FIN			
5	0,315-	3	TRÈS FIN				
microscope binoculaire tube de sédimentation tamisage	-9	0,125	4	GROSSIER	LUTITES (SILTS)	SABLONS	
	-12	0,0625-1/16	5	MOYEN			
	-14	0,04-	6	FIN			
	-17	0,02-	7	TRÈS FIN			
	pipette microscope électronique	-20	0,01-	8		LUTITES (CLAYS)	LIMONS
		-24	0,004-1/256				
		14				PRE COLLOIDES	

Figure 9 : Echelle granulométrique AFNOR, unité  $\Phi$  et classifications communes utilisées (Cojan & Renard 1999).

### 2.6.1 - Analyse granulométrique

Pour l'analyse, chaque prélèvement est vidé dans un bol identifié et taré pour être séché à l'étuve à 80-100°C pendant 72h. La masse de sédiment humide est pesée préalablement au séchage puis après séchage afin d'en estimer la quantité de sels. Un sous-échantillon de 100 g (200 g pour les sables) est remouillé dans un défloculant (métaphosphate de sodium à 40 g/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 pérites. 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 10**). 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 1600 et 1250 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 réglé visuellement à partir de la barrette graduée présente sur le socle noir à la base de la colonne de tamis.



**Figure 10** : Colonne de tamis normalisés AFNOR sur tamiseuse Retsch (A) et balance Sartorius à 0,01 g. (B)

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

Les tamis sont ultérieurement débarrassés de leurs impuretés grâce à un appareil de nettoyage aux ultrasons Elma (Bioblock Scientific) (**Figure 11**). 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.



A

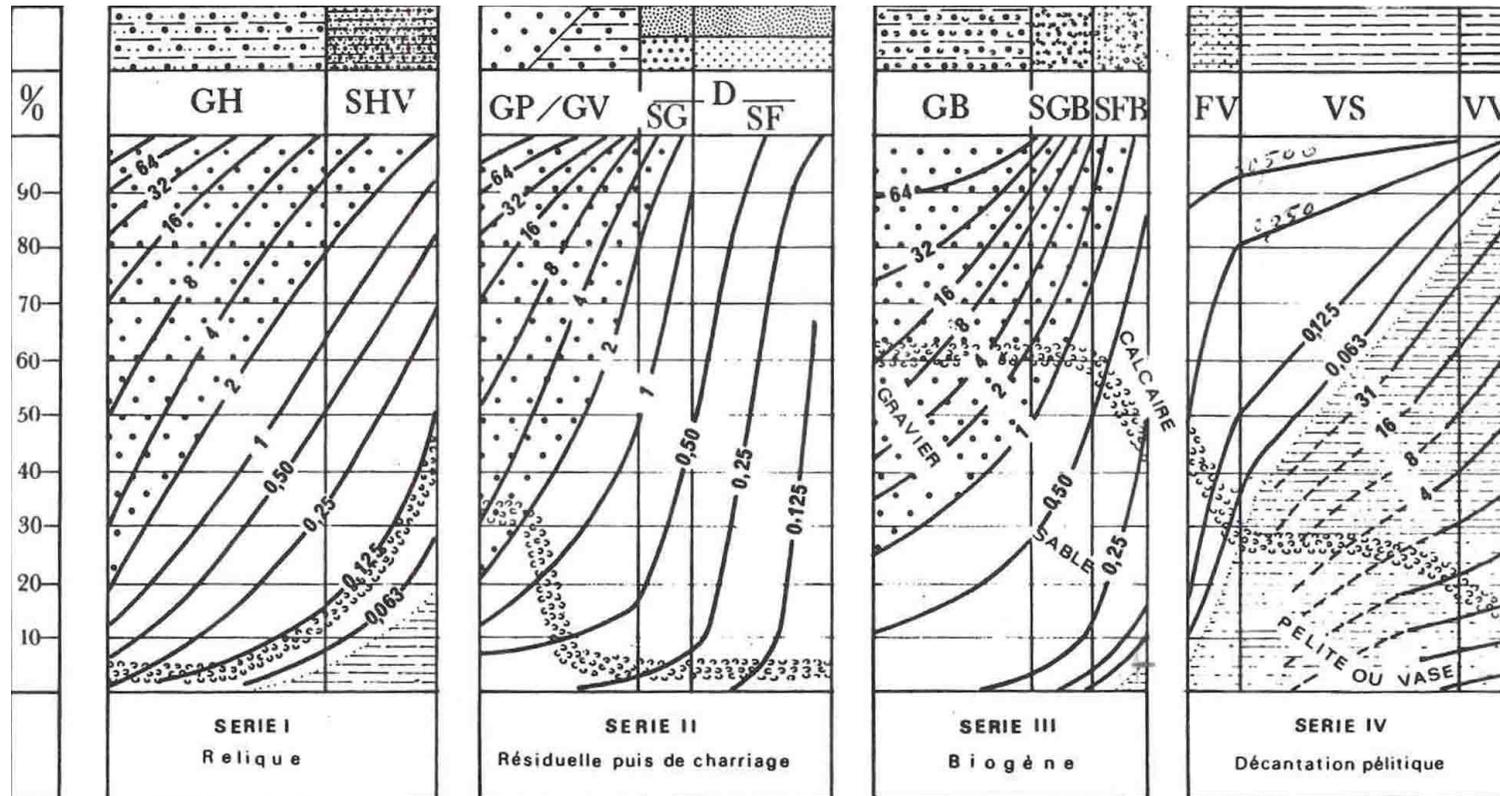


B

**Figure 11** : Bain à ultrasons (A) avec détails du porte tamis et de la collerette en mousse (B) pour maintenir un bol à sédiment.

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

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 12**).



— 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 12** : Type biosédimentaire (Chassé & Glémarec 1976).

## 2.6.2 - 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 tenu de la montée lente en température du four. Des cendres minérales sont ainsi obtenues et sont également pesées sur la même balance après refroidissement dans un dessiccateur à température ambiante.

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

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

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

## 2.7 - Protocole d'analyse des échantillons faunistiques

### 2.7.1 - 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 13A**). 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 13B**) avec coloration au rose Bengale (**Figure 13C**) puis lavage (**Figure 13D**).
- Etape 2 : tri de vérification à la loupe binoculaire des refus de tamis les plus fins par un opérateur si possible différent de celui ayant réalisé le premier tri (**Figure 13E**).

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

La détection des organismes de la macrofaune (annélides, crustacés, juvéniles de mollusques) lors de la présence d'une quantité importante de débris de zostères est facilitée par une coloration au rose Bengale effectuée de façon à contrôler le temps de coloration (**Figure 13C**). 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 13 :** Opération de rinçage des eaux de fixation puis de lavage à grande eau sous Sorbonne (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.

## 2.7.2 - 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).
- Lorsqu'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 le 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 4**. Les ouvrages généraux de Hayward & Ryland (1990a, b) 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 4** : Ouvrages principaux utilisés pour les déterminations taxinomiques.

Embranchement	Ouvrage (liste non exhaustive)
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)

## 2.8 - Qualité écologique biologique : indice M-AMBI

La méthode d'analyse de la qualité écologique biologique 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 5**), que celle-ci soit d'origine pétrolière, anthropique (rejets urbains) ou industrielle comme les résidus de traitement de bois.

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

**Tableau 5** : Groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (Hily 1984).

- 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.

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

- **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) :

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

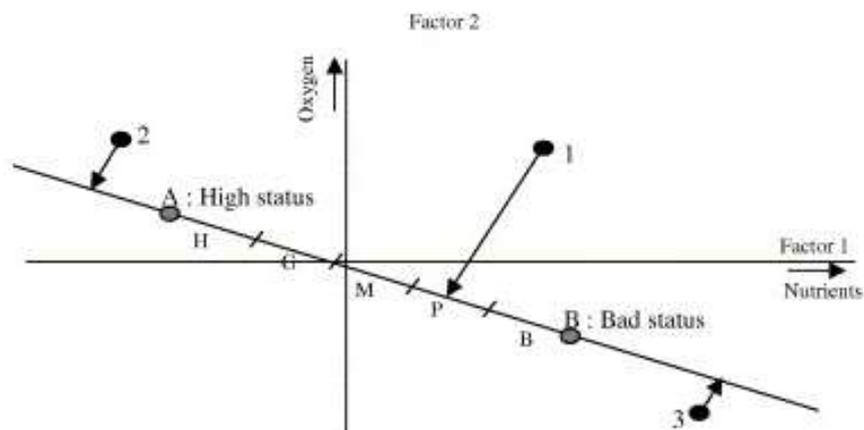
Avec  $n$  : nombre d'espèces et  $p_i$  : fréquence relative de l'espèce  $i$  dans le prélèvement.

- **AMBI** : cet indice se base sur la reconnaissance parmi les espèces constitutives des peuplements benthiques de cinq groupes écologiques de polluo-sensibilités différentes (**Tableau 5**) 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 14**). 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 14** : Définition du statut des stations échantillonnées par projection sur l'axe factoriel défini par les conditions de référence (Bald *et al.*, 2005).

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

- 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 6**).

**Tableau 6** : 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

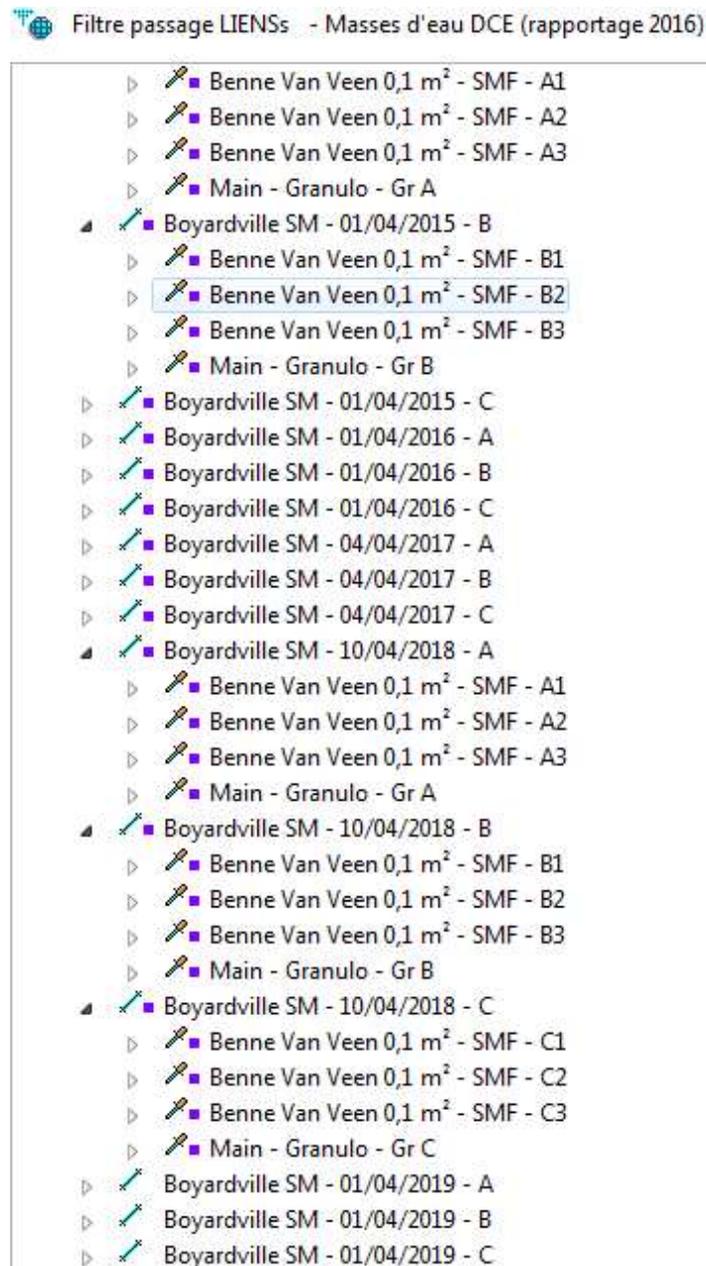
La grille de lecture du M-AMBI, telle qu'adoptée par la France au sein du GIG NEA, est la suivante :

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 6.0 avec une liste d'espèce datée de décembre 2020 (Borja *et al.* 2012).

### 3 - Métadonnées dans la base Quadrigé<sup>2</sup>

La saisie des métadonnées dans la base Quadrigé<sup>2</sup> en cohérence avec la nouvelle stratégie d'échantillonnage définie depuis 2015 (Garcia *et al.* 2014) nécessite de modifier la structure des métadonnées relativement à celles anciennement acquises. Depuis 2015, les 3 sous-stations sont considérées comme des passages (**Figure 15**).



**Figure 15** : Exemple de structuration des métadonnées pour la station Boyardville SM depuis 2015.

## 4 - Résultats

### 4.1 - Analyse des sédiments

#### 4.1.1 - Boyardville SM

L'analyse granulométrique sur environ 100 g de sédiment pour chacune des trois sous-stations (**Tableau 7**) indique que ce sont des sédiments vaso-sableux composés en moyenne de 42 % de sables fins et 56 % de vases et 2 % de gravier. Ce sédiment possède une distribution bimodale avec un mauvais classement. Le taux moyen de matières organiques de  $3,8 \pm 0,5$  % est déterminé sur 3 réplicats en chacune des trois sous-stations (**Tableau 8**).

**Tableau 7** : Résultats de l'analyse granulométrique.

Information	Maille de tamis	Sous-station A (%)	Sous-station B (%)	Sous-station C (%)
DATE_ANALYSE	4000	5,78	0,95	0,02
30/04/2021	2000	0,15	0,06	0,08
OPERATEUR_ANALYSE	1600	0,02	0,02	0,05
Cohabys	1250	0,03	0,04	0,07
NOM_ME	1000	0,03	0,03	0,06
Pertuis Charentais	800	0,06	0,03	0,04
CODE_ME	630	0,07	0,04	0,10
FRFC02	500	0,09	0,07	0,12
NOM_STATION	400	0,14	0,12	0,16
Boyardville SM	315	0,20	0,19	0,17
MOIS_STA	250	0,31	0,32	0,22
Avril	200	0,51	0,57	0,37
CODE_ANNEE	160	1,04	1,11	0,73
2021	125	6,23	6,00	4,05
	100	12,01	9,09	9,16
	80	18,56	11,34	15,88
	63	8,47	8,91	9,63
	< 63µm	46,31	61,10	59,10

**Tableau 8** : Résultats de l'analyse de la teneur en matières organiques.

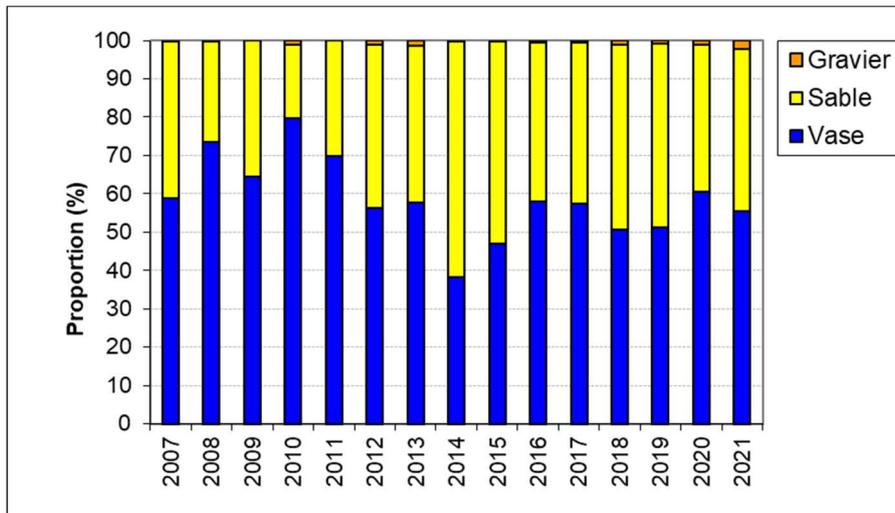
Information		Sous-station A (%)	Sous-station B (%)	Sous-station C (%)
DATE_ANALYSE	30/04/2021	4,5	3,9	3,4
OPERATEUR_ANALYSE	Cohabys	4,5	3,5	2,9
NOM_ME	Pertuis Charentais	3,5	4,3	4,0
CODE_ME	FRFC02			
NOM_STATION	Boyardville SM			
MOIS_STA	Avril			
CODE_ANNEE	2021			

Une analyse comparative des sédiments de cette station échantillonnée depuis 2007 (**Figure 16**) montre une relative stabilité de sa composition en vases, sables et graviers jusqu'en

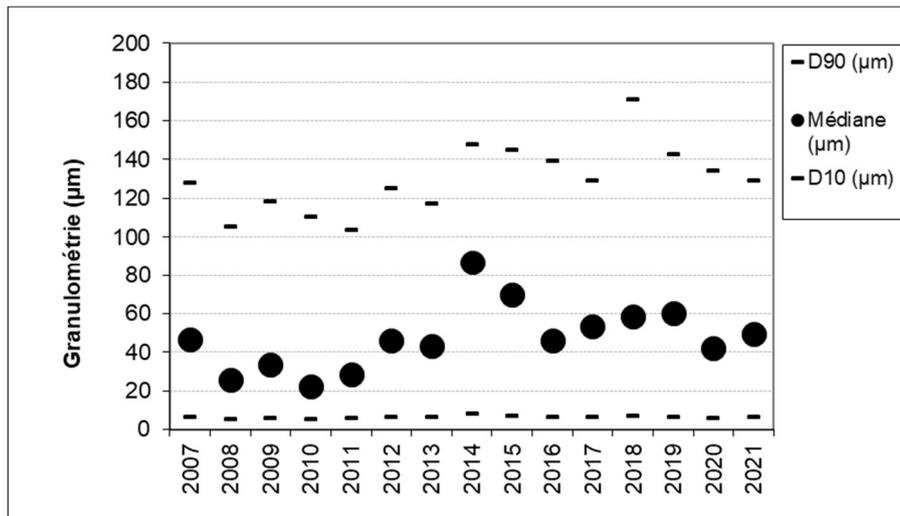
## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

2010 puis un enrichissement progressif en sables jusqu'en 2014 avec un retour depuis 2016 aux caractéristiques envasées de 2007 (environ 50 à 60 % de vase/sable). Les proportions de vases varient de 38 à 80 % pour des sédiments très peu chargés en graviers. Il faut noter par rapport à la série de données 2007 - 2014 que la prise en compte d'une correction de salinité ne modifie (en le minorant) que d'une seule unité la proportion de vases. Cette correction peut être considérée comme négligeable dans les conditions d'analyse pour lesquelles la prise d'un échantillon de sédiments se fait avec peu d'eau libre.

La médiane des sédiments varie entre 22 et 87  $\mu\text{m}$  traduisant pour cette vase sableuse la prépondérance de la fraction silteuse mais la tendance détectée précédemment apparaît également par une augmentation de la médiane depuis 2010 d'un facteur 3 à 4 puis une baisse confirmée depuis 2014 avec pour 2020 et 2021 une médiane équivalente à celle de 2016.



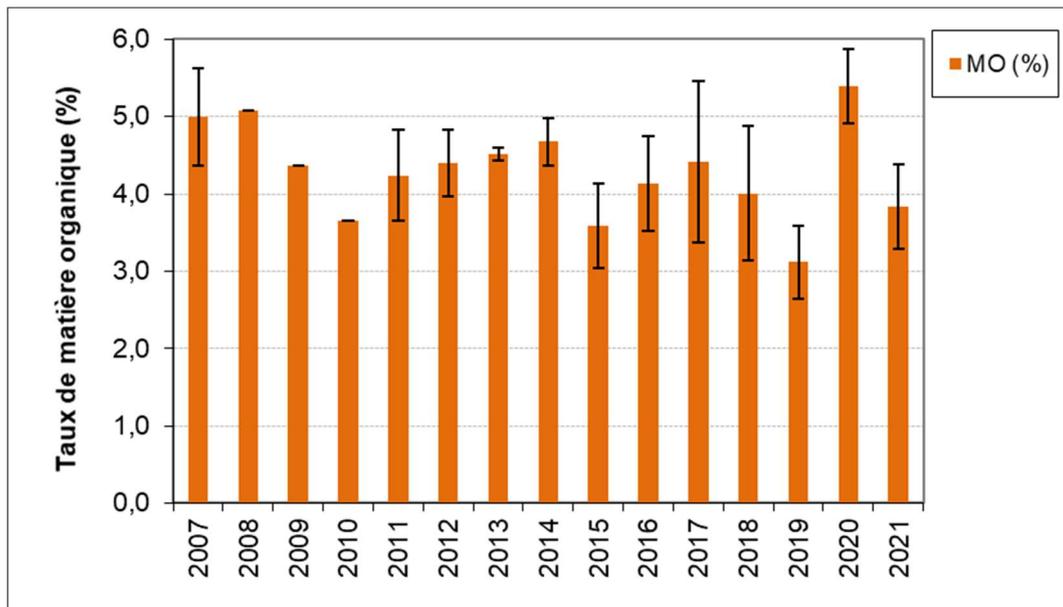
A



B

**Figure 16** : Evolution des proportions en vases, sable et graviers (A) et de la médiane (D50) encadrée par les D10 et D90 ( $\mu\text{m}$ ) pour les sédiments de la station subtidale Boyardville SM (B).

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques



**Figure 17** : Evolution des taux de matière organique pour les sédiments de la station Boyardville SM.

Les taux de matières organiques varient entre 3,6 % (le minimum en avril 2015) et 5,4 % (le maximum cette année) mais ces variations ne traduisent ni un changement majeur ni une tendance temporelle similaire à celles détectées sur les fractions granulométriques et la médiane dans les sédiments subtidaux de la station Boyardville SM (**Figure 17**).

### 4.1.2 - Les Doux int HZN

L'analyse granulométrique sur environ 100 g de sédiment pour chacune des trois sous-stations (**Tableau 9**) indique que ce sont des sédiments sablo-vaseux composés en moyenne de 49 % de sables fins et 50 % de vases et 1 % de gravier. Ce sédiment fin possède une distribution unimodale mais un mauvais classement. Le taux moyen de matières organiques est de  $2,7 \pm 0,5$  % déterminé sur 3 répliquats en chacune des trois sous-stations (**Tableau 10**).

**Tableau 9** : Résultats de l'analyse granulométrique.

Information	Maille de tamis	Sous-station A (%)	Sous-station B (%)	Sous-station C (%)
<b>DATE_ANALYSE</b>	4000	0,55	1,57	0,94
18/08//2020	2000	0,23	0,56	0,45
<b>OPERATEUR_ANALYSE</b>	1600	0,13	0,17	0,07
Cohabys	1250	0,18	0,15	0,09
<b>NOM_ME</b>	1000	0,14	0,13	0,14
Pertuis Charentais	800	0,17	0,15	0,08
<b>CODE_ME</b>	630	0,35	0,24	0,12
FRFC02	500	0,42	0,35	0,15
<b>NOM_STATION</b>	400	0,76	0,65	0,24
Les Doux int HZN	315	0,82	0,78	0,31
<b>MOIS_STA</b>	250	0,84	0,87	0,42
Avril	200	0,70	0,69	0,54
<b>CODE_ANNEE</b>	160	0,69	0,58	0,68
2021	125	1,84	1,45	1,75
	100	4,37	4,36	4,54
	80	15,42	24,10	27,82
	63	12,29	17,82	17,62
	< 63µm	60,08	45,39	44,04

**Tableau 10** : Résultats de l'analyse de la teneur en matières organiques.

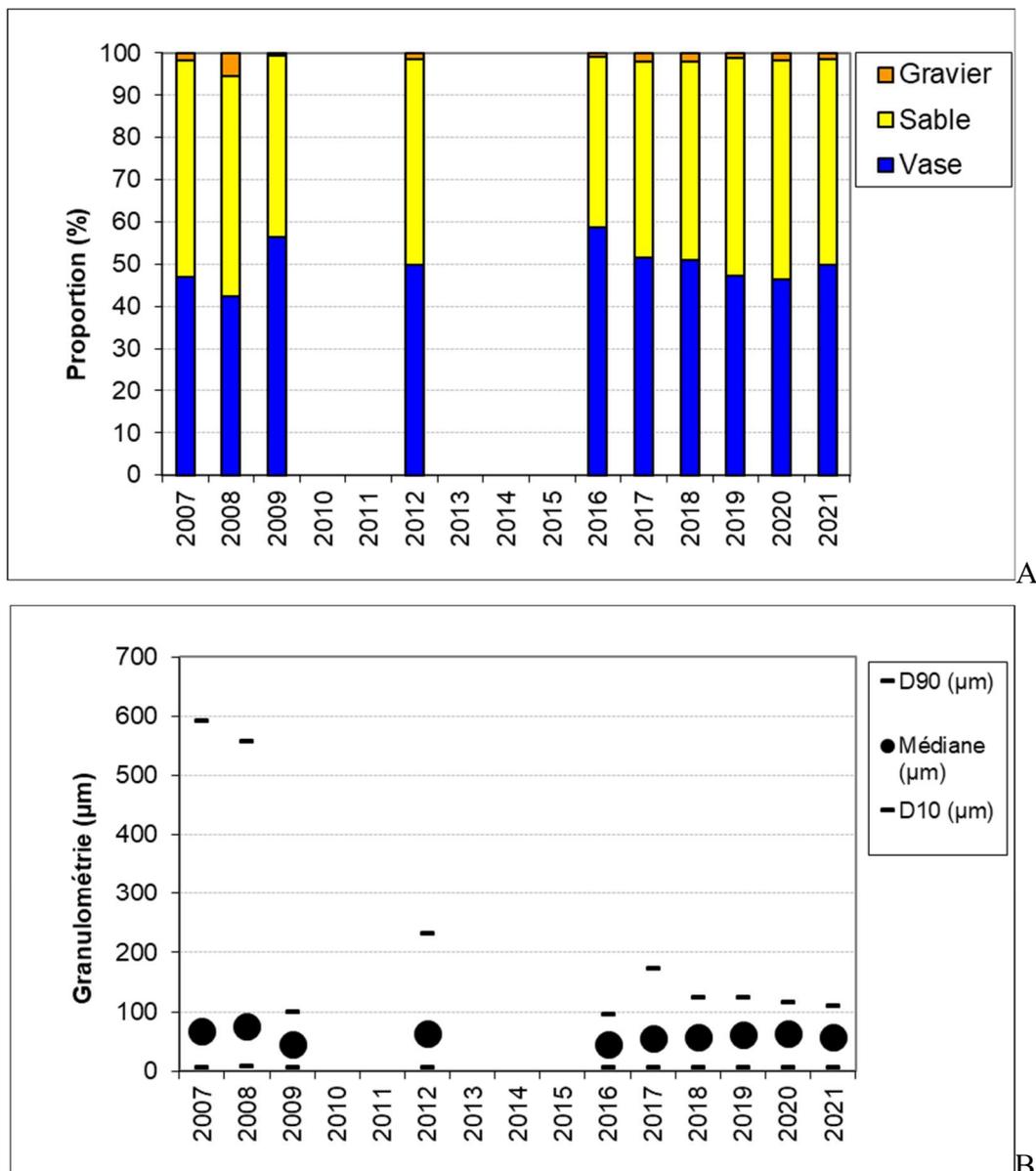
Information		Sous-station A (%)	Sous-station B (%)	Sous-station C (%)
<b>DATE_ANALYSE</b>	2021	2,9	3,1	2,3
<b>OPERATEUR_ANALYSE</b>	Cohabys	2,7	2,7	2,1
<b>NOM_ME</b>	Pertuis Charentais	3,7	3,7	2,1
<b>CODE_ME</b>	FRFC02			
<b>NOM_STATION</b>	Les Doux int HZN			
<b>MOIS_STA</b>	AVRIL			
<b>CODE_ANNEE</b>	2021			

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

Une analyse comparative des sédiments de cette station échantillonnée depuis 2007 (**Figure 18A**) montre une relative stabilité de sa composition en vases, sables et graviers. Les proportions de vases varient de 42 à 59 % et celles de sables dans les proportions opposées. Il faut noter par rapport à la série de données 2007 - 2014 que la prise en compte d'une correction de salinité ne modifie (en le minorant) que d'une seule unité la proportion de vases. Cette correction peut être considérée comme négligeable dans les conditions d'analyse pour lesquelles la prise d'un échantillon de sédiments se fait avec peu d'eau libre.

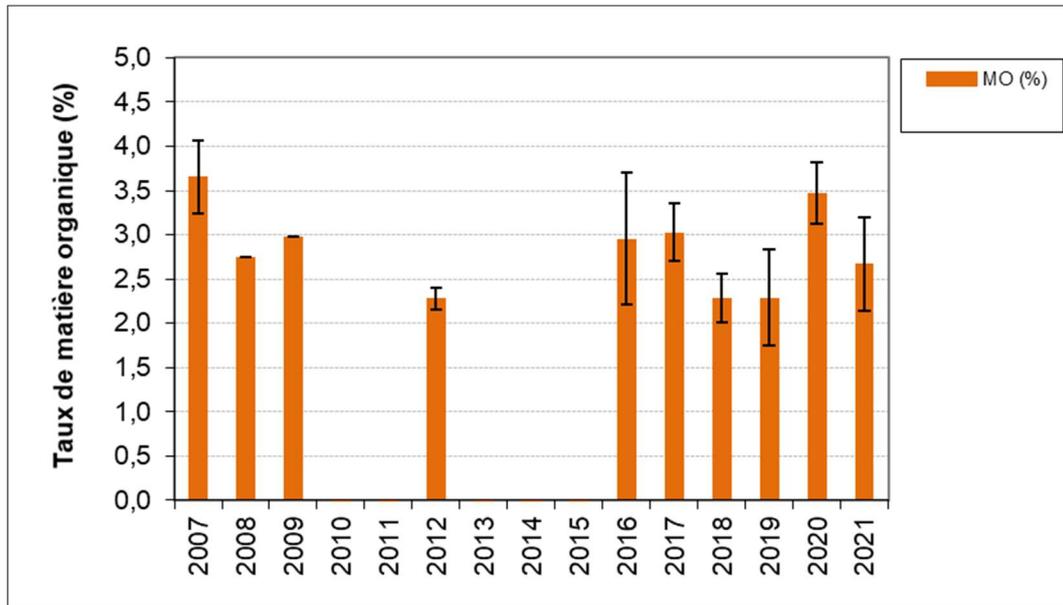
La médiane des sédiments varie peu autour des 46 - 60  $\mu\text{m}$  mais avec une petite hausse en 2007 et 2008 traduisant pour ce site la constance des conditions hydrodynamiques depuis 10 ans (**Figure 18B**).

Les taux de matières organiques varient entre 2,3 % (le minimum en avril 2012, 2018 et 2019) et 3,7 % (le maximum en avril 2007) mais ces variations ne traduisent pas de changement ni de tendance temporelle très apparente en regard de l'ampleur de la variation entre répliqués (environ 0,3 %) telles que mise en évidence depuis 2016 (**Figure 19**).



**Figure 18** : Evolution des proportions en vases, sable et graviers (A) et de la médiane (D50) encadrée par les D10 et D90 ( $\mu\text{m}$ ) pour les sédiments de la station Les Doux int HZN (B).

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques



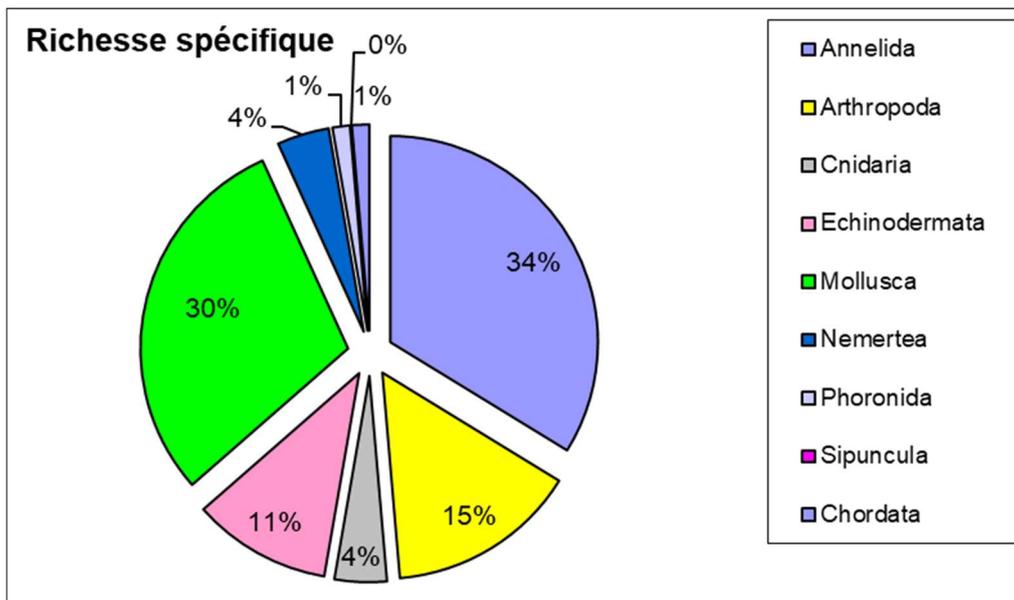
**Figure 19** : Evolution des taux de matière organique pour les sédiments de la station Les Doux int HZN.

## 4.2 - Analyse faunistique

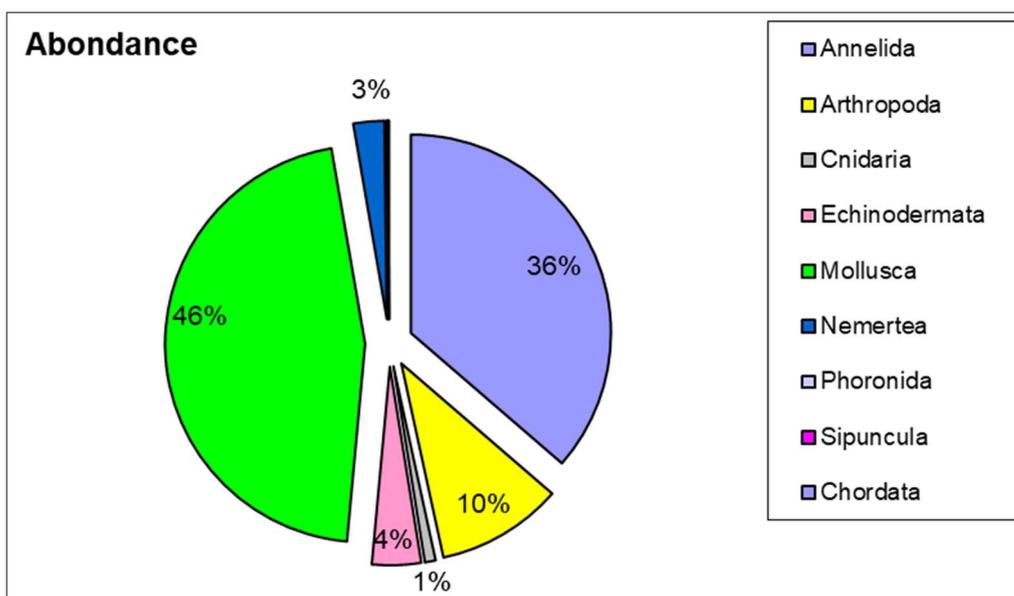
### 4.2.1 - Boyardville SM

#### 4.2.1.1. Richesse spécifique et abondance spécifique

La richesse spécifique totale obtenue en sommant les 9 réplicats est de 76 taxons qui se répartissent en quatre embranchements dominants sur les 8 présents avec 34 % d'annélides, 30 % de mollusques, 15 % d'arthropodes et 11 % d'échinodermes (**Figure 20**). Les mollusques sont les plus abondants avec en moyenne 46 % des abondances suivis des annélides avec 36 % 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 prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

L'analyse succincte du **Tableau 11** des richesses et abondances spécifiques montre que :

- La richesse spécifique pour 9 prélèvements de 76 espèces varie par prélèvement de 0,1 m<sup>2</sup> de 24 à 42 espèces ;
- Les abondances au m<sup>2</sup> varient d'environ 620 à 1600 individus par m<sup>2</sup> pour une valeur moyenne avec son intervalle de confiance à 95 % d'environ 1154 ± 27 individus par m<sup>2</sup> ;
- Les six espèces les plus abondantes sont les annélides *Euclymene* sp. et *Notomastus latericeus*, les mollusques *Varicorbula gibba*, *Kurtiella bidentata* et *Cylichna cylindracea* et l'arthropode *Ampelisca spinimana*. Il faut noter cette année la présence de seulement 2 individus vivant de *Crepidula fornicata* dans les prélèvements, une chute de leur abondance est observée depuis 2015 malgré une faible quantité de coquilles mortes présentes ;
- Au moins 21 espèces sont rares (peu représentées) avec un seul individu collecté sur la station parmi lesquels 5 annélides polychètes, 4 arthropodes, 1 bryzoaire, 1 chordé, 3 échinodermes, 6 mollusques et 1 phoronis.

**Tableau 11** : Richesse et abondances spécifiques de la station et pour chaque répliat.

Richesse spécifique	SUBTIDALE 0.1 m <sup>2</sup>	26	31	42	30	24	28	38	28	32	76		21	28%
MOIS_STA	avril	1510	1300	1070	1600	960	620	1230	940	1160	1154	±	26	
CODE_ANNEE	2021													

Somme de DENSITE_STA		NOM_STA CODE_REPLICAT										Total	
		Boyardville SM											
PHYLUM_ESPECE	GENRE_ESPECE	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
Annelida	<i>Alitta succinea</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	1	3	0,5%	
	<i>Ampharete lindstroemi</i>	1	1	0	3	0	0	0	1	0	6	0,9%	
	<i>Capitella sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,2%	
	<i>Euclymene sp.</i>	8	8	4	1	1	1	7	4	1	35	5,4%	
	<i>Eumida sanguinea</i>	0	1	1	0	0	0	0	0	0	2	0,3%	
	<i>Glycera tridactyla</i>	1	1	4	5	0	0	1	1	4	17	2,6%	
	<i>Glycera unicornis</i>	0	0	0	0	1	1	1	1	2	6	0,9%	
	<i>Heteromastus filiformis</i>	1	2	2	2	3	7	2	2	8	29	4,4%	
	<i>Labioleanira yhleni</i>	0	2	0	1	4	1	3	1	1	13	2,0%	
	<i>Lagis koreni</i>	0	2	1	0	0	1	0	1	0	5	0,8%	
	<i>Magelona alleni</i>	0	1	2	0	0	0	0	0	0	3	0,5%	
	<i>Malmgrenia andreapolis</i>	2	2	1	1	3	1	2	0	0	12	1,8%	
	<i>Melinna palmata</i>	2	0	1	0	0	0	1	1	0	5	0,8%	
	<i>Neoamphitrite edwardsii</i>	0	2	1	0	0	1	0	2	0	6	0,9%	

### Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

	<i>Nephtys sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,2%
	<i>Notomastus latericeus</i>	23	29	17	16	11	17	23	24	25	185	28,3%
	<i>Owenia fusiformis</i>	0	0	1	0	0	2	0	1	0	4	0,6%
	<i>Phyllodoce lineata</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,2%
	<i>Podarkeopsis capensis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0,3%
	<i>Polycirrus sp.</i>	0	1	0	0	0	2	1	1	4	9	1,4%
	<i>Pseudopolydora antennata</i>	0	0	1	0	0	2	0	0	2	5	0,8%
	<i>Sabella pavonina</i>	0	0	1	2	0	0	0	0	0	3	0,5%
	<i>Sabellaria spinulosa</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
	<i>Spiochaetopterus costarum</i>	6	0	6	2	0	2	4	0	2	22	3,4%
	<i>Spirobranchus lamarcki</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
Arthropoda	<i>Ampelisca brevicornis</i>	0	0	0	0	0	1	2	0	1	4	0,6%
	<i>Ampelisca sp.</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,2%
	<i>Ampelisca spinimana</i>	4	9	1	5	8	0	30	9	2	68	10,4%
	<i>Amphibalanus improvisus</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,3%
	<i>Asthenognathus atlanticus</i>	1	2	1	4	2	1	2	0	2	15	2,3%
	<i>Atelecyclus rotundatus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
	<i>Diastylis laevis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
	<i>Harpinia antennaria</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0,3%
	<i>Pagurus sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,2%
	<i>Photis longicaudata</i>	0	0	0	0	0	1	2	0	0	3	0,5%
	<i>Pinnotheres pisum</i>	0	1	0	0	1	1	1	1	3	8	1,2%
Bryozoa	<i>Alcyonidium parasiticum</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0,3%
	<i>Electra pilosa</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,2%
Chordata	<i>Molgula sp.</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
Cnidaria	Anthozoa	0	1	0	0	0	0	1	0	0	2	0,3%
	<i>Edwardsia claparedii</i>	0	2	1	1	0	0	0	0	0	4	0,6%
	<i>Obelia sp.</i>	0	1	1	0	0	0	1	0	0	3	0,5%
Echinodermata	<i>Amphiura filiformis</i>	3	0	0	3	0	0	1	1	0	8	1,2%
	<i>Echinocardium cordatum</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2	0,3%
	<i>Leptosynapta galliennii</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,2%
	<i>Leptosynapta inhaerens</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0,3%
	<i>Oestergrenia digitata</i>	2	2	1	3	5	2	1	0	4	20	3,1%
	<i>Ophiura albida</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,2%
	<i>Ophiura ophiura</i>	0	0	1	0	1	0	1	2	1	6	0,9%

### Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

	<i>Paraleptopentacta elongata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,2%
Mollusca	<i>Abra nitida</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,2%
	<i>Acanthocardia paucicostata</i>	1	1	2	3	2	0	1	1	3	14	2,1%
	<i>Aequipecten opercularis</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,3%
	<i>Antalis novemcostata</i>	0	0	1	3	8	1	3	0	0	16	2,4%
	<i>Calyptrea chinensis</i>	0	0	2	2	1	1	1	0	3	10	1,5%
	<i>Chamelea striatula</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3	0,5%
	<i>Crepidula fornicata</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2	0,3%
	<i>Cylichna cylindracea</i>	13	4	4	5	1	2	5	4	2	40	6,1%
	<i>Euspira catena</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,2%
	<i>Hyla vitrea</i>	0	4	0	0	12	0	0	6	6	28	4,3%
	<i>Kurtiella bidentata</i>	28	4	4	56	12	0	7	0	6	117	17,9%
	<i>Lutraria sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,2%
	<i>Melanella alba</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
	<i>Mimachlamys varia</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
	<i>Nucula nitidosa</i>	10	4	2	5	4	2	1	1	1	30	4,6%
	<i>Ocenebra erinaceus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0,2%
	<i>Philine aperta</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0,3%
	<i>Spisula subtruncata</i>	3	2	0	11	2	1	1	0	2	22	3,4%
	<i>Tritia reticulata</i>	1	0	0	0	0	1	0	1	0	3	0,5%
	<i>Tritia varicosa</i>	4	2	6	0	1	2	2	2	1	20	3,1%
<i>Turritellinella tricarinata</i>	0	0	0	1	1	0	2	0	1	5	0,8%	
	<i>Varicorbula gibba</i>	28	32	20	17	9	5	5	19	20	155	23,7%
Nemertea	<i>Lineus sp.</i>	2	1	1	1	0	0	1	0	2	8	1,2%
	Nemertea	3	1	0	0	0	0	0	0	0	4	0,6%
	<i>Tubulanus polymorphus</i>	1	4	1	2	2	0	1	1	2	14	2,1%
Phoronida	<i>Phoronis sp.</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,2%

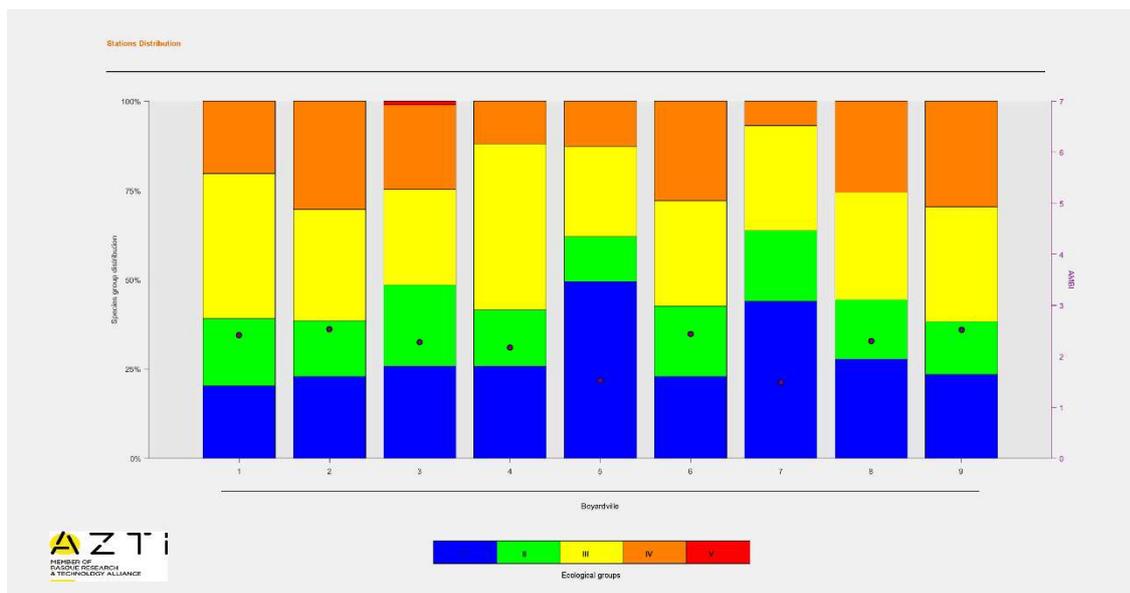
#### 4.2.1.2. Analyse statut écologique biologique selon M-AMBI

Parmi les 74 taxons retenus individus recensés, 29 % appartiennent au groupe écologique I des espèces sensibles, 17 % au groupe II, 34 % au groupe III, 20 % au groupe IV et aucun au groupe V des espèces opportunistes de premier ordre (Figure 22).

L'indice AMBI est de 2,176 avec une diversité de 4,57.

Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 9 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 1,00 suggérant un très bon état écologique biologique.

**La valeur définitive de cet indicateur sera fournie par l'évaluation Ifremer reportée dans l'Atlas DCE Adour-Garonne.**

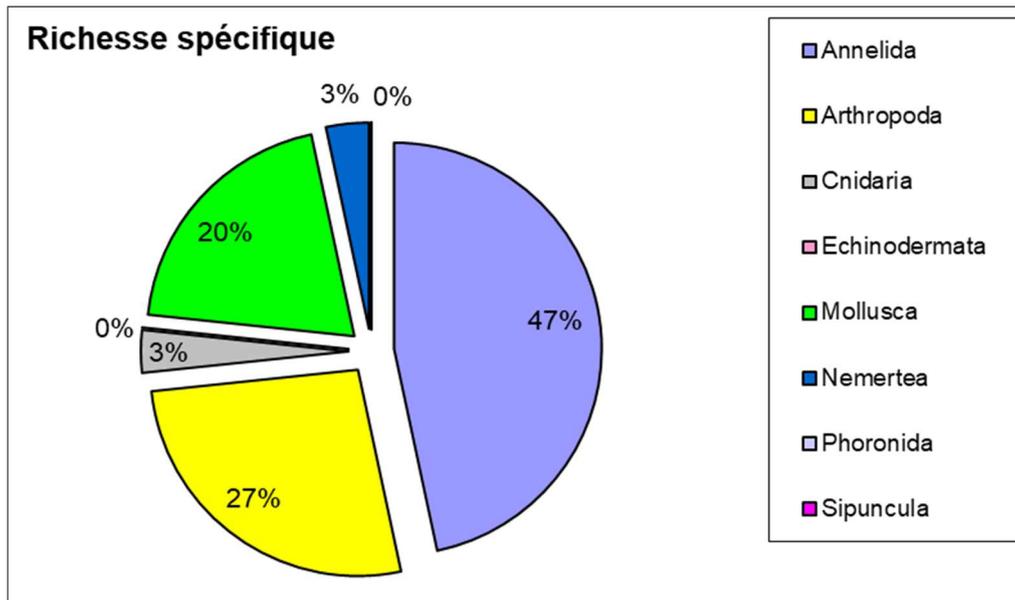


**Figure 22** : Proportion des groupes écologiques dans les 9 répliquats (1 à 9 en abscisse et pourcentage en ordonnées). Source AZTI logiciel AMBI 6.0.

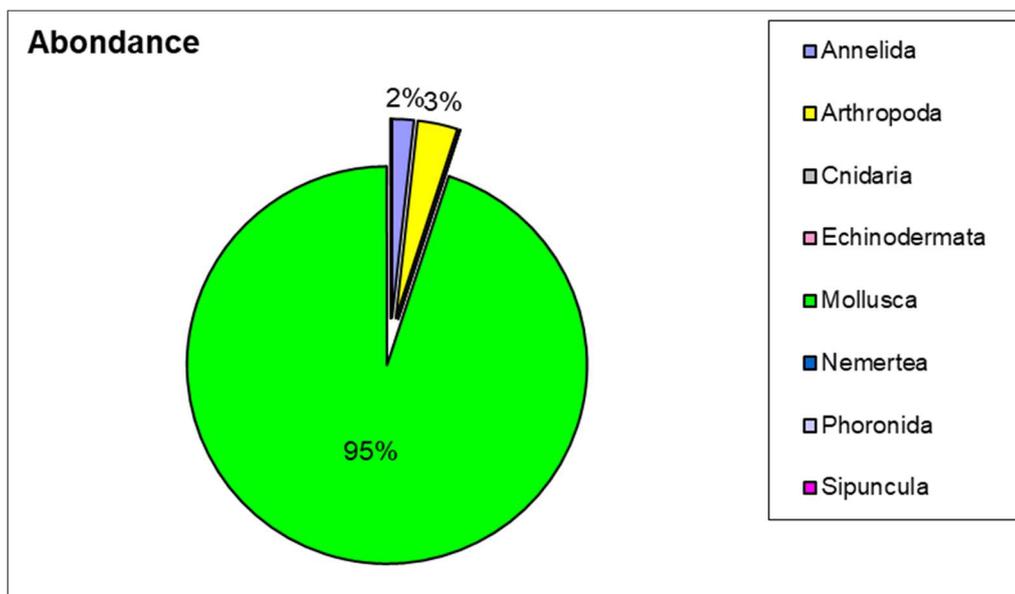
## 4.2.2 - Les Doux int HZN

### 4.2.2.1. Richesse spécifique et abondance spécifique

La richesse spécifique totale obtenue en sommant les 9 réplicats est de 30 taxons qui se répartissent en 3 embranchements dominants sur les 5 présents avec 47 % d'annélides, 27 % d'arthropodes et 20 % de mollusques (**Figure 23**). Les mollusques sont les plus abondants avec en moyenne 95 % des abondances (une seule espèce très abondante *Peringia ulvae*) suivis des arthropodes et des annélides avec respectivement 2 et 3 % des abondances (**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 prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

L'analyse succincte du **Tableau 12** des richesses et abondances spécifiques montre que :

- La richesse spécifique pour 9 prélèvements de 30 espèces varie par prélèvement de 0,029 m<sup>2</sup> de 10 à 14 espèces;
- Les abondances au m<sup>2</sup> varient d'environ 1003 à 25276 individus par m<sup>2</sup> pour une valeur moyenne avec son intervalle de confiance à 95 % d'environ 17517 ± 5256 individus par m<sup>2</sup> ;
- Les deux espèces les plus abondantes sont les mollusques *Perengia ulvae* (91 %) et *Scrobicularia plana* (4 %).
- Au moins 11 espèces sont rares avec un seul individu collecté sur la station parmi lesquels 6 annélides polychètes, 1 arthropodes, 3 mollusques et 1 néemerte.

**Tableau 12** : Richesse et abondances spécifiques

Richesse spécifique	INTERTIDALE 0.029 m <sup>2</sup>	11	11	10	14	12	13	10	13	11	30		11	37%
MOIS_STA	avril	20414	25276	15241	12862	1886	2328	1059	1003	2110	17517	±	5256	
CODE_ANNEE	2021													

Somme de DENSITE_STA		NOM_STA CODE_REPLICAT										Total	
		Les Doux int HZN											
PHYLUM_ESPECE	GENRE_ESPECE	A1	A2	A3	B1	B2	B3	C1	C2	C3			
Annelida	<i>Alitta succinea</i>	0	0	0	0	1	1	0	0	1	3	0,1%	
	<i>Capitella sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0%	
	CIRRATULIDAE	1	1	0	3	0	4	0	4	0	13	0,3%	
	<i>Leiochone leiopygos</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,0%	
	<i>Galathowenia oculata</i>	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0,0%	
	<i>Glycera tridactyla</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0%	
	<i>Glycera unicornis</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0%	
	<i>Heteromastus filiformis</i>	1	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0,0%	
	<i>Marphysa sanguinea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0,0%	
	<i>Notomastus latericeus</i>	0	0	0	13	0	1	1	5	0	20	0,4%	
	OLIGOCHAETA	0	0	0	0	0	1	1	2	0	4	0,1%	
	<i>Pseudopolydora antennata</i>	0	1	0	14	4	0	0	5	1	25	0,5%	
	Spionidae	1	1	1	1	1	0	0	0	0	5	0,1%	
	<i>Streblospio sp.</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0,0%	
Arthropoda	<i>Carcinus maenas</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0,0%	
	<i>Corophium arenarium</i>	1	3	2	0	1	5	0	0	0	12	0,3%	
	<i>Crangon crangon</i>	0	0	1	1	0	2	0	0	1	5	0,1%	

### Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

	<i>Dolichopodidae</i>	4	4	1	3	4	7	0	1	0	24	0,5%
	<i>Grandidierella japonica</i>	7	7	4	2	4	3	3	6	4	40	0,9%
	<i>Idotea chelipes</i>	5	4	4	1	4	2	15	13	4	52	1,1%
	<i>Lekanesphaera monodi</i>	0	2	4	0	0	2	0	1	0	9	0,2%
	<i>Mysida</i>	0	0	0	0	0	0	1	1	3	5	0,1%
Cnidaria	<i>Cereus pedunculatus</i>	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	0,0%
Mollusca	<i>Lepidochitona cinerea</i>	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0,0%
	<i>Macoma balthica</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0,0%
	<i>Peringia ulvae</i>	536	672	400	328	520	640	260	228	576	4160	91,0%
	<i>Retusa truncatula</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,0%
	<i>Ruditapes philippinarum</i>	2	1	0	1	4	0	0	0	1	9	0,2%
	<i>Scrobicularia plana</i>	33	37	24	3	2	6	23	23	18	169	3,7%
Nemertea	Nemertea	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0,0%

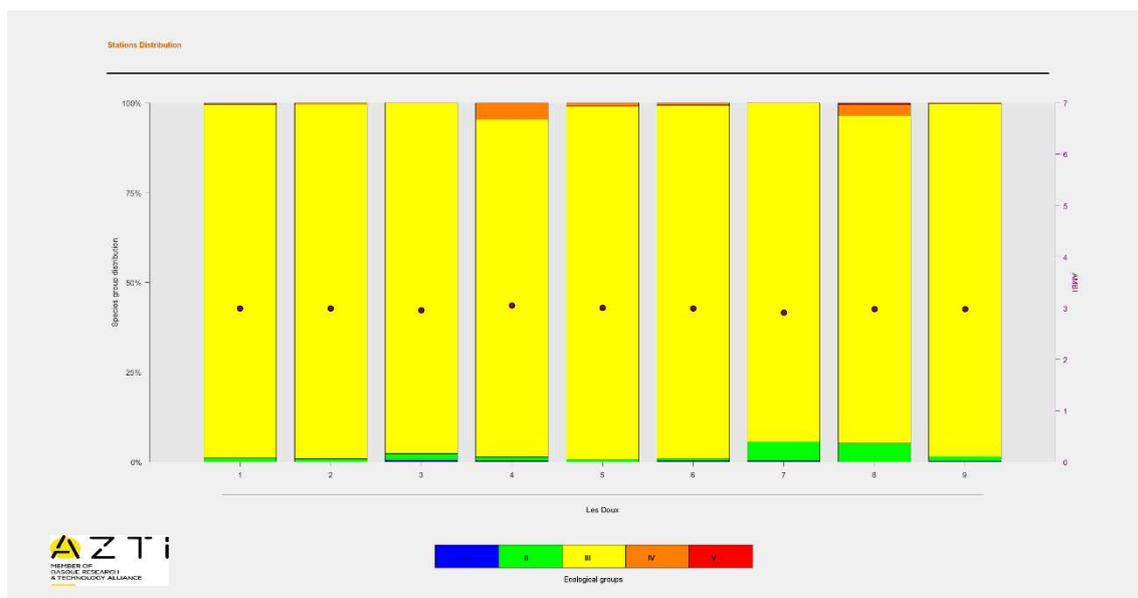
#### 4.2.2.2. Analyse statut écologique biologique selon M-AMBI

Parmi les 28 taxons retenus, 0,2 % appartiennent au groupe écologique I des espèces sensibles, 2 % au groupe II, 97 % au groupe III, 1 % au groupe IV et aucun du groupe V des espèces opportunistes de premier ordre (**Figure 25**). Il faut remarquer également ici l'effet des hydrobies, *Peringia ulvae*, qui masquent par leur abondance les proportions des autres groupes écologiques. Sans leurs présences 18,5 % des individus recensés appartiendraient au groupe écologique II par exemple (**Figure 26**).

L'indice AMBI est de 2,983 avec une diversité de 0,67 pour 28 taxons retenus.

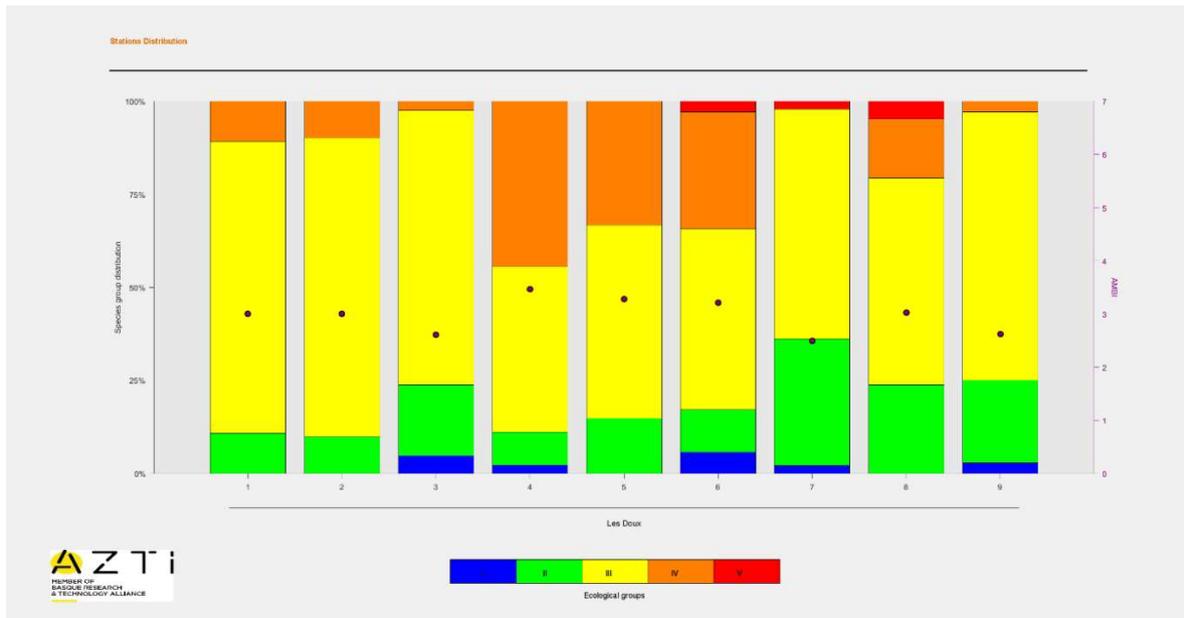
Le calcul de l'indice M-AMBI réalisé sur le regroupement des 9 réplicats par station et avec comme condition de référence une station de sables fins intertidaux (1, 4, 35) fournit une valeur de 1 suggérant un très bon état écologique biologique.

**La valeur définitive de cet indicateur sera fournie par l'évaluation Ifremer reportée dans l'Atlas DCE Adour-Garonne.**



**Figure 25** : Proportion des groupes écologiques dans les 9 réplicats (1 à 9 en abscisse et pourcentage en ordonnées). Source AZTI logiciel AMBI 6.0.

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques



**Figure 26 :** Proportion des groupes écologiques dans les 9 réplicats (1 à 9 en abscisse et pourcentage en ordonnées) sans *Peringia ulvae*. Source AZTI logiciel AMBI 6.0.

## 5 - Bilan sur le statut écologique

L'évaluation de l'état écologique biologique sur l'élément de qualité « Invertébrés benthiques de substrats meubles » pour les années 2015 - 2020 est soit en moyenne BON pour la station Les Doux int HZN et TRES BON en moyenne pour les stations, Bellevue et Boyardville SM.

**Tableau 13** : Ratio de qualité écologique pour les stations, Boyardville SM et Les Doux int HZN de 2015 à 2020. Sources Atlas DCE Adour-Garonne.

Sables fins plus ou moins envasés intertidaux

Libellé point	Date	Identifiant point	Nb répliques	Surface (m²)	Richesse	Diversité	AMBI*	M-AMBI*
Les Doux int HZN	29/04/2016	60000920	9	0.261	28	0.99	2.89	0.49
Les Doux int HZN	12/04/2017	60000920	9	0.261	31	2.39	3.1	0.61
Les Doux int HZN	18/04/2018	60000920	9	0.261	30	1.69	2.98	0.55
Les Doux int HZN	17/04/2019	60000920	9	0.261	30	0.84	2.94	0.47
Les Doux int HZN	20/05/2020	60000920	9	0.261	33	0.91	2.98	0.48

Sables fins plus ou moins envasés subtidaux

Libellé point	Date	Identifiant point	Nb répliques	Surface (m²)	Richesse	Diversité	AMBI*	M-AMBI*
Boyardville SM	01/04/2015	60002857	9	0.9	59	4.5	1.65	0.96
Boyardville SM	01/04/2016	60002857	9	0.9	46	3.19	2.78	0.7
Boyardville SM	04/04/2017	60002857	9	0.9	65	3.76	2.87	0.76
Boyardville SM	10/04/2018	60002857	9	0.9	57	4.11	2	0.88
Boyardville SM	01/04/2019	60002857	9	0.9	59	2.88	3.09	0.66
Boyardville SM	18/05/2020	60002857	9	0.9	57	3.21	2.99	0.69

Grille de lecture du M-AMBI	[1-0,77[	[0,77-0,53[	[0,53-0,39[	[0,39-0,2[	[0,2-0]
Etat écologique	TRES BON	BON	MOYEN	MEDIOCRE	MAUVAIS

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

Les résultats provisoires 2019 indiquaient :

- Pour les stations Les Doux int HZN et Boyardville SM, et Bellevue avec des RQE respectivement de 0,58, 0,77 et 0,90 suggèrent des états écologiques respectivement BON TRES BON et TRES BON et en moyenne un état écologique BON.

Les résultats provisoires 2020 indiquaient :

- Pour les stations Les Doux int HZN et Boyardville SM, des RQE respectivement de 0,60 et 0,82 suggèrent individuellement des états écologiques respectivement BON et TRES BON et en moyenne un état écologique BON ; ce qui est concordant avec la série chronologique obtenue de 2013 à 2019. Les écarts de valeurs RQE et par conséquent les écarts d'état écologique observés entre ces trois stations sont le reflet de la composition faunistique propre à chaque station, la présence en très fortes abondances des hydrobies *Peringia ulvae* sur les stations à *Zostera noltei* des Doux et de temps en temps sur Bellevue expliquant les plus faibles valeurs du RQE. Un état écologique plus faible en est déduit mais sans que cela soit le reflet d'autre chose que la variabilité naturelle liée à la composition faunistique.

Les résultats provisoires 2021 indiquent :

- Pour les stations Les Doux int HZN et Boyardville SM, des RQE respectivement de 0,55 et 1,05 suggèrent individuellement des états écologiques respectivement BON et TRES BON et en moyenne un état écologique TRES BON ; ce qui est concordant avec la série chronologique obtenue de 2013 à 2019. Les écarts de valeurs RQE et par conséquent les écarts d'état écologique observés entre ces trois stations sont le reflet de la composition faunistique propre à chaque station, la présence en très fortes abondances des hydrobies *Peringia ulvae* sur les stations à *Zostera noltei* des Doux et de temps en temps sur Bellevue expliquant les plus faibles valeurs du RQE. Un état écologique plus faible en est déduit mais sans que cela soit le reflet d'autre chose que la variabilité naturelle liée à la composition faunistique.

## **6 - Bilan du temps agent**

La réalisation des analyses biologiques et sédimentaires sur les suivis de la surveillance DCE 2020 de la masse d'eau « FRFC02 Pertuis Charentais » a mobilisé (**Tableau 14**) :

- 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 ;
- 3 personnes-jour pour les analyses granulométriques et teneur en matière organique ;
- 5 personnes jour pour le lavage et tri faunistique ;
- 10 personnes-jour pour les déterminations faunistiques et validation ;
- 4 personnes jour pour la saisie des données, vérification sous tableau et Quadrigé
- 3 personnes jour pour la rédaction.

**Tableau 14** : Effort en personne-jour pour chacune des opérations afférentes au contrôle de surveillance 2020 pour l'élément de qualité « invertébrés benthiques » des stations « Boyardville SM », et « Les Doux int HZN ».

<b>Opération</b>	<b>Nombre (personne-jour)</b>
Préparation opération à la mer	<b>1</b>
Opération à la mer	<b>5</b>
Granulométrie + matière organique	<b>3</b>
Lavage + tri faunistique	<b>5</b>
Déterminations taxinomiques, validation & qualification taxinomique	<b>10</b>
Saisie données, validation fichier	<b>3</b>
Saisies Quadrigé <sup>2</sup> (métadonnées, données)	<b>1</b>
Rédaction	
- rapports intermédiaires	<b>1</b>
- rapport final	<b>2</b>
<b>Total</b>	<b>31</b>

Au total la réalisation des prélèvements, leur analyse sédimentaire et faunistique et leur saisie avec validation a mobilisé un effort de 31 personnes jour. Cela correspond en équivalent temps plein de 20 jours ouvrés par mois à un total de 1,5 mois de travail à temps plein pour une seule personne, soit environ 3 semaines d'acquisition et traitement de données par station de suivi.

## 7 - Bilan des saisies dans la base Quadrigé<sup>2</sup>

La saisie des métadonnées des stations Boyardville SM et Les Doux int HZN est à jour de 2020 y compris la saisie des photos exposant les opérations à la mer et la qualification des prélèvements.

La saisie des données 2020 de ces deux stations a été réalisée avec succès grâce au fichier de reprise Q<sup>2</sup> (Pothier 2013).

Les données de macrofaune ont été pré-contrôlées pour la taxinomie mais tout comme les données granulométriques et de taux de matière organique elles doivent être finalement contrôlées et validées dans la base Quadrigé<sup>2</sup> (**Tableau 15**).

**Tableau 15** : Bilan des saisies des métadonnées et données dans Quadrigé<sup>2</sup>

codification des couleurs : ■ Saisies, contrôlées et validées, ■ Saisies, contrôlées, ■ Saisies (non contrôlées, non validées),

□ A saisir, Hors DCE, \* Saisies des granulo/MO/Photos (*contrôlées & validée*), case vide pas de suivi DCE prévu au RCS.

Programme	Masse Eau	Lieu libellé	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
Faune	FRFC02	Boyardville SM		■ ■	■ *	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■
Faune	FRFC02	Bellevue		■ ■	■	■	■		■	■			■	■	■	■		
Faune	FRFC02	Les Doux int HZN		■ ■	■	■			■				■	■	■	■	■	■
Faune	FRFC01	Malconche		■ ■	■ *	■		□ *	■				■	■		■		

## 8 - 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). Ifremer, Arcachon, RST/LER/MPL/12.17: 20 pp.
- Auby I., Sauriau P.-G., Oger-Jeanneret H., Hily C., Dalloyau S., Rollet C., Trut G., Fortune M., Plus M. & Rigouin L. (2014). Protocoles de suivi stationnel des herbiers à zostères pour la Directive Cadre sur l'Eau (DCE). *Zostera marina - Zostera noltii*. Version 2. Ifremer, RST/LER/MPL/14.01, Arcachon, RST/LER/MPL/14.01: 42 pp.
- Bald J., Borja A., Muxika I., Franco J. & Valencia V. (2005). Assessing reference conditions and physico-chemical status according to the European Water Framework Directive: A case-study from the Basque Country (Northern Spain). *Marine Pollution Bulletin*, 50: 1508-1522.
- Barillé-Boyer A.-L., Barillé L., Massé H., Razet D. & Héral M. (2003). Correction for particulate organic matter as estimated by loss on ignition in estuarine ecosystems. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 58: 147-153.
- Bellan-Santini D. & Dauvin J.-C. (1988). Actualisation des données sur l'écologie, la biogéographie et la phylogénie des Ampeliscidae (crustacés - amphipodes) atlantiques après la révision des collections d'E. Chevreux. In : *Aspects Récents de la Biologie des Crustacés*. Concarneau: Ifremer. 8: pp. 207-216.
- Blott S. J. & Pye K. (2001). Gradstat: a grain size distribution and statistics package for the analysis of unconsolidated sediments. *Earth Surface Processes and Landforms*, 26: 1237-1248.
- Borja A., Franco J. & Pérez V. (2000). A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40: 1100-1114.
- Borja A., 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.
- 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. & 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. & Mader J. (2008). Instructions for the use of the AMBI index software (version 4.1). AZTI-Tecnalia ([www.azti.es](http://www.azti.es)), 13 pp.
- Borja A., Mader J., Muxika I., 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: 1377-1379.
- Borja Á., Mader J. & Muxika I. (2012). Instructions for the use of the AMBI index software (Version 5.0). *Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia*, 19: 71-82.
- Chambers S. J. & Muir A. I. (1997). Polychaetes: British Chrysopetaloidea, Pisionoidea and Aphroditoidea. Synopses of the British Fauna (New Series). Barnes R. S. K. & Crothers J. H., (eds), Vol. 54, Field Studies Council, Shrewsbury: 202 pp.
- Chassé C. & Glémarec M. (1976). Atlas du littoral français. Atlas des fonds meubles du plateau continental du golfe de Gascogne. Cartes biosédimentaires, C.N.E.X.O., I.C.A., Brest: 28 pp.

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

- Cojan I. & Renard M.** (1999). Sédimentologie. 2<sup>e</sup> Cycle. Capes. Agrégation, Dunod, Paris: 418 pp.
- Dauvin J.-C. & Bellan-Santini D.** (1988). Illustrated key to *Ampelisca* species from the North-Eastern Atlantic. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 68: 659-676.
- Dauvin J.-C. & Bellan-Santini D.** (1996). *Ampeliscidae* (Amphipoda) from the Bay of Biscay. *Journal of Crustacean Biology*, 16: 149-168.
- Dauvin J.-C. & Bellan-Santini D.** (2002). Les crustacés Amphipodes Gammaridea benthiques des côtes françaises métropolitaines: bilan des connaissances. *Crustaceana*, 73: 299-340.
- 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.
- de Montaudouin X. & Sauriau P.-G.** (2000). Contribution to a synopsis of marine species richness in the Pertuis Charentais Sea with new insights in soft-bottom macrofauna of the Marennes-Oléron Bay. *Cahiers de Biologie Marine*, 41: 181-222.
- Degraer S., Wittoeck J., Appeltans W., Cooreman K., Deprez T., Hillewaert H., Hostens K., Mees J., Vanden Berghe E. & Vincx M.** (2006). L'atlas du macrobenthos de la partie belge de la mer du Nord, Politique scientifique fédérale, Bruxelles: 164 pp.
- Emig C. C.** (1979). British and other Phoronids. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 13, Academic Press, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association, London: 57 pp.
- Fauvel P.** (1923). Faune de France. Polychètes errantes. 1er ed. Office Central de Faunistique, (ed.) Vol. 5, Librairie de la Faculté des Sciences, Paris: 488 pp.
- Fauvel P.** (1927). Faune de France. Polychètes sédentaires. 1er ed. Office Central de Faunistique, (ed.) Vol. 16, Lechevalier, P., Paris: 492 pp.
- Frontier S. & Pichod-Viale D.** (1991). Ecosystèmes : structure, fonctionnement et évolution. Collection d'écologie Vol. 21, Masson, Paris: 392 pp.
- Garcia A., Desroy N., Le Mao P. & Miossec L.** (2014). Protocole de suivi stationnel des macroinvertébrés benthiques de substrats meubles subtidiaux et intertidaux dans le cadre de la DCE - Façades Manche et Atlantique. Rapport AQUAREF. Ifremer, Rapport AQUAREF: 13 pp.
- George J. D. & Hartmann-Schröder** (1985). Polychaetes: British Amphinomida, Spintherida & Eunicida. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 32, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W., London: 221 pp.
- Gibbs P. E.** (2001). Sipunculans. Synopses of the British Fauna (New Series). Crothers J. H. & Hayward P. J., (eds), Vol. 12 (Revised), Field Studies Council, Shrewsbury: 46 pp.
- Gibson R.** (1994). Nemerteans. Synopses of the British Fauna (New Series). Barnes R. S. K. & Crothers J. H., (eds), Vol. 24 (Second Edition), Field Studies Council, Shrewsbury: 224 pp.
- Glémarec M.** (1968). Pélécy-podes marins de la côte atlantique française. In. Laboratoire de Zoologie, Brest : pp. 21.
- Graham A.** (1988). Molluscs: Prosobranch and Pyramidellid Gastropods. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 2 (Second Edition), The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W., Leiden: 662 pp.

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

- Grall J. & Glémarec M.** (2003). L'indice d'évaluation de l'endofaune côtière I2EC. *In : Bioévaluation de la qualité environnementale des sédiments portuaires et des zones d'immersion*. Alzieu C. (ed.) Editions Ifremer, Plouzané, pp. 51-86.
- Hartmann-Schröder G.** (1971). Annelida, Borstenwürmer, Polychaeta. Die tierwelt Deutschlands und der angrenzenden Meeresteile nach ihren Merkmalen und nach ihrer Lebensweise Vol. 58, Veb Gustav Fischer Verlag, Jena: 594 pp.
- Hayward P. J. & Ryland J. S.** (1990a). The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe. Volume 1. Introduction and Protozoans to Arthropods Vol. 1, Oxford University Press, Oxford: 1-627 pp.
- Hayward P. J. & Ryland J. S.** (1990b). The Marine Fauna of the British Isles and North-West Europe. Volume 2. Molluscs to Chordates Vol. 2, Oxford University Press, Oxford: 628-996 pp.
- Hily C.** (1976). Ecologie benthique des pertuis Charentais. Thèse de Doctorat de 3<sup>ème</sup> Cycle, Université de Bretagne Occidentale : 236 pp.
- Hily C.** (1984). Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hypertrophiques de la rade de Brest. Université de Bretagne Occidentale : Vol. 1 : 359 & Vol. 2 : 337 pp.
- Houart R.** (2001). A review of the recent Mediterranean and Northeastern Atlantic species of Muricidae, 227, Milan: 227 pp.
- Ingle R. W.** (1996). Shallow-water crabs. Second Edition ed. Synopses of the British Fauna (New Series). Barnes R. S. K. & Crothers J. H., (eds), Vol. 25, Field Studies Council, Shrewsbury: 243 pp.
- Ingle R. W. & Christiansen M. E.** (2004). Lobsters, mud shrimps and anomuran crabs. Synopses of the British Fauna (New Series). Crothers J. H. & Hayward P. J., (eds), Vol. 55, Field Studies Council, Shrewsbury: 271 pp.
- Jones A. M. & Baxter J. M.** (1987). Molluscs: Caudofoveata, Solenogastres, Polyplacophora and Scaphopoda. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 37, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W., London: 123 pp.
- Manuel R. L.** (1988). British Anthozoa (Coelenterata: Octocorallia & Hexacorallia). Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 18 (revised), The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association, Leiden: 241 pp.
- Martin J.** (2011). Les invertébrés marins du golfe de Gascogne à la Manche orientale. Guide pratique, Éditions Quae, Versailles: 299 pp.
- Mauchline J.** (1984). Euphausiid, Stomatopod and Leptostracan Crustaceans. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 30, The Linnean Society of London & The Estuarine and Brackish-Water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W., London: 91 pp.
- Millar R. H.** (1969). Catalogue of main marine fouling organisms (found on ships coming into European waters). Ascidiens of European waters Vol. 4, Organisation de Coopération et de Développement Economiques, Paris: 34 pp.
- Millar R. H.** (1970). British Ascidiens. Synopses of the British Fauna (New Series). London T. L. S. o., (ed.) Vol. 1, Academic Press, London and New York: 88 pp.
- Muxika I., Borja A. & Bald J.** (2007). Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 16-29.
- Naylor E.** (1972). British Marine Isopods. Synopses of the British Fauna (New Series) Vol. 3, Linnean Society of London & Academic Press, London & New York: 90 pp.
- Pleijel F.** (1988). Phyllodoce (Polychaeta, Phyllodocidae) from Northern Europe. *Zoologica Scripta*, 17: 141-153.

## Contrat de prestations Ifremer 2021 : invertébrés benthiques

- Pleijel F. & Dales R. P.** (1991). Polychaetes: British Phyllodoceideans, Typhloscolecoideans and Tomopteroideans. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 45, Universal Book Services / Dr. Backhuys, W., Oegstgeest, The Netherlands: 202 pp.
- Poppe G. T. & Goto Y.** (1991). European seashells. Vol. I. (Polyplacophora, Caudofoveata, Solenogastrea, Gastropoda) Vol. 1, Verlag Christa Hemmen, Wiesbaden: 352 pp.
- Poppe G. T. & Goto Y.** (1993). European seashells. Vol. II (Scaphopoda, Bivalvia, Cephalopoda) Vol. 2, Christa Hemmen Verlag, Wiesbaden: 221 pp.
- Pothier A.** (2013). Reprise automatique des résultats taxinomiques dans Quadriges<sup>2</sup>. Mode d'emploi pour l'élaboration et l'intégration du fichier Excel. Données Macrofaune (IM-SM). Ifremer, Quadriges<sup>2</sup>, Nantes, 25 pp.
- Rouse G. W. & Pleijel F.** (2001). Polychaetes, Oxford University Press, 354 pp.
- Ruellet T. & Dauvin J.-C.** (2008). Comments on Muxika *et al.* "Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive" [Marine Pollution Bulletin 55 (2007) 16-29]. *Marine Pollution Bulletin*, 56: 1234-1235.
- Shannon C. E.** (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 379-423.
- Smaldon G., Holthuis L. B. & Franssen C. H. J. M.** (1993). Coastal shrimps and prawns. Second ed. Synopses of the British Fauna (New Series). Barnes R. S. K. & Crothers J. H., (eds), Vol. 15, Field Studies Council, Shrewsbury: 142 pp.
- Southward E. C. & Campbell A. C.** (2006). Echinoderms. Synopses of the British Fauna (New Series). Crothers J. H. & Hayward P. J., (eds), Vol. 56, Field Studies Council, Shrewsbury: 272 pp.
- Tebble N.** (1966). British bivalve seashells. A handbook for identification, Trustees of the British Museum (Natural History), London: 212 pp.
- Thompson T. E.** (1988). Molluscs: benthic opisthobranchs (Mollusca: Gastropoda). Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 8 (Second Edition), Linnean Society of London & Estuarine & Brackish-water Sciences Association. Brill E.J. / Dr. Backhuys W., Leiden: 356 pp.
- Westheide W.** (1990). Polychaetes: interstitial families. Synopses of the British Fauna (New Series). Kermack D. M. & Barnes R. S. K., (eds), Vol. 44, Universal Book Services / Dr. Backhuys, W., Oegstgeest, The Netherlands: 152 pp.
- Wood C.** (2005). Seasearch guide to sea anemones and corals of Britain and Ireland, Marine Conservation Society, Ross-on-Wye: 128 pp.