



Université Bordeaux 1 - C.N.R.S.
UMR 5805 « EPOC »
Environnements et Paléoenvironnements
OCéaniques



C.N.R.S.– Ifremer - Université La Rochelle
UMR 6217 "CRELA"
Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux
Anthropisés



*Etude préliminaire de la macrofaune benthique des
masses d'eau côtières et de transition du District
Hydrographique Adour-Garonne*
Rapport Final – Novembre 2007

**Maud COTTET¹, Benoît GOUILLIEUX¹, Guy BACHELET¹,
Hugues BLANCHET¹, Xavier de MONTAUDOUIN¹,
Nicolas LAVESQUE¹, Michel LECONTE¹, Pierre-Guy SAURIAU²**



¹: **Station Marine d'Arcachon, ECOBIOC, UMR 5805 EPOC -Université Bordeaux 1 - CNRS**

²: **Centre de Recherche sur les Ecosystèmes Littoraux Anthropisés - UMR 6217 CRELA - CNRS-IFREMER-Université de La Rochelle.**

Sommaire

Introduction	1
1. Rappel sur les méthodes d'échantillonnage utilisées	2
1.1. Echantillonnage de la macrofaune invertébrée benthique des masses d'eau de transtion estuariennes.....	2
1.1.1. Choix du nombre de stations.....	2
1.1.2. Méthode d'échantillonnage en domaine intertidal.....	3
1.1.3. Méthode d'échantillonnage en domaine subtidal.....	4
1.1.4. Paramètres accompagnateurs.....	5
1.2. Echantillonnage de la macrofaune invertébrée benthique des masses d'eau côtière.....	6
2. Résultats par masse d'eau	8
2.1. Note importante sur la méthodologie : Réponse des indicateurs biotiques.....	8
2.2. Estuaire de la Charente (FRFT 01).....	9
2.2.1. Présentation du site.....	9
2.2.2. Stations échantillonnées.....	10
2.2.3. Macrofaune benthique associée.....	12
2.2.4. Réponse des indicateurs biotiques.....	13
2.3. Estuaire de la Seudre (FRFT 02).....	15
2.3.1. Présentation du site.....	15
2.3.2. Stations échantillonnées.....	15
2.3.3. Macrofaune benthique associée.....	17
2.3.4. Réponse des indicateurs biotiques.....	20
2.4. L'estuaire de l'Adour (Adour aval, FRFT07).....	22
2.4.1. Présentation du site.....	22
2.4.2. Stations échantillonnées.....	22
2.4.3. Macrofaune benthique associée.....	24
2.4.4. Réponse des indicateurs biotiques.....	26
2.5. L'estuaire de la Bidassoa (FRFT81).....	27
2.5.1. Présentation du site.....	27
2.5.2. Stations échantillonnées.....	27
2.5.3. Macrofaune benthique associée.....	29
2.5.4. Réponse des indicateurs biotiques.....	32
2.6. Le lac d'Hossegor (FRFC09).....	33

2.6.1. Présentation du site	33
2.6.2. Stations échantillonnées	35
2.6.3. Macrofaune benthique associée	35
2.6.4. Réponse des indices biotiques	38
3. Analyse des peuplements	41
3.1. Méthodologie.....	41
3.2. Peuplements intertidaux	42
3.2.1. Description des unités de peuplements	42
3.2.2. Structuration des unités de peuplements intertidales en fonction des variables environnementales	44
3.3. Peuplements subtidaux.....	45
3.3.1. Description des unités de peuplement.....	45
3.3.2. Structuration des unités de peuplements subtidales en fonction des variables environnementales	48
4. Impacts de l'utilisation d'une maille de tamis de 500 µm ou de 1 mm sur l'étude des assemblages benthiques dans le cadre de la DCE	50
4.1. Effet de la maille de tamisage sur les mesures de diversité	50
4.2. Effet de la maille de tamisage sur la mesure de l'abondance de la macrofaune	53
4.3. Effet de la maille de tamisage sur la structure des peuplements benthiques	53
4.4. Effet de la maille de tamisage sur les indices biotiques.....	56
4.5 Conclusions	57
Conclusion générale : Quelle stratégie de surveillance de la faune invertébrée benthique en milieu estuarien ?.....	60
Bibliographie.....	63

Introduction

Le présent rapport présente les résultats obtenus suite aux campagnes d'échantillonnage de la macrofaune benthique réalisées sur cinq masses d'eau côtières et de transition du district hydrographique Adour-Garonne. Il fait suite à un premier rapport (Cottet et al., 2006) dans lequel nous avons proposé, à partir d'une étude bibliographique, un premier protocole pour l'étude de la macrofaune benthique des eaux de transition en se basant sur les particularités de la macrofaune benthique et des techniques usuellement utilisées pour son étude.

Les objectifs particuliers de la présente étude étaient les suivants :

- obtenir et restituer des informations qualitatives et quantitatives sur la macrofaune benthique de ces cinq masses d'eau pour lesquelles ces données étaient quasiment absentes, trop anciennes et/ou uniquement d'ordre qualitatif ;
- proposer une méthodologie adaptée à l'étude de la macrofaune benthique spécifique aux masses d'eau de transition de nature estuarienne, notamment la pertinence de l'utilisation d'une maille de tamis de 500 μm pour échantillonner la macrofaune benthique des quatre masses d'eau de transition concernées par cette étude (estuaires de la Charente, de la Seudre, de l'Adour et de la Bidassoa) ;
- proposer une sélection de stations pour la réalisation de la surveillance DCE du paramètre « Faune Invertébrée Benthique » de ces masses d'eau.

Finalement, cette étude a également permis d'avoir un premier aperçu du potentiel et des limites de l'utilisation des indices biotiques développés pour l'application de la Directive Cadre Européenne sur l'Eau face aux particularités de la faune benthique des systèmes estuariens.

Le présent rapport expose les principaux résultats pour chacune des cinq masses d'eau concernées par cette étude puis propose une première analyse globale des peuplements intertidaux et subtidaux des masses d'eau de transition. La troisième partie présente une synthèse des résultats obtenus par l'utilisation comparée des mailles de 1 mm et de 500 μm . Enfin, la dernière partie du présent document est consacrée à une proposition de stratégie de surveillance et d'échantillonnage de la macrofaune benthique des eaux de transition estuariennes pour la DCE au regard des résultats obtenus lors de cette étude.

1. Rappel sur les méthodes d'échantillonnage utilisées

La stratégie d'échantillonnage a été justifiée et exposée dans le rapport précédent (Cottet et al., 2006), nous en rappellerons ici brièvement le principe pour les masses d'eau de transition estuarienne et pour les masses d'eau côtières.

1.1. Echantillonnage de la macrofaune invertébrée benthique des masses d'eau de transition estuariennes

1.1.1. Choix du nombre de stations

En raison de la paucispécificité de la faune invertébrée benthique estuarienne en zone oligohaline, **seules les zones mésohaline et polyhaline ont été prises en compte**. Cependant, la détermination de la limite des biocénoses peut poser problème. En effet, dans certains estuaires, la position des zones méso- et oligohaline n'est que très approximativement localisée. De plus, du fait de la stratification verticale des eaux (les eaux de fond sont plus salées), la limite amont des biocénoses peut être différente entre domaine intertidal et domaine subtidal. En conséquence, 2 stations d'échantillonnage ont été distribuées le long de chacune des zones mésohalines et polyhalines. La macrofaune benthique étant également structurée par l'émersion, **les deux domaines : subtidal et intertidal** ont été échantillonnés selon le schéma suivant (Figure 1) (Cottet et al., 2006).

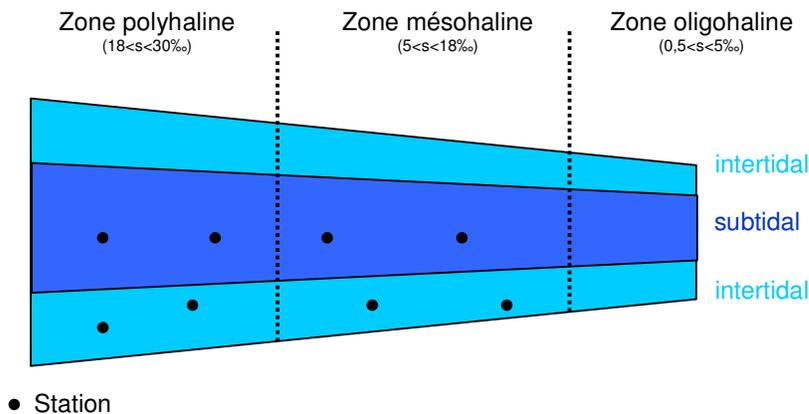


Figure 1 : Schéma de répartition des stations d'échantillonnage au sein d'une masse d'eau de transition estuarienne.

1.1.2. Méthode d'échantillonnage en domaine intertidal

En intertidal, les prélèvements de la macrofaune benthique doivent être effectués à un même niveau tidal, dans les estuaires où la surface des estrans est élevée. En effet, des variations d'abondance et de diversité peuvent être induites par la durée d'émersion (ex : Cottet et al., 2007). En conséquence, les échantillons ont été prélevés dans la partie inférieure de l'estran.

L'échantillonnage a consisté, dans chaque station, à prélever 10 échantillons à l'aide d'un carottier de 9 cm de diamètre (Tableau 1). La seule station intertidale échantillonnée selon une méthode différente est la station A de l'estuaire de la Bidassoa, en effet, par la présence d'un herbier à *Zostera noltii*, nous avons fait le choix de réaliser l'échantillonnage de cette station selon le protocole prévu par Guillaumont & Gauthier (2005). Cette méthodologie est exposée dans la section 1.2.

La macrofaune a été collectée en tamisant le sédiment sur une colonne composée d'un empilement de tamis de 1 mm et de 500 µm d'ouverture afin de pouvoir mettre en évidence l'effet de la maille de tamis sur la collecte des organismes. Ainsi les paramètres descriptifs des assemblages de macrofaune en usant d'un tamis de 500 µm correspondent à la somme des organismes récoltés sur les deux tamis utilisés.

Tableau 1

Synthèse de l'effort d'échantillonnage appliqué en domaine intertidal des masses d'eau de transition estuariennes*.

Domaine	Intertidal
Nombre de stations	2 stations en zone polyhaline 2 stations en zone mésohaline
Matériel de prélèvement	carottier
Surface unitaire	0,0063 m ² (9 cm de diamètre)
Nombre de prélèvements par station	10
Surface totale échantillonnée par station	0,063 m ²
Nombre total de prélèvements par masse d'eau	40
Surface totale échantillonnée par masse d'eau	0,252 m ²
Maille de tamis	0,5 mm et 1 mm

* la station A de l'estuaire de la Bidassoa a été échantillonnée selon un autre protocole en raison de la présence d'un herbier à *Zostera noltii*.

1.1.3. Méthode d'échantillonnage en domaine subtidal

En subtidal, les prélèvements ont été réalisés à l'étale de basse mer et/ou de haute mer afin de permettre une utilisation optimale des bennes.

Une benne de type van Veen (dimensions horizontales : 33 cm × 33 cm) a été utilisée pour l'échantillonnage de la plupart des stations subtidales. A chaque station 5 échantillons ont été prélevés et tamisés sur une colonne consistant en deux tamis emboîtés d'ouverture décroissante de 1 mm à 500 µm.

Cependant, la benne van Veen nécessitant l'utilisation d'une embarcation assez lourde, elle n'a pas pu être utilisée dans les zones trop peu profonde ou non accessible par de telles embarcations. Dans ces zones, une benne plus légère (benne eckman (dimensions horizontales : 15 cm × 15 cm)) a été utilisée. Cette benne étant trop légère pour fonctionner efficacement sur tous les substrats, celle-ci a été manipulée par des plongeurs professionnels à partir d'une embarcation légère (zodiac).

Afin de compenser la faible surface d'échantillonnage relative de cette benne, 10 échantillons unitaires ont été prélevés dans chaque station concernée. Le mode tamisage des échantillons prélevés était par ailleurs identique.

Les deux méthodes et les stations concernées sont exposées dans le [tableau 2](#).

Tableau 2

Synthèse sur les méthodes d'échantillonnage appliquées en domaine subtidal des masses d'eau de transition estuariennes.

Domaine	Subtidal	Subtidal
	Normalement accessible	Accessible uniquement aux embarcations légères
Stations concernées	<u>Adour</u> : stations A, B, C et D	<u>Bidassoa</u> : stations C et D
	<u>Bidassoa</u> : stations A et B	
Matériel de prélèvement	Benne van Veen	Benne Eckman
Surface unitaire	0,1 m ²	0,0225 m ²
Nombre de prélèvements par station	5	10
Surface totale échantillonnée par station	0,5 m ²	0,225 m ²
Maille de tamis	0,5 mm et 1 mm	

1.1.4. Paramètres accompagnateurs

Une étude du sédiment a donc été réalisée en accompagnement de l'analyse faunistique.

Pour cela une carotte ou une benne supplémentaire ont été prélevées au niveau de chaque station afin d'effectuer :

- une analyse granulométrique,
- une mesure de la teneur en matière organique.

Les analyses granulométriques ont été réalisées par un granulomètre laser (Malvern Master Sizer) au Département de Géologie et d'Océanographie (UMR 5805 EPOC, Talence) pour les sédiments fins (vases et sables présentant une médiane granulométrique apparente inférieure à 500 µm). Ces sédiments ont dû être préalablement tamisés sur maille de 500 µm afin de retirer d'éventuels débris grossiers pouvant handicaper la mesure.

Les sédiments plus grossiers ont été traités sur une colonne humide composée de l'empilement de tamis d'ouverture décroissante (1 mm, 500 µm, 250 µm, 125 µm et 63 µm). Auparavant, les échantillons ont été séchés à l'étuve (60°C) jusqu'à l'obtention d'un poids sec constant afin d'obtenir la masse de sédiment sec. Après passage de ce sédiment sur la colonne

humide, la masse des différentes classes granulométriques retenues correspondant au refus de chacun des tamis a été obtenues de la même manière. La médiane granulométrique des ces échantillons de sédiment a été obtenue selon une méthode graphique.

La teneur en **matière organique** du sédiment a été obtenue par **perte au feu**. Un échantillon sec de sédiment pré-pesé a été soumis à une température de 450 °C pendant 6 H. La teneur en matière organique correspond à la différence entre la masse de l'échantillon calciné et la masse de l'échantillon sec, le carbone lié à la matière organique ayant été volatilisé lors de la calcination.

- Les stations ont été **géoréférencées** à l'aide d'un GPS et leur position intégrées dans un système d'informations géographiques.
- Enfin, au niveau de chaque station, la **salinité** et la **température** du milieu ont été mesurées à l'aide d'une sonde multiparamètres.

1.2. Echantillonnage de la macrofaune invertébrée benthique des masses d'eau côtière

La méthode d'échantillonnage utilisée pour la surveillance DCE des masses d'eau côtières a été définie par Guillaumont et Gauthier (2005). La méthodologie utilisée est donc directement tirée de ce guide. Elle concerne le lac marin d'Hossegor et la partie intertidale aval de la Bidassoa, en raison de la présence d'un herbier à *Zostera noltii*.

Néanmoins, la méthodologie a du être adaptée dans le cas de la partie subtidale du lac d'Hossegor. En effet, le site est inaccessible aux embarcations plus lourdes qu'un zodiac. En conséquence, nous avons utilisé la méthode d'échantillonnage expliquée dans la section précédente dans ce cas.

La méthodologie est résumée dans le tableau suivant (**Tableau 3**).

Tableau 3

Synthèse sur les méthodes d'échantillonnage appliquées en domaine intertidal subtidal des masses d'eau côtières.

Domaine	Subtidal Accessible uniquement aux embarcations légères	Intertidal Herbier à <i>Zostera noltii</i>	Intertidal Autre
Stations concernées	<u>Lac d'Hossegor</u> : stations A et B	<u>Lac d'Hossegor</u> : station H <u>Bidassoa</u> : station A	<u>Lac d'Hossegor</u> : stations A et B
Matériel de prélèvement	Benne Eckman	Carottier	Carottier
Surface unitaire	0,0225 m ²	0,04 m ²	0,04 m ²
Nombre de prélèvements par station	10	5	7
Surface totale échantillonnée par station	0,225 m ²	0,2 m ²	0,28 m ²
Maille de tamis	1 mm	1 mm	1 mm

2. Résultats par masse d'eau

2.1. Note importante sur la méthodologie : Réponse des indicateurs biotiques

Les résultats pour chaque masse d'eau sont présentés dans les chapitres suivants. Afin de caractériser le site, une sélection de trois indices biotiques développés récemment pour être utilisés en application de la DCE a été réalisée. Il s'agit de :

- l'AMBI (AZTI Marine Biotic Index). Cet indice a été initialement développé sur la côte basque par Borja et al. (2000) à partir des travaux de Glémarec & Hily (1981), Hily (1984) et Grall & Glémarec (1997). Son calcul est fondé sur la distribution d'abondance des espèces classées en cinq groupes écologiques de polluo-sensibilité différente : I espèces sensibles, II espèces indifférentes, III espèces tolérantes, IV espèces opportunistes de type 1, V espèces opportunistes de type 2. L'appartenance des espèces à chaque catégorie est établie selon une liste de plus de 2700 taxa (Borja et al., 2000) proposée par l'AZTI.(liste disponible sur <http://www.azti.es/>)
- le BENTIX (Biological Benthic Index) (Simboura & Zenetos, 2002). Cet indice peut être considéré comme une variante simplifiée d'AMBI, ne retenant que deux catégories d'espèces, sensibles et tolérantes, établies selon la liste de l'AZTI.
- le BOPA (Benthic Opportunistic Polychaetes – Amphipods ratio) (Dauvin & Ruellet, 2007). Cet indice a été développé récemment comme indicateur de perturbation du milieu par les hydrocarbures. Il mesure le rapport entre la fréquence des amphipodes (espèces considérées, à l'exception des espèces du genre *Jassa*, comme très sensibles à la présence d'hydrocarbures) et celle des annélides polychètes opportunistes appartenant aux groupes IV et V définis par l'AMBI.

La formulation des indices et les seuils utilisés sont résumés dans les tableaux suivants (**Tableau 4a et b**).

Tableau 4a

Formulation des indices biotiques utilisés dans la présente étude.

AMBI : %GI, II, III, IV et V = % d'abondance des groupes écologiques de l'AMBI I, II, III, IV et V.

BENTIX : % GS = pourcentage d'espèces sensibles (groupes I et II de l'AMBI) ; % GT = pourcentage d'espèces tolérantes (groupes III, IV et V de l'AMBI).

BOPA : f_p = fréquence des polychètes opportunistes ; f_a = fréquence des amphipodes (sauf ceux appartenant au genre *Jassa*).

Indice biotique	Formule	Références
AMBI	$[(0 \times \%GI) + (1.5 \times \%GII) + (3 \times \%GIII) + ((4.5 \times \%GIV) + (6 \times \%GV))]/100$	Borja et al. (2000)
BENTIX	$(6 \times \%GS + 2 \times \%GT)/100$	Simboura & Zenetos (2002)
BOPA	$^{10}\log \left[\frac{f_p}{(f_a + 1)} + 1 \right]$	Dauvin & Ruellet (2007)

Tableau 4b

Valeurs seuils des indices biotiques utilisés pour la détermination de l'état écologique.

	Etat écologique					Références
	Très Bon	Bon	Moyen	Médiocre	Mauvais	
AMBI	0 - 1.2	1.2 - 3.3	3.3 - 4.3	4.3 - 5.5	>5.5	Muxika et al., 2005
BENTIX pour les sables	6 - 4.5	4.5 - 3.5	3.5 - 2.5	2.5 - 2	0	Simboura et Zenetos, 2002
BENTIX pour les vases	6 - 4	4 - 3	3.0 - 2.5	2.5 - 2	0	Simboura et Zenetos, 2002
BOPA	0 - 0.04576	0.04576 - 0.13966	0.13966 - 0.19382	0.19382 - 0.26761	0.26761 - 0.30103	Dauvin et Ruellet, 2007

L'utilisation de ces indices permet d'estimer leur réponse sur des peuplements estuariens alors qu'ils ont été développés pour estimer la qualité des zones côtières. Leurs indications, notamment le classement de l'état écologique des stations, ne doivent en aucun cas être interprétées au sens strict. En effet, ces indices biotiques ne sont pas nécessairement adaptés aux particularités de la macrofaune benthique des milieux estuariens et leur efficacité dans les milieux semi-fermés est contestable (Blanchet et al., 2007). Les conclusions fournies par ces indices n'ont donc qu'une valeur indicative permettant d'avoir un premier aperçu de la réaction de ces indices dans ces milieux.

2.2. Estuaire de la Charente (FRFT 01)

2.2.1. Présentation du site

L'estuaire de la Charente est classé dans le type T1 : « petit estuaire à grande zone intertidale, méso à polyhalin, faiblement à moyennement turbide ». Cette masse d'eau de transition couvre 25,1 km², ce qui représente 1,2% de la surface totale du district Adour-Garonne

(Blanchet *et al.*, 2006). Aucune donnée historique n'est disponible, sauf pour la zone la plus aval (Sauriau *et al.*, 1989 ; de Montaudouin & Sauriau, 2000).

La répartition des principales espèces en fonction de la salinité a cependant été présentée par Gruet (1999). Il observe le schéma classique décrit précédemment, à savoir une diminution du nombre d'espèces selon le gradient de salinité aval-amont.

La marée dynamique est limitée artificiellement par le barrage de Saint-Savinien (Salvadori, 1976). Le domaine polyhalin est situé entre Port-des-Barques et Fort Lupin (salinité de 25 à 15) (Figure 3). Le domaine mésohalin se situe entre Fort Lupin et Four du Diable (salinité de 15 à 7). Enfin, le domaine oligohalin se situe jusqu'à l'aval de Tonnay-Charente (salinité de 7 à 0) (Gruet, 1999).

La Charente est très turbide jusqu'à l'aval de Port-des-Barques. D'un point de vue bathymétrique, la hauteur d'eau serait d'environ 2 m, sauf dans la région de Rochefort où elle n'est que de 1,20 m (Salvadori, 1976).

2.2.2. Stations échantillonnées

Le protocole d'échantillonnage n'a pas été modifié pour cette masse d'eau. Les stations échantillonnées sont représentées sur la figure 2.

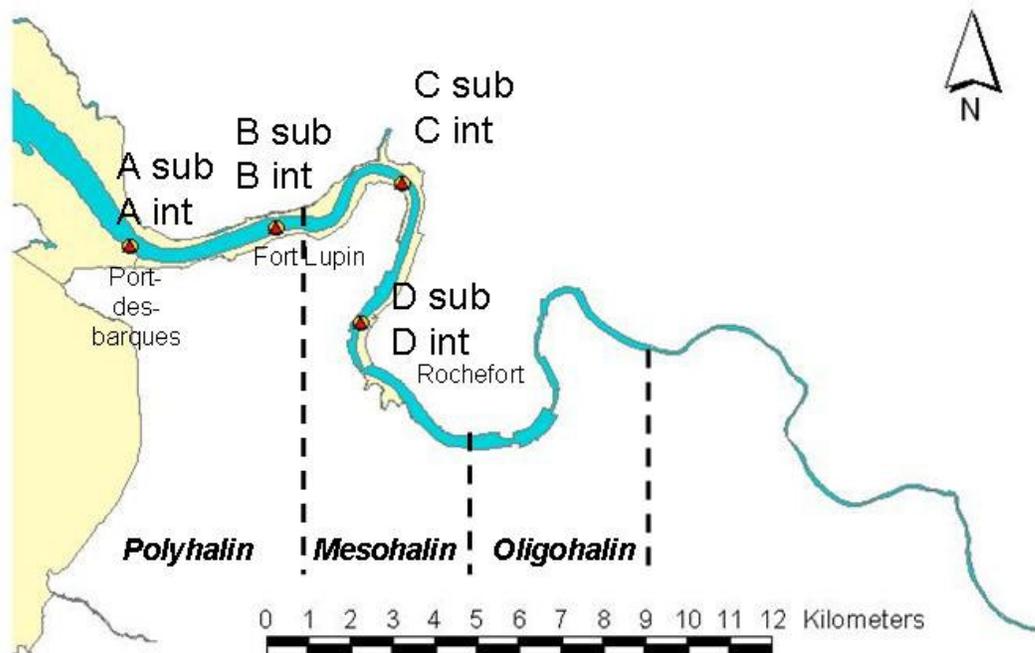


Figure 2 : Position des stations A, B, C, D intertidales et subtidales échantillonnées dans la masse d'eau « Estuaire de la Charente ». Les stations subtidales sont symbolisées par ●. Les stations situées en zone intertidale sont symbolisées par ▲.

Tableau 5

Caractéristiques des stations échantillonnées dans la Masse d'Eau « Estuaire de la Charente ».

Stations	% < 63 μm	Médiane granulométrique (μm)	Type sédimentaire	Teneur en matière organique (%)	Température de l'eau ($^{\circ}\text{C}$)	Salinité	Profondeur enregistrée (m)
Intertidal							
A	96,6	9	Vases	9,6	19,1	32	0
B	7,0	450	Sables grossiers	2,5	19,5	29	0
C	97,8	7	Vases	8,0	19,1	16	0
D	98,6	7	Vases	9,6	19,2	13	0
Subtidal							
A	91,0	11	Vases	9,9	19,1	32	5
B	98,1	7	Vases	11,4	19,5	29	6,5
C	98,2	8	Vases	8,5	19,1	16	4,6
D	93,9	10	Vases	10,5	19,2	13	7,3

Le sédiment de l'ensemble des stations, à l'exception de celui de la station intertidale B **consiste en des vases** [médiane granulométrique comprise entre 7 et 11 μm (granulométrie laser)] avec une teneur en matière organique relativement élevée, de l'ordre de 8 à 11 %. Il est aussi important de noter que les stations les plus en amont, notamment en domaine intertidal, étaient caractérisées par une vase compacte (Tableau 5).

2.2.3. Macrofaune benthique associée

Sur maille de 500 µm, un total de 1150 individus appartenant à 28 taxons a été récolté. Cela correspondait, sur 1 mm, à 660 individus et 20 taxons.

Les peuplements de macrofaune de la Charente s'organisent de manière relativement classique pour un estuaire de ce type : les peuplements subtidaux et intertidaux situés en aval sont plus riches en espèces et présentent des niveaux d'abondances relativement élevés, témoins de leur caractère polyhalin. En intertidal, la diversité et l'abondance des peuplements se réduisent progressivement vers l'amont (Tableau 6). En revanche, les peuplements de la zone subtidale se sont avérés très clairsemés, avec, dès la station B des niveaux de diversité et d'abondance très faibles avec un nombre non négligeable d'échantillons dépourvus de macrofaune malgré la similitude des sédiments et une profondeur homogène (5 à 7 m au sondeur) (Tableaux 6 & 7). Dans ces zones-là, la macrofaune échantillonnée consistait principalement en quelques amphipodes du genre *Corophium* et des taxons suprabenthiques (*Mesopodopsis slaberryi*, *Crangon crangon*).

Aucune espèce allochtone n'a été récoltée dans les stations échantillonnées.

Tableau 6

Nombre total d'individus collectés dans chaque station intertidale de la Charente sur tamis de 1 mm et 500 µm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, D : Décapode, P : Polychète, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

Phyl.		Intertidal							
		maille : 1 mm				maille : 500 µm			
		A	B	C	D	A	B	C	D
B	<i>Abra tenuis</i>	17				34	3		
C	Anthozoa			1				1	
P	<i>Aphelochaeta marioni</i>					2			
A	<i>Corophium insidiosum</i>					5			
A	<i>Corophium</i> sp.			2				2	
A	<i>Corophium volutator</i>				4			67	76
I	Dolichopodidae (larves)		1			1	9		6
A	<i>Heteromastus filiformis</i>					3			
G	<i>Hydrobia ulvae</i>	75				75			
B	<i>Macoma balthica</i>	5				5			
P	<i>Neanthes succinea</i>			6				20	
P	<i>Nephtys hombergii</i>	3				4			
P	<i>Nereis diversicolor</i>	14	32		6	20	77	4	25
O	Oligochaeta					1	9		8
G	Opisthobranchia	3				3			
P	<i>Pygospio elegans</i>					1		1	
B	<i>Scrobicularia plana</i>	46	33			47	33		
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>					21		12	
O	<i>Tubificoides benedii</i>					3			

	éch. sans macrofaune			1	5	1	1	1	
	n.m ⁻²	2 587	1 048	143	159	3 571	2 079	1 698	1 825
	S	7	3	3	2	15	5	7	4

Tableau 7

Nombre total d'individus collectés dans chaque station subtidale de la Charente sur tamis de 1 mm et 500 µm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, P : Polychète, D : Décapode, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

Phyl.		Subtidal							
		maille : 1 mm				maille : 500 µm			
		A	B	C	D	A	B	C	D
P	<i>Aphelochaeta marioni</i>					1			
P	<i>Boccardiella ligerica</i>							1	
B	<i>Cerastoderma edule</i>	20				20			
A	<i>Corophium insidiosum</i>							3	4
A	<i>Corophium volutator</i>							6	1
D	<i>Crangon crangon</i>		2				2		
A	<i>Gammarus locusta</i>		1				1		
P	<i>Heteromastus filiformis</i>	1				6			
G	<i>Hydrobia ulvae</i>	335				335			
B	<i>Macoma balthica</i>	23				23			
Au	<i>Mesopodopsis slaberryi</i>			1		2		25	1
B	<i>Mysella bidentata</i>	1				1			
P	<i>Neanthes succinea</i>	4				6			
N	Nemertina	1	1			1	5		
P	<i>Nephtys hombergii</i>	15	1			88	5		1
P	<i>Nereis diversicolor</i>	2	1			2	1		
O	Oligochaeta					3		3	
G	Opisthobranchia	2				2			
P	<i>Pectinaria koreni</i>	1				1			
P	<i>Pseudopolydora</i> sp.					1			
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>					19	1	1	
	éch. sans macrofaune		1	4	5		2		2
	n.m ⁻²	810	12	2	0	1 022	30	78	14
	S	11	5	1	0	16	6	6	4

2.2.4. Réponse des indicateurs biotiques

Le BOPA considère l'ensemble des stations intertidales et subtidales comme étant représentatives d'une « très bonne » qualité écologique à part la station subtidale la plus amont, dépourvue de macrofaune sur tamis de 1 mm (Tableau 8). L'AMBI indique une « bonne » qualité écologique de manière générale à l'exception des stations intertidales et subtidales les plus en amont où la qualité est considérée comme « mauvaise » en raison du nombre d'échantillons dépourvus de macrofaune retenue sur 1 mm. La maille de tamis plus

fine démontre que ces stations ne sont pas dépourvues de faune ; en réponse, la valeur de l'indice diminue et indique des niveaux de qualité écologique moins dégradés (Tableau 8). L'indice BENTIX considère l'ensemble des stations intertidales comme dans un état écologique « médiocre » ou pire et les stations subtidales comme « très bonnes » à « mauvaise ». Comme pour l'AMBI et le BOPA, l'utilisation d'une maille plus fine a pour effet d'améliorer de manière très importante le classement des stations subtidales dépourvues de macrofaune sur tamis de 1 mm.

Tableau 8

Valeurs moyennes des trois indices biotiques (AMBI, BENTIX et BOPA) et interprétation des valeurs en terme de qualité écologique (code couleur : très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais) des stations échantillonnées dans l'estuaire de la Charente.

	station	AMBI		BENTIX		BOPA	
		1	500	1	500	1	500
Intertidal	A	3,0	3,1	2,1	2,1	0,000	0,007
	B	3,0	3,2	2,0	2,0	0,000	0,001
	C	3,3	2,9	2,2	2,4	0,000	0,000
	D	5,0	3,3	1,0	2,0	0,000	0,001
Subtidal	A	2,9	2,6	2,2	3,4	0,003	0,012
	B	2,5	2,5	4,0	4,2	0,000	0,000
	C	5,9	2,3	1,2	4,4	0,000	0,000
	D	7,0	4,2	0,0	2,3	0,000	0,000

De manière générale, les valeurs modérées de l'AMBI indiquent l'absence de prolifération d'espèces bénéficiant d'apports importants en matières organiques. Il semblerait donc que ces apports soient relativement peu importants au niveau de la plupart des stations étudiées. Les valeurs du BENTIX ne devraient pas être exploitées en estuaire en raison du classement des espèces naturellement présentes sur les substrats vaseux comme espèces indicatrices de milieu dégradé. Les valeurs du BOPA sont censées indiquer la présence d'une dégradation induite principalement par les hydrocarbures. La bonne classification des stations de la Charente laisserait supposer que le macrobenthos ne montre pas de modifications induites par ce type de pollution.

2.3. Estuaire de la Seudre (FRFT 02)

2.3.1. Présentation du site

L'estuaire de la Seudre est classé comme masse d'eau de type T2 : « grand port macrotidal ». Sa surface est de 22,6 km² (Blanchet *et al.*, 2006). Cette masse d'eau de transition est considérée comme fortement impactée par la présence de claires ostréicoles (modification des berges et des sols pour accueillir soit des élevages de poissons, soit une culture traditionnelle d'affinage en claires des huîtres creuses) et par le remaniement des sédiments nécessaire au maintien de la navigation (http://dce.eau-adour-garonne.fr/m_pages.asp?page=145). Cette masse d'eau de transition est donc considérée comme fortement modifiée (Pellouin-Grouhel, 2005). Selon des données Ifremer (Atlas des marais), cet estuaire peut être considéré comme un bras de mer colmaté latéralement par des marais. Il est considéré comme étant polyhalin avec des salinités comprises entre 20,2 et 35,8 (Ifremer, Atlas des marais). Ces salinités élevées sont la conséquence de faibles apports en eau douce (Héral *et al.*, 1978).

2.3.2. Stations échantillonnées

Quatre stations, toutes situées en zone polyhaline, ont été prospectées le long de l'estuaire (Figure 3).

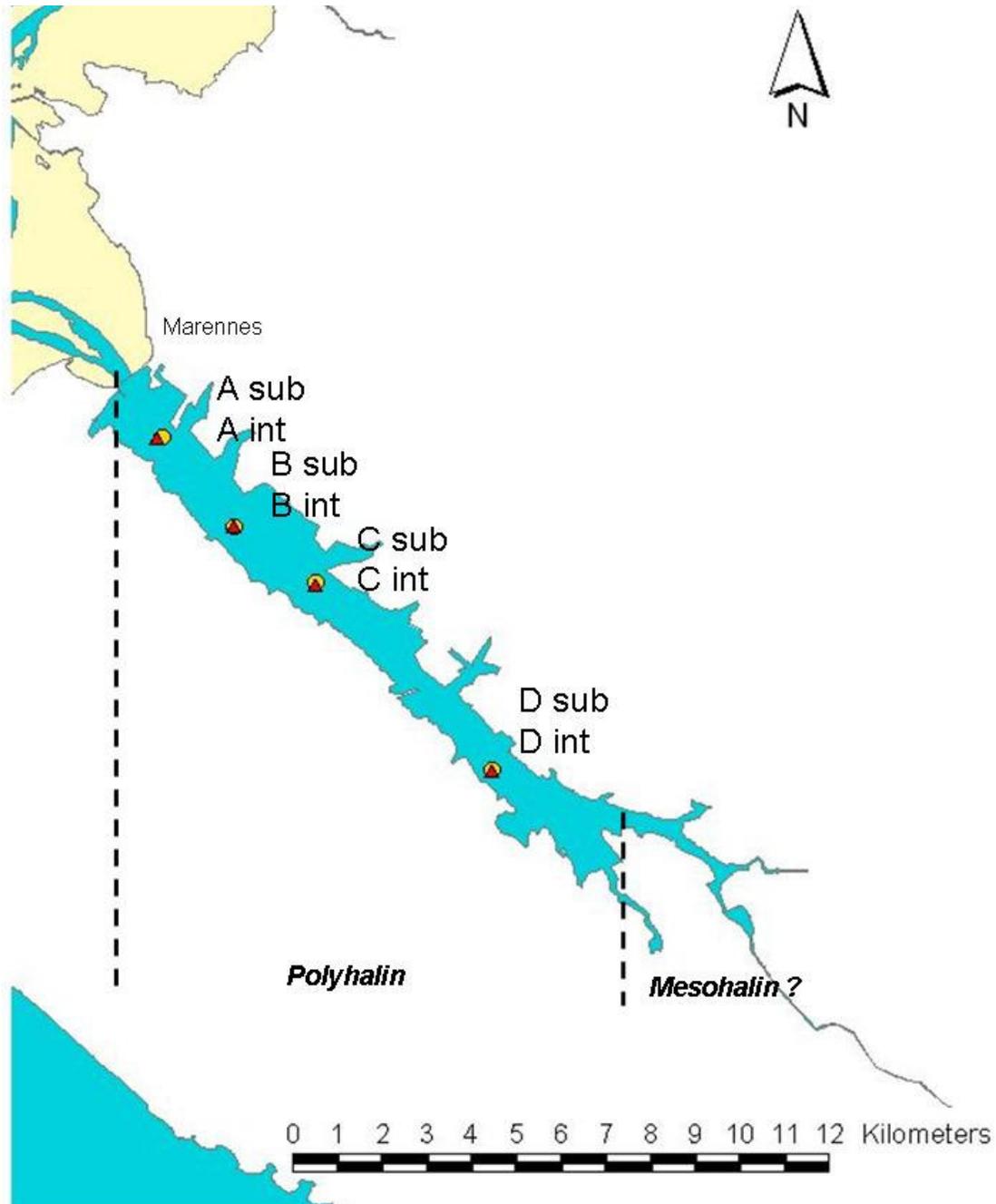


Figure 3 : Position des stations A, B, C, D intertidales et subtidales échantillonnées le long de la masse d'eau « estuaire de la Seudre ». Les stations subtidales sont symbolisées par ●. Les stations situées en zone intertidale sont symbolisées par ▲.

Toutes les stations, qu'elles soient intertidales ou subtidales, étaient situées sur des substrats vaseux (médiannes comprises entre 7 et 11 μm) à teneur élevée en matière organique (6,7 à 10,3 %). (Tableau 9). Les valeurs de salinité enregistrées aux différentes stations sont à peu près stables (de l'ordre de 31 à 34) et restent assez proches des conditions

océaniques sauf dans les stations les plus amont où une dessalure a été observée en surface (27 – 29) (Tableau 9). Cette observation traduit le fait que la Seudre est peu influencée par les eaux douces continentales.

Tableau 9

Caractéristiques des stations échantillonnées dans la Masse d'Eau « Estuaire de la Seudre ».

Stations	% < 63 µm	Médiane granulométrique (µm)	Type sédimentaire	Teneur en matière organique (%)	Température (°C)	Salinité	Profondeur enregistrée (m)
Intertidal							
A	88	10	Vases	9,0	18,8	32,2	0
B	93	8	Vases	10,3	18,2	31,4	0
C	82	11	Vases	6,7	18,5	31,2	0
D	95	7	Vases	8,9	18,7	27,9	0
Subtidal							
A	78	11	Vases	8,1	18,8	32,3	5,9
B	92	8	Vases	9,9	18,8	33,8	3,2
C	91	8	Vases	9,5	18,9	32,3	9
D	94	8	Vases	10,0	18,7	29,5	1,5

2.3.3. Macrofaune benthique associée

La macrofaune benthique de la Seudre est, comparée à celle des autres sites étudiés ici, particulièrement riche et abondante : 87 taxons ont été échantillonnés au total sur 1 mm (105 sur 500 µm) correspondant à un total de 2485 individus sur 1 mm (23 722 sur 500 µm). La communauté à *Abra alba* occupe l'intégralité de la zone subtidale. Celle-ci montre un niveau de diversité particulièrement élevé dans la partie la plus proche de l'embouchure (Tableau 10). Malgré une diminution relative du nombre de taxons échantillonnés dans les autres stations, le gradient de salinité ne semble pas impliqué. La zone intertidale montre également une grande homogénéité avec un peuplement typique des zones lagunaires et polyhalines (Tableau 11). Ces données indiquent que le référentiel à utiliser pour l'étude de la macrofaune benthique dans cette zone est peut-être à chercher en eau côtière ou en zone polyhaline.

Cinq espèces allochtones ont été identifiées dans cette zone, leur présence était déjà connue sur ce site :

- l'huître japonaise, *Crassostrea gigas* (Thunberg, 1793) (bivalve, Ostreidae) ;
- la palourde japonaise, *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) (bivalve, Veneridae) ;
- la crépidule, *Crepidula fornicata* (Linnaeus, 1858) (gastéropode, Calyptraeidae) ;
- le bigorneau perceur *Ocenebrellus inornatus* (Récluz, 1851) (gastéropode, Muricidae).

-l'annélide polychète *Ficopomatus enigmaticus*.

Tableau 10

Nombre total d'individus collectés dans chaque station intertidale de la Seudre sur tamis de 1 mm et 500 µm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, P : Polychète, D : Décapode, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

Phyl.		Intertidal							
		maille : 1 mm				maille : 500 µm			
		A	B	C	D	A	B	C	D
B	<i>Abra nitida</i>		4				4		
B	<i>Abra tenuis</i>	14	66	117	57	35	146	143	77
P	<i>Alkmaria romijni</i>	1	1			68	7	20	2
P	<i>Aphelochaeta marioni</i>			2		52	6	68	4
B	Bivalvia (juvéniles)							2	
B	<i>Cerastoderma edule</i>	1	9	38		1	9	39	
P	<i>Chaetozone</i> sp						1		
A	<i>Corophium volutator</i>						4		
Au	<i>Cyathura carinata</i>	1			1	1			4
I	Dolichopodidae			1	1	1		1	5
P	<i>Eteone</i> sp						1	2	
P	<i>Heteromastus filiformis</i>	2	1	3		15	14	49	
G	<i>Hydrobia ulvae</i>	11	60	56	14	11	60	56	14
Au	<i>Lekanesphaera</i> sp			1				1	
B	<i>Macoma balthica</i>	8	21	20		8	21	20	
P	<i>Melinna palmata</i>								1
N	Nemertina	1	2		1	1	3	1	6
P	<i>Nephtys hombergii</i>	14	13	6		14	13	7	
P	<i>Nereis diversicolor</i>	1		4	31	14	38	164	344
O	<i>Oligochaeta</i>					389	801	79	169
G	Opisthobranchia			1				1	
P	<i>Polydora ligni</i>							3	
P	<i>Pseudopolydora antennata</i>	1				7		1	
P	<i>Pseudopolydora</i> sp						3		
P	<i>Pygospio elegans</i>	3	1			15	9	26	
B	<i>Scrobicularia plana</i>		3	32	27		3	32	27
P	<i>Spirorbis</i> sp			1				1	
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>				1	384	399	276	98
B	<i>Tapes philippinarum</i>				2				2
O	<i>Tubificoides benedii</i>	3		5		37	152	95	1
	n.m ⁻²	968	2 873	4 556	2 143	16 714	26 889	17 254	11 968
	S	13	11	14	9	17	20	23	14

Tableau 11

Nombre total d'individus collectés dans chaque station subtidale de la Seudre sur tamis de 1 mm et 500 µm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, P : Polychète, D : Décapode, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

		Subtidal	
		maille : 1 mm	maille : 500 µm

Phyl.		A	B	C	D	A	B	C	D
B	<i>Abra alba</i>			20				20	
B	<i>Abra nitida</i>	8	1	1		8	1	1	
B	<i>Abra tenuis</i>		2	1	35	3	3	6	134
B	<i>Acanthocardia tuberculata</i>	1				1			
P	<i>Alkmaria romijni</i>				4		11	41	1083
A	<i>Ampelisca brevicornis</i>	48	3	1		75	4	2	
P	<i>Ampharete sp</i>	14				14			
C	Anthozoa	5	2	2		5	2	2	
P	<i>Aonides oxycephala</i>	3				3			
A	<i>Aora gracilis</i>					1			
A	Aoridae					4			4
P	<i>Aphelochaeta marioni</i>	261	11	40	27	2116	138	332	352
Au	Ascidacea	1				1			
G	<i>Bittium reticulatum</i>	1				1			
B	Bivalvia (juvénils)					2		3	
P	<i>Branchiomma vesiculosum</i>	2				2			
P	<i>Capitella capitata</i>	1				1			
B	<i>Cerastoderma edule</i>	2	2	5	9	2	2	5	9
P	Cirratulidae					1			
Au	Cirripedia			1				1	
B	<i>Corbula gibba</i>	29	1	5		29	1	5	
A	<i>Corophium sextonae</i>	2				9			
A	<i>Corophium volutator</i>					2			
P	<i>Cossura pygodactylata</i>	1				21	69	40	43
D	<i>Crangon crangon</i>			1				1	
B	<i>Crassostrea gigas</i>				5				5
G	<i>Crepidula fornicata</i>	1			23	1			23
Au	<i>Cyathura carinata</i>			1				1	
D	Decapoda	3				3			
Au	<i>Dentalium vulgare</i>	3				3			
P	<i>Diopatra neapolitana</i>	20	8	8		21	8	8	
A	<i>Erichtonius punctatus</i>	1				17			
P	<i>Eteone sp</i>	3				7			
P	<i>Euclymene oerstedii</i>	72				93			
P	<i>Eulalia viridis</i>					1			
P	Eunicidae								43
P	<i>Exogone spp.</i>					61			
P	<i>Ficopomatus enigmaticus</i>				1				1
P	<i>Glycera sp</i>	20	2			28	2		
D	Grapsidae					1			
P	Hesionidae	1				2			22
P	<i>Heteromastus filiformis</i>	148	24	62	18	972	113	274	134
E	Holothuridae	5				5			
G	<i>Hydrobia ulvae</i>				68				68
Au	<i>Iphinoe trispinosa</i>	1				2	1		
A	<i>Leptocheirus pilosus</i>					1			
D	<i>Liocarcinus arcuatus</i>	2				2			
P	<i>Lysidice ninetta</i>				8				26
B	<i>Macoma balthica</i>		2	2	17		2	2	17
B	<i>Mactra glauca</i>	1				2			
P	<i>Magelona alleni</i>	2				10	1		
P	<i>Marphysa bellii</i>	2				2			
P	<i>Marphysa sanguinea</i>				8				8
P	<i>Melinna palmata</i>	53	2	1		58	2	1	

A	<i>Melita palmata</i>					6			
B	<i>Modiolus barbatus</i>	1				1			
P	<i>Myriochele oculata</i>	6				11			
G	<i>Nassarius incrassatus</i>		2				2		
G	<i>Nassarius reticulatus</i>	9				9			
P	<i>Neanthes succinea</i>			4	21			7	62
N	Nemertina	23	1			81	2	1	
P	<i>Nephtys hombergii</i>	7	29	37	77	10	30	37	79
P	<i>Nereis diversicolor</i>	2				4			
P	<i>Notomastus latericeus</i>	170				213			
B	<i>Nucula nucleus</i>	5		2		5		2	
G	Nudibranche	1				1			
G	<i>Ocinebrellus inornatus</i>				2				2
O	Oligochaeta	3		7	34	184	82	630	6051
E	Ophiuroidea	2				9			
G	Opisthobranchia				37				37
P	<i>Owenia fusiformis</i>	4				4			
D	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>				2				2
D	<i>Palaemon longirostris</i>				1				1
P	<i>Pectinaria koreni</i>	11				11			
Au	Phoronida	3				3			
A	<i>Photis longicaudata</i>	6				7			
A	<i>Phtisica marina</i>					2			
P	<i>Phyllodoce lineata</i>					1			
P	<i>Phyllodoce</i> sp.	2				2			
D	<i>Pilumnus hirtellus</i>				3				3
D	<i>Pisidia longicornis</i>	6				6			
P	<i>Polydora ligni</i>						3		2
P	<i>Polydora</i> sp.					7			
P	<i>Prionospio malmgreni</i>	10				91	1		
P	<i>Pseudopolydora antennata</i>	2	1	1		10	10	9	
P	<i>Pseudopolydora</i> sp.				1				4
P	<i>Pygospio elegans</i>			1		1		4	5
P	Sigalionidae	1				3			
B	<i>Solen marginatus</i>		1				1		
B	<i>Spisula subtruncata</i>	1				1			
P	<i>Sthenelais boa</i>	4		1	1	4		1	1
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>	39	4	7	34	868	247	952	2424
P	Syllidae	18	1	2	7	76	3	4	52
B	<i>Ruditapes philippinarum</i>	7	1	2	5	8	1	4	14
P	Terebellidae	2			11	2			40
O	<i>Tubificoides benedii</i>					11		3	2
	<i>n.m</i> ²	2 110	198	426	908	10 490	1 482	4 790	21 506
	S	59	19	24	26	76	27	29	33

2.3.4. Réponse des indicateurs biotiques

A l'exception de l'indice BENTIX, les indices biotiques calculés à partir des données récoltées sur tamis de 1 mm de vide de maille indiqueraient une assez bonne qualité des domaines intertidaux et subtidaux (Tableau 12). L'utilisation d'une maille de tamis plus fine

modifie la valeur des indices avec pour conséquence un niveau apparent de dégradation plus élevé.

Tableau 12

Valeurs moyennes des trois indices biotiques (AMBI, BENTIX et BOPA) et interprétation des valeurs en terme de qualité écologique (code couleur : très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais) des stations échantillonnées dans l'estuaire de la Seudre.

	station	AMBI		BENTIX		BOPA	
		1	500	1	500	1	500
intertidal	A	2,7	4,3	3,2	2,1	0,014	0,031
	B	2,9	4,7	2,4	2,0	0,002	0,006
	C	3,0	3,6	2,1	2,0	0,007	0,042
	D	3,0	3,5	2,0	2,0	0,000	0,003
subtidal	A	2,8	3,8	3,2	2,4	0,126	0,202
	B	2,6	3,9	4,0	2,4	0,121	0,170
	C	2,7	4,1	3,8	2,3	0,106	0,069
	D	2,8	4,7	3,5	2,2	0,061	0,043

2.4. L'estuaire de l'Adour (Adour aval, FRFT07)

2.4.1. Présentation du site

Cette étude ne concernait que la partie aval de l'estuaire (Masse d'eau Adour-Aval) qui est définie comme de type T3 : « petit estuaire à petite zone intertidale et à faible turbidité ». Elle mesure dans sa totalité 22 km de long. La limite de salure des eaux se situe au niveau du port d'Urt (PK22, par rapport à Bayonne) (Figure 5), et la limite d'influence des marées (marée dynamique) se situe au niveau de Dax (PK68). Il existe un front de salinité marqué jusqu'à Pont Saint-Esprit (Sanchez *et al.*, 2000). Les salinités restent alors élevées (zone polyhaline) au niveau des eaux de fond (Migradour, comm. pers.) et présentent des variations au cours du flot (5 à 20 au niveau du Pont autoroutier). Au-delà, les eaux sont considérées comme homogènes sur la colonne d'eau (Sanchez *et al.*, 2000).

Cet estuaire, fixé artificiellement depuis 1578 (D'Elbée & Castel, 1982), est considéré comme fortement modifié du fait de la forte anthropisation des berges (urbanisation, canalisation, activités portuaires) (http://dce.eau-adour-garonne.fr/m_pages.asp?page=145). De plus, la zone aval fait l'objet de dragages.

Jusqu'à présent, il n'existait pratiquement **pas de données sur la faune invertébrée benthique** de cet estuaire.

2.4.2. Stations échantillonnées

Les stations de la zone polyhaline se distribuent de l'embouchure jusqu'au pont autoroutier (9,5 km de l'embouchure) (Figure 4).

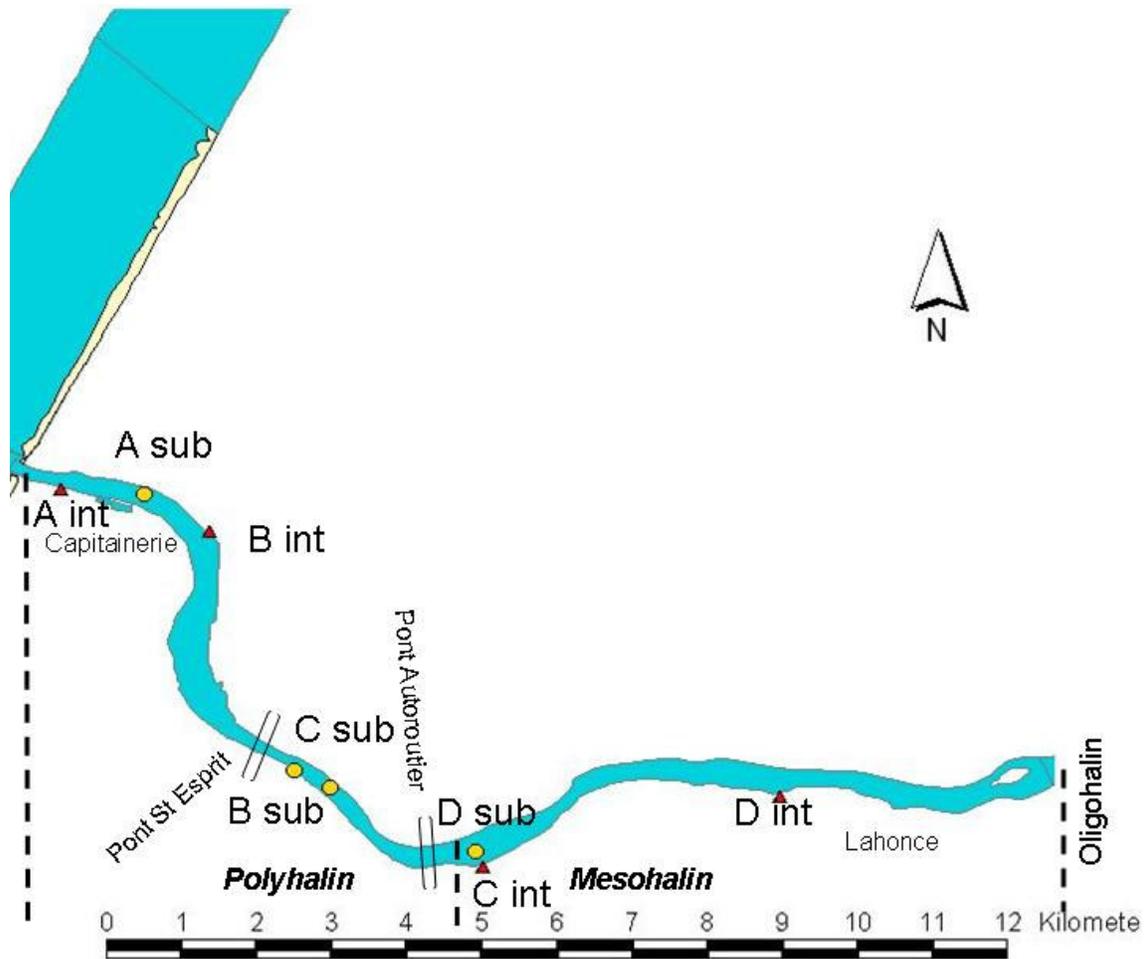


Figure 4 : Positions des stations A, B, C, D intertidales et subtidales échantillonnées le long de la masse d'eau « estuaire de l'Adour ». Les stations subtidales sont symbolisées par ●. Les stations situées en zone intertidale sont symbolisées par ▲.

En raison de la très forte urbanisation de la partie aval de cet estuaire, les stations intertidales ont été placées en fonction de la présence d'estran et des possibilités d'accès routiers. Le protocole d'échantillonnage n'a pas été modifié pour cette masse d'eau. Les coordonnées des différentes stations échantillonnées sont rassemblées en annexe.

Les stations intertidales présentent des sédiments de plus en plus fins et un pourcentage de matière organique croissant de l'aval, où la station échantillonnée était située sur des graviers, vers l'amont, où la station échantillonnée la plus en amont était située sur des sables envasés (Tableau 13). En zone subtidale, le sédiment s'est avéré très homogène sur l'ensemble du gradient. Il consistait en des sables moyens à très faible teneur en particules fines (Tableau 13).

Tableau 13

Caractéristiques des stations échantillonnées dans la Masse d'Eau « Estuaire de l'Adour aval ».

Stations	% < 63 µm	Médiane granulométrique (µm)	Type sédimentaire	Teneur en matière organique (%)	Température (°C)	Salinité	Profondeur enregistrée (m)
Intertidal							
A	3,7	1290	Graviers	1,2	18,8	27,5	0
B	9,6	490	Sables moyens	6,7	17,4	10,6	0
C	30,7	170	Sables vaseux	7,7	16,2	0,6	0
D	48,3	70	Sables vaseux	10,3	15,6	0,3	0
Subtidal							
A	2,5	350	Sables moyens propres	0,9	17,1	11,7	10,8
B	2,5	370	Sables moyens propres	1,1	16,2	3	10,4
C	1,7	400	Sables moyens propres	0,9	15,8	0,5	4,1
D	1,2	375	Sables moyens propres	0,7	15,7	0,2	7

2.4.3. Macrofaune benthique associée

Au total 30 taxons et 5098 individus ont été récoltés sur 500 µm dans cette zone. Sur 1 mm, seuls 23 taxons et 589 individus ont été récoltés. Sur les 5098 individus récoltés, plus de 96 % l'ont été en domaine intertidal sur une surface 8 fois plus faible.

Les peuplements de l'Adour sont très contrastés selon la zone, intertidale ou subtidale, considérée (Tableaux 14 & 15). La zone subtidale présente une macrofaune très clairsemée, installée sur des sédiments sableux qui témoignent de l'intensité des courants sur l'ensemble du lit échantillonné. Ce peuplement est typique de ce type de zone. Les peuplements intertidaux sont nettement plus denses et typiquement estuariens avec une décroissance du nombre d'espèces de l'aval vers l'amont.

Deux espèces allochtones ont été récoltées dans les échantillons :

- *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) (bivalve, Veneridae), présente dans les stations intertidales et subtidales les plus en aval de l'estuaire ;
- *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (bivalve, Corbiculidae) ; cette espèce invasive est originaire d'Asie du Sud-Est et d'Afrique. Ce bivalve, d'eau douce essentiellement, est connu pour sa capacité à tolérer un niveau de salinité élevé sur de courtes périodes de temps.

Tableau 14

Nombre total d'individus collectés dans chaque station intertidale de l'Adour sur tamis de 1 mm et 500 µm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, P : Polychète, D : Décapode, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

		intertidal							
		maille : 1 mm				maille : 500 µm			
Phyl.		A	B	C	D	A	B	C	D
B	<i>Abra tenuis</i>	11	1	5		40	4	7	
P	<i>Alkmaria romijni</i>		4			4	56	2	
B	Bivalvia					26			
B	<i>Cerastoderma edule</i>	1				1			
B	<i>Corbicula fluminea</i>				3				3
A	<i>Corophium multisetosum</i>				1				1
Au	<i>Cyathura carinata</i>	4	1	8	1	38	7	40	1
I	Dolichopodidae (larves)							2	
B	Erynacea					7			
G	<i>Hydrobia ulvae</i>	295				295			
G	<i>Littorina littorea</i>	1				1			
A	<i>Melita palmata</i>					1			
P	Nereidae							1	
P	<i>Nereis diversicolor</i>	11		1	3	15		1	6
O	Oligochaeta	31	2		41	356	265	90	3337
B	<i>Scrobicularia plana</i>	8	4	48		8	4	48	
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>	6	4			29	125	77	9
B	<i>Ruditapes philippinarum</i>	4				4			
	éch. sans macrofaune		3		1		2		
	n.m ⁻²	5 905	302	984	794	13 095	7 349	4 254	53 286
	S	10	6	4	5	14	6	9	6

Tableau 15

Nombre total d'individus collectés dans chaque station subtidale de l'Adour sur tamis de 1 mm et 500 µm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, P : Polychète, D : Décapode, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

		subtidal							
		maille : 1 mm				maille : 500 µm			
Phyl.		A	B	C	D	A	B	C	D
A	<i>Bathyporeia</i> spp				44				113
A	<i>Corophium multisetosum</i>							1	
Au	<i>Cyathura carinata</i>			1			1	2	2
Au	<i>Eurydice pulchra</i>		6	2	1		7	3	3
Au	<i>Gastrosaccus spinifer</i>		1	3	3		1	4	4
P	<i>Glycera</i> sp.	1				1			
B	<i>Macra glauca</i>	2				2			
A	<i>Melita palmata</i>					1			
Au	Mysidacea						1	2	
B	<i>Mytilus edulis</i>	1				1			
N	Nemertina			4			2	6	

P	<i>Nephtys cirrosa</i>	2	4			2	5		
P	<i>Nereis diversicolor</i>			1				1	
O	Oligochaeta							2	
B	<i>Spisula</i> sp					3			
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>		1	5			1	6	1
B	<i>Ruditapes philippinarum</i>	1				1			
B	<i>Venerupis saxatilis</i>	1				1			
	éch. sans macrofaune	2				4	1		
	n.m ⁻²	20	24	32	96	32	38	54	246
	S	6	4	6	3	8	7	9	5

2.4.4. Réponse des indicateurs biotiques

Sur maille de 1 mm, les indices biotiques AMBI et BENTIX indiquent une qualité écologique relativement dégradée pour les stations intertidales B et D en particulier. Ces indices répondent à la dominance des oligochètes dans la station la plus amont (station D) et à l'apparente absence de macrofaune sur 1 mm dans certains échantillons de la station B. Les niveaux de qualité écologique apparaissent systématiquement plus dégradés avec la maille de tamis fine que sur maille de 1 mm.

D'après ces mêmes indices, le milieu subtidal apparaît de meilleure qualité écologique que le domaine intertidal malgré la pauvreté en espèces et en individus de ces fonds sableux. Les valeurs faibles de l'indice BOPA laisseraient supposer l'absence de perturbation des peuplements par les hydrocarbures (Tableau 16).

Tableau 16

Valeurs moyennes des trois indices biotiques (AMBI, BENTIX et BOPA) et interprétation des valeurs en terme de qualité écologique (code couleur : très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais) des stations échantillonnées dans l'Adour.

	station	AMBI		BENTIX		BOPA	
		1	500	1	500	1	500
intertidal	A	3,3	4,3	2,0	2,0	0,000	0,007
	B	4,5	4,8	1,4	1,8	0,000	0,000
	C	3,0	4,0	2,0	2,0	0,000	0,003
	D	5,8	6,0	1,4	2,0	0,002	0,000
subtidal	A	3,9	3,7	2,6	2,6	0,000	0,000
	B	0,9	1,0	5,6	5,4	0,000	0,000
	C	1,9	2,3	4,5	4,0	0,000	0,000
	D	0,1	0,2	6,0	5,9	0,000	0,000

2.5. L'estuaire de la Bidassoa (FRFT81)

2.5.1. Présentation du site

La Bidassoa est un estuaire limitrophe entre la France et de l'Espagne long de 11,1 km. Dans le cadre de la DCE, nous nous intéressons à la partie la plus aval. Cet estuaire est dit de type T3 : « petit estuaire à petite zone intertidale et à faible turbidité ». L'estuaire aval couvre une surface de 2,8 km² dont environ 50% sont des zones intertidales (Sola, 1997).

Aucune donnée cartographique disponible et état de référence n'existent à ce jour (Blanchet *et al.*, 2006). Un inventaire qualitatif et quantitatif de la faune benthique a été réalisé dans la baie de Txingudi lors d'une étude entre 1976 et 1983 (Bachelet, 1978, Echeverria, 1992). Cette baie abrite plusieurs habitats qui sont des vasières avec des herbiers à *Zostera noltii* notamment (Astre, 1960 ; Echeverria, 1992).

Des études ont été cependant menées en Espagne notamment par l'AZTI (Borja *et al.*, 2006, AZTI, 2006). Elles considèrent les eaux de l'estuaire comme de bonne qualité selon les études physico-chimiques réalisées malgré une forte industrialisation (7013 industries).

Il existe peu de données sur la macrofaune invertébrée benthique sauf au niveau des zones plus internes notamment dans la zone de Jaitzubia (Aguirrezabalaga *et al.*, 2006).

La zone polyhaline peut être envisagée après Irun. En effet, une étude menée sur *Scrobicularia plana* dans cet estuaire montre sa présence jusqu'à la station à ce lieu (Figure 5) considéré comme la limite amont de distribution de ce bivalve (Sola, 1997).

2.5.2. Stations échantillonnées

Dans la zone polyhaline, en domaine intertidal, un prélèvement a été effectué au niveau de l'herbier à *Z. noltii* déjà prospecté par Bachelet en 1976 et proche de la station E-BI5 (station de référence écologique de l'AZTI). En subtidal, une station a été prospectée au nord de la baie de Chingoudy et une autre proche de la station E-BI5. En zone mésohaline, les stations intertidales et subtidales ont été placées en amont de l'île aux Faisans (Figure 6). Dans cette zone, le protocole a été adapté en zone subtidale. En effet, cette zone n'est pas accessible avec des embarcations susceptibles d'embarquer une benne de type van Veen (prélevant une surface unitaire de 0,1 m²). Nous avons donc eu recours à l'utilisation d'un Zodiac avec lequel les prélèvements ont été réalisés à l'aide d'une benne Ekman (prélevant une surface unitaire de 0.0225 m²) manipulée par des plongeurs. Le nombre d'échantillons a été porté à 10 bennes afin de compenser la faiblesse relative de la surface unitaire échantillonnée par ce type d'engin. Au niveau de la zone intertidale polyhaline, l'herbier à *Zostera noltii* a été

échantillonné selon la stratégie proposée pour la surveillance DCE de ce type d'habitat par Guillaumont & Gauthier (2005).

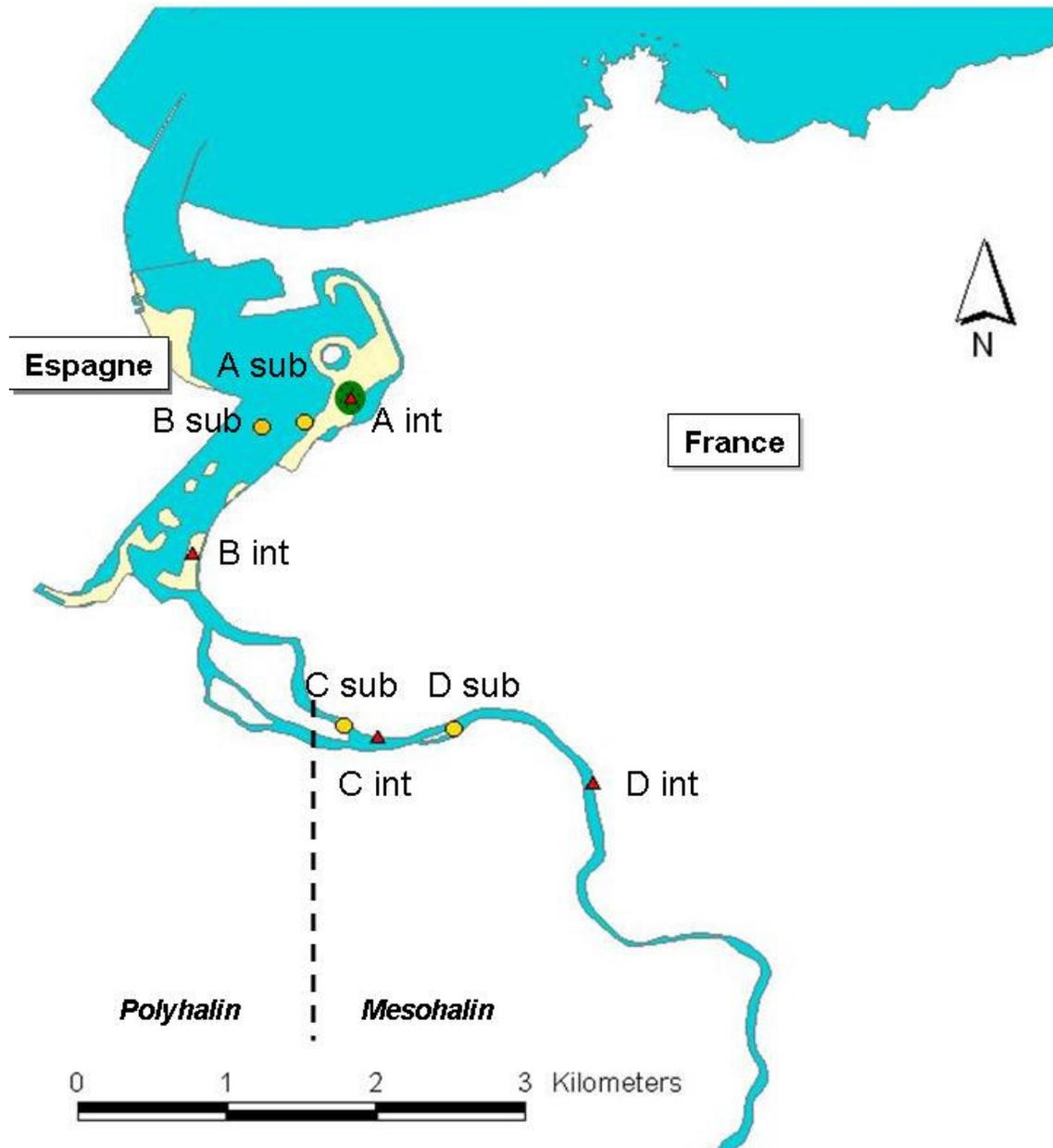


Figure 5 : Position des stations A, B, C, D intertidales et subtidales échantillonnées dans la masse d'eau Estuaire de la Bidassoa. Les stations subtidales sont symbolisées par ●. Les stations situées en zone intertidale sont symbolisées par ▲.

Tableau 17

Caractéristiques des stations échantillonnées dans la Masse d'Eau Estuaire de la Bidassoa.

Stations	% < 63 μm	Médiane granulométrique (μm)	Type sédimentaire	Teneur en matière organique (%)	Température ($^{\circ}\text{C}$)	Salinité	Profondeur enregistrée (m)

Intertidal							
A	15,1	170	Sables envasés	3,0	Nd	20,4	0
B	82,0	22	Vases	21,2	Nd	Nd	0
C	70,5	28	Vases	11,3	Nd	3,8	0
D	59,4	39	Vases	8,0	Nd	0,4	0
Subtidal							
A	85,6	19	Vases	12,8	20,2	33,0	5
B	80,3	24	Vases	18,7	20,0	33,8	2,7
C	2,1	610	Fins graviers	2,3	17,1	10,8	5,5
D	1,2	700	Fins graviers	2,1	16,4	4,3	0,3

En domaine subtidal, les stations polyhalines (A et B) présentent des sédiments vaseux avec une très forte teneur en matière organique. A l'opposé, les deux stations échantillonnées en zone mésohaline amont (C et D) présentent des sédiments proches des graviers avec une faible teneur en particules fines mais un taux de matière organique (2%) non négligeable pour ce type de sédiment.

A l'exception de la station intertidale aval située sur un herbier sablo-vaseux à *Zostera noltii*, les sédiments des stations intertidales B, C et D sont des vases avec de fortes teneurs en matière organique, en particulier dans la station B (Tableau 17).

2.5.3. Macrofaune benthique associée

Un total de 58 taxons a été identifié sur ce site à partir d'un tamis de 500 µm de vide de maille. Sur maille plus grossière, le nombre de taxons est de 50. Le nombre total d'individus collecté sur maille fine et maille grossière était, respectivement, de 5 806 et 1 713 individus.

Deux espèces allochtones ont été identifiées dans cette zone :

- la palourde japonaise *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve, 1850) récoltée en intertidal dans l'herbier à *Zostera noltii* et, en subtidal, au niveau des stations B et C ;
- *Musculista senhousia* (Benson in Cantor, 1842), moule asiatique originaire de l'ouest-Pacifique et présente de la Sibérie jusqu'à Singapour (Charles, 2007). Cette espèce est également connue dans l'étang de Thau et le Bassin d'Arcachon (Charles, 2007). L'identification repose sur un nombre restreint d'individus (6) récoltés aussi bien en intertidal (station B) qu'en subtidal (stations B, C et D). L'identification de cette espèce devra cependant être confirmée.

D'après la structure des peuplements benthiques subtidaux, la partie de l'estuaire de la Bidassoa ayant été échantillonnée au cours de cette étude peut être considérée comme

lagunaire-polyhaline sur tout le domaine subtidal échantillonné (Tableau 19). Cette influence lagunaire-polyhaline est sensible en intertidal au niveau des stations situées en Baie de Chingoudy, avec des niveaux de diversité relativement plus élevés que les stations plus en amont (C et D) qui montrent un caractère plutôt mésohalin avec une réduction de la diversité et une abondance particulièrement élevée d'oligochètes dans la station C (Tableau 18).

Tableau 18

Nombre total d'individus collectés dans chaque station intertidale de l'estuaire de la Bidassoa sur tamis de 1 mm et 500 µm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, P : Polychète, D : Décapode, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

Phyl.		intertidal							
		maille : 1 mm				maille : 500 µm			
		A (herbier)	B	C	D	A (herbier)	B	C	D
B	<i>Abra segmentum</i>	38				-			
B	<i>Abra tenuis</i>		1			-	133		
P	<i>Alkmaria romijni</i>	15		1	1	-	16	18	8
P	<i>Aphelochaeta marioni</i>		2			-	2		
P	<i>Capitella capitata</i>	16	23	3		-	23	3	
D	<i>Carcinus maenas</i>	1	1			-	1		
B	<i>Cerastoderma edule</i>					-	1		
Au	<i>Cyathura carinata</i>	14		5		-		7	
P	Hesionidae		1			-	1		
P	<i>Heteromastus filiformis</i>	59				-			
G	<i>Hydrobia ulvae</i>	91	26	105		-	26	105	
Au	<i>Idotea chelipes</i>	8				-			
A	<i>Melita palmata</i>	1				-	1		
B	<i>Musculista senhousia</i>		1			-	1		
G	<i>Nassarius reticulatus</i>	1				-			
N	Nemertina	1				-			
P	<i>Nephtys hombergii</i>		1			-	2		
P	<i>Nereis diversicolor</i>	72		4	1	-		4	3
O	Oligochaeta	4		45	106	-	26	1086	458
Au	Turbellaria	1				-			
P	<i>Polydora ligni</i>	1				-			
B	<i>Scrobicularia plana</i>	22	23	14	4	-	23	27	4
P	<i>Streblospio shrubsoii</i>	20	6	12	1	-	17	76	10
B	<i>Tapes philippinarum</i>	13				-			
O	<i>Tubificoides benedii</i>	43	6			-	12		
D	<i>Upogebia stellata</i>	12				-			
	éch. sans macrofaune				3	-			
	n.m ⁻²	2 165	1 444	3 000	1 841	-	4 524	21 048	7 667
	S	20	11	8	5	-	15	8	5

Tableau 19

Nombre total d'individus collectés dans chaque station subtidale de l'estuaire de la Bidassoa sur tamis de 1 mm et 500 µm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, P : Polychète, D : Décapode, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

Phyl.		Subtidal							
		maille : 1 mm				maille : 500 µm			
		A	B	C	D	A	B	C	D
B	<i>Abra alba</i>			1				12	
P	<i>Alkmaria romijni</i>			16	3			118	52
A	Aoridae							1	
B	Bivalvia	1	6	2	1	4	6	14	2
P	<i>Capitella capitata</i>			99	2			391	10
B	<i>Cerastoderma edule</i>		1	4		1	1	4	
Au	Cirripedia				1				1
B	<i>Corbula gibba</i>	16	3			16	3		
A	<i>Corophium acherusicum</i>					2			
A	<i>Corophium multisetosum</i>				11				51
A	<i>Corophium sextonae</i>		1				3		
P	<i>Cossura pygodactylata</i>	1				313			
Au	<i>Cyathura carinata</i>			14	53			14	59
E	<i>Echinocardium cordatum</i>	5				5			
A	<i>Gammarus locusta</i>		1				1		
P	Glycera sp	4	3			6	4		
P	Hesionidae	1	17	1		39	30	25	
P	<i>Heteromastus filiformis</i>	27	2			62	2		
G	<i>Hydrobia ulvae</i>		3	175	70		3	175	70
Au	<i>Iphinoe trispinosa</i>		3			6	3		
Au	Janiridae							1	
Au	<i>Lekanesphaera</i> sp.				1				1
B	<i>Loripes lacteus</i>	3	3			3	3		
A	<i>Melita palmata</i>		1	4			1	5	
B	<i>Musculista senhousia</i>		2	2	1		2	2	1
B	<i>Montacuta ferruginosa</i>	5				11			
G	<i>Nassarius incrassatus</i>	2	9			2	9		
N	Nemertina	3	2			27	5	8	71
P	<i>Nephtys hombergii</i>	12	4	1		21	4	1	
P	<i>Nereis diversicolor</i>		2	2	2		2	10	16
O	Oligochaeta			25	13	3		489	614
P	<i>Paradoneis armata</i>					1			
P	<i>Pectinaria koreni</i>	2				2			
Au	Phoronidae	18				19			
P	<i>Phylo foetida</i>		1				1		
P	<i>Polydora ligni</i>			4				14	
D	Portunidae				1				1
P	<i>Prionospio cirrifera</i>					1			
P	<i>Prionospio malmgreni</i>		1			4	1		
P	<i>Pseudopolydora antennata</i>			2				11	1
P	<i>Pseudopolydora</i> sp	20	1			50	1		
B	<i>Scrobicularia plana</i>			38	1			38	1
B	<i>Spisula subtruncata</i>	1				1			
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>			62	14	1		341	251
P	Syllidae							67	
B	<i>Tapes philippinarum</i>		3	53			3	53	

O	<i>Tubificoides benedii</i>			3	2			12	2
Au	Turbellaria						1		
D	<i>Upogebia stellata</i>		10				10		
B	Veneridae					2			
	éch. sans macrofaune						1		
	n.m ⁻²	242	158	2 258	782	1 204	200	8 027	5 351
	S	16	22	19	15	25	23	23	17

2.5.4. Réponse des indicateurs biotiques

D'après les indices biotiques AMBI et BENTIX, la qualité du milieu serait dégradée en intertidal avec un classement en état « moyen » ou pire des stations intertidales. La qualité écologique serait meilleure en domaine subtidal à l'exception de la station C en raison de l'abondance de l'annélide polychète opportuniste *Capitella capitata* dans cette station. Comme sur la plupart des autres sites échantillonnés, l'utilisation de la maille de 500 µm entraîne un classement des stations en conditions plus dégradées que sur 1 mm.

L'indice BOPA classe la station la plus aval comme en état « moyen » en raison de l'abondance de polychètes des groupes écologiques IV et V (*Pseudopolydora* spp., *Cossura pygodactylata*) combinée à l'absence d'amphipodes dans cette station. D'après Dauvin & Ruellet (2007) une telle structure du peuplement révélerait une perturbation du peuplement, vraisemblablement induite par la présence d'hydrocarbures.

Tableau 20

Valeurs moyennes des trois indices biotiques (AMBI, BENTIX et BOPA) et interprétation des valeurs en terme de qualité écologique (code couleur : très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais) des stations échantillonnées dans la Bidassoa.

	station	AMBI		BENTIX		BOPA	
		1	500	1	500	1	500
intertidal	A (herbier)	3,5	-	2,2	-	0,070	-
	B	3,8	3,6	2,1	2,1	0,083	0,035
	C	3,6	5,3	2,0	2,0	0,006	0,001
	D	5,8	5,3	1,4	2,0	0,000	0,000
subtidal	A	3,0	3,7	3,8	2,9	0,188	0,235
	B	1,5	1,6	4,9	4,9	0,034	0,028
	C	3,6	4,4	2,1	2,2	0,071	0,088
	D	3,2	4,3	2,0	2,0	0,003	0,003

2.6. Le lac d'Hossegor (FRFC09)

2.6.1. Présentation du site

Le lac d'Hossegor est une masse d'eau côtière, définie comme une masse d'eau de type C9 : « Côte à dominante sableuse macrotidale mélangée ». La surface de la masse d'eau est de 0,9 km² (<0,5% de la surface totale du district Adour-Garonne).

Cette eau côtière est décrite comme fortement modifiée du fait de l'aménagement des berges, l'activité conchylicole et l'impact des dragages (http://dce.eau-adour-garonne.fr/m_pages.asp?page=145).

Les sédiments sont des sables envasés dans la partie la plus interne et des sables fins à moyens pour la partie la plus externe. Le domaine subtidal représente environ 50 % de la surface de cette masse d'eau.

Des herbiers à *Zostera marina* (domaine subtidal) et à *Zostera noltii* (domaine intertidal) sont présents dans la partie centrale du lac (Blanchet *et al.*, 2006) (Figure 6).

Lors d'une précédente étude IFREMER, l'absence de levée bathymétrique récente, de données granulométriques précises et d'un état de référence quantitatif des peuplements benthiques a été notée. Cependant, quelques plages avaient été décrites qualitativement par Lagardère en 1966 notamment à l'entrée du lac et en son centre.

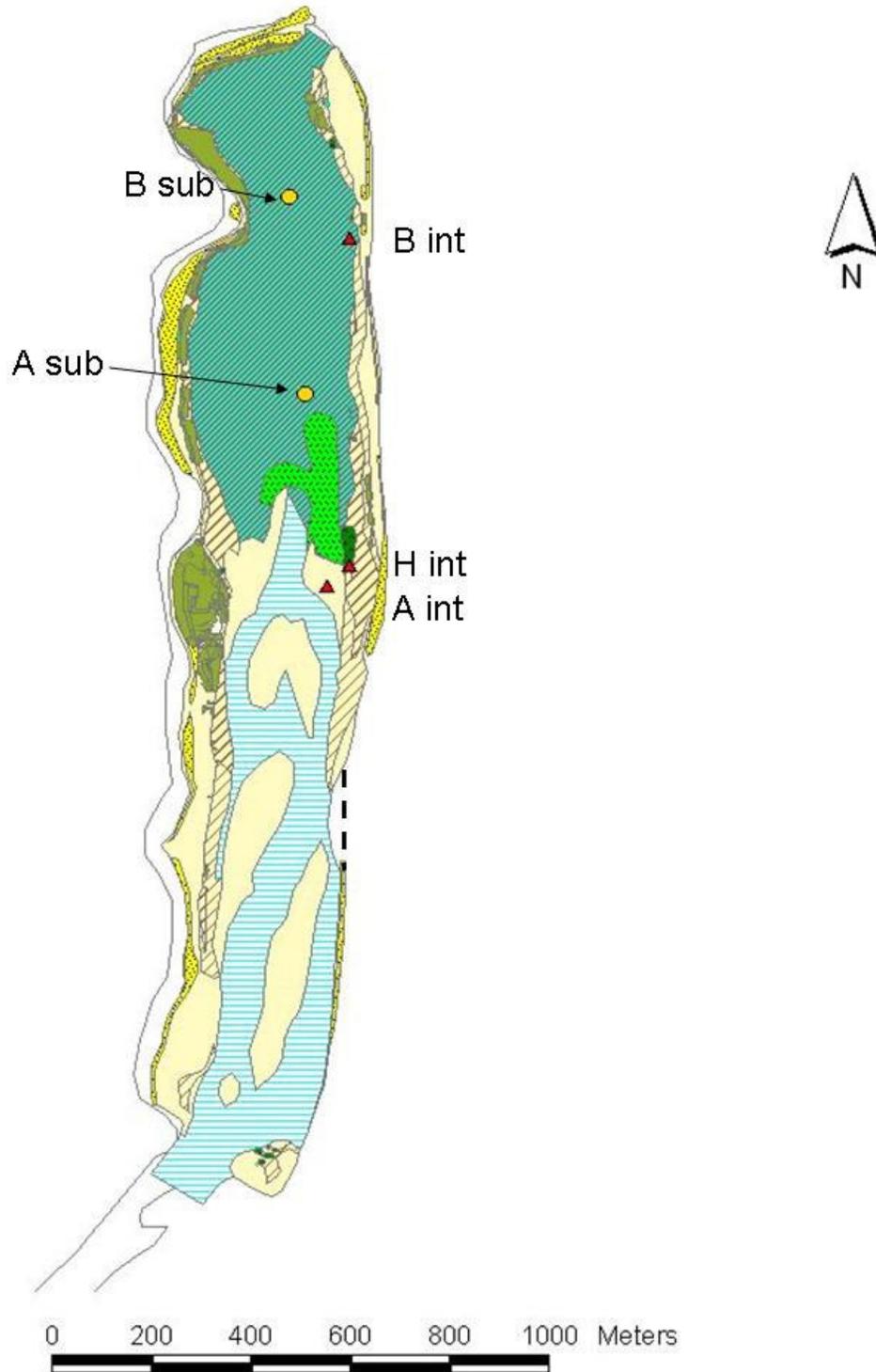


Figure 6 : Position des stations A, B, H intertidales et A et B subtidales échantillonnées dans la masse d'eau Lac d'Hossegor. Les stations subtidales sont symbolisées par ●. Les stations situées en zone intertidale sont symbolisées par ▲.

2.6.2. Stations échantillonnées

Parmi les 3 stations intertidales échantillonnées, une se situe au niveau de l'herbier à *Zostera noltii* (Figure 7) au centre du lac. Seules deux stations subtidales ont été échantillonnées, dans la partie interne du lac et en son centre. Il est intéressant de noter la présence de tapis de macroalgues en domaine intertidal et subtidal dans la partie Nord du lac.

Pour la station intertidale au niveau d'un herbier à *Zostera noltii* le protocole suivi a été celui proposé par Guillaumont & Gauthier (2005). Contrairement aux autres sites de cette étude, le Lac d'Hossegor étant une Masse d'Eau côtière, la macrofaune échantillonnée a été tamisée sur maille de 1 mm uniquement.

La difficulté à trouver une embarcation munie d'un treuil (utilisation de la benne) et pouvant accéder aux zones subtidales (faibles profondeurs), a entraîné une modification du protocole pour l'échantillonnage du domaine subtidal. La benne Ekman (au nombre de 10 réplicats) a été utilisée pour l'échantillonnage des stations subtidales.

Tableau 21

Caractéristiques des stations échantillonnées dans la Masse d'Eau « Lac d'Hossegor ».

Stations	% < 63 µm	Médiane granulométrique (µm)	Type sédimentaire	Teneur en matière organique (%)	Température (°C)	Salinité	Profondeur enregistrée (m)
Intertidal							
H (herbier à <i>Z. noltii</i>)	84,2	15	Vases	11,0	21,8	33,2	-
A	6,9	320	Sables moyens	1,3	21,8	33,2	-
B	2,6	390	Sables moyens	0,8	22,2	30,1	-
Subtidal							
A	69,9	28	Vases	9,4	18,2	33,9	1,2
B	83,7	20	Vases	8,8	17,4	34,7	2,2

Les stations intertidales A et B sont caractérisées par des sables moyens assez pauvres en matière organique mais avec une fraction fine non négligeable dans la station intertidale la plus proche de l'embouchure (Tableau 21). Les sédiments de l'herbier intertidal à *Zostera noltii* sont des vases riches en matière organique. Les sédiments de la partie subtidale échantillonnés au Nord consistaient également en des vases avec une teneur en matière organique de l'ordre de 8 à 10 %.

2.6.3. Macrofaune benthique associée

En domaine intertidal, chaque station correspond à une unité de peuplement différente (Figure 7). Les peuplements présents **en domaine intertidal** sont les suivants (Tableau 22) :

L'assemblage de macrofaune benthique échantillonné dans la **station A** est principalement caractérisé par la présence de *Tellina tenuis* (bivalve) et de *Nephtys hombergii* (annélide polychète). Il se caractérise par un **faible nombre d'espèces** (5 espèces au total sur les 7 échantillons dont 3 échantillons dépourvus de macrofaune benthique) et un **niveau d'abondance très bas** (61 ind.m⁻² en moyenne).

La macrofaune benthique de la station plus interne (**station B**) présente un **caractère assez estuarien** avec, comme principales espèces : *Neanthes succinea* et *Scrobicularia plana*. Les niveaux d'abondance et de diversité sont modérés (abondance inférieure à 1 000 ind.m⁻² ; 16 espèces récoltées sur 0,28 m²).

Finalement la **macrofaune benthique de l'herbier à *Zostera noltii*** consiste en un **assemblage relativement diversifié** (34 taxons) et abondant (> 4 000 ind.m⁻²). Il est dominé par les annélides polychètes Capitellidae *Heteromastus filiformis* et *Notomastus latericeus*, les **oligochètes** dont *Tubificoides benedii* accompagnés du gastéropode *Littorina littorea*.

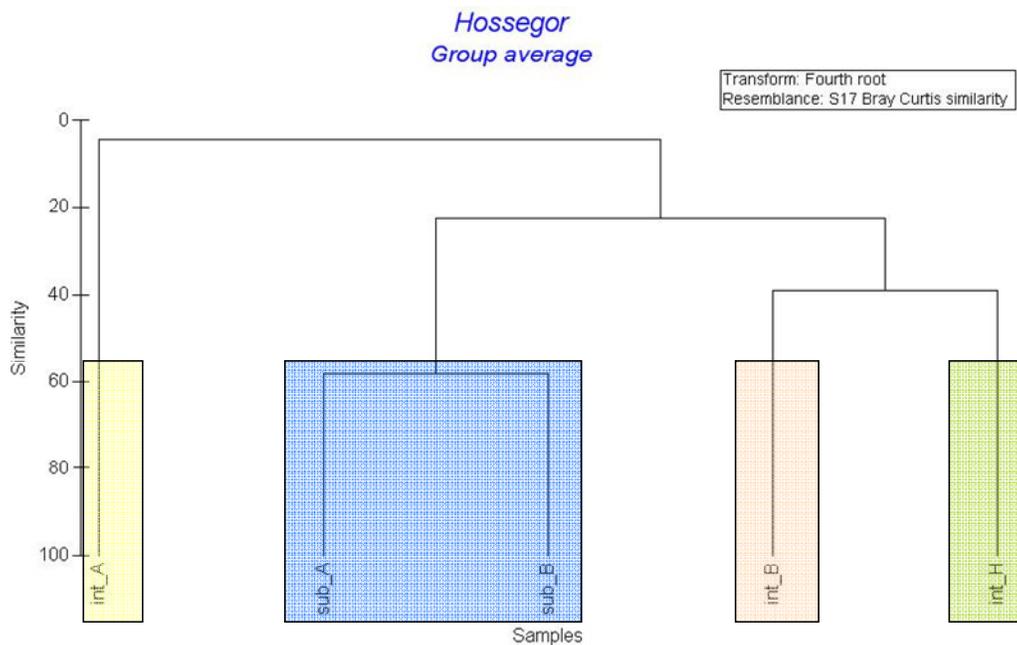


Figure7 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique des stations de la masse d'eau Lac d'Hossegor.

Le peuplement subtidal est référentiel au peuplement à *Abra alba*, mais les espèces dominantes sont l'annélide polychète *Capitella capitata* et, dans une moindre mesure

Hydrobia ulvae au point A ; et *Bittium reticulatum*, *C. capitata* et *H. ulvae* au point B (Tableau 22).

Tableau 22

Nombre total d'individus collectés dans chaque station intertidale et subtidale du Lac d'Hossegor sur tamis de 1 mm de vide de maille. L'abondance en nombre d'individus par m² (n.m⁻²) et le nombre total (S) de taxons échantillonnés par station sont indiqués. (Phyl. : Phylum : B : Bivalve, C : Cnidaire, P : Polychète, D : Décapode, A : Amphipode, I : Insecte, G : Gastéropode, O : Oligochète, E : Echinoderme, N : Némertes, Au : autre phylum)

Phyl.		intertidal			subtidal	
		A	B	H (herbier)	A	B
B	<i>Abra alba</i>				11	22
B	<i>Abra tenuis</i>				2	
B	<i>Acanthocardia tuberculata</i>					1
A	Amphipoda					1
C	<i>Anemonia viridis</i>				4	22
P	<i>Aonides oxycephala</i>			1		
P	<i>Aphelochaeta marioni</i>			1		
P	<i>Arenicola marina</i>			1		
E	<i>Asterina gibbosa</i>			1		
G	<i>Bittium reticulatum</i>			10	1	122
P	<i>Boccardia</i> sp			1		
P	<i>Branchiostoma lanceolatum</i>				1	
P	<i>Capitella capitata</i>		4	13	217	77
D	<i>Carcinus maenas</i>		1	24		1
B	<i>Cerastoderma edule</i>	1	1	18		5
I	Chironomidae (larves)		1			1
D	<i>Clibanarius erythropus</i>			1		
B	<i>Corbula gibba</i>				5	
A	<i>Corophium acherusicum</i>				1	
A	<i>Corophium multisetosum</i>		22			
B	<i>Crassostrea gigas</i>					1
G	<i>Cyclope neritea</i>	1				
A	<i>Gammarus locusta</i>			65		
P	<i>Glycera</i> sp				1	
D	Grapsidae		2	2		
P	<i>Heteromastus filiformis</i>			249		
G	<i>Hydrobia ulvae</i>		12	4	57	44
Au	<i>Lekanesphaera</i> sp		1			
G	<i>Littorina littorea</i>			39		
A	<i>Melita palmata</i>			25		
A	<i>Microdeutopus gryllotalpa</i>		1	4	3	2
B	<i>Musculista senhousia</i>			1	1	
B	<i>Mytilus edulis</i>			1		
G	<i>Nassarius reticulatus</i>				2	
P	<i>Neanthes succinea</i>		77			
N	Nemertina			7	4	3
P	<i>Nephtys hombergii</i>	5		6		
P	<i>Nereis caudata</i>				6	17
P	<i>Nereis diversicolor</i>		14	12		
P	<i>Notomastus latericeus</i>			26		
O	<i>Oligochaeta</i>		3	79		
G	Opisthobranchia			4		

D	<i>Palaemon adspersus</i>			3		
B	<i>Paphia aurea</i>			3		
P	<i>Phylo foetida</i>					1
P	<i>Pseudopolydora paucibranchiata</i>			3		
B	<i>Scrobicularia plana</i>		71	82		
A	<i>Siphonoecetes</i> sp	1				
P	<i>Streblospio shrubsolii</i>		11	20		
B	<i>Ruditapes philippinarum</i>		21	3	1	
B	<i>Tellina tenuis</i>	6				
O	<i>Tubificoides benedii</i>			150		
Au	Turbellaria			2		
D	<i>Upogebia pusilla</i>				2	2
D	<i>Upogebia stellata</i>		5	13		
B	<i>Venerupis pullastra</i>				1	
	éch. sans macrofaune	3				
	n.m⁻²	61	882	4 370	1 422	1 431
	S	5	16	34	18	16

2.6.4. Réponse des indices biotiques

En ce qui concerne le classement des stations intertidales, l'inadéquation des indices AMBI et BENTIX en eaux côtières a été démontrée notamment pour le classement de la qualité écologique de la faune des herbiers à *Zostera noltii* (Blanchet et al., 2007). Les résultats obtenus sont donc difficilement interprétables. Pour la station A, par exemple, avec ces deux indices, le classement obtenu est influencé par le fait que 3 des réplicats étaient dépourvus de macrofaune et classés individuellement comme « mauvais », à l'inverse les échantillons où la faune était présente étaient individuellement classés comme « Bon » ou « Très Bon » (Tableau 23).

Tableau 23

Valeurs moyennes des trois indices biotiques (AMBI, BENTIX et BOPA) et interprétation des valeurs en terme de qualité écologique (code couleur : très bon, bon, moyen, médiocre, mauvais) des stations échantillonnées dans le Lac d'Hossegor.

	station	AMBI	BENTIX	BOPA
intertidal	A	3,6	3,2	0,000
	B	3,0	2,1	0,007
	H (herbier)	3,8	2,7	0,113
subtidal	A	5,0	2,1	0,224
	B	3,1	3,5	0,150

Pour les stations subtidales, un consensus dans le classement de la qualité écologique de la station A en état « médiocre » a été obtenu pour les trois indices (Tableau 23). En effet, cette station se distingue par la dominance de l'annélide polychète *Capitella capitata* dont le caractère opportuniste est universellement reconnu par les benthologues. Cette espèce n'est dominante que dans les zones situées à proximité d'apports anthropiques de matières organiques ou dans les cas de zones subissant des crises dystrophiques régulières. Elle indique sans aucun doute l'importance des apports de matière organique, notamment celle originaire de la dégradation des macroalgues vertes qui sont très abondantes dans toute la partie Nord du lac d'Hossegor et qui s'accumulent vraisemblablement dans la dépression bathymétrique située à ce niveau. Il convient de signaler qu'aucun des échantillons réalisés dans cette station n'était dépourvu de macrofaune. De plus, dans la station B, située dans le même contexte sédimentaire, la macrofaune s'est révélée relativement plus diversifiée et *C. capitata* n'était plus l'espèce dominante, d'où un classement de cette station B dans un « Bon » état par les deux indices BENTIX et AMBI. Ce peuplement étant référable à la communauté à *Abra alba* des masses d'eau côtières, pour laquelle les seuils et les valeurs de référence ont été définis à l'échelle de la façade atlantique (Desroy, comm. pers.), il a été possible d'utiliser la version multivariée de l'AMBI (M-AMBI) pour obtenir un diagnostic supplémentaire de l'état de santé des peuplements associés à ces stations (Tableau 24). Les résultats obtenus montrent que la macrofaune de ces deux stations est assez éloignée de celle de l'état de référence ; en conséquence, les deux stations A et B sont classées respectivement comme « médiocre » et « moyenne ».

Tableau 24

Classement des stations subtidales A et B du Lac d'Hossegor par le M-AMBI (Multivariate AMBI) selon les seuils et valeurs de référence définis pour la communauté des sables plus ou moins envasés à *Abra alba* à l'échelle de la façade atlantique (Desroy, comm. pers.). Le classement en cinq classes DCE de qualité écologique est réalisé sous le code couleur suivant : **très bon**, **bon**, **moyen**, **médiocre**, **mauvais**.

	valeur de l'AMBI	valeur de H'	valeur de S	valeur du M-AMBI	Classement de l'état écologique selon le M-AMBI
Référence "Mauvais Etat"	6	0	0	5,58E-17	mauvais
Référence "Très Bon Etat"	1	4	58	1	très bon
Stations					
Cumul des 5 derniers échantillons de la station A	4,7	2,0	13,0	0,3	médiocre
Cumul des 5 premiers échantillons de la station A	5,3	1,3	13,0	0,2	médiocre
Cumul des 5 premiers échantillons de la station B	2,5	2,3	9,0	0,5	moyen
Cumul des 5 derniers échantillons de la station B	2,5	2,5	13,0	0,5	moyen

La convergence des résultats obtenus indique que la macrofaune benthique du Lac d'Hossegor peut être perturbée par l'importance du développement des macroalgues. Cependant, l'impact de cette perturbation n'est pas aussi sensible sur l'intégralité de la zone subtidale Nord. De ce fait, il conviendra de maintenir une surveillance de cette masse d'eau dans la mesure où celle-ci peut-être impactée par ces proliférations algales. Il serait bon de maintenir la surveillance sur les deux stations subtidales, permettant de quantifier l'importance de la perturbation.

3. Analyse des peuplements

3.1. Méthodologie

Une analyse des peuplements des eaux de transition (Charente, Adour, Bidassoa et Seudre) a été réalisée à partir des échantillons tamisés sur 0,5 mm. Les peuplements subtidaux et intertidaux ont été analysés séparément.

La méthode retenue a consisté en une analyse des affinités biologiques entre stations à partir de la réalisation d'une classification ascendante hiérarchique. Le dendrogramme a été bâti par regroupement des stations selon la méthode du groupement moyen (« Group average ») appliqué à la matrice des distances de Bray-Curtis entre stations (Clarke & Warwick, 1994). Cette distance a été calculée sur les valeurs d'abondance par station transformées par double racine carrée, méthode recommandée pour l'étude de ce type de données et qui permet de prendre en compte l'abondance des espèces tout en atténuant le poids des plus fortes valeurs (Clarke & Warwick, 1994).

3.2. Peuplements intertidaux

3.2.1. Description des unités de peuplements

Les assemblages benthiques des stations intertidales des masses d'eau étudiées peuvent être subdivisés en 5 unités de peuplement en fonction de la structure du dendrogramme (Figure 8).

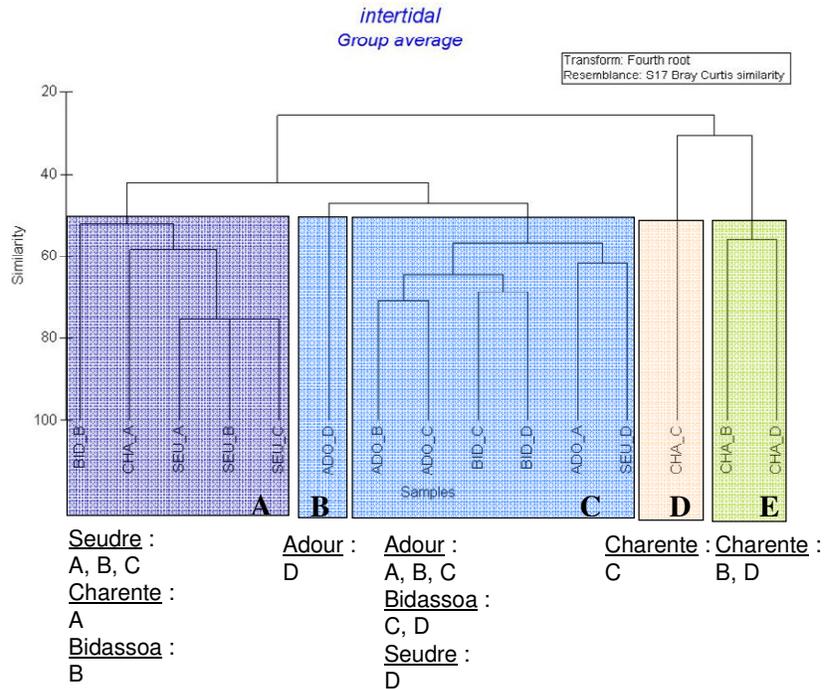


Figure 8 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique des stations intertidales des masses d'eau de transition.

Les peuplements benthiques intertidaux des secteurs méso- et polyhalins sont référables à la communauté boréale à *Macoma balthica* (Thorson, 1957 ; Bachelet *et al.*, 1997) aussi appelée communauté à *Scrobicularia plana* - *Cerastoderma edule* au sud de la Gironde qui constitue la limite sud de répartition de *Macoma balthica* (Hummel *et al.*, 1998). Cette espèce a en effet été retrouvée dans les deux estuaires de la Seudre et de la Charente et était absente de la Bidassoa et de l'Adour.

La première unité de peuplement (**Unité A**) rassemble les **3 des 4 stations de la Seudre et les stations les plus aval de la Charente et de la Bidassoa**. Toutes ces stations étaient situées sur des **sédiments vaseux** (Figure 9). Elle correspond à un peuplement de nature lagunaire, retrouvé également dans les **zones polyhalines**. Ce peuplement se distingue principalement par la présence d'*Abra tenuis* (bivalve), *Streblospio shrubsolii* (polychète), les oligochètes dont *Tubificoides benedii* et les annélides polychètes *Aphelochaeta marioni* et *Nephtys hombergii*. Cette unité de peuplement est **caractérisée par sa forte richesse spécifique** (>14

taxons par station) comparée à celle des autres stations intertidales. Le **niveau d'abondance de la macrofaune benthique est relativement élevé** (3 600 à 27 000 ind.m⁻²), notamment en Seudre (17 000 à 27 000 ind.m⁻²).

La seconde unité de peuplement (Unité B) correspond à la seule station (D) **la plus amont de l'estuaire de l'Adour**. Cette station, située sur des **sables fins envasés**, se distingue de l'ensemble par son **caractère plutôt oligohalin** (Figure 9). En effet, l'espèce qui distingue cette unité de peuplement de la suivante est essentiellement le bivalve *Corbicula fluminea*, espèce non-autochtone originaire d'Asie du Sud-Est et d'Afrique. Ce bivalve d'eau douce essentiellement est connu pour sa capacité à tolérer un niveau de salinité élevé sur de courtes périodes de temps. Il témoigne vraisemblablement du caractère oligohalin de cette zone de l'estuaire de l'Adour. **Le niveau d'abondance est très élevé** (de l'ordre de 53 000 ind.m⁻²) mais il est **essentiellement constitué d'oligochètes** (> 99% de l'abondance totale). **La diversité dans cette station est faible** (5 taxons sur l'ensemble de la station).

La troisième unité de peuplement (Unité C) rassemble **les stations de l'Adour** (à l'exception de la station la plus amont, isolée dans l'unité précédente) ainsi que les **stations amont de la Bidassoa et de la Seudre**. Ces stations étaient situées sur **des sédiments de tous types** : des vases (Bidassoa, Seudre) aux sables envasés voire aux graviers (Adour) (Figure 9). D'un point de vue faunistique, cette unité de peuplement se distingue par la dominance numérique des **oligochètes**, d'*Hydrobia ulvae* (gastéropode) suivie de *Streblospio shrubsolii* (polychète), *Alkmaria romijni* (polychète) et *Scrobicularia plana* (bivalve). **Le niveau d'abondance est variable mais reste assez élevé** (4 000 à 21 000 ind.m⁻²). **Le niveau de diversité est intermédiaire** (entre 5 et 14 taxons par station).

La quatrième unité de peuplement (Unité D) isole la **station C de l'estuaire de la Charente**. Elle reste cependant plus proche de la cinquième unité de peuplement que des trois précédentes du point de vue faunistique. Le peuplement de cette **station à sédiments vaseux** (Figure 9) se résume principalement à *Corophium volutator* (amphipode) et aux annélides polychètes *Neanthes succinea* et *Streblospio shrubsolii*. **L'abondance est modérée** (1 700 ind.m⁻²) et **la diversité, assez faible** (6 taxons récoltés sur la station).

La cinquième unité de peuplement (Unité E) rassemble les **2 stations de l'estuaire de la Charente, situées sur des sédiments variés** (vases pour la station D et sables grossiers très légèrement envasés pour la station B) (Figure 9). Elle correspond à un assemblage dominé par l'annélide polychète *Nereis diversicolor*, des **oligochètes** et des larves de **diptères Dolichopodidae**. **Les niveaux d'abondance et de diversité de cet assemblage sont assez faibles** (1 800 à 2 000 ind.m⁻² pour l'abondance, 4 à 6 taxons par station).

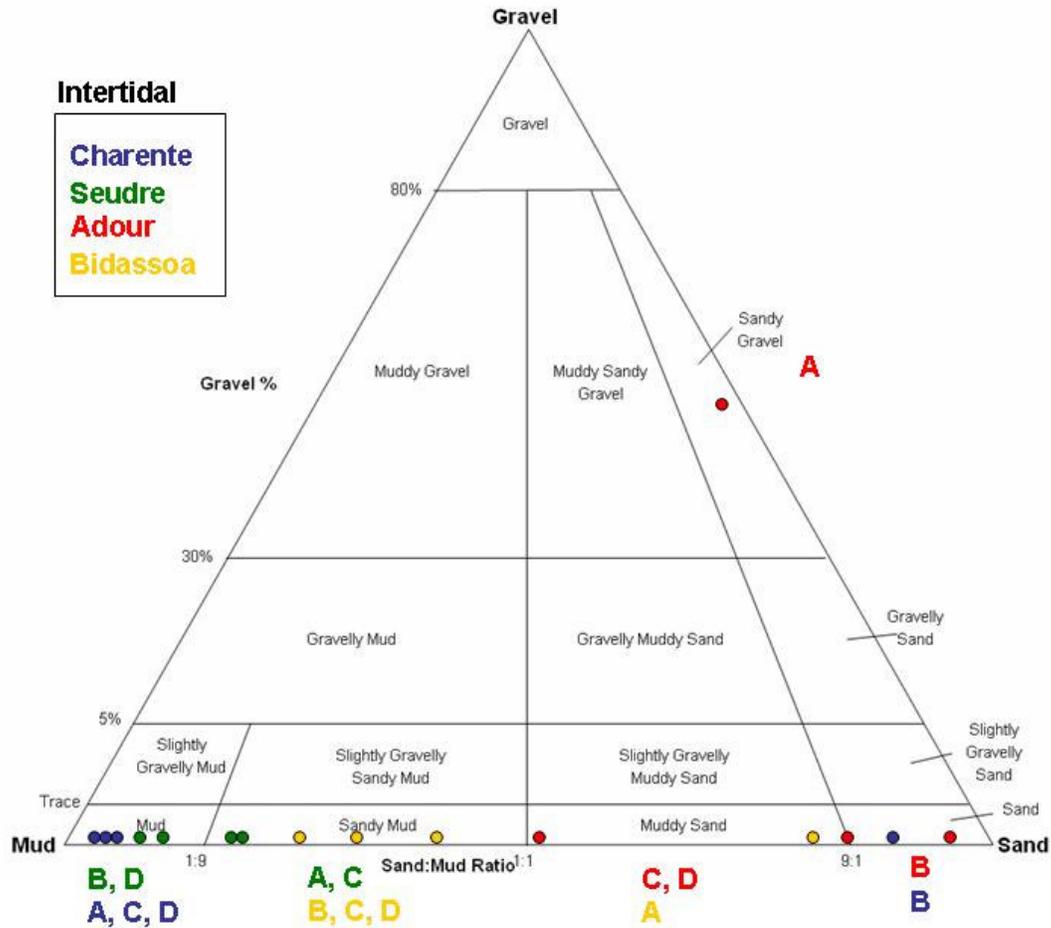


Figure 9 : Diagramme de l'Analyse granulométrique (%Mud : vases (<63 μm) ; %Sand : sables (63 à 1 mm) ; %Gravel : (> 1mm)) des sédiments des stations intertidales des masses d'eau de transition.

3.2.2. Structuration des unités de peuplements intertidales en fonction des variables environnementales

La première dichotomie sépare d'une part les stations de la Charente, à l'exception de la station la plus aval, des autres stations intertidales. Parmi ces dernières, la structure des peuplements semble principalement influencée par la salinité et le caractère vaseux des sédiments avec, d'une part, les stations aval de la Charente et de la Bidassoa et les stations de la Seudre (à l'exception de la station la plus amont de ce site), et, d'autre part, les stations de l'Adour, de l'amont de la Bidassoa et de la Seudre.

3.3. Peuplements subtidaux

3.3.1. Description des unités de peuplement

Les assemblages benthiques des stations subtidales des masses d'eau étudiées peuvent être subdivisés en 8 unités de peuplement en fonction de la structure du dendrogramme (Figure 10).

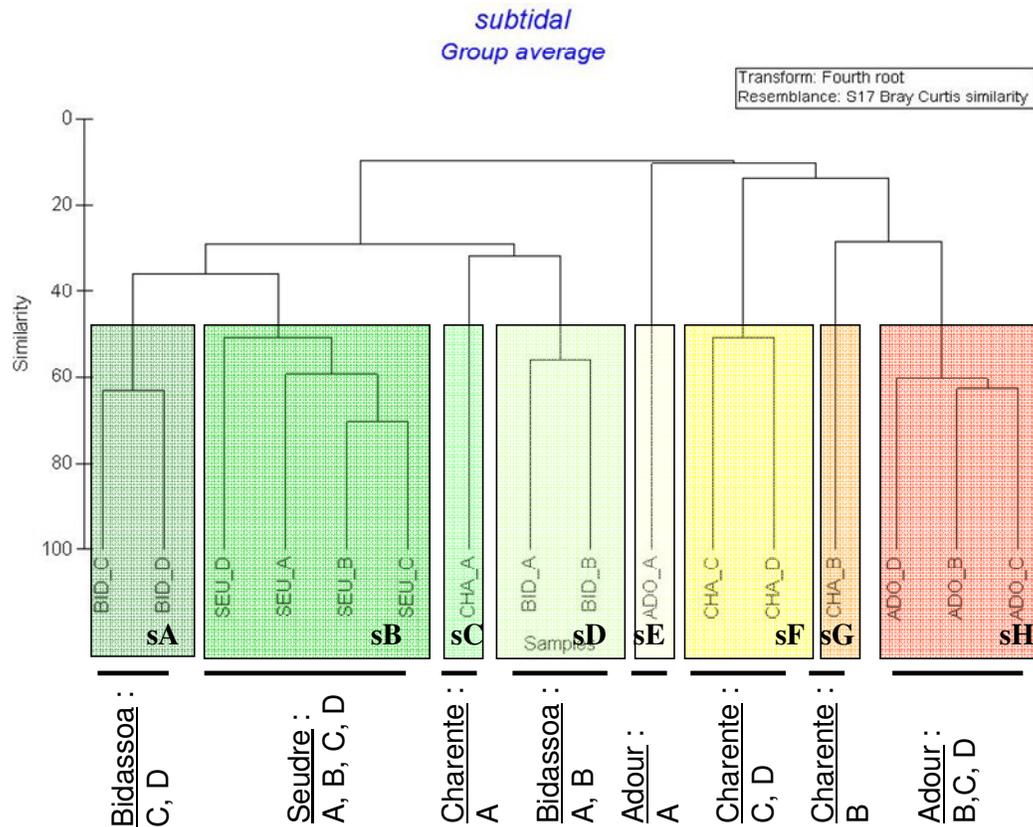


Figure 10 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique des stations subtidales des masses d'eau de transition.

Les quatre premières unités de peuplements sont référables à la communauté à *Abra alba* avec des faciès plus ou moins appauvris en fonction de la richesse du sédiment en matière organique, de la profondeur et du caractère plus ou moins variable de la salinité. Cette communauté pénètre plus ou moins loin dans les différents sites en fonction du régime hydraulique de chacun des estuaires.

La première unité de peuplement (Unité sA) rassemble les stations les plus amont de la Bidassoa, situées sur des substrats constitués de sables grossiers et de fins graviers avec une faible teneur en particules fines (1 à 2 %) (Figure 11). Les salinités mesurées sur

sites étaient de 11 et 4 en surface, mais probablement plus élevées en profondeur. Elle correspond à un peuplement dont les principaux représentants sont les oligochètes dont *Tubificoides benedii*, les polychètes *Streblospio shrubsolii*, *Capitella capitata*, *Alkmaria romijni*, *Pseudopolydora antennata* et *Nereis diversicolor*, les mollusques *Scrobicularia plana* (bivalve) et *Hydrobia ulvae* (gastéropode), ainsi que *Cyathura carinata* (isopode) et des németes. L'abondance et le nombre de taxons récoltés dans ces stations sont relativement élevés (17 à 23 taxons par station (0,225 m²) ; 5 000 à 8 000 ind.m⁻²).

La seconde unité de peuplement (Unité sB) correspond à l'intégralité des stations subtidales de la Seudre. Ces stations étaient toutes situées sur des substrats très vaseux (Figure 11).

L'assemblage faunistique se caractérise par la fréquence des annélides polychètes *Streblospio shrubsolii*, *Aphelochaeta marioni*, *Heteromastus filiformis*, *Cossura pygodactylata* et *Nephtys hombergii*, la présence d'oligochètes ainsi que des trois bivalves *Tapes philippinarum*, *Cerastoderma edule* et *Abra tenuis*. Le niveau d'abondance est variable et compris entre 1 500 et 21 500 ind.m⁻². Le niveau de diversité est très élevé, en particulier dans la station la plus aval (76 taxons /0,5 m²) ; il varie par ailleurs entre 27 et 33 taxons par station (0,5 m²).

La troisième unité de peuplement (Unité sC) est représentée par une unique station située sur les vases de la partie la plus aval de l'estuaire de la Charente (Figure 11). Le peuplement est dominé par *Hydrobia ulvae* (gastéropode), *Nephtys hombergii* (polychète), *Macoma balthica* (bivalve), *Cerastoderma edule* (bivalve) et *Streblospio shrubsolii* (polychète). L'abondance est de l'ordre de 1 000 ind.m⁻² avec un niveau de diversité intermédiaire (16 taxons /0,5 m²).

La quatrième unité de peuplement (Unité sD) est représentée dans les stations aval de l'estuaire de la Bidassoa. Ces stations étaient situées sur des substrats très vaseux (Figure 11). L'assemblage comprend notamment les polychètes *Heteromastus filiformis*, un Hesionidae non déterminé, *Nephtys hombergii*, *Prionospio malmgreni*, *Pseudopolydora* sp. et *Glycera* sp. Les principaux mollusques sont *Corbula gibba* (bivalve), *Loripes lacteus* (bivalve), *Cerastoderma edule* (bivalve), *Nassarius incrassatus* (gastéropode). Le cumacé *Iphinoe trispinosa* et les németes sont également constants dans les prélèvements. L'abondance est variable mais jamais très importante (entre 200 et 1 000 ind.m⁻²) mais la diversité est élevée (23 à 25 taxons /0,5 m²).

Les quatre unités de peuplements suivantes sont, en fait, uniquement définies par la rareté de la macrofaune, avec des échantillons souvent azoïques. Ces peuplements très pauvres peuvent être situés sur des sables ou des graviers propres soumis à un

hydrodynamisme puissant (Unités sE et sH, caractéristiques des fonds de l'Adour). **Ces deux unités de peuplements sont référables à la communauté à *Pontocrates arenarius* - *Eurydice pulchra* (Borja *et al.*, 2004) et/ou le peuplement des sables moyens dunaires à *Nephtys cirrosa* - *Magelona mirabilis* (Glémarec, 1997). Les deux autres unités de peuplement, également très pauvres, se référeraient davantage à la communauté estuarienne à *Macoma balthica* (Thorson, 1957 ; Bachelet *et al.*, 1997).**

La cinquième unité de peuplement (Unité sE) correspond seulement à **la station la plus aval de l'Adour**, caractérisée par des **sables moyens propres** (Figure 11). **L'abondance et la diversité de la macrofaune sont très faibles** dans cette zone avec 4 échantillons sur cinq dépourvus de macrofaune (abondance moyenne : 32 ind.m⁻², 8 taxons /0,5 m²). Lorsqu'elles étaient présentes, les espèces récoltées comprenaient notamment *Nephtys cirrosa* (polychète), *Macra glauca* (bivalve), *Spisula sp.* (bivalve) et *Mytilus edulis* (bivalve). Cette unité de peuplement est référable à la communauté à *Pontocrates arenarius* - *Eurydice pulchra* (Borja *et al.*, 2004) et/ou le peuplement des sables moyens dunaires à *Nephtys cirrosa* - *Magelona mirabilis* (Glémarec, 1997).

La sixième unité de peuplement (Unité sF) est représentée dans les **deux stations amont de la Charente**. Le substrat sur lequel sont situées ces stations est, comme en aval, **très vaseux** (Figure 11). Dans ces zones, le peuplement est principalement constitué de crustacés amphipodes endobenthiques comme *Corophium insidiosum* et *Corophium volutator* et de crustacés suprabenthiques comme *Mesopodopsis slabberri* (mysidacé). **Les niveaux de diversité (5 à 6 taxons /0,5 m²) et d'abondance (18 à 78 ind.m⁻²) sont très faibles** avec quelques échantillons (2 sur 10) dépourvus de macrofaune. Ce peuplement peut être assimilé à la communauté à *Macoma balthica* (Thorson, 1957 ; Bachelet *et al.*, 1997) (ou communauté à *Scrobicularia plana* - *Cerastoderma edule*).

La septième unité de peuplement (Unité sG) correspond à la seule **station B de l'estuaire de la Charente**. Cette zone vaseuse de l'estuaire s'est également avérée **très peu peuplée** (2 échantillons sur 5 étaient dépourvus de macrofaune) (Figure 11), **l'abondance moyenne ne dépasse pas 35 ind.m⁻²**. **La diversité est aussi très faible** avec seulement 6 taxons sur 0,5 m². Lorsqu'ils sont présents, les quelques individus récoltés appartenaient aux espèces d'annélides polychètes suivantes : *Nephtys hombergii*, *Nereis diversicolor* et *Streblospio shrubsolii*. Quelques crustacés décapodes comme *Crangon crangon* (crevette grise) ont également été récoltés dans cette zone. Cette unité de peuplement semble assez proche de celle décrite par Le Bris (1988).

La huitième et dernière unité de peuplement (**Unité SH**) est représentée en **Adour seulement** (stations B, C, D). L'assemblage est surtout constitué de crustacés comme *Gastrosaccus spinifer* (mysidacé), *Eurydice pulchra* et *Cyathura carinata* (isopodes) bien que quelques individus de *Streblospio shrubsolii* (polychète) aient été collectés. Le **niveau d'abondance est faible** et ne dépasse pas 250 ind.m⁻². De même, le **niveau de diversité alpha est très faible** (5 à 9 taxons par 0,5 m²). Cette unité de peuplement est également référable à la communauté à *Pontocrates arenarius-Eurydice pulchra* (Borja *et al.*, 2004) et/ou le peuplement des sables moyens dunaires à *Nephtys cirrosa* – *Magelona mirabilis* (Glémarec, 1997).

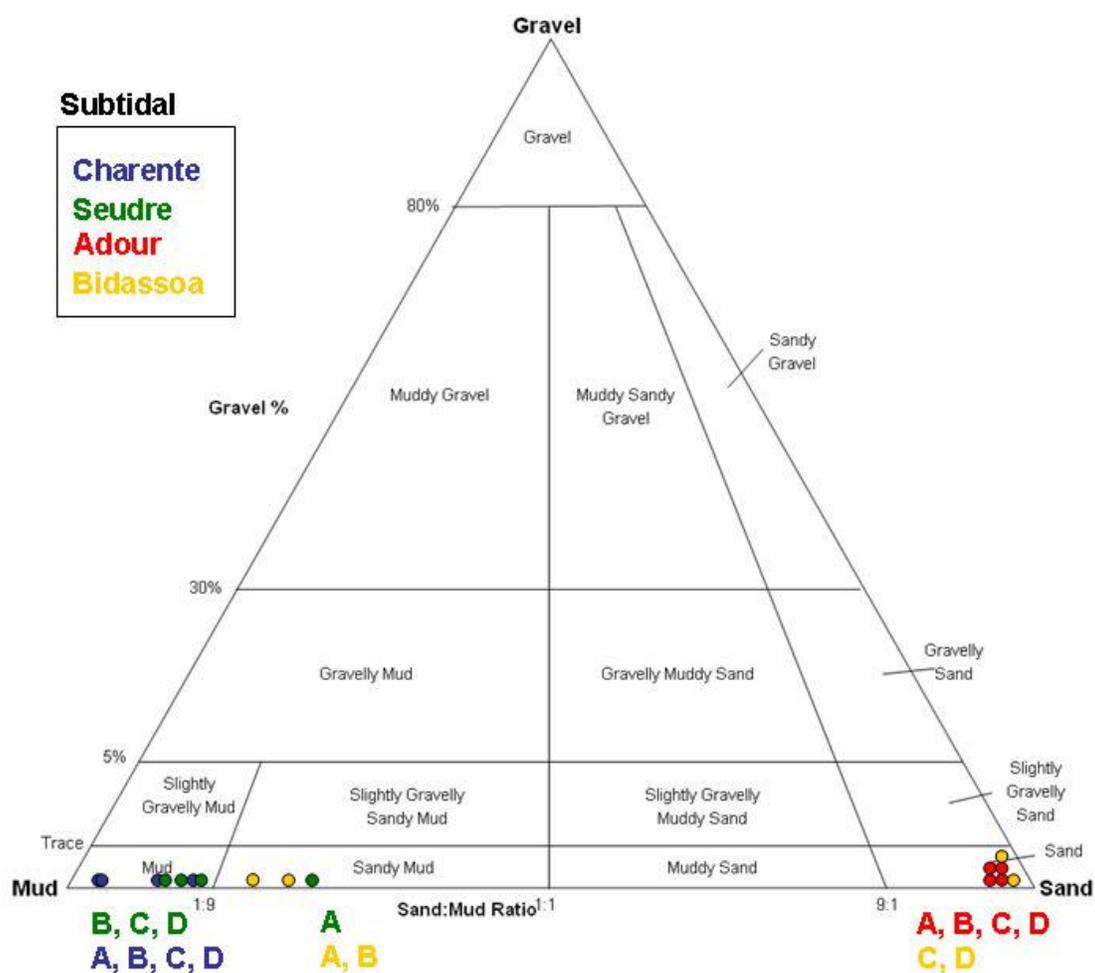


Figure 11 : Diagramme de l'Analyse granulométrique (% Mud : vases (<63 µm) ; % Sand : sables (63 à 1 mm) ; % Gravel : (> 1mm)) des sédiments des stations subtidales des masses d'eau de transition.

3.3.2. Structuration des unités de peuplements subtidales en fonction des variables environnementales

Les unités de peuplements subtidales s'individualisent tout d'abord en fonction du niveau d'abondance et de diversité du peuplement : la première dichotomie observée sur le dendrogramme isole d'une part les unités de peuplements caractérisées par une très faible diversité et des niveaux d'abondance très faibles. Au sein de ce groupe, les différentes unités de peuplements se différencient selon le type de substrat : fins (vases de la Charente : B, C, D) ou grossiers (sables propres de l'Adour : A, B, C et D). D'autre part, des unités de peuplements présentent un niveau de diversité et d'abondance nettement plus élevés. Elles se subdivisent ensuite en fonction du caractère plus lagunaire ou polyhalin des eaux associé à différents types de sédiments. Ces unités de peuplement n'ont été retrouvées que dans l'estuaire de la Bidassoa, la Seudre et dans la station la plus aval de l'estuaire de la Charente.

4. Impacts de l'utilisation d'une maille de tamis de 500 µm ou de 1 mm sur l'étude des assemblages benthiques dans le cadre de la DCE

4.1. Effet de la maille de tamisage sur les mesures de diversité

Comparée à la diversité échantillonnée sur tamis de 500 µm, la diversité (nombre de taxons) par station est sous-estimée par l'usage d'un tamis de 1 mm de vide de maille (Figure 12, [Tableau 25](#)). En effet, le nombre de taxons récoltés sur maille de 500 µm est significativement plus élevé que celui récolté sur 1 mm ([Tableau 25](#)). L'importance des différences observées est variable selon le site et la station considérés (Figure 12). De manière générale, l'utilisation de la maille la plus grossière entraîne une sous-estimation systématique de 1 à 5 taxons par station pour les estuaires de la Bidassoa, de l'Adour et de la Charente. Cela représente, en fonction du site, entre moins d'un dixième (1/10) et la moitié (1/2) de la diversité totale échantillonnée par station. Cette sous-estimation est plus importante en valeur absolue dans l'estuaire de la Seudre (7-8 taxons en moyenne par station) mais ne représente qu'un cinquième (1/5) à un tiers (1/3) de la diversité totale échantillonnée par station.

Tableau 25

Résultat du test non paramétrique de Wilcoxon pour échantillons appariés comparant le nombre de taxons récoltés entre tamis de vide de maille 1 mm et 500 µm. Les différences significatives sont marquées par des *. Les valeurs significativement plus élevées sont indiquées en gras.

Nombre de taxons par station	n	p	valeur médiane (1 mm)	valeur médiane (500 µm)
Subtidal	16	***	11,5	15
Intertidal	16	***	6	8

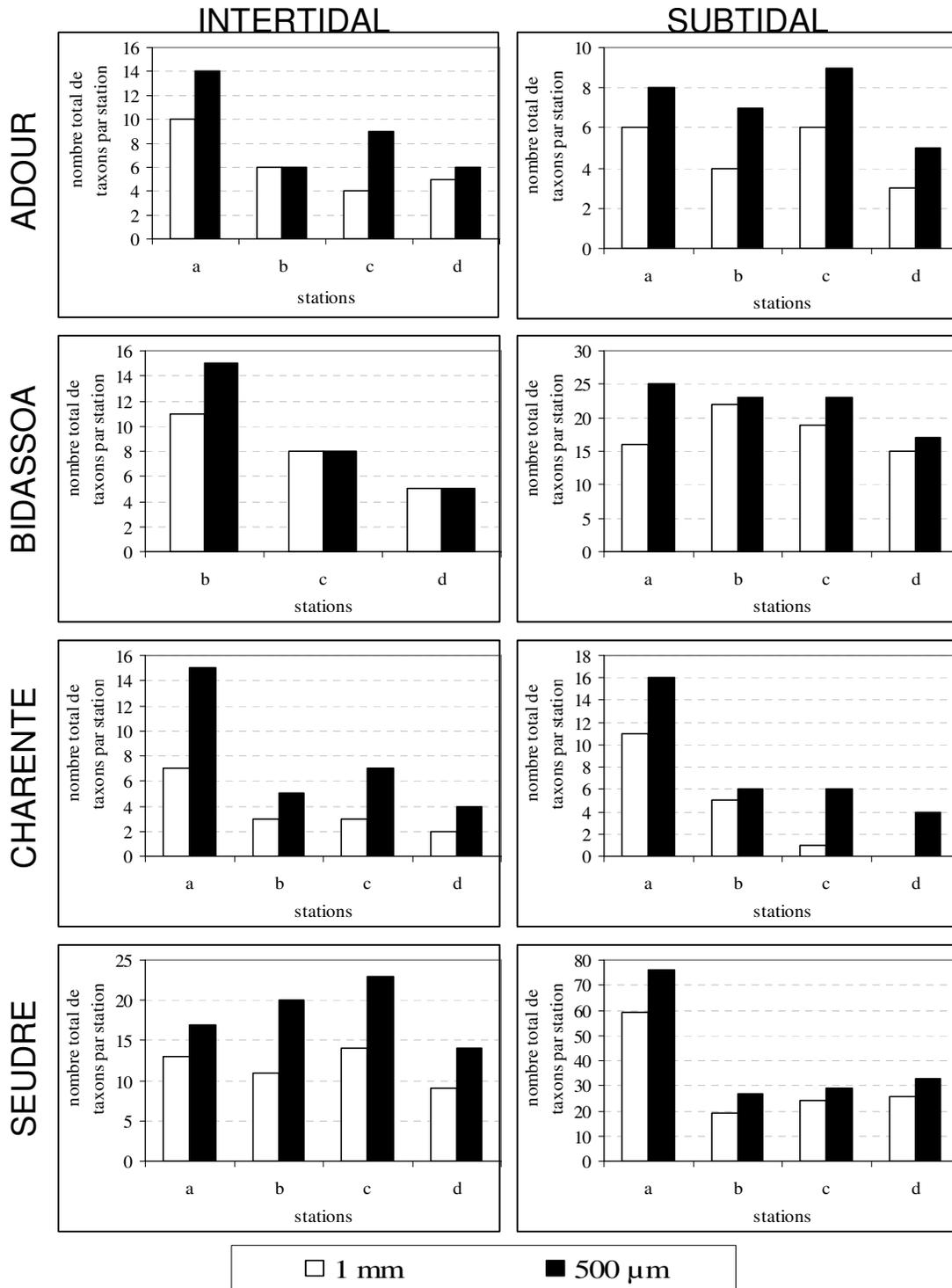


Figure 12 : Comparaison du nombre de taxons échantillonnés dans chaque station de chaque site sur mailles de 1 mm et 500 μm.

De la même façon, la diversité taxonomique moyenne est sous-évaluée par l'usage d'une maille de tamis de 1 mm (Figure 13). Les différences observées sont le plus souvent de l'ordre de 1 à 4 taxons de moins par station pour les zones intertidales et subtidales de l'Adour, de la Bidassoa et de la Charente, ce qui correspond, au maximum à trois quarts (3/4) et, en moyenne à un tiers (1/3) de la diversité moyenne échantillonnée sur 500 µm. Pour la Seudre, les différences absolues sont plus élevées avec 1 à 10 taxons de moins sur 1 mm que sur 500 µm soit un quart (1/4) à deux tiers (2/3) de la diversité taxonomique par échantillon.

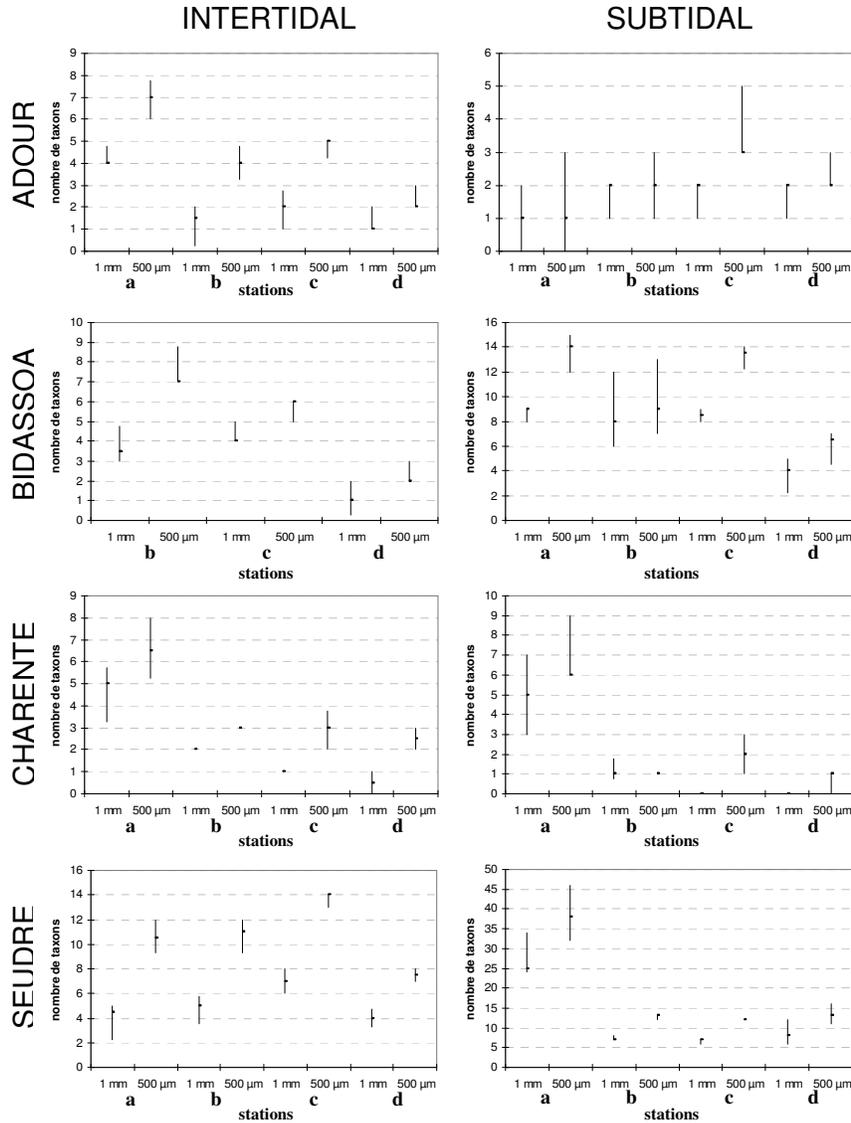


Figure 13 : Comparaison du nombre médian de taxons échantillonnés dans chaque station de chaque site sur mailles de 1 mm et 500 µm.

En revanche, l'utilisation d'une maille de tamis fine ne modifie pas significativement la valeur de l'indice de diversité de Shannon H' (Tableau 26).

Tableau 26

Résultat du test non paramétrique de Wilcoxon pour échantillons appariés comparant les valeurs de l'indice de diversité de Shannon (H') calculés à partir des données sur tamis de vide de maille 1 mm et 500 µm. ns : différences non significatives.

Indice de diversité de Shannon (H')	n	p	valeur médiane (1 mm)	valeur médiane (500 µm)
Subtidal	16	ns	2,4	2,4
Intertidal	16	ns	1,9	1,9

4.2. Effet de la maille de tamisage sur la mesure de l'abondance de la macrofaune

De manière évidente, le nombre d'individus collectés par station est supérieur sur tamis de 500 µm que sur 1 mm (Tableau 27). L'importance des différences observées est très variable en fonction des stations considérées. L'usage d'un tamis de 1 mm de vide de maille collecte entre 1 et 79 % de la faune récoltée sur tamis de 500 µm (Tableau 27).

Tableau 27

Résultat du test non paramétrique de Wilcoxon pour échantillons appariés comparant les abondances sur tamis de vide de maille 1 mm et 500 µm. Les différences significatives sont marquées par des *. Les valeurs significativement plus élevées sont indiquées en gras.

Nombre d'individus collectés par station	n	p	valeur médiane (1 mm)	valeur médiane (500 µm)	% échantillonné sur 1 mm (min - moy - max)
Intertidal	15	***	91	483	1% / 19% / 72%
Subtidal	16	***	89	317	4% / 28% / 79%

4.3. Effet de la maille de tamisage sur la structure des peuplements benthiques

L'utilisation d'une maille de tamis plus fine ou plus grossière ne modifie pas la structure des peuplements benthiques. En effet, les analyses multivariées réalisées simultanément sur les données collectées sur 1 mm et sur celles collectées sur 500 µm montrent qu'il n'y a pratiquement pas de différences. Pour une même station, la similarité minimale entre maille

de 500 µm et maille de 1 mm, mesurée selon le critère de Bray-Curtis, est très généralement supérieure à 60% (Figures 14 & 15).

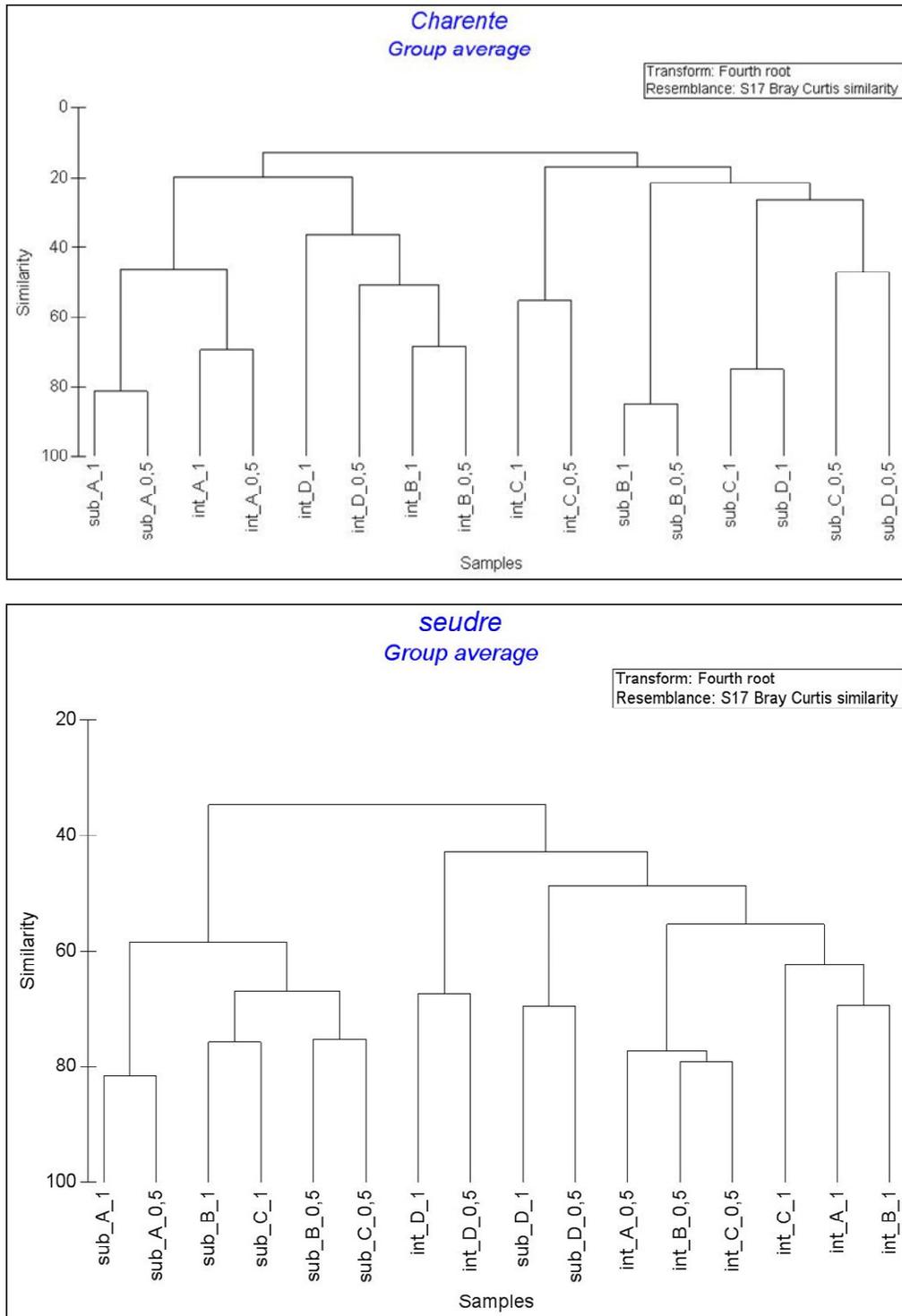


Figure 14 : Classification Ascendante Hiérarchique des stations échantillonnées à l'aide des tamis de 1 mm et de 0,5 mm dans les estuaires de la Charente et de la Seudre

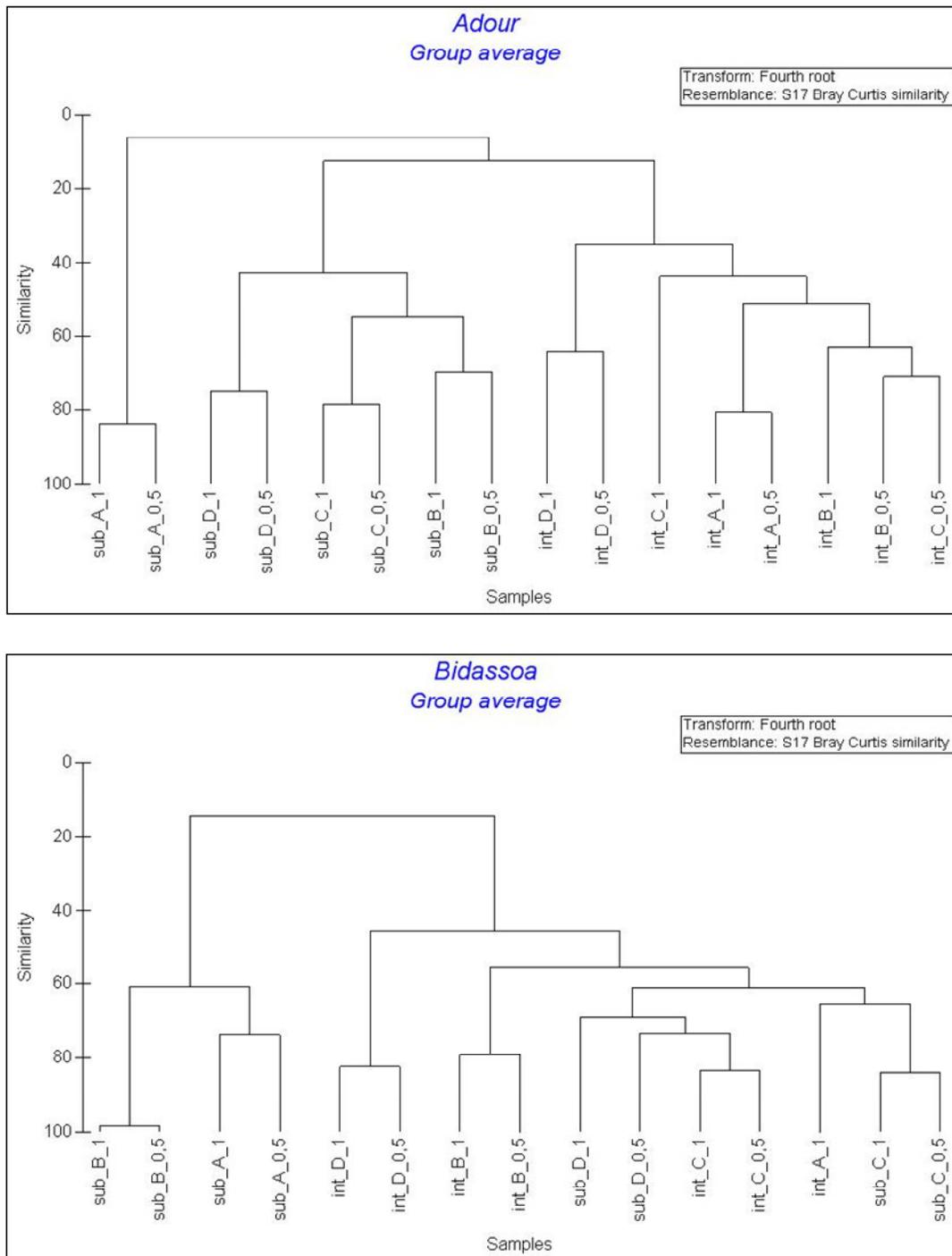


Figure 15 : Classification Ascendante Hiérarchique des stations échantillonnées à l'aide des tamis de 1 mm et de 0,5 mm dans les estuaires de la Bidassoa et de l'Adour

4.4. Effet de la maille de tamisage sur les indices biotiques

L'utilisation d'une maille de tamis de 500 μm par rapport à la maille de 1 mm modifie la valeur de l'indice biotique AMBI. Les valeurs sont significativement plus élevées sur 500 μm que sur 1 mm, en subtidal comme en intertidal (Tableau 28). Cette différence s'explique par le fait qu'un tamis plus fin accroît la représentation des individus de plus petite taille. Ces individus appartiennent en général à des espèces de polychètes (principalement des *Spionidae*, *Capitellidae*, *Cossuridae*, *Cirratulidae* voire *Ampharetidae*) ou d'oligochètes dont la taille individuelle moyenne est faible. Chez ces espèces, la faible taille individuelle moyenne est en général corrélée à des capacités de multiplication élevées correspondant à des stratégies de type *r* (reproductive) (Pianka 1970). Ces espèces sont considérées comme des espèces opportunistes, classées parmi les groupes écologiques IV et V de l'AMBI. Leur abondance relative est responsable de l'augmentation des valeurs de cet indice et interprétée comme une dégradation de la qualité écologique par cet indice (Tableau 28).

En domaine subtidal, la maille de tamis n'affecte pas significativement la valeur du BENTIX mais celui-ci classe la majorité des stations comme de qualité « moyenne » à « médiocre » à l'exception des stations situées sur des substrats sableux. Les valeurs du BENTIX sont significativement affectées par l'usage d'une maille de tamis différent en zone intertidale uniquement. Les valeurs absolues de l'indice restent cependant très proches (moyennes proche de 2,0) et les différences observées ne changent pas le classement de la qualité écologique des stations intertidales, en effet il les classe de manière quasi-systématique comme « médiocre » en raison de la dominance des espèces du groupe III en domaine intertidal. Elles représentent en effet entre 95,6% à 66,3 % de l'abondance totale selon la maille utilisée (Tableau 28). Cet indice considère la présence de ce type d'espèce comme un signe de dégradation, leur omniprésence en domaine intertidal estuarien est donc interprétée par cet indice comme indicateur d'une situation dégradée. Or, ces espèces constituent la faune naturellement présente dans les estuaires (Wolff, 1973) ; en conséquence, cet indice n'est clairement pas utilisable en eaux de transition.

Les valeurs du BOPA sont peu affectées par l'usage d'une maille de tamis différente (Tableau 28). Il peut être considéré comme un indicateur de pollution par les hydrocarbures. Cet indice n'a donné d'indications de dégradation potentielle que dans une station de la Bidassoa et dans les stations subtidales Nord du Lac d'Hossegor.

Tableau 28

Résultat du test non paramétrique de Wilcoxon pour échantillons appariés comparant les valeurs de l'AZTI Marine Biotic Index (AMBI), du BENTIX, du BOPA ainsi que la contribution (en %) de chacun des 5 groupes écologiques de l'AMBI selon l'usage de tamis de vide de maille 1 mm ou 500 µm. Les différences significatives sont marquées par des * (ns : non significatif). Les valeurs significativement plus élevées sont indiquées en gras.

AMBI	n	p	valeur médiane (1 mm)	valeur médiane (500 µm)	valeur moyenne (1 mm)	valeur moyenne (500 µm)
Intertidal						
AMBI	150	***	3,0	3,9	3,7	4,1
BENTIX	150	*	2,0	2,0	1,9	2,0
BOPA	150	*	0,000	0,000	0,007	0,009
% groupe écologique I	150	ns	0	0	0,1	0,1
% groupe écologique II	150	***	0	0	3,7	1,1
% groupe écologique III	150	***	95,6	66,3	73,9	60,6
% groupe écologique IV	150	***	0	0	0,5	1,5
% groupe écologique V	150	***	0	28,3	11,7	36,2
Subtidal						
AMBI	89	***	3,0	3,5	3,0	3,2
BENTIX	89	ns	2,9	2,5	3,2	3,2
BOPA	89	ns	0,000	0,003	0,044	0,053
% groupe écologique I	89	***	0,0	0,6	16,5	13,9
% groupe écologique II	89	ns	2,4	5,0	19,6	17,8
% groupe écologique III	89	ns	25,0	27,9	36,5	33,3
% groupe écologique IV	89	ns	0,0	0,0	10,3	12,6
% groupe écologique V	89	***	0,0	1,0	3,6	16,8

4.5 Conclusions

D'un point de vue pratique, il est préférable d'utiliser des tamis de vide de maille 1 mm. En effet, son utilisation permet de sensiblement diminuer la durée du tamisage, du tri et de l'identification des organismes. Ce qui permettrait, à budget égal, d'intensifier les suivis soit par une meilleure résolution spatiale (plusieurs stations par masse d'eau), soit par une meilleure résolution temporelle (échantillonnage annuel voire pluriannuel) ou un compromis entre les deux. En effet, on estime que l'utilisation d'un tamis de 500 µm par rapport à celui de 1 mm multiplie le temps de traitement des échantillons par un facteur de 2 à 2,5 (Ferraro et al., 1989 ; EPA, 2000 ; Ferraro & Cole, 2004).

Ce dernier aspect n'est pas sans intérêt car **il permettrait de mieux cerner la variabilité spatio-temporelle** des assemblages benthiques estuariens **et, donc, d'interpréter de manière plus correcte les changements observés entre deux campagnes d'échantillonnage.**

Il apparaît évident que l'utilisation d'une maille de tamis de 1 mm sous-estime l'abondance de la macrofaune benthique. Mais ce phénomène ne relève pas d'une caractéristique propre aux peuplements benthiques estuariens même si la dominance numérique d'espèces de faible taille individuelle y est *a priori* plus importante. En effet, l'utilisation de mailles plus fines permet de collecter les stades juvéniles des espèces macrobenthiques. C'est la raison pour laquelle, elle est particulièrement recommandée pour les études portant sur la dynamique de population ou la production des macroinvertébrés benthiques (Bachelet, 1990 ; Rumohr, 1999).

Les résultats acquis montrent que le nombre d'espèces récoltées par station est significativement différent si l'on compare tamis de 1 mm et tamis de 500 µm ; en revanche, ni la structure du peuplement, ni l'indice de diversité H' ne sont affectés par l'usage d'une maille différente. Cela implique **qu'une part non négligeable des différences observées dans le nombre de taxons échantillonnés, peut être attribuée à la capture de juvéniles d'espèces rares.** A probabilité de capture constante, la capture de ces espèces est accrue par l'usage de tamis de 500 µm car le nombre d'individus récoltés y est plus important. L'observation des données montre en effet que la plupart des espèces uniquement échantillonnées par le tamis à maille fine ne sont représentées que par un très petit nombre d'individus (de l'ordre de 2 individus, en moyenne, par carotte). Cela confirme leur statut d'espèces 'rares'. En revanche, **un nombre réduit de taxons uniquement prélevés sur maille fine, se manifestent par un nombre élevé d'individus. Il s'agit typiquement d'oligochètes dont *Tubificoides benedii* et de polychètes dont *Aphelochaeta marioni*, *Alkmaria romijni*, et *Streblospio shrubsolii*.** Ces espèces sont considérées comme tolérantes (groupe écologique III de l'AMBI) voire opportunistes (groupes écologiques IV et V de l'AMBI). C'est la raison pour laquelle l'utilisation d'une maille fine influe négativement sur la valeur de l'indice biotique AMBI, par l'accroissement de la représentation des taxons opportunistes. D'un autre côté, **l'utilisation d'une maille fine permet, dans le cas de zones où la macrofaune benthique est naturellement peu peuplée, de collecter suffisamment d'individus pour ne pas considérer la station comme dépourvue de faune,** ce qui serait interprété comme un signe de mauvaise qualité écologique. Si l'option d'une maille de 1 mm devait être privilégiée, il serait nécessaire d'augmenter l'effort d'échantillonnage (en augmentant le nombre d'échantillons par station) afin d'obtenir une meilleure représentation de la richesse taxonomique des stations en augmentant le nombre

d'individus prélevés par station et de minimiser la probabilité d'obtenir des échantillons dépourvus de macrofaune. En effet, le nombre moyen d'individus récoltés sur 1 mm est de 12 par carotte, soit 120 individus par station avec une très forte variabilité en fonction des stations.

Conclusion générale : Quelle stratégie de surveillance de la faune invertébrée benthique en milieu estuarien ?

L'établissement d'une stratégie de surveillance de la faune invertébrée benthique des milieux estuariens dans le cadre de la DCE doit permettre d'interpréter la structure des peuplements macrozoobenthiques en termes de qualité écologique du milieu.

Si cette étude a permis d'obtenir une image instantanée de l'état de la macrofaune benthique à partir de 8 stations échantillonnées sur chaque masse d'eau en prenant en compte les principaux facteurs structurant la macrofaune benthique dans ces milieux (niveau tidal et variations de salinité), **les résultats obtenus sont à l'heure actuelle impossibles à interpréter en terme de qualité écologique au sens de la Directive Cadre sur l'Eau.** En effet, **les indices biotiques actuellement pressentis pour la détermination de l'état écologique des masses d'eau à partir de la macrofaune benthique sont inadaptés aux spécificités de la macrofaune estuarienne**, caractérisée par un nombre d'espèces réduit qui s'amenuise de l'aval vers l'amont, des densités très variables en fonction du type de peuplement échantillonné, la dominance numérique, notamment en intertidal, d'espèces vasicoles tolérant l'instabilité induite par les variations de salinité et les conditions d'humectation. En conséquence, les indices biotiques reposant sur la succession des peuplements benthiques le long d'un gradient d'enrichissement en matière organique selon le modèle de Pearson & Rosenberg (1978) et les travaux d'Hily & Glémarec (19) et Grall & Glémarec (19) sont difficilement transposables à ce type de milieu en raison (1) de la corrélation entre la nature vaseuse d'un sédiment et son contenu en matière organique et (2) des caractéristiques de la dynamique de population de ces espèces adaptées à l'instabilité des conditions du milieu. Nombre de ces espèces se caractérisent par une stratégie de type 'r' (reproductive) privilégiant une forte capacité reproductrice, de faibles capacités de compétition, de forts niveaux d'abondance et un cycle de vie court. Ces caractéristiques entraînent leur classement en tant qu'espèces tolérantes voire opportunistes. Leur abondance dans ces milieux est donc, à tort, interprétée par ces indices comme un signe de dégradation du milieu. A notre connaissance, une des rares méthodes de bio-évaluation de la qualité du milieu estuarien à partir des peuplements benthiques est celle développée aux Etats-Unis à partir des travaux réalisés sur la baie de la Chesapeake (Dauer, 1993 ; Weisberg et al., 1997). Cette méthode repose sur la notion d'intégrité biologique. Elle consiste à étudier différents

aspects (appelés « métriques ») d'un assemblage benthique, notamment ses aspects structurels (niveau de diversité, abondance d'espèces indicatrices de perturbation) et fonctionnels (biomasse, structure trophique). En pratique, cette méthode consiste à mesurer, à partir de différentes métriques définissant un assemblage, la distance entre un échantillon de macrofaune prélevé et un état de référence de la bonne qualité, défini en tenant compte de l'habitat et de la variabilité des métriques au sein de cet habitat. La combinaison des résultats obtenus pour chaque métrique permet d'évaluer le degré de dégradation d'un assemblage donné. Cette méthode a connu un succès non négligeable outre-Atlantique (van Dolah et al., 1999 ; Llanso et al., 2002a,b ; Ranasinghe et al., 2002), elle paraît mieux adaptée aux milieux estuariens que les méthodes de bio-évaluation qui ont été utilisées ici. Mais cette méthode reste encore à développer pour être applicable aux eaux estuariennes françaises.

Les données acquises lors de cette étude nous ont permis d'identifier les principaux types de peuplements présents dans ces quatre masses d'eau estuariennes. Il serait donc nécessaire d'établir des conditions de référence pour chacun de ces types de peuplements. Cette constatation nous a guidés dans les critères de choix des stations à inclure dans le réseau de surveillance DCE.

Le choix des stations à retenir pour la surveillance a été basé sur un compromis entre les critères suivants :

- l'assemblage benthique identifié dans la station doit relever autant que possible d'un type de peuplement largement représenté à l'échelle des quatre masses d'eau étudiées ici et à l'échelle des estuaires français et européens afin de permettre la définition d'un état de référence ;
- l'assemblage benthique doit être, dans la mesure du possible, représentatif de ceux prédominants dans la masse d'eau.

Il paraît nécessaire de réaliser la surveillance sur au moins deux stations subtidales et deux stations intertidales. En effet, seule une surveillance exercée sur un ensemble de stations permet de mesurer l'étendue d'une éventuelle perturbation et d'obtenir un classement plus raisonnable de l'état écologique de la masse d'eau.

Selon ces critères, la liste des stations à inclure dans le réseau de surveillance des eaux de transition est présentée dans le [Tableau 29](#).

Tableau 29

Proposition de la liste de stations à inclure dans le réseau de surveillance DCE des masses d'eau de transition du district hydrographique Adour-Garonne. Un type de référence est proposé dans la dernière colonne en fonction du type d'Unité de peuplement identifié dans la station.

Masse d'eau	Niveau	Station	Unité de peuplement	Type de référence proposée
CHARENTE	Subtidal	A	sC	vases subtidales polyhalines
	Subtidal	C	sF	vases subtidales mésohalines
	Intertidal	A	iA	vases intertidales polyhalines
	Intertidal	C	iD	vases intertidales mésohalines
SEUDRE	Subtidal	A	sB	vases subtidales polyhalines
	Subtidal	C ou D	sB	vases subtidales polyhalines
	Intertidal	A	iA	vases intertidales polyhalines
	Intertidal	D	iC	sédiments hétérogènes mésohalins
ADOUR	Subtidal	A	sH	sables et fins graviers subtidaux
	Subtidal	C	sH	sables et fins graviers subtidaux
	Intertidal	B	iC	sédiments hétérogènes mésohalins
	Intertidal	C	iC	sédiments hétérogènes mésohalins
BIDASSOA	Subtidal	A ou B	sD	vases subtidales polyhalines
	Subtidal	C	sA	sables subtidaux mésohalins
	Intertidal	H	nd	herbier à <i>Zostera noltii</i>
	Intertidal	C	iC	sédiments hétérogènes mésohalins

Afin de réaliser la surveillance de la macrofaune benthique des eaux de transition estuariennes, l'utilisation de tamis d'une maille de 1 mm nous paraît plus adaptée. **Son principal avantage est de permettre un gain de temps substantiel** par rapport à l'usage d'une maille de 500 µm. Il nous semble en effet plus intéressant, **à coût égal, d'intensifier la résolution temporelle du contrôle de surveillance de ces zones : un pas d'échantillonnage annuel** (et non tous les trois ans, comme cela a été retenu pour les eaux côtières) **constitue un minimum**. Idéalement, **la période d'échantillonnage devrait être choisie en évitant les crues printanières et hivernales** qui peuvent être susceptibles de modifier de manière importante les paramètres de l'habitat. Idéalement, la surveillance annuelle devrait inclure l'ensemble des stations échantillonnées lors de cette étude.

L'usage d'une maille de 1 mm devrait être compensé, en intertidal, par une augmentation de l'effort d'échantillonnage, en portant le nombre d'échantillons unitaires de 10 à 15 afin d'obtenir une meilleure estimation de la diversité.

Bibliographie

- Aguirrezabalaga F, Cantón L, Cruz I, Margeli M, Marquiegui M, Ruiz JM (2006) Recovery and recolonization of Jaitzубia intertidal areas (Bidasoa estuary- Bay of Biscay-). by macrobenthic fauna after deviation of wadstes and the transformation of farm lands into lands under tidal influence. In: al. Ae (ed) X International Symposium on Oceanography of the Bay of Biscay. aica ediciones, Vigo, Galicia, Spain, p 385
- Astre, G. 1960. La baie de Chingoudy et ses formations d'estuaire. Bulletin du centre d'études et de recherches scientifiques de Biarritz 3(2), 201-211
- Bachelet G (1990) The choice of a sieving mesh size in the quantitative assessment of marine macrobenthos: a necessary compromise between aims and constraints. *Mar Env Res* 30:21-35
- Bachelet G, Boucher G, Hily C (1997) Macrobenthos des substrats meubles: Principales caractéristiques des substrats meubles. In: Dauvin J-C (ed) Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord Synthèse, menaces et perspectives. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, p 49-57
- Blanchet H, Auby I, Trut G (2006) Mise en place d'un réseau de surveillance des organismes benthiques pour le district hydrographique Adour-Garonne, Ifremer, Arcachon
- Blanchet H, Lavesque N, Ruellet T, Dauvin JC, Sauriau PG, Desroy N, Desclaux C, Leconte M, Bachelet G, Janson AL, Bessineton C, Duhamel S, Jourde J, Mayot S, Simon S, de Montaudouin X (2007) Use of biotic indices in semi-enclosed coastal ecosystems and transitional waters habitats - Implications for the implementation of the European Water Framework Directive. *Ecol Indicat* in press
- Borja A, Aguirrezabalaga F, Martinez J, Sola JC, Garcia-Arberas L, Gorostiaga J-M (2004) Benthic communities, biogeography and resources management. In: Borja A, Collins M (eds) *Oceanography and Marine Environment of the Basque Country*. Elsevier B. V., Amsterdam, p 455-492
- Borja A, Franco F, Pérez V (2000) A marine biotic index to establish the ecological quality of soft-bottom benthos within European estuarine and coastal environments. *Mar Poll Bull* 40:1100-1114
- Charles L (2007) Premier signalement de *Musculista senhousia* (benson in Cantor, 1842) (Bivalvia, Mytilidae) sur la côte atlantique française; nouvelle espèce invasive dans le Bassin d'Arcachon. *Bull Soc Linn Bordeaux* 142:45-52

- Clarke KR, Warwick RM (1994) Changes in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation. Report No. Natural Environment Research Council, UK
- Cottet M, Bachelet G, Blanchet H, de Montaudouin X, Leconte M, Sauriau PG (2007) Etude préliminaire sur la macrofaune benthique pour des masses d'eau côtières et de transition. Rapport Final: Analyse bibliographique, Proposition de protocole d'échantillonnage de la macrofaune benthique pour les eaux de transition du District Hydrographique Adour-Garonne., Agence de l'Eau Adour-Garonne, Arcachon
- d'Elbée J (2006) Etude du benthos dans l'estuaire de l'Adour (Bayonne, France), Laboratoire d'Analyses de Prélèvements Hydrobiologiques, Ahetze
- D'Elbee, J., Castel, J. 1982. Introduction à l'étude du zooplancton dans l'estuaire de l'Adour. *Bulletin du centre d'études et de recherche scientifiques, Biarritz*, 14(2), 215-226
- Dauer DM (1993) Biological criteria, environmental health and estuarine macrobenthic community structure. *Mar Poll Bull* 26:249-257
- Dauvin JC, Ruellet T (2007) Polychaete/amphipod ratio revisited. *Mar Poll Bull* 55:215-224
- Ferraro SP, Cole FA, DeBen WA, Swartz RC (1989) Power-cost efficiency of eight macrobenthic sampling schemes in Puget Sound, Washington, USA. *Can J Fish Aquat Sci* 46:2157-2165
- Echeverria, B. 1991-1992. Quel devenir pour la Baie de Chingoudy? Rapport de maitrise « biologie des organismes et des populations ». Université Bordeaux 1.
- EPA (United States Environmental Protection Agency). 2000. Sampling program issues biological assemblages and design. *Estuarine and coastal marine waters: bioassessment and biocriteria technical guidance* 300 p
- Ferraro, S.P., Cole, F.A. 2004. Optimal benthic macrofaunal sampling protocol for detecting differences among four habitats in Willapa Bay, Washington, USA. *Estuaries* 27(6), 1014-1025
- Glémarec M (1997) Les biocénoses du Golfe de Gascogne en milieu meuble. In: Dauvin J-C (ed) Les biocénoses marines et littorales françaises des côtes Atlantique, Manche et Mer du Nord, synthèse, menaces et perspectives. Service du Patrimoine naturel / IEGB / MNHN, Paris, p 64-68
- Glémarec M, Hily C (1981) Perturbations apportées à la macrofaune benthique de la baie de Concarneau par les effluents urbains et portuaires. *Acta Oecologica Ecol Applic* 2:139-150
- Grall J, Glémarec M (1997) Using biotic indices to estimate macrobenthic community perturbations in the Bay of Brest. *Estuar Coast Shelf Sci* 44 suppl. A:43-53

- Gruet Y (1999) L'estuaire de la Charente: données actuelles et associations écologiques. In: Laporte L (ed) L'estuaire de la Charente de la Protohistoire au Moyen-Age. Editions de la Maison de l'Homme, Paris, p 175-182
- Guillaumont B, Gauthier E (2005) Recommandations pour un programme de surveillance adapté aux objectifs de la DCE - Recommandations concernant le benthos marin, IFREMER
- Héral M, Berthome J-P, Razet D, Garnier J (1978) Etude hydrobiologique du bassin de Marennes-Oléron un exemple: La sécheresse de l'été 1976. Rev Trav Inst Pêches Marit 42:269-290
- Hily C (1984) Variabilité de la macrofaune benthique dans les milieux hyper-trophiques de la rade de Brest. University of Bretagne Occidentale
- Hummel H, Bogaards R, Bek T, Polishchuk L, Sokolov K, Amiard-Triquet C, Bachelet G, Desprez M, Naumov A, Strelkov P, Dahle S, Denisenko S, Gantsevich M, Wolf Ld (1998) Growth in the bivalve *Macoma balthica* from its northern to its southern distribution limit: a discontinuity in North Europe because of genetic adaptations in Arctic populations? Comp Biochem Physiol A-120:133-141
- Le Bris H (1988) Fonctionnement des écosystèmes benthiques côtiers au contact d'estuaires: la Rade de Lorient et la Baie de Vilaine. Université de Bretagne Occidentale
- Llanso RJ, Scott LC, Dauer DM, Hyland JL, Russel DE, Kutz FW (2002a) An estuarine benthic index of biotic integrity for the Mid-Atlantic Region of the United States. I. Classification of assemblages and habitat definition. Estuaries 25:1219-1230
- Llanso RJ, Scott LC, Hyland JL, Dauer DM, Russel DE, Kutz FW (2002b) An estuarine benthic index of biotic integrity for the Mid-Atlantic region of the United States. II. Index development. Estuaries 25:1231-1242
- Pearson JC, Rosenberg R (1978) Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. Oceanogr Mar Biol Annu Rev 16:229-311
- Ranasinghe JA, Frithsen JB, Kutz FW, Paul JF, Russel DE, Batiuk RA, Hyland JL, Scott J, Dauer DM (2002) Application of two indices of benthic community condition in Chesapeake Bay. Environmetrics 13:499-511
- Rumohr H (1999) Soft bottom macrofauna: Collection, treatment, and quality assurance of samples. ICES Techniques in Marine Environmental Sciences 27:1-19
- Salvadori F (1976) Etude de quelques paramètres chimiques de la qualité des eaux de l'estuaire de la Charente. PhD thesis, University Pierre et Marie Curie Paris 6

- Simboura N, Zenetos A (2002) Benthic indicators to use in Ecological Quality classification of Mediterranean soft bottom marine ecosystems, including a biotic index. *Mediterranean Marine Science* 3:77-111
- Sola JC (1997) Dinamica de la comunidad reducida de *Macoma* en el estuario del Bidasoa, Guipuzcoa (golfo de Vizcaya). *Publicaciones especiales Instituto Espanol de Oceanografia* 23:83-92
- Van Dolah RF, Hyland JL, Holland AF, Rosen JS, Snoots TR (1999) A benthic index of biological integrity for assessing habitat quality in estuaries of the southeastern USA. *Mar Env Res* 48:269-283
- Weisberg SB, Ranasinghe JA, Dauer DM, Schaffner LC, Diaz JD, Frithsen JB (1997) An estuarine benthic index of biotic integrity (B-IBI) for Chesapeake Bay. *Estuaries* 20:140-158
- Wolff WJ (1973) The estuary as a habitat: an analysis of data on the soft-bottom macrofauna of the estuarine area of the rivers Rhine, Meuse, and Scheldt. *Zool Verh* 126:1-242

Annexe 1

Coordonnées des stations échantillonnées dans le cadre de cette étude

SITE	Niveau tidal (Sub/Int)	STATION	DATE	LAT_Y_WGS84	LON_X_WGS84
ADO	I	A	24-oct-06	43°31,613	01°30,943
ADO	I	B	24-oct-06	43°31,370	01°29,449
ADO	I	C	24-oct-06	43°29,049	01°26,598
ADO	S	A	17-oct-06	43°31,606	01°30,121
ADO	S	B	17-oct-06	43°29,682	01°28,502
ADO	S	C	17-oct-06	43°29,565	01°28,140
ADO	S	D	17-oct-06	43°29,163	01°26,691
BID	I	A	09-oct-06	43°21,768	01°46,463
BID	I	B	09-oct-06	43°21,183	01°47,183
BID	I	C	09-oct-06	43°20,552	01°46,218
BID	S	A	16-oct-06	43°21,674	01°46,661
BID	S	B	16-oct-06	43°21,648	01°46,871
BID	S	C	20-oct-06	43°20,586	01°46,386
BID	S	D	20-oct-06	43°20,595	01°45,849
CHA	I	A	02-oct-06	45°57,235	01°04,788
CHA	I	B	02-oct-06	45°57,546	01°02,129
CHA	I	C	02-oct-06	45°58,193	00°59,854
CHA	S	A	02-oct-06	45°57,235	01°04,788
CHA	S	B	02-oct-06	45°57,546	01°02,129
CHA	S	C	02-oct-06	45°58,193	00°59,854
CHA	S	D	02-oct-06	45°56,378	01°00,495
HOS	I	A	21-sept-06	43°40,747	01°25,665
HOS	I	B	21-sept-06	43°40,370	01°25,674
HOS	I	H	21-sept-06	43°40,394	01°25,641
HOS	S	A	08-nov-06	43°40,577	01°25,720
HOS	S	B	08-nov-06	43°40,789	01°25,758
SEU	I	A	04-oct-06	45°47,217	01°07,774
SEU	I	B	04-oct-06	45°46,192	01°06,390
SEU	I	C	04-oct-06	45°45,528	01°04,927
SEU	S	A	04-oct-06	45°47,233	01°07,681
SEU	S	B	04-oct-06	45°46,196	01°06,370
SEU	S	C	04-oct-06	45°45,567	01°04,939
SEU	S	D	04-oct-06	45°43,398	01°01,767