
ÉLABORATION DU PLAN DE GESTION DES SEDIMENTS DE DRAGAGE DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE

RAPPORT D'ETAPE 1 : ETAT DES LIEUX

FICHE THEMATIQUE N°5 : PEUPELEMENTS ET HABITATS BENTHIQUES

RAPPORT RM1-E1-5

ARTELIA Eau & Environnement

Branche MARITIME

6 rue de Lorraine

38130 - Echirolles

Tel. : +33 (0) 4 76 33 40 00

Fax : +33 (0) 4 76 33 43 33



Cette étude a bénéficié du soutien financier de :



N° 8 71 3583 - MISSION 1 : élaboration du plan de gestion des sédiments de l'estuaire de la Gironde					
Étape 1 – État des lieux					
Rapport RM1-E1-5					
Version	Description	Rédaction	Vérifié	Approuvé	Date
4	Corrections suite observations du SMIDDEST 11/02/2016	TSD			24/02/2016
3		RHS			
2	Intégration des remarques COTECH et experts (22/06/2015).	RHS			05/07/2015
1	Remise au SMIDDEST	RHS	LTT	TSD	02/06/2015

SYNTHESE ET CONCLUSIONS

La bonne gestion des sédiments de dragage du chenal de navigation de l'estuaire de la Gironde est aujourd'hui reconnue comme un enjeu majeur pour le bon fonctionnement de l'écosystème estuarien. En mars 2015, le SMIDDEST a lancé l'élaboration du premier plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire. Cette mission a été confiée à un groupement dont Artelia est mandataire.

La première phase de la mission consiste à effectuer un état des lieux, à partir des données collectées auprès des acteurs concernés et rencontrés.

Cet état des lieux regroupe sept thématiques, qui sont les suivantes :

1. hydrosédimentaire, bouchon vaseux, oxygène dissous (ARTELIA) ;
2. navigabilité et maintien des accès nautiques (ARTELIA) ;
3. dragage des petits ports de l'estuaire (IDRA) ;
4. contamination : qualité des eaux, du sédiment, du biota (ADICT) ;
5. peuplements et habitats benthiques (ARTELIA) ;
6. peuplements de poissons et espèces (AQUA-LOGIQ) ;
7. usages (ARTELIA).

Chacune de ces thématiques fait l'objet d'une fiche de synthèse indépendante, de manière à bien identifier les différents enjeux. **La présente fiche est consacrée aux « peuplements et habitats benthiques ».**

Les informations recueillies sur les peuplements benthiques de l'estuaire de Gironde sont valides et bien représentatives de l'intégralité de la zone d'étude. Les informations recueillies datent pour les plus anciennes de la fin des années 1970 et pour les plus récentes de 2014 ; cette période de temps, prend en compte au mieux les évolutions des méthodes et des connaissances sur les peuplements benthiques.

État des lieux de l'estuaire

L'état des lieux de l'estuaire couvre l'intégralité du linéaire depuis la confluence jusqu'à la mer et permet de qualifier les peuplements en présence tout au long de l'estuaire. Les données disponibles couvrent de grandes échelles et montrent un estuaire présentant les caractéristiques habituelles des grands estuaires français. Il reste toutefois plus proche, en termes de composition d'espèces de celui de la Seine que de celui de la Loire en raison notamment de la monotonie des substrats présents (vases et sables-vaseux).

La distribution des espèces est liée principalement à la nature du substrat, à la profondeur et au gradient amont-aval de salinité. Ainsi, la macrofaune est plus dense et plus diversifiée dans les zones intertidales que les zones subtidales; et en subtidal, plus la profondeur est importante plus la faune se raréfie. Dans le chenal, la macrofaune est souvent absente ou quasi-absente et d'autant plus vers l'amont, quand la salinité diminue. Aucun habitat benthique ne présente de protections réglementaires.

Cependant, représentant une ressource alimentaire importante pour les poissons, la faune benthique occupe une place centrale dans le cycle de vie de nombreuses espèces de poissons d'intérêt patrimonial ou commercial et notamment l'esturgeon. Les informations liées à l'implication des invertébrés benthiques dans le réseau trophique vers les poissons commerciaux et vers l'esturgeon, montrent un enjeu global de la macrofaune benthique dans tout l'estuaire.

L'importante variabilité des conditions rendent difficile la localisation précise à petite échelle de zones de moindre enjeu ou au contraire de zones de très forts enjeux. Les études réalisées ne proposent que rarement de cartographies de ce type et les études sur les réseaux trophiques ne montrent pas ou très peu de zones exclusives ou préférentielles de nourrissage des différentes espèces de poissons.

Les zones intertidales, plus riches que les zones subtidales représentent un enjeu principalement lié à l'alimentation des oiseaux. Cependant, les études sur les réseaux trophiques étant concentrées sur les poissons, il est rare de trouver l'information quant à l'intérêt des zones intertidales dans les réseaux trophiques vers les oiseaux. La définition des zones d'enjeu en intertidal n'est pas possible en l'état actuel des données disponibles. L'ensemble des zones intertidales sont considérées comme d'enjeu élevé.

Des enjeux à grande échelle sont toutefois proposés, avec des enjeux plus élevés pour les zones intertidales, présentant des peuplements plus denses et plus diversifiés avec un gradient d'importance de l'amont vers l'aval. Les habitats subtidaux, présentent des enjeux un peu moindres car les peuplements y sont moins riches et moins denses; le gradient amont-aval est également présent pour ce compartiment. Le chenal et les zones les plus profondes, sont considérées comme présentant des enjeux faibles car ne présentant que peu de faune.

État des lieux des zones de dragages et des zones d'immersion

Les données sur les zones de dragages sont rarissimes puisque les suivis ne sont pas obligatoires. Hormis une évaluation de la macrofaune benthique lors de l'expérimentation sur les dragages par injection d'eau, les autres suivis ne concernent pas le benthos des zones de dragages. Il n'a pas été possible d'évaluer les capacités de récupération de la macrofaune sur les zones draguées.

Les données sur les zones d'immersion sont plus nombreuses que sur les zones de dragages mais ne couvrent pas l'intégralité des zones d'immersion utilisées. Les conclusions de ces études faisaient état d'importantes difficultés à évaluer l'effet des immersions en raison de l'absence quasi systématique de macrofaune. L'évaluation de la méiofaune a été ajoutée ces dernières années pour tenter de mieux répondre à cette problématique. Cependant, l'ensemble de ces études est hétérogène et les suivis réalisés sont difficilement comparables aux autres études dans l'estuaire, en raison de méthodologies changeantes et non standardisées.

L'incidence sur l'estuaire des dragages et des immersions dans l'estuaire est difficile à estimer avec les données actuelles.

Conclusions

L'ensemble de l'estuaire représente un enjeu pour l'alimentation des poissons et des oiseaux. Les données obtenues ne permettent pas de définir à plus petite échelle des zones de moindres enjeux ou au contraire de forts enjeux. La définition des enjeux à moyenne ou à petite échelle est difficile en raison de la forte variabilité naturelle des conditions estuariennes. Toutefois, à l'échelle de l'estuaire, on peut considérer que les enjeux (appréhendés à partir des paramètres biologiques des communautés) sont plus forts sur les zones intertidales, et croissent de l'amont vers l'aval et qu'en subtidal, les enjeux sont moindres et progressent dans le même sens. Dans le chenal, par contre, les enjeux sont considérés comme faibles tout le long de l'estuaire.

L'incidence des dragages et des immersions sur l'estuaire de la Gironde est difficile à évaluer à grande échelle, en l'état actuel des connaissances. La mise en place de suivis standardisés spécifiquement dédiés pourrait permettre de pallier à ce problème.

SOMMAIRE

SYNTHESE ET CONCLUSIONS	A
1. PRESENTATION DE LA THEMATIQUE	1
1.1. LES COMMUNAUTES BENTHIQUES	1
1.1.1. DEFINITION ET PRESENTATION	1
1.1.1.1. Zoobenthos	1
1.1.1.2. Phytobenthos	3
1.1.2. LES COMMUNAUTES BENTHIQUES DANS L'ECOSYSTEME	3
1.1.2.1. La macrofaune benthique dans la chaine alimentaire	3
1.1.2.2. Le benthos et la minéralisation de la matière organique	4
1.1.3. LES COMMUNAUTES BENTHIQUES : INDICATEURS DE QUALITE	4
1.1.4. LE CAS PARTICULIER DES HERBIERS DE PHANEROGAMES	6
1.1.5. QUALIFICATION ET TYPOLOGIE DES COMMUNAUTES	6
1.1.5.1. Principaux descripteurs	6
1.1.5.2. Typologie	7
1.2. LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES EN ESTUAIRE	7
1.2.1. LES PARAMETRES NATURELS	7
1.2.2. LES CONTRAINTES ANTHROPIQUES	8
1.3. LIEN AVEC LE SAGE	8
1.4. LIEN AVEC LE FUTUR PLAN DE GESTION DES SEDIMENTS	9
1.4.1. EFFETS DES DRAGAGES	9
1.4.2. EFFETS DES IMMERSIONS	10
2. DONNEES RECENSEES ET BIBLIOGRAPHIE	12
2.1. DONNEES SUR LES PEUPELEMENTS ET LES ESPECES DANS L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE	12
2.2. DONNEES SUR L'ECOSYSTEME ET LIENS AVEC LA COLONNE D'EAU	12
2.3. SUIVI DES DRAGAGES ET DES IMMERSIONS	13
2.4. AUTRES DONNEES	13
2.5. BIBLIOGRAPHIE	13
3. ENTRETIENS REALISES	16
4. SYNTHESE DES DONNEES – ETAT DES LIEUX	17
4.1. LEXIQUE	17
4.2. LES HABITATS EN PRESENCE	19
4.3. LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DE L'ESTUAIRE DISTRIBUTION ET COMPOSITION	24
4.3.1. EN GENERAL DANS L'ESTUAIRE	24
4.3.2. PAR GRANDES SECTIONS DE L'ESTUAIRE	25

4.3.2.1. Subtidal	28
4.3.2.2. Intertidal	32
4.3.2.3. Système Gironde-Pertuis	35
4.4. LES VARIATIONS TEMPORELLES	35
4.4.1. VARIATIONS SAISONNIERES	35
4.4.2. VARIATIONS INTERANNUELLES	37
4.4.2.1. Le suivi DCE	37
4.4.2.2. Le suivi du rejet de la centrale du Blayais	38
4.5. LES RELATIONS TROPHIQUES	40
4.5.1. LA MATIERE ORGANIQUE PARTICULAIRE, RESSOURCE PRINCIPALE	40
4.5.2. LE BENTHOS, RESSOURCE POUR LES POISSONS	40
4.5.3. LE BENTHOS, RESSOURCES POUR LES OISEAUX	42
4.6. COMPARAISON AVEC LES AUTRES ESTUAIRES	43
4.6.1. COMMUNAUTES INTERTIDALES	43
4.6.2. COMMUNAUTES SUBTIDALES	43
4.7. LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DANS LES ZONES DE DRAGAGES ET D'IMMERSIONS	44
4.7.1. SUR LES ZONES DE DRAGAGE	44
4.7.2. SUR LES ZONES D'IMMERSION	46
4.7.2.1. Zones 2.4 ; 3.1 et 3.2	46
4.7.2.2. Zone littorale	49
4.7.2.3. Zone de rejet dans le courant	49
4.8. SENSIBILITE DES PEUPELEMENTS DE L'ESTUAIRE ET ENJEUX	50
5. VALIDITE DES DONNEES ET JUSTIFICATION CONCERNANT L'ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES	53
5.1. VALIDITE DES DONNEES	53
5.2. JUSTIFICATION CONCERNANT L'ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES	53
5.2.1. LACUNES ET DIFFICULTES	53
5.2.2. BESOINS	54
ANNEXE 1 : DESCRIPTION DES HABITATS	55

TABLEAUX

Tableau 1 : Composition des groupes d'espèces utilisées dans le calcul de l'indice AMBI (Borja et al, 2000) .5	
Tableau 2 : Niveaux de statut écologique (EcoQ)) standards.....5	
Tableau 3 : Classification de l'état d'équilibre du benthos de substrat meuble en fonction de la valeur de l'indice Shannon (Andral, 2007). Le code couleur correspond les conventions de la DCE.6	
Tableau 4 : Caractéristiques des peuplements benthiques subtidaux dans la zone dulcicole de l'estuaire de Gironde. D: Densité (ind/m²) (tamis 1mm sauf mention particulière); S: richesse spécifique : nombre d'espèces; Esp: Espèces ou Esp; Peup: Peuplements; B: Biomasse (g/m²).28	
Tableau 5 : Caractéristiques des peuplements benthiques subtidaux dans la zone oligohaline de l'estuaire de Gironde. D: Densité (ind/m²) (tamis 1mm sauf mention particulière); S: richesse spécifique : nombre d'espèces; Esp: Espèces ou Esp; Peup: Peuplements; B: Biomasse (g/m²).29	
Tableau 6 : Caractéristiques des peuplements benthiques subtidaux dans la zone mésohaline de l'estuaire de Gironde. D: Densité (ind/m²) (tamis 1mm sauf mention particulière); S: richesse spécifique : nombre d'espèces; Esp: Espèces ou Esp; Peup: Peuplements; B: Biomasse (g/m²).29	
Tableau 7 : Caractéristiques des peuplements benthiques intertidaux le long de l'estuaire de Gironde. D: Densité (ind/m²) (tamis 1mm sauf mention particulière); S: richesse spécifique : nombre d'espèces; Esp: Espèces ou Esp; Peup: Peuplements; B: Biomasse (g/m²).34	
Tableau 8 : Suivi des peuplements benthiques en zone de dragage. Résumé des caractéristiques de l'échantillonnage et principaux résultats. X: non indiqué ; ? Information peu claire dans le rapport consulté. 45	
Tableau 9 : Suivi des peuplements benthiques en zone d'immersion. Résumé des caractéristiques de l'échantillonnage et principaux résultats. X: non indiqué ; ? Information peu claire dans le rapport consulté. 48	
Tableau 10 : Suivi des peuplements benthiques dans la zone d'immersion en mer. Résumé des caractéristiques de l'échantillonnage et principaux résultats. X: non indiqué; ? Information peu claire dans le rapport consulté.49	
Tableau 11 : Suivi des peuplements benthiques en zone d'immersion. Résumé des caractéristiques de l'échantillonnage et principaux résultats.50	
Tableau 12 : Évaluation des enjeux liés aux peuplements benthiques dans l'estuaire de Gironde.52	

FIGURES

Figure 1 : Photographies illustrant les grands types d'invertébrés de la macrofaune benthique. Photographies ARTELIA.....2	
Figure 2 : Extrait de l'étude de Newell et al., 1998. Ce diagramme établit les temps de restauration ("recovery") en fonction du type de substrat concerné par des travaux de dragage (courbe en gras). Les paramètres des peuplements (nombre d'individus, densité, biomasse) sont présentés en traits continus fins.10	
Figure 3 : Extraits de l'Atlas des paysages du département de Gironde (http://atlas.cg33.systonic.com/les-paysages-de-nature-et-d-eau.html) présentant sur l'ensemble du département: a) les sites Natura 2000 et b) les zones naturelles d'intérêt et protégées.20	
Figure 4 : Cartographie des SIC de l'estuaire de Gironde.21	
Figure 5 : Cartographie du périmètre du Parc Naturel Marin de l'estuaire de Gironde et de la Mer des Pertuis. Source Agences des Aires Marines Protégées.21	
Figure 6 : Cartographie des habitats de l'estuaire de Gironde. D'après l'inventaire biologique des habitats marins patrimoniaux, Agence des Aires Marines Protégées 2012.....23	
Figure 7 : Extrait de Bachelet, 1985 illustrant la liste des espèces rencontrées dans l'estuaire de Gironde à l'issue de 136 prélèvements entre 1975 et 1978.....25	
Figure 8 : Extrait de Bachelet, 1985: Rôle du gradient de salinité dans la répartition des peuplements benthiques de l'estuaire de Gironde: distribution longitudinale du nombre total d'espèces S (a) et des principales espèces (b).....26	

Figure 9 : Carte de l'estuaire montrant le découpage en point kilométrique (pk).....	27
Figure 10 : Distribution des genres de la macrofaune benthique lors des travaux de L. Brosse en 2000. Carte Artelia.....	31
Figure 11 : Carte présentant les limites de l'estran. Carte établie à partir de SIGORE Gironde, le portail cartographique des données de l'environnement en Gironde : http://cartographie.nature33.fr/	32
Figure 12 : Variation le long de l'estuaire de la densité annuelle moyenne et de la biomasse dans l'estran de l'estuaire. D'après Bachelet et al., 1981.	33
Figure 13 : Extrait de Selleslagh et al. 2012. Abondance mensuelle moyenne (ind/m ²) des espèces du macrobenthos subtidal et intertidal entre Blaye et Saint Christoly. Moyennes entre 2004 et 2008.	36
Figure 14 : Extrait de Dauvin et al., 2008: Variabilité sur une année de l'indice AMBI dans 6 stations de l'estuaire de Gironde.....	37
Figure 15 : Plan d'échantillonnage du suivi DCE et illustrations des variations à chaque station des densités (ind/m ²) et de la richesse spécifique (taxa/station) entre 2007 et 2012. D'après Blanchet et al., 2013.	38
Figure 16 : Plan d'échantillonnage du suivi de l'impact de la centrale du Blayais: à St-Christoly (PK 66), à St-Estèphe (PK 55), Lamarque (PK 35). Les points sont des échantillonnages en intertidal et les disques en subtidal. Extrait de Quintin et al., 2014. Résultats illustrant les variations interannuelles de la densité des peuplements entre 2004 et 2013 dans chacune des stations en intertidal et en subtidal.....	39
Figure 17 : Extrait de Bachelet et al. 1981. Relations trophiques au niveau de l'interface eau/sédiment dans l'estuaire de Gironde. Les flèches en trait plein représentent les circuits principaux; celles en pointillées, les circuits secondaires.	41
Figure 18 : Contenus stomacaux des poissons de l'estuaire de Gironde en été et en automne. Communication de Lobry au colloque de Royan des 28 et 29/10/2010.....	42
Figure 19 : Illustration de la capture d'un mollusque bivalve (<i>Macoma balthica</i>) par un limicole (<i>Bécasseau maubèche</i>). In Communication de Pierrick Bochet au colloque de Royan des 28 et 29 octobre 2010.	42
Figure 20 : Carte de l'estuaire montrant la position des zones d'immersion en fonction des points kilométriques (pk). Ginger, 2010.	46
Figure 21 : Carte des enjeux du lit mineur de l'estuaire de Gironde issue du SAGE. Source Site internet du SMIDDEST: http://www.smiddest.fr/media/1452/figure-15.jpg	51

1. PRESENTATION DE LA THEMATIQUE

1.1. LES COMMUNAUTES BENTHIQUES

1.1.1. Définition et présentation

Par définition, l'adjectif benthique qualifie tous les organismes, depuis les microorganismes jusqu'aux individus de grande taille (plusieurs dizaines de cm), qui vivent en contact ou en relation étroite avec le fond subaquatique (eaux douces ou eaux marines).

On distingue au sein du benthos, le **phytobenthos**, qui regroupe les organismes végétaux (algues ou végétaux supérieurs) et le **zoobenthos** qui regroupe les organismes animaux.

1.1.1.1. Zoobenthos

Le zoobenthos est constitué principalement d'invertébrés (mollusques, annélides, crustacés, échinodermes...) (cf. planche photographique ci-dessous ([Figure 1](#)) de différentes tailles et qui vivent dans le sédiment à différents niveaux. Plusieurs qualificatifs sont donc couramment utilisés pour qualifier le benthos :

Critère	Qualificatif	Définition	Commentaires
Tailles	Microfaune	Taille <40µm	Les tailles attribuées à chaque groupe ne sont pas toutes normalisées et globalement, les suivis environnementaux et autres diagnostics du milieu, dans le cadre réglementaire ou dans le cadre des besoins de gestion se concentrent sur la macrofaune/flore.
	Méiofaune	Taille comprise entre 40µm et 1 mm	
	Macrofaune	Taille supérieure à 1mm	
Niveau par rapport au sédiment	Endofaune	Qui vit dans le sédiment meuble (sables, vases)	
	Épifaune	Qui vit sur le sédiment meuble, grossier et rocheux	
	Suprabenthos	Qui vit dans la couche d'eau juste au-dessus du fond et qui reste dépendant du sédiment	

Au sein des communautés benthiques, le groupe le plus représenté est constitué par les annélides polychètes qui sont des vers annelés pourvus de nombreuses soies. Ils représentent les métazoaires les plus fréquents, les plus abondants et comptent le plus grand nombre d'espèces des environnements benthiques.



ANNELIDES POLYCHETES :
Spirobranchus triqueter



ANNELIDES POLYCHETES: *Sternaspis scutata*



ANNELIDES POLYCHETES: *Syllis sp.*



CRUSTACES AMPHIPODES:
Ampelisca sarsi



CRUSTACES ISOPODES: *Paracerceis sculpta*



CRUSTACES TANAIIDACES:
Apeudes spinosus



CRUSTACES DECAPODES : *Ebalia sp.*



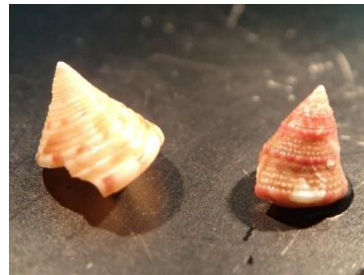
ECHINODERMES OPHIURIDES : *Ophura sp.*



ECHINODERMES ASTEROIDES :
Astropecten sp.



MOLLUSQUES BIVALVES : *Tapes rhomboides*



MOLLUSQUES GASTEROPODES :
Calliostoma zzyphinum



LARVES D'INSECTE

Figure 1 : Photographies illustrant les grands types d'invertébrés de la macrofaune benthique. Photographies ARTELIA.

La distribution spatiale, la structuration et l'état des communautés benthiques animales sont conditionnés, à grande échelle par le type de substrat, dur ou meuble.

- Dans les substrats meubles, la distribution des organismes est liée à la profondeur qui influence l'éclairage, la température, les ressources... À une profondeur donnée, le type de communauté est influencé essentiellement par la granulométrie et la porosité du sédiment et, au sein d'une même communauté, la quantité, la qualité et la disponibilité des ressources alimentaires jouent également un rôle important dans la distribution des espèces.
- Dans les substrats durs, la distribution des organismes est conditionnée à la fois par la texture du substrat (lisse, anfractuosités), la lumière, la courantologie, la sédimentation ambiante.

Les substrats meubles étant d'une part, les plus répandus dans les océans, et d'autre part, les premiers concernés par les opérations de dragages, ce sont eux qui présentent le plus grand intérêt dans la problématique de gestion des dragages. Dans ces milieux, l'endofaune est majoritaire, l'épifaune et l'épiflore sont relativement peu représentées.

1.1.1.2. Phytobenthos

Le **phytobenthos** est constitué d'une part, par des organismes de toute petite taille qui tapissent la surface du fond, c'est le **microphytobenthos** composé en majorité de diatomées mais aussi de dinoflagellés et de chlorophycées (algues vertes), et, d'autre part, par une végétation de taille plus conséquente, visible à l'œil nu, dénommée **macrophytobenthos**. C'est à ce compartiment que l'on va principalement s'intéresser ici.

On distingue dans le macrophytobenthos les algues d'une part et les phanérogames qui sont des végétaux supérieurs, d'autre part:

- Les algues sont représentées par des algues brunes (Phéophycées) dans l'infralittoral et l'intertidal, les rouges (Rhodophycées) en épiphytes des laminaires, des zostères ou de la faune sessile, et les vertes (Chlorophycées) dans les eaux douces ou saumâtres et les milieux riches en nutriments.
- Les phanérogames ou plantes à fleurs sont représentées soit par des plantes qui forment des prairies (herbiers) soit par des plantes halophiles dans les prés salés. Selon les bassins, les herbiers sont constitués soit par des Zostères, des Cymodocées et/ou des Posidonies qui forment en herbiers mixtes ou monospécifiques.

1.1.2. Les communautés benthiques dans l'écosystème

1.1.2.1. La macrofaune benthique dans la chaîne alimentaire

La macrofaune benthique constitue un élément indispensable de la chaîne alimentaire estuarienne. Les invertébrés benthiques, se nourrissent à différents niveaux de la chaîne alimentaire en raison de la multiplicité de leurs régimes alimentaires de ces animaux, et ils constituent également une source non négligeable pour les poissons et les oiseaux.

1.1.2.1.1. La matière organique terrigène: ressource alimentaire

Dans les zones côtières, les ressources alimentaires "marines" sont complétées par les apports terrigènes. Ces apports terrigènes influencent les communautés benthiques indirectement, en favorisant la production primaire et directement, par la matière organique terrestre qui sédimente. On estime à plus de 90 % la part de carbone organique (C_{org}) attribuée à la production phytoplanctonique dans l'océan mondial contre moins de 1,5 % la part apportée par les fleuves. Dans le cas particulier des zones estuariennes ou deltaïques, la part de matière organique d'origine terrestre dans les sédiments superficiels peut atteindre plus de 50 %. Une partie de la matière organique terrigène est "remise en circulation" dans les réseaux trophiques par le biais des animaux benthiques qui en constituent un maillon important.

Les variations de paramètres physico-chimiques liées au fonctionnement hydrologique de l'estuaire se traduisent par des variations de densité, de diversité et de composition des peuplements macrobenthiques ainsi que de l'ensemble du réseau trophique.

1.1.2.1.2. Multiplicité de régimes alimentaires

La macrofaune benthique, représentée par une multiplicité de groupes taxonomiques, de toutes tailles, présente une large gamme de régimes alimentaires différents. On distingue :

- les détritivores, qui se nourrissent de matière organique particulaire, détritique ou de cadavres ;
- les dépositivores, qui se nourrissent de matière organique déposée sur le fond: fraîche ou détritique ;
- les carnivores, qui pour la plupart sont nageurs et chasseurs ;
- les suspensivores, qui se nourrissent de la matière organique en suspension dans la colonne d'eau.

1.1.2.1.3. Sources de nourriture

Les invertébrés benthiques, sont des proies pour de nombreuses espèces de poissons: les soles, les flets, les bars, les plies, ... La distribution spatiale des peuplements ichtyofaunistiques est donc étroitement liée à la présence de leurs proies. Le régime alimentaire des poissons évolue au cours des phases de la vie, il est important de connaître au mieux le régime des poissons d'intérêt commercial pour préserver au mieux les stocks. Dans les zones intertidales, les invertébrés benthiques sont recherchés par les oiseaux côtiers: les chevaliers, les huitriers-pie, les macreuses, les canards... Les communautés d'oiseaux côtiers sont également étroitement liées à la présence de leurs proies préférentielles.

1.1.2.2. Le benthos et la minéralisation de la matière organique

La macrofaune benthique et plus particulièrement l'endofaune, qui vit enfouie dans la couche sédimentaire participe, par ses mouvements et son métabolisme dans le sédiment, à oxygéner la couche sédimentaire. Cette fonction est appelée la **bioturbation**.

La bioturbation améliore les processus aérobie de dégradation et de minéralisation de la matière organique sédimentée. Cependant, cette amélioration dépend qualitativement et quantitativement des espèces présentes, de leur nombre et de leur taille: une communauté, constituée de peu d'individus d'espèces de petite taille ou d'individus juvéniles, qui ne vivent que dans les deux premiers centimètres de la couche sédimentaire sera moins efficace sur la bioturbation qu'une communauté dense, constituée d'espèces de différentes tailles qui colonisent jusqu'à 15-20 cm de sédiment.

1.1.3. Les communautés benthiques : indicateurs de qualité

En Europe, la Directive Cadre Eau a imposé le rétablissement du "bon état écologique" des milieux humides ce qui a nécessité la mise en place d'indicateurs utilisables à grande échelle et comparables. Les instances européennes, en 2000, l'"Environmental Protection Agency" aux États-Unis ainsi que la France en 2010, (*Arrêté du 25 janvier 2010 relatif aux méthodes et critères d'évaluation de l'état écologique, de l'état chimique et du potentiel écologique des eaux de surface pris en application des articles R. 212-10, R. 212-11 et R. 212-18 du code de l'environnement*) ont adopté, comme outil de diagnostic de l'état des milieux estuariens et côtiers, l'utilisation d'indices biotiques basés sur les peuplements d'invertébrés benthiques.

Ces animaux sont considérés comme d'excellents indicateurs des conditions environnementales grâce:

- au fait qu'ils vivent dans les sédiments et soient exposés aux contaminants chimiques et à de fréquents stress oxydants ;
- à leur relative sédentarité qui leur permet d'être le reflet des conditions environnementales proches ;
- à leur durée de vie relativement longue qui assure une intégration des conditions environnementales sur plusieurs années ;
- au fait que beaucoup d'espèces sont des espèces commerciales ou en sont les proies ;
- au fait qu'ils participent aux flux géochimiques à l'interface eau-sédiment avec leurs activités de bioturbation et de nutrition.

De nombreux indices ont été développés à partir du concept de réponse des espèces à un enrichissement en matière organique. Pearson & Rosenberg avaient, en 1978 proposé un modèle de l'évolution de la richesse en espèces (S) de l'abondance (A) et de la biomasse (B), le long d'un gradient de perturbation croissante.

À partir de là, de nombreux travaux se sont attachés à classer les espèces en fonction de leur polluosensibilité. C'est sur ce principe qu'a été établi l'indice AMBI (Borja et al., 2000), aujourd'hui utilisé et recommandé dans l'étude des communautés benthiques. Les espèces sont ainsi regroupées en cinq groupes écologiques de polluosensibilité différente (Tableau 1). Pour faciliter l'intercomparabilité des sites étudiés, il a été mis en place des indicateurs "régionalisés" (EQR) basés sur des références locales.

Tableau 1 : Composition des groupes d'espèces utilisées dans le calcul de l'indice AMBI (Borja et al, 2000)

Groupes	Description
I	Espèces très sensibles aux enrichissements organiques, elles sont présentes dans des conditions non polluées. Il s'agit des carnivores spécialisés et de quelques annélides polychètes tubicoles. Le milieu est dans un état non perturbé.
II	Espèces indifférentes aux enrichissements en matière organique. Présentes à de faibles densités, elles ne montrent pas de variations saisonnières remarquables. Il s'agit des espèces suspensivores, des carnivores peu sélectives. Le milieu est entre l'état non perturbé et l'état déséquilibré.
III	Espèces tolérantes aux enrichissements en matière organique. Ces espèces peuvent être présentes dans des conditions "normales" mais elles prolifèrent lors d'enrichissement en matière organique, lorsque le déséquilibre est léger.
IV	Espèces opportunistes de second ordre. Ce sont essentiellement des annélides polychètes de petite taille et dépositives de sub-surface. Elles indiquent un état peu déséquilibré à fortement déséquilibré.
V	Espèces opportunistes de premier ordre. Elles apparaissent et prolifèrent dans les milieux très pollués et anoxiques lorsque le déséquilibre est très prononcé. Ce sont des espèces dépositives.

Les indices biotiques et leurs versions régionalisées permettent à l'aide de valeurs de références de qualifier les peuplements selon 5 niveaux standardisés:

Tableau 2 : Niveaux de statut écologique (EcoQ) standards.

État du peuplement	EcoQ
Normal	Très bon
Appauvri	Bon
Déséquilibré	

En transition vers l'état "stressé"	Moyen
Stressé	Pauvre
En transition vers l'état "fortement stressé"	Mauvais
Fortement stressé	
Azoïque	

1.1.4. Le cas particulier des herbiers de phanérogames

Le rôle écologique des herbiers marins est considérable et ils font l'objet de nombreuses protections réglementaires tant au niveau "habitats" qu'au niveau "espèces". En effet, ils servent d'abri pour une faune nombreuse et diversifiée, de zone de nourricerie... Ils participent à l'oxygénation de l'eau à des niveaux comparables à une forêt tropicale. Les herbiers constituent un important puits de carbone, limitant l'augmentation du CO₂ atmosphérique; ils amortissent les houles et favorisent le maintien des fonds et des plages... Quelques poissons et oiseaux herbivores se nourrissent directement des plantes qui constituent les herbiers : les bernaches mangent les Zostères en Atlantique et les Saupes mangent les Posidonie en Méditerranée.

1.1.5. Qualification et typologie des communautés

1.1.5.1. Principaux descripteurs

Les peuplements benthiques sont examinés à partir de différents indicateurs qui permettent d'apprécier à différents niveaux l'état du peuplement: sa taille (densité), sa richesse spécifique, sa diversité, son état écologique (EcoQ).

L'indice de diversité le plus couramment utilisé en écologie benthique et le plus à même de mettre en évidence les perturbations importantes dans un peuplement est l'indice de Shannon (H') (Andral, 2007; Shannon & Weaver, 1949). Sa valeur dépend directement de la proportion représentée par chaque taxa au sein du peuplement:

$$H' = - \sum_{i=1}^S \frac{N_i}{N} \cdot \log \frac{N_i}{N}$$

Avec :
 N = effectif du prélèvement
 Ni = effectif du taxon i dans le prélèvement
 S = nombre d'espèces dans le prélèvement

Dans un peuplement équilibré les individus sont plus ou moins équitablement répartis entre les différents taxa. L'indice de Shannon peut alors atteindre sa valeur maximale qui est égale à log₂S. Au contraire, dans un peuplement perturbé ou dans un environnement avec des conditions naturellement difficiles un seul taxon, ou un très petit nombre de taxa, tend à proliférer et à dominer le peuplement. La valeur de l'indice diminue alors et peut atteindre 0 si un seul taxon domine. Conventionnellement, les peuplements sont considérés comme en "bon état écologique" lorsque la valeur de l'indice de Shannon dépasse 3 (cf. [Tableau 3](#)).

Tableau 3 : Classification de l'état d'équilibre du benthos de substrat meuble en fonction de la valeur de l'indice Shannon (Andral, 2007). Le code couleur correspond les conventions de la DCE.

Valeur de l'indice Shannon (H')	H' < 1	1 < H' ≤ 2	2 < H' ≤ 3	3 < H' ≤ 4	H' > 4
Statut écologique (EcoQ)	Mauvais	Pauvre	Moyen	Bon	Très bon

1.1.5.2. Typologie

Pour qualifier les communautés benthiques et optimiser la gestion des milieux, plusieurs typologies ont été mises en place, au rang national ou internationalement. Quelle qu'elles soient, ces typologies des peuplements benthiques se basent, sur la combinaison **du substrat et des espèces présentes**, mais aussi, pour les zones intertidales et les bordures côtières, les alternances émergence/immersion.

Plusieurs typologies sont utilisées et sont toujours présentes dans des études plus anciennes :

- NATURA 2000 ;
- EUNIS (European Nature Information System) 2004, 2008 ;
- CAR/ASP ;
- CORINE.

En France, le Museum National d'Histoire Naturelle pour les habitats nationaux a établi une correspondance entre ces différentes typologies et la typologie européenne EUNIS 2012 actuellement en vigueur. La typologie EUNIS est basée sur un classement hiérarchique des habitats dans 11 grandes classes :

- A : Marine habitats ;
- B : Coastal habitats ;
- C : Inland surface waters ;
- D : Mires, bogs and fens ;
- E : Grasslands and lands dominated by forbs, mosses or lichens;
- F : Heathland, scrub and tundra ;
- G : Woodland, forest and other wooded land;
- H : Inland unvegetated or sparsely vegetated habitats;
- I : Regularly or recently cultivated agricultural, horticultural and domestic habitats;
- J : Constructed, industrial and other artificial habitats;
- X : Habitat complexes.

Par exemple: l'habitat "*Estuarine coarse sediment shores*" a un code EUNIS A2.12 et a pour équivalent dans la typologie NATURA 2000 ; "Estuaires" avec un code 1130.

1.2. LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES EN ESTUAIRE

Les estuaires constituent des milieux particuliers pour les peuplements benthiques: les paramètres physico-chimiques naturels y sont très variables et les contraintes anthropiques y sont fortes. Les écosystèmes estuariens sont maintenus dans des états de perturbations qui conditionnent l'hétérogénéité des habitats, mais aussi l'organisation et la structure des communautés benthiques (Janson et Dauvin, 2010).

1.2.1. Les paramètres naturels

Les écosystèmes en estuaires doivent en effet être particulièrement adaptés à répondre à :

- l'alternance des crues/étiages liée au régime hydrologique du fleuve ;
- aux variations de salinité liées à la marée et à la pénétration de la mer vers l'amont ;
- la présence de sédiments majoritairement fins (sables et vases) liés à l'hydrodynamisme:

- sur le fond et au niveau du "bouchon vaseux" qui entraînent des contraintes d'oxygénation de la couche sédimentaire ;
- alternance de dépôts et de remise en suspension des sédiments qui peut générer des étouffements et des charriages de la faune benthique ;
- qui limitent la pénétration de la lumière en raison d'une forte turbidité ;
- la sédimentation influe négativement sur la biomasse, la diversité et la structure fonctionnelle des communautés macrozoobenthiques. Il a été montré qu'une concentration de 80 mg / L de matières en suspension pouvait augmenter le risque de mortalité et gêner la nutrition des bivalves suspensivores, des oursins ou encore des polychètes tubicoles dépositivores.
- l'utilisation de matière organique d'origine continentale.

Ces conditions environnementales ne permettent pas l'installation et la survie des espèces animales les moins adaptées. Ainsi, dans les zones où le taux de sédimentation est élevé, les animaux dépositivores sont souvent les plus nombreux notamment les "dépositivores de sub-surface profonds" capables de s'enfoncer dans le sédiment.

1.2.2. Les contraintes anthropiques

De nombreux aménagements modifient le fonctionnement hydro sédimentaire, réduisant les surfaces naturelles d'extension.

Réceptacles de tout un bassin versant, les estuaires reçoivent des contaminants de toutes natures et de toutes origines : industrielles, domestiques ou agricoles. Les conditions de sédimentation dans les estuaires entraînent une importante rétention géographique des contaminants, adsorbés sur les particules.

Certaines pratiques de pêches (drague et chalut) sont d'importantes contraintes pour les communautés benthiques : raclage de la surface des fonds, remise en suspension de sédiments, arrachage, déterrage de l'endofaune...

1.3. LIEN AVEC LE SAGE

L'évaluation de la qualité des eaux superficielles et milieux en amont des documents de gestion tels que le SAGE se base en partie sur les indicateurs basés sur la faune et la flore benthique. Ce qui permet d'avoir une appréciation globale de la qualité et de proposer les axes de gestion et de préservation les mieux adaptés.

Le SAGE "Estuaire de Gironde", préconise la préservation des habitats benthiques en raison notamment de l'importance des polychètes dans le régime alimentaire de l'Esturgeon d'Europe, poisson dont le seul "spot" naturel français dans l'estuaire de Gironde: " *la dynamique du benthos, [...] dans les zones de nourricerie de l'esturgeon [est] aujourd'hui [un]des arguments forts qui s'opposent à la remobilisation du sédiment ancien en lit mineur*" (SMIDDEST, 2007). Toutefois, ce lien avec les espèces de poissons est vrai pour de nombreuses autres espèces de poissons de l'estuaire et notamment les Soles .

La préservation des habitats benthiques est inscrite comme l'un des 9 objectifs affichés du SAGE approuvé en 2013. Pour cela, trois dispositions sont proposées:

- **DISPOSITION HB 1** : Assurer la compatibilité des projets soumis à enregistrement, déclaration ou autorisation (IOTA et ICPE) avec les objectifs correspondant aux enjeux dans le lit mineur de l'estuaire ;
- **DISPOSITION HB 2** : Exigences quant aux dossiers réglementaires des projets d'installation d'hydroliennes dans l'estuaire ;

- **DISPOSITION HB 3** : Dispositions concernant l'extraction de granulats dans le lit mineur de l'estuaire et en mer dans le périmètre du SAGE ;

Les projets de dragages et d'immersions devront donc respecter la disposition HB1 du SAGE et respecter les contraintes liés aux enjeux du lit mineur. Le SAGE précise en ce sens:

Cette compatibilité devra être définie dans le cadre des études d'impact à conduire, à l'issue d'analyses des peuplements benthiques et de la teneur en métaux lourds des sédiments profonds et de surface dans la zone d'incidence du projet. Le protocole expérimental de cette analyse (position, nombre, période de réalisation, méthode d'échantillonnage, type, méthode de mesure, laboratoire...) pourra être transmis à la CLE en préalable à sa réalisation. La CLE pourra alors émettre un avis.

La CLE émet en effet sur les dossiers réglementaires, elle est également consultée pour les dossiers à autorisation. Par ailleurs la CLE, via son Bureau, est le COPIL de la présente étude.

1.4. LIEN AVEC LE FUTUR PLAN DE GESTION DES SEDIMENTS

Les substrats meubles étant les substrats les plus répandus dans les océans, ce sont eux qui présentent le plus grand intérêt dans la problématique de gestion de la qualité des milieux côtiers. Les organismes benthiques constituent le compartiment le plus impacté par les dragages et les immersions parce que leur habitat (le sédiment) est directement concerné.

1.4.1. Effets des dragages

Les travaux de dragage détruisent les habitats présents. La faune benthique est concentrée dans les 10^{ers} cm de la couche sédimentaire et l'épaisseur draguée, quelle que soit la méthode, détruit l'habitat par des contraintes mécaniques et conduit à une défaunation totale de la zone.

Après cette phase, les zones draguées seront recolonisées en quelques mois par des espèces pionnières (stratèges r), à partir des peuplements voisins non impactés. Dans un premier temps, la virginité du milieu va entraîner une augmentation temporaire des densités des individus, souvent des espèces de petites tailles et des juvéniles. Pendant cette période la richesse et la diversité seront relativement faibles par rapport au peuplement "normal". Dans un second temps, le peuplement va s'équilibrer s'il n'y a pas d'autres sources de perturbation, et, en quelques années, retrouvera toutes les caractéristiques d'un peuplement sain.

La récupération des peuplements benthiques impactés par ce type de travaux est plus rapide dans les zones naturellement instables, à faible profondeur où les espèces sont plus adaptées aux contraintes environnementales (fort taux de reproduction, grande mobilité, croissance rapide... (Newell *et al.*, 1998; Hermand, 2008) (Figure 2). La restauration des peuplements dans l'estuaire peut intervenir dans un délai relativement court d'une année après un dragage dans les zones vaseuses.

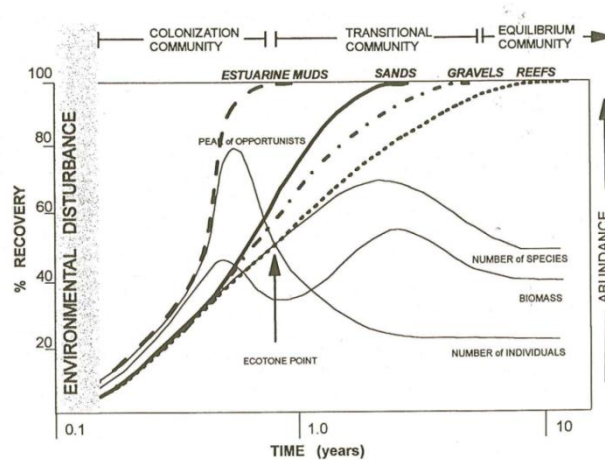


Figure 2 : Extrait de l'étude de Newell et al., 1998. Ce diagramme établit les temps de restauration ("recovery") en fonction du type de substrat concerné par des travaux de dragage (courbe en gras). Les paramètres des peuplements (nombre d'individus, densité, biomasse) sont présentés en traits continus fins.

L'impact sur la macrofaune déborde en général de la zone de travaux proprement dite. Bien sûr la dispersion des particules lors des opérations de dragage dépend des paramètres environnementaux tels que l'agitation et les courants, mais aussi de la taille des particules et du type de dragues. Quoi qu'il en soit, il est établi dans la revue de Newell qu'avec différentes méthodes de suivi, on arrivait toujours à la même conclusion: la majorité des particules sédimentent dans les 50m de part et d'autre du trajet de la drague et qu'au-delà de 150m la sédimentation (g/m^2) est 1000 fois moins importante que sous la drague. Il faut donc considérer un impact dû à une hypersédimentation en bordure de la zone de dragage. Toutefois, les peuplements de l'estuaire sont inféodés à l'instabilité des fonds et à une sédimentation "ambiante" élevée et devraient être en mesure de s'adapter à une légère hypersédimentation.

L'état des lieux avant le dragage permet de vérifier la présence éventuelle d'espèces d'intérêt commercial et le suivi avant/après a pour objectif de vérifier la restauration des peuplements (composition et structure).

1.4.2. Effets des immersions

Plusieurs types d'impacts liés à l'immersion des déblais de dragages peuvent être évoqués, dont les principaux sont les suivants: enfouissement des animaux, augmentation des matières en suspension pendant la phase de stabilisation des dépôts et pendant le clapage.

Enfouissement

Les phases de dépôt entraînent le recouvrement des espèces endo- et épi benthiques présentes sur les sites d'immersion. De nombreuses études montrent que moins le dépôt sédimentaire est épais (moins de 10 cm), moins la mortalité est élevée. L'épaisseur maximale de chacun des dépôts de sédiments devrait être compatible avec la survie des invertébrés endo-benthiques dont certaines espèces vasicoles peuvent résister à un enfouissement jusqu'à 30 cm (Hermand, 2008). La survie de l'épifaune est quant à elle compromise quelle que soit l'épaisseur du recouvrement.

Les mécanismes de restauration après les travaux seront similaires à ceux décrits pour la zone d'extraction. Les granulométries des sédiments déposés et ceux de la zone d'accueil doivent être suffisamment proches pour que les habitats récepteurs ne soient pas trop modifiés. L'état

écologique de la zone d'accueil doit être suffisant pour avoir la capacité de recoloniser le nouvel espace vierge.

Augmentation des matières en suspension

De nombreuses études s'accordent pour dire que la sédimentation influe négativement sur la biomasse, la diversité et la structure fonctionnelle des communautés macrozoobenthiques. Cependant l'augmentation de la sédimentation liée à des immersions doit être comparée à la sédimentation ambiante.

La caractérisation de la communauté de la zone d'immersion, est nécessaire pour préciser la présence d'espèces d'intérêt commercial, la présence de nurserie, ... et permet d'évaluer la capacité de la communauté à supporter les immersions (fort potentiel de reproduction, de dispersion des larves, communauté « résistante »...). Un suivi post-immersion est nécessaire pour suivre la restauration de la communauté.

2. DONNEES RECENSEES ET BIBLIOGRAPHIE

2.1. DONNEES SUR LES PEUPELEMENTS ET LES ESPECES DANS L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE

Les données collectées sur les biocénoses de l'estuaire sont de différentes natures:

- Tout d'abord des données assez anciennes (années 80) sur l'écologie benthique de l'estuaire essentiellement les publications des travaux de recherche de Guy Bachelet, chercheur CNRS UMR CNRS 5805 EPOC. Ces travaux avec une approche purement écologique ont permis d'avoir une vision globale des peuplements benthiques dans l'estuaire de Gironde.
- La cartographie des biocénoses dans une typologie récente issue des travaux réalisés à la demande des aires marines protégées pour le diagnostic des zones "Natura 2000 en mer" de l'estuaire de Gironde et des Pertuis Charentais. À l'aide de la typologie Eunis en vigueur, les codes habitats ont été actualisés. Les cartographies des peuplements benthiques compilées par Blanchard et al, 2008 regroupant les façades "Manche-est" et "Loire-Gironde" sont basées sur des études anciennes (fin des années 70) et n'englobent pas dans leur intégralité l'estuaire de la Gironde mais se cantonnent à la bordure côtière.
- Les données locales et ponctuelles ont été acquises à partir de documents du type suivis environnementaux, état initiaux ou études d'impacts en relation avec des zones de travaux ou de dragages dans l'estuaire (Rapports de Ginger, Casagec, Ifremer...). La difficulté liée à ces études est l'intercomparabilité en raison des différences de méthodes (différence d'engins de prélèvement, de taille de tamisage, de méthode de tri, ...) et l'intervention de différents experts en taxonomie plus ou moins qualifiés. Par ailleurs ces données reflètent les conditions ponctuelles dans le temps et dans l'espace et toujours en lien avec une zone anthropisée (zones portuaires, de dragages, d'immersion, sous l'influence de la centrale électrique du Blayais...).

2.2. DONNEES SUR L'ECOSYSTEME ET LIENS AVEC LA COLONNE D'EAU

Le fonctionnement de la chaîne trophique de la Gironde a été présenté ici dans sa version simple, celle établie par Bachelet dans les années 80. Le réseau trophique a été étudié plus en détails à différents niveaux notamment par Coiraton (2003) (contenus stomacaux de poissons plats de l'estuaire), par Selleslagh *et al.* (2015) (à l'aide des isotopes stables chez les poissons intertidaux), Brosse *et al.*, 1999. Il a également été étudié à l'aide du modèle EcoPath en 2004 par Lobry.

Ces informations montrent les relations proies-prédateurs à différents niveaux du réseau trophique. Elles montrent aussi la complexité du réseau trophique, variable dans le temps et dans l'espace à l'échelle de l'estuaire. Si l'on se concentre sur le compartiment "poissons", il apparaît une importante sélectivité des proies chez certaines espèces. Il n'a pas été établi dans ces études de cartographie précise recensant les zones de nourriceries pour les différentes espèces de poissons ou de crustacés d'intérêt commerciaux ou patrimonial. Il n'a été possible, à l'issue de l'analyse des données d'écologie trophique, que de proposer des potentialités.

2.3. SUIVI DES DRAGAGES ET DES IMMERSIONS

Les résultats des suivis des zones de dragages et des immersions ont été compilés à partir des rapports de suivi réalisés par les bureaux d'études dans le cadre des suivis obligatoires entre 2009 et 2014 (Ginger Environnement, Gasagec Ingénierie, GEO transfert).

Nous nous sommes attachés à regrouper et à comparer les protocoles mis en place, tant au point de vue, plan d'échantillonnage que méthodes de prélèvements et d'analyses et durée des suivis. Ceci permet en effet de vérifier la comparabilité des résultats affichés sur un compartiment aussi complexe que la macrofaune benthique. Cette compilation des informations a été réalisée uniquement à partir des documents fournis et des informations explicitées dans ces rapports d'études.

2.4. AUTRES DONNEES

La comparaison des peuplements benthiques de la Gironde avec des peuplements dans d'autres estuaires, a été réalisée :

- à l'aide d'études comparatives déjà réalisées:
 - dans le cadre du projet BEEST (vers une approche multicritère du Bon État écologique des Grands Estuaires), Ruellet *et al.* (2009) se sont penchés sur le macrobenthos des zones oligohalines des trois grands estuaires de la côte ouest : Loire, Seine et Gironde, dans l'objectif d'intégrer ces zones aux indicateurs utilisés pour les diagnostics écologiques.
 - les travaux de Dauvin *et al.* (2008) sur le développement des indices biotiques. En 2008 cette étude avait pour objectif d'englober dans un même jeu de données les estuaires de Loire, Seine et Gironde, afin de prendre en compte dans la définition des indices biotiques de DCE les 2 estuaires très anthropisés que sont celui de la Seine et la Gironde et l'estuaire plus "naturel" qu'est resté celui de la Loire.
 - le travail de Blanchet *et al.*, plus récent (2014) qui avait pour objectif d'étudier la faune intertidale d'une dizaine d'estuaires sur la côte Ouest de l'Europe depuis la Manche jusqu'au Portugal. Cette étude englobe des estuaires de différentes tailles, types et fonctionnement.
- à l'aide d'études menées sur les d'autres estuaires en grand programme (Programme Seine Aval) ou plus ponctuelles (Fonctionnement de l'Escaut: Ysebeart, 1993; Ver der Wal *et al.*, 2008).

Les effets des dragages ont été compilés principalement à partir des travaux de Hermand (2008) le review de Newell (1998) et sont issus de nos retours d'expérience sur les travaux de ce type.

2.5. BIBLIOGRAPHIE

- Alizier S., Aulert C., Bessineton C., Cuvilliez A., Denis L., Dauvin J.C., Garcia C., Janson A.L., Jourde J., Lesourd S., Lozach S., Morin J., Ruellet T., Spilmont N., Tous Rius A., 2010. Le benthos de l'Estuaire de Seine. Fascicule Seine Aval 2.4 : 72pp.
- Andral, B., 2007. Aide à la définition des conditions de référence pour le contrôle de surveillance au titre de la Directive Cadre Eau pour les bassins Rhône Méditerranée & Corse Mise en œuvre de l'exercice d'intercalibration. RST.DOP/LER-PAC-07-09. 24 pp
- Bachelet G., 1985: *Distribution et structure des communautés benthiques dans l'estuaire de Gironde*. Actes du 1^{er} colloque d'océanologie côtière "BORDOMER 85" - Bordeaux, 8-11 Octobre 1985. Ed. ADERMA. : 541-554.
- Bachelet G., Bouchet J-M., Lissalde J-P, 1981: *Les peuplements benthiques dans l'estuaire de la Gironde : Biomasse, Productivité et évolution structurale*: Oceanis 6(6): 1980-81.

- Blanchard, M.; Heim M., Rozec X., 2008. *Cartographie synthétique et analyse des peuplements benthiques sur deux secteurs du Littoral français Manche*- Rapport de contrat Ifremer / Ministère de l'Industrie n° 2004-00258-00-07 « Inventaire en matériaux marins sur les façades maritimes de 11 départements côtiers » - 111pp.
- Blanchet H., Gouillieux B., Bachelet G., Leconte M., Lavesque N., 2013: *Contrôle de surveillance DCE 2012 Échantillonnage DCE des Masses d'Eau de transition du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique »* . Contrat Ifremer n° 12/5210889 : 29pp.
- Blanchet H., Gouillieux B., Alizier S., Amouroux J.M., Bachelet G., Barillé AL., Dauvin JC, de Montaudouin X., Derolez V., Desroy N., Grall J., Grémare A., Hacquebart P., Jourde J., Labrune C., Lavesque N., Meirland A., Nebout T., Olivier F., Pelaprat C., Ruellet T., Sauriau PG, Thorin S., 2014: *Multiscale patterns in the diversity and organization of benthic intertidal fauna among French Atlantic estuaries*. *Journal of Sea Research*: 90: 95-110.
- Borja, A., Franco, J. and Perez, V., 2000. *A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within european estuarine and coastal environments*. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (12): 1100-1114.
- CASAGEC Ingénierie, 2011: *Évaluation de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques au niveau des zones d'immersion 2.4, 3.1 et 3.2 de l'estuaire de la Gironde - Mission 2011*. Rapport d'étude pour le Grand Port Maritime de Bordeaux: 45pp.
- CASAGEC Ingénierie, 2012: *Évaluation de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques au niveau des zones d'immersion 2.4, 3.1 et 3.2 de l'estuaire de la Gironde - Mission 2012*. Rapport d'étude pour le Grand Port Maritime de Bordeaux: 96pp.
- Coiraton C., 2013: *Écologie et stratégie alimentaire des poissons dans différents habitats de l'estuaire de la Gironde*. Rapport de Master 2: Université de la Rochelle: 48pp.
- Créocéan; 2012: *NATURA 2000 en mer : Lot 2 pertuis charentais et estuaire de la Gironde : inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins - Phase 2 : Rapport d'étude*: 418pp.
- Dauvin JC., Bachelet G., Barille A-L, Blanchet H, de Montaudouin X., Lavesque N., Ruellet T., 2008. *Benthic indicators and index approaches in the three main estuaries along the French Atlantic coast (Seine, Loire and Gironde)*. *Marine ecology* 30: 228-240.
- Dupuis A., Mezine F., 1992. *L'estuaire de la Gironde. Bilan des connaissances relatives à la faune et à la flore, aux paysages, à l'occupation du sol - inventaire des contraintes d'environnement* Agence de l'eau Bassin Adour Garonne et DIREN Aquitaine. 474pp.
- Feuteun E., 2012: *De la mer vers la terre ou de la terre vers la mer ? Contribution du système Pertuis Gironde au fonctionnement du Golfe de Gascogne*. In Actes du colloque scientifique De la terre à la mer, de la Gironde aux Pertuis : état des connaissances du système marin 28-29 octobre 2010 - Royan: 122pp.
- GINGER, 2010: *Évaluation de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques au niveau des zones d'immersion 2.4, 3.1 et 3.2 de l'estuaire de la Gironde*. Rapport d'étude pour le Grand Port Maritime de Bordeaux: MM13.A-0018 : 38pp.
- GINGER, 2011: *Suivi de l'incidence de la technique de remobilisation des sédiments par injection d'eau - Essai 2011*. Rapport final. Rapport d'étude pour le Port Autonome de Bordeaux : 151 pp.
- Gouillieux B., Bachelet G., de Montaudouin X., Blanchet H., Grémare A., Lavesque N., Ruellet T., Dauvin J.-C., Sauriau P.-G., Desroy N., Olivier F., Nebout T., Grall J., Barillé A.-L., Hacquebart P., Meirland A., Jourde J., Labrune C., Amouroux J.-M., Derolez V., Pelaprat C. & Thorin S., 2009. *Proposition d'un indicateur benthique pour la qualification des masses d'eaux de transition pour la directive cadre sur l'eau*: 113p.
- Hermant R., 2008: *Réponse d'une communauté macrobenthique à des apports sédimentaires allochtones, naturels ou anthropiques*. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille II. 238pp.
- Le Loc'h F., 2004: *Structure, fonctionnement, évolution des communautés benthiques des fonds meubles exploités du plateau continental Nord Gascogne*. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale: 379 pp.
- Lobry J., 2004: *Quel référentiel de fonctionnement pour les écosystèmes estuariens? Le cas des cortèges de poissons fréquentant l'estuaire de Gironde*. Thèse de doctorat - Université Bordeaux I:
- Newell, R.C., Seiderer, L.J. and Hitchcock, D.R., 1998. *The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed*. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 36: 127-178
- Pearson, T.H. and Rosenberg, R., 1978. *Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment*. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 16: 229-231.

-
- Quintin Jean-Yves, Sottolichio Aldo, Derriennic Herve, Schmidt Sabine, Mallet Céline, Agion Tony, Sautour Benoit, Parra René, Dindinaud François, Bachelet Guy, Leconte Michel (2014). Surveillance Ecologique du site du Blayais - année 2013. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00242/35306/>.
- Ruellet T., Bachelet G., Barillé A.L, Dauvin J.C., Desroy N., Ducrotoy J.P., 2009. *Le macrobenthos en zone oligohaline dans les grands estuaires de la façade Manche-Atlantique*. Rapport du groupe « bio-benthos » de l'axe 1 du projet BEEST: 49pp.
- Selleslagh J., Blanchet H., Bachelet G., Lobry J., 2015. *Feeding habitats, connectivity and origin of organic matter supporting fish populations in an estuary with a reduced intertidal area assessed by stable isotope analysis*. Estuaries and Coasts: in press: DOI 10.1007/s12237-014-9911-5.
- Selleslagh J., Lobry J., N'Zigou A. R., Bachelet G, Blanchet H., Chaalali A., Sautour B., Boët P, 2012. *Seasonal succession of estuarine fish, shrimps, macrozoobenthos and plankton: Physico-chemical and trophic influence. The Gironde estuary as a case study*. Estuarine, Coastal and Shelf Science: 112: 243-254.
- Sorbe J-C, 1981: *La macrofaune vagile de l'estuaire de la Gironde - Distribution et migration des espèces - Modes de reproduction, Régimes alimentaires*. Océanis 6(6): 579-592.
- SMIDDEST 2007 : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux "Estuaire de la Gironde et milieux associés" Phase 1, état des lieux- Septembre 2007. Rapport 227pp.
- Sottolichio A., H. Derriennic, S. Schmidt (2014). – *Résultats des mesures in situ*. In : Quintin J.Y. et al. (2014) - Surveillance écologique du site du Blayais, année 2013. Rapp. IFREMER RST DYNECO/AG/14-02, mars 2014, pp. 39-105
- Van der Wal D., Herman P. M. J., Forster R. M., Ysebaert T., Rossi F., Knaeps E., Plancke Y. M. G., Ides S. J., 2008: *Distribution and dynamics of intertidal macrobenthos predicted from remote sensing: response to microphytobenthos and environment*. Marine Ecology Progress Series, 367: 57-72
- Ysebaert T., Meire P., MAs D., Buys J., 1993: *The benthic Macrofauna along the estuarine gradient of the scheldt estuary*. Netherlands Journal of aquatic ecology 27(2-4): 327-341.

3. ENTRETIENS REALISES

Afin de compléter les données disponibles, un entretien a été réalisé :

- M. Guy Bachelet, chercheur CNRS UMR CNRS 5805 EPOC - Environnements et Paléo environnements Océaniques et Continentaux à la station marine d'Arcachon, le 8 avril 2015.

4. SYNTHÈSE DES DONNÉES – ETAT DES LIEUX

4.1. LEXIQUE

Définitions établies notamment à partir du lexique d'écologie, d'environnement et d'aménagement du littoral de l'Ifremer, 2004 ou du "Online Dictionnaire of Invertébrée Zoologie (Magenta, 2005).

Benthique: Adjectif qui qualifie l'interface eau-sédiment d'un écosystème aquatique, quelle qu'en soit la profondeur. S'applique pour le fond des lacs, des océans ou des cours d'eau. - Qualifie également un organisme vivant libre (vagile) ou fixé sur le fond (sessile).

Benthos: C'est l'ensemble des organismes benthiques dans un biotope aquatique donné.

Communauté: groupe d'animaux ou de végétaux d'une ou plusieurs espèces qui occupent une aire donnée et entretiennent des relations au sein d'un écosystème.

Diatomées : Organismes phytoplanctoniques, d'eau douces, marines ou saumâtres, caractérisées par la présence d'une coque siliceuse biogène.

Dinoflagellés : organismes phytoplanctonique, unicellulaire et pourvus de deux flagelles. Représentés par plus de 2000 espèces, ils vivent dans les eaux marines, saumâtres, tempérées ou tropicales. Certaines espèces sont toxiques.

Chlorophycées : Classe d'organismes végétaux couramment appelés algues vertes. Uni-ou pluricellulaire, ils peuvent être aquatique ou terrestre,; vivre dans les eaux douces, marines ou saumâtres et être planctoniques ou fixés

Endofaune = faune endogée: faune qui vit à l'intérieur du sol ou du sédiment.

Épibenthique = adjectif qui qualifie ce qui vit à la surface du sédiment.

Indices biotiques: outils mathématiques univariés développés pour qualifier la qualité du milieu naturel à partir des données biologiques des communautés en place.

Limnique: Qualifie les fonds aquatiques continentaux, en étang, lacs, marécages et les sédiments qui y sont déposés. Qualifie la macrofaune qui vit dans ces sédiments.

Macrofaune: Faune dont la taille est supérieure à 1mm. Souvent considérée comme la faune retenue par un tamis de maille 1mm.

Métazoaires : Organismes pluricellulaires avec des cellules à noyau (eucaryotes) qui s'organisent en tissu et en organes.

Néritique: Qualifie les zones marines peu profondes situées entre la ligne de basse mer et le rebord de la plate-forme continentale.

Phanérogames = spermatophyte : plante à fleurs

Phytobenthos: benthos végétal

Soie: En zoologie, une soie peut être représentée par une épine ou une sorte de poils. Elles peuvent être articulées, simples (en forme de cheveu) ou complexe (en crochet, en fourche, ...). Les annélides polychètes portent de nombreuses soies, à chaque segment ou presque alors que les oligochètes n'en portent que très peu.

Terrigènes: d'origine terrestre

Taxon : un taxon est un synonyme de groupe taxonomique. Sa forme plurielle peut être taxons ou taxa.

Zoobenthos: benthos animal

4.2. LES HABITATS EN PRESENCE

Présentant sur l'intégralité ou presque de sa surface des sites d'intérêt écologique (ZNIEFF I et II) (Figure 3), l'estuaire de Gironde et ses environs bénéficient de nombreuses protections du réseau Natura 2000 :

- FR7200677 : Estuaire de la Gironde
- FR7200680: Marais du Bas Médoc
- FR7200700: La Garonne
- FR7200684: Marais de Braud-et-Saint-Louis et de Saint-Ciers-sur-Gironde
- FR5400438: Marais et falaises des coteaux de Gironde.
- FR7200683: Marais du Haut Médoc
- FR7200660: La Dordogne

Le Site d'Intérêt Communautaire FR7200677 - Estuaire de la Gironde qui couvre l'estuaire depuis le Bec d'Ambès jusqu'à l'embouchure (Figure 4). Ce SIC comprend pour 75% de sa surface, l'habitat générique "Estuaire - 1130" qui présente selon le formulaire standard de données de le SIC un "bon état de conservation.

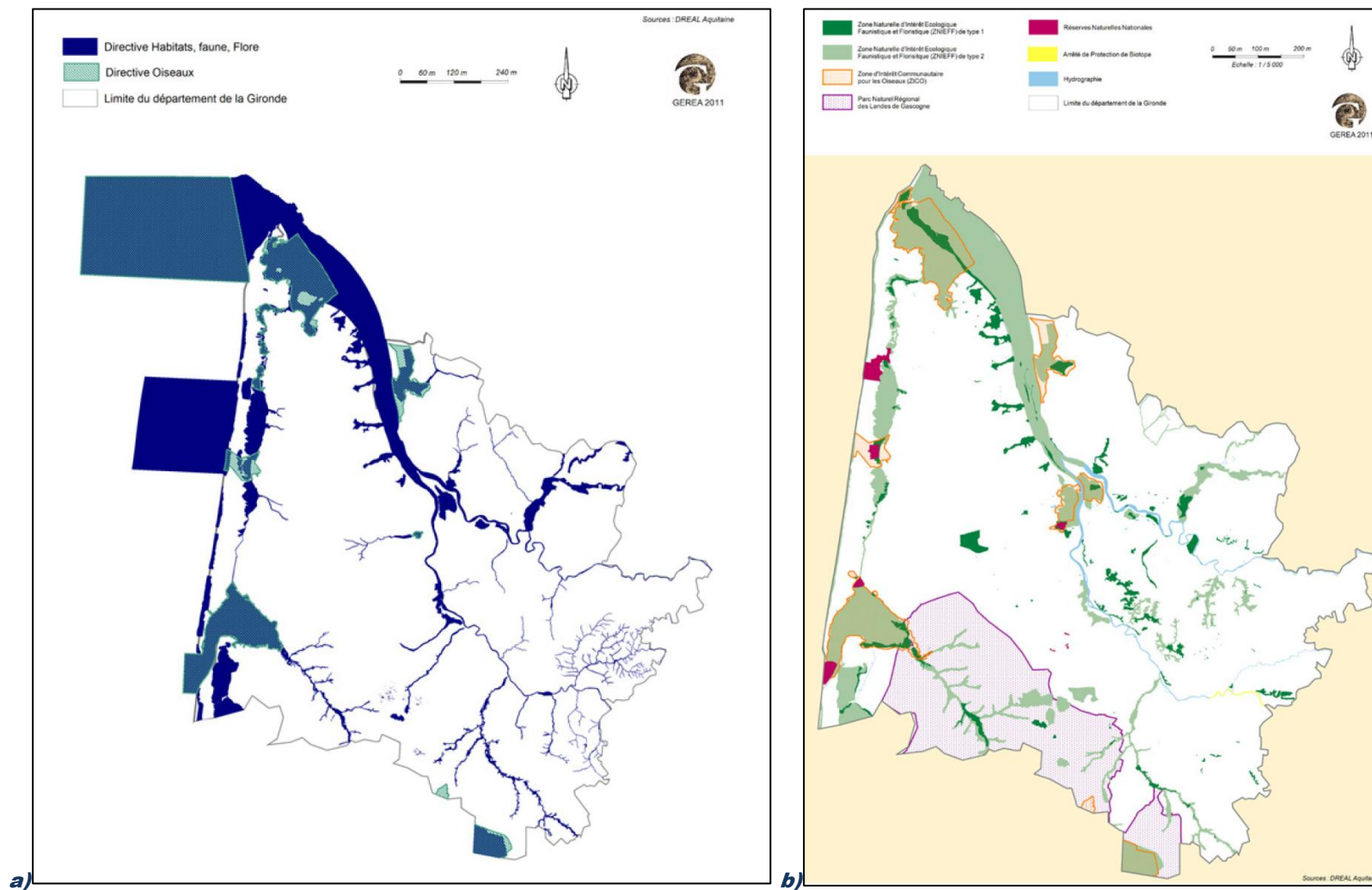


Figure 3 : Extraits de l'Atlas des paysages du département de Gironde (<http://atlas.cg33.systonic.com/les-paysages-de-nature-et-d-eau.html>) présentant sur l'ensemble du département: a) les sites Natura 2000 et b) les zones naturelles d'intérêt et protégées.

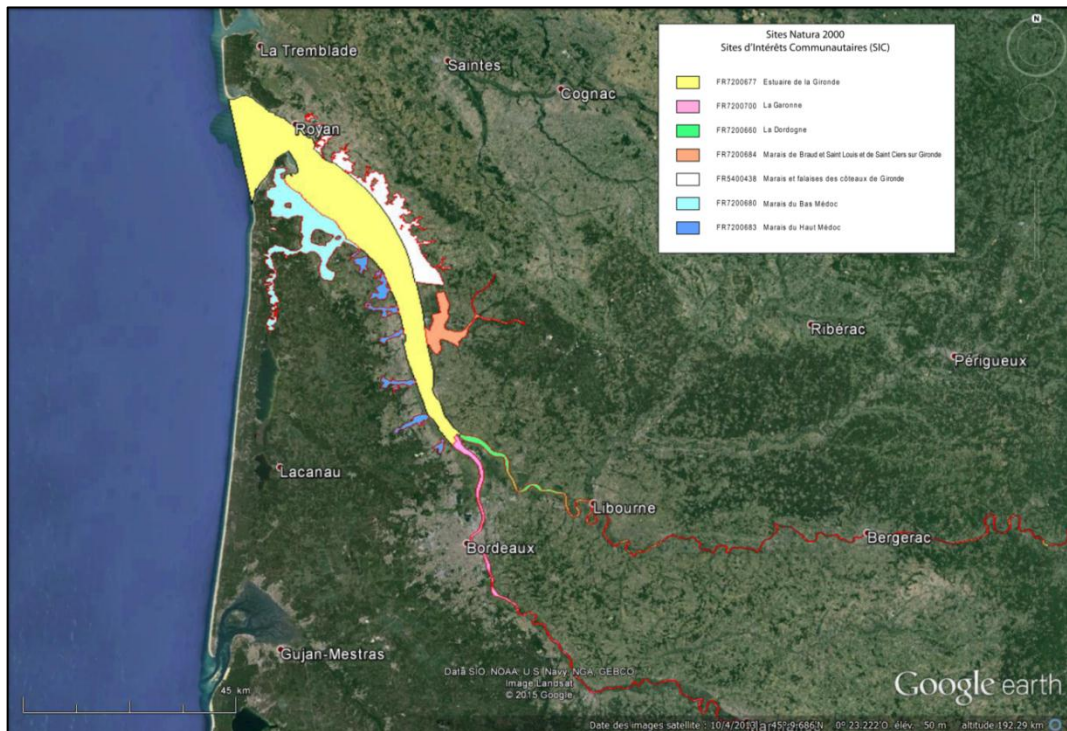


Figure 4 : Cartographie des SIC de l'estuaire de Gironde.

En 2015 a été créé le Parc Naturel Marin de l'estuaire de Gironde et de la Mer des Pertuis dont le périmètre englobe l'estuaire depuis le Bec d'Ambès jusqu'à l'embouchure (Figure 5).

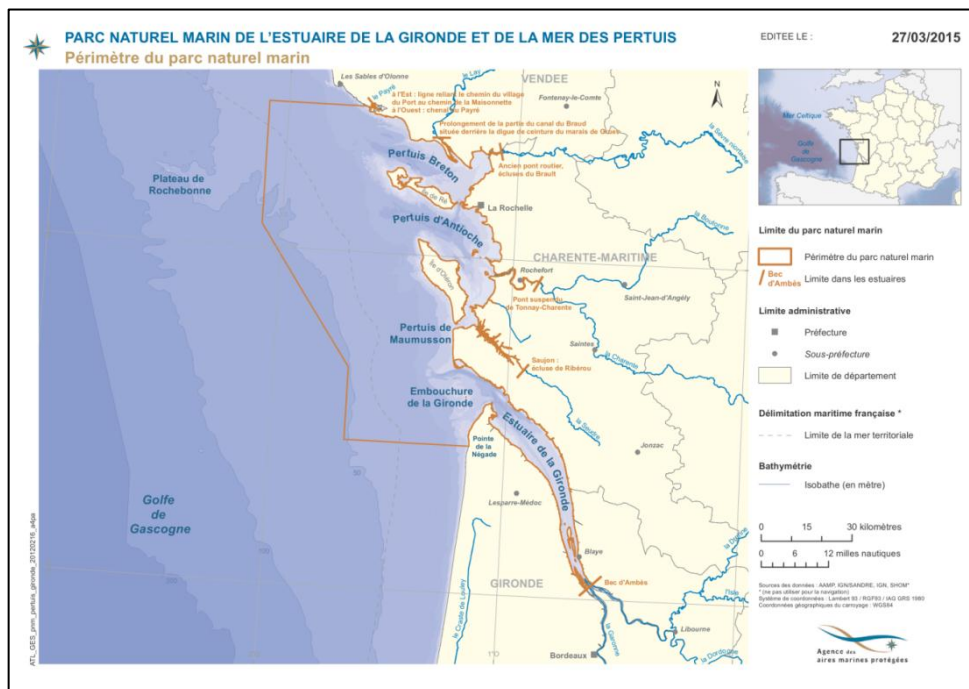


Figure 5 : Cartographie du périmètre du Parc Naturel Marin de l'estuaire de Gironde et de la Mer des Pertuis. Source Agences des Aires Marine Protégées.

Les habitats décrits dans les SIC, dans la partie de l'estuaire qui nous concerne ici sont

- Rivières et Estuaires soumis à la marée, Vasières et bancs de sable, Lagunes
- Mer, Bras de Mer

Un inventaire des habitats de l'estuaire a été réalisé dans le cadre des inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins pour les zones NATURA 2000 en Mer des Pertuis Charentais et estuaire de la Gironde en 2002, à la demande de l'Agence des Aires Marines Protégées. L'inventaire réalisé a conduit à la comptabilisation d'un grand nombre d'habitats. Le secteur de l'estuaire proprement dit est concerné par les habitats suivants : (codifiés selon la typologie EUNIS 2012):

- En intertidal
 - A2.31 Polychaete/bivalve-dominated mid estuarine mud shores
- En subtidal
 - A5.12 Sublittoral coarse sediment in variable salinity
 - A5.21 Sublittoral sand in low or reduced salinity
 - A5.32 Sublittoral mud in variable salinity
 - A5.42 Sublittoral mixed sediment in variable salinity

Ces habitats sont décrits en annexes.

Les habitats principalement représentés dans l'estuaire de Gironde sont les habitats "A5.32 Sublittoral mud in variable salinity" et "A5.21 Sublittoral sand in low or reduced salinity" (Figure 6). Ces habitats sont principalement peuplés de faune et comptent très peu de végétation.

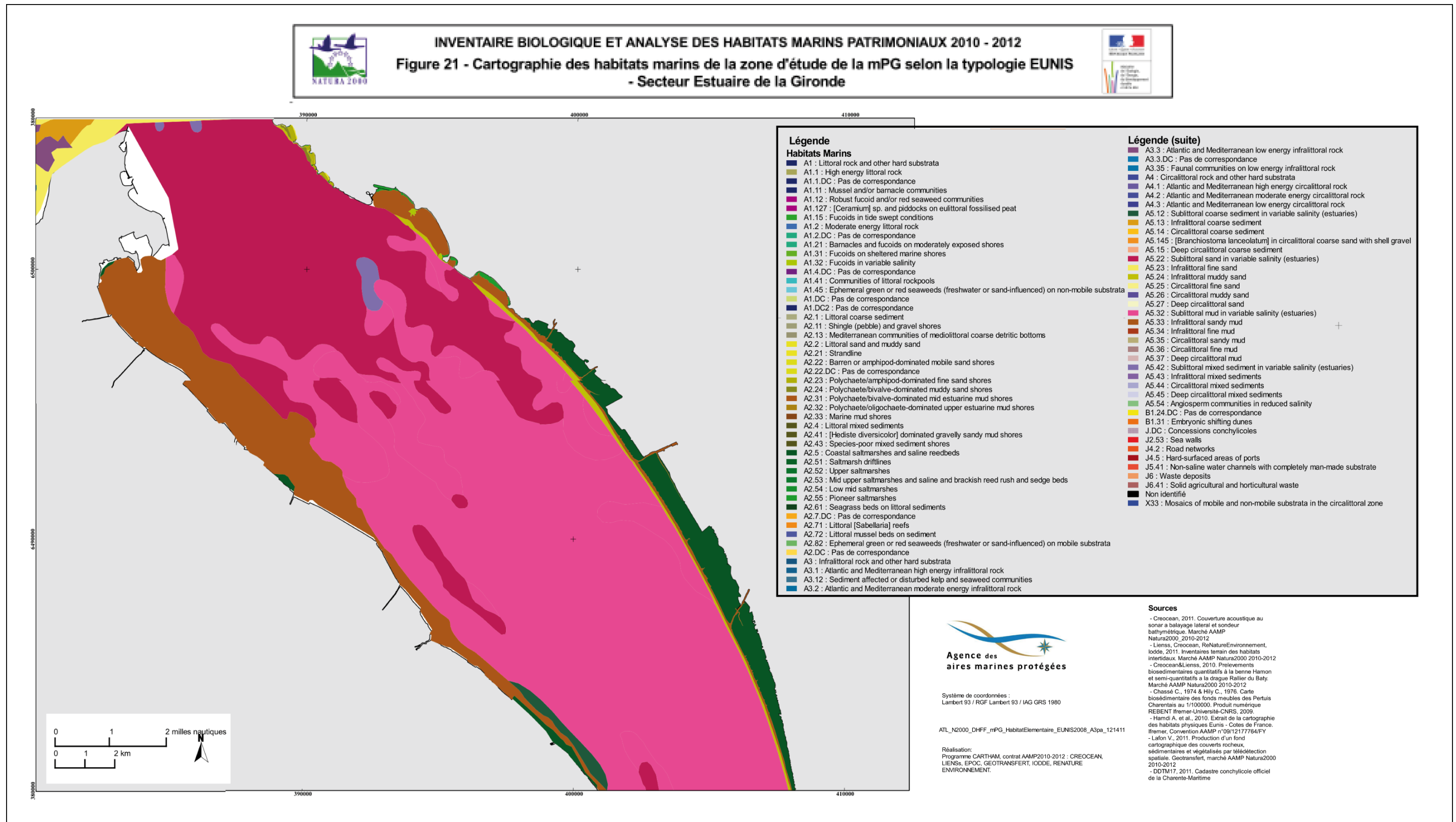


Figure 6 : Cartographie des habitats de l'estuaire de Gironde. D'après l'inventaire biologique des habitats marins patrimoniaux, Agence des Aires Marines Protégées 2012

4.3. LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DE L'ESTUAIRE DISTRIBUTION ET COMPOSITION

4.3.1. En général dans l'estuaire

Bachelet *et al.* en 1981, qualifie la communauté macrobenthique de l'estuaire de Gironde comme une communauté constituée d'organismes à large potentiel écophysologique, adaptés aux conditions particulières de l'estuaire.

La distribution de la macrofaune benthique dans l'estuaire est principalement conditionnée par la salinité (Dupuis et Mezine (1993) avec globalement trois grands groupes d'espèces:

- les espèces typiquement estuariennes et autochtones ;
 - espèces supportant la faible salinité ;
 - espèces à préférence polyhaline ;
- les peuplements dulçaquicoles en amont ;
- les peuplements néritiques en aval et en mer.

Il n'existe pas de véritables frontières tranchées entre les diverses unités de peuplement. Les unités s'imbriquent au niveau des zones d'extension maximale des principales espèces. Sous l'influence de la salinité, les espèces s'ordonnent selon un continuum depuis les eaux douces jusqu'à l'embouchure, constituant ainsi divers faciès de la communauté à *Macoma balthica*, caractéristique des milieux estuariens du nord-ouest de l'Europe.

Globalement sur la longueur de l'estuaire, densité, richesse spécifique et biomasse augmentent avec la salinité donc de l'amont vers l'aval. La diversité quant à elle reste globalement faible tout au long de l'estuaire. Il existe pourtant une cassure biologique assez nette au niveau du pk 65, point en amont duquel les peuplements macrobenthiques sont considérés comme limniques probablement en raison de modification de l'hydrodynamique, les communautés devenant plus denses et plus riches en aval de cette zone.

Transversalement, il ressort que dans les fonds toujours immergés et particulièrement dans le chenal, la faune est très rare voire quasi absente. La méiofaune y est globalement plus présente que la macrofaune et ceci en particulier dans la zone oligohaline. Sur les estrans vaseux, la faune est plus abondante mais le nombre d'espèce reste faible. La turbidité des eaux, surtout à proximité du fond, provoquant un colmatage des organes de nutrition et de respiration, est la cause probable de la quasi-absence de benthos subtidal dans le chenal de navigation (Bachelet, 1981).

Le macrobenthos est donc localisé essentiellement sur les estrans vaseux des deux rives. Les espèces rencontrées habituellement dans l'estuaire (inter- et sub-tidal) ont été listées par Bachelet en 1985 suite à la compilation des résultats de 136 prélèvements sur l'ensemble de l'estuaire (Figure 7).

<p>Classe des HYDROZOAIREs <i>Laomedea gelatinosa</i> (Pallas)</p> <p>Embranchement des NEMERTIENS <i>Cerebratulus</i> sp.</p> <p>Classe des OLIGOCHETES spp. indéterminées</p> <p>Classe des POLYCHETES <i>Eteone picta</i> Quatrefoies <i>Goniada</i> sp. <i>Nephtys hombergii</i> Aud. & M.Edw. <i>Nereis diversicolor</i> Müller <i>Neanthes succinea</i> (Leuckart) <i>Nerine cirratulus</i> (Delle Chiaje) <i>Nerine foliosa</i> (Aud. & M.Edw.) <i>Pygospio elegans</i> Claparède <i>Streblospio shrubsolii</i> (Buchanan) <i>Polydora ligni</i> (Webster) <i>Boccardia ligérica</i> (Ferronnière) <i>Pseudopolydora pulchra</i> (Carazzi) <i>Magelona papillicornis</i> Müller <i>Tharyx marioni</i> (Saint-Joseph) <i>Capitella capitata</i> (Fabricius) <i>Heterocirrus bioculatus</i> (Kefers.) <i>Heteromastus filiformis</i> (Clap.) <i>Arenicola marina</i> (L.) <i>Lagis koreni</i> (Malmgren) <i>Lanice conchilega</i> (Pallas)</p> <p>Classe des GASTEROPODES <i>Hydrobia ulvae</i> (Pennant) <i>Turbonilla</i> sp. <i>Bittium reticulatum</i> (da Costa) <i>Nassarius incrassatus</i> (Ström) <i>Haminea navicula</i> (da Costa) Nudibranches indéterminées</p> <p>Classe des BIVALVES <i>Mytilus edulis</i> L. <i>Cerastoderma edule</i> (L.) <i>Tellina tenuis</i> da Costa <i>Macoma balthica</i> (L.) <i>Scrobicularia plana</i> (da Costa) <i>Abra tenuis</i> (Montagu)</p>	<p>Classe des CRUSTACES Ordre des MYSIDACES <i>Gastrosaccus spinifer</i> (Goës) <i>Mesopodopsis slabberi</i> (v.Beneden) <i>Neomysis integer</i> (Leach) <i>Schistomysis spiritus</i> (Norman)</p> <p>Ordre des CUMACES <i>Cumopsis longipes</i> (A.Dohrn) <i>Iphinoe trispinosa</i> (Goodsir)</p> <p>Ordre des TANAIIDACES <i>Apseudes latreillei</i> (M.Edw.)</p> <p>Ordre des ISOPODES <i>Cyathura carinata</i> (Kröyer) <i>Eurydice pulchra</i> Leach <i>Idotea emarginata</i> (Fabricius) <i>Jaera prae-hirsuta</i> Forsman <i>Sphaeroma rugicauda</i> Leach</p> <p>Ordre des AMPHIPODES <i>Atylus swammerdami</i> M.Edw. <i>Bathyporeia nana</i> Toulmond <i>Bathyporeia pelagica</i> (Bate) <i>Caprella aequilibra</i> Say <i>Chaetogammarus marinus</i> (Leach) <i>Corophium volutator</i> (Pallas) <i>Gammarus crinicornis</i> Stock <i>Gammarus salinus</i> Spooner <i>Gammarus zaddachi</i> Sexton <i>Haustorius arenarius</i> (Slabber) <i>Hyale nilssoni</i> Rathke <i>Leucothoe lilljeborgi</i> Boeck <i>Melita palmata</i> (Montagu) <i>Paricampus typicus</i> (Kröyer) <i>Phtisica marina</i> Slabber <i>Pontocrates arenarius</i> Bate <i>Urothoe pulchella</i> (A.Costa)</p> <p>Ordre des DECAPODES <i>Crangon crangon</i> (L.) <i>Palaemon longirostris</i> M.Edw. <i>Carcinus maenas</i> (L.)</p> <p>Classe des INSECTES Larves de Diptères indéterminées</p> <p>Embranchement des ECHINODERMES <i>Asterias rubens</i> (L.) <i>Leptosynapta</i> sp.</p>
---	---

Figure 7 : Extrait de Bachelet, 1985 illustrant la liste des espèces rencontrées dans l'estuaire de Gironde à l'issue de 136 prélèvements entre 1975 et 1978

4.3.2. Par grandes sections de l'estuaire

Bachelet, 1985 avait mis en évidence, l'influence de la salinité sur les cortèges spécifiques le long de l'estuaire (Figure 8). Hormis le polychète *Heteromastus filiformis*, présent de manière ubiquiste dans l'estuaire, les différentes espèces présentent des aires de répartition définies, très étroites, comme le polychète *Boccardia ligérica*, cantonné à la limite aval de la zone oligohaline, ou relativement large, comme le groupe *Hediste diversicolor*, *Gammarus salinus* et *G. crinicornis* qui s'étale du pk 40 jusque à la mer.

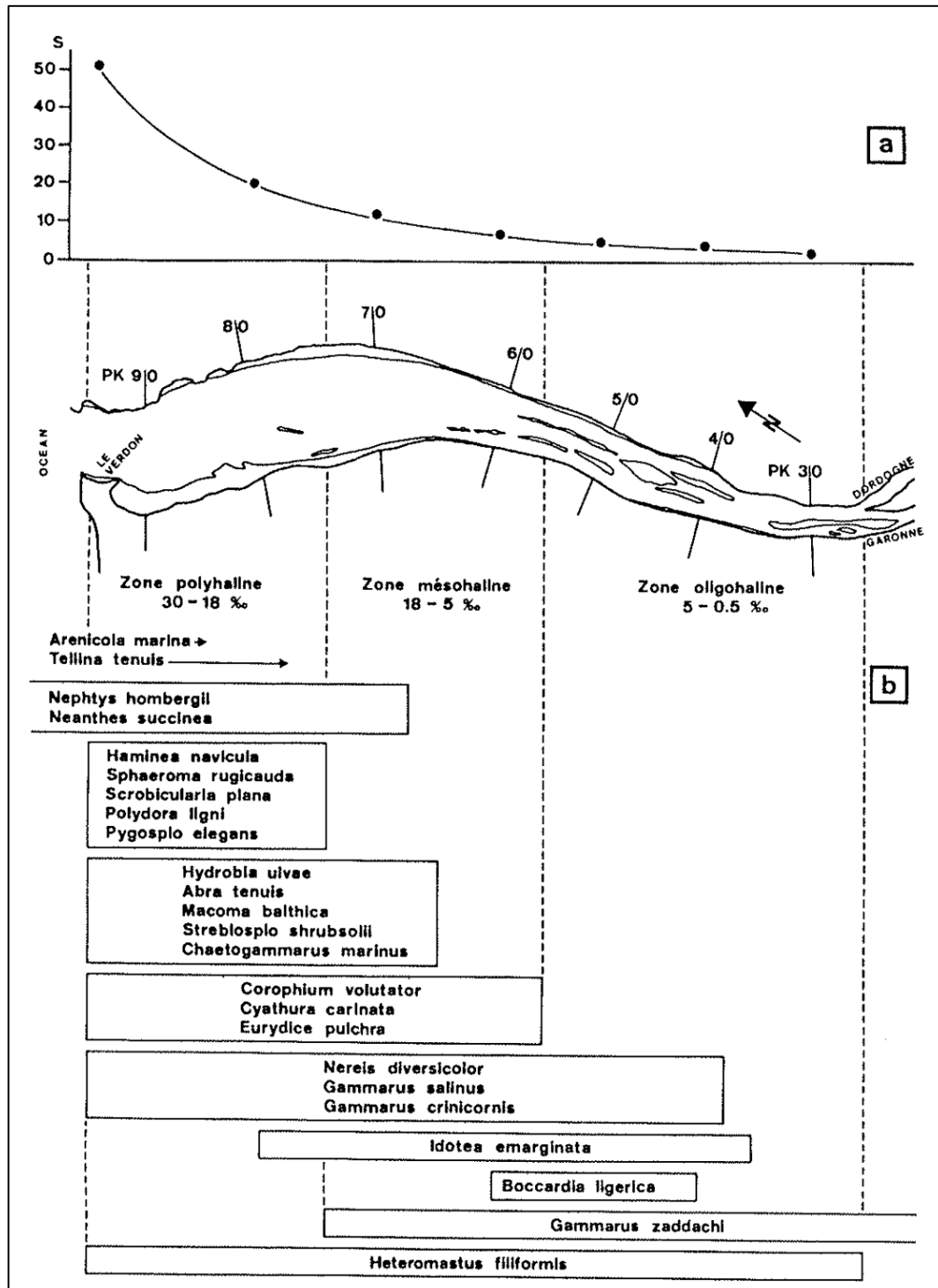


Figure 8 : Extrait de Bachelet, 1985: Rôle du gradient de salinité dans la répartition des peuplements benthiques de l'estuaire de Gironde: distribution longitudinale du nombre total d'espèces S (a) et des principales espèces (b)

Bien qu'il n'existe pas de frontières nettes dans la distribution et la structure des peuplements benthiques, la variation des peuplements tout au long de l'estuaire, sera présentée ci-dessous à partir d'une revue des résultats de la bibliographie. Cette synthèse des données reprendra, pour le subtidal d'une part, et l'intertidal d'autre part, les grandes sections suivantes:

- dulcicole : pk 0 à pk20 jusqu'au Bec d'Ambès;
- oligohaline : jusqu'au pk 30-35,
- mésohaline ; jusqu'au pk 65-70
- polyhaline ; jusqu'à l'embouchure (Figure 9).

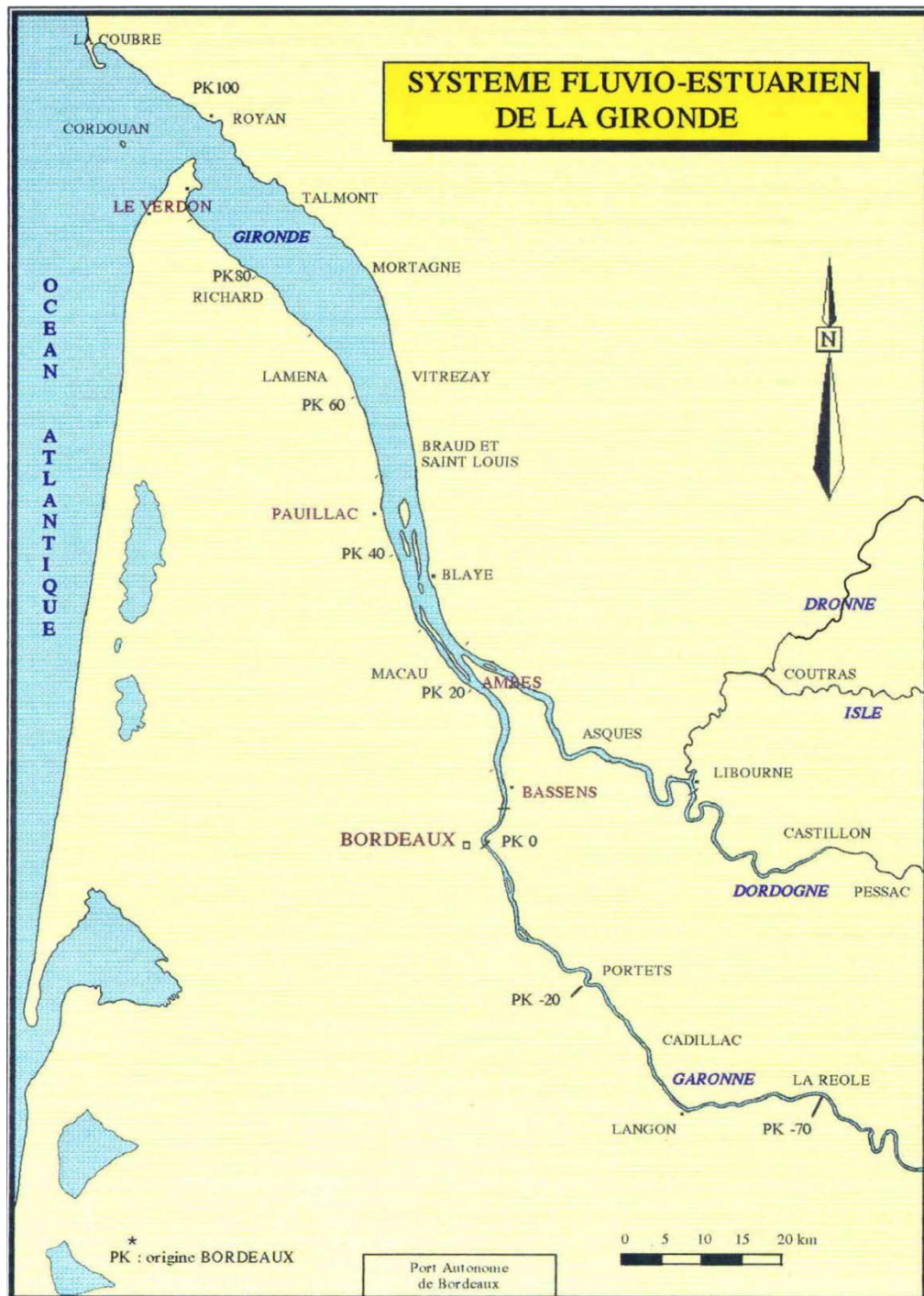


Figure 9 : Carte de l'estuaire montrant le découpage en point kilométrique (pk).

4.3.2.1. Subtidal

Le macrobenthos subtidal dans l'estuaire de la Gironde est globalement pauvre en abondance et en nombre d'espèces, ceci est d'autant plus marqué sur les pentes et les zones les plus profondes, comme le chenal de navigation. De plus, un gradient amont-aval, influencé par la salinité structure les peuplements sur le linéaire de l'estuaire: l'abondance, la richesse taxonomique augmente depuis la zone dulcicole vers la mer.

4.3.2.1.1. ZONE DULCICOLE

Dans la zone dulcicole, à hauteur de Bordeaux, PK 0, Dupuis et Mezine, en 1993 ont relevé des densités relativement élevées de l'ordre 100 à 1000 ind/m² (Tableau 4). Toutefois, cette densité est issue d'un comptage réalisé après un tamisage sur une maille de 500µm qui regroupe donc, la macrofaune et une partie de la méiofaune. La biomasse relevée reste toutefois très faible.

En progressant vers l'aval, dans le cadre du suivi d'une zone de dragage, Ginger, en 2010 et 2011 mettait en avant l'absence voire quasi -absence de macrofaune (sur 1mm) dans les échantillons réalisés dans le chenal de navigation au niveau des PK 13 et 23. Lorsque de la faune était présente, elle était représentée par trois taxa différents, caractéristiques des eaux dessalées (Tableau 4).

À hauteur du PK 30, en aval du Bec d'Ambès, le nombre d'espèces présentes reste très faible: 2 à 3 taxa différents (Tableau 4).

Tableau 4 : Caractéristiques des peuplements benthiques subtidaux dans la zone dulcicole de l'estuaire de Gironde.

D: Densité (ind/m²) (tamis 1mm sauf mention particulière); S: richesse spécifique : nombre d'espèces; Esp: Espèces ou Esp; Peup: Peuplements; B: Biomasse (g/m²).

Localisation	Paramètres	Valeurs	Dates	Sources
Amont (jusqu'au bec d'Ambès)	D	10 ² à 10 ³	1992	Dupuis et Mezine, 1993
	tamis 500µm	0,1		
	B	2 à 3		
Pk 13-23 Amont aval zone de dragage	S	2 à 3	2009	Ginger, 2010
	D	Quasi absence de macrofaune		
	Esp	<ul style="list-style-type: none"> • Chironome (insectes) • Oligochètes • Amphipodes Gammaridae 	2011	Ginger, 2011
	D	de 5 à 120		
S	0 à 3			

4.3.2.1.2. ZONE OLIGOHALINE

La zone oligohaline, qui s'étire jusqu'aux environs du PK 55, présente également une faune relativement peu diversifiée mais avec des densités plus élevées qu'en zone dulcicole (Tableau 5). La faune y est également de petite taille entraînant d'importants écarts de densité lorsque la maille du tamis de récolte passe de 1mm à 500µm.

Le groupe dominant à ce niveau-là est représenté par les annélides oligochètes, petits vers inféodés aux environnements difficiles ou dégradés (instables, vaseux ou trop riches en matière organique).

Ponctuellement, dans l'endofaune strictement benthique, apparaissent des espèces de polychètes tels que l'*Heteromastus filiformis* ou le petit spionidae *Streblospio shrubsolii* en densité faible et variable (Quintin et al., 2014) dès le pk 30.

Tableau 5 : Caractéristiques des peuplements benthiques subtidaux dans la zone oligohaline de l'estuaire de Gironde.

D: Densité (ind/m²) (tamis 1mm sauf mention particulière); S: richesse spécifique : nombre d'espèces; Esp: Espèces ou Esp; Peup: Peuplements; B: Biomasse (g/m²).

Localisation	Paramètres	Valeurs	Dates	Sources
63 stations dans toute la zone	D D tamis 500µm Esp	963 3613 Oligochètes (94% de la faune)	2009	Ruellet et al., 2009
Station K pk 30	D tamis 500µm Esp	2±2 (oct) à 172±33 (août) Polychètes: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Heteromastus filliformis</i> • <i>Streblospio shrubsolii</i> Mysidacés: <ul style="list-style-type: none"> • <i>Mesopodopsis slabberi</i> • <i>Neomysis integer</i> Isopodes: <i>Cyathura carinata</i> Insectes	2013	Quintin et al., 2014 Centrale électrique du Blayais
Du pk35 au pk 55	Esp	Annélides oligochètes		Dupuis et Mezine, 1993
Masse d'Eau «Gironde Centrale» - FRFT 04	D Esp	0 à 8 Crustacés: <i>Gammarus salinus</i>	2009-2012	Blanchet et al., 2013. Suivi DCE 2009-2012
Station Amont (St Estèphe, pk 55)	S	0 à 4		Masse d'Eau «Gironde Centrale» - FRFT 04

4.3.2.1.3. ZONE MESOHALINE

La zone mesohaline, qui s'étire jusqu'aux environs du PK 75, profite de plus fréquentes intrusions salines et la faune y est plus riche et plus diversifiée qu'en amont. De même, si la richesse spécifique par échantillon n'est pas très élevée (une dizaine d'espèces au maximum), de nouveaux taxa sont identifiés par rapport aux zones amont. On voit apparaître dans les échantillons plusieurs types de crustacés (des mysidacés, des amphipodes, des isopodes...) ainsi que divers mollusques et de plus en plus d'annélides polychètes différents (Tableau 6).

Tableau 6 : Caractéristiques des peuplements benthiques subtidaux dans la zone mésohaline de l'estuaire de Gironde.

D: Densité (ind/m²) (tamis 1mm sauf mention particulière); S: richesse spécifique : nombre d'espèces; Esp: Espèces ou Esp; Peup: Peuplements; B: Biomasse (g/m²).

Localisation	Paramètres	Valeurs	Dates	Sources
Jusqu'au PK 65	B	>1	1992	Dupuis et Mezine, 1993
pk52 et pk67	D tamis 500µm S Esp	de 0 à 115 ind/m ² avec max en été 1.5±1.3 et 4.4±2.1 <ul style="list-style-type: none"> • Insectes • Crustacés: <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Gammarus spp.</i> ○ <i>Bahyporeia pilosa</i>, ○ <i>Cyathura carinata</i> ○ <i>Mesopodopsis slabberi</i> ○ <i>Neomysis integer</i> • Mollusques • Polychètes <ul style="list-style-type: none"> ○ <i>Heteromastus filliformis</i> ○ <i>Streblospio shrubsolii</i> 	2013	Quintin et al., 2014 Centrale électrique du Blayais

Localisation	Paramètres	Valeurs	Dates	Sources
<ul style="list-style-type: none"> Oligochètes : <i>Tubificoides heterochaetus</i> 				
Du PK 60 au PK 90,	Esp	Crustacés: <i>Corophium volutator</i>	1992	Dupuis et Mezine, 1993
Masse d'Eau «Gironde Centrale» - FRFT 04	Esp	Crustacés: <i>Mesopodopsis slabberi</i>	2009-2012	Blanchet <i>et al.</i> , 2013. Suivi DCE 2009-2012 Masse d'Eau «Gironde Centrale» - FRFT 04
	D	0 à >40		
	S	de 0 à 6 espèces		
Station (St Christoly, pk65)				

La variabilité de distribution des espèces ne se limite pas à la variabilité inter-zones de salinité. La distribution spatiale des espèces étant également conditionnée par la nature et la texture du substrat, il existe de fortes différences d'abondance et d'occurrence des espèces à relativement petite échelle: Lors de ses travaux, Laurent Brosse (comm. pers.) en aval et en amont de L'Esparre Medoc (\geq pk 65) en 2000, a mis en évidence, la présence quasi exclusive de *Heteromastus filiformis* dans les échantillons aval de macrofaune (Figure 10). Et pour les échantillons amont (pk 35), une forte présence de petits polychètes du genre *Polydora* et des Mysidacés (Figure 10). De plus, les densités de faune dans ces échantillons présentaient une très forte variabilité.

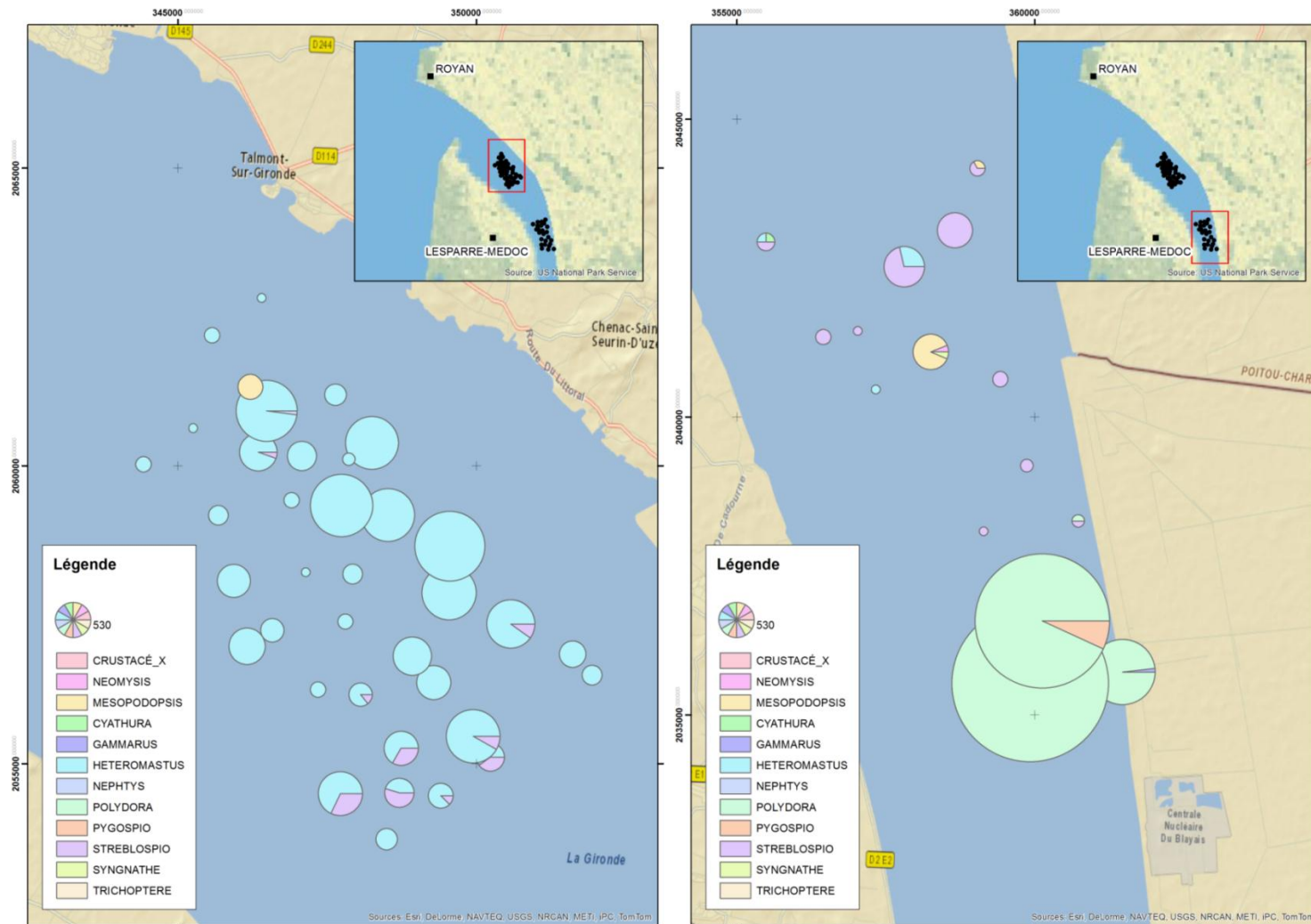


Figure 10 : Distribution des genres de la macrofaune benthique lors des travaux de L. Brosse en 2000. Carte Artelia.

En 1981, Bachelet *et al.*, ont montré la variabilité longitudinale des peuplements intertidaux le long de l'estuaire (rive gauche), avec, comme en général dans l'estuaire, un gradient de densité et de richesse spécifique lié à la salinité mais aussi à l'hydrodynamisme (Figure 12). La densité et la biomasse, sont en effet, nettement plus élevées à l'aval qu'à l'amont de l'estuaire avec une rupture très marquée au niveau du pk60 expliquée, d'après les auteurs, par une augmentation de l'hydrodynamisme et la présence du chenal de navigation à proximité de la rive gauche.

Macrofaune intertidale (d'après Bachelet et al., 1981)

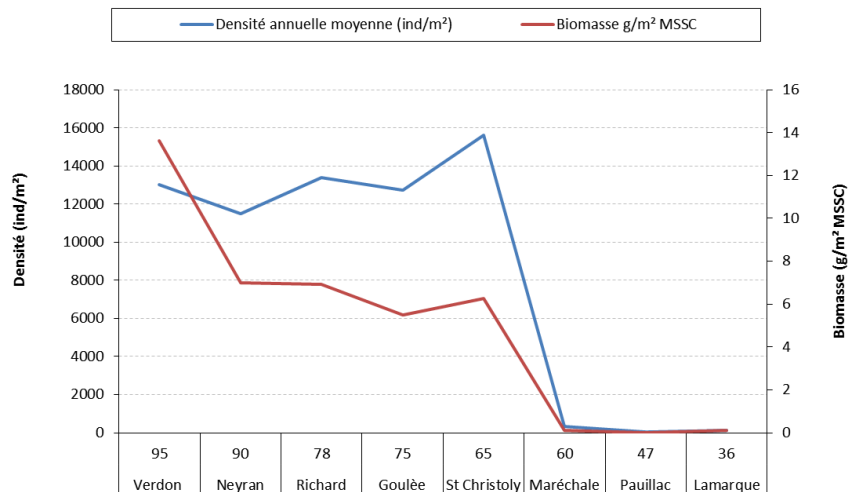


Figure 12 : Variation le long de l'estuaire de la densité annuelle moyenne et de la biomasse dans l'estran de l'estuaire. D'après Bachelet et al., 1981.

Les suivis à long terme tels que le suivi du milieu récepteur du rejet de la centrale du Blayais et le suivi DCE, intègrent dans leur plan d'échantillonnage des stations en intertidal qui permettent d'avoir des données récentes sur les espèces présentes et les densités à différents niveaux de l'estuaire.

Les densités des peuplements atteignent plusieurs milliers d'individus par mètre carré, dès les stations les plus en amont (plus de 13 000 ind/m² à Lamarque pk 35, en sept 2013) (Tableau 7)

La distribution des espèces évolue le long de l'estuaire avec une large dominance d'une espèce d'oligochètes en amont, puis une diversification progressive vers l'aval avec l'arrivée de nouvelles espèces: des crustacés des mollusques et des Polychètes (Tableau 7). De la même façon, Bachelet *et al.*, décrivait une forte densité des petits gastéropodes *Hydrobia ulvae* en aval qui diminuent progressivement vers l'amont au profit de l'amphipode *Corophium volutator*, lesquels voient leurs densités s'effondrer à l'amont du pk 60 au-delà duquel ne persiste plus que quelques individus d'amphipodes, de polychètes et de larves d'insectes.

De plus, les variations saisonnières sont telles qu'en un même point, la (les) espèce(s) dominante(s) alternent au cours d'une même année. C'est ce que décrivent par exemple Quintin *et al.* au sujet de la station St Estèphe en 2013:

- l'Annélide Oligochète *Tubificoides heterochaetus*, [...] représentait 55 à 70% de l'abondance totale de février à juin, puis 76% en novembre ;
- le Crustacé Amphipode *Corophium volutator*, avec 80 à 91% de l'abondance totale de juillet à octobre.

Tableau 7 : Caractéristiques des peuplements benthiques intertidaux le long de l'estuaire de Gironde. D: Densité (ind/m²) (tamis 1mm sauf mention particulière); S: richesse spécifique : nombre d'espèces; Esp: Espèces ou Esp; Peup: Peuplements; B: Biomasse (g/m²).

Localisation	Paramètres	Valeurs	Dates	Sources
Lamarque PK35	D maille 500µm Esp	697 ± 177 (avr) 13 364 ± 2476 (sept) • Oligochètes: <i>Limnodrilus hoffmeisteri</i> ->95% des individus • Polychètes ◦ <i>Hediste diversicolor</i> • Insectes	2013	Quintin et al., 2014 Centrale électrique du Blayais
St Estèphe pk55 Masse d'Eau «Gironde Centrale» - FRFT 04	D Esp S	de 130 à >1500 • Crustacés: ◦ <i>Corophium volutator</i> ◦ <i>Cyathura carinata</i> • Mollusques ◦ <i>Hydrobia ulvae</i> ◦ <i>Scrobicularia plana</i> • Polychètes ◦ <i>Hediste diversicolor</i> • Oligochètes ◦ <i>Tubificoides heterochaetus</i> de 4 à 7	2009- 2012	Blanchet et al., 2013. Suivi DCE 2009- 2012 Masse d'Eau «Gironde Centrale» - FRFT 04
Saint Estèphe Pk 55	D maille 500µm S Esp	de 273±74 à 4803±1109 avec max en sept 1.9±0.6 et 4.1±0.6 • Insectes • Crustacés: ◦ <i>Corophium volutator</i> ◦ <i>Cyathura carinata</i> • Polychètes: ◦ <i>Hediste diversicolor</i> ◦ <i>Streblospio shrubsolii</i> • Oligochètes: ◦ <i>Tubificoides heterochaetus</i> • Insectes	2013	Quintin et al., 2014 Centrale électrique du Blayais
St Christoly pk65 Masse d'Eau «Gironde Centrale» - FRFT 04	Espèces principales D S	• Crustacés: ◦ <i>Corophium volutator</i> ◦ <i>Cyathura carinata</i> • Mollusques ◦ <i>Hydrobia ulvae</i> ◦ <i>Scrobicularia plana</i> de <70 à >1000 de 6 à 11	2009- 2012	Blanchet et al., 2013. Suivi DCE 2009- 2012 Masse d'Eau «Gironde Centrale» - FRFT 04
Saint Christoly Pk 66	D S Esp	606 ± 199 à 5091±596 max en nov 6,4 ± 1,3 • Polychètes: ◦ <i>Heteromastus filiformis</i> ◦ <i>Hediste diversicolor</i> ◦ <i>Streblospio shrubsolii</i> ◦ <i>Pseudopolydora pulchra</i> • Mollusques: ◦ <i>Scrobicularia plana</i> ◦ <i>Macoma balthica</i> ◦ <i>Assimenea sp.</i> ◦ <i>Hydrobia ulvae</i> • Crustacés: ◦ <i>Cyathura carinata</i> ◦ <i>Corophium volutator</i> ◦ <i>Gammarus salinus</i> • Oligochètes: ◦ <i>Tubificoides heterochaetus</i>	2013	Quintin et al., 2014 Centrale électrique du Blayais
Au-delà du pk 98	Peup	Sables <i>Tellina tenuis</i> Sables fins à <i>Venus striatula</i> et <i>Mactra corralina</i> Sables fins dunaires à <i>Spisula solida</i> Sables propres côtiers <i>Donax vittatus</i>	1975-- 1978	Bachelet et al., 1981

4.3.2.3. Système Gironde-Pertuis

En bordure côtière; le système Pertuis-Gironde, à l'interface entre la terre et le large constitue un système complexe en raison notamment des échanges existant dans les deux sens, de la terre vers la mer et inversement. Ce système participe au bon fonctionnement des côtes du Golfe de Gascogne (Feuteun, 2012; Le Loc'h, 2004). Les apports de la Gironde contribuent à la richesse de la faune et de la flore benthique de la bordure côtière et des pertuis charentais.

La zone intertidale de l'aval de l'estuaire, riche en vasières participe à la production primaire en raison du développement important de microphytobenthos. Plus haut, moins soumises aux marées, se développent d'importantes prairies salées, assurant une production végétale indispensable à l'écosystème (30 tonnes de matière sèche par hectare et par an). Les herbiers de phanérogames qui se développent plus bas, constituent également une richesse considérable. Sur les zones rocheuses, la production primaire est assurée par de vastes zones recouvertes de macroalgues, dont profitent également de nombreuses espèces côtières.

Les pertuis charentais sont parmi les zones les plus riches et diversifiées de la côte Atlantique en particulier en raison des apports de l'estuaire de Gironde:

- la faune macroscopique des invertébrés comprend aujourd'hui 1 200 espèces listées dans les pertuis entre 1700 et 2011.
- 250 espèces de macroalgues sont présentes dans les pertuis.
- Avec la zone aval de l'estuaire, il y a d'importantes zones de nourrissage de poissons, notamment les juvéniles de soles et d'oiseaux.

4.4. LES VARIATIONS TEMPORELLES

Les peuplements benthiques de l'estuaire montrent des variations temporelles d'abondance et de composition importantes tant au niveau saisonnier qu'au niveau interannuel. Ces phénomènes à déterminisme naturel (température, salinité, débit, quantité de matière organique disponible...) sont présentés ci-dessous à l'échelle saisonnière et à l'échelle interannuelle à partir des résultats de données bibliographiques.

4.4.1. Variations saisonnières

Selon Bachelet *et al.*, 1981, les variations temporelles au cours d'une année des peuplements intertidaux peuvent être résumées ainsi :

- Augmentation des densités et biomasses en été liée au recrutement et à la croissance des individus déjà présents. Ceci provoque par voie de conséquence une diminution de la diversité avec un peuplement majoritairement peuplé de juvéniles en grand nombre ;
- Les densités restent élevées jusqu'en novembre, la diversité reste faible ;
- La diversité augmente en hiver en raison de la réduction des effectifs et de la croissance ralentie des organismes ce qui stabilise le peuplement ;
- Au printemps, la diversité est maximale coïncidant avec des densités et des biomasses faibles.

Selleslagh *et al.* en 2012, ont suivi la dynamique temporelle de plusieurs espèces de l'estuaire en subtidal et en intertidal au niveau d'une dizaine de station entre Blaye et Saint Christoly, dans la zone oligohaline et dans la zone mésohaline (Figure 13). Ce suivi concerne plusieurs niveaux, le macrozoobenthos, les poissons, les crevettes et le zooplancton; les paramètres environnementaux ont été collectés dans la colonne d'eau uniquement, il n'y a pas d'indication sur la granulométrie. Les résultats du macrozoobenthos (>500µm) sont issus du traitement des données de

prélèvements réalisés entre 2004 et 2011. Chacune des espèces présentée dans cette étude montre une importante variabilité entre les années (grand écart-type à chaque mois) et d'importants écarts de densités d'un mois sur l'autre, tant en intertidal qu'en subtidal (Figure 13).

Plan d'échantillonnage

Abondance mensuelle moyenne (ind/m²)

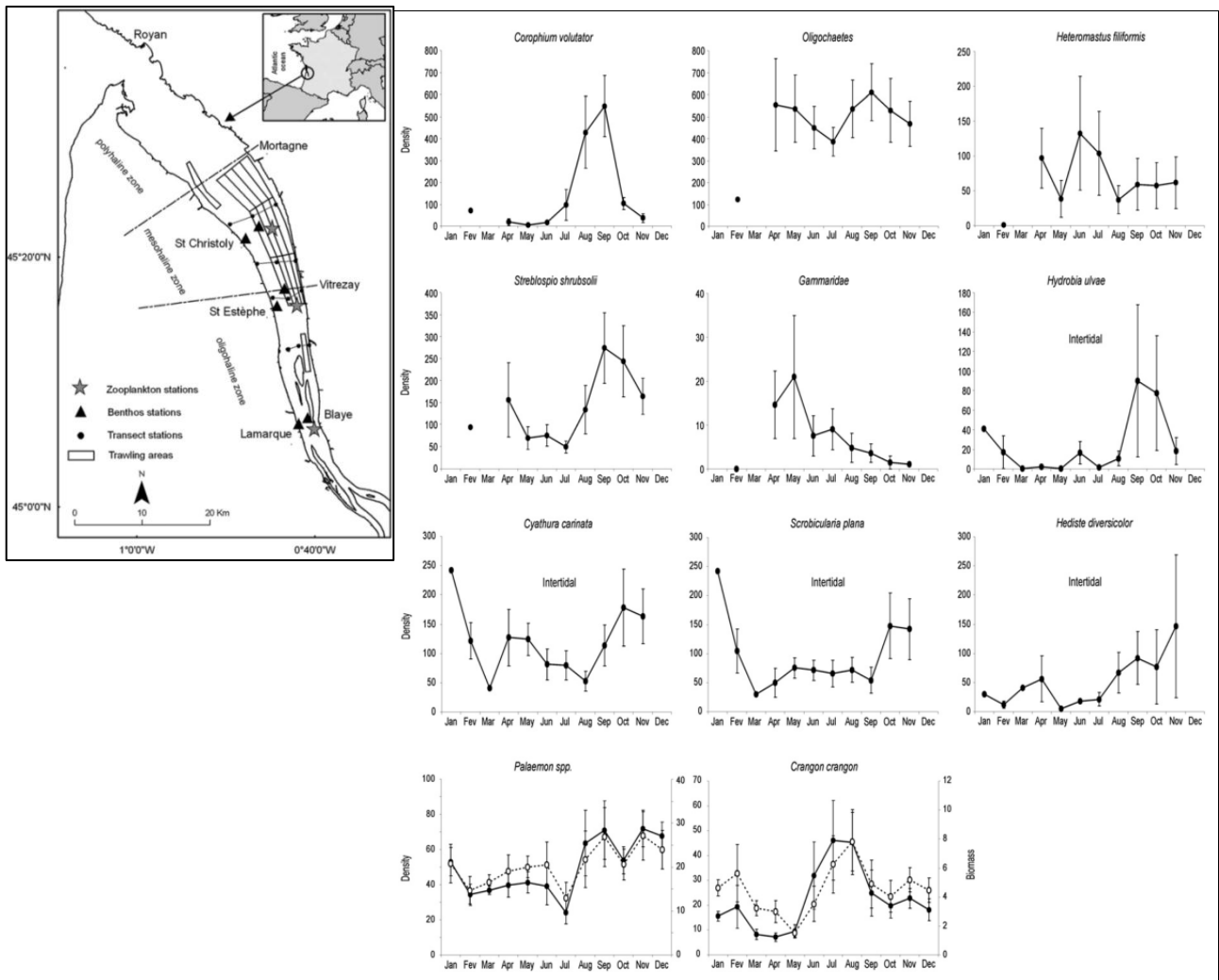


Figure 13 : Extrait de Selleslagh et al. 2012. Abondance mensuelle moyenne (ind/m²) des espèces du macrobenthos subtidal et intertidal entre Blaye et Saint Christoly. Moyennes entre 2004 et 2008.

Les variations annuelles sont suffisamment importantes pour influencer sur les résultats des indicateurs utilisés classiquement dans les analyses des états initiaux. L'indice AMBI par exemple, peut passer d'un niveau correspondant à un EcoQ "mauvais" à un EcoQ "bon" dans la même année à une station donnée (Dauvin et al, 2008) (Figure 14).

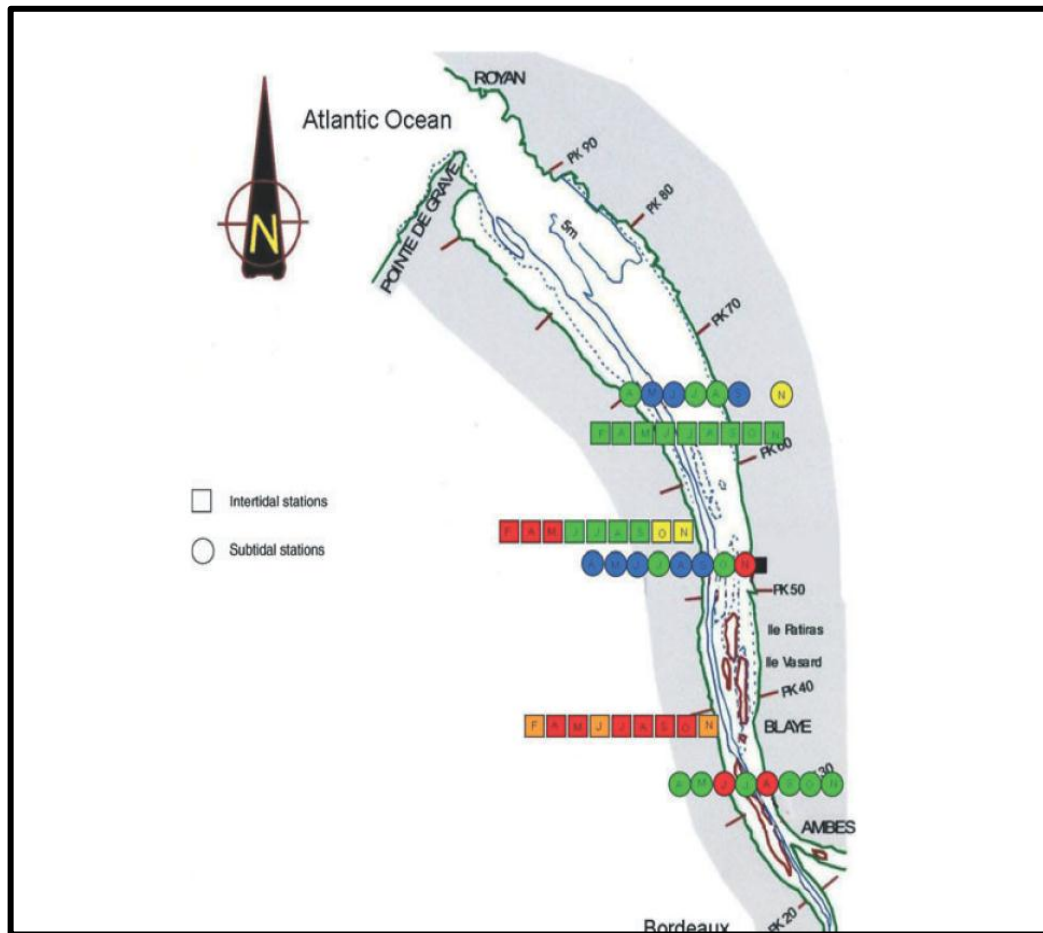


Figure 14 : Extrait de Dauvin et al., 2008: Variabilité sur une année de l'indice AMBI dans 6 stations de l'estuaire de Gironde

4.4.2. Variations interannuelles

A la variabilité saisonnière se superpose une importante variabilité interannuelle illustrée ci-dessous par les résultats du suivi DCE d'une part, et du suivi du rejet de la centrale du Blayais d'autre part. Même si ces suivis ne couvrent pas l'intégralité de l'estuaire et ne sont pas conduits selon les mêmes méthodes, leurs résultats illustrent parfaitement l'importante variabilité des peuplements benthiques de l'estuaire de Gironde.

4.4.2.1. Le suivi DCE

Le suivi DCE a réalisé 4 campagnes entre 2007 et 2012 au niveau de 2 stations intertidales et de 2 subtidales (Figure 15) et montre sur deux stations intertidales et deux stations subtidales. La granulométrie est également suivie, en même temps que les peuplements à partir d'échantillons sédimentaires prélevés sur 10cm d'épaisseur. Sans variation évidente de la granulométrie, les paramètres de la communauté tels que la densité (>1mm), la richesse et la composition spécifique présentent d'importantes variations d'une année sur l'autre à une même station d'une part, et entre les stations d'autre part, que ce soit en subtidal ou en intertidal.

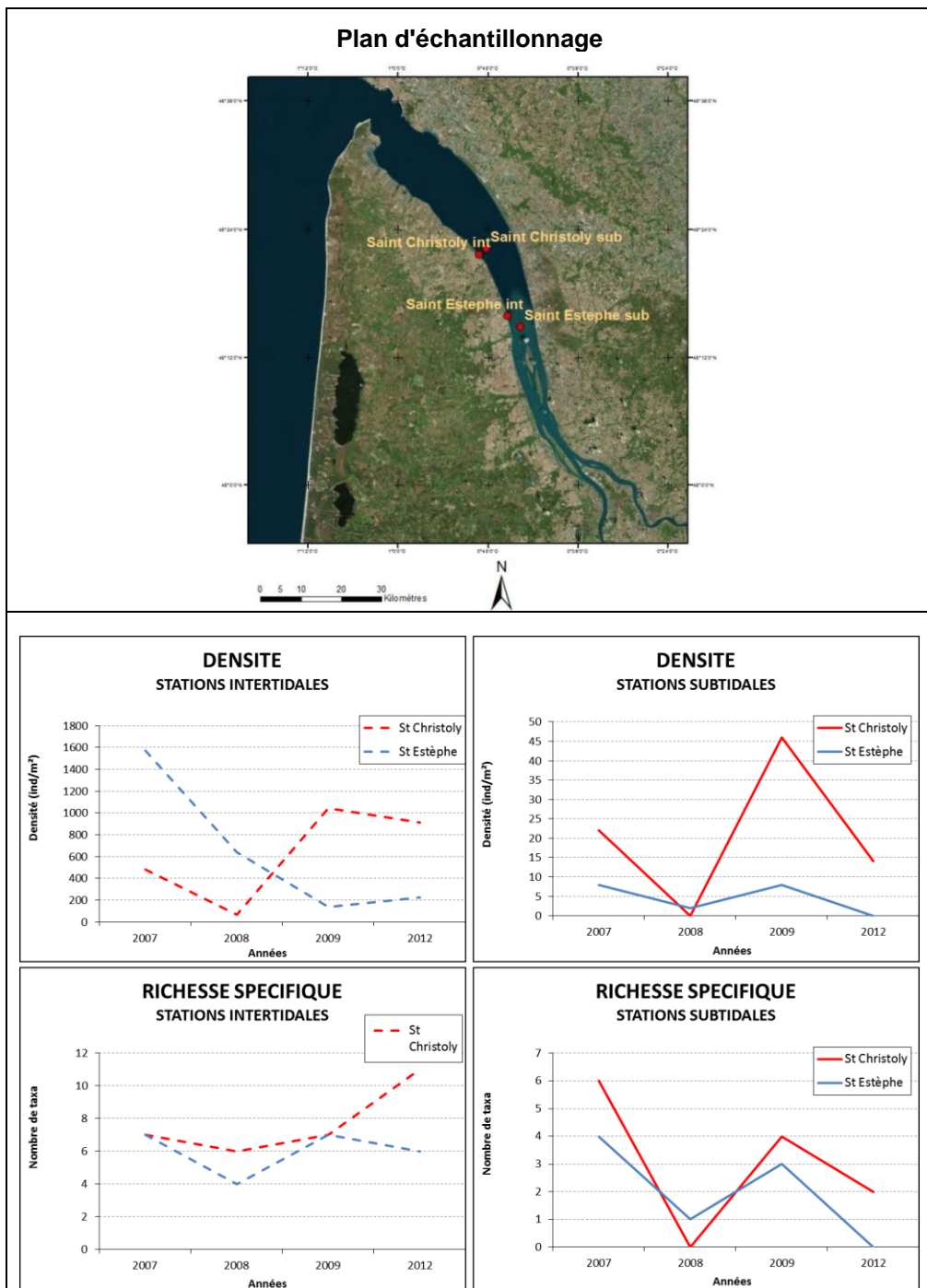


Figure 15 : Plan d'échantillonnage du suivi DCE et illustrations des variations à chaque station des densités (ind/m²) et de la richesse spécifique (taxa/station) entre 2007 et 2012. D'après Blanchet et al., 2013.

4.4.2.2. Le suivi du rejet de la centrale du Blayais

Le suivi du rejet de la centrale du Blayais consiste en un suivi de 3 stations intertidales et 3 stations subtidales entre les pk35 et 70. Avec une fréquence mensuelle les prélèvements sont réalisés depuis 2004 ce qui a permis de constituer une série de données homogène, comparable sur une gamme de temps de plus de 10 ans (Figure 13). Ce suivi constitue, pour l'heure, le suivi le plus complet disponible dans l'estuaire même s'il est à visée d'étude d'incidence. Plusieurs

compartiments zoologiques et paramètres environnementaux sont suivis dont le macrozoobenthos (>500µm) et la granulométrie des trois centimètres superficiels de la couche sédimentaire.

Les résultats de ce suivi, hormis les impacts liés au fonctionnement de la centrale électrique du Blayais, montrent d'importantes variations de granulométrie de la couche superficielle du sédiment (3cm) avec des périodes très fortement envasées. Les auteurs de ce suivi n'ont pas identifié de causes certaines de ces modifications. Cette couche de 3cm est la moins consolidée de la colonne sédimentaire, régulée par les apports récents depuis la colonne d'eau et probablement en lien avec la position du bouchon vaseux. Elle abrite les espèces benthiques "superficielles" qui ne s'enfoncent pas très profondément dans les sédiments (espèces opportunistes, de petite taille ou des juvéniles). L'instabilité de cette couche sédimentaire contribue probablement aux difficultés d'installation de la faune benthique et peut permettre d'expliquer les densités relativement faibles en subtidal.

D'importantes variations au niveau des communautés du macrozoobenthos ont également été mises en évidence sans corrélation évidente ni avec la granulométrie, ni avec le rejet de la centrale. Au-delà des fluctuations mensuelles de densité (>500µm), en intertidal comme en subtidal, les auteurs ont mis en évidence :

- En subtidal, une diminution marquée à partir de 2006, des densités globales et de la richesse spécifique des peuplements benthiques. Diminution interprétée par les auteurs comme une dégradation de la qualité des peuplements sans cause identifiée (Figure 16).
- En intertidal, une diminution de la densité mais une stabilité des richesses spécifiques.

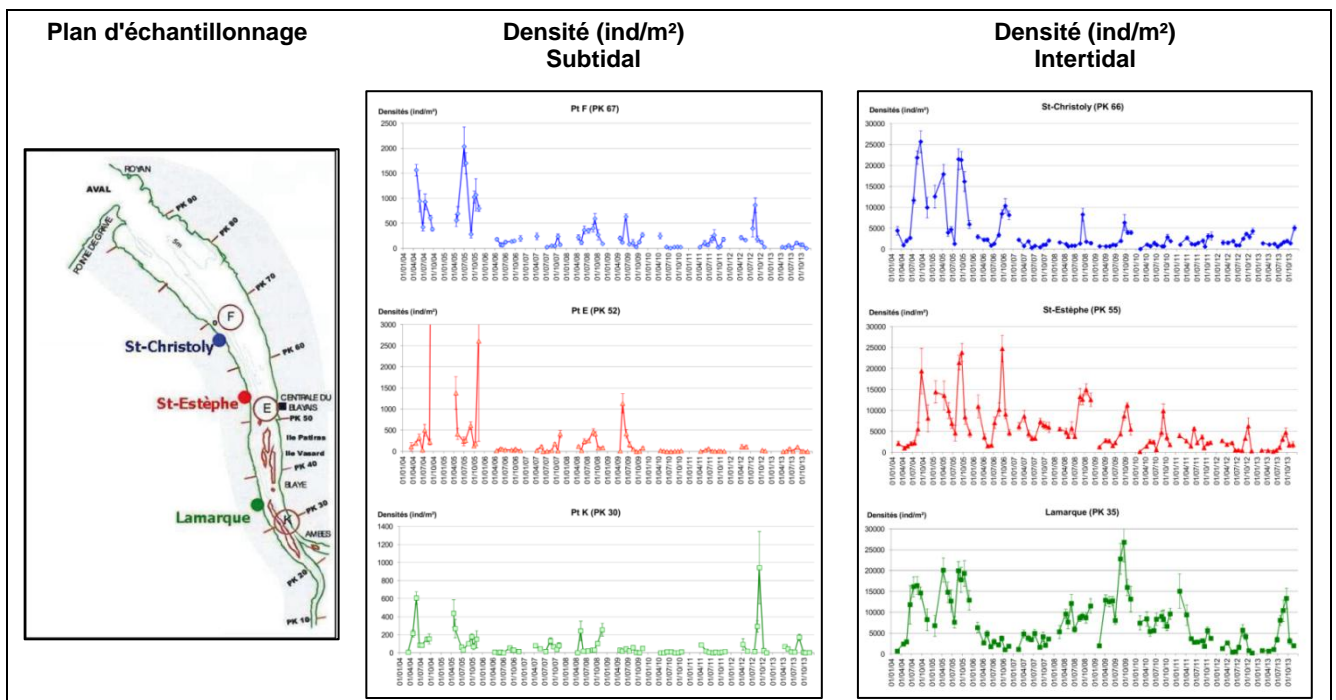


Figure 16 : Plan d'échantillonnage du suivi de l'impact de la centrale du Blayais: à St-Christoly (PK 66), à St-Estèphe (PK 55), Lamarque (PK 35). Les points sont des échantillonnages en intertidal et les disques en subtidal. Extrait de Quintin et al., 2014. Résultats illustrant les variations interannuelles de la densité des peuplements entre 2004 et 2013 dans chacune des stations en intertidal et en subtidal.

4.5. LES RELATIONS TROPHIQUES

4.5.1. La matière organique particulaire, ressource principale

La majorité des espèces benthiques présentes dans l'estuaire de Gironde sont des espèces qui se nourrissent de matière organique particulaire, en suspension ou déposée sur ou dans le sédiment. Il n'y a pas ou peu dans ces peuplements d'espèces carnivores.

4.5.2. Le benthos, ressource pour les poissons

La faune benthique de l'estuaire occupe une place centrale dans le réseau trophique de l'estuaire de Gironde (Figure 17). Les animaux benthiques de l'estuaire constituent une ressource alimentaire à plusieurs niveaux de la chaîne trophique aquatique, pour les crustacés (Amphipodes, Mysidacés, Crevettes), ainsi que pour les poissons, notamment l'esturgeon.

La définition des dynamiques alimentaires des poissons passe par des examens des contenus stomacaux, qui nécessitent un gros effort d'échantillonnage et d'analyses en laboratoire ainsi que la mobilisation d'experts en taxonomie pour identifier les proies ingérées. La mobilité des poissons dans leur espace vital et au cours de la vie, rend difficile la localisation de la (des) source(s) alimentaire(s). L'utilisation de marqueurs isotopiques du carbone et/ou de l'azote est alors nécessaire. Mais là encore, la mise en œuvre de ce type de protocole est coûteuse en temps, en argent et en personnel qualifié. Les études de ce type sont relativement rares et sont réalisées principalement dans un cadre universitaire ou de recherche. Les quelques études de ce type menées à l'échelle de l'estuaire de Gironde ont permis notamment de montrer :

- que le polychète *H. diversicolor* que l'on a vu particulièrement représenté depuis le milieu de la zone oligohaline jusqu'à l'embouchure était la proie (Figure 8), dans diverses proportions de 2 espèces de Loup (*Dicentrarchus labrax* et *D. punctatus*), de deux espèces de Gobies (*Pomatoschistus minutus* et *P. microps*), d'une espèce de Sole (*Solea sp.*) et du flet (*Platichthys flesus*) ;
- que l'amphipode *Corophium volutator*, absent de la zone oligohaline (Figure 8), est également une proie pour ces 6 espèces ;
- que les polychètes *Nephtys sp.*, rencontrés principalement en zone polyhaline (Figure 8), sont des proies uniquement pour les soles, parmi les 9 poissons échantillonnés en juillet ;
- que le polychète *Heteromastus filiformis* présent dans tout l'estuaire (Figure 8), est une des proies préférentielle de l'esturgeon, avec les polychètes du genre *Polydora* et les néréidés ;
- que les mollusques bivalves sont mangés principalement par les soles présentes dans l'estuaire en juillet, pour lesquelles ils représentent la moitié des proies.

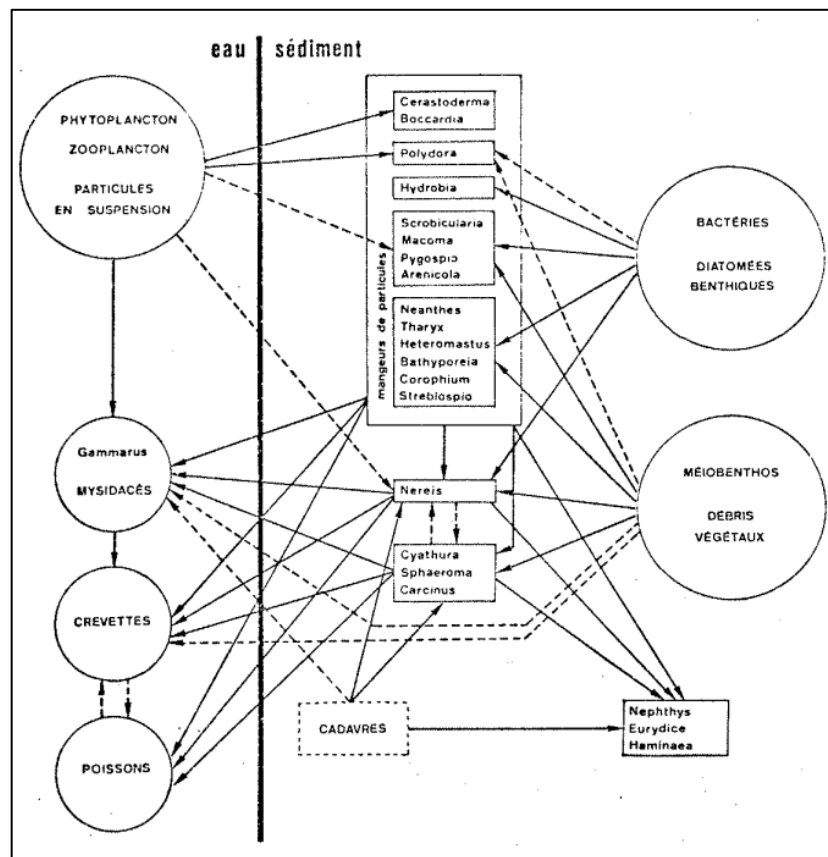


Figure 17 : Extrait de Bachelet et al. 1981. Relations trophiques au niveau de l'interface eau/sédiment dans l'estuaire de Gironde. Les flèches en trait plein représentent les circuits principaux; celles en pointillées, les circuits secondaires.

La complexité du réseau trophique de l'estuaire est accentuée par les variations saisonnières des différents compartiments à tous les niveaux du réseau trophique. Chaque compartiment voit, en effet, les populations se modifier en fonction des cycles biologiques (reproduction, mortalité,) des facteurs environnementaux (disponibilité des ressources, crues, variation de température...) et les facteurs de forçage extérieurs liés aux activités humaines (pêche, dragages, pollution...). Lobry, en 2004, mettait en avant les modifications du régime alimentaire des principaux poissons dans l'estuaire de Gironde au cours d'une année (Figure 18). Par ailleurs, pour une espèce de poissons donnée, il a été observé, par Coiraton (2012), des différences de régimes alimentaires entre différentes zones de l'estuaire, sans lien apparent avec la distribution des espèces prédatées.

Ainsi potentiellement, la présence dans l'estuaire, même sur aire bien définie, d'espèces benthiques, proies d'un poisson d'intérêt, entraîne une sensibilité de cette aire pour l'ensemble de l'espace vital du poisson au moment où il est présent dans l'estuaire. Toutefois, la zone polyhaline et la moitié aval de la zone mésohaline concentrant une macrofaune plus dense et plus diversifiée tendent à représenter plus d'enjeux que la zone oligohaline.

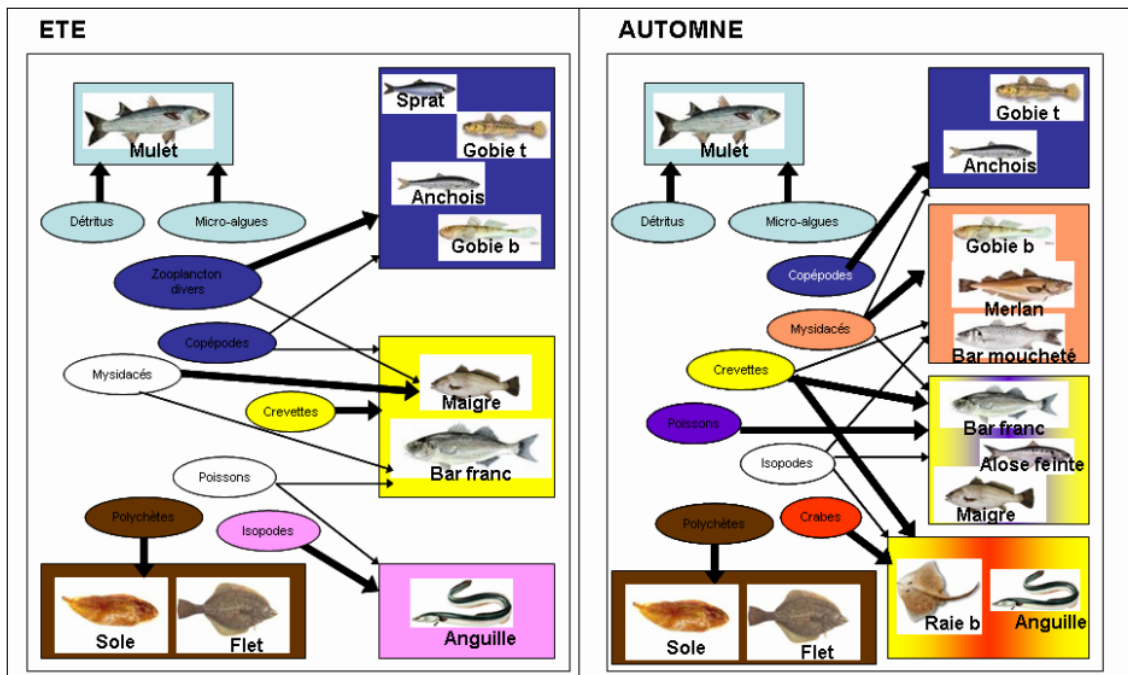


Figure 18 : *Contenus stomacaux des poissons de l'estuaire de Gironde en été et en automne. Communication de Lobry au colloque de Royan des 28 et 29/10/2010.*

L'étude du réseau à l'aide de marqueurs isotopiques (Selleslagh *et al.*, 2015), a permis de confirmer que la plupart des poissons étudiés, hormis la Sole, n'avait pas de zone exclusive de nourrissage en raison de leur mobilité dans l'estuaire et/ou de la courte durée de leur présence dans l'estuaire. La sole de l'estuaire de Gironde, tend, quant à elle, à se nourrir à proximité des endroits où elle est pêchée.

4.5.3. Le benthos, ressources pour les oiseaux

En intertidal, le benthos peut constituer une ressource pour les limicoles (Figure 19). Les oiseaux, comme les poissons, sélectionnent leur proies et préfèrent les proies les plus "rentables": pas forcément les plus nombreuses mais celles qui représentent un rapport effort de capture/énergie apportée suffisant. Ainsi, les mollusques bivalves *Macoma balthica* et les *Abra sp.* sont capturés préférentiellement par certains limicoles.

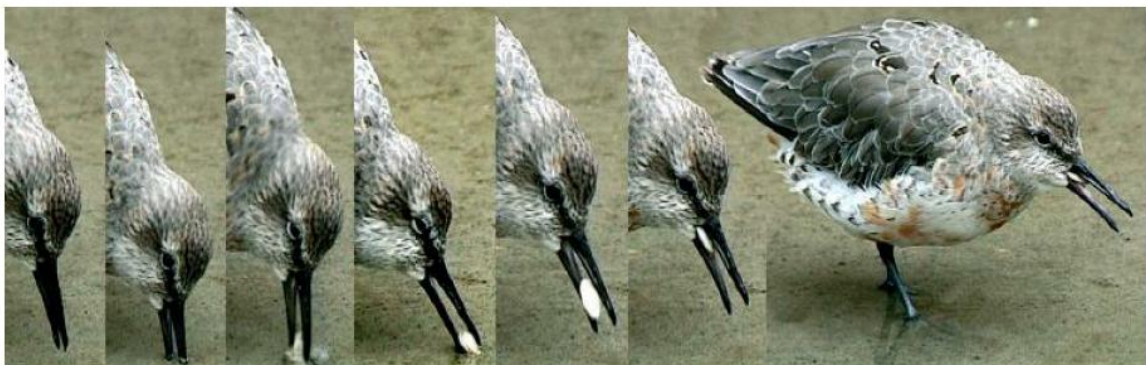


Figure 19 : *Illustration de la capture d'un mollusque bivalve (Macoma balthica) par un limicole (Bécasseau maubèche). In Communication de Pierrick Bochet au colloque de Royan des 28 et 29 octobre 2010.*

4.6. COMPARAISON AVEC LES AUTRES ESTUAIRES

4.6.1. Communautés intertidales

Les communautés intertidales de l'estuaire de Gironde, sont comparables à celles identifiées dans l'estuaire de Seine (Alizier *et al.*, 2010), et dans 9 autres estuaires de Manche et d'Atlantique (France, Espagne et Portugal) (Blanchet *et al.*, 2014) avec la présence de l'assemblage "classique" de la communauté à *Macoma balthica*, espèce dont la limite sud de répartition est l'estuaire de Gironde. Selon les estuaires, la communauté est plus ou moins représentée et *Macoma balthica* plus ou moins présente. Différents faciès se dessinent alors en fonction de la salinité et de la nature du substrat. Vers l'amont, ce faciès s'appauvrit et les mollusques disparaissent au profit des Polychètes, des crustacés et des oligochètes.

4.6.2. Communautés subtidales

Les communautés subtidales de Gironde sont sensiblement différentes de celles de l'estuaire de Seine (Alizier *et al.*, 2010), par leur nature mais aussi en nombre et en densité. On trouve dans l'estuaire de Seine, d'importantes communautés de substrats durs et aux niveaux des substrats meubles, on trouve des communautés de sables fins envasés à l'embouchure, différents faciès de la communauté d'*Abra alba-Pectinaria koreni* ainsi que la communauté des vases estuariennes à *Macoma balthica*.

La répartition longitudinale des espèces de Gironde est très proche de celle observée dans la Loire (Bachelet *et al.*, 1981) et les espèces présentes sont des espèces typiques des estuaires du Nord-ouest de l'Europe. La répartition des groupes taxonomiques ainsi que la distribution des groupes trophiques le long du gradient de salinité ont également été observés dans l'estuaire de l'Escaut (Ysebeart *et al.*, 1993).

Le macrobenthos de la zone oligohaline a fait l'objet d'une étude comparative dans les estuaires de Loire, Seine et Gironde dans le cadre de Projet BEEST (vers une approche multicritère du Bon État écologique des Grands Estuaires), Ruellet *et al.* (2009). Il ressort globalement de cette comparaison que :

- Hormis quelques stations azoïques, les densités de la macrofaune sont très variables entre les stations d'un même estuaire et sont très différentes entre les estuaires. La densité de la macrofaune de la Gironde était la plus élevée (>960 ind/m² contre environ 70ind/m² et 130 ind/m² pour la Seine et la Loire respectivement).
- La part de la méiofaune n'est pas négligeable : la densité représentée par cette classe de taille peut être jusqu'à plus de 65 fois plus grande qu'avec un tamis de maille 1mm et ceci est particulièrement vrai en Gironde.
- Les richesses spécifiques de la macrofaune sont très faibles et comprises entre 0 et 7 espèces par station et en moyenne 2.4 espèces par station. C'est le même constat dans les trois estuaires.
- Les diversités (indice de Shannon) restent très faibles (<1 en moyenne) et peu variable dans les trois estuaires.
- La faune est constituée par ordre de représentativité d'annélides polychètes et oligochètes, de crustacés amphipodes, de mollusques bivalves et gastéropodes, de crustacés mysidacés, décapodes et isopodes.
 - Les trois estuaires ne partagent que 3 espèces en commun: Le polychète, *Hediste diversicolor*, la crevette *Palaemon longirostris* et des oligochètes
 - Les oligochètes sont beaucoup plus nombreux dans l'estuaire la zone oligohaline de Gironde représentant 94% des individus contre 51% et 30% seulement pour les estuaires de Loire et de Seine respectivement.

Une trentaine d'indices écologiques ont été calculés dans le cadre de ce projet dans ces estuaires pour qualifier le statut écologique et tenter de déterminer des références locales pour les indices standards. À l'issue du calcul d'un score moyen, compilant plusieurs indices, il ressort que le statut écologique: 42 des 63 stations de la zone oligohaline de l'estuaire de Gironde présentent un statut écologique "mauvais". En comparaison, pour l'estuaire de Loire, ce sont 11 stations sur 17 qui sont dans ce cas et 1/9 pour la Seine.

Cependant, il convient de garder à l'esprit que l'élaboration et l'utilisation des indicateurs de statuts écologiques dans les estuaires est toujours difficile et que les résultats traduits par ces indices doivent être considérés avec un ensemble d'autres paramètres (Gouillieux *et al.*, 2009). Cette difficulté est telle que, pour l'heure, les résultats du suivi DCE de la masse d'eau FRFT09 sont "inconnus" pour le compartiment benthique en raison de la non définition d'un indicateur correct (Site internet ENVLIT IFREMER).

4.7. LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES DANS LES ZONES DE DRAGAGES ET D'IMMERSIONS

4.7.1. Sur les zones de dragage

Les zones de dragages de l'estuaire de Gironde font peu ou pas l'objet de suivi de la macrofaune dans les zones draguées. Seul le dragage expérimental du chenal par injection d'eau a fait l'objet d'échantillonnages (2009 et 2011) de macrofaune dans les zones draguées. Les caractéristiques des échantillonnages et analyses réalisées ont été compilées dans le [Tableau 8](#).

Cette étude expérimentale conduite sur 2 sites différents de la zone dulcicole a fait l'objet d'analyses avant/après dragages avec des stations d'échantillonnage dans les zones draguées et des références amont-aval. Le suivi après n'a été réalisé qu'une fois dans les 3 mois après les dragages. Aucune donnée sur le temps de recolonisation des sites dragués n'est disponible.

L'intervention de 2009 faisait apparaître la présence d'endofaune dans les échantillons, avant et après dragage sans mise en évidence d'incidence du dragage sur la faune ([Tableau 8](#)). La situation était totalement différente en 2011 avec une absence ou une quasi-absence de faune dans les échantillons, même dans les stations de référence.

L'absence de faune dans les stations de référence dans ce type de suivi peut être liée aux difficultés d'échantillonnage des sédiments dans l'estuaire. Bachelet (1985) mettait en avant la difficulté d'échantillonner les sédiments très fluides de l'estuaire et préconisait l'utilisation d'engin de prélèvements lourds (Benne Smith Mc Intyre, par exemple). D'autre part, le fond est souvent recouvert de feuilles d'origine continentale, apportées par les fleuves et qui s'accumulent au fond, rendant difficile le prélèvement de la couche sédimentaire sous-jacente.

Tableau 8 : Suivi des peuplements benthiques en zone de dragage. Résumé des caractéristiques de l'échantillonnage et principaux résultats. X: non indiqué ; ? Information peu claire dans le rapport consulté.

Auteurs du rapport	Ginger et GeoTransfer		Ginger et GeoTransfer		
Année de publication du rapport	2010		2011		
Zones et circonstances	Garonne		Garonne		
	Dulcicole- subtidale pk 13 et 23		Dulcicole- subtidale pk 13 et 23		
	Bellerive et Bec Aval		Dragage du chenal de navigation		
	Dragage du chenal de navigation		Passe de Pachan; Passe de Caillou		
	Expérimentation remise en suspension par injection d'eau		Expérimentation remise en suspension par injection d'eau		
Dates	2009		2011		
	Septembre	Novembre	Mars	Juin	
Temps / travaux		<3 mois après	Avant	<3 mois après	
Durée du suivi & fréquence		Ponctuel		Ponctuel	
Échantillonnages	Engin	Van-Veen 0.1m ²	Van-Veen 0.1m ²	Van-Veen 0.1m ²	
	Nombre de réplicats	3	3	x	
	Méthodes	7 stations: 3 en zone de dragage + 2 amont/aval		8 stations: 4 dans le chenal dragué/4 non	
	Taille tamis	1 mm	1 mm	1mm	
	Intervenants	COPRAMEX	COPRAMEX	x	x
	Méthodes labo	Tri loupe binoculaire sans coloration	Tri loupe binoculaire sans coloration	x	x
Principaux résultats	État initial avec peu ou pas de macrofaune	Après dragage complètement azoïque	Densité et richesse caractéristiques de la zone	Pas de différences notables avant /après.	
	Conclusion de mauvais état des peuplements		Chironomes + oligochètes+ amphipodes		
Commentaires	Azoïque même dans les stations de référence. Conclusion difficile	Pas de poursuite du suivi avec petit pas de temps au même endroit.	Étude utilisable		
		Pas d'évaluation du temps de récupération.			

4.7.2. Sur les zones d'immersion

4.7.2.1. Zones 2.4 ; 3.1 et 3.2

L'estuaire dispose de 17 zones d'immersion dont 3 seulement font l'objet d'un suivi: les zones 2.4 ; 3.1 et 3.2 (Figure 20). Le suivi de peuplements benthiques dans ces zones a débuté en 2010 puis a fait l'objet d'un suivi annuel dont nous disposons, au moment de la rédaction de cette fiche, jusqu'en 2012. Les principales caractéristiques et résultats de ces suivis ont été compilés dans le (Tableau 9).

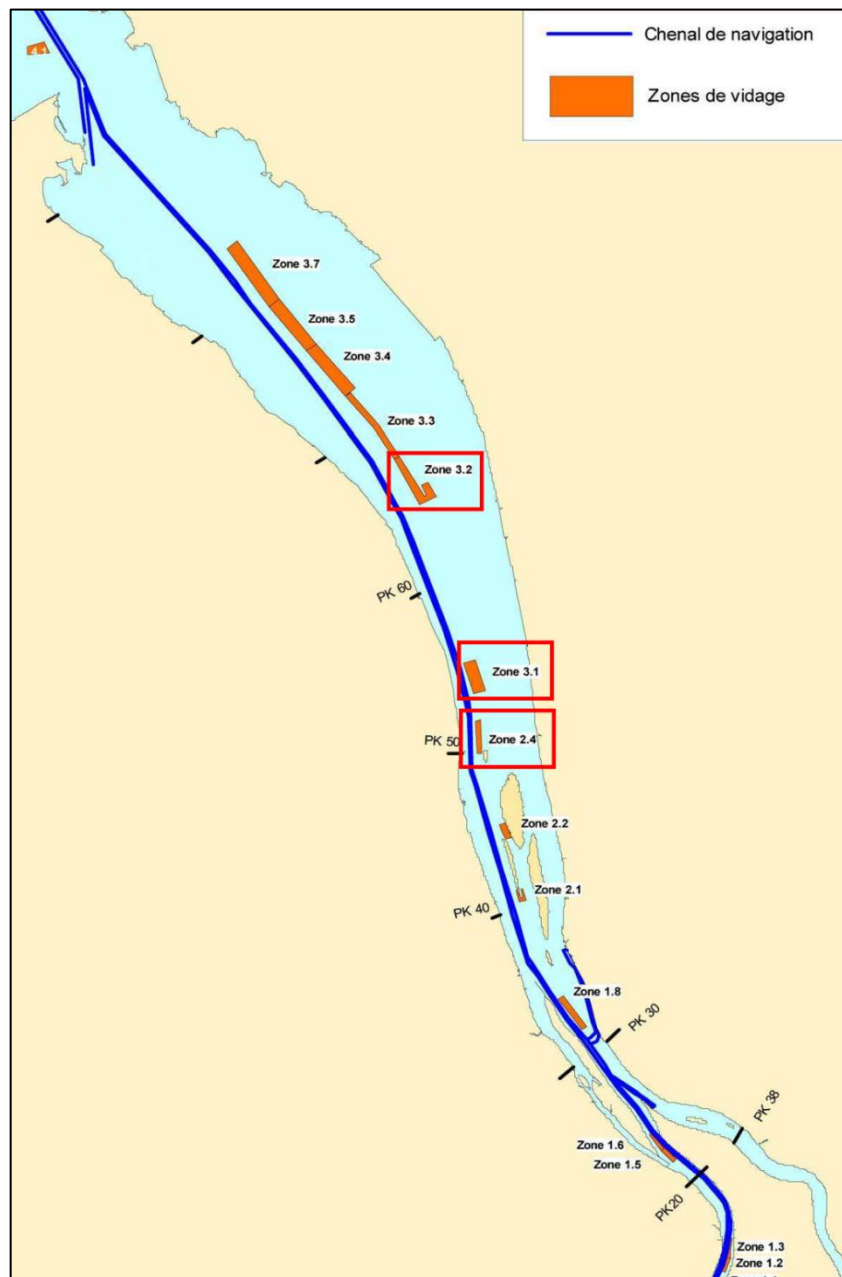


Figure 20 : Carte de l'estuaire montrant la position des zones d'immersion en fonction des points kilométriques (pk). Ginger, 2010.

Il ressort de ce suivi, une importante disparité de méthodologies, liée à la fois, à une modification des engins de prélèvements entre 2009 et 2010-2012, et à des modifications de protocoles par rapport aux précédents suivis et par rapport aux recommandations.

En 2009, les méthodes utilisées étaient des méthodes standards avec un engin de prélèvements standard (Benne Van Veen - 0.1m²), malgré un nombre de réplicat plus faible que les études menées dans le cadre des programmes DCE ou de recherche (3 réplicats contre 5) (Tableau 9). Toutefois, les zones d'immersion, comme les références, présentaient une absence voire une quasi-absence de la macrofaune. Cette absence peut être liée aux difficultés d'échantillonnage dans l'estuaire et au fait que les stations de références, situées très près des casiers d'immersion, subissent probablement l'effet des immersions.

En 2010-2012, l'engin de prélèvement choisi pour la macrofaune présentait une surface très faible (400cm² soit 0.04m²) aux regards des recommandations classiques de l'échantillonnage de l'estuaire (Tableau 9). Le nombre de réplicat et la quantité tamisée pour la macrofaune ne sont pas connus et, de ce fait, la surface réellement échantillonnée est inconnue. De plus, le tamisage de la macrofaune a été réalisé une fois sur des tamis de 2mm et une fois sur 1mm. Tout ceci rend la conclusion quant à la macrofaune, difficilement comparable avec les autres études. Cette étude fait également état d'absence de macrofaune, dans les zones d'immersion et dans les zones de références.

En 2010-2012, pour compléter les analyses de la macrofaune, une étude de la méiofaune a été proposée aux mêmes stations que la macrofaune (Tableau 9). Le protocole mis en place fait état de différentes tailles de tamisage entre les deux années, d'une prise en compte de faune non vivante au moment de l'échantillonnage. Il est mis en avant une faible présence de méiofaune dans l'échantillon; mais là encore, le protocole non standard rend difficile la comparaison avec les études menées dans l'estuaire

Tableau 9 : Suivi des peuplements benthiques en zone d'immersion. Résumé des caractéristiques de l'échantillonnage et principaux résultats. X: non indiqué ; ? Information peu claire dans le rapport consulté.

Auteurs du rapport		Ginger	Casagec		Casagec	
Dates de publication du rapport		Décembre 2010	Janvier 2011		Octobre 2012	
Dates de l'échantillonnage		Août 2010	Décembre 2010		Septembre 2012	
Temps après dernière immersion		x	x		x	
Échantillonnage	Engin	Van-Veen 0.1m ²	Benne WILDSCO Grand Ponar 400cm ²		Benne WILDSCO Grand Ponar 400cm ²	
	Compartiments	Macrofaune	Macrofaune	Méiofaune	Macrofaune	Méiofaune
	Nb répliqués	3	x		x	x
	Méthodes	<ul style="list-style-type: none"> 5 stations par zone d'immersion 3 dans la zone 2 en bordure pour références 	<ul style="list-style-type: none"> "Une partie des sédiments ont été tamisés". Surface échantillonnée inconnue 	<ul style="list-style-type: none"> Méiofaune sur 100cm³ 	<ul style="list-style-type: none"> "Une partie des sédiments ont été tamisés". Surface échantillonnée inconnue 	<ul style="list-style-type: none"> Méiofaune sur 100cm³
	Taille tamis	1 mm	2 mm	63µm et 200µm	1 mm	>250µm <300µm ?
	Intervenants	x	x	x	x	x
	Méthode labo	Loupe binoculaire	Loupe binoculaire Leica série WILD M3Z permettant un grossissement maximal x 250.		Loupe binoculaire Leica série WILD M3Z permettant un grossissement maximal x 250.	
Principaux résultats		<ul style="list-style-type: none"> Peu ou pas de macrofaune même dans les références et dans les zones peu utilisées 	<ul style="list-style-type: none"> Peu ou pas de macrofaune même dans les références et dans les zones peu utilisées 	<ul style="list-style-type: none"> Pas de coloration, pas de flottation pour la récupération des foraminifères vivants. Photographies de coquilles de gastéropodes manifestement morts Recherche de trace de transport ? Présence de faune (vivante ou pas ?) dans les 3 zones d'immersion suivies 	<ul style="list-style-type: none"> Macrofaune absente 	<ul style="list-style-type: none"> Pas de coloration, pas de flottation pour la récupération des foraminifères vivants. Photographies de coquilles de gastéropodes manifestement mort. Recherche de trace de transport ? Présence de faune (vivante ou pas ?) dans les 3 zones d'immersion suivies mais relativement faible.
Commentaires		<ul style="list-style-type: none"> Position des références inappropriées? 	<ul style="list-style-type: none"> Pourquoi cette taille de tamis ? Surface d'échantillonnage toute petite et surface inconnue Difficile de comparer et de reproduire Prise en compte de faune morte? 		<ul style="list-style-type: none"> Pourquoi cette taille de tamis ? Surface d'échantillonnage toute petite et surface inconnue Difficile de comparer et de reproduire Prise en compte de faune morte? 	

4.7.2.2. Zone littorale

Lors des études inhérentes à la création de la passe d'entrée, 2 analyses de la macrofaune benthique ont été réalisées, avant et après clapages, dans la zone d'immersion située au large de l'embouchure (Tableau 10).

Cette étude, a été réalisée avec des engins de prélèvements et un protocole standards (Benne Van-Veen 0.1m² en 3 réplicats). Les résultats ont montré la présence d'une faune endogée en bon état présentant un état écologique "moyen" ou "bon" et il n'a pas été mis en évidence de modifications importantes suite aux clapages au niveau des statuts écologiques.

Tableau 10 : Suivi des peuplements benthiques dans la zone d'immersion en mer. Résumé des caractéristiques de l'échantillonnage et principaux résultats. X: non indiqué; ? Information peu claire dans le rapport consulté.

Auteurs du rapport		Casagec	
Dates de publication du rapport		Décembre 2013	Juillet 2014
Dates d'échantillonnage		2013	
		Novembre	Mai
Zones		Zone immersion en mer 30-m de fond Création de la passe d'entrée	
Temps après dernière immersion		T0	<2 mois et >1 mois
Échantillonnage	Compartiments	Macrofaune	Macrofaune
	Engin	Van-Veen 0.1m ²	
	Nb réplicat	3	3
	Méthode	8 stations dans les casiers d'immersion et une référence hors influence	
	Taille tamis	1mm	
	Intervenants	X	
	Méthode labo	Loupe Leica serie EZ4	
Principaux résultats		Macrofaune présente Paramètres généraux; indicateurs trophiques et indices biotiques avec références calibrées État écologique moyen à bon sans impact évident des clapages.	
Commentaires		Ok	

4.7.2.3. Zone de rejet dans le courant

Le dragage du bassin à flot N°1 (pk 3.5) a fait l'objet en 2010 d'un dragage avec rejet par conduite immergée directement dans le courant. Durant la phase de travaux, les peuplements benthiques ont été surveillés au niveau de 4 stations (Tableau 11).

Il a été mis en évidence la présence de macrofaune en subtidal mais en dehors du chenal. Un possible enfouissement de la macrofaune a été mis en avant pendant les travaux, mais aucun suivi postérieur n'ayant été effectué, la gravité de cet enfouissement et la capacité de récupération de la macrofaune n'ont pas été évaluée.

Tableau 11 : Suivi des peuplements benthiques en zone d'immersion. Résumé des caractéristiques de l'échantillonnage et principaux résultats.

Auteurs du rapport		Ginger
Date de publication du Rapport		Avril 2010
Date de l'échantillonnage		Janvier 2010
Zone & circonstances		Bassin à flot N°1. Zone dulcicole/oligohaline et subtidale pk3.5 Dragage avec rejet dans le courant
Temps par rapport aux travaux		Avant et suivi pendant travaux
Durée du suivi et fréquence		< 1 mois - Ponctuel
Échantillonnage	Engin	Van Veen 0.1m ²
	Nb réplikat	x
	Méthode	4 stations: 1 au rejet, 2 amont aval du point de rejet, même rive; 1 en face du rejet; hors chenal
	Taille tamis	1 mm
	Intervenants	COPRAMEX
	Méthode labo	Tri loupe binoculaire sans coloration
Principaux résultats		État initial avec peu de macrofaune: oligochètes, amphipodes, polychètes et insectes, caractéristiques de la zone. Enfouissement probable de la macrofaune
Commentaires		Pas de poursuite du suivi avec petit pas de temps au même endroit. Pas d'évaluation du temps de récupération.

4.8. SENSIBILITE DES PEUPELEMENTS DE L'ESTUAIRE ET ENJEUX

Les habitats benthiques seront sensibles à toute modification du régime hydrologique du fleuve qui modifierait les fluctuations naturelles de la salinité et la pénétration de l'eau salée dans l'estuaire. Les modifications de granulométrie des fonds entraîneraient des modifications des communautés en place, risquant d'impacter les fonctions de nourricerie de ces aires. Enfin, les contaminations organiques et/ou chimiques ont des effets délétères sur les communautés qui les fragilisent et dans le pire des cas, les dégradent complètement. Un enrichissement organique extrême conduit à une défaunation totale du sédiment.

La sensibilité des peuplements benthiques de l'estuaire aux modifications granulométriques doit être considérée au regard des variations naturelles de grandes ampleurs de ce milieu. Le suivi pluriannuel des peuplements opéré dans le cadre du suivi de l'impact de la centrale du Blayais a mis en évidence d'importantes fluctuations granulométriques des trois centimètres superficiels du sédiment à l'échelle annuelle et interannuelle. Les communautés subtidales de l'estuaire sont donc habituées à des conditions très variables de la granulométrie, du moins pour les couches de surface les moins consolidées de la couche sédimentaire. Cet aspect tend à confirmer les études montrant que les clapages réalisés en couches fines limitent les impacts sur les peuplements benthiques. Pour autant, les variations constatées sur la faune, n'ont pas montré de corrélation évidente avec les données granulométriques, d'autres facteurs sont donc en jeu dans les variations constatée au sein des communautés subtidales

La sensibilité des peuplements benthiques de l'estuaire doit être abordée à deux niveaux: au niveau des habitats eux-mêmes et au niveau de ce qu'ils représentent dans l'écosystème. Au niveau des habitats eux-mêmes, il n'a été recensé dans l'estuaire de Gironde aucun habitat dit prioritaire ou protégé en tant que tel. **Toutefois, la dégradation de la qualité des peuplements**

benthiques décrite dans le cadre du suivi des effets de la centrale du Blayais, entraîne une sensibilité plus importante des peuplements en tant que tels. Des dragages/clapages sur des communautés benthiques fragilisées par d'autres phénomènes, naturels ou non, risquent d'avoir des effets délétères plus importants que sur des communautés en bonne santé. Effets qui pour l'heure, en l'état actuel des connaissances restent difficiles à prévoir.

L'implication du compartiment benthique dans le réseau trophique de l'estuaire entraîne une sensibilité particulière de ce niveau (Figure 21). Les enjeux liés aux peuplements benthiques ne peuvent qu'être reliés aux enjeux de l'ichtyofaune (fiche consacrée). En effet, il a été mis en avant, dans le chapitre consacré aux ressources trophiques, que :

- les principaux poissons dans l'estuaire de Gironde adaptent leur régime alimentaire au cours d'une année (Figure 18) en fonction des ressources disponibles ;
- pour une espèce de poissons donnée, une même espèce de poisson adopte un régime différent selon la zone de l'estuaire, sans lien apparent avec la distribution des espèces prédatées.

Ainsi, en raison de la variabilité intrinsèque des peuplements benthiques et des capacités d'adaptation des poissons, il n'est pas possible, en l'état actuel des connaissances, d'extrapoler à partir des peuplements benthiques de Gironde, les enjeux sur les peuplements de poissons d'intérêts dans l'estuaire. C'est également ce qui explique que la carte des enjeux du lit mineur, utilisée dans le SAGE rend l'ensemble de l'estuaire comme une zone intégrale d'enjeu pour l'esturgeon (Figure 21).

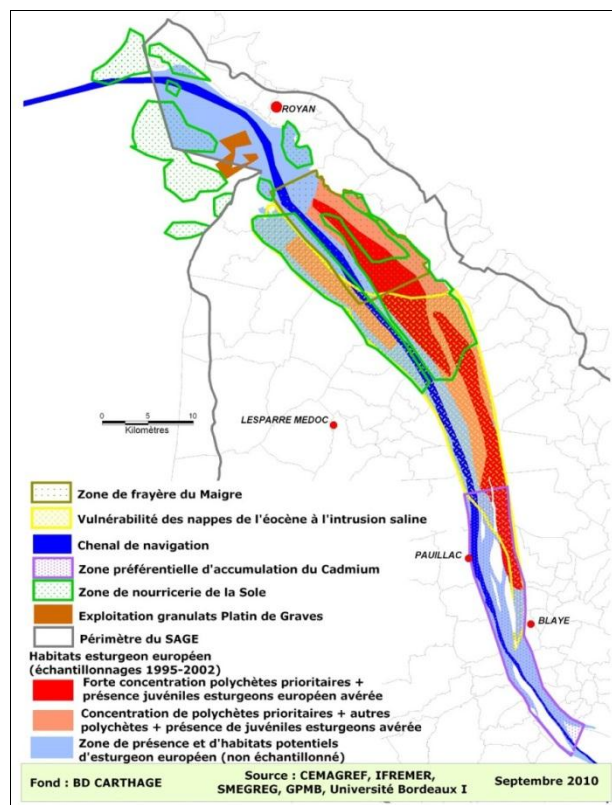


Figure 21 : Carte des enjeux du lit mineur de l'estuaire de Gironde issue du SAGE. Source Site internet du SMIDDEST: <http://www.smiddest.fr/media/1452/figure-15.jpg>

Cependant, il est possible de prioriser les grands types de milieux de l'estuaire, en fonction de l'abondance et de la richesse des peuplements benthiques (Tableau 12). Ainsi, les enjeux sont plus forts sur les zones intertidales, et croissent de l'amont vers l'aval. En subtidal, les enjeux sont

moindres et progressent dans le même sens. Dans le chenal, par contre, les enjeux sont considérés comme faibles tout le long de l'estuaire.

Tableau 12 : Évaluation des enjeux liés aux peuplements benthiques dans l'estuaire de Gironde.

Zones de l'estuaire par rapport au gradient de salinité	Niveaux par rapport à la marée		Chenal
	Intertidal	Subtidal	
Dulcicole et oligohaline	Moyen	Faible	Faible
Mesohaline	Fort	Moyen	Faible
Polyhaline	Très fort	Fort	Faible

5. VALIDITE DES DONNEES ET JUSTIFICATION CONCERNANT L'ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES

5.1. VALIDITE DES DONNEES

Les études "globales" liées à des programmes de recherche couvrent une large gamme de temps: depuis les premiers travaux de Bachelet à la fin des années 70 jusqu'aux travaux actuels inhérents au développement des indices biotiques de la DCE. Elles reprennent en général des jeux de données conséquents et pertinents couvrant l'intégralité de l'estuaire ou au moins une grande partie. Les échantillonnages mis en œuvre sont adaptés aux particularités du site; les experts intervenants sont globalement toujours les mêmes, tournant autour de quelques universitaires et de leurs élèves. Tout ceci contribue à la validité des jeux de données et des résultats obtenus.

Les données sur les relations trophiques sont principalement menées sur les poissons d'intérêt commerciaux et dans un objectif final de gestion des stocks de pêche. Les quelques études "globales" sur les réseaux trophiques n'intègrent pas forcément l'esturgeon dans les poissons considérés, probablement pour limiter les captures sur cette espèce.

Les études réglementaires ou techniques, constituent un jeu de données hétérogènes quant aux méthodes d'échantillonnage, à la régularité des campagnes, aux experts intervenus. De plus ces études, en raison de leurs objectifs, sont concentrées sur une petite aire géographique rarement représentative d'une section de l'estuaire et sont toujours liées à un phénomène anthropique: travaux, dragage, immersion de déblais, ... Il est alors assez difficile de replacer ces études dans la globalité de l'estuaire. Pour autant, ces études complètent utilement les études à grande échelle en proposant des suivis à plus petite échelle, localement et temporellement qui contribue à l'évaluation de l'état de l'estuaire et des impacts des activités humaines.

Les suivis à long terme sur l'estuaire sont rares. Le suivi DCE et le suivi au niveau de la centrale du Blayais donnent des informations sur une échelle de temps de quelques années (11 ans pour le suivi du Blayais). Le caractère reproductible au sein de chacun de ces protocoles est un avantage non négligeable qui renforce la fiabilité des résultats; pour autant, il reste difficile de les comparer entre eux en raison de différence de protocoles. Il est également très difficile de les compiler pour espérer couvrir l'ensemble de linéaire de l'estuaire car, leurs emprises se superposent.

5.2. JUSTIFICATION CONCERNANT L'ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES

5.2.1. Lacunes et difficultés

Une des principales difficultés est liée à la comparabilité des études des suivis réglementaires utilisant des protocoles non standards et à la difficulté de reproductibilité de leurs méthodes. L'absence quasi systématique de macrofaune lors de ces suivis laisse un doute sur les conclusions quant à l'évaluation de l'impact des dragages et des immersions. L'absence de macrofaune pouvant soit être liée au milieu, ponctuellement azoïque en fonction des saisons, azoïque car très dégradées ou aux difficultés liées à l'échantillonnage.

Les difficultés liées au développement des indicateurs écologiques dans les milieux estuariens "eaux de transition" rendent rares les données valides de statuts écologiques dans l'estuaire (Gouillieux *et al.*, 2009). Les classifications issues des indicateurs classiques sont en effet souvent

discutées en raison des environnements très particuliers que sont les estuaires. Qualifier l'état écologique de la macrofaune à l'aide d'un seul indicateur est de ce fait difficile et peu représentatif.

Il n'a pas été collecté de données sur les processus de bioturbation et la participation du benthos dans les processus de recyclage de la matière organique. Cependant, cette thématique n'est pas considérée comme essentielle dans le cadre du présent plan de gestion

Les enjeux liés à la macrofaune benthique ne peuvent être définis autrement qu'à grande échelle, en raison de la variabilité des conditions estuariennes et des connaissances actuelles sur le fonctionnement de la chaîne trophique dans l'estuaire.

Ainsi, la méconnaissance des impacts des clapages dans l'estuaire, la variabilité intrinsèque aux communautés et à l'écosystème de l'estuaire rend difficile toute extrapolation des conséquences des dragages en se basant sur le compartiment benthique.

5.2.2. Besoins

Un des besoins les plus évidents, à l'issue de cette analyse des données, est la vérification de l'état de la macrofaune dans l'ensemble des zones d'immersion de l'estuaire selon un protocole standard spécialement dédié à l'évaluation des zones d'immersion. **Ceci permettrait d'évaluer de manière plus précise les effets du dragage/clapage sur les peuplements benthiques.**

Un protocole spécifiquement dédié à l'évaluation des effets des immersions dans l'estuaire pourrait être mis en place. Il devra répondre à quelques contraintes pour mieux évaluer l'impact des immersions :

- Idéalement, un suivi de la moitié des zones de clapages réparties le long de l'estuaire
- Plusieurs campagnes d'échantillonnage avant/après l'immersion
 - Le délai après les immersions doit absolument être connu, idéalement fixe et identique entre les zones d'immersions
 - Un suivi après immersion doit être conduit pendant plusieurs mois avant les clapages suivants
- Contraindre les engins et les méthodes à utiliser
 - Surface d'échantillonnage et type d'engins adaptés
 - Taille de tamis (macrofaune et/ou méiofaune)

Toutefois, un tel protocole présente quelques contraintes de mise en œuvre:

- Les campagnes d'échantillonnage doivent obligatoirement être calées sur les opérations de dragage du GPMB et sur les chantiers. Les calendriers doivent être concordants, les informations sur les volumes et les épaisseurs déposées doivent obligatoirement être connus.
- Ce protocole devra être défini en accord avec les experts locaux
- Le nombre des intervenants doit être limité et leur compétences confirmées.

Les zones draguées devraient également faire l'objet d'évaluation de la macrofaune afin de vérifier les capacités de recolonisation entre deux dragages.

oOo

ANNEXE 1 : DESCRIPTION DES HABITATS

Typologie Natura 2000: Corinne 1999

Extrait du Manuel d'interprétation des habitats de l'Union européenne

Version EUR 15-1999

PAL. CLASS. : 13.2, 11.2

Partie aval d'une vallée fluviale soumise aux marées, à partir du début des eaux saumâtres. Les estuaires fluviaux sont des anses côtières où, contrairement aux « grandes criques et baies peu profondes », l'apport en eau douce est généralement important. L'interaction des eaux douces avec les eaux marines ainsi que la réduction du flux des eaux dans l'estuaire provoquent le dépôt de fins sédiments sous forme de larges étendues de replats boueux et sableux. Lorsque l'écoulement du fleuve est plus lent que le flot, les dépôts de sédiments forment un delta à l'embouchure de l'estuaire.

L'embouchure des rivières baltiques, considérée comme un sous-type d'estuaire, présente de l'eau saumâtre et pas de marée, avec une grande végétation des zones humides (hélophytique) et une végétation aquatique luxuriante dans les zones peu profondes.

Végétales :

Communautés d'algues benthiques et peuplements de Zostères, notamment de *Zostera noltii* (Zosteretea) ou végétation d'eau saumâtre : *Ruppia maritima*, *R. rostellata* (Ruppietea) ; *Spartina maritima* (Spartinetea) ; *Sarcocornia perennis* (Arthrocnemetea). Dans l'embouchure des rivières baltiques, les espèces d'eau douce ainsi que celles d'eau saumâtre peuvent être présentes (*Carex* spp., *Myriophyllum* spp., *Phragmites australis*, *Potamogeton* spp., *Scirpus* spp.).

Animales :

Communautés d'invertébrés benthiques ; importante zone d'alimentation pour de nombreux oiseaux.

Typologie Eunis 2012.

- **A2.31** : Polychaete/bivalve-dominated mid estuarine mud shores

Rives de sédiments fins en milieu estuarien, le sédiment est principalement des limons et des argiles (<63µm); les vases sableuses pouvant contenir toutefois jusqu'à 40% de sables principalement des sables fins et très fins.

Les vases littorales forment typiquement de grandes vasières. Cependant les vases sèches compactées peuvent former des structures verticales abruptes, en particulier dans le haut de la côte adjacente aux marais salants. Peu d'oxygène pénètre ces sédiments cohésifs, et une couche anoxique est souvent présente au sein des premiers millimètres de la surface des sédiments.

La plupart des rives vaseuses estuariennes sont soumises à l'influence de l'eau douce, bien qu'à certains endroits, des conditions plus ou moins entièrement marines peuvent exister.

Ces milieux hébergent des communautés riches, caractérisées par des polychètes, des bivalves et des oligochètes. Les algues vertes *Enteromorpha* spp. et *Ulva lactuca* prolifèrent parfois en été sur les rives dans les zones riches en nutriments.

- **A5.12** Sublittoral coarse sediment in variable salinity

Graviers propres qui se trouvent dans le cours supérieur de bras de mer, en particulier les estuaires, où le mouvement de l'eau est suffisamment fort pour enlever le contenu des particules fines. L'habitat n'a généralement pas une composante importante d'algues et se caractérise par une faune tolérante à l'eau saumâtre. La faune est rare mais très robuste

- **A5.21** Sublittoral sand in low or reduced salinity

Sables peu profonds et sables vaseux dans les zones de salinité faible ou réduite mais relativement stable (peut varier annuellement) que l'on trouve souvent dans les lagunes. Les espèces caractéristiques sont: *Arenicola marina* avec d'autres espèces, y compris les mysidacés, les oligochètes, *Corophium volutator* *Hediste diversicolor*, *Pygospio elegans*, *Hydrobia* spp., et *Cerastoderma glaucum*. On y trouve également des algues vertes filamenteuses telles que *Chaetomorpha linum*. Dans certains exemples de ce biotope les polychètes *Fabricia sabella* et l'isopode *Sphaeroma hookeri* peuvent être très bien représentés.

- **A5.32** Sublittoral mud in variable salinity

Vases sublittorales peu profondes, s'étendant de l'extrémité inférieure du médiolittoral dans l'infra-littoral. Les conditions de salinité sont variables. Ces habitats accueillent des communautés caractérisées par des oligochètes et polychètes tels que *Aphelochaeta marioni*. Dans des conditions de salinité abaissée les sédiments peuvent comprendre une proportion de matériau plus grossier, où la teneur en limon reste suffisante pour donner un milieu similaire à celle trouvée dans les vases pures.

- **A5.42:** Sublittoral mixed sediment in variable salinity

Sédiments superficiels sublittoraux mixtes dans des conditions estuariennes souvent avec en surface des coquillages ou des graviers, permettant le développement de communautés diverses, telles que les faciès à Crépidules (A5.422), ainsi que les communautés benthiques. Ce type d'habitat abrite souvent des communautés assez riches, par rapport à des sédiments plus homogènes.