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

RAPPORT D'ETAPE 1 : ETAT DES LIEUX

SYNTHESE DES FICHES THEMATIQUES

RAPPORT RM1-E1-0

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 - Elaboration du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde Rapport d'étape 1 – Etat des lieux Rapport RM1-E1-0					
3	Corrections suite observations du SMIDDEST 11/02/2016	TSD			24/02/2016
2	2 nd e version suite aux remarques transmises le 07/10/2015	LTT	TSD		15/12/2015
1	Document réalisé sur la base de fiches thématiques modifiées suite aux remarques du COTECH et experts de juin-juillet 2015	TSD	GLX/LTT		25/08/2015
Version	Description	Rédaction	Vérifié	Approuvé	Date

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	1
1.1. OBJECTIFS	1
1.2. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX	1
2. THEMATIQUE : HYDROSEDIMENTAIRE, BOUCHON VASEUX, OXYGENE DISSOUS	5
2.1. PARAMETRES ANALYSES	6
2.1.1. HYDRODYNAMIQUE	6
2.1.2. HYDROSEDIMENTAIRE	6
2.1.2.1. Couverture sédimentaire	6
2.1.2.2. Dynamique hydrosédimentaire	7
2.1.3. OXYGENE DISSOUS	8
2.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	9
2.2.1. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES	9
2.2.2. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	9
2.2.2.1. Levé bathymétrique	9
2.2.2.2. Dynamique sédimentaire	9
2.2.3. ETAT DES CONNAISSANCES - ENJEUX	11
3. THEMATIQUE : NAVIGABILITE ET MAINTIEN DES ACCES NAUTIQUES (DRAGAGES D'ENTRETIEN DU GPMB)	12
3.1. PARAMETRES ANALYSES	13
3.1.1. CARACTERISTIQUES DES SEDIMENTS DRAGUES	13
3.1.2. METHODE ET MOYEN DE DRAGAGE	14
3.1.2.1. Moyens de dragage	14
3.1.2.2. Méthode – planification des dragages	15
3.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	16
3.2.1. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES	16
3.2.2. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES	17
3.2.2.1. Investigation sur la nature et la qualité des sédiments dragués et immergés :	17
3.2.2.2. Investigations pour la caractérisation des sites d'immersion	17
3.2.2.3. Connaissances sur le devenir des sédiments lors des dragages	18
3.2.3. NIVEAU DE CONNAISSANCE – BILAN ENJEUX	18
4. THEMATIQUE : DRAGAGE DES PETITS PORTS DE L'ESTUAIRE	19
4.1. PARAMETRES ANALYSES	19

4.1.1. TECHNIQUES DE DRAGAGE	19
4.1.2. SUIVIS DES OPERATIONS DE DRAGAGE	20
4.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	20
4.2.1. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES	20
4.2.2. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES	21
4.2.3. NIVEAU DE CONNAISSANCE – BILAN ENJEUX	22
5. THEMATIQUE : CONTAMINATION : QUALITE DES EAUX, DU SEDIMENT, DU BIOTA	23
5.1. PARAMETRES ANALYSES	24
5.1.1. LES CONTAMINANTS POLYMETALLIQUES	24
5.1.2. LES CONTAMINANTS ORGANIQUES	26
5.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	26
5.2.1. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES	26
5.2.2. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	26
5.2.3. NIVEAU DE CONNAISSANCE - ENJEUX	27
6. THEMATIQUE : PEUPELEMENTS ET HABITATS BENTHIQUES	29
6.1. PARAMETRES ANALYSES	30
6.1.1. DISTRIBUTION DES ESPECES DANS L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE	30
6.1.1.1. Influence de la salinité	30
6.1.1.2. Influence de la profondeur	31
6.1.1.3. Evolution temporelle	31
6.1.2. ZONES DE DRAGAGE ET D'IMMERSION	31
6.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	32
6.2.1. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES	32
6.2.2. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	32
6.2.3. NIVEAU DE CONNAISSANCE – BILAN ENJEUX	33
7. THEMATIQUE : PEUPELEMENTS DE POISSONS ET ESPECES	34
7.1. PARAMETRES ANALYSES	34
7.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	35
7.2.1. ANALYSE DES DONNEES DISPONIBLES	35
7.2.2. INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	36
7.2.3. NIVEAU DE CONNAISSANCE – BILAN ENJEUX	36
8. THEMATIQUE : USAGES	38
8.1. PARAMETRES ANALYSES	38
8.1.1. NAVIGATION	40
8.1.2. PECHE	40

8.1.3.	CONCHYLICULTURE	40
8.1.4.	CENTRALE DU BLAYAIS	40
8.1.5.	ALIMENTATION EN EAU POTABLE	40
8.1.6.	EXPLOITATION DES GRANULATS	41
8.2.	BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER	41
9.	SYNTHESE DES SENSIBILITES ET ENJEUX	42

TABLEAUX

Tableau 1 : Principales données existantes analysées.....	6
Tableau 2 : Données existantes : lacunes, limites et besoins complémentaires	10
Tableau 3 : Bilan - thématique hydrosédimentaire	11
Tableau 4 : Qualité des sédiments dragués et immergés - Investigations proposées.....	17
Tableau 5 : Caractérisation des sites d'immersion - Investigations proposées	17
Tableau 6 : Bilan des enjeux – thématique « dragage GPMB »	18
Tableau 7 : Synthèse de volumes selon les modalités de gestion : rotodévasage ou rejet dans la masse d'eau	20
Tableau 8 : Synthèse des prescriptions réglementaires relatives aux dragages des ports de l'estuaire	20
Tableau 9 : investigations complémentaires à réaliser – thématique « dragage des petits ports ».....	21
Tableau 10 : Bilan des enjeux – thématique « dragage des petits ports »	22
Tableau 11 : Principales données existantes analysées – thématique : contamination	24
Tableau 12 : Principales données existantes analysées – thématique : ressource halieutique	34
Tableau 13 : Bilan des enjeux – thématique ressource halieutique	37
Tableau 14 : Principales données existantes analysées – thématique : usages	38
Tableau 15 : Synthèse des usages, enjeux et liens avec la gestion des sédiments de dragage dans l'estuaire de la Gironde	41
Tableau 16 : Synthèse des enjeux des différentes thématiques	42

FIGURES

Figure 1 : Inter-relations générales entre les différents milieux.....	2
Figure 2 : Effets potentiels des dragages	3
Figure 3 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu	5
Figure 4 : Illustration des phénomènes de bouchon vaseux et crème de vase. GIP Loire Estuaire.....	7
Figure 5 : Répartition spatiale des MES de surface mesurées. D'après Sottolichio et Castaing, 1999.....	8
Figure 6 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu	12
Figure 7 : Chenal de navigation et principaux terminaux	13
Figure 8 : Echantillonnage dans le chenal de navigation	14
Figure 9 : Localisation des zones d'immersion des sédiments dragués	16
Figure 10 : Localisation des petits ports analysés.....	19
Figure 11 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu	23
Figure 12: Distribution spatiale des contaminants ETM en mg/kg dans les sédiments de surface de l'estuaire de la Gironde (Larrose, 2009 et 2011)	25
Figure 13 : bilan des enjeux – thématiques contamination	28
Figure 14 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu	29
Figure 15 : 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)	31
Figure 16 : bilan des enjeux – thématique benthos.....	33
Figure 17 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu	34
Figure 18 : Localisation du chenal de navigation (tracé schématique) et des zones de dépôt des sédiments issus du dragage au regard des enjeux écologiques et fonctionnels préliminaires mis en évidence.	36
Figure 19 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu	38
Figure 12: Carte de synthèse des principaux usages dans l'estuaire.	39
Figure 20 : Synopsis des principales investigations complémentaires à réaliser	45

1. CONTEXTE

1.1. OBJECTIFS

La bonne gestion des sédiments de dragage 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 comprend :

- Le recensement des données bibliographiques ;
- La rencontre / contacts avec les différents interlocuteurs ;
- L'analyse des données disponibles, l'établissement des lacunes ou des éventuelles données manquantes...
- Des propositions d'investigations complémentaires pour compléter à court/moyen/long terme ces éventuelles lacunes.

Cet état des lieux regroupe plusieurs thématiques qui ont fait l'objet de fiches indépendantes.

La présente fiche correspond à une synthèse de ces fiches et à un croisement des enjeux.

1.2. ENJEUX ENVIRONNEMENTAUX

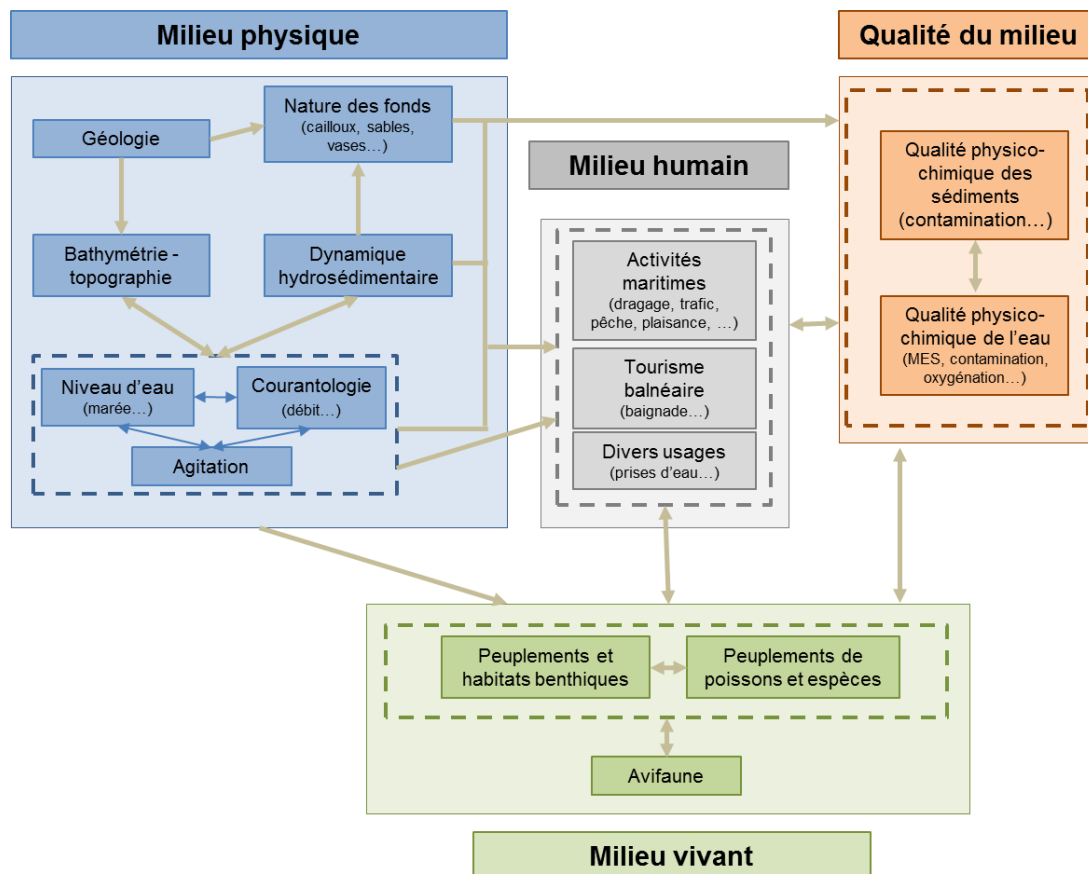
Comme tout estuaire, celui de la Gironde joue un rôle écologique primordial : il est à la fois une zone de nourricerie, de reproduction, d'adaptation physiologique aux migrations ou encore un couloir de passage. L'écosystème estuarien (benthos, ressource halieutique...) doit son originalité à de fortes pressions naturelles (marnage, salinité, turbidité, fonctionnement hydrosédimentaire...) qui structurent le milieu en une mosaïque d'habitats. La répartition des peuplements, soumise à l'influence de la marée et des débits fluviaux, connaît également une forte saisonnalité.

Parallèlement, l'estuaire de la Gironde est le support de nombreuses activités, qui se sont développées autour de l'exploitation de ses ressources (eau, poissons, sables...) et de l'activité économique industrielle favorisée notamment par des infrastructures de transport diversifiées : trafic maritime, prises d'eau industrielles, pêche, aquaculture, plaisance....

Enfin, l'estuaire constitue un ultime réceptacle des contaminants transportés par voie fluviale avant leur export vers l'océan : l'estuaire de la Gironde est ainsi connu pour sa pollution polymétallique notamment en Cadmium (dont la source est localisée à près de 350 km en amont).

Or ces différents compartiments de l'estuaire (milieu humain, milieu physique, milieu vivant) ne sont pas indépendants, mais interagissent entre eux. La figure ci-dessous illustre les différentes interrelations :

Figure 1 : Inter-relations générales entre les différents milieux



(Source : ARTELIA)

Ainsi, à titre d'exemple, la qualité du milieu (eau, sédiments) est étroitement liée à :

- La configuration de la zone ;
- Aux conditions océanographiques et hydrologiques ;
- Aux activités anthropiques (activités agricoles, urbaines, portuaires et industrielles...) qui peuvent générer une pollution des eaux.

De même, le milieu humain influe sur :

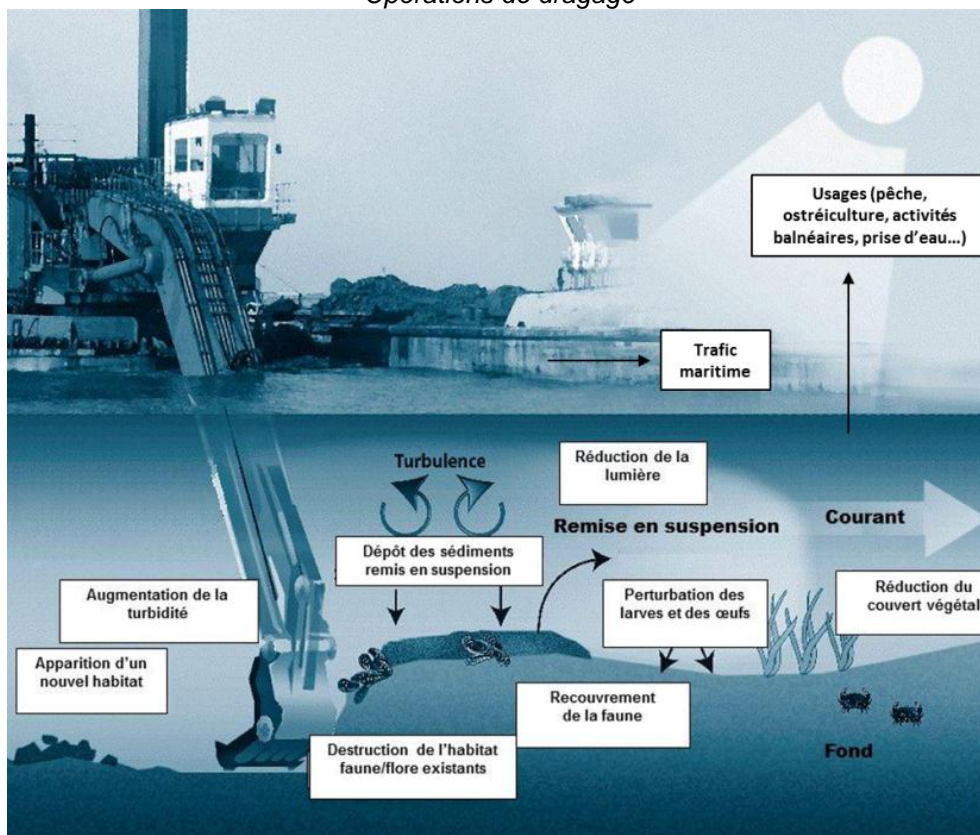
- La qualité physico-chimique de l'eau et des sédiments de l'estuaire (contamination...) ;
- La biodiversité marine et terrestre.

Sans présager des conclusions du plan de gestion et de l'analyse des impacts associés au dragage, les opérations de dragage auront des effets, plus ou moins importants/négligeables, directs ou indirects sur les différents compartiments du milieu.

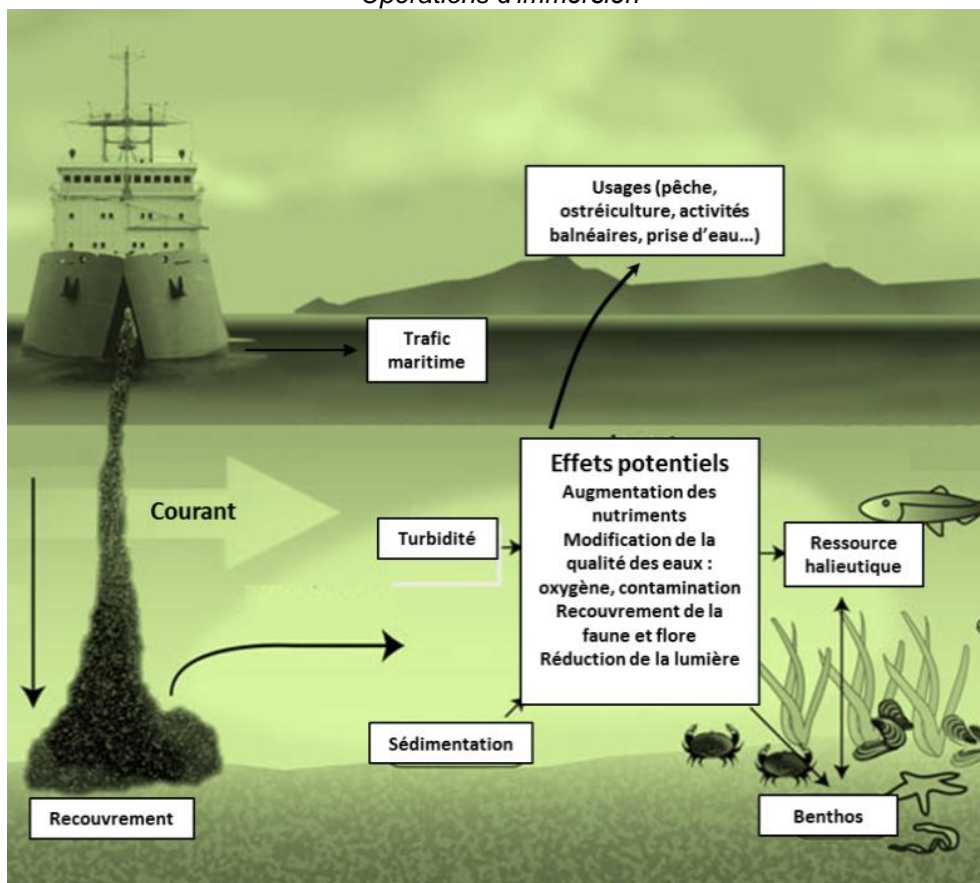
Les deux schémas page suivante illustrent les enjeux des opérations de dragage et d'immersion sur plusieurs compartiments du milieu :

Figure 2 : Effets potentiels des dragages

Opérations de dragage



Opérations d'immersion



Ainsi, sur la base de l'état des lieux du SAGE de l'estuaire de la Gironde et des problématiques de dragage, sept thématiques, qui peuvent également interagir, ont été identifiées et ont fait l'objet d'une fiche thématique :

- Hydrosédimentaire, bouchon vaseux, oxygène dissous ;
- Navigabilité et maintien des accès nautiques (dragage du GPMB) ;
- Dragage des petits ports de l'estuaire ;
- Contamination : qualité des eaux, du sédiment, du biota ;
- Peuplements et habitats benthiques ;
- Peuplements de poissons et espèces ;
- Usages.

2. THEMATIQUE : HYDROSEDIMENTAIRE, BOUCHON VASEUX, OXYGENE DISSOUS

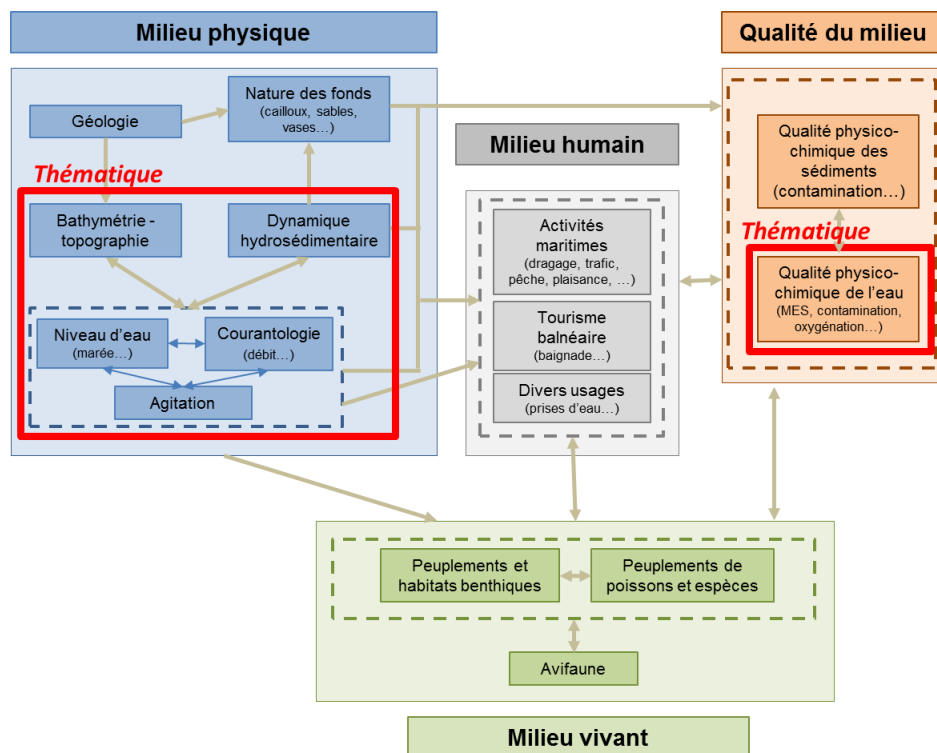
L'estuaire de la Gironde, comme tout estuaire, est le lieu de la rencontre des eaux douces (pour nous Garonne, Dordogne) et des eaux salées (océan atlantique) présentant chacune des dynamiques hydrauliques et hydrosédimentaires propres.

Le système fluvio-estuarien est ainsi régi par trois principales composantes : les débits, la marée et la morphologie. Par exemple, les sédiments en suspension introduits dans l'estuaire sont soumis aux actions antagonistes de la marée et du débit fluvial et constituent un vaste stock sédimentaire appelé « le bouchon vaseux ».

Aussi, cette dynamique hydrosédimentaire est au cœur du fonctionnement environnemental et socio-économique de l'estuaire. Elle est en lien étroit avec les thématiques suivantes :

- Qualité du milieu : la présence de matières en suspension (bouchon vaseux), auxquelles sont associées la matière organique et les bactéries hétérotrophiques, favorise les processus de respiration et donc de consommation d'oxygène dissous ;
- Nature des fonds : par exemple, les zones de calme hydrodynamique sont favorables aux dépôts des particules les plus fines (vases...) ;
- Milieu vivant : répartition des habitats et donc des peuplements benthiques qui constituent un des premiers maillons de la chaîne alimentaire ;
- Enjeux économiques : la dynamique hydrosédimentaire entraîne des dépôts de matériaux qui doivent être dragués régulièrement pour maintenir l'accès aux installations portuaires.

Figure 3 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu



2.1. PARAMETRES ANALYSES

Les principales données existantes et analysées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

Tableau 1 : Principales données existantes analysées

Thématique	Principales caractéristiques des données disponibles
Courants / Débits	Stations hydrologiques Pessac-sur-Dordogne et La Réole
Marée	9 marégraphes répartis sur l'ensemble de l'estuaire
Morphologie	Bathymétrie réalisée par le GPMB (chenal régulièrement, ensemble de l'estuaire : occasionnellement)
Couverture sédimentaire	Bibliographie : travaux d'Allen (1972) et Mallet (1998). Mesures in situ : suivis des zones de dragage/clapage, suivi de la Centrale du Blayais, suivis réalisés par l'Université de Bordeaux
Hydrodynamique - Hydrosédimentaire	Modélisation hydrosédimentaire de l'Université SIAM3D et celle réalisée dans le cadre de ce projet, réseau MAGEST (mesure à 1 m en surface, sur 4 stations : Pauillac, Libourne, Bordeaux et Portets -jusqu'en 2012 uniquement-)
Oxygène dissous	MAGEST et SOMLIT

2.1.1. Hydrodynamique

L'hydrodynamique estuarienne est régie par trois phénomènes majeurs :

- Les débits fluviaux, variant à l'échelle saisonnière et annuelle ;
- Les marées, variant à l'échelle de la journée : la marée dynamique remonte jusqu'à 70 km en amont du Bec d'Ambès ;
- La morphologie de l'estuaire, dont l'évolution naturelle est amplifiée ou contrariée par les interventions humaines.

Les études et modèles (SOGREAH 2004, SIAM3D...) déjà réalisés montrent que :

- Les plus fortes vitesses s'établissent dans le chenal de navigation et à l'embouchure de la Gironde au niveau de la Pointe de Grave.
- La circulation résiduelle des écoulements se répartit comme suit (travaux d'Allen, 1972) :
 - La circulation résiduelle du fond est orientée vers l'amont, jusqu'à la limite amont de l'intrusion saline ;
 - Dans la partie aval de l'estuaire, le mouvement résiduel au fond est dirigé vers l'aval dans le chenal de Saintonge et vers l'amont dans le chenal de navigation.

La circulation résiduelle est donc complexe, en particulier en aval de l'estuaire où les écoulements sont tour à tour canalisés ou libres.

2.1.2. Hydrosédimentaire

2.1.2.1. Couverture sédimentaire

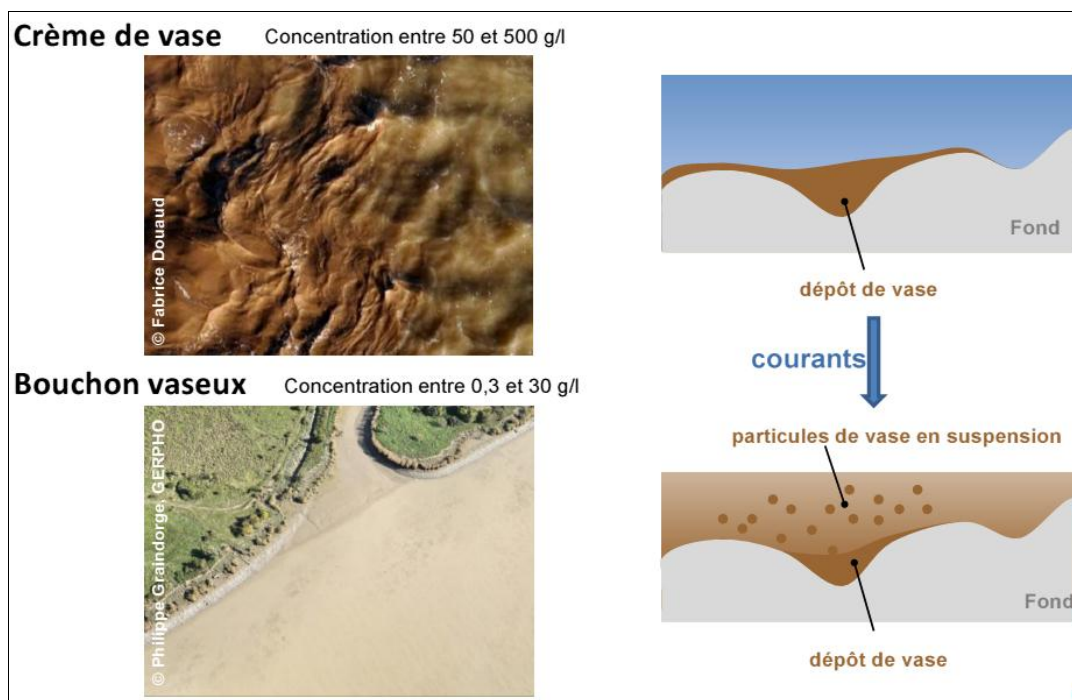
Trois principaux assemblages morpho-sédimentaires se distinguent dans l'estuaire :

- La partie fluviale en amont du Bec d'Ambès : fonds vaseux ;
- L'estuaire amont et central : fonds vaseux ;
- L'estuaire aval et l'embouchure : fonds sableux.

2.1.2.2. Dynamique hydrosédimentaire

Le système « bouchon vaseux – crème de vase » est constitué par le bouchon vaseux (zone où la concentration en matières en suspension –MES- dépasse 1 g/l en surface, soit environ 1000 NTU), qui peut se déposer au fond du lit et former alors de la crème de vase (matière fine déposée au fond du lit et facilement mobilisable, concentrations de l'ordre de 100 à 300 g/l) quand la courantologie faiblit.

Figure 4 : Illustration des phénomènes de bouchon vaseux et crème de vase. GIP Loire Estuaire.



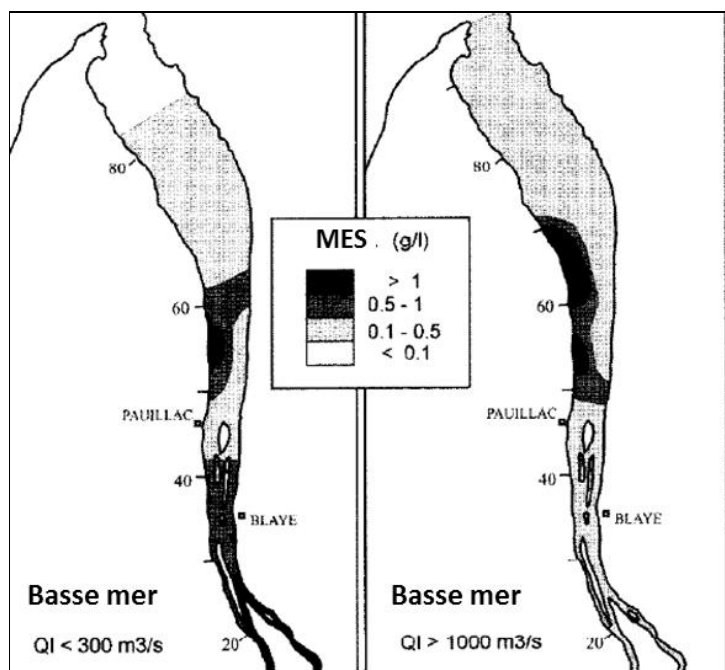
Le bouchon vaseux évolue selon différentes échelles de temps :

- Echelle de la marée (influence des courants de flot et de jusant) et de son cycle mensuel (vives-eaux – mortes-eaux) ;
- Echelle saisonnière, sous l'influence des débits fluviaux.
 - En période d'étiage, le bouchon vaseux est centré sur Bordeaux et plus en amont : c'est dans ce secteur amont de l'estuaire que sont rencontrées les concentrations en MES les plus élevées à l'échelle de l'estuaire. C'est également dans ce secteur que sont observées les variabilités les plus fortes ;
 - Avec l'augmentation des débits, le bouchon vaseux se déplace vers l'aval. Il se concentre dans le secteur de Pauillac en débit moyen. Dans ce secteur de l'estuaire, le bouchon vaseux est quasi-permanent.

Les cycles de marée ont une influence dominante sur les concentrations en MES (variations mensuelles de 1 à 10 jusqu'à 1 à 50) alors que les débits fluviaux contrôlent principalement la position du bouchon vaseux dans le système Gironde-Garonne-Dordogne.

La dynamique de dépôt est associée au déplacement du bouchon vaseux ; en crue, les dépôts ont lieu préférentiellement en aval du pk 50 ; la limite aval des dépôts est située au pk 78. En étiage, les dépôts s'observent en amont du pk 50. Lorsque les crues hivernales sont marquées, les dépôts sur les fonds amont de l'estuaire sont complètement évacués vers l'aval ; en revanche au cours d'un hiver moins caractérisé, il faut attendre le printemps pour que les dépôts amont soient évacués.

Figure 5 : Répartition spatiale des MES de surface mesurées. D'après Sottolichio et Castaing, 1999



2.1.3. Oxygène dissous

L'oxygénation des eaux est nécessaire à la vie dans l'estuaire. L'oxygénation résulte en partie de l'hydrodynamique et de l'hydrosédimentaire.

- Les eaux estuariennes à Pauillac et plus en aval sont toujours bien oxygénées, quelle que soit la saison, avec des valeurs mensuelles moyennes comprises entre 7 et 11 mg/l.
- Les eaux en amont de l'estuaire, dans la Garonne, présentent des valeurs mensuelles moyennes qui varient plus largement, entre 3 et 14 mg/l.

Le SAGE a fixé des objectifs de concentration en oxygène dissous dans l'eau à respecter :

- 9 jours maximum consécutifs par an durant lesquels la teneur en oxygène dissous dans l'eau est inférieure à 5 mg/l en moyenne journalière, sur la Garonne aval ;
- 4 jours maximum consécutifs par an durant lesquels la teneur en oxygène dissous dans l'eau est inférieure à 5 mg/l en moyenne journalière, sur la Dordogne aval.

2.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER

2.2.1. Analyse des données disponibles

D'une manière générale, les données existantes sont satisfaisantes pour identifier les enjeux sur l'estuaire : importance de l'hydrologie, évolution du bouchon vaseux en fonction des forçages et dynamique de dépôt associée, localisation des phénomènes d'hypoxie dans l'estuaire...

Cependant, ces données ne permettront pas de répondre directement à des questions que l'on va être amené à se poser dans le cadre de la gestion des sédiments dans l'estuaire :

- Zones de clapage les plus instables / les plus stables ;
- Enveloppes de dispersion des sédiments clapés et non stabilisés selon les zones d'immersion ;
- Zones de dépôt préférentielles des sédiments clapés et non stabilisés selon les secteurs de l'estuaire et les conditions hydrodynamiques ;
- Zones de dépôt naturel à l'échelle de l'estuaire (zones de sédimentation dans l'estuaire, indépendamment des zones de vidage).

La suite des études (modélisation, analyse bathymétrique...) permettra de répondre à ces questions, avec un degré de précision variable.

2.2.2. Investigations complémentaires à réaliser

2.2.2.1. Levé bathymétrique

La connaissance de la bathymétrie des fonds de l'estuaire de la Gironde est issue des levés réalisés par le GPMB. C'est à partir de ces sondages, réalisés par le port entre 2005 et 2010, que le modèle numérique de terrain unifié (MNTU) a été construit. Ces données, ayant pour application la navigation, sont satisfaisantes pour l'étude actuelle.

Cependant il nous semble qu'il serait opportun, dans l'avenir, de réaliser un levé bathymétrique unique sur tout l'estuaire. Il serait utilisé comme support identique à toutes les études sur l'estuaire, dans le système de référence RGF/IGN.

Ce levé pourrait être actualisé tous les 10 ans.

2.2.2.2. Dynamique sédimentaire

Le transport en suspension, et notamment l'évolution du bouchon vaseux en fonction des forçages, est bien appréhendé à partir des mesures collectées en continu par le réseau MAGEST. Pour les besoins de l'étude, cette dynamique pourrait être affinée dans certains secteurs. Une caractérisation plus détaillée des processus hydrosédimentaires, au niveau des sites actuels de dépôts dans l'estuaire, serait nécessaire pour la suite de l'étude (diagnostic, proposition de scénarios).

Le modèle numérique en cours de construction sera profitable pour analyser plus finement la dynamique en certains points que nous définirons lors de l'exploitation du modèle. Toutefois, des éléments de connaissance / de caractérisation complémentaires au modèle pourraient être acquis par des mesures en nature.

Ces mesures en nature nécessiteraient de mettre en place un programme de mesures détaillé, de lancer un appel d'offre pour que les entreprises ayant les moyens nautiques, les instruments de

mesures adéquates et les compétences requises puissent répondre. Avec le délai de la campagne, le délai de traitement et d'analyse des résultats, une telle campagne de mesure ne peut être envisagée dans la temporalité de la présente étude.

De plus, il est essentiel de connaître les zones de dépôt naturelles de sédiments dans l'estuaire afin de :

- Replacer les effets des opérations de dragage et d'immersion dans le contexte de la dynamique naturelle de l'estuaire (besoins notamment dans le cadre réglementaire) ;
- Proposer des mesures de gestion des sédiments dragués (proposition de scénarios, analyse comparative) cohérentes avec la dynamique générale de l'estuaire.

Dans l'idéal, ces zones de dépôt doivent être identifiées à partir de mesures in-situ ; à l'échelle de tout l'estuaire, les seules données en nature existantes sont les levés bathymétriques du GPMB. Un travail d'analyse, à partir des bandes de levé (si conservées par le port) permettrait, à l'image de ce qui a été fait par EPOC pour le GIP Loire Estuaire, de localiser les zones de dépôt et d'analyser leurs évolutions en fonction des conditions de débit et de marée.

A défaut, nous utiliserons pour la suite de l'étude :

- Les informations apportées par la modélisation qui va être mise en œuvre ; nous rappelons toutefois que l'objectif de la modélisation est d'étudier le fonctionnement hydrosédimentaire des matériaux clapés dans l'estuaire. L'évolution naturelle de l'estuaire et de son bouchon vaseux ne sera pas étudiée à l'aide de la modélisation ;
- Les cartographies de dépôts sédimentaires résultantes de l'exploitation du modèle de transport SiAM (Ifremer-EPOC), qui fournit une approche des zones à l'échelle de l'ensemble de l'estuaire. Rappelons que ce modèle n'a pas été calé par des mesures in situ. Ces cartographies SIAM seront un complément intéressant à la modélisation ARTELIA.

Tableau 2 : Données existantes : lacunes, limites et besoins complémentaires

Volet/thématique	Données existantes	Méthodologie envisagée sur la base des données existantes	Mesures possibles pour l'amélioration de la connaissance
Bathymétrie	Levés réalisés par le GPMB Absence de levé couvrant l'ensemble de l'estuaire	Réalisation d'un patchwork de mesures bathymétriques sur la base des données disponibles (construction du modèle à partir des dalles disponibles entre 2005 et 2010).	Bathymétrie couvrant l'intégralité de l'estuaire, référence altimétrique : IGN69. Pas indispensable pour l'étude actuelle ; utile comme support commun à toutes les études futures, quelles que soient les applications
Dépôts sédimentaires	Chenal de navigation : étude Sottolichio A., Castaing P., 1999. Estuaire : absence d'étude	La dynamique naturelle de dépôt à l'échelle de l'estuaire : utilisation de données « indicatrices » : - modélisation des sédiments clapés dans l'estuaire ; - cartographies de dépôt issues de l'exploitation du modèle SIAM Nota : ces deux sources d'information n'avaient / n'ont pas pour objet l'étude de la dynamique de dépôt sédimentaire de l'estuaire.	Analyse des bandes de sondage du GPMB pour caractériser la présence de dépôts, leurs épaisseurs, leurs concentrations. OU Analyse à partir de nouvelles données issues d'une campagne bathymétrique globale.
Comportement de la crème de vase	Absence de données sur l'estuaire de la Gironde	Utilisation des données bibliographiques des autres estuaires	Mesures in situ (carottage sur plusieurs zones, sur plusieurs mois pour voir l'évolution –concentration vase)
Transport sédimentaire	Pas de données in situ précises	Utilisation du modèle, mais exercice limité	Campagne de mesures dans la colonne : - MES - Vitesse de courant Etude complémentaire de quantification des flux de transport

2.2.3. Etat des connaissances - enjeux

Le tableau ci-après récapitule les principaux enjeux hydrosédimentaires associés aux opérations de dragage/immersion.

Tableau 3 : Bilan - thématique hydrosédimentaire

Thématique	Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
Bathymétrie	Bon / satisfaisant	Chenal : remontée des navires jusqu'aux terminaux portuaires Tout l'estuaire : la morphologie des fonds est en interrelation avec le transport sédimentaire.	Les dragages d'entretien sont réalisés pour assurer le maintien des cotes du chenal (sécurité de la navigation). (enjeux techniques et économiques)	Amélioration de la connaissance* : levé bathymétrique de l'ensemble de l'estuaire
Hydro-dynamique	Bon / satisfaisant	Au cœur du fonctionnement environnemental et socio-économique de l'estuaire.	Forçages auxquels sont soumis les sédiments clapés. A quelle dynamique sont soumises les zones d'immersion ? (enjeux techniques et économiques)	Pas de besoin identifié pour l'étude
Hydro-sédimentaire Couverture sédimentaire	Modéré	Au cœur du fonctionnement environnemental et socio-économique de l'estuaire.	Processus hydrosédimentaires à moyen et long termes sur les zones de vidage. Les zones d'immersion sont-elles stables/ instables sous l'effet des forçages ? Où vont les sédiments clapés non stabilisés ? (enjeux techniques et économiques)	Amélioration de la connaissance* : - Dépôt sédimentaire : analyse des bandes de sondages du GPMB / analyse à partir de nouvelles bathymétries d'ensemble de l'estuaire - Crème de vases : mesures in situ (carottage) - Transport sédimentaire : campagne de mesures in situ
Oxygène dissous	Bon / satisfaisant	Au cœur des processus chimiques, biologiques, écologiques.	Influence de la turbidité / des MES sur l'oxygène dissous et donc l'ensemble de la chaîne trophique (enjeux environnemental)	Pas de besoin identifié pour l'étude

Code couleur - Enjeu /Sensibilité			
Aucun	Faible	Modéré	Fort

* Les mesures présentées dans le cadre de l'amélioration de la connaissance ne peuvent pas être réalisées dans le temps imparti pour la présente étude. Toutefois ces investigations, visant à mieux appréhender les processus estuariens, pourraient être réalisées ultérieurement et méritent d'être présentées ici.

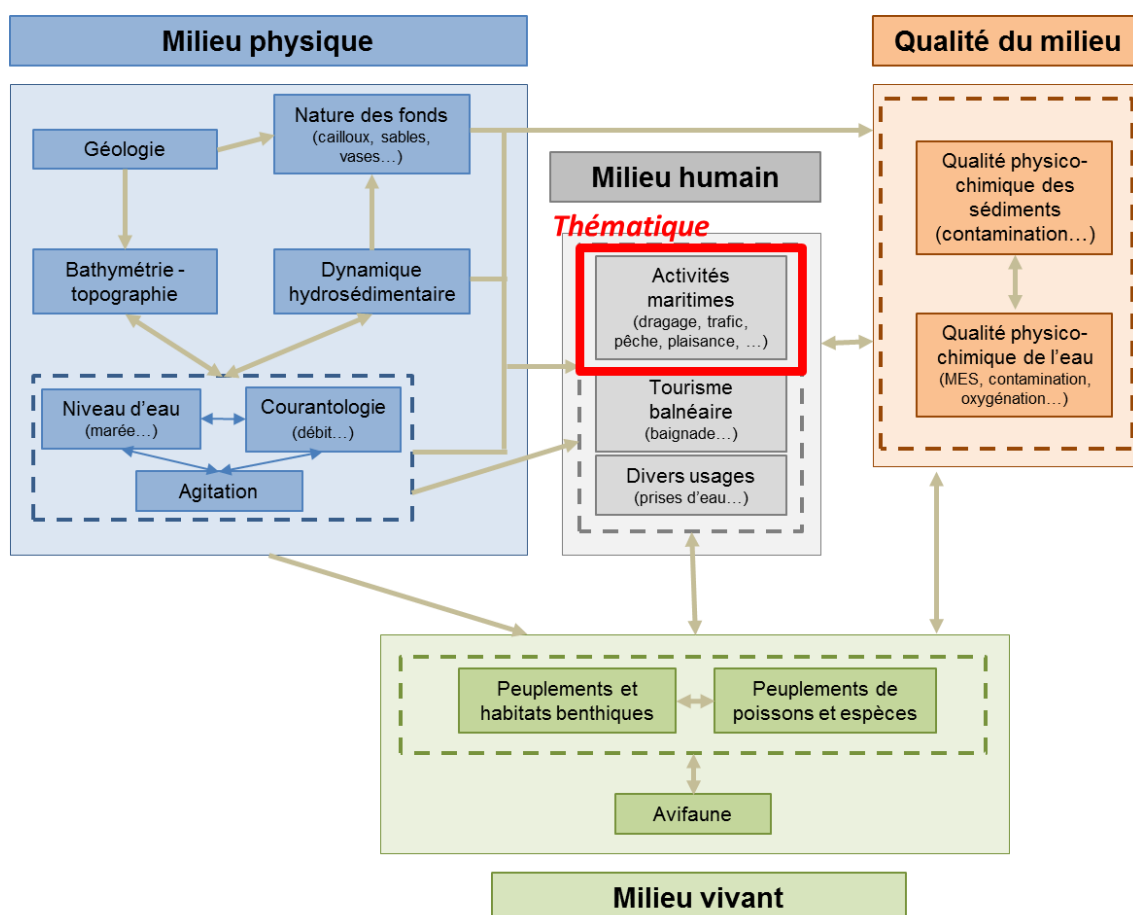
Nota : Il s'agit d'une analyse préliminaire des enjeux qui sera approfondie en phase 2.

3. THEMATIQUE : NAVIGABILITE ET MAINTIEN DES ACCES NAUTIQUES (DRAGAGES D'ENTRETIEN DU GPMB)

Comme précisé précédemment, les opérations de dragage sont étroitement liées à la dynamique hydrosédimentaire qui, par exemple :

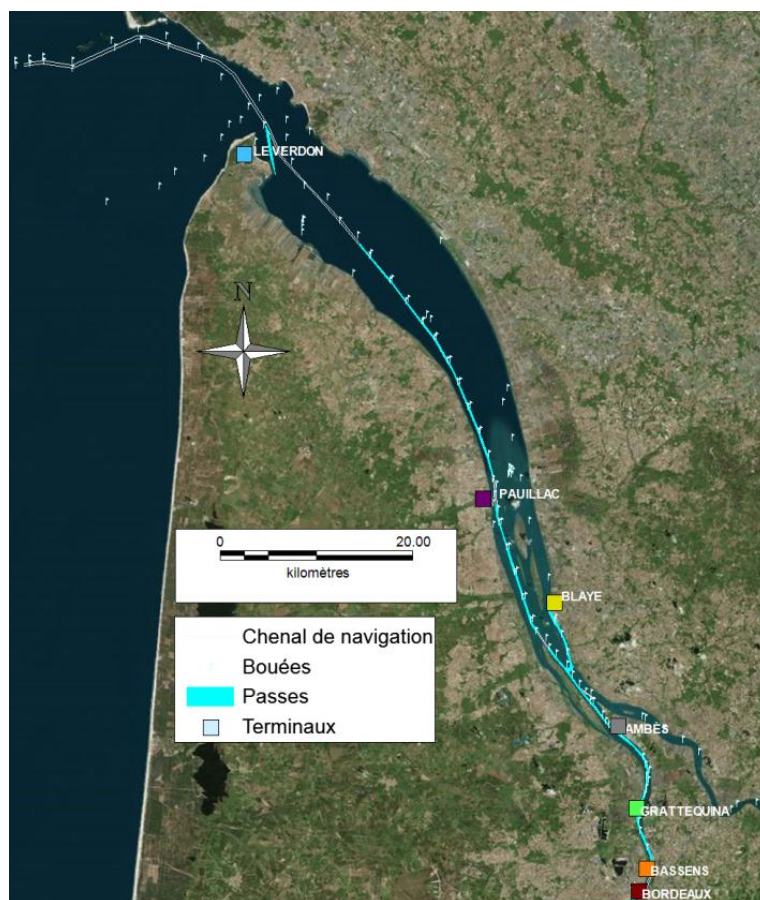
- Détermine les zones de dispersion ou d'accumulation des matériaux dans l'estuaire ;
- Impose le calendrier des opérations de dragage/immersion.

Figure 6 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu



Ces dragages d'entretien ont pour objet de maintenir les accès aux installations portuaires (chenal de navigation 130 km), c'est-à-dire d'entretenir la cote nominale des fonds des passes et des postes où la profondeur est dégradée par des dépôts sédimentaires ; ces opérations permettent ainsi de garantir des hauteurs d'eau compatibles avec le tirant d'eau des navires accueillis.

Figure 7 : Chenal de navigation et principaux terminaux



3.1. PARAMETRES ANALYSES

Les données récoltées sont issues des échanges avec le GPMB.

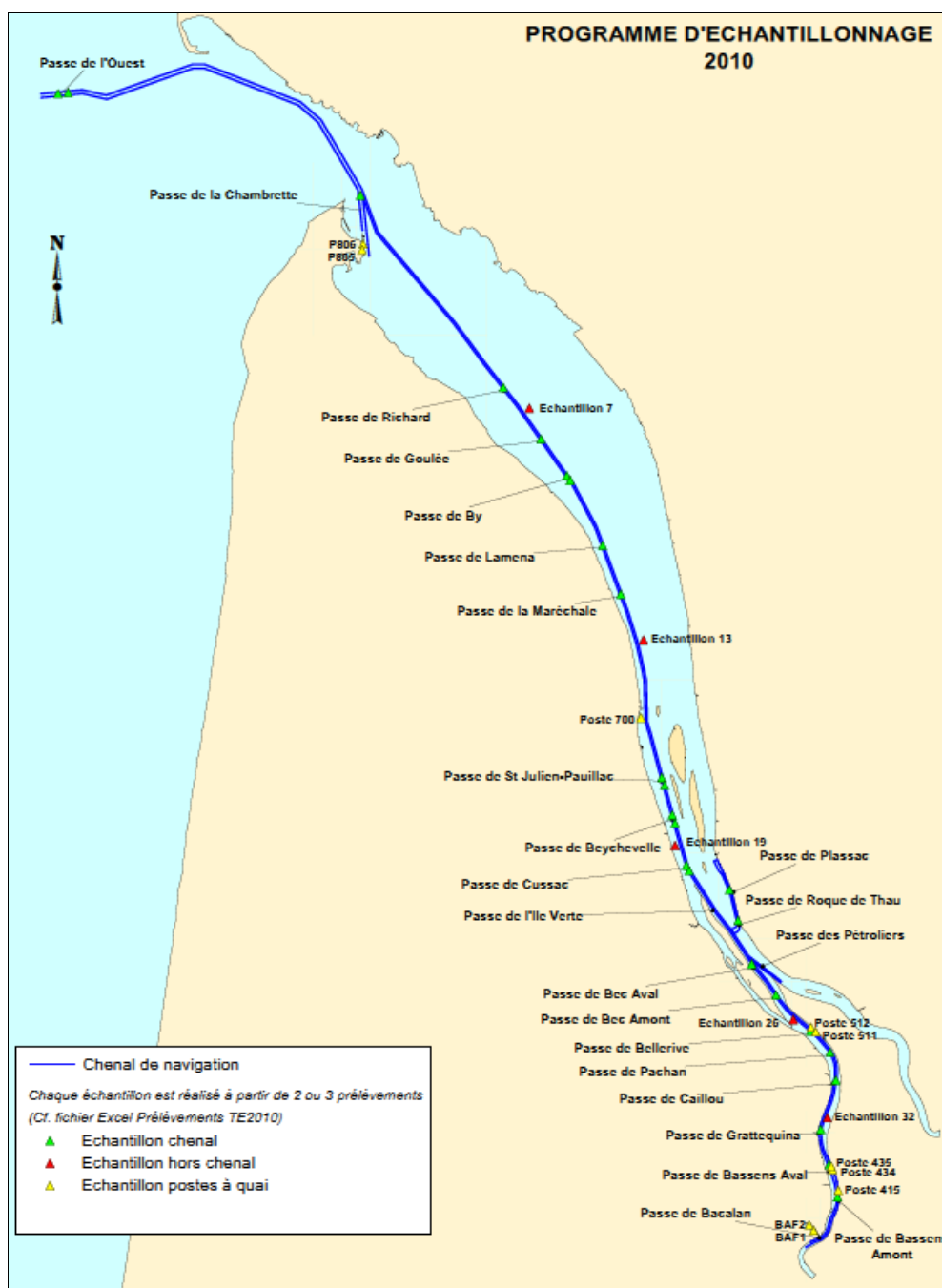
3.1.1. Caractéristiques des sédiments dragués

Les zones draguées font l'objet d'une campagne de prélèvements sédimentaires annuelle. Une quarantaine d'échantillons est prélevée le long de l'estuaire, sur toutes les zones draguées (environ 1 à 2 prélèvements par passe). Ce plan d'échantillonnage est pratiquement identique chaque année.

De ces analyses physico-chimiques, il ressort :

- Granulométrie des sédiments dragués : l'ensemble des passes est à dominance vaseuse (entre 80 et 95% de vases), avec une proportion d'argiles comprise entre 5 et 10%, à l'exception :
 - Des passes à l'embouchure de l'estuaire (passe Ouest, Chambrette postes du Verdon) : les sédiments y sont sableux ;
 - De certaines passes sujettes à des apports sableux variables entre les années : Cussac, Plassac, Laména.
- Contamination des sédiments dragués : les concentrations en contaminants sont faibles, souvent inférieures aux seuils de détection des laboratoires. Les teneurs mesurées sont le plus souvent inférieures aux seuils N1 et N2 définis par Geode. On observe exceptionnellement quelques dépassements locaux de certains éléments (Cd, Cu, Hg, Ni, As ou HAP).

Figure 8 : Echantillonnage dans le chenal de navigation



3.1.2. Méthode et moyen de dragage

3.1.2.1. Moyens de dragage

Le dragage par aspiration est réalisé au niveau des chenaux (passes) et des zones d'accès aux ouvrages. Depuis juillet 2013, c'est la drague aspiratrice en marche (DAM) *Anita Conti* (GPMB) qui assure l'entretien des fonds en remplacement de la DAM *Pierre-Lefort*.

Le dragage mécanique (drague à benne) est employé pour l'entretien des souilles et postes à quai, qui sont plus difficiles d'accès aux dragues aspiratrices en marche. L'engin en poste au GPMB est *La Maqueline*.

Dans le futur, le GPMB envisage de compléter le dragage mécanique par la pratique du dragage à injection d'eau dans les souilles des installations portuaires. Cette pratique s'est avérée performante lors des expérimentations réalisées en Gironde entre 2009 et 2011 (autorisation inter-préfectorale du 1^{er} février 2011). Elle a été, à nouveau, expérimentée en 2015.

3.1.2.2. Méthode – planification des dragages

3.1.2.2.1. Dragage

Le chenal de navigation est divisé en une vingtaine de passes qui sont plus ou moins sujettes aux phénomènes d'envasement-ensablement. Les passes les plus critiques sont levées tous les mois voire tous les 15 jours ; les passes qui évoluent peu ne sont surveillées que tous les 6 à 12 mois.

Les passes les plus critiques doivent être draguées très régulièrement :

- Aval : Richard, Goulée et By ;
- Intermédiaire : Saint-Julien, Pauillac, et Cussac ;
- Amont : Bellerive, Pachan et Caillou.

Le GPMB rencontre des difficultés, malgré les moyens mis en œuvre, à tenir les cotes objectifs sur ces passes.

Au cours des années 2000-2010, des conditions hydrologiques particulières ont conduit à une dynamique de dépôt sédimentaire difficile à anticiper et à prévenir. Cependant, l'analyse des données de dragages récentes (période 2011-2014) montre une planification spatio-temporelle plus conforme avec la gestion théorique du service Dragage du GPMB :

- Dragages intensifs sur le secteur aval de l'estuaire en mai-juin (400-600 000 m³/mois) suivis par des dragages par « anticipation » en août-octobre (300-500 000 m³/mois).
- Dragages intensifs sur le secteur intermédiaire de l'estuaire en septembre-novembre (400-500 000 m³/mois) suivis par des dragages par « anticipation » en décembre-février (300-500 000 m³/mois).
- Dragage compliqué sur le secteur amont (Garonne) dû à la présence quasi permanente du bouchon vaseux dans ce secteur.

3.1.2.2.2. Immersion

Actuellement, tous les sédiments issus des dragages d'entretien sont immergés.

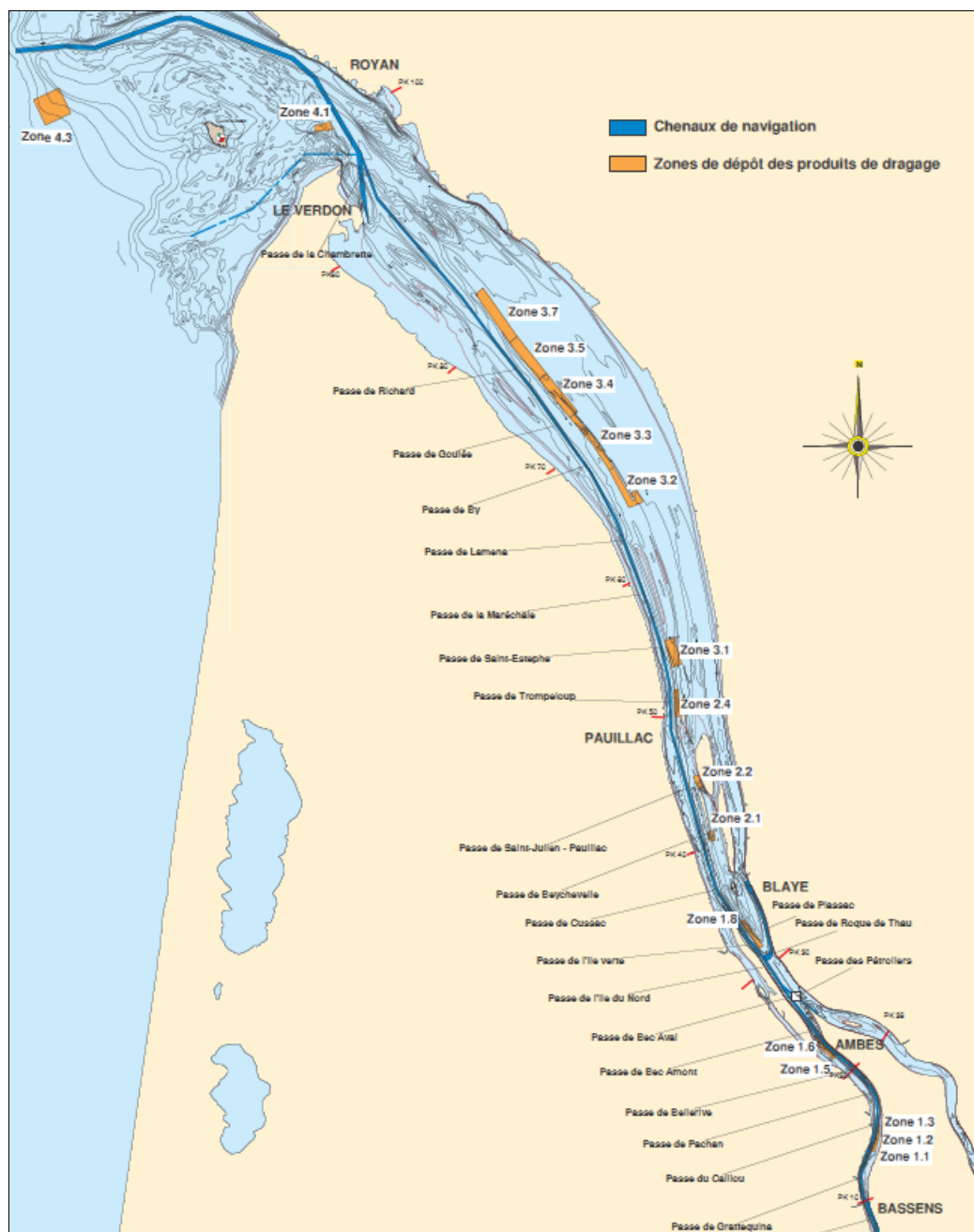
Dix-sept zones de dépôt sont autorisées actuellement, numérotées en fonction de leur localisation dans l'estuaire (cf. figure page suivante). En pratique, seuls 4 sites reçoivent près de 80% des volumes dragués : 1.8, 2.4, 3.4 et 3.7, en lien avec les volumes dragués sur les secteurs proches.

L'organisation des opérations d'immersion suit les principes suivants :

1. Pas de clapage de la DAM Anita Conti dans la Garonne (choix du GPMB) ; les sédiments dragués par la DAM dans la Garonne sont immergés sur la zone de vidage 1.8, dans l'estuaire. La Maqueline est autorisée à claper dans la Garonne (zones 1.2 et 1.3) ;
2. Clapage sur la zone aval la plus proche de la zone draguée (même secteur géographique de l'estuaire).

Cette organisation répond à un objectif économique et pratique (distance minimale entre la zone draguée et la zone de dépôt).

Figure 9 : Localisation des zones d'immersion des sédiments dragués



3.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER

3.2.1. Analyse des données disponibles

Les analyses physico-chimiques des sédiments dragués sont réalisées, chaque année, conformément à l'arrêté. De plus, des campagnes bathymétriques des zones de dragage et d'immersion sont réalisées régulièrement. Ces différentes données couplées aux différents échanges avec le GPMB permettent d'avoir une première vision des techniques et méthodes de dragage.

Néanmoins, la connaissance du devenir des sédiments immergés est modérée. Certes, une étude réalisée en 2012 a permis d'affiner la connaissance de ces processus physiques à court terme (DAM Pierre Lefort). Cependant, l'évolution dans le temps du panache n'est pas étudiée. De plus, les différents processus physiques décrits nous semblent confus : phase dynamique / descente en masse, panache turbide et nuage turbide de surface. A noter que les retours d'expérience en Loire ont montré les limites de la méthode et de la technique de l'ADCP dans le suivi du panache. Notamment les 3 premières minutes après le clapage ne peuvent pas faire l'objet de mesures dû aux limitations techniques de l'ADCP.

Le devenir des sédiments à moyen ou long terme sera approché, dans la suite de l'étude, à partir de la modélisation et des analyses bathymétriques.

3.2.2. Investigations complémentaires

3.2.2.1. Investigation sur la nature et la qualité des sédiments dragués et immergés :

Les campagnes de caractérisation des sédiments sur les zones de dragage sont réalisées chaque année. Sur ces passes draguées, il peut s'écouler plusieurs mois entre les prélèvements et les opérations de dragage. Par conséquent, les caractéristiques des sédiments analysés ne correspondent pas nécessairement avec celles des sédiments effectivement dragués (décalage temporel probable).

Tableau 4 : Qualité des sédiments dragués et immergés - Investigations proposées

Thématique	Objectifs	Besoins	Localisation	Fréquence / durée
Qualité des sédiments dragués et immergés	<ul style="list-style-type: none"> - Caractériser la nature des sédiments dragués et état de contamination - Analyser les processus géochimiques au cours des opérations de dragage et d'immersion 	Prélèvements sédimentaires sur la zone de dragage (juste avant dragage), dans le puits, sur la zone de vidage juste après clapage. Analyses physico-chimiques + écotoxicité	Sur les zones les plus draguées : <ul style="list-style-type: none"> - estuaire aval : By ou Goulée ou Richard - estuaire central : Saint-Julien-Pauillac - estuaire amont : Caillou ou Pachan ou Bellerive 	Unique, à réitérer en fonction des résultats

3.2.2.2. Investigations pour la caractérisation des sites d'immersion

Une connaissance détaillée des conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires sur les principaux sites d'immersion serait très utile :

- Pour analyser les forçages locaux (courants de marée, densité, résiduels) ;
- Pour évaluer les processus hydrosédimentaires « naturels » c'est-à-dire non associés aux processus dynamiques des opérations d'immersion.

Tableau 5 : Caractérisation des sites d'immersion - Investigations proposées

Thématique	Objectifs	Besoins	Localisation	Fréquence / durée
Caractérisation des sites d'immersion	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier les conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires des zones de vidage : forçages, flux érosifs 	Pose de stations de mesures fixes, munies de capteurs (niveau, courant, MES) sur la colonne d'eau	Proposition à ce stade : sur les 4 zones les plus utilisées (1.8, 2.4, 3.4 et 3.7) ou à définir selon les résultats de la modélisation	Unique Pendant une période minimale de 15 jours (morte-eau – vive-eau)

3.2.2.3. Connaissances sur le devenir des sédiments lors des dragages

Avec la drague *Anita Conti*, la surverse est pratiquée dans un objectif de densification du chargement. Elle est effectuée dans la manière suivante (com. GPMB) :

- Dragage de vases : la durée de la surverse est de l'ordre de quelques minutes ; il s'agit d'évacuer l'eau chargée située en partie haute du puits. Le gain associé pour le chargement est de l'ordre de 5 à 10% maximum. Ces informations sont fournies par le GPMB et ne figurent pas dans les journaux de production.
- Dragage de sables : la durée de la surverse est de l'ordre de plusieurs dizaines de minutes. Il s'agit dans un premier temps de permettre la décantation du sable transporté par le pompage de l'eau puis en fin de chargement d'enlever l'eau située en partie haute du puits, par l'abaissement des déversoirs. Le gain associé pour le chargement est de l'ordre de 60 à 70% environ. Ces informations sont fournies par le GPMB et ne figurent pas dans les journaux de production.

Afin d'avoir une vision critique sur cette pratique et de vérifier son intérêt, il faudrait pouvoir comparer les informations suivantes : la durée de la surverse, l'optimisation de la densité en puits au cours de la surverse, le temps de navigation entre le lieu de dragage et le lieu de dépôt.

3.2.3. Niveau de connaissance – bilan enjeux

Le tableau ci-dessous synthétise les niveaux de connaissance et sensibilités/enjeux associés pour les principaux paramètres :

Tableau 6 : Bilan des enjeux – thématique « dragage GPMB »

Thématique	Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
Caractéristiques techniques des dragages (moyens, zone de rejet, ...)	Bon / satisfaisant	Paramètre technique	Selon les moyens de dragage, les modes de gestion peuvent être différents	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>
Caractéristiques des sédiments dragués	Modéré	Source : apports amont, fluviaux. Interrelations entre la qualité des eaux, des sédiments, des milieux.	Selon la nature, la granulométrie, la qualité, les solutions de gestion seront différentes.	Prélèvements de sédiments dragués et analyses : - Zone de dragage : juste avant dragage, - Puits de la drague - Zone de clapage : juste après immersion
Devenir des sédiments immergés	Modéré	Remobilisation des sédiments et processus physiques (turbidité, recouvrement des fonds...), chimiques (solubilisation des contaminants...) et biologiques associés.	Direct : au cœur de la réflexion	<i>Amélioration de la connaissance*</i> : - Pose de stations de mesures fixes (courant, MES...) sur les 4 principales zones d'immersion - Amélioration de la connaissance du devenir des sédiments dragués à court terme

Code couleur - Enjeu /Sensibilité			
Aucun	Faible	Modéré	Fort

* Les mesures présentées dans le cadre de l'amélioration de la connaissance ne peuvent pas être réalisées dans le temps imparti pour la présente étude. Toutefois ces investigations, visant à mieux appréhender les processus estuariens, pourraient être réalisées ultérieurement et méritent d'être présentées ici.

Nota : Il s'agit d'une analyse préliminaire des enjeux qui sera approfondie en phase 2.

4. THEMATIQUE : DRAGAGE DES PETITS PORTS DE L'ESTUAIRE

De nombreux ports de plaisance et de pêche sont présents dans l'estuaire, aux côtés des installations portuaires du GPMB.

Comme pour le dragage du GPMB, les processus hydrosédimentaires sont en lien étroit avec les opérations de dragage.

Les volumes générés par le dragage de ces petits ports sont beaucoup moins importants que ceux du GPMB : le volume total cumulé avoisine les 250 000 m³ par an (soit 3% du volume dragué par le GPMB).

Cependant, il est important, pour le plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde, de prendre également en compte les pratiques mises en œuvre.

Conformément aux demandes du Maître d'ouvrage, les dragages analysés des petits ports correspondent uniquement à ceux qui ont fait l'objet d'une Autorisation ou Déclaration de dragage au titre du Code de l'Environnement (L.214-1 à 6). La figure ci-après récapitule ces ports :

Figure 10 : Localisation des petits ports analysés



4.1. PARAMETRES ANALYSES

Les principales sources d'information sont :

- Les contacts téléphoniques et mails avec les gestionnaires portuaires ;
- Les Arrêtés Préfectoraux de dragage ;
- Les dossiers réglementaires de demande d'Autorisation ou Déclaration Loi sur l'Eau lorsqu'ils sont disponibles ;
- Les échanges avec les opérateurs de dragages, intervenants sur les sites.

4.1.1. Techniques de dragage

Deux techniques de dragage, impliquant dans les 2 cas un retour des sédiments extraits au milieu, sont utilisées :

- Les dragues aspiratrices stationnaires (DAS) sont utilisées pour extraire les sédiments dès lors que les volumes dépassent 10 à 20 000 m³ et que les tirants d'eau leur permettent l'accès. Les sédiments sont généralement rejetés directement à l'extérieur du port, via une conduite de refoulement.

Nota : pour certains secteurs (Port Bloc, Bassins à flot n° 1 & 2 et accès aux écluses des bassins à flot), l'entretien est assuré intégralement ou en partie par des dragues à benne.

- Le rotodévasage est utilisé pour draguer des volumes plus faibles (<10 000 m³), plus spécifiquement sur les ports et chenaux à marées. Les sédiments sont remis en suspension et repartent à l'estuaire de la Gironde.

Les filières de gestion mis en œuvre et la répartition des volumes par filière sont quantifiées dans les tableaux suivants :

Tableau 7 : Synthèse de volumes selon les modalités de gestion : rotodévasage ou rejet dans la masse d'eau

Filières	Petits ports	Volume totaux
DAS - Rejet à la Gironde ou à l'estuaire (ou drague à benne)	Les Mathes la Palmyre, Royan, Port Médoc, Port Bloc, Pauillac, Bassins à flots	225 500 à 236 000 m ³ /an
Rotodévasage / redistribution	Ports en gestion SIVU, Saint-Ciers	20 000 à 33 000 m ³ /an

Tableau 8 : Synthèse des prescriptions réglementaires relatives aux dragages des ports de l'estuaire

Filières	Port	Prescription sur les périodes de rejet	
		Saison	Marée
Rejet à la Gironde	Les Mathes la Palmyre	Hors période estivale (juillet/août) Période hiver / automne favorisée	PM+1 à PM+5
	Royan		Pas de prescription spécifique
	Port Médoc	Entre le 1 ^{er} octobre et le 15 mai	Au jusant : PM à PM+5h30
	Pauillac	Information inconnue	
	Bassins Plaisance Bordeaux	Hors période estivale (juin/août)	
Rotodévasage / redistribution	Ports en gestion SIVU, Saint-Ciers	Autorisé toute l'année. Période hiver / automne favorisée	Pas de prescription spécifique

4.1.2. Suivis des opérations de dragage

Les suivis mis en place montrent que la qualité physico-chimique des matériaux ne se dégrade que très peu au regard du référentiel Loi sur l'Eau (seuils N1 / N2). Les seuls écarts constatés (dépassement de seuils N1) l'ont été de manière assez sporadique, sans récurrence.

De nombreuses dégradations de la qualité microbiologique au sein de ces petits ports, ont par ailleurs été relevées, en particulier côté versant Charentais. A noter que ceux-ci font actuellement l'objet d'études spécifiques visant à sourcer puis corriger l'origine de ces désordres.

4.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER

4.2.1. Analyse des données disponibles

L'analyse des données sur les dragages des petits ports met en évidence :

- L'absence de données sur les volumes de sédiments rejetés au rotodévasage ceci en raison de l'absence de levés bathymétriques avant et après les opérations.
- Le contexte hydrosédimentaire local est très peu connu ;
- La qualité des sédiments, notamment d'un point de vue chimique est parcellaire. Cependant, ces dernières années, il semble que des efforts de la part des maîtres d'ouvrage aient été

réalisés (campagne de 2015 d'analyses bactériologiques sur les ports en gestion du SIVU ; campagne N1/N2 lancée par le CG17 sur tous les petits ports en gestion communale).

4.2.2. Investigations complémentaires

Le tableau ci-après précise les investigations complémentaires qui pourraient être menées pour améliorer la connaissance des dragages des petits ports :

Tableau 9 : investigations complémentaires à réaliser – thématique « dragage des petits ports »

Thématique	Données actuelles	Investigations potentielles pour améliorer la connaissance des dragages des petits ports
Données bathymétriques	Manque de données permettant de quantifier les volumes en termes de matériaux remobilisés et redistribués dans la Gironde (rotodévasage).	<i>Amélioration de la connaissance des dragages</i> Réaliser au moins un suivi bathymétrique avant / après sur une opération de dragage pour mieux quantifier l'efficacité et les effets de ce type d'opération
Données qualitatives	Sur le port de Royan : Effort d'échantillonnage jusqu'à présent trop succinct (données REPOM uniquement). Sédiments du port de pêche jamais échantillonnés, avec pourtant des traces de contaminants.	<i>Amélioration de la connaissance des dragages</i> Diagnostic sédimentaire conforme à la circulaire dragage du 14 juin 2000.
	Evaluation de l'impact des opérations sur les communautés benthiques jamais mise en œuvre L'emprise des points de rejets des sédiments pour les ports de La Palmyre et de Royan n'ont pas fait l'objet de suivi spécifique de la macrofaune benthique, or les volumes sont relativement conséquents aux points de rejet.	<i>Amélioration de la connaissance des dragages</i> Mettre en œuvre un suivi du milieu

4.2.3. Niveau de connaissance – bilan enjeux

Le tableau ci-dessous synthétise les niveaux de connaissance et sensibilités/enjeux associés pour les principaux paramètres :

Tableau 10 : Bilan des enjeux – thématique « dragage des petits ports »

	Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
Caractéristiques techniques des dragages (moyens, point de rejet, ...)	Bon / satisfaisant	Paramètre technique	Selon les moyens de dragage, les modes de gestion peuvent être différents	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>
Volume dragué	Modéré	Paramètre technique	Faible au regard des volumes concernés (enjeu technique)	Amélioration de la connaissance* : Suivi bathymétrie pour les opérations de dragage, en particulier pour le rotodévasage
Caractéristiques des sédiments dragués	Modéré	Source : apports amont, fluviaux. Interrelations entre la qualité des eaux, des sédiments, des milieux.	Selon la nature, la granulométrie, la qualité, les solutions de gestion seront différentes.	Suivi du milieu et des caractéristiques physico-chimiques des sédiments dragués du port de Royan.
Devenir des sédiments immergés	Modéré	Remobilisation des sédiments et processus physiques (turbidité, recouvrement des fonds...), chimiques (solubilisation des contaminants...) et biologiques associés.	Direct : au cœur de la réflexion	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>

Code couleur - Enjeu /Sensibilité			
Aucun	Faible	Modéré	Fort

* Les mesures présentées dans le cadre de l'amélioration de la connaissance ne peuvent pas être réalisées dans le temps imparti pour la présente étude. Toutefois ces investigations, visant à mieux appréhender les processus estuariens, pourraient être réalisées ultérieurement et méritent d'être présentées ici.

Nota : Il s'agit d'une analyse préliminaire des enjeux qui sera approfondie en phase 2.

5. THEMATIQUE : CONTAMINATION : QUALITE DES EAUX, DU SEDIMENT, DU BIOTA

Les estuaires constituent l'ultime réceptacle des contaminants transportés par voie fluviale avant leur export vers les océans. Ces contaminants se retrouvent soit dans l'eau, soit dans les sédiments.

Les opérations de dragage / immersion induisent une remise en suspension de sédiments (essentiellement lors de la phase d'immersion). Ces remises en suspension peuvent provoquer potentiellement un relargage des contaminants dans la colonne d'eau ; ce qui pourrait avoir des effets sur la qualité de l'eau et ainsi indirectement :

- Sur le milieu vivant : filtreurs, ...
- Sur les usages : pêche...

Effet potentiel des dragages sur la contamination - exemple de synopsis

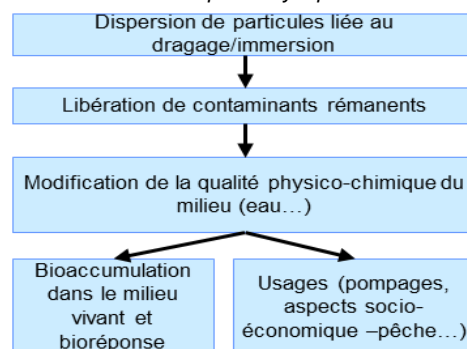
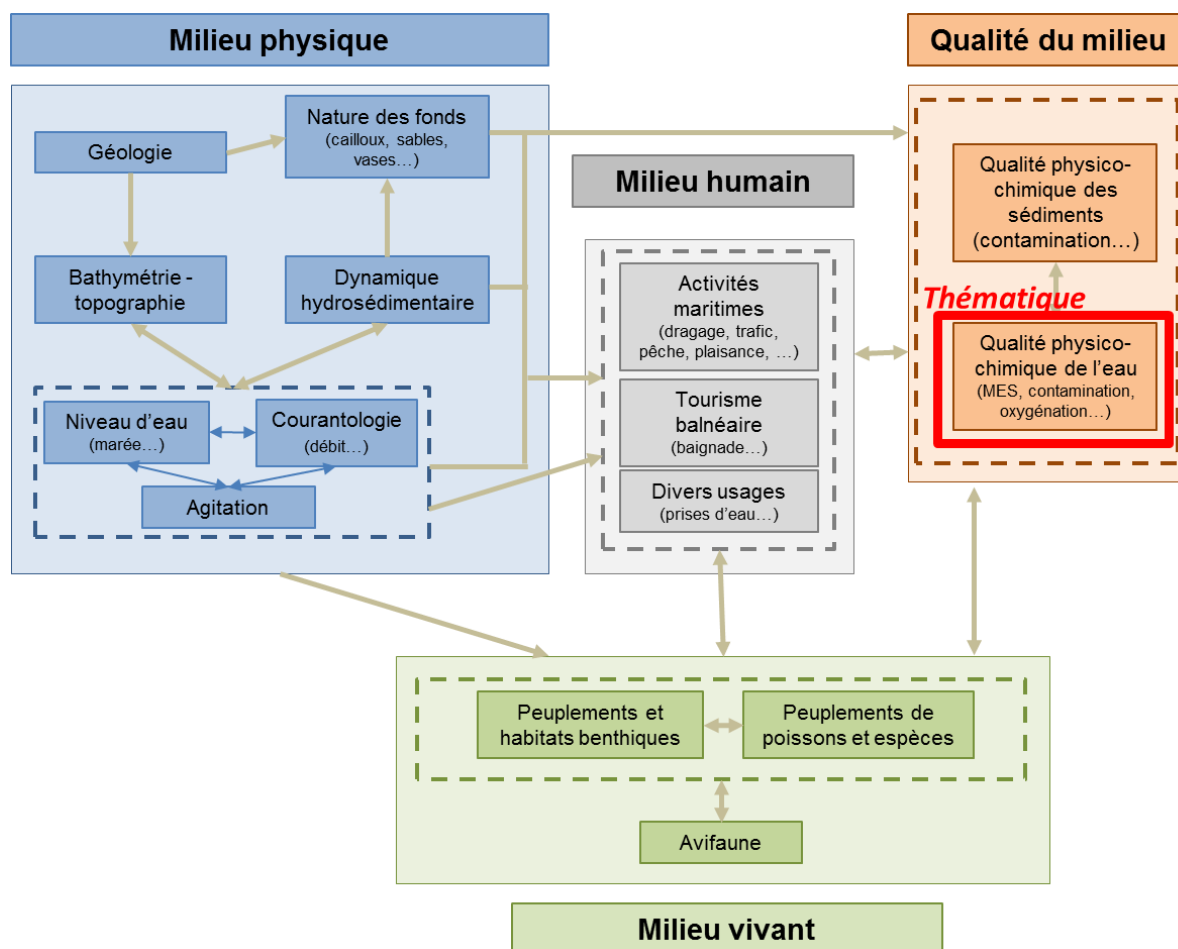


Figure 11 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu



5.1. PARAMETRES ANALYSES

Les principales données existantes et analysées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

Tableau 11 : Principales données existantes analysées – thématique : contamination

Thématique	Données
Eléments traces métalliques	Travaux réalisés par l'Université de Bordeaux (en particulier l'équipe de G. BLANC)
Contaminants émergents et organiques	Travaux réalisés par N. TAPIE, Y. AMINOT et H. BUDZINSKI
Espèces biologiques suivies et effets mesurés	Travaux réalisés par l'équipe d'Hélène BUDZINSKI et N. BAUDRIMONT

Les différentes analyses abiotiques montrent la présence de plusieurs contaminants toxiques comme le cadmium, les PCB et certains composés pharmaceutiques ainsi que leurs impacts sur les organismes et écosystèmes suivant les conditions de l'estuaire.

5.1.1. Les contaminants polymétalliques

Les métaux ont la particularité pour la majorité d'entre eux, d'être associés aux sédiments, sous forme particulaire, dans les cours d'eau avant d'arriver dans l'estuaire de la Gironde.

Dans l'estuaire de la Gironde, suivant les conditions de salinité et du taux de MES, ces métaux vont se « détacher » de ces sédiments et passer dans la colonne d'eau, sous forme dissoute ; et devenir biodisponibles pour les organismes.

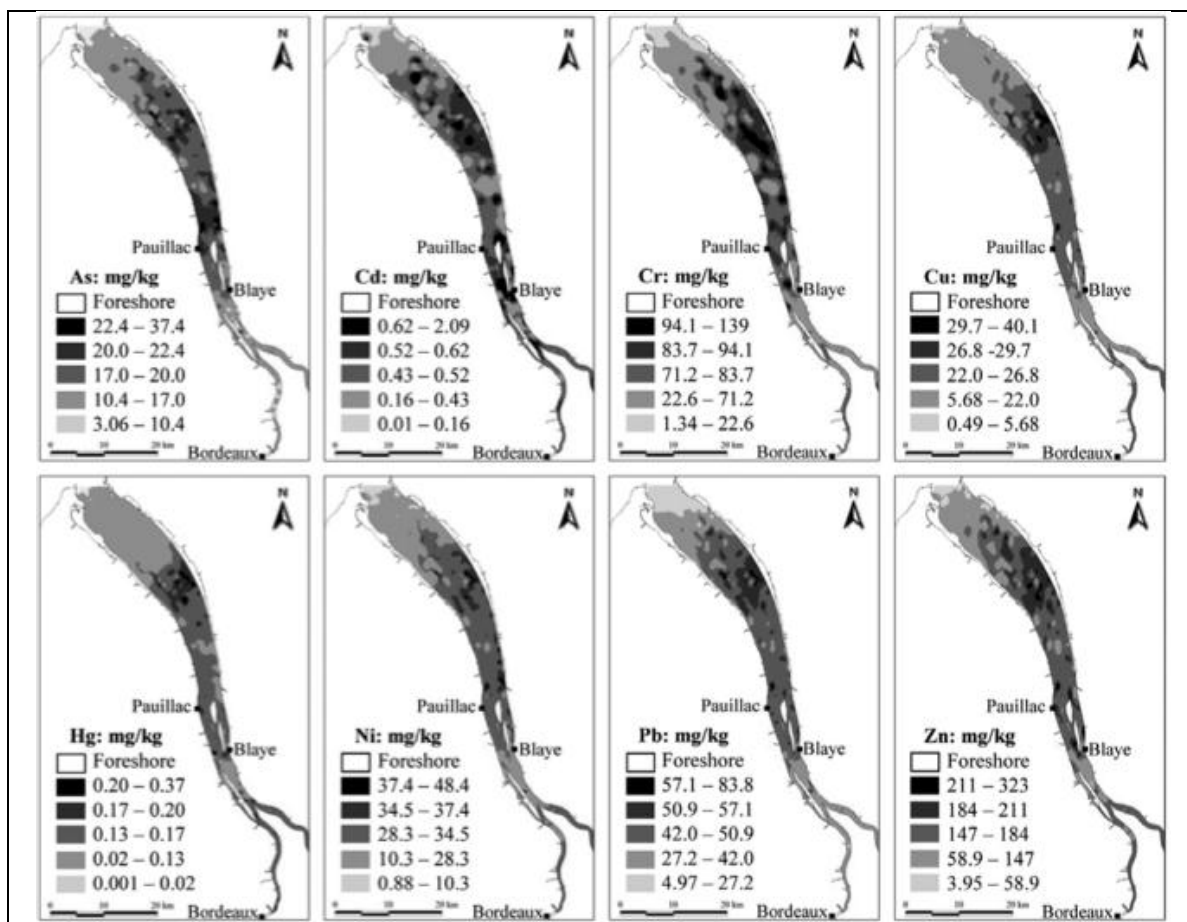
Les stocks métalliques présents dans les sédiments superficiels de l'estuaire représentent entre 1 et 5 fois les apports annuels en éléments traces métalliques (ETM) à l'entrée de l'estuaire. Les concentrations métalliques les plus élevées sont associées aux zones de sédimentation des particules fines, soit au niveau des îles et des Pk60 à 75.

Cette observation démontre, d'une part, l'importance du suivi en amont de l'estuaire des apports en ETM et, d'autre part, la nécessité de prendre en compte le compartiment sédimentaire comme une source potentielle de métaux lors de phases de remise en suspension.

Les ETM le Vanadium (V), le Nickel (Ni), le Cuivre (Cu) et le Cobalt (Co) ont tendance à s'accumuler fortement dans les sédiments de l'estuaire de la Gironde alors que d'autres semblent se déstocker comme le Cadmium (Cd), l'Argent (Ag) et le Mercure (Hg). L'Uranium (U) est conservatif ; de l'amont vers l'aval, il ne change pas de forme et ne se stocke pas dans les sédiments ou très peu. Les concentrations importantes en Cd observées dans l'estuaire constituent un enjeu très important pour le plan de gestion de dragage.

Le dragage en remobilisant de grandes quantités de sédiments plus ou moins chargés en MES peut influencer la remobilisation des ETM particuliers vers le dissous ; l'enjeu se porte vers les ETM les plus remobilisables, à savoir le Cd, Le Hg, le Pb, le Cu et l'Ag.

Figure 12: Distribution spatiale des contaminants ETM en mg/kg dans les sédiments de surface de l'estuaire de la Gironde (Larrose, 2009 et 2011)



Les différentes analyses réalisées sur les poissons, copépodes et bivalves ont montré une variation spatio-temporelle de l'accumulation métallique avec une plus forte contamination en aval :

- Les filtreurs sont contaminés par le cadmium dissous en aval de l'estuaire. Les huîtres ont une forte tendance à bioaccumuler du cadmium, même avec une faible concentration dans les eaux. Les valeurs de Cd mesurées dans les huîtres endémiques sont les plus élevées des zones littorales françaises (ROCCH, 2012, Ifremer). Ce phénomène s'explique par la persistance d'une pollution historique de Cd et par la remise en suspension de sédiments des rivières et de l'estuaire qui, une fois arrivés dans la zone salée, relarguent du cadmium.
- En période estivale, les anguilles et les corbicules montrent une certaine capacité d'adaptation aux conditions hypoxiques et de contamination métallique de la Garonne. Néanmoins, le stress oxydant et métallique subi par les organismes aquatiques affecte leurs dépenses énergétiques (consommation de lipides pour lutter contre la contamination qui se traduit par une diminution du stockage de lipides (graisses)) au détriment de leur croissance, voire de leur survie.

Nota : Des études spécifiques sur les anguilles démontrent que celles-ci concentrent davantage le cadmium en amont de l'estuaire plutôt qu'en aval de par leur régime alimentaire d'organismes vivants préférentiellement dans les sédiments qui sont plus contaminés en amont de l'estuaire qu'en aval. Cette contamination semble impacter l'anguille jusqu'à son processus de migration et de reproduction et donc son devenir.

5.1.2. Les contaminants organiques

Les PCB et les HAP sont retrouvés dans les sédiments à des teneurs faibles et disparates en fonction des sites suivis :

- HAP : l'analyse des HAP dans les sédiments de surface de l'estuaire de la Gironde a montré que la concentration totale de ces composés et leurs distributions sont plutôt homogènes tout au long de l'estuaire. D'un point de vue écotoxicologique, l'estuaire semble être modérément pollué par les HAP. Les HAP sont hydrophobes ; ils ne persistent donc pas facilement dans l'eau, sauf associés à des surfactants ou adsorbés sur des particules en suspension ou dans le sédiment. Les HAP ne posent pas véritablement de problème dans l'estuaire de la Gironde et ont une capacité à se dégrader sous les UV. Notons toutefois que Les teneurs en HAP (benzo(g,h,i)pérylène et indéno(1,2,3-cd)pyrène) déclassent l'état chimique de la masse d'eau Estuaire fluvial Garonne aval.
- PCB : bien que les valeurs mesurées dans la colonne d'eau de l'estuaire soient très faibles, des quantités importantes de PCB sont mesurées dans les organismes et notamment dans les organes des poissons. Les valeurs relevées dans les poissons sont les valeurs les plus élevées des estuaires français et sont très importantes au regard des PCB mesurés dans les sédiments. Ce phénomène s'explique par une concentration de plus en plus importante des PCB, au fur et à mesure, dans la chaîne trophique. Plus un organisme est situé haut dans la chaîne alimentaire, plus il concentre de PCB.

De plus, des phénomènes dits de « salt in », peuvent remobiliser et « désorber » les PCB retenus dans les sédiments. Toutes remobilisations de sédiments peuvent favoriser le passage du PCB vers la voie dissoute et contaminer ainsi davantage les chaînes trophiques du premier maillon de la chaîne alimentaire jusqu'aux poissons.

Nota : Les composés phytosanitaires et pharmaceutiques ont également été évalués, notamment leur présence et persistance dans l'estuaire entre l'amont et l'aval. Ces résidus peuvent également (comme les PCB) être remobilisés et passer sous forme dissoute dans la colonne d'eau.

5.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER

5.2.1. Analyse des données disponibles

Les principales données existantes correspondent aux travaux de recherche et aux études menées par les universités et les laboratoires de recherche de Bordeaux. Ces données abordent aussi bien les aspects physico-chimiques, biologiques, écologiques qu'écotoxicologiques. A ces travaux s'ajoute le suivi de la qualité des sédiments dans le chenal de navigation mené par le GPMB.

Bien que la connaissance sur les sujets abordés semble importante, il reste des connaissances à acquérir pour accompagner la définition du plan de gestion des sédiments. Ces éléments sont décrits ci-après.

5.2.2. Investigations complémentaires à réaliser

A l'issue de cette première analyse des données disponibles, un certain nombre de nouvelles acquisitions permettraient d'améliorer les connaissances à trois niveaux différents :

- Effets des opérations de dragage et d'immersion - à réaliser dans le cadre de ce projet ;
 - Qualifier la concentration des contaminants ETM, PCB, HAP et composés pharmaceutiques dans les sédiments dragués : prélèvements dans le puits de drague, juste après le dragage et avant clapage ; en effet, les données du GPMB concernant la qualité des sédiments ne correspondent pas forcément aux sédiments dragués ;

De plus, dans ce cadre, des mesures de suivis pourraient être envisagées telles que l'évaluation, sur les zones de clapage, de la concentration en contaminants (ETM, PCB, HAP) des organismes du premier maillon de la chaîne trophique (macro-benthos et méiofaune) ; ceci avant et après clapage (échelle de temps des suivis : plusieurs semaines ou mois). L'objectif serait d'évaluer l'impact des clapages sur la contamination de ces organismes et leur capacité de décontamination. Cette étude permettrait de définir l'impact des clapages sur ces organismes et les temps de retour sur les sites dédiés ;

- Recontextualiser l'effet des dragages et des immersions dans le système naturel estuarien (améliorer la vision des dragages/immersions à l'échelle de l'estuaire – à réaliser à court-moyen terme) :
 - Evaluer le taux de dispersion des sédiments (ceci à court terme – cf. fiche n°2) et de ces contaminants avec la nouvelle drague sur les zones de clapage, au moment du clapage (en complément de l'étude réalisée en 2005 par GEOTRANSFERT « Etude de la remise en suspension des sédiments par les dragages et de la solubilisation de 8 éléments traces métalliques associés »). L'objectif de l'acquisition de ces informations est double :
 - Intérêt dans le cadre de la modélisation ;
 - Intérêt dans le cadre des dossiers réglementaires (analyse des impacts).
 - Actualisation des flux nets de MES et les contributions des dragages sur les flux totaux ;
 - Actualisation / réalisation d'un bilan massique des quantités de cadmium et de PCB présentes dans l'estuaire : l'objectif est d'évaluer le temps nécessaire pour la « décontamination » de l'estuaire ou le temps nécessaire avant que les poissons ne soient plus contaminés en PCB ou les huîtres de l'estuaire en cadmium ;
 - Réalisation des analyses des contaminants ETM, PCB, composés pharmaceutiques sur des carottes profondes dans l'estuaire (connaissance des sources et du stock disponible), en dehors et dans le chenal de navigation pour connaître les concentrations en profondeur sur ces différents sites ;

Cette dernière investigation ne pourrait pas être réalisée dans le temps imparti pour la présente étude. Elle permettrait d'améliorer la connaissance des sources et des stocks de contaminants dans l'estuaire (et pas uniquement dans les sédiments superficiels) et qui pourraient être à la base d'un relargage naturel de contaminants dans le cas de potentielles modifications morphologiques de l'estuaire.

- Recherche – approfondissement de la thématique « contamination » : ces acquisitions ne sont donc pas indispensables à l'établissement du plan de gestion. Elles amélioreraient la connaissance de la contamination, à moyen-long terme :
 - Evaluer l'impact écotoxicologique des résidus médicamenteux sur les organismes le long de la chaîne trophique ; notamment lors de remise en suspension des sédiments par le clapage ;
 - Réaliser des mesures le long d'un transect longitudinal de plusieurs dizaines de kilomètres, avant, dans et après le bouchon vaseux, afin de valider l'évolution de la partition dissous-particulaire ;
 - Réaliser des expériences de dégradation in-vitro permettant de caractériser ces sous-produits des composés pharmaceutiques avant de les rechercher dans l'environnement ;
 - Poursuivre les études écotoxicologiques sur la chaîne trophique pour comprendre le fonctionnement et les impacts possibles.

5.2.3. Niveau de connaissance - enjeux

Dans le cadre du Plan de Gestion des Sédiments et de la définition des dragages, des réflexions doivent être menées pour limiter la remobilisation ou le transfert de ces substances dans l'estuaire afin de limiter l'impact sur la qualité des eaux et les organismes.

Au vue de la connaissance actuelle, les enjeux liés au dragage concerneraient l'augmentation de la contamination abiotique, avec la remobilisation de sédiments contaminés favorisant le passage de la forme particulaire vers la forme dissoute des métaux, de PCB et de composés pharmaceutiques.

Cette remobilisation, pourrait alors entraîner à l'échelle de l'estuaire et du littoral, une augmentation de la concentration « biodisponible » de ces polluants pour les organismes avec :

- Des apports de concentration des métaux dans les huîtres dans la partie aval de l'estuaire;
- Une accumulation plus importante des contaminants dans les organismes des premiers maillons de la chaîne trophique, sur les zones de clapage ;
- Une augmentation des contaminants dans les organismes des prédateurs et grands prédateurs (poissons) résidents dans l'estuaire.

Le tableau ci-dessous synthétise les niveaux de connaissance et sensibilités/enjeux associés pour les principaux paramètres :

Figure 13 : bilan des enjeux – thématiques contamination

Thématique	Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
Contaminants polymétalliques	Bon / satisfaisant	Evolution des contaminations dans le milieu	Remobilisation de sédiments contaminés favorisant la contamination et une augmentation de la concentration « biodisponible » des polluants	Qualifier la concentration des contaminants (prélèvement avant, pendant et après dragages).
Contaminants organiques	Bon / satisfaisant	des conséquences sur les différents compartiments		Amélioration de la connaissance*: dispersion des sédiments à court terme, actualiser les flux de contaminants de l'estuaire

Code couleur - Enjeu /Sensibilité			
Aucun	Faible	Modéré	Fort

* Les mesures présentées dans le cadre de l'amélioration de la connaissance ne peuvent pas être réalisées dans le temps imparti pour la présente étude. Toutefois ces investigations, visant à mieux appréhender les processus estuariens, pourraient être réalisées ultérieurement et méritent d'être présentées ici.

Nota : Il s'agit d'une analyse préliminaire des enjeux qui sera approfondie en phase 2.

6. THEMATIQUE : PEUPELEMENTS ET HABITATS BENTHIQUES

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.

De plus, les peuplements d'invertébrés benthiques sont considérés comme d'excellents indicateurs des conditions environnementales et sont un outil au diagnostic de l'état des milieux estuariens pour les instances européennes.

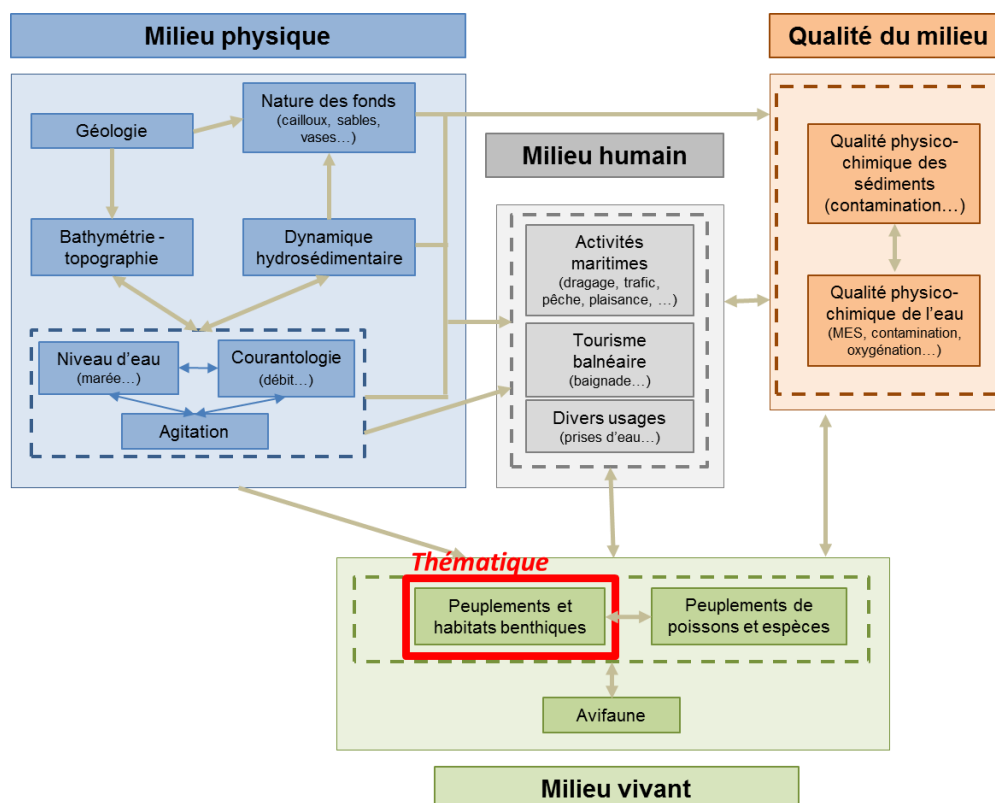
Or, les travaux de dragage / immersion pourraient impacter ces populations sur les secteurs des zones de dragage/immersion :

- Effet direct par destruction / recouvrement des peuplements ;
- Effet indirect par la contamination des eaux.

Et par voie de conséquence l'ensemble de la chaîne alimentaire.

Aussi, les peuplements benthiques constituent un enjeu important du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire.

Figure 14 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu



6.1. PARAMETRES ANALYSES

Les principales sources d'informations sur l'estuaire de la Gironde sont :

- Données bibliographiques anciennes correspondant essentiellement aux publications des travaux de recherche de G. BACHELET ;
- Cartographie des biocénoses réalisées dans le cadre des diagnostics « Natura 2000 en mer de l'estuaire de la Gironde et des Pertuis Charentais » (cartographie basée sur des données anciennes couvrant uniquement la bordure côtière) ;
- Données liées aux suivis des opérations de dragage/immersion (2009 à 2014) dont les suivis de la centrale électrique du Blayais.

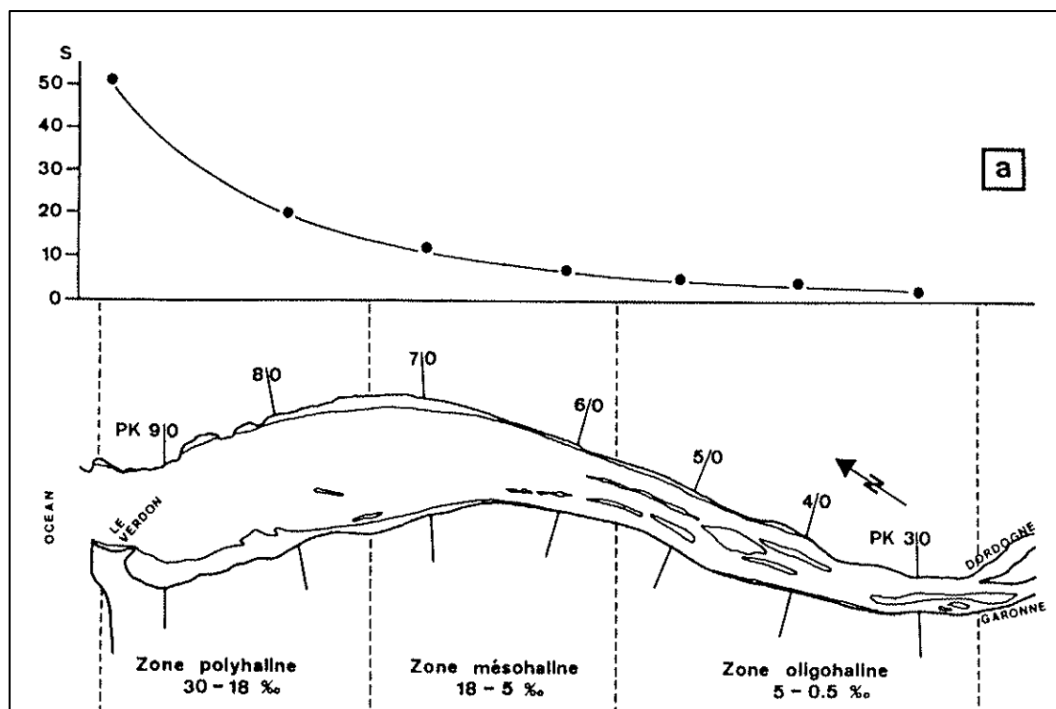
6.1.1. Distribution des espèces dans l'estuaire de la Gironde

La distribution des espèces est liée principalement à la salinité, à la nature du substrat et à la profondeur. Cependant, il n'existe pas de véritable frontière tranchée entre les diverses unités de peuplements.

6.1.1.1. Influence de la salinité

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 reste globalement faible tout au long de l'estuaire. Il existe 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.

Figure 15 : 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)



6.1.1.2. Influence de la profondeur

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.

Le macrobenthos intertidal est plus abondant et plus diversifié que le subtidal et ceci particulièrement dans les vasières de l'estran (Bachelet, et al., 1981).

6.1.1.3. Evolution temporelle

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.

6.1.2. Zones de dragage et 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 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.

6.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER

6.2.1. Analyse des données disponibles

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 études réglementaires ou techniques, constituent un jeu de données hétérogènes quant aux méthodes d'échantillonnage, à la régularité des campagnes, aux experts intervenus. 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.

6.2.2. Investigations complémentaires à réaliser

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.

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 :

- Protocole spécifique d'évaluation des effets des clapages :
 - Suivi de la moitié des zones de clapages au moins, réparties le long de l'estuaire : 6-10 zones (dans l'idéal ; à adapter selon les délais de l'étude en cours). Pour chaque zone un prélèvement à l'intérieur et à l'extérieur (référence) ;
 - Échantillonnage avant/après : par exemple, quelques jours avant et après dragage, puis quelques mois après (moyenne 1/trimestre) ;
 - Recommandations concernant les délais après : fixé et identique ;
- Contraintes de mise en œuvre de ce protocole :
 - Méthode - engins : utilisation des mêmes méthodes (surfaces d'échantillonnage, taille de tamis -macrofaune et/ou méiofaune-) pour les investigations ceci chaque année ;
 - Fréquence : à caler obligatoirement sur les opérations de dragage du GPMB ;
 - Choix d'intervenants: limiter le nombre d'intervenants différents pour avoir une continuité des analyses sur plusieurs années.

6.2.3. Niveau de connaissance – bilan enjeux

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, 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.

Le tableau ci-dessous synthétise les niveaux de connaissance et sensibilités/enjeux associés pour les principaux paramètres :

Figure 16 : bilan des enjeux – thématique benthos

	Niveau de connaissance	Sensibilité / enjeux	Investigations complémentaires à réaliser
Benthos – échelle de l'estuaire	Modéré	Faible à important	-
Benthos – zone de dragage	Faible	Destruction des peuplements	-
Benthos – zone d'immersion	Modéré	Recouvrement des peuplements	Protocole de suivi à mettre en place pour une partie des zones de clapage (prélèvements avant et après immersion)

Code couleur - Enjeu /Sensibilité			
Aucun	Faible	Modéré	Important

Nota : Il s'agit d'une analyse préliminaire des enjeux qui sera approfondie en phase 2.

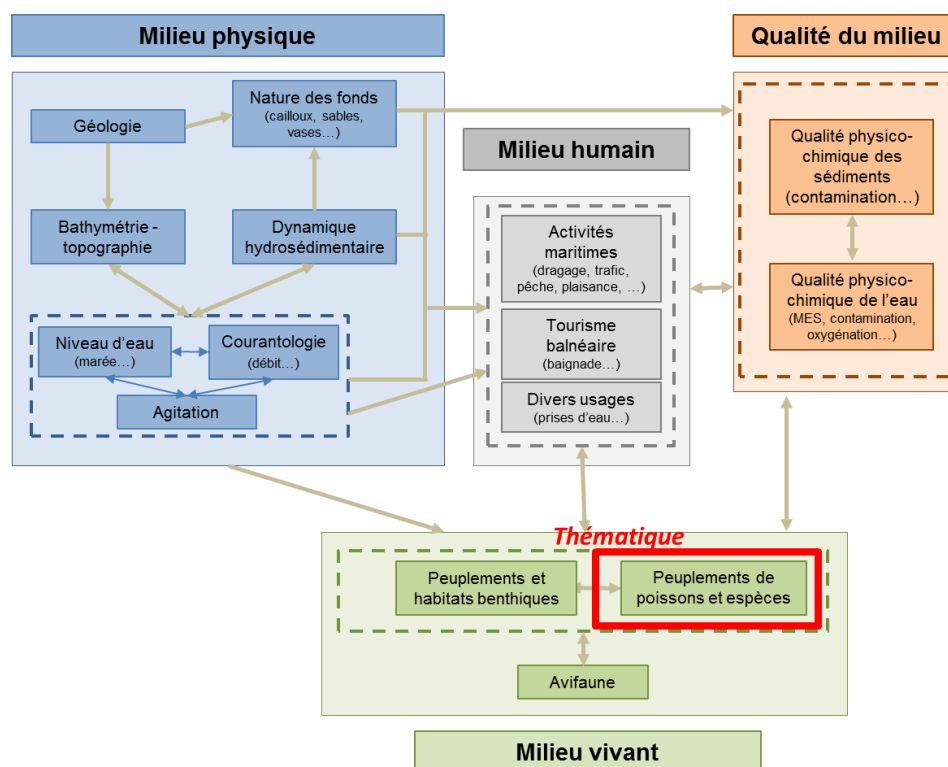
7. THEMATIQUE : PEUPELEMENTS DE POISSONS ET ESPECES

L'estuaire de la Gironde constitue une zone de nourricerie (support d'alimentation pour stades larvaires et juvéniles essentiellement d'après Phil et al 2002), une zone d'alimentation (cas des adultes), un axe migratoire (Auger et Verrel 1997 ; Lobry 2004) et une zone de reproduction (gobies, maigre, anchois, ...).

La ressource halieutique est en lien étroit avec :

- La nature des fonds (habitats) et peuplements benthiques (source d'alimentation) ;
- Les usages – activités économiques (perturbation du milieu par l'intervention humaine) ;
- La qualité du milieu : oxygénation, bioaccumulation des contaminants....

Figure 17 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu



7.1. PARAMETRES ANALYSES

Les principales données existantes et analysées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

Tableau 12 : Principales données existantes analysées – thématique : ressource halieutique

Thématique	Données
Peuplement ichtyofaunistique	Campagnes réalisées dans le cadre de la DCE (2005, 2006, 2009, 2010 et 2011 – estuaire-) et NURSE (essentiellement dans l'estuaire externe, 2013) – M. Lepage Données IRSTEA du suivi du CNPE du Blayais Guy Bachelet de l'Université Bordeaux I Bibliographie générale
Relations poissons / Habitats	Influence de la salinité : travaux de Lobry essentiellement Sensibilité aux perturbations : travaux de Coiraton et Corredoira

L'estuaire de la Gironde apparaît comme un milieu qui, au début des années 2000, présentait une diversité assez importante du peuplement ichthyofaunistique (plus de 70 espèces recensées pour les poissons) avec historiquement 11 espèces migratrices parmi lesquelles la dernière population d'esturgeon européen (*Acipenser sturio*).

Toutefois, les travaux effectués dans le cadre de la surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde (Girardin et Castelnaud 2013) montrent des évolutions sensibles au niveau des communautés biologiques et des conditions environnementales :

- Forte réduction des débits fluviaux sur la période 2002 – 2012 avec étiage prolongé favorisant les intrusions salines et donc les espèces euryhalines ;
- Une tendance nette au réchauffement de l'estuaire avec une élévation des températures moyennes de l'ordre de 2°C au niveau du point pk52 (Quintin et al, 2013) ;
- Très forte réduction des effectifs depuis 2003 pour la Grande Alose (*Alosa alosa*) confirmant une tendance observée depuis le milieu des années 1990 avec un minimum atteint en 2008 et pas de réel redressement observé depuis ;
- Une très forte réduction des effectifs de l'Alose feinte (*Alosa falax*) pour la période 2003 – 2009 avec semble-t-il un rétablissement (à confirmer) progressif depuis 2010 ;
- Une abondance très faible pour l'Anguille européenne (*Anguilla anguilla*) sur la période 2003 – 2012 qui s'inscrit dans le fort déclin constaté depuis le début des années 1980 à l'échelle de sa population globale (Dekker et al, 2003) ;
- La disparition de l'Eperlan (*Osmerus eperlanus*) qui n'a plus été capturé dans l'estuaire de la Gironde depuis l'année 2006 ;
- Une fréquentation régulière avec des niveaux d'abondance parfois élevés du Maigre (*Argyrosomus regius*) depuis 2003 alors que cette espèce n'était détectée que de façon épisodique sur la période 1993 – 2002 ;

Ainsi, l'estuaire de la Gironde a connu, ces dernières années, des évolutions sensibles qui conduisent à le considérer comme un milieu « perturbé » sous l'influence de plusieurs facteurs agissant à diverses échelles. Les conséquences se font ressentir sur les peuplements biologiques dont certains éléments se retrouvent très fragilisés comme c'est le cas pour la Grande Alose par exemple.

L'estuaire de la Gironde sert de zones de nourriceries / alimentation à de nombreuses espèces, notamment les espèces d'origine marine qui entrent dans l'estuaire pour effectuer leur croissance comme c'est le cas par exemple pour les soles. De nombreuses zones de nourricerie sont présentes dans l'estuaire de la Gironde.

Les travaux effectués sur les réseaux trophiques dans l'estuaire de la Gironde mettent en avant une importance très forte du compartiment détritique (matière organique particulaire, débris,...) comme moteur du réseau trophique estuarien. D'après Iobry et al (2008), 88 % des flux au premier niveau trophique sont dus au compartiment détritique. Les 12% restants sont dus aux producteurs primaires (phytoplancton qui fabrique de la matière organique grâce à l'énergie solaire).

7.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER

7.2.1. Analyse des données disponibles

Sur la totalité des données et éléments collectés, certains datent de plusieurs dizaines d'années alors que d'autres, la majorité, sont issus de travaux récents voire concernent des études et des programmes toujours en cours.

D'un point de vue spatial, les données collectées offrent une bonne / très bonne couverture de l'estuaire de la Gironde.

7.2.2. Investigations complémentaires à réaliser

Il n'y a pas de lacune majeure identifiée dans les données. Il n'apparaît donc pas nécessaire de mettre en œuvre des campagnes d'échantillonnage ou de mesures complémentaires.

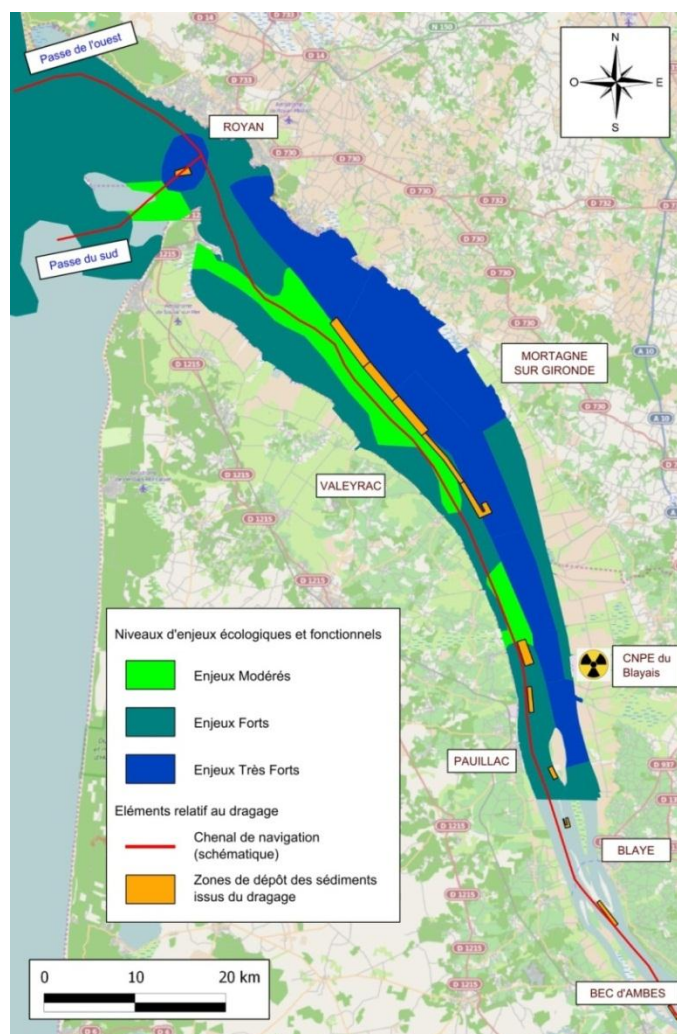
7.2.3. Niveau de connaissance – bilan enjeux

Il apparaît clairement que dans sa très grande majorité, l'estuaire de la Gironde présente des enjeux forts à très forts en raison de la présence de zones de nurseries très importantes pour l'Esturgeon européen et importantes pour la Sole et le Cétéau.

La mise en parallèle de ces différents niveaux d'enjeux avec l'emplacement du chenal de navigation et des zones actuelles de clapage des sédiments issus du dragage montre que certaines zones de dépôt sont soit directement situées dans un secteur avec des enjeux très forts, soit à la frontière immédiate de telles zones.

Pour ce qui est du chenal de navigation, son tracé recoupe majoritairement des zones à enjeux modérés avec cependant un linéaire non négligeable à l'intérieur de zones à enjeux forts voire très forts pour ce qui est de l'embouchure de l'estuaire de la Gironde.

Figure 18 : Localisation du chenal de navigation (tracé schématique) et des zones de dépôt des sédiments issus du dragage au regard des enjeux écologiques et fonctionnels préliminaires mis en évidence.



Le tableau ci-dessous synthétise les niveaux de connaissance et sensibilités/enjeux associés pour les principaux paramètres :

Tableau 13 : Bilan des enjeux – thématique ressource halieutique

Thématique	Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
Ressource halieutique	Bon / satisfaisant	Modéré à important	Présence d'espèces protégées et à enjeux (esturgeon, anguille, alose) Les opérations de dragage/rejet pourraient affecter directement ces espèces ou indirectement leur habitat et zone d'intérêt (nourricerie, ...)	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>

Code couleur - Enjeu /Sensibilité			
Aucun	Faible	Modéré	Important

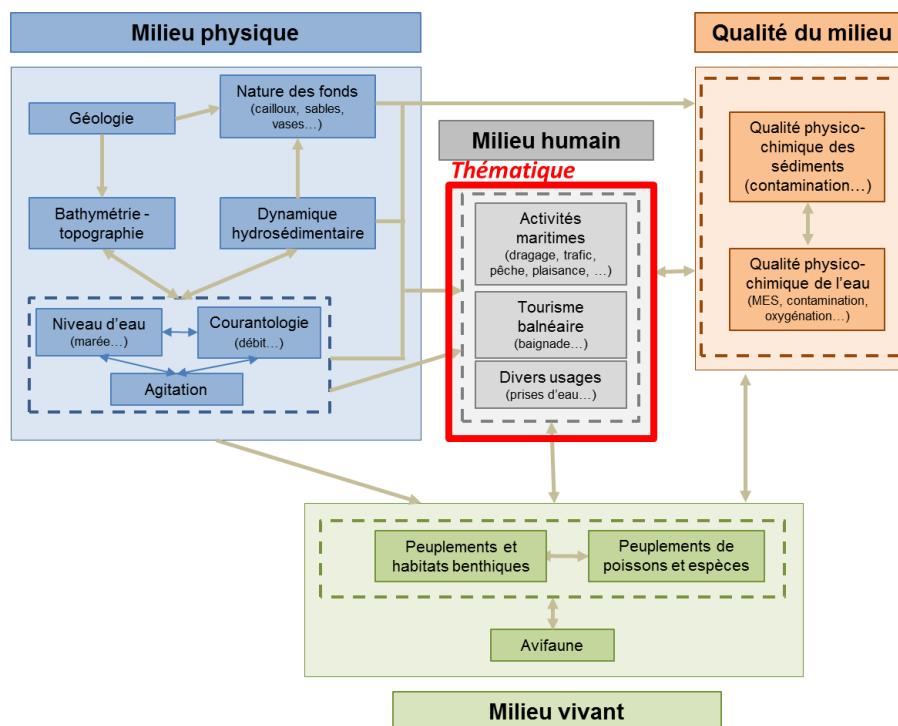
Nota : Il s'agit d'une analyse préliminaire des enjeux qui sera approfondie en phase 2.

8. THEMATIQUE : USAGES

L'estuaire de la Gironde est le support de nombreuses activités, qui se sont développées autour de ses ressources (eau, poissons, sables...) : prises d'eau industrielles, pêche, aquaculture, extraction de granulats à l'embouchure.

Toutes ces activités présentent des dépendances plus ou moins fortes avec l'environnement estuarien ; elles sont tributaires de la qualité du système et de sa dynamique naturelle.

Figure 19 : Visualisation de la thématique au sein de l'ensemble des compartiments du milieu



Le plan de gestion des sédiments dragués dans l'estuaire de la Gironde doit prendre en compte les contraintes et les besoins technico-économiques des usagers.

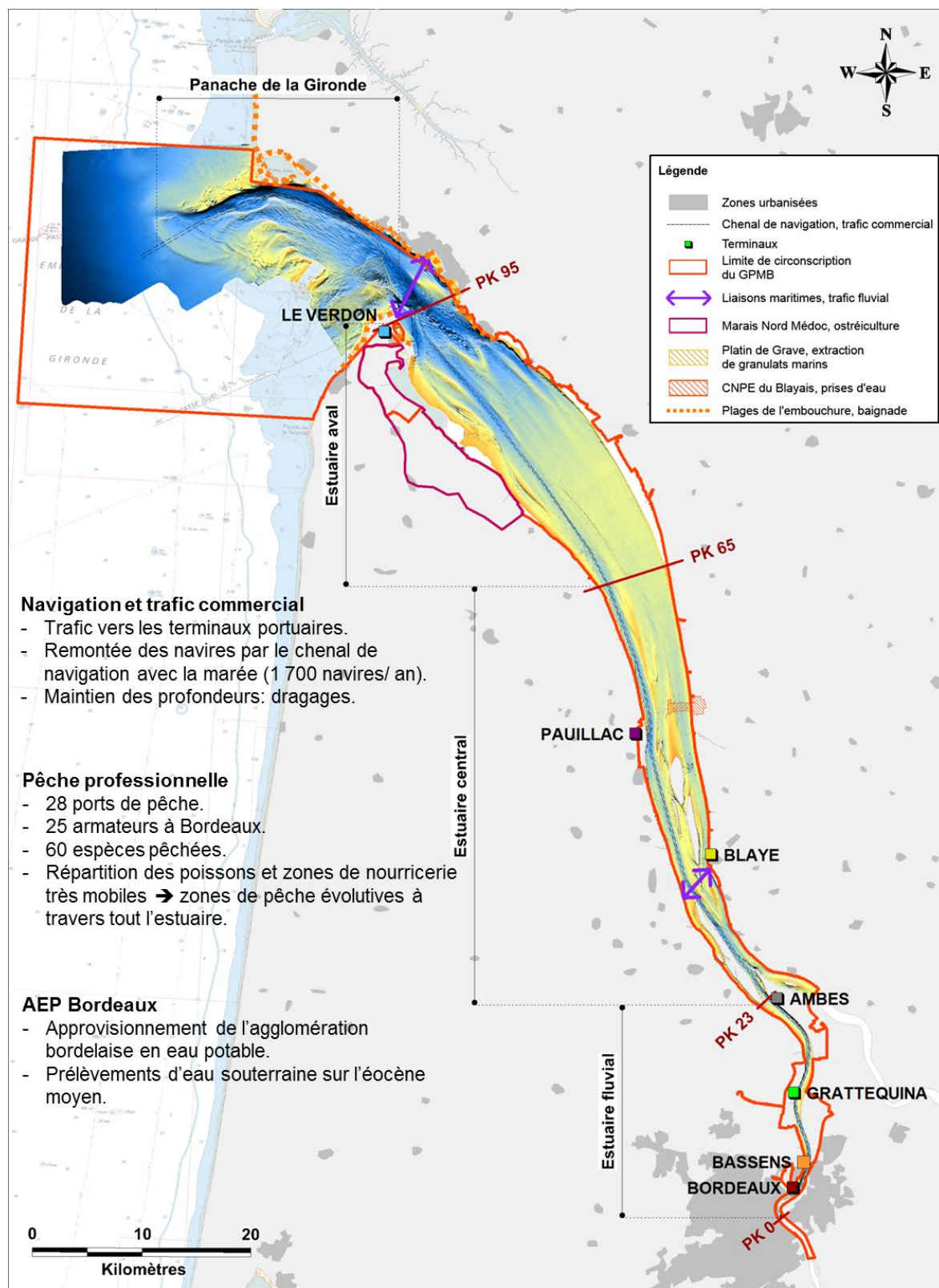
8.1. PARAMETRES ANALYSES

Les principales données existantes et analysées dans le cadre de cette étude sont les suivantes :

Tableau 14 : Principales données existantes analysées – thématique : usages

Thématique	Données
Navigation et trafic commercial du GPMB	Données du GPMB
Exploitation des granulats dans l'estuaire	Etude d'impact (2003) réalisée dans le cadre de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux sur la concession du Platin de Grave
Filières pêche, ostréicole et aquacole	Site internet du Comité Départemental des Pêches Maritimes et des élevages Marins de Gironde Travaux réalisés par l'AGLIA et le CRPMEM Entretiens avec AADDPPED33, CRPMEM Poitou Charentes
Centrale du Blayais	Entretien téléphonique avec la centrale
Autres thématiques	Site internet (zone de baignade, tourisme...)

Figure 20: Carte de synthèse des principaux usages dans l'estuaire.



8.1.1. Navigation

Le trafic du GPMB est en moyenne de 8,5 millions de tonnes par an ; ceci représente environ 1 700 navires par an qui empruntent le chenal de navigation.

Outre la navigation commerciale, deux liaisons maritimes assurent la traversée de l'estuaire de la Gironde : l'une entre Le Verdon et Royan et l'autre entre Blaye et Lamarque. Ces liaisons assurent le franchissement de l'estuaire aval. Elles prennent en charge plus de 1 million de passagers par an.

Plus d'une vingtaine de ports de plaisance sont répartis sur l'estuaire ; les plus fortes capacités d'accueil sont offertes dans les ports situés à l'aval de l'estuaire (près de 2 500 places). Les ports situés plus en amont sont principalement des ports d'échouage.

8.1.2. Pêche

Les marins-pêcheurs pratiquent plusieurs types de pêche de manière saisonnière sur l'estuaire de la Gironde. Les principales espèces ciblées sont le maigre, la lamproie et la civelle en période hivernale.

8.1.3. Conchyliculture

La conchyliculture n'est actuellement pas présente dans l'estuaire (au sens strict) pour des raisons sanitaires compte tenu de la qualité de l'eau.

Pour le captage des naissains, 71 concessions de captage sont situées dans la rivière en face de Talais et Saint-Vivien.

Depuis la publication de l'arrêté préfectoral du 4 juillet 2014, l'activité d'affinage de bivalves est autorisée pour l'ensemble de la zone des polders, depuis le Verdon jusqu'à Jau-Dignac-et-Loirac.

Cependant, il existe une aquaculture dans les marais du Médoc (élevage de gambas). Cette activité saisonnière (mai à octobre) représente une dizaine de tonnes de crevettes par an. Ce sont les eaux de l'estuaire de la Gironde qui alimentent les marais et les bassins d'élevage : la qualité des eaux estuariennes est donc essentielle pour l'aquaculture de gambas des marais médocains.

8.1.4. Centrale du Blayais

L'eau prélevée dans l'estuaire de la Gironde est indispensable pour le fonctionnement de la centrale du Blayais. La demande annuelle est de 4,5 milliards de m³ d'eau. L'approvisionnement de la centrale est assuré par des prises d'eau immergées dans l'estuaire.

Si la turbidité de l'eau dans les circuits n'est pas une contrainte du fait des flux circulant dans les conduites, les dépôts de débris végétaux sur les filtres au niveau des prises peuvent impacter la production de la centrale et sa sûreté. Des dragages d'entretien annuels autour de ces prises d'eau sont assurés par le GPMB pour prévenir ce risque.

8.1.5. Alimentation en eau potable

L'essentiel des prélèvements d'eau destinés à l'alimentation en eau potable est réalisé dans les nappes profondes ; les aquifères de l'Eocène et de l'Oligocène sont les plus exploités. L'aquifère de l'Eocène, le plus sollicité, est en communication avec le système estuarien de la Gironde qui est constitué du fleuve proprement dit mais aussi de nappes d'eaux souterraines fortement minéralisées piégées sous les argiles du Flandrien.

Des invasions par des eaux saumâtres à salées sont observées dans le secteur de la Pointe de Grave et en bordure de l'estuaire, dans sa partie aval. Toutefois il semble que le risque de salinisation de la nappe de l'Eocène soit d'avantage lié à la présence d'eaux fossiles saumâtres ou salées dans les terrasses sous-flandriennes qu'à l'estuaire.

8.1.6. Exploitation des granulats

L'exploitation de granulat est présente à l'embouchure de la Gironde, sur le gisement du Platin de Graves. En moyenne 300 000 m³ de sables et graviers sont prélevés annuellement, sur la concession de 10 km². Les granulats sont déchargés sur les sites de traitement Les Monards et Grattequina dans l'estuaire.

8.2. BILAN SUR LES DONNEES DISPONIBLES – INVESTIGATIONS COMPLEMENTAIRES A REALISER

Les données issues de la bibliographie et les informations complémentaires obtenues directement auprès des usagers sont satisfaisantes pour les besoins de l'étude.

Le tableau page suivante présente une synthèse des usages identifiés dans l'estuaire, des enjeux, des contraintes et besoins de ces activités, et des liens avec les dragages et l'immersion des sédiments dans l'estuaire.

Tableau 15 : Synthèse des usages, enjeux et liens avec la gestion des sédiments de dragage dans l'estuaire de la Gironde

Usage	Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
Navigation commerciale	Bon / satisfaisant	Remontée des navires jusqu'aux terminaux portuaires, sécurité de la navigation.	Les dragages d'entretien sont nécessaires pour le maintien des accès nautiques	Pas de besoin identifié pour l'étude
Pêche	Bon / satisfaisant	Maintien de la profession dans l'estuaire.	La turbidité et les dépôts pourraient affecter la ressource trophique et ainsi avoir des conséquences sur la ressource exploitable et donc la profession	
Aquaculture	Bon / satisfaisant	Productivité. Approvisionnement des fermes avec les eaux de l'estuaire.	La remobilisation des contaminants pourrait impacter la qualité des eaux de l'estuaire et donc les fermes	
Prélèvements d'eau souterraine pour l'alimentation en eau potable	Bon / satisfaisant	Approvisionnement de l'agglomération bordelaise en eau potable (éocène moyen)	L'influence de la nappe estuarienne sur la nappe de l'éocène moyen	
Prises d'eau dans l'estuaire pour le refroidissement des réacteurs du CNPE Blayais	Bon / satisfaisant	Fonctionnement et sécurité de la centrale.	Les dragages assurent l'entretien des fonds devant les prises d'eau	
Baignade	Bon / satisfaisant	Ouverture des zones de baignage	Effet potentiel des dragages sur la qualité microbiologique des eaux estuariennes	

Code couleur - Enjeu /Sensibilité			
Aucun	Faible	Modéré	Important

Nota : Il s'agit d'une analyse préliminaire des enjeux qui sera approfondie en phase 2.

9. SYNTHÈSE DES SENSIBILITÉS ET ENJEUX

Le tableau récapitule les principaux enjeux identifiés à ce stade de l'étude, ainsi que les investigations complémentaires à réaliser :

Tableau 16 : Synthèse des enjeux des différentes thématiques

Thématique		Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
Hydrosédimentaire – bouchon vaseux	Bathymétrie	Bon / satisfaisant	Chenal : remontée des navires jusqu'aux terminaux portuaires Tout l'estuaire : la morphologie des fonds est en interrelation avec le transport sédimentaire.	Les dragages d'entretien sont réalisés pour assurer le maintien des côtes du chenal (sécurité de la navigation). <i>(enjeux techniques et économiques)</i>	Amélioration de la connaissance* : levé bathymétrique de l'ensemble de l'estuaire
	Hydro-dynamique	Bon / satisfaisant	Au cœur du fonctionnement environnemental et socio-économique de l'estuaire.	Forçages auxquels sont soumis les sédiments clapés. A quelle dynamique sont soumises les zones d'immersion ? <i>(enjeux techniques et économiques)</i>	Pas de besoin identifié pour l'étude
	Hydro-sédimentaire – Couverture sédimentaire	Modéré	Au cœur du fonctionnement environnemental et socio-économique de l'estuaire.	Processus hydrosédimentaires à moyen et long termes sur les zones de vidage. Les zones d'immersion sont-elles stables/ instables sous l'effet des forçages ? Où vont les sédiments clapés non stabilisés ? <i>(enjeux techniques et économiques)</i>	Amélioration de la connaissance* : - Dépôt sédimentaire : analyse des bandes de sondages du GPMB / analyse à partir de nouvelles bathymétries d'ensemble de l'estuaire - Crème de vases : mesures in situ - Transport sédimentaire : campagne de mesures
	Oxygène dissous	Bon / satisfaisant	Au cœur des processus chimiques, biologiques, écologiques.	Influence de la turbidité / des MES sur l'oxygène dissous et donc l'ensemble de la chaîne trophique <i>(enjeu environnemental)</i>	Pas de besoin identifié pour l'étude
Dragage GPMB	Caractéristiques techniques des dragages	Bon / satisfaisant	Paramètre technique	Selon les moyens de dragage, les modes de gestion peuvent être différents	Pas de besoin identifié pour l'étude
	Caractéristiques des sédiments dragués	Modéré	Source : apports amont, fluviaux. Interrelations entre la qualité des eaux, des sédiments, des milieux.	Selon la nature, la granulométrie, la qualité, les solutions de gestion seront différentes.	Prélèvements de sédiments dragués : - Zone de dragage : juste avant dragage, - Puits de la drague - Zone de clapage : juste après immersion
	Devenir des sédiments immergés	Modéré	Remobilisation des sédiments et processus physiques (turbidité, recouvrement des fonds...), chimiques (solubilisation des contaminants...) et biologiques associés.	Direct : au cœur de la réflexion	Amélioration de la connaissance* : - Pose de stations de mesures fixes sur les 4 principales zones d'immersion - Devenir des sédiments dragués à court terme

Elaboration du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde

Etape 1 : Etat des lieux

RAPPORT RM1-E1-0

Thématique		Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
Dragage « Petits ports »	Caractéristiques techniques des dragages (moyens, point de rejet, ...)	Bon / satisfaisant	Paramètre technique	Selon les moyens de dragage, les modes de gestion peuvent être différents	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>
	Volume dragué	Modéré	Paramètre technique	Faible au regard des volumes concernés (enjeu technique)	Amélioration de la connaissance* : Suivi bathymétrie pour les opérations de dragage, en particulier pour le rotodévasage
	Caractéristiques des sédiments dragués	Modéré	Source : apports amont, fluviaux. Interrelations entre la qualité des eaux, des sédiments, des milieux.	Selon la nature, la granulométrie, la qualité, les solutions de gestion seront différentes.	Suivi du milieu et des caractéristiques physico-chimiques des sédiments dragués du port de Royan.
	Devenir des sédiments immergés	Modéré	Remobilisation des sédiments et processus physiques (turbidité, recouvrement des fonds...), chimiques (solubilisation des contaminants...) et biologiques associés.	Direct : au cœur de la réflexion	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>
Contamination	Contaminants polymétalliques	Bon / satisfaisant	Evolution des contaminations dans le milieu des conséquences sur les différents compartiments	Remobilisation de sédiments contaminés favorisant la contamination et une augmentation de la concentration « biodisponible » des polluants	Qualifier la concentration des contaminants (prélèvements avant, pendant et après) Amélioration de la connaissance* : dispersion des sédiments à court terme, actualiser les flux de contaminants de l'estuaire
	Contaminants organiques	Bon / satisfaisant			
Benthos	Zone de dragage	Faible	Faible à important	Destruction des peuplements	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>
	Zone d'immersion	Modéré		Recouvrement des peuplements	Protocole de suivi à mettre en place pour une partie des zones de clapage (prélèvements avant et après immersion)
Ressource halieutique	Ressource halieutique	Bon / satisfaisant	Modéré à important	Présence d'espèces protégées et à enjeux (esturgeon, anguille, alose) Les opérations de dragage/rejet pourraient affecter directement ces espèces ou indirectement leur habitat et zone d'intérêt (nourricerie, ...)	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>
Usages	Navigation commerciale	Bon / satisfaisant	Remontée des navires jusqu'aux terminaux portuaires, sécurité de la navigation.	Les dragages d'entretien sont nécessaires pour le maintien des accès nautiques	<i>Pas de besoin identifié pour l'étude</i>
	Pêche	Bon / satisfaisant	Maintien de la profession dans l'estuaire.	La turbidité et les dépôts pourraient affecter la ressource trophique et ainsi avoir des conséquences sur la ressource exploitable et donc la profession	

Elaboration du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde

Etape 1 : Etat des lieux

RAPPORT RM1-E1-0

Thématique		Niveau de connaissance	Enjeux à l'échelle de l'estuaire	Enjeux en lien avec la gestion des sédiments de dragage	Investigations complémentaires
	Aquaculture	Bon / satisfaisant	Productivité. Approvisionnement des fermes avec les eaux de l'estuaire.	La remobilisation des contaminants pourrait impacter la qualité des eaux de l'estuaire et donc les fermes	
	Prélèvements d'eau souterraine	Bon / satisfaisant	Approvisionnement de l'agglomération bordelaise en eau potable (éocène moyen)	L'influence de la nappe estuarienne sur la nappe de l'éocène moyen	
	Prises d'eau de la centrale du Blayais	Bon / satisfaisant	Fonctionnement et sécurité de la centrale.	Les dragages assurent l'entretien des fonds devant les prises d'eau	
	Baignade	Bon / satisfaisant	Ouverture des zones de baignage	Effet potentiel des dragages sur la qualité microbiologique des eaux estuariennes	

Code couleur - Enjeu /Sensibilité			
Aucun	Faible	Modéré	Important

* Les mesures présentées dans le cadre de l'amélioration de la connaissance ne peuvent pas être réalisées dans le temps imparti pour la présente étude. Toutefois ces investigations, visant à mieux appréhender les processus estuariens, pourraient être réalisées ultérieurement et méritent d'être présentées ici.

Nota : Il s'agit d'une analyse préliminaire des enjeux qui sera approfondie en phase 2.

Figure 21 : Synopsis des principales investigations complémentaires à réaliser

