

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

RAPPORT D'ETAPE 2 : DIAGNOSTIC OPERATIONNEL – DEFINITION DES ENJEUX ET BESOINS

RAPPORT RM1-2-1

ARTELIA Eau & Environnement
Branche MARITIME

6 rue de Lorraine
38130 - Echirrolles
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 2 – Diagnostic					
Version	Description	Rédaction	Vérfié	Approuvé	Date
3	Prise en compte des deux phases de remarques du SMIDDEST 19/05/2016 + 21/06/2016	LTT			29/07/2016
2	Prise en compte des remarques du SMIDDEST, GPMB et AMO du 14/01/2016 et intégration des résultats de la modélisation le 14/03/16	TSD	LTT	SLX	14/03/2016
1	Version provisoire hors modélisation et enjeux financiers	LTT	TSD		23/12/2015

SOMMAIRE

1. CONTEXTE	1
2. EVALUATION DES BESOINS DE L'ACTIVITE DRAGAGE-IMMERSION	2
2.1. ACTIVITE DE DRAGAGE DU GPMB	6
2.1.1. VOLUMES DRAGUES SUR LES PASSES	6
2.1.2. ORGANISATION DES DRAGAGES (PERIODE D'INTERVENTION)	7
2.1.3. NATURE (CARACTERISTIQUES PHYSIQUES) DES SEDIMENTS DRAGUES	10
2.1.4. QUALITE DES SEDIMENTS DRAGUES	13
2.1.4.1. Rappel : qualité des sédiments à l'échelle de l'estuaire	13
2.1.4.2. Qualité des sédiments dragués (chenal de navigation)	14
2.1.4.3. Qualité relative au dépôt à terre	18
2.1.5. ANALYSE DES RETOURS DES SEDIMENTS DANS LE CHENAL (DEPOTS)	19
2.2. ACTIVITE D'IMMERSION DU GPMB	20
2.2.1. VOLUMES IMMERGES (ANNUELS ET MENSUELS)	22
2.2.2. EVOLUTION DES ZONES D'IMMERSION	26
2.2.2.1. Expertise hydrosédimentaire	26
2.2.2.2. Analyse des résultats du calcul hydrosédimentaire	31
2.3. EVALUATION DES BESOINS DE L'ACTIVITE DRAGAGE DES PETITS PORTS DE L'ESTUAIRE	35
2.3.1. VOLUME DRAGUE DANS LES PETITS PORTS	35
2.3.2. NATURE DES SEDIMENTS DRAGUES	38
2.3.3. QUALITE DES SEDIMENTS DRAGUES	38
2.3.4. BILAN POUR LES PETITS PORTS	41
2.4. BILAN	43
3. VISION PROSPECTIVE DES ENJEUX	44
3.1. ENJEUX LIES AUX OPERATIONS DU GPMB	44
3.1.1. ENJEU OPERATIONNEL	44
3.1.1.1. Evolution du trafic	44
3.1.1.2. Dragages d'entretien : cotes de dragage et volumes	44
3.1.1.3. Projets d'aménagement portuaires	46
3.1.1.4. Pratiques de dragage	47
3.1.1.5. Bilan	48
3.1.2. ENJEU ENVIRONNEMENTAL	49
3.1.2.1. Enjeux hydrosédimentaires	51
3.1.2.2. Enjeux contamination	59
3.1.2.3. Enjeux benthos	63
3.1.2.4. Enjeux Ressources halieutiques	64
3.1.2.5. Bilan des enjeux liés aux dragages/rejets GPMB	66
3.1.3. ENJEU FINANCIER	70

3.2. ENJEUX SPECIFIQUES LIES AUX OPERATIONS DES PETITS PORTS	71
4. CONCLUSION	72
ANNEXE 1 : EVOLUTION BATHYMETRIQUES DES ZONES DE VIDAGE 1.8, 2.4, 3.4 ET 3.7	73
ANNEXE 2 : PROTECTIONS REGLEMENTAIRES DE L'ESTUAIRE	74
ANNEXE 3 : RESULTATS DES ANALYSES GEOCHIMIQUES – ELEMENTS TRACES INORGANIQUES	75

TABLEAUX

Tableau 1 – Principales caractéristiques des zones de dragage de l'estuaire de la Gironde.....	4
Tableau 2 – Volumes et caractéristiques des sédiments dragués dans les chenaux d'accès et postes.....	5
Tableau 3 – Concentrations des éléments traces inorganiques dans les sédiments dragués du GPMB	14
Tableau 4 – Zones de dragage potentiellement à enjeux	15
Tableau 5 – Caractéristiques des zones d'immersion.....	21
Tableau 6 – Evolutions bathymétriques sur les zones de vidage et volumes clapés.	28
Tableau 7 – Nombre de jours /an pendant lequel la contrainte de 0,573 N/m ² est dépassée	32
Tableau 8 – bilan des masses de sables sur les zones de vidage - sables.....	33
Tableau 9 – Bilan des masses de vases sur chaque zone de vidage	34
Tableau 10 – Bilan de la stabilité des zones de vidage – vases et vases	34
Tableau 11 – Volume annuel dragué dans les petits ports de l'estuaire.....	35
Tableau 12 – Caractéristiques des sédiments dragués dans les petits ports de l'estuaire	41
Tableau 13 – Bilan des volumes dragués dans l'estuaire de la Gironde	43
Tableau 14 – Bilan des masses rejetées dans l'estuaire	51
Tableau 15 – Zones de dragage potentiellement à enjeux	61
Tableau 16 – Synthèse et sectorisation des principaux enjeux environnementaux dans l'estuaire de la Gironde	67
Tableau 17 – Mise en perspective des enjeux et de l'activité dragage.....	69

FIGURES

Figure 1. Accès nautiques et dragages (Artelia)	3
Figure 2. Comparaison de l'occurrence de la crème de vase avec la section du chenal (adapté de Sottolichio et Castaing, 1999).	6
Figure 3. Volumes moyens dragués par passe de 2000 à 2013 (Artelia)	8
Figure 4. Planification théorique/de principe et pratique de l'activité de dragage (Artelia)	9
Figure 5. Passes sableuses (Artelia d'après plan GPMB)	11
Figure 6. Nature des sédiments dans le chenal de navigation - passes sableuses. (Artelia)	12
Figure 7. Distribution spatiale des concentrations dans les sédiments superficiels en Cadmium (Cd), Cuivre (Cu) et Mercure (Hg), d'après Larosse 2009-2011.	13
Figure 8. Bilan des dépassements des seuils entre 2010 et 2014 sur les passes	16
Figure 9. Focus sur les concentrations en cadmium et mercure sur les passes	17
Figure 10 : Courbes temporelles des masses de vases au sol dans les passes.....	19
Figure 11. Volumes moyens clapés par zone de 2000 à 2013 (Artelia)	22
Figure 12. Evolution annuelle des volumes moyens clapés par zone entre 2000 à 2013 (Artelia)	23
Figure 13. Evolution mensuelle des volumes moyens (2008-2012) clapés par zone (Artelia)	24
Figure 14. Evolution mensuelle entre 2008 et 2012 des 4 zones de vidange les plus utilisés (Artelia)	25
Figure 15. Synthèse des sondages bathymétriques des zones de vidages : existants, reçus et traités.	27
Figure 16. Evolutions bathymétriques sur les zones de vidage et volumes clapés.	29
Figure 17. Evolutions bathymétriques sur les zones de vidage et volumes clapés.	32
Figure 18. Volume - Dragage d'entretien des petits ports de l'estuaire de la Gironde (IDRA)	36
Figure 19. Méthode de dragage d'entretien des petits ports de l'estuaire de la Gironde (IDRA)	37
Figure 20. : Evolution des concentrations en Cadmium selon les ports dragués (valeurs moyennes entre 2003 – 2015) et les volumes moyens rejetés.....	38

Figure 21. : Evolution des concentrations en Mercure selon les ports dragués (valeurs moyennes entre 2003 – 2015) et les volumes moyens rejetés.	39
Figure 22. : Evolution des concentrations en Cuivre selon les ports dragués (valeurs moyennes entre 2003 – 2015) et les volumes moyens rejetés.	39
Figure 23. : Evolution des concentrations en contaminant des sédiments du port du Verdon (2011-2015) (année 2012 manquante).	40
Figure 24. Qualité des sédiments dragués des petits ports de l'estuaire de la Gironde (IDRA).....	42
Figure 25 : Inter-relations générales entre les différents milieux	49
Figure 26 : Effets potentiels des dragages	50
Figure 27 : Cartes de MES moyenne et maximale en vase –vue générale	52
Figure 28 : Cartes de dépôt moyen et maximal -zoom embouchure	54
Figure 29 : Cartes de dépôt moyen et maximal -zoom Verdon Laména.....	55
Figure 30 : Cartes de dépôt moyen et maximal zoom Laména Ambès	56
Figure 31 : Cartes de dépôt moyen et maximal - zoom Ambès-Bordeaux	57
Figure 32 : Emprise spatiale du courant de densité dans l'estuaire de la Gironde (Ginger, in guide méthodologique GEODE).....	59

1. CONTEXTE

La bonne gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde est 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 cette mission a consisté à effectuer un état des lieux, à partir des données collectées auprès des acteurs concernés et rencontrés. Ce travail a fait l'objet d'un rendu final en décembre 2015.

La deuxième phase de la mission, objet de ce rapport, consiste à définir les besoins et enjeux liés au dragage dans l'estuaire.

L'objectif de cette deuxième étape est d'analyser quels sont et où sont localisés dans l'estuaire les besoins actuels en termes de dragage pour assurer le maintien des accès nautiques. Il s'agit ensuite de définir quelle sera l'évolution de ces besoins dans les prochaines années.

Les besoins pour l'activité dragage dans l'estuaire doivent être croisés avec les enjeux environnementaux présents et ceci afin d'identifier des actions de gestion/organisation de cette activité plus favorables à l'état écologique de l'estuaire..

Enfin, un dernier aspect du diagnostic est la vision économique de l'activité dragage-immersion du GPMB.

Le présent document correspond au rapport RM1-E2-1 de synthèse de l'étape 2. Il est accompagné de trois rapports :

- Rapport RM1-E2-2 qui correspond à la description de la construction, du calage hydraulique et de la validation hydraulique du modèle ;
- Rapport RM1-E2-3 qui correspond à la présentation des hypothèses du calcul hydrosédimentaire des opérations de dragage ;
- Rapport RM1-E2-4 qui correspond à la présentation des résultats du calcul hydrosédimentaire

2. EVALUATION DES BESOINS DE L'ACTIVITE DRAGAGE-IMMERSION

Pour rappel préliminaire, l'estuaire est découpé en quatre entités géomorphologiques (Benaouda, 2008, cf. étape 1) :

- Le panache de la Gironde correspondant à l'embouchure ;
- L'estuaire aval entre la Pointe de Grave et Saint-Christoly ;
- L'estuaire central de Saint-Christoly jusqu'au Bec d'Ambès ;
- L'estuaire fluvial (Garonne) du Bec d'Ambès jusqu'à Bordeaux.

Pour l'analyse de l'activité de dragage et d'immersion du GPMB, nous avons redissocié l'estuaire en 5 sections dont les limites sont définies en cohérence avec les pratiques portuaires lors de la transmission aux services de l'Etat (**Figure 1**) (cf. étape 1) :

- Zone 1 – Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde ;
- Zone 2 – Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes ;
- Zone 3 – Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon ;
- Zone 4 – Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac ;
- Zone 5 – Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.

Ces zones intègrent les passes (chenaux), les accès aux terminaux et les postes (souilles au niveau des installations portuaires).

En complément des dragages d'entretien des accès nautiques jusqu'à ses terminaux, le GPMB assure également le dragage d'entretien des installations suivantes :

- Port-Bloc (Verdon) ;
- Prises d'eau du CNPE du Blayais (pk 51-53) ;
- Bassin à flots.

Nous avons synthétisé les caractéristiques de l'activité de dragage, sur les zones draguées, sous la forme d'un tableau unique permettant l'analyse des données et de faire des regroupements entre les sections de l'estuaire.

L'analyse est présentée ci-après et a été transcrite sous forme cartographique pour offrir une vision générale à l'échelle de l'estuaire.

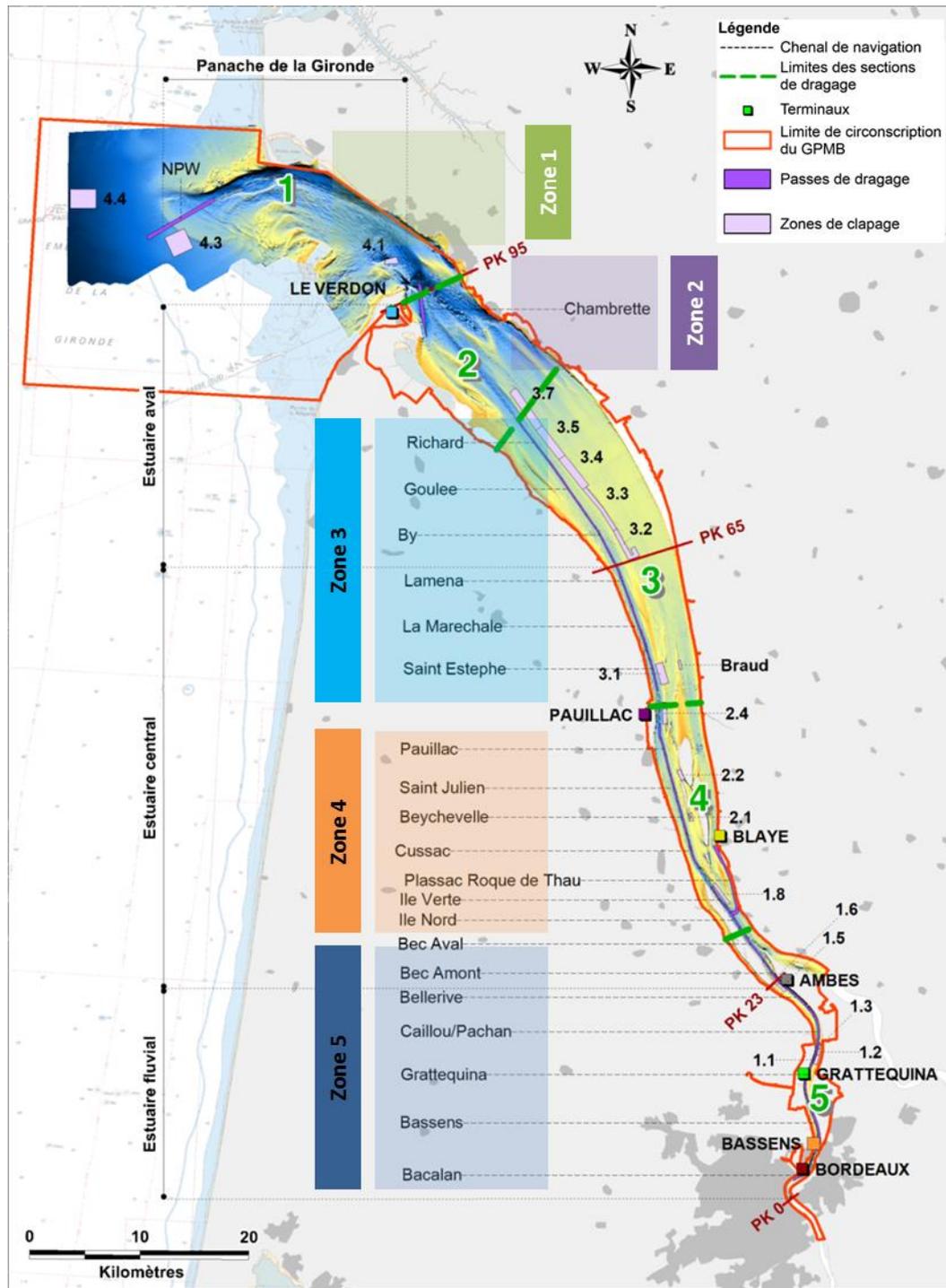


Figure 1. Accès nautiques et dragages (Artelia)

Entités géographiques	Zones (pratiques portuaires)
Panache de la Gironde correspondant à l'embouchure	Zone 1 – Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde
Estuaire aval entre la Pointe de Grave et Saint-Christoly	Zone 2 – Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes
Estuaire central de Saint-Christoly jusqu'au Bec d'Ambès	Zone 3 – Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon
Estuaire central de Saint-Christoly jusqu'au Bec d'Ambès	Zone 4 – Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac
l'estuaire fluvial (Garonne) du Bec d'Ambès jusqu'à Bordeaux	Zone 5 – Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès

Tableau 1 – Principales caractéristiques des zones de dragage de l'estuaire de la Gironde

	SECTIONS	ZONE DE DRAGAGE	PK	ZONES DE VIDAGE ASSOCIEES	DISTANCE MOYENNE INDICATRICE ZD-ZV (en km)	COTE VISEE 2016 m sous 0 étiage	VOLUMES DRAGUES (m ³) Moyenne annuelle (2000-2013)	PERIODE INTERVENTION	SEDIMENTS	
									NATURE	QUALITE
										REMISE EN SUSPENSION / IMMERSION (période 2010-2014)*
pk>95 Polyhalin	Zone 1 – Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.	Ouest		4.3	2	14	450 000	Samuel de Champlain, au mois de juin, juillet ou août chaque année	Sables	<N1-N2
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 – Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes.	Chambrette	92-95	1.8* - 4.1 - 1.5 - 3.7	5	8	Une opération en 2010 sur 2000-2013 : 80 000	Intervention ponctuelle	Sables	<N1-N2
pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésohalin	Zone 3 – Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.	Richard	76-81	3.7 - 3.5 - 3.4	3	8.5	670 000	(+) forts volumes dragués : mai-juin et septembre-octobre. (-) faibles volumes voire nuls : novembre-avril	Sables / vases	Hg >N2 en 2012
		Goulée	70-76	3.7 - 3.4 - 3.3 - 3.5	2	8.3	1 400 000		Vases	Hg >N1 en 2012
		By	66-70	3.4 - 3.7 - 3.3 - 3.5	6	8.2	750 000		Vases	<N1-N2
		Laména	61-66	3.7 - 3.5 - 3.3 - 3.2	18	7.6	Trois opérations 2000, 2004 et 2013 d'environ 90 000		Sables / vases	<N1-N2
		La Maréchale	57-61	3.1 - 3.2 - 3.4	5	7.6	50 000		Vases	<N1-N2
		Saint-Estèphe	53-57	NR	NR	7.6	NR		NR	NE	NE
pk29-55 Mésohalin/oligohalin	Zone 4 – Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.	Saint-Julien Pauillac	45-50 42.5-45	2.4 - 4.1 - 2.2 - 1.8 - 3.7	7	7.9 7.8	2 440 000	(+) forts volumes dragués : septembre-décembre. (-) faibles volumes voire nuls : janvier-mars	Vases	<N1-N2
		Beychevelle	39.5-42.5	2.4 - 2.1 - 2.2	10	7.6	90 000		Vases	<N1-N2
		Cussac	36-39.5	2.4 - 2.1 - 2.2	13	7.6	300 000		Sables	<N1-N2
		Plassac-Blaye	rive droite 30-37.5	2.1 - 1.8	7	4.8	0		Sables / vases	<N1-N2
		Ile Verte	31-34	1.8 - 2.4	1	7.7	10 000		NE	NE
		Ile du Nord	29-31	NR	3 (ZV1.8)	7.8	NR		NE	NE
Pk0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 – Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.	Bec aval	25-29	1.8	6	7.8	370 000	(+) forts volumes dragués : décembre-mars. (-) faibles volumes voire nuls : mai-septembre	Sables / vases	Cd2010>N1 en 2010
		Bec amont	22-25	1.8	9	7.9	2001 : 43 000 et 2005-2008-2012> 10 000		Vases	<N1-N2
		Pétroliers	26-28	1.8	6	5.5	Une opération en 2010 : 100 000		Vases	Hg >N2 en 2012
		Bellerive	19-22	1.8	12	8.1	570 000		Vases	Hg>N1 en 2012
		Pachan	17-19	1.8 - 1.5	15	8.1	330 000		Vases	As & Ni > N1 en 2011 As > N1 en 2012
		Caillou	15-17	1.8 - 1.6	17	8.2	180 000		Vases	Hg>N2 en 2012
		Grattequina	11-15	1.8	20	8	95 000		Vases	Hg>N2 en 2011
		Bassens	6-11	1.8	24	7.9	25 000		Vases	<N1-N2
		Bacalan	2-4	NR	30 (ZV1.8)	5.5	2000 et 2009 : 2 500		Vases	<N1-N2

ZD : zone de dragage. ZV : zone de vidage. NR : non renseigné. NE : non échantillonné.

Code couleur différenciant la valeur minimale de la valeur maximale, ou la nature des sédiments, ou la qualité.

*ZV 1.8 éloignée de la zone de dragage. Il peut s'agir d'un dépôt ponctuel de fin de chantier aval avant d'entreprendre un chantier intermédiaire ou amont.

Nota : en moyenne, un prélèvement par passe est réalisé chaque année. L'analyse est effectuée sur ce prélèvement.

Tableau 2 – Volumes et caractéristiques des sédiments dragués dans les chenaux d'accès et postes.

SECTIONS		ZONE DE DRAGAGE Accès aux terminaux et postes	VOLUMES DRAGUES moyenne interannuelle (2000- 2013) en m ³	SEDIMENTS	
				NATURE	QUALITE
					REMISE EN SUSPENSION / IMMERSION (période 2010- 2014)*
pk>95	Zone 1 – Passe de l'ouest.	Absence	-	-	-
pk81-95	Zone 2 – Verdon :	Terminal du Verdon: Accès 805.806	Accès : 67 000	NE	NE
		Postes.805.806.850.851.85 2.853.854	Postes : 91 000	Sables / vases	Cd > N1 en 2012
pk75-81	Zone 3 – Passes « aval »	Absence	-	-	-
pk29-55	Zone 4 – Passes « intermédiaire »	Terminal de Pauillac: Poste.700	Poste : 3000	Vases	<N1-N2
		Terminal de Blaye: Postes 600.601	Postes : 17 000	Vases	<N1-N2
Pk0-29	Zone 5 – Passes « amont »,	Terminal d'Ambès: Accès 501.511.512	Accès : 19 000	NE	NE
		Postes 501.511.512.517	Postes : 153 000	Vases	Hg > N2 en 2012
		Terminal de Grattequina	-	-	-
		Terminal de Bassens: Accès Bassens aval	Accès : 4 000	NE	NE
		Postes amont : 410.413 à 417. Baranquine : 418.429.430 Postes aval 431.à 440, 443, 449	Postes : 315 000	Vases	<N1-N2
		Terminal de Bordeaux:	Postes : 4 000	NE	NE
		Bassins à flot : poste	-	Vases	Cd, Cu & Ni > N1 en 2010
		Ateliers: GTM, P.200.223.224.241.242.243 .244.245.	Postes : 18 000	NE	NE
Quais RG Bordeaux : P.127.131.134.	Postes : 3000	NE	NE		

NE : non échantillonnée

Code couleur différenciant la valeur minimale de la valeur maximale, ou la nature des sédiments, ou la qualité.

*Nota : en moyenne, un prélèvement par passe est réalisé chaque année. L'analyse est effectuée sur ce prélèvement.

2.1. ACTIVITE DE DRAGAGE DU GPMB

2.1.1. Volumes dragués sur les passes

La cartographie [Figure 3](#) représente les volumes moyens dragués par passe sur les 13 dernières années ; les besoins et l'activité de dragage d'entretien associée sont synthétisés ci-après :

- Sur la partie aval de l'estuaire (zones 2 et 3), les passes les plus draguées sont Richard, Goulée et By ; à elles trois, elles représentent 34% du volume annuel dragué dans le chenal de navigation. L'effort de dragage porté sur ces passes n'est *a priori* pas amené à évoluer dans les années à venir. Des sur-largeurs (augmentation de la largeur de l'estuaire) au niveau de ces passes semblent expliquer la présence de dépôts vaseux dans cette région de l'estuaire (Sottolichio, 1999). En effet, ces sur-largeurs génèrent, d'un point de vue hydraulique des pertes de charge, qui favorisent alors le dépôt de sédiments.
- Sur la partie intermédiaire (zone 4), les passes de Saint-Julien et Pauillac font l'objet de dragages d'entretien récurrents (30% du volume annuel dragué). Cette section du chenal, entre les pk 40 et 50, fait l'objet de fréquents dépôts de vase, dans une zone peu dynamique favorable à la sédimentation des particules en suspension. Pour cette raison, le besoin en dragages pour le maintien des profondeurs sera toujours important dans cette zone.
- A l'amont (zone 5), les passes de Bec aval (5%) et Bellerive-Caillou/Pachan (15%) sont les plus draguées. Pour ces passes également, la géométrie du chenal de navigation (augmentation de la section) semble en partie responsable des dépôts sédimentaires.

Les sections les plus draguées de l'estuaire correspondent à des zones préférentielles de dépôt, résultant d'une section d'écoulement plus large et des pertes de charge associées. Ces éléments confirment l'analyse réalisée par SOTTOLICHIO et CASTAING en 1999 (cf. [Figure 2](#)).

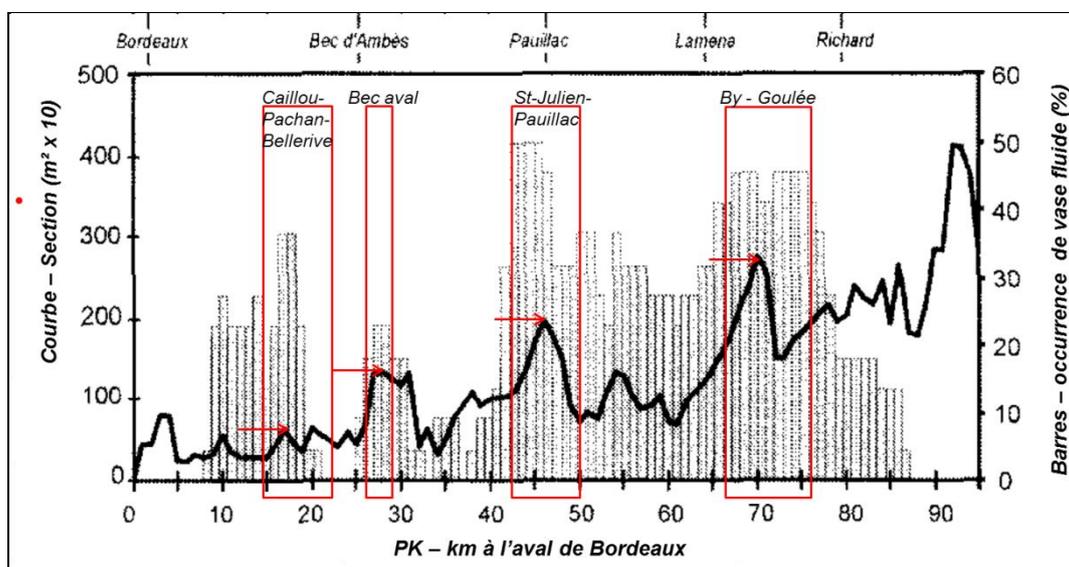


Figure 2. Comparaison de l'occurrence de la crème de vase avec la section du chenal (adapté de Sottolichio et Castaing, 1999).

Les besoins de dragage dans l'estuaire sont donc essentiellement portés sur 4 zones qui représentent 2/3 du volume total dragué annuellement :

- Zone 3 : Passe Richard, Goulée et By (2,8 Mm³) ;
- Zone 4 : Pauillac/Saint Julien (2,4 Mm³).

Ces efforts de dragage requis pour maintenir les profondeurs peuvent s'avérer très importants et parfois difficilement supportables par le service Dragages du port (moyens et engins ne sont parfois pas suffisants pour draguer les dépôts).

Dans le cadre de cette mission, une modélisation représentant les opérations de rejet du GPMB a été réalisée sur l'année hydrologique 2008-2009. Les résultats du calcul montrent que moins de 2 % des vases draguées se déposent dans le chenal ce qui montre l'efficacité des opérations actuelles. Mais seulement 18 % de ces sédiments ont été expulsés vers le large au cours de cette année représentée. Ainsi, la majorité des sédiments (80-85%) restent dans l'estuaire : 5-10% en suspension et 70-75% en dépôt (épaisseur très faible).

Nota : pour les chenaux d'accès aux terminaux et installations portuaires (souilles au droit des ouvrages ou bassins), l'effort de dragage concerne essentiellement la zone 5, lié notamment au plus grand nombre de poste sur cette zone amont.

2.1.2. Organisation des dragages (période d'intervention)

Sur la cartographie **Figure 4**, nous avons représenté par section la planification de principe des dragages associée à la dynamique saisonnière du bouchon vaseux (décrite dans la fiche thématique n°2 : planification de principe issue des retours d'expérience) et la pratique mensuelle de ces dernières années (moyenne 2011-2014). Il ressort de ces éléments que :

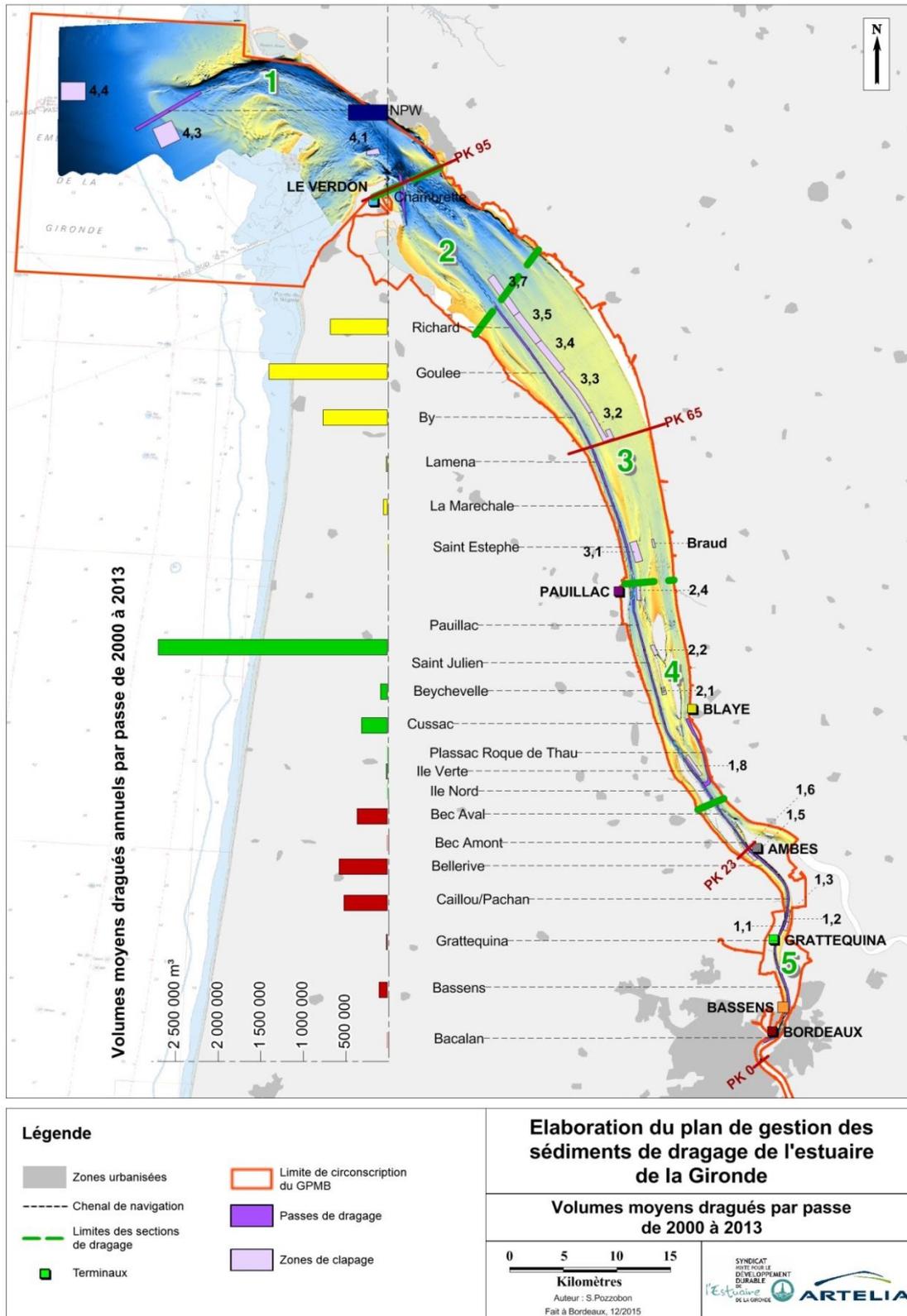
- La section aval (Richard / Goulée / By) (zones 2 et 3) est draguée sur deux périodes principales : mai-juin et septembre-octobre. Elle est peu draguée en période hivernale (moins de 20% du volume total mensuel sur novembre à mars, hors février).
- La section intermédiaire (Saint-Julien / Pauillac / Cussac) (zone 4) est draguée tout au long de l'année (toujours plus de 20% du volume total dragué dans le mois), avec une augmentation de l'intensité des opérations de août à décembre (plus de 40% des volumes dragués mensuellement).
- La section amont (bec d'Ambès, Bellerive), est surtout draguée en période hivernale, de décembre à mars.

Les besoins en dragage sur l'année sont essentiellement portés :

- **Sur les zones 2 et 3 sur mai-juin et septembre-octobre ;**
- **Sur la zone 4 : août à décembre.**

Néanmoins, ces résultats sont à relativiser. En effet, les conditions hydrologiques sont variables d'une année sur l'autre ; même si les principales zones de dépôt sont toujours les mêmes (définies au paragraphe précédent), la quantité et la répartition des volumes peuvent être très différentes, selon l'hydraulicité des fleuves. **La dynamique de dépôt sédimentaire associée à ces conditions est donc difficile à anticiper et à prévenir.**

C'est pour cette raison que la planification des opérations de dragage est complexe et repose sur un suivi hydrographique régulier des passes. Aussi des points chaque mois sont réalisés par le GPMB pour adapter les efforts de dragage.



Nom : zone de dragage (« passe »)

Figure 3. Volumes moyens dragués par passe de 2000 à 2013 (Artelia)

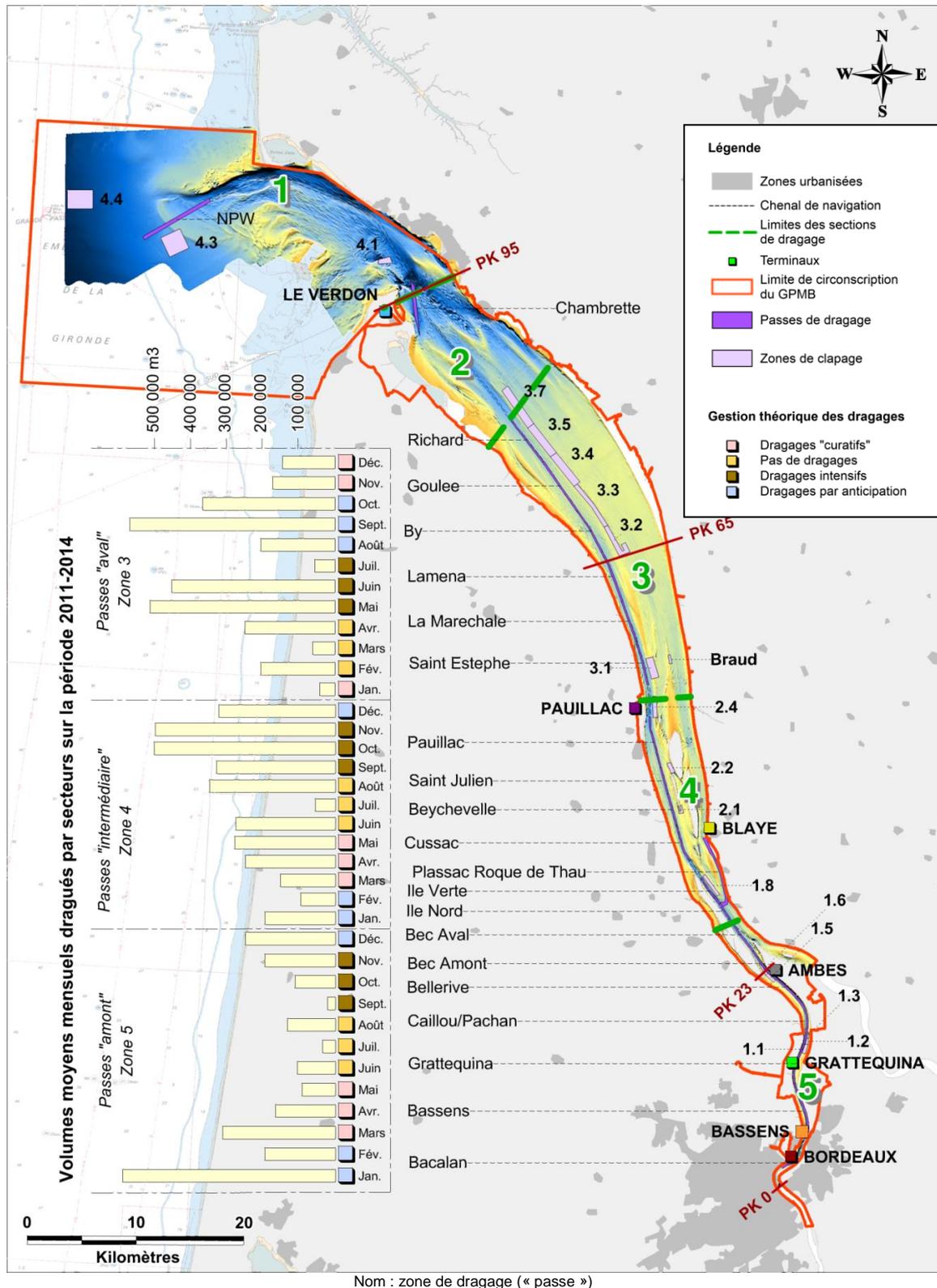


Figure 4. Planification théorique/de principe et pratique de l'activité de dragage (Artelia)

2.1.3. Nature (caractéristiques physiques) des sédiments dragués

Dans l'état des lieux (étape 1 de la mission), nous avons examiné la nature des sédiments dragués à partir des 5 dernières campagnes de prélèvement et d'analyses réglementaires réalisées par le GPMB (analyses réglementaires liées au dragage et remise en suspension/immersion cf. paragraphe 2.1.4).

Sur la majorité des passes, la nature des sédiments dragués est vaseuse. La cartographie de synthèse [Figure 6](#) ne représente dans l'estuaire que les passes où les sédiments sont de nature **sableuse ou sablo-vaseuse** : passe de l'ouest, Chambrette, Richard, Laména, Cussac, Plassac, Ile verte et Bec aval.

Cette information pourra être utile pour la suite de l'étude dans le sens où les sables sont plus facilement valorisables que les vases ; par le passé les sables dragués sur les passes de Cussac, Laména et de l'Ouest ont été utilisés pour des besoins portuaires ou en rechargement de plage de l'estuaire :

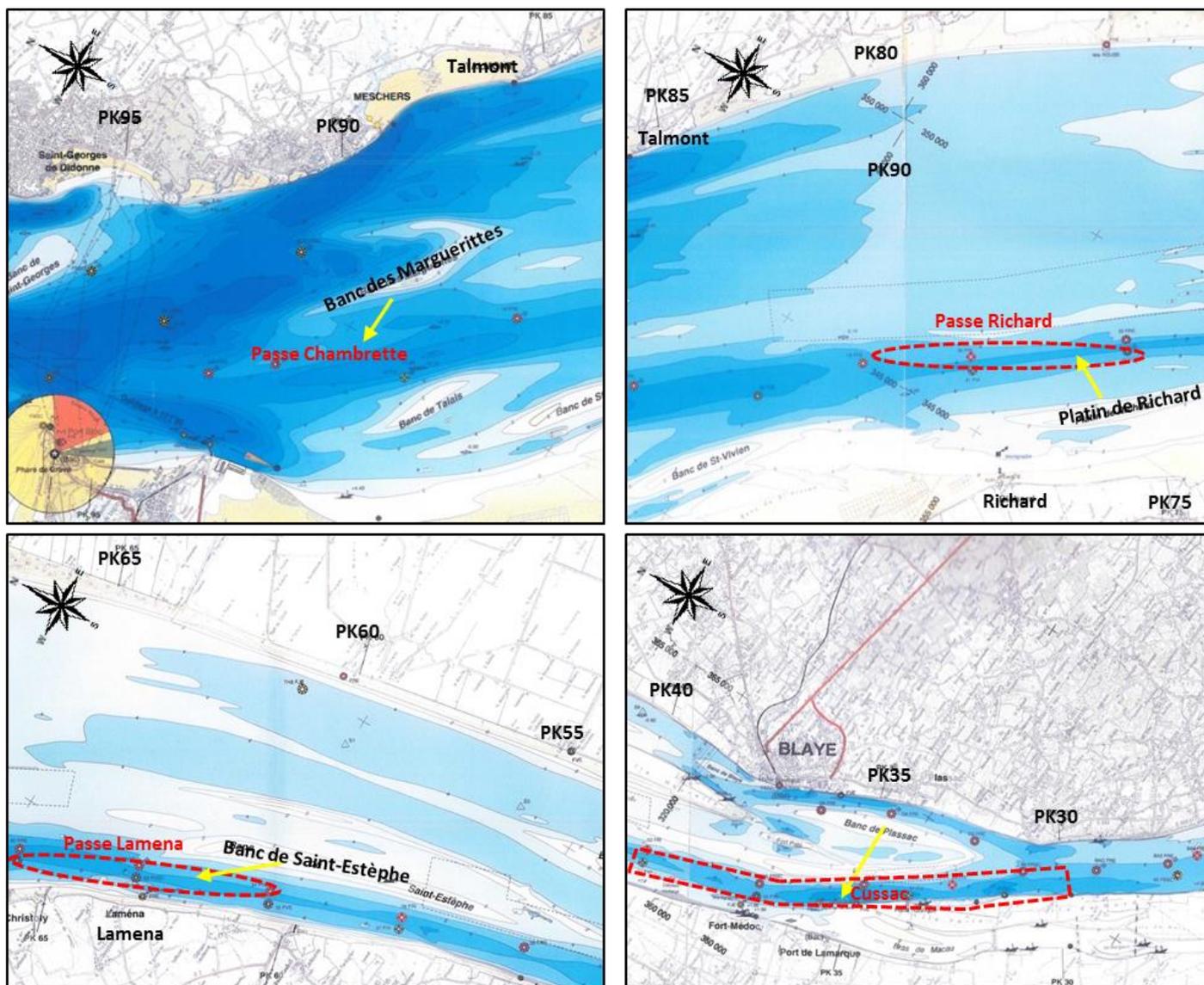
- Passe de Cussac : sables valorisés pour la réalisation d'une plate-forme industrielle dans la presqu'île d'Ambès ;
- Passe de Laména : sables valorisés pour la construction du remblai de la déviation Royan - Saint-Georges de Didonne ;
- Passe de l'Ouest : sables valorisés pour le ré-ensablement de la plage de Royan.

L'apport de sédiments sableux sur ces passes s'expliquerait par la présence de bancs de sables à proximité (cf. [Figure 5](#) pour illustration), qui progressent et entraînent un ensablement des passes qui les joutent.

- Banc des Marguerites → Chambrette ;
- Platin de Richard → Richard ;
- Banc de Saint-Estèphe → Laména ;
- Banc de Plassac ou banc du Pâté → Cussac, Ile verte.

Toutefois la dynamique des bancs sableux dans l'estuaire reste complexe : les études sur le banc de Plassac menées par l'Université de la Rochelle montrent un rapprochement du chenal de la partie sud du banc et non du nord. Pour Richard, le banc reste relativement stable. A l'inverse, l'archipel central des îles subit des modifications, comme la disparition de l'îlot de Trompeloup. A l'aval, les observations sont les migrations de bancs et l'apparition de nouvelles îles.

Sans étude différentielle des levés bathymétriques dans le temps, il reste compliqué de conclure sur la provenance des apports sableux.



Nota : le chenal est délimité par les bouées

Figure 5. Passes sableuses (Artelia d'après plan GPMB)

En complément de ces passes sableuses, il convient de noter que certains postes sont également sujets à des dépôts sableux, tels que :

- Postes du Verdon (sables de l'embouchure),
- Postes de Blaye (banc sableux de Plassac ou Pâté).

Les passes sableuses ou sablo-vaseuses (rappel : sédiments potentiellement plus facilement valorisables) sont localisés sur la Figure 6. Les volumes de sables/ sablo-vases moyens annuels (période 2000-2013) sont les suivants :

- Passe de l'ouest : 450 000 m³ ;
- Richard : 670 000 m³ ;
- Cussac : 300 000 m³ ;
- Bec aval : 370 000 m³.

Soit un volume supérieur à 1,8 millions de m³ de sables / sablo-vases qui représente environ 20% du volume total dragué annuellement.

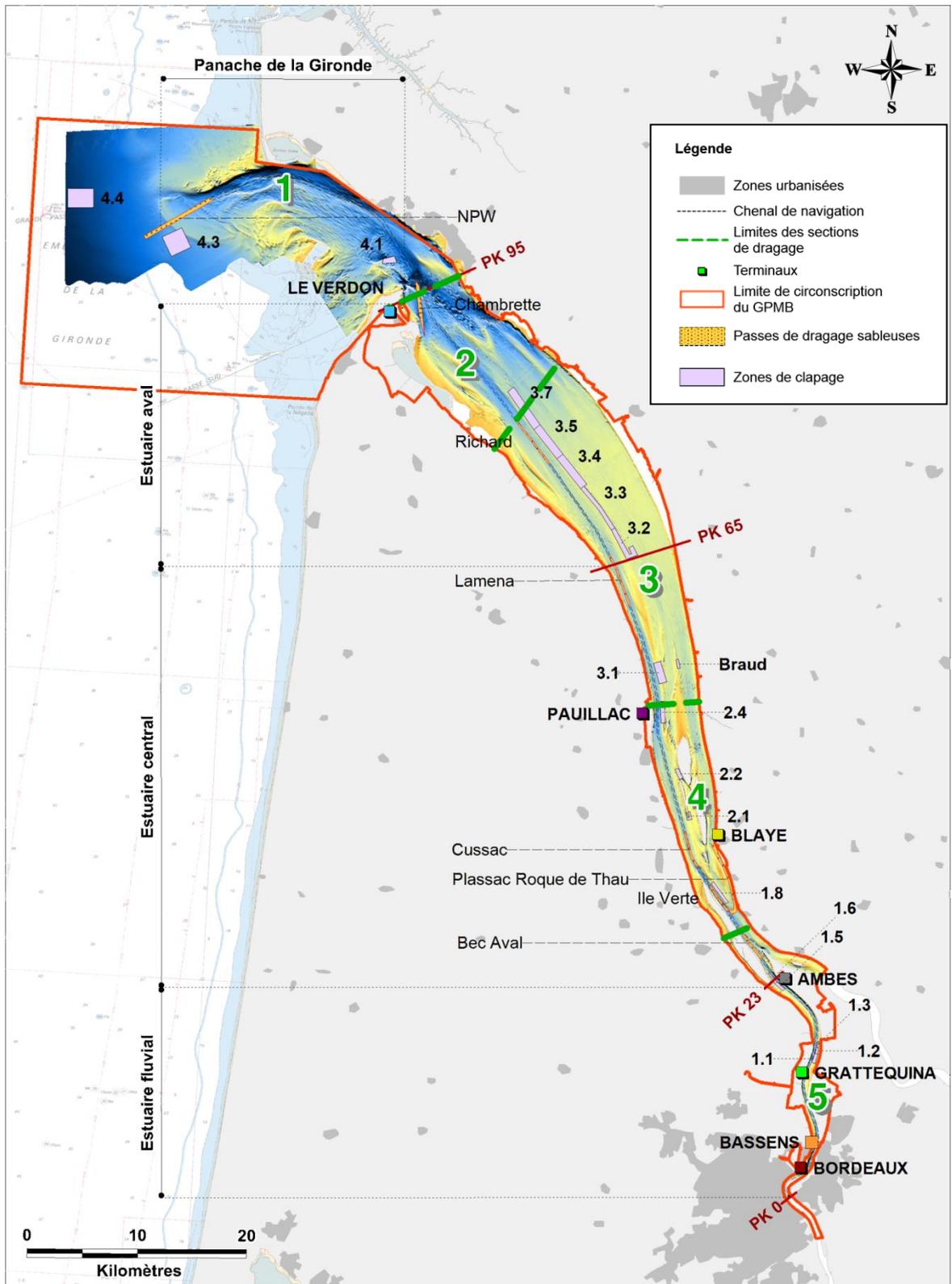


Figure 6. Nature des sédiments dans le chenal de navigation - passes sableuses. (Artelia)

Seules les passes où les sédiments échantillonnés annuellement sont de nature sableuse ou sablo-vaseuse sont indiquées sur la cartographie ci-dessus.

2.1.4. Qualité des sédiments dragués

2.1.4.1. Rappel : qualité des sédiments à l'échelle de l'estuaire

A l'échelle de l'estuaire de la Gironde (campagnes d'investigations différentes de celles du GPMB), les concentrations et les distributions spatiales des métaux traces ont été analysées dans les sédiments de surface (cf. fiche thématique n°4). Les résultats pour Cd, Cu et Hg sont présentés sur la Figure 7.

On observe :

- Immédiatement à l'aval du bec d'Ambès, une concentration en Cd élevée (entre 0,6 et 2.1 mg/kg) dans les sédiments (nota : il n'est donc pas surprenant qu'un dépassement du niveau N1 ait été observé ponctuellement sur la passe de Bec Aval ;
- Dans la Garonne, une concentration modérée en Hg (entre 0,1 et 0,2 mg/kg), qui reste inférieure au niveau N1. (nota : les dépassements de N1 dans le chenal en amont du bec d'Ambès ne sont donc pas anormaux¹).

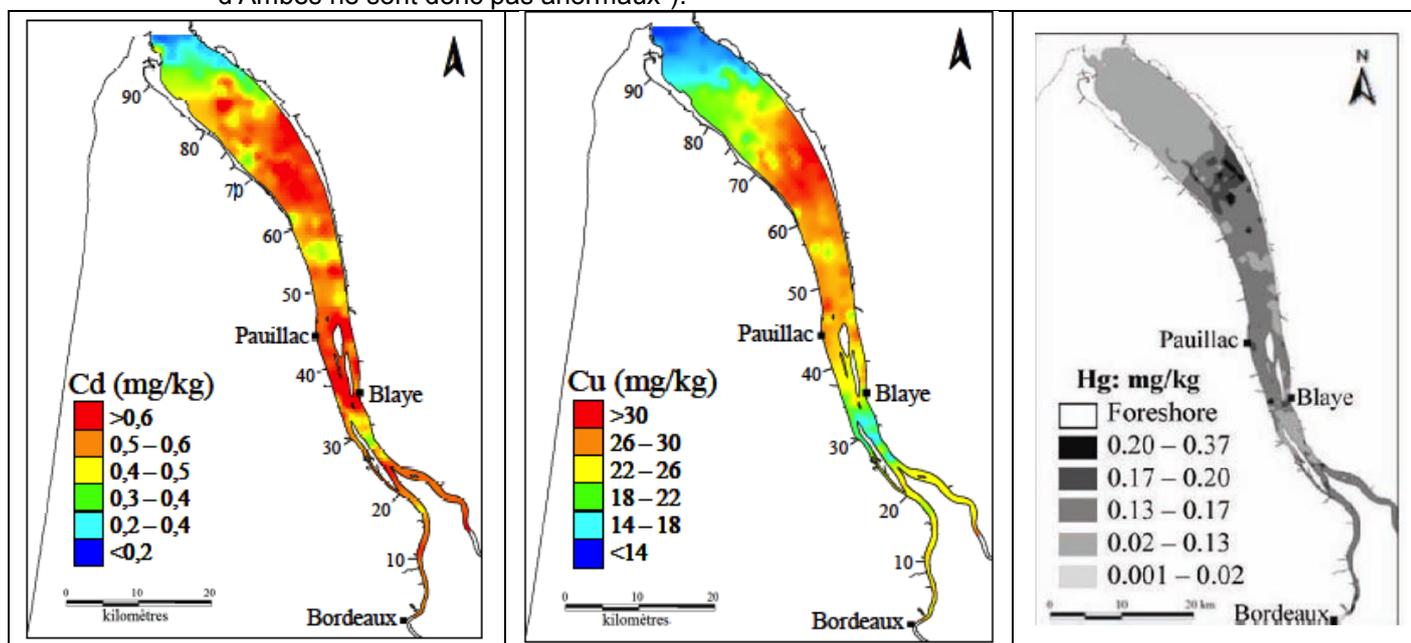


Figure 7. Distribution spatiale des concentrations dans les sédiments superficiels en Cadmium (Cd), Cuivre (Cu) et Mercure (Hg), d'après Larosse 2009-2011.

Dans l'estuaire de la Gironde, suivant les conditions de salinité et du taux de MES, ces métaux (Cd, Cu, Ni, V, Mo, Ag et Co) vont se « détacher » de ces sédiments et passer dans la colonne d'eau, sous forme dissoute ; et devenir biodisponible pour les organismes. Ainsi, le cadmium particulaire passe sous forme dissoute jusqu'à ce que sa concentration atteigne 0,45mg/kg (concentration supérieure à 0,45 mg/kg : désorption).

¹ La présence de Cd et Hg est observée dans les sédiments anciens de l'estuaire. Les sédiments dragués du chenal sont généralement des sédiments plus récents, donc les risques de contamination en Cd et Hg sont plus faibles.

2.1.4.2. Qualité des sédiments dragués (chenal de navigation)

2.1.4.2.1. Rappel réglementaire

La réglementation différencie les « sédiments déplacés au sein des eaux de surface aux fins de gestion des eaux et voies d'eau » des sédiments qui sont gérés à terre et qui sont alors considérés comme « déchets » au titre de la directive cadre sur les déchets 2008/98/CE.

Nous distinguons donc ici la qualité des sédiments au regard des opérations de rejet / dépôt des sédiments dans le milieu marin (arrêté du 9 août 2006) de la qualité des sédiments qui prennent le statut de déchets, en cas de gestion à terre.

2.1.4.2.2. Qualité relative à la remise en suspension et/ou à l'immersion

La qualité des sédiments dragués dans le chenal de navigation a été analysée lors de l'étape 1 de l'étude, au regard des résultats des analyses réalisées annuellement (dans le cadre du suivi réalisé par le GPMB). Pour mémoire, environ un prélèvement est réalisé et analysé par passe chaque année.

Ces analyses sont réalisées conformément à l'arrêté du 9 août 2006 relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature (complétées par celui du 23 décembre 2009 -prise en compte du TBT- et du 8 février 2013 -prise en compte HAP-). **Elles sont relatives à l'immersion ou au rejet au fil de l'eau dans le milieu marin des sédiments dragués.**

A. Rappel des résultats des concentrations mesurées dans les sédiments dragués par le GPMB entre 2010 et 2014

Les résultats des mesures réalisées par le GPMB entre 2010 et 2014 sont présentés en annexe 3 pour les éléments traces inorganiques.

D'une manière générale, les zones draguées présentent une faible contamination ; les concentrations en contaminants sont souvent inférieures aux seuils de détection des laboratoires.

- **Eléments traces inorganiques :** les teneurs mesurées sont le plus souvent inférieures aux seuils N1 et N2. On observe exceptionnellement, certaines années, quelques dépassements locaux ponctuels de certains éléments dans la Garonne (Cd, Cu, Hg, Ni et As).

Tableau 3 – Concentrations des éléments traces inorganiques dans les sédiments dragués du GPMB

Eléments traces inorganiques	Concentrations généralement comprise entre	Dépassement des seuils
As	5 et 20 mg/kg	Pachan > N1 en 2011 et 2012
Cd	0,1 et 0,7 mg/kg	Bec aval et Bassins à flots > N1 en 2010
Cr	10 et 40 mg/kg	-
Cu	5 et 25 mg/kg	Bassins à flots > N1 en 2010
Hg	0,1 et 0,2 mg/kg	Gouley, Bellerive et Grattequina > N1 en 2012 Richard, P511 > N2 en 2012
Ni	10 et 30 mg/kg	Bassins à flots > N1 en 2010 Pachan > N1 en 2011
Pb	10 et 40 mg/kg	-
Zn	50 et 150 mg/kg	-

- **Eléments traces organiques :**
 - Les teneurs en PCB sont très faibles, bien inférieures au niveau N1, souvent inférieures au seuil de détection analytique ;
 - HAP : les résultats d'analyses sur les hydrocarbures aromatiques polycycliques (HAP) sont inférieurs aux valeurs N1 et N2 de l'arrêté du 8 février 2013.

B. Synthèse

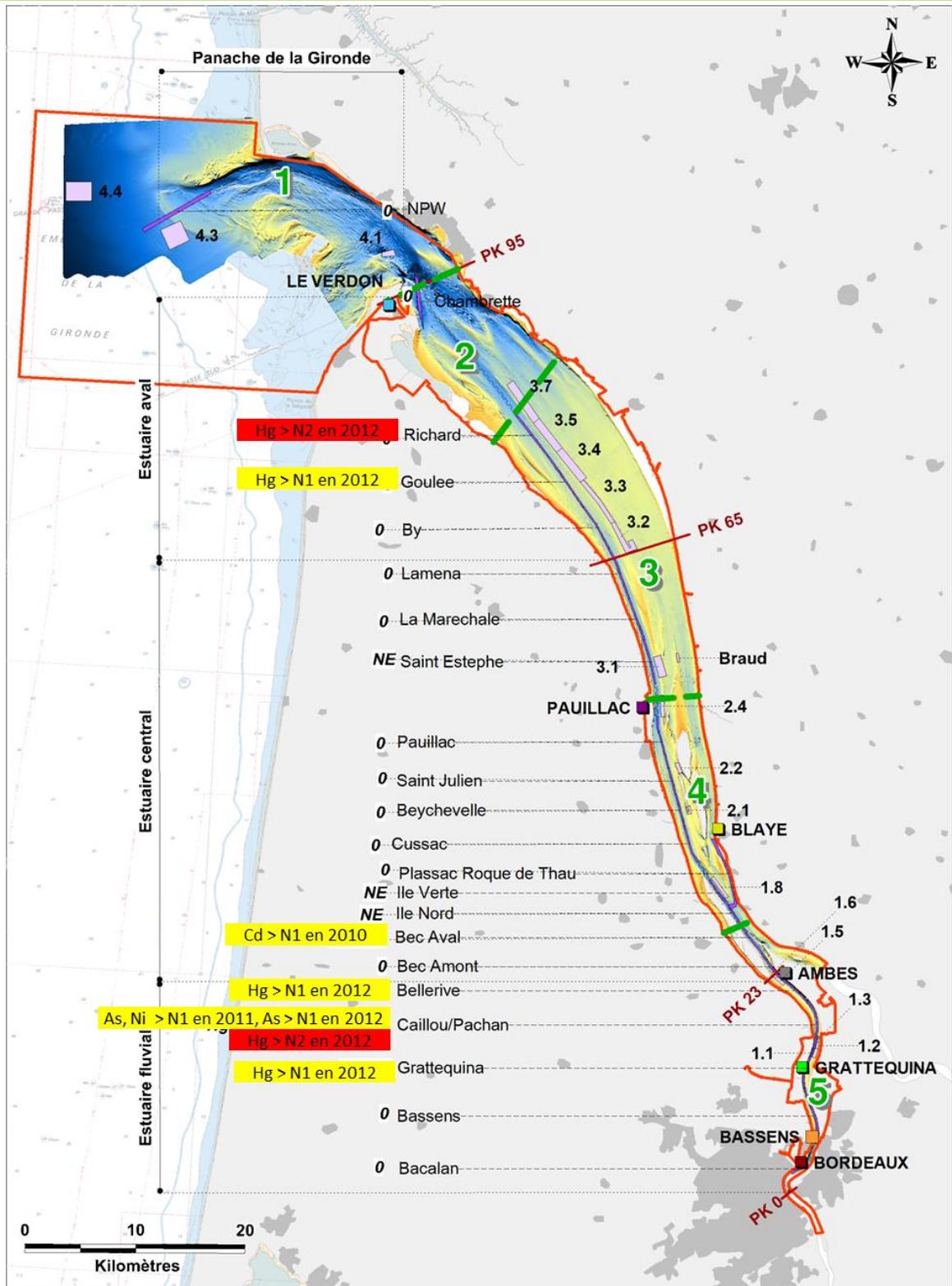
La carte page suivante synthétise les résultats existants, issus des 4 dernières années de suivi (2010 à 2014).

Les enjeux pour le futur plan de gestion se portent sur les zones les plus draguées, vaseuses quel que soit le niveau/degré de contamination. Les analyses réalisées annuellement par le GPMB sur le suivi de la qualité de matériaux dragués sont les seules sur lesquelles s'appuyer pour qualifier l'enjeu au niveau des passes.:

Tableau 4 – Zones de dragage potentiellement à enjeux

	Passes - postes	Volume dragué	Contamination
Zone 3	Richard	Important (670 000 m ³)	Faible
	Goulée	Important (1 400 000 m ³)	Faible
	By	Important (750 000 m ³)	Faible
Zone 4	Saint Julien de Pauillac	Important (2 440 000 m ³)	Faible
Zone 5	Bec aval	Modéré (370 000 m ³)	Modéré
	Bellerive	Important (570 000 m ³)	Modéré
	Pachan	Modéré (330 000 m ³)	Modéré
	Caillou - Grattequina	Modéré (275 000 m ³)	Modéré

Sur les zones 3 et 4, situées à l'aval de l'estuaire, les sédiments qui se déposent dans le chenal de navigation sont des sédiments « récents », qui ont déjà fait l'objet d'une désorption.

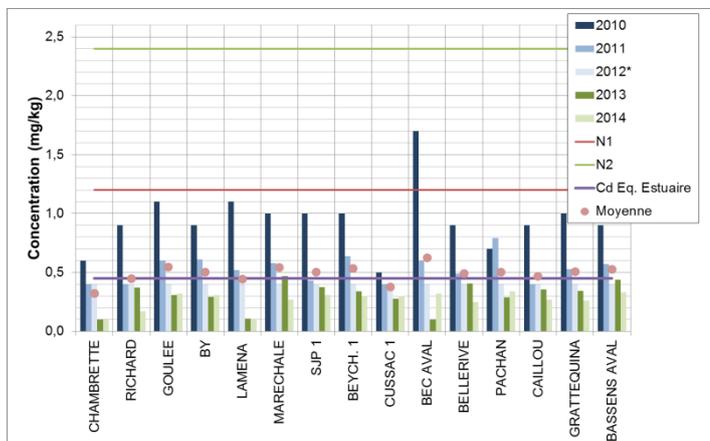


Nota : en moyenne, un prélèvement par passe est réalisé chaque année. L'analyse est effectuée sur ce prélèvement.

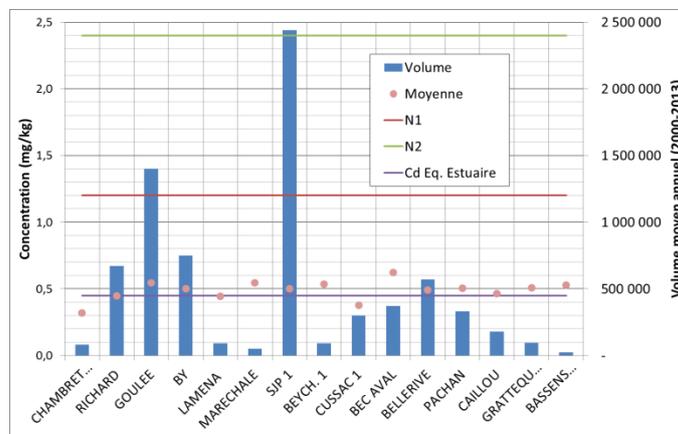
Figure 8. Bilan des dépassements des seuils entre 2010 et 2014 sur les passes

Cadmium

Concentration au niveau des différentes passes de l'estuaire, entre 2010 et 2014

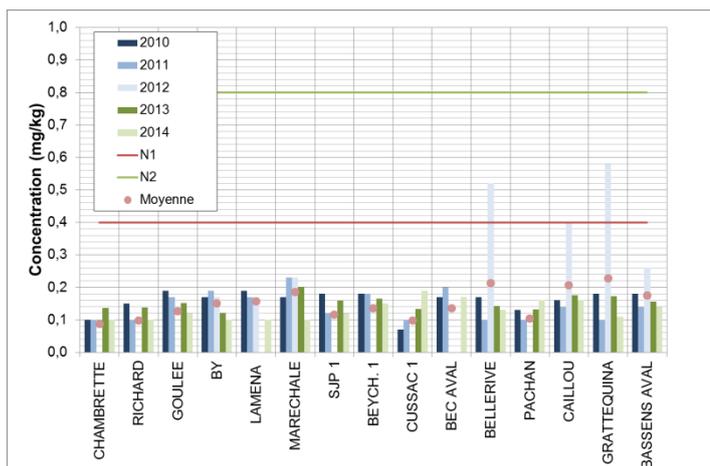


Croissement des volumes dragués et concentration moyenne en Cadmium (moyenne entre 2010 à 2014)



Mercure

Concentration au niveau des différentes passes de l'estuaire, entre 2010 et 2014



Croissement des volumes dragués et concentration moyenne en Mercure (moyenne entre 2010 à 2014)

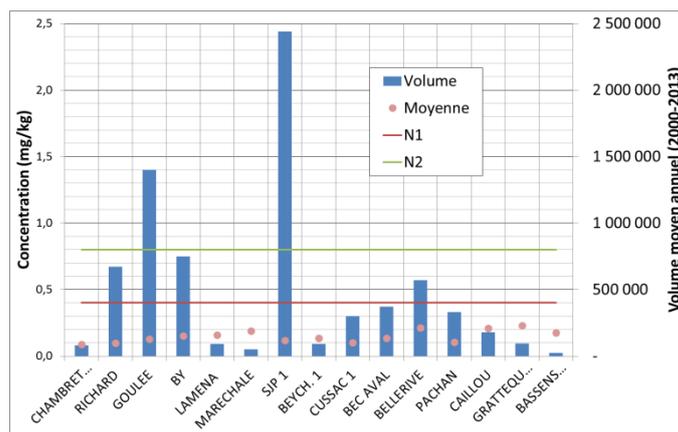


Figure 9. Focus sur les concentrations en cadmium et mercure sur les passes

Les zones 3 et 4 correspondent essentiellement à des passes fortement draguées, mais présentant de faibles concentrations en contaminants. Néanmoins, en raison de ces forts volumes et des risques de désorption (à l'image du Cadmium), ces passes constituent un enjeu du plan de gestion.

Les zones à l'amont (zone 5) présentent des plus fortes concentrations en contaminants, mais en plus faible volume. Ces zones constituent inévitablement un enjeu. Cependant, cet enjeu doit être fortement relativisé dans la mesure où dans cette partie de l'estuaire, la salinité est un facteur limitant le passage sous forme dissoute de plusieurs métaux, dont le cadmium.

2.1.4.3. Qualité relative au dépôt à terre

L'objectif de ce paragraphe est de rappeler la classification des sédiments dans un objectif de valorisation à terre. (cf. phase ultérieure (étape 3) : définition des filières de valorisation potentielles des sédiments dragués).

2.1.4.3.1. Statut des sédiments

Tout sédiment qui ne subit pas un simple déplacement au sein des eaux de surface mais qui est géré à terre est considéré comme un déchet au sens de la directive cadre sur les déchets 2008/98/CE du 19 novembre 2008.

Ce statut de déchet renvoie à l'article R.541-8 du Code de l'Environnement relatif à la classification des déchets, qui définit le potentiel de dangerosité d'un sédiment.

2.1.4.3.2. Caractérisation des sédiments (gestion à terre)

A. Inerte / non inerte

Un sédiment est considéré comme inerte s'il présente des teneurs en polluants inférieures aux valeurs limites définies dans l'arrêté du 12 décembre 2014.

Les sédiments dragués dans le cadre de l'entretien n'ont jamais fait l'objet d'analyses spécifiques visant à caractériser leur statut « inerte ou non inerte ». Toutefois, les sédiments dragués dans le domaine marin ou estuarien présentent systématiquement des valeurs élevées pour les chlorures et la fraction soluble. Cela est inhérent aux sédiments présents en milieu salé ou saumâtre.

Les sédiments présentent donc des teneurs en chlorures qui dépassent les seuils d'acceptabilité pour être considérés comme des déchets inertes.

B. Dangereux / non dangereux

Il est de la responsabilité des maîtres d'ouvrage de déterminer le caractère dangereux ou non des sédiments.

Pour établir le caractère dangereux ou non du sédiment, une évaluation au regard des 15 propriétés de danger (H1 à H15) énumérées à l'annexe I de l'article R.541-8 du code de l'environnement doit être réalisée.

Seul le critère H14 peut concerner les sédiments marins ; il est défini ainsi « *Ecotoxique : déchets qui présentent ou peuvent présenter des risques immédiats ou différés pour une ou plusieurs composantes de l'environnement* ».

Un groupe de travail a été mis en place en France pour mettre au point un protocole pour l'évaluation de l'écotoxicologie (critère H14) de sédiments destinés à une gestion à terre.

Ce protocole a été publié en 2012 par le BRGM.

Le facteur déclenchant l'application de ce protocole est le dépassement de la valeur S1 pour au moins un des paramètres chimiques de l'arrêté du 9 août 2006.

Si on compare les résultats d'analyses de ces dernières années (2010 à 2014), toutes les valeurs mesurées sont inférieures à S1, à trois exceptions près :

- Hg>S1 au P.511 en 2012
- Cd>S1 au P.600 en 2012
- As>S1 à Pachan en 2011.

Les sédiments dragués par le GPMB ne font pas l'objet de ce type d'évaluation (critère H14) car ces sédiments actuellement dragués ont pour vocation à être immergés.

Pour une éventuelle future gestion à terre des sédiments, le caractère « écotoxique » des sédiments ne devra pas systématiquement être analysé, mais uniquement si un dépassement du seuil S1 est observé.

2.1.5. Analyse des retours des sédiments dans le chenal (dépôts)

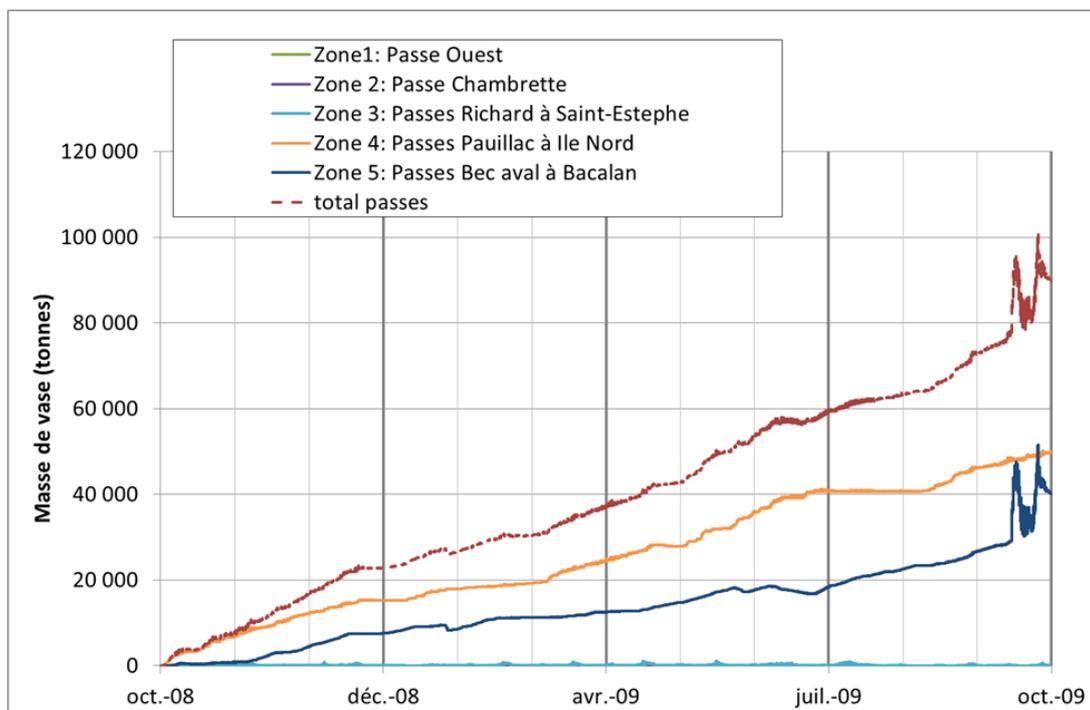
Dans le cadre de cette mission, une modélisation des rejets effectués par le GPMB a été réalisée pour l'année hydrologique 2008-2009. Le détail des hypothèses et résultats est présenté dans le rapport RM1-E2-4 « *Exploitation du modèle : résultats du calcul hydrosédimentaire des opérations de clapage et remise en suspension sur une année réelle complète* ».

Le modèle démarre au 1er octobre 2008 avec de l'eau dépourvue de MES (Matières En Suspension) et de masse de sédiment au sol. Le modèle simule alors l'ensemble de la période du 1er octobre 2008 au 1er octobre 2009 en y incorporant au fur et à mesure les clapages effectués sur cette période. Le résultat en MES et dépôt est donc directement un impact « en eau claire », à comparer à un milieu ambiant existant. En effet, étant donné que l'on injecte dans le modèle que du sédiment issu des clapages, la concentration et les dépôts simulés ne sont donc que l'impact dus aux dragages.

Afin d'estimer la quantité de sédiment clapée qui retourne vers les zones draguées, nous avons cubé au cours du temps les masses de vases qui se trouvent dans les passes draguées.

Comme précisé précédemment, nous avons regroupé les passes en 5 zones suivant leur localisation (cf. Figure 1) :

- Zone1 : Passe ouest ;
- Zone 2 : Chambrette ;
- Zone 3: Richard / Goulée / By / Lamena / La Marechale / Saint-Estèphe ;
- Zone 4 : Pauillac / Saint-Julien / Beychevelle / Cussac/ Ile verte / Ile Nord ;
- Zone 5 : Bec aval / Plassac Roque de Thau/ Bec Amont / Bellerive / Caillou Pachan / Grattequina / Bassens / Bacalan.



Nota : La courbe des zones 1 et 2 est au niveau de celle de la zone 3 (soit masse quasi nulle)

Figure 10 : Courbes temporelles des masses de vases au sol dans les passes

Les quantités de vases clapées qui se déposent dans les passes sont minimales ; sur l'ensemble des passes cela représente moins de 2% de la quantité totale de vase clapée. De ce point de vue, les opérations de dragage sont donc assez efficaces. Les retours sont observés sur les zones 4 et 5, soit les zones les plus en amont.

Les fluctuations en zone 5 s'expliquent par la mise en œuvre du Dragage à Injection d'Eau du 14 au 25 septembre 2009. Les pics de dépôt correspondent aux mortes-eaux (favorables aux dépôts) et les chutes après les pics correspondent aux vives-eaux (reprises des dépôts par les courants de marée).

2.2. ACTIVITE D'IMMERSION DU GPMB

Les caractéristiques de l'activité d'immersion, sur les zones de vidage utilisées depuis plusieurs dizaines d'années par le port de Bordeaux, sont présentées dans le tableau page suivante.

Ces zones d'immersion (cf. [Figure 1](#)) ont été définies avec précision en 1979 et ont officialisé des sites utilisés depuis au moins une vingtaine d'années auparavant.

Ces zones d'immersion sont situées :

- au niveau de zones érosives pour les zones 4 et 5 (intermédiaire et amont) ;
- en bordure de bancs pour les zones 1, 2 et 3 (embouchure et aval).

Leur emplacement a été validé par le passé car elles correspondent à des zones dispersives (les sédiments clapés sont rapidement dispersés).

Les zones d'immersion sont situées en bordure du chenal de navigation ; les matériaux dragués sont immergés sur la zone d'immersion située immédiatement en aval, pour une raison économique (réduction des distances de transport et des coûts associés).

Seuls les matériaux dragués par la drague aspiratrice en marche dans la Garonne sont immergés plus en aval, sur la zone 1.8. Cette pratique est à l'initiative du GPMB, bien qu'il n'y ait pas d'obligation, pour limiter les remises en suspension dans le fleuve.

Tableau 5 – Caractéristiques des zones d'immersion

	SECTIONS	ZONE D'IMMERSION	PK	SITUATION	EVOLUTION DES FONDS*	VOLUMES IMMERGES moyenne annuelle 2000-2013	SUIVIS
pk>95 Polyhalin	Zone 1 – Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.	4.4	>100	A 9 km à l'ouest de la passe d'entrée	NR	NR	Suivi environnemental
		4.3	>100	Au sud-ouest du Banc du Matelier sud	<i>Les calculs de cubatures entre 1991 et 2000 menés sur la zone 4.3 et dans son champ proche mettent en évidence des volumes sédimentés équivalents au volume des déblais de dragage immergés entre 1991 et 2000 (4,4 Mm³).</i>	520 000	-
		4.1	99	Au Nord du Platin de Grave	<i>Les vases déposées sur cette zone sont aussi remises en suspension. Les sables déposés ont pu contribuer au léger exhaussement des fonds décelé entre 1985 et 2000 sur le tiers oriental de la zone.</i>	250 000	Suivi bathy annuel
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 – Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes.	Pas de zone d'immersion	/	/	/	/	/
pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésohalin	Zone 3 – Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.	3.7	81	A l'est du chenal, en aval de la digue de Valeyrac	<i>L'estimation entre 1993 et 2000 des volumes érodés et des volumes sédimentés fait apparaître une érosion de 1,25 Mm³. Cette érosion survient alors que dans la même période 12,4 Mm³ de produits dragués ont été immergés sur la zone 3.7. Ce résultat montre que les matériaux vaseux déposés sont repris par les courants. Très dispersif. Dynamique des fonds importante.</i>	1 510 000	Suivi bathy annuel
		3.5	77		<i>La stabilité des fonds, observée sur la zone de vidage 3.5, témoigne une nouvelle fois de la reprise par les courants des vases déposées. Très dispersif. Dynamique des fonds importante.</i>	140 000	Suivi bathy annuel
		3.4	73.5	Sur l'axe de la digue de Valeyrac	<i>Les déblais de dragage immergés sur la zone 3.4 constitués exclusivement par de la vase ne sont pas décelables car ils ont été remaniés par les courants. Très dispersif. Dynamique des fonds importante.</i>	850 000	Suivi bathy annuel
		3.3	70	Ouest de la digue de Valeyrac	<i>La vase déposée est reprise par les courants de marée et comme pour l'ensemble des zones d'immersion ne concourt pas à l'exhaussement des fonds.</i>	160 000	Suivi bathy annuel
		3.2	66	Sud et ouest de la digue de Valeyrac	<i>La stabilité globale des fonds est notée malgré le dépôt de 1,18 Mm³ de sable entre 1992 et 2000.</i>	50 000	Suivi environnemental & suivi bathy annuel
		3.1	54.5	Amont du banc de Saint-Estèphe	<i>L'exhaussement des fonds résulte principalement de la dynamique sédimentaire des bancs localisés dans le champ proche de la zone.</i>	20 000	Suivi environnemental & suivi bathy annuel
pk29-55 Mésohalin/ oligohalin	Zone 4 – Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.	2.4	51	Aval immédiat de l'îlot de Trompeloup et à l'est de la fosse du même nom	<i>Depuis 1990, la zone est en voie d'exhaussement sur les 2/3 environ de sa largeur côté oriental. L'exhaussement est marqué entre 1996 et 2000 par la formation du nouveau banc de Trompeloup, au Sud-Est de la zone. Très dispersif. Evolution des fonds en lien avec la morphodynamique des structures sableuses en aval de l'îlot de Trompeloup.</i>	2 990 000	Suivi environnemental & suivi bathy annuel
		2.2	44.5	Aval du vasard de Beychevelle et à l'ouest de l'île de Patiras	<i>Une conservation globale de la topographie des fonds entre 1990 et 2000.</i>	1 000	Suivi bathy annuel
		2.1	40.5	Amont du vasard de Beychevelle	<i>La majeure partie des déblais de dragage déposés constitués par de la vase est remaniée par les courants de marée.</i>	20 000	Suivi bathy annuel
		1.8	33	Entre le chenal de navigation à l'ouest et le banc sableux du Pâté (ou Plassac) à l'est	<i>La stabilité des fonds s'explique par l'entraînement des déblais de dragage, essentiellement constitués par de la vase, par les courants de marée. Très dispersif. Evolution des fonds liée à celle du banc de Plassac.</i>	1 680 000	Suivi bathy annuel
Pk0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 – Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.	1.6	23	Aval du banc de Pachan entre le chenal et la rive droite de la Garonne	<i>Les déblais de dragage constitués par de la vase sont entraînés par les courants.</i>	70 000	Suivi bathy annuel
		1.5	22			70 000	Suivi bathy annuel
		1.3	15.8	Aval du banc de Saint-Louis de Montferland entre le chenal de navigation et la rive droite de la Garonne	<i>La stabilité générale des fonds montre que les déblais de dragage constitués par de la vase sont remaniés par les courants de marée.</i>	100 000	Suivi bathy annuel
		1.2	15.3			120 000	Suivi bathy annuel
		1.1	14.5			160 000	Suivi bathy annuel

*En italique : analyse du suivi bathymétrique sur la période 1990-2000 et présentée dans le dossier d'autorisation de 2006. En normal : analyse du suivi bathymétrique sur la période 2007-2013 et présenté au chapitre 2.7.
 NR : Non renseigné

2.2.1. Volumes immergés (annuels et mensuels)

La Figure 11 représente les volumes moyens immergés par zone de clapage sur les 13 dernières années. Ensuite sont représentés sur les diagrammes les évolutions annuelles et mensuelles des clapages sur les zones d'immersion.

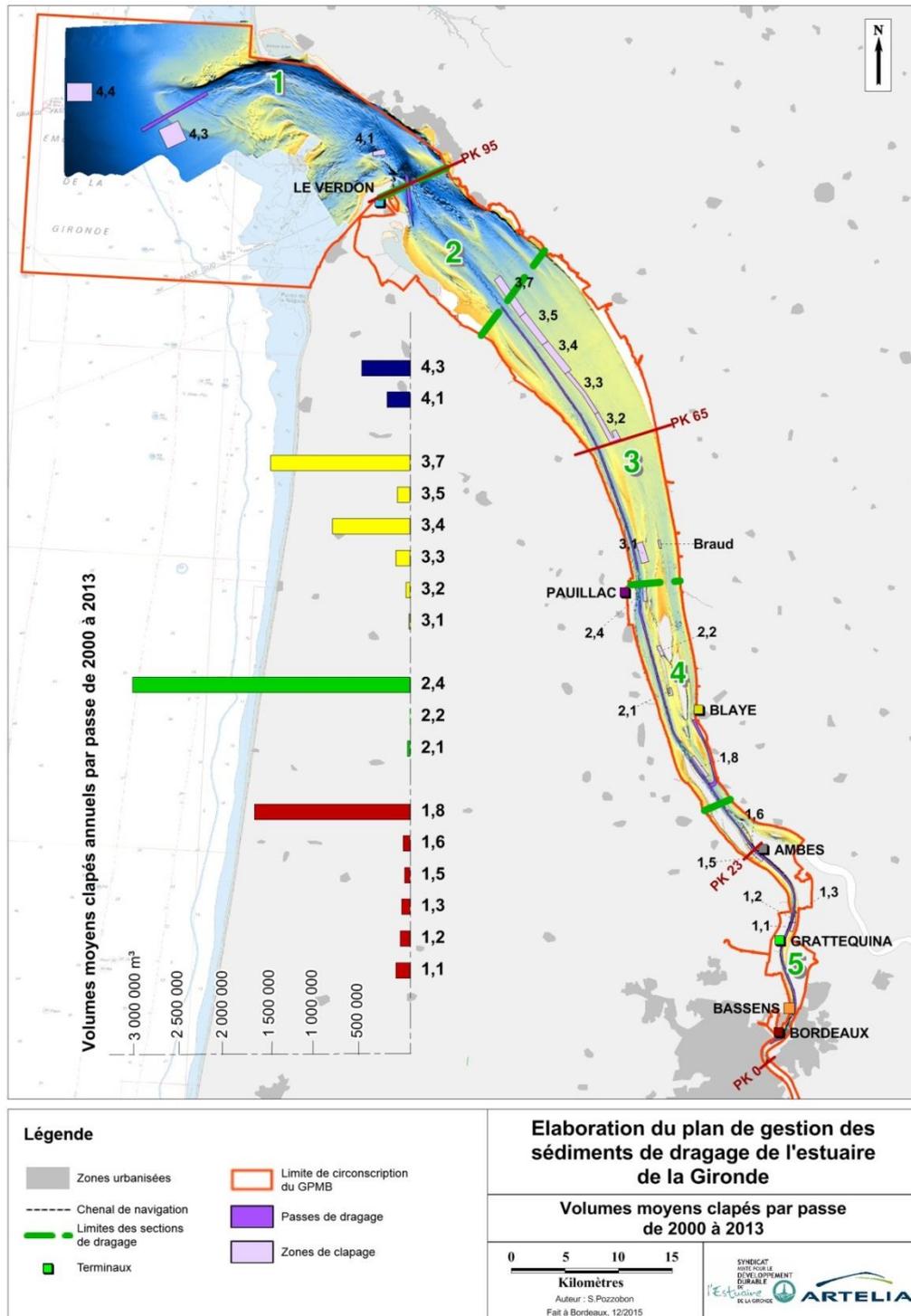


Figure 11. Volumes moyens clapés par zone de 2000 à 2013 (Artelia)

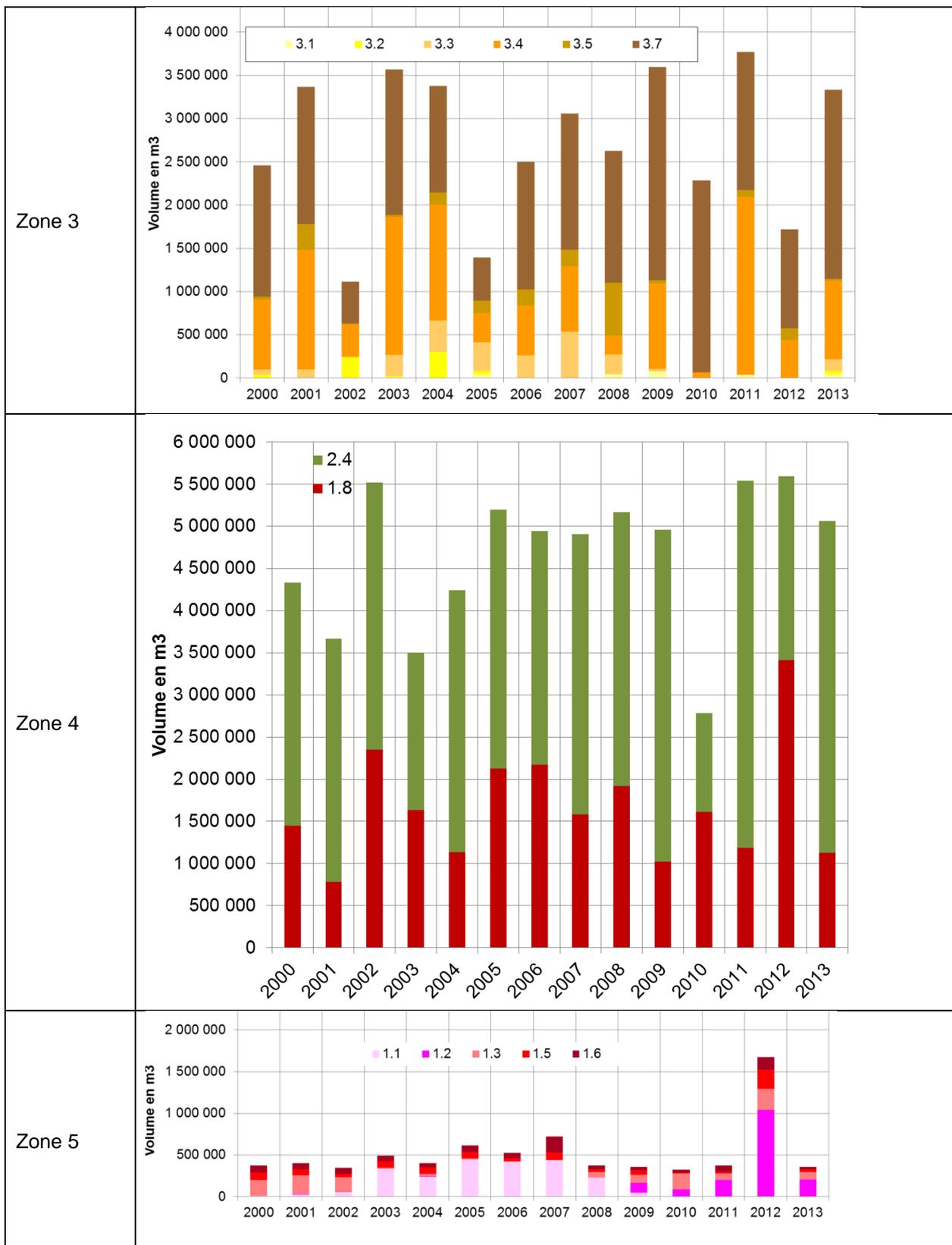


Figure 12. Evolution annuelle des volumes moyens clapés par zone entre 2000 à 2013 (Artelia)



Figure 13. Evolution mensuelle des volumes moyens (2008-2012) clapés par zone (Artelia)

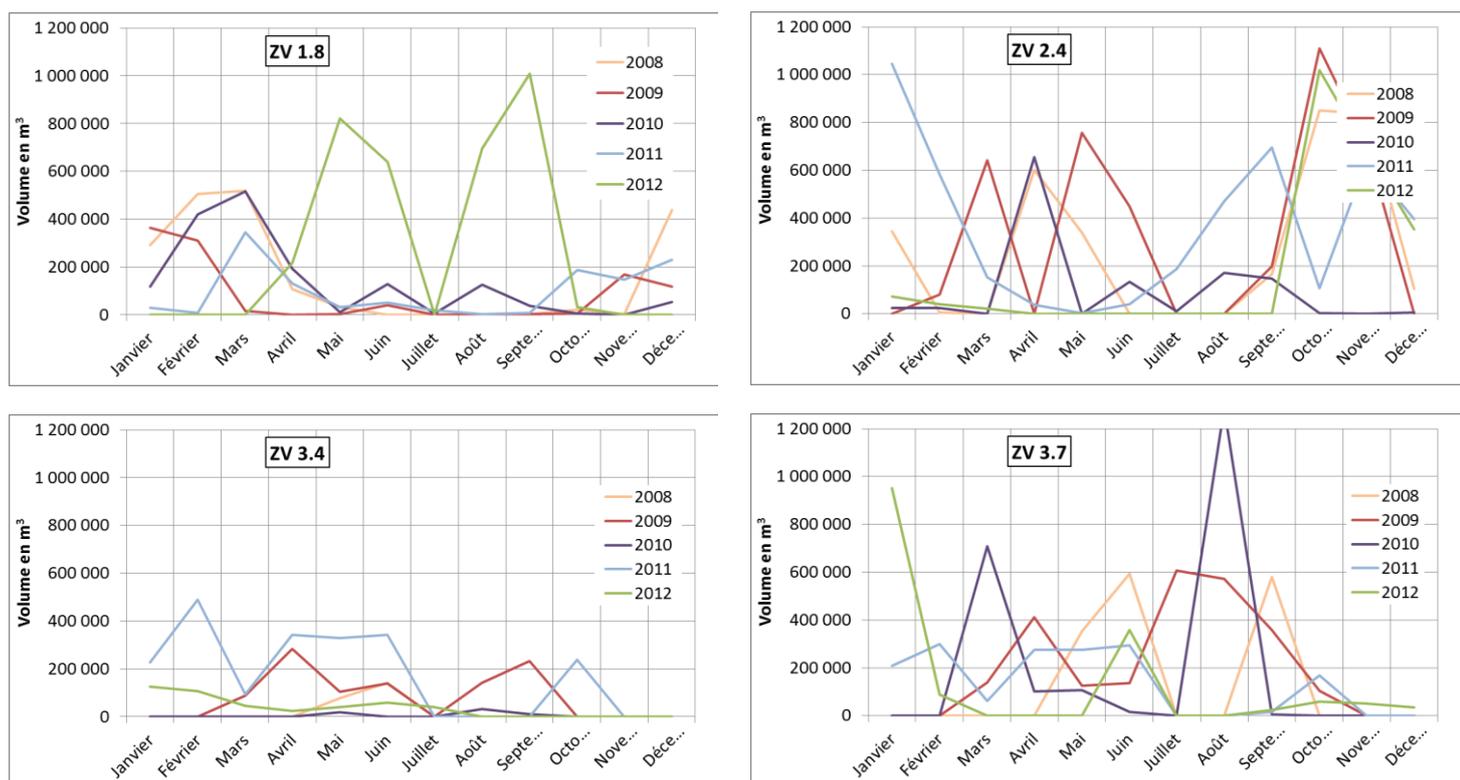


Figure 14. Evolution mensuelle entre 2008 et 2012 des 4 zones de vidange les plus utilisées (Artelia)

De ces données, il ressort :

- Volume clapé : 4 zones reçoivent une très grande majorité des sédiments clapés (plus de 80%) : 1.8, 2.4, 3.4 et 3.7.
- Dans la partie aval de l'estuaire, les **zones 3.7 et 3.4** sont les plus utilisées, avec respectivement 1 510 000 m³ et 850 000 m³ annuels. Les zones 3.1, 3.2 et 3.3 n'ont pas toujours été utilisées ces dernières années.
- Dans la partie centrale de l'estuaire, **les zones de vidage 1.8 et 2.4** sont les plus utilisées. En moyenne, plus de 50% des sédiments dragués à travers tout l'estuaire sont immergés sur ces deux zones réunies ; soit entre 1 000 000 et 2 000 000 m³ /an pour la zone 1.8 et 2 500 000 à 4 000 000 m³ pour la zone 2.4. Les zones 2.1 et 2.2 n'ont pas été utilisées par le GPMB depuis 2009 ; auparavant, de faibles volumes étaient immergés sur ces zones.
- La répartition des volumes immergés dans la Garonne a évolué au cours des années ; avant 2009, la principale zone était la 1.1 ; depuis 2010, l'utilisation de cette zone a été suspendue et la zone 1.2 devient celle la plus utilisée. Les volumes immergés chaque mois sur les zones de vidage de la Garonne sont de quelques dizaines de milliers de m³, généralement inférieurs à 50 000 m³. Des volumes plus conséquents, de plusieurs centaines de milliers de m³ ont été immergés en janvier et avril 2012.
- Evolution saisonnière des volumes clapés : l'analyse des volumes clapés mensuels des 4 zones les plus utilisées montrent une très grande variabilité mensuelle chaque année (entre 2008 et 2012). Il est donc difficile de dégager des tendances. En valeur moyenne, il semble que :
 - Zone 1 (ZV 4.1 et 4.3) : les périodes de clapage correspondent majoritairement à janvier-février et mai à août ;

- Zone 3 (ZV 3.1 à 3.7) : les rejets sont effectués quasiment toute l'année, avec un rejet plus important en période estivale ;
- Zone 4 (ZV 1.8 et 2.4) : les clapages s'effectuent toute l'année avec une hausse pour la ZV 1.8 en déc-avril et 2.4 en sept-décembre.

Ainsi, en raison des volumes immergés, les enjeux liés à la pratique actuelle de clapage sont essentiellement liés aux ZV 1.8, 2.4, 3.4 et 3.7. Cependant, il est difficile actuellement de dégager une tendance mensuelle des clapages.

2.2.2. Evolution des zones d'immersion

L'analyse de l'évolution des zones d'immersion a été réalisée sur la base :

- D'une expertise hydrosédimentaire effectuée essentiellement à partir des levés bathymétriques des zones d'immersion ;
- Des résultats du calcul hydrosédimentaire dont les résultats sont présentés en détails dans le rapport RM1-E2-4).

Les résultats sont présentés ci-après.

2.2.2.1. Expertise hydrosédimentaire

L'emplacement des zones d'immersion a été défini sur des fonds qui s'auto-entretiennent ; ces zones sont donc sujettes à des mécanismes érosifs, où les sédiments immergés semblent se disperser.

Une analyse détaillée a été menée sur les zones d'immersion, pour comprendre leurs évolutions, notamment en lien avec les volumes immergés au cours du temps ; c'est la compréhension de ces phénomènes qui permettra, couplée aux résultats de la modélisation, de proposer des solutions d'optimisation des dragages.

2.2.2.1.1. Méthodologie

Nous nous sommes focalisés sur les 4 zones d'immersion correspondant aux zones largement les plus utilisées : zones 1.8, 2.4, 3.4 et 3.7.

Ce choix a été fait compte tenu des volumes immergés : pour observer des évolutions bathymétriques associées à un dépôt de sédiments, le volume clapé doit être important pour que les évolutions associées soient caractérisables et supérieures à l'incertitude des mesures bathymétriques (+/-0,1 m).

Notre méthodologie est la suivante :

1. A partir des fichiers Excel fournis par le GPMB donnant les volumes dragués et clapés par mois, nous avons traité les données afin d'extraire les volumes clapés sur chaque zone de vidage (graphiques présentés au paragraphe précédent). Nous disposons de ces informations sur la période allant de janvier 2008 et décembre 2012.

La stabilité en volume s'évalue en comparant les volumes restant en place sur le site d'immersion (estimé grâce au suivi bathymétrique) et les volumes clapés ramenés à la densité 1,4 qui correspond à la densité des dépôts en place. Cette dernière opération s'effectue en appliquant la formule suivante :

$$V_{1,4} = V_p \frac{d_p \times 1000 - \rho_w}{1400 - \rho_w}$$

Avec V_p : le volume en puits ; d_p : la densité en puits et ρ_w la masse volumique de l'eau (prise ici constante et égale à 1010).

2. A partir des levés effectués par le GPMB sur les zones de vidage de l'estuaire (Figure 15), nous avons calculé sous le logiciel MapInfo les évolutions bathymétriques entre chaque

période de levé. Nous disposons de ces résultats entre juin/juillet 2008 et avril/septembre 2013.

- En supposant que les dépôts soient à la densité 1.4, nous avons comparé les volumes immergés (1) aux volumes de « dépôts » et « érosion » calculés (2).

Pour les sondages, nous connaissons la date précise de levé ; pour les volumes clapés, l'information est mensuelle ; nous avons considéré que si le levé était effectué avant le 15 du mois, le volume clapé ce même mois était comptabilisé ; à l'inverse, si le levé datait d'après le 15, le volume n'était pas pris en compte.

Pour l'année 2013, nous ne disposons pas de données de clapage mensuelles, par zones de vidage. Aussi la dernière période encadrée par les levés (ex : mai2012-avril2013) n'a-t-elle pas pu être comparée avec les volumes immergés.

Date des levés	PK n° ZV	15.1.1	15.1.2	16.1.3	22.1.5	23.1.6	33.1.8	41.2.1	45.2.2	51.2.4	54.3.1	Brau	67.3.2	70.3.3	74.3.4	77.3.5	81.3.7	99.4.1	125.4.3	125.4.4
janv-07													x							
févr-07		x	x	x	x	x							x							
mars-07								x												
oct-07										x	x		x						x	
nov-07		x	x	x			x	x				x				x	x			
déc-07														x	x	x	x			
janv-08													x							
juin-08		x	x	x			x			x	x							x		
juil-08					x	x	x	x	x	x			x	x	x	x	x	x		
sept-08													x							
févr-09												x	x							
mars-09					x					x		x								
juil-09										x										
août-09					x															
sept-09		x	x	x																
oct-09										x			x							
déc-09						x														
janv-10					x	x		x	x			x				x	x			
mars-10					x	x														
août-10																				x
sept-10							x		x					x	x					
oct-10										x			x							
janv-11													x				x	x		
mars-11					x	x				x										
mai-11					x	x														x
sept-11		x	x	x			x						x							
oct-11										x										
nov-11													x							
janv-12													x							
févr-12		x	x	x																x
avr-12												x		x						
mai-12					x	x	x	x	x	x					x					
juil-12																x	x			
oct-12													x							
déc-12													x							
avr-13		x	x	x	x	x	x	x	x	x										
mai-13																				x
août-13																				x
sept-13													x		x		x			
oct-13													x							

principales ZV utilisées

- période modélisée
- X levés existants
- levés reçus - Points
- levés reçus - Scans
- fichiers traités

Figure 15. Synthèse des sondages bathymétriques des zones de vidages : existants, reçus et traités.

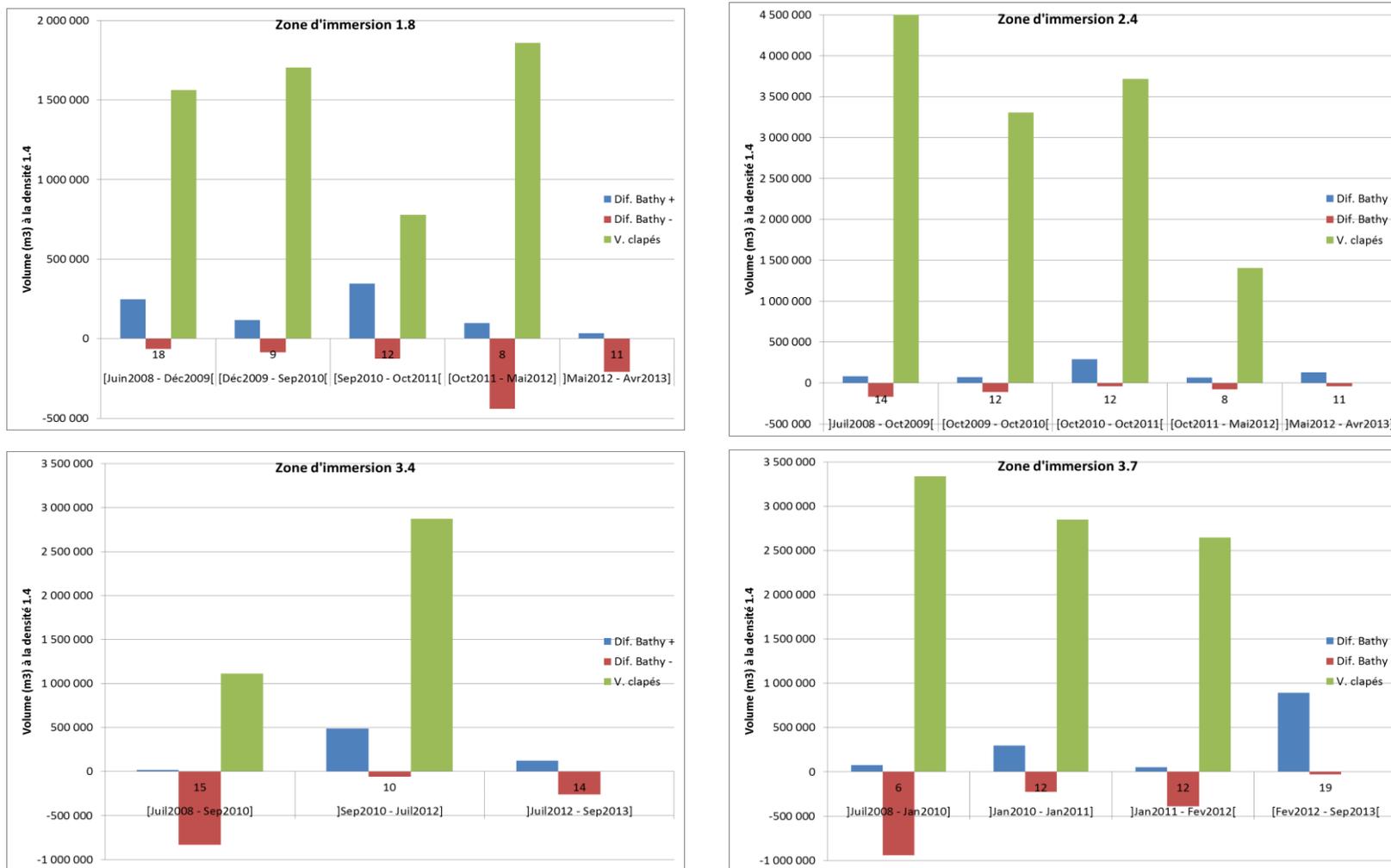
2.2.2.1.2. Résultats obtenus

Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau et graphiques pages suivantes.

Tableau 6 – Evolutions bathymétriques sur les zones de vidage et volumes clapés.

ZV	Période considérée	Nb mois	Analyse volumes clapés	Analyses bathymétriques (cubatures)	
			Volumes clapés (m ³)*	Dépôt (m ³)	Erosion (m ³)
1.8	[Nov2007 - Juil2008[	8	absence données volumes 2007	données scan en nov2007	données scan en nov2007
	[Juin2008 - Déc2009[	18	1 562 362	246 570	-65 877
	[Déc2009 - Sep2010[	9	1 704 387	116 299	-87 483
	[Sep2010 - Oct2011[	12	779 248	347 190	-127 052
	[Oct2011 - Mai2012]	8	1 858 757	98 375	-440 532
	]Mai2012 - Avr2013]	11	absence données volumes 2013	34 411	-208 685
2.4	[Oct2007 - Juil2008]	10	absence données volumes 2007	données scan en oct2007	données scan en oct2007
	]Juil2008 - Oct2009[	14	5 024 296	80 728	-171 105
	[Oct2009 - Oct2010[	12	3 306 190	72 068	-111 028
	[Oct2010 - Oct2011[	12	3 715 946	289 249	-41 827
	[Oct2011 - Mai2012]	8	1 403 781	64 889	-75 879
	]Mai2012 - Avr2013]	11	absence données volumes 2013	127 754	-39 354
3.4	[Déc2007 - Juil2008[	7	60 925	données scan en dec2007	données scan en dec2007
	]Juil2008 - Sep2010]	15	1 111 918	17 650	-829 942
	]Sep2010 - Juil2012]	10	2 871 021	487 799	-58 565
	]Juil2012 - Sep2013]	14	absence données volumes 2013	123 994	-259 866
3.7	]Nov2007 - Juil2008]	8	1 131 596	données scan en nov2007	données scan en nov2007
	]Juil2008 - Jan2010]	6	3 336 914	77 295	-941 680
	]Jan2010 - Jan2011]	12	2 850 196	296 548	-225 536
	]Jan2011 - Fev2012[	12	2 644 571	51 668	-390 375
	]Fev2012 - Sep2013[	19	absence données volumes 2013	895 116	-30 216

* ramenés à la densité standard 1.4



Dif. Bathy + : différentiel positif entre les deux levés bathymétriques : dépôt
 Dif. Bathy - : différentiel négatif entre les deux levés bathymétriques : érosion

Figure 16. Evolutions bathymétriques sur les zones de vidage et volumes clapés.

La 1^{ère} observation est la suivante : les volumes immergés (en vert) sont très largement supérieurs aux évolutions observées sur les zones de vidage (en rouge et bleu). Ceci signifie que les matériaux clapés ne sont pas stables sur les zones de vidage et sont repris par la dynamique estuarienne et emportés hors de ces zones.

La 2^{nde} observation est que, sur plusieurs périodes, les volumes « d'érosion – en rouge » observés sur les zones de vidage sont supérieurs aux volumes « de dépôt – en bleu ». Cela signifie non seulement que les volumes immergés ne sont pas retrouvés sur les zones mais également que la zone est en érosion (les fonds naturels ne sont pas stables).

Le rejet des matériaux clapés ne semble donc pas avoir d'influence sur l'évolution bathymétrique des fonds sur ces 4 zones.

Les zones sont dispersives quelles que soient les saisons. L'analyse réalisée ne permet pas de corréliser l'évolution des zones de vidage avec les conditions hydrométéorologiques ; il faudrait pour cela disposer de levés bathymétriques beaucoup plus réguliers (tous les mois) pour établir une éventuelle relation avec les débits par exemple.

2.2.2.1.3. Focus sur l'évolution hydrosédimentaire des 4 zones de vidage

Les sédiments immergés sur les zones de vidage ne restent pas en place à long terme.

Les évolutions bathymétriques observées sur ces zones sont liées à la morphodynamique de l'estuaire et notamment l'évolution des bancs : engraissement, effilement, migration, évolution des chenaux, apports et érosion des sédiments sous l'effet des courants de marée et de crue.

Nous décrivons ci-dessous les évolutions observées sur les quatre principales zones de vidage, entre 2008 et 2013 (cf. annexe 1).

A. Zone 1.8

La zone d'immersion 1.8 est située contre le flanc occidental du banc du Pâté (cf. carto annexe 1). De ce fait, l'évolution des fonds dans le périmètre de cette zone est très liée à l'évolution du banc (lobe de flot) :

- Entre 2008 et 2009, l'engraissement dans la partie est de la zone 1.8 est clairement lié à un exhaussement du banc, qui progresse vers l'ouest.
- Entre 2009 et 2010, on observe un étalement du banc vers l'amont.
- Entre 2010 et 2011, on constate un très fort engraissement ; l'évolution des fonds montre que c'est le banc du Pâté qui poursuit sa progression vers l'ouest, dans l'emprise de la zone d'immersion. Il n'est pas possible de dire si des sables immergés pourraient avoir contribué à l'alimentation du banc sur son flanc.
- Entre 2012 et 2013 période marquée par une érosion : en 2012, tout l'engraissement observé en 2011 a été érodé. Les fonds en 2012 sont très proches de ceux en 2009. Ensuite, l'érosion se poursuit vers l'aval de la zone en 2013 ; les fonds sont les plus bas observés sur les 6 années ; le banc est complètement arasé. Les crues de janvier, février et mars peuvent expliquer cette dernière évolution.

B. Zone 2.4

La zone de vidage 2.4 est située immédiatement à l'aval de l'îlot de Trompeloup (cf. carto annexe 1). Deux bancs sableux (un en amont de l'îlot et un à l'ouest) caractérisent l'environnement de la zone d'immersion.

En 2008, le banc culmine au sud de la zone de vidage et s'effile jusqu'au nord de la zone.

En 2009 et 2010, le banc s'érode progressivement, puis en 2011 et 2012, il progresse vers l'est de la zone d'immersion. Entre 2012 et 2013, les fonds sont relativement stables.

C. Zone 3.4

Le périmètre de la zone de vidage 3.4 est centré sur l'extrémité nord de la digue de Valeyrac (cf. carto annexe 1).

Entre 2008 et 2010, une érosion significative marque toute la zone ; à l'inverse, entre 2010 et 2012, une nette remontée des fonds est observée. Entre 2012 et 2013, l'évolution des fonds est équilibrée avec un léger dépôt de part et d'autre de la digue.

D. Zone 3.7

La zone de vidage 3.7 est caractérisée par la présence d'un fin banc sableux en bordure occidentale. Les plus fortes profondeurs sont localisées au nord-est de la zone.

En 2008-2009, une érosion significative est observée (alors que 3 millions de m³ sont immergés).

En 2010, un engraissement à l'amont de la zone est contrebalancé par une érosion à l'aval. Puis en 2011, une érosion généralisée à toute la zone est constatée.

Par contre entre 2012-2013, un fort engraissement de la partie sud de la zone est caractérisé.

E. Bilan

Dans la partie centrale de l'estuaire, les zones de vidage sont localisées en bordure du chenal de navigation (zones profondes) et s'appuient sur des bancs d'estuaire (qui calibrent la section).

Les évolutions morphologiques observées sont consécutives à la dynamique de la section d'écoulement, plus ou moins contrainte par les bancs de sable. Les bancs migrent latéralement vers le chenal et tendent à resserrer la section puis leur progression est repoussée vers l'est.

Les zones d'immersion à l'aval de l'estuaire sont sujettes à des évolutions bathymétriques significatives (+/-1m) résultant en des volumes d'érosion / dépôt très importants (+/-1 million de m³ en quelque mois). Les plus importantes sont observées les années marquées par des très fortes crues.

2.2.2.2. Analyse des résultats du calcul hydrosédimentaire

Dans le cadre de cette mission, une modélisation des rejets effectués par le GPMB a été réalisée pour l'année hydrologique 2008-2009.

L'analyse du comportement des zones de vidage a été réalisée à partir des résultats de cette modélisation :

- Contraintes critiques d'érosion générées par les forçages hydrodynamique (approche hydrodynamique) ;
- Dépôts observés sur les zones de vidages (approche hydrosédimentaire).

Le détail de ces analyses est présenté dans le rapport RM1-E2-4 « *Exploitation du modèle : résultats du calcul hydrosédimentaire des opérations de clapage et remise en suspension sur une année réelle complète* ». Seules les principales conclusions sont présentées dans ce rapport.

2.2.2.2.1. Approche hydrodynamique

Afin de cartographier les zones géographiques plus ou moins dispersives de l'estuaire, nous avons calculé le temps annuel où la contrainte hydrodynamique (directement liée aux caractéristiques de l'écoulement) dépasse la valeur seuil de 0,573 N/m². Cette valeur correspond à la contrainte critique obtenue pour une vase de 400 g/l qui est passée du côté de la limite plastique d'après les

mesures étudiées. Cette valeur de contrainte critique est liée aux caractéristiques du dépôt de dragage directement après clapage. Le but étant de voir les zones où les dépôts seront directement repris par l'écoulement (contrainte hydrodynamique > contrainte critique du sédiment) et les zones dites plus stables où les dépôts pourront s'accumuler (contrainte hydrodynamique < contrainte critique du sédiment).

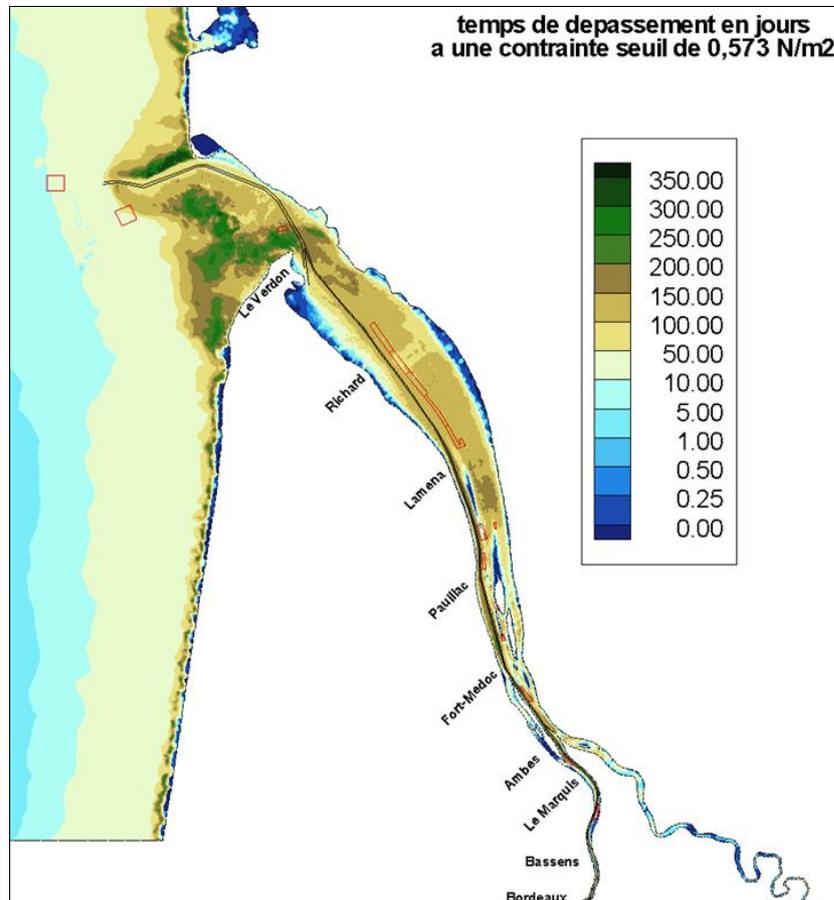


Figure 17. Evolutions bathymétriques sur les zones de vidage et volumes clapés.

Tableau 7 – Nombre de jours /an pendant lequel la contrainte de 0,573 N/m² est dépassée

Zone d'immersion	Nombre de jours de dépassement de la contrainte d'érosion				
	- dispersif	vers			+ dispersif
	5-10 jours	10-50 jours	50-100 jours	100-150 jours	150-200 jours
1,1					
1,2					
1,3					
1,5					
1,6					
1,8					
2,1					
2,4					
3,1					
3,3					
3,4					
3,5					
3,7					
4,1					
4,3					

Les principales zones d'immersion (**1.8**, **2.4**, **3.4** et **3.7**) présentent une contrainte hydraulique similaire (contrainte dépassée entre 100 et 150 jours dans l'année).

Les zones plus dispersives sont les 1.5, 1.6 et 4.1 à proximité du Verdon. Les zones les moins dispersives (favorables à la stabilité des sédiments) sont celles de la Garonne (1.1, 1.2 et 1.3) et les zones d'immersion à l'embouchure (4.3 et 4.4).

Ces résultats sont en cohérence avec les observations du GPMB.

2.2.2.2.2. Approche hydrosédimentaire

Pour compléter l'approche hydrodynamique, nous avons analysé l'évolution des masses déposées sur ces zones afin de déterminer si ces zones de vidage sont stables (les sédiments restent sur les fonds) ou dispersives (les sédiments sont repris par les courants).

Pour cela, nous avons intégré les masses au cours du temps se trouvant strictement sur les zones d'immersions. Nous avons comparé cette courbe temporelle à la masse clapée sur la zone au cours du temps, cette information nous permet de donner une information sur la stabilité de la zone.

A. Bilan sur l'ensemble des zones d'immersion - dépôts de sables

Le tableau précise, pour l'ensemble des zones d'immersion, les dépôts de sables :

Tableau 8 – bilan des masses de sables sur les zones de vidage - sables

Zone d'immersion	Masse sables (en tonnes)		%	Dispersion des sables	Remarques
	Clapée	Restante			
1,1	≈ 3 600	Négligeable	-	Forte dispersion	Conforme à l'expertise hydrosédimentaire ARTELIA et/ou les observations du GPMB
1,2	≈ 4 000	Négligeable	-		
1,3	≈ 6 000	Négligeable	-		
1,5	≈ 3 200	0	-		
1,6	≈ 2 200	Négligeable	0%		
1,8	≈ 90 000	≈ 42 000	46%	Dispersion modérée	L'expertise hydrosédimentaire semble indiquer une dispersion plus importante que celle constatée par le calcul
2,1	≈ 1 500	-	0%	Forte dispersion	Conforme à l'expertise hydrosédimentaire ARTELIA et/ou les observations du GPMB
2,4	≈ 617 500	≈ 300 000	49%	Dispersion modérée	L'expertise hydrosédimentaire semble indiquer une dispersion plus importante que celle constatée par le calcul
3,0	≈ 2 200			Forte dispersion	Conforme à l'expertise hydrosédimentaire ARTELIA et/ou les observations du GPMB
3,1	≈ 150	Négligeable	0%		
3,3	≈ 2 600	Négligeable	0%		
3,4	≈ 80 000	Négligeable	0%		
3,5	≈ 1 050	Négligeable	0%		
3,7	≈ 189 000	Négligeable	0%		
4,1	≈ 28 000	Négligeable	0%		
4,3	≈ 179 000	≈ 100 000	56 % *		

* clapage effectué à la fin de l'année hydrologique.

Dans l'ensemble, à l'exception des zones d'immersion 2.4 et 1.8, les zones d'immersion sont très dispersives : il ne reste en fin de simulation que 21% de ces sables sur la totalité des zones (rappel : il a été clapé 1,2 millions de tonnes de sables).

B. Bilan sur l'ensemble des zones d'immersion - vases

Le tableau ci-après récapitule les masses clapées et restants sur chaque zone d'immersion :

Tableau 9 – Bilan des masses de vases sur chaque zone de vidage

Zone d'immersion	Masse vases (en tonnes)		%	Dispersion des vases	Remarques
	Clapée	Restante			
1,1	≈ 40 000	10 000	25%	Dispersion modérée	Cela correspond aux observations du GPMB à savoir un engraissement de ces zones de vidage.
1,2	≈ 57 000	10 000	17%		
1,3	≈ 72 000	6 000	8%		
1,5	≈ 26 000	Négligeable	0%	Dispersion forte	Conforme à l'expertise hydrosédimentaire ARTELIA et/ou les observations du GPMB
1,6	≈ 18 000	Négligeable	0%		
1,8	≈ 716 000	150 000	21%	Dispersion modérée	L'expertise hydrosédimentaire semble indiquer une dispersion plus importante que celle constatée par le calcul sur ces zones
2,1	≈ 11 000	Négligeable	0%	Dispersion forte	Conforme à l'expertise hydrosédimentaire ARTELIA et/ou les observations du GPMB
2,4	≈ 2 960 000	700 000	24%	Dispersion modérée	Cf. remarque zone 1.8
3,1	≈ 1 500	Négligeable	0%	Dispersion forte	Conforme à l'expertise hydrosédimentaire ARTELIA et/ou les observations du GPMB
3,3	≈ 20 000	Négligeable	0%		
3,4	≈ 630 000	Négligeable	0%		
3,5	≈ 8 000	Négligeable	0%		
3,7	≈ 745 000	Négligeable	0%		
4,1	≈ 33 000	Négligeable	0%		
4,3	≈ 1 500	Négligeable	0%		

Dans l'ensemble, à l'exception des zones d'immersion 1.1, 1.2, 1.3, 1.8 et 2.4, les zones d'immersion sont très dispersives : il ne reste en fin de simulation que 17,5% de ces vases sur la totalité des zones (rappel : il a été clapé 5,36 millions de tonnes de vase).

Les zones 1.1, 1.2 et 1.3 présentent une relative stabilité (environ 20%) ; cela correspond aux observations du GPMB qui n'utilise plus ces zones qui tendent à s'engraisser.

Nota : Les résultats du modèle sont très comparatifs aux résultats de l'analyse hydrosédimentaire, l'exception des deux zones (2.4 et 1.8) pour lesquelles le modèle est trop stable de 25%. Cela donne l'incertitude du modèle actuel. Si on veut améliorer cela, il faudrait procéder à un calage hydrosédimentaire du modèle en itérant la variation des paramètres et une comparaison aux données natures d'évolutions des zones de vidages.

C. Bilan

Dans l'ensemble, à l'exception des zones d'immersion 1.1, 1.2, 1.3, 1.8 et 2.4, les zones d'immersion sont très dispersives.

Tableau 10 – Bilan de la stabilité des zones de vidage – vases et vases

Zone de vidage	Dispersion par rapport		Remarque
	Vases	Sables	
4.3, 4.1, 3.7, 3.5, 3.4, 3.3, 3.1, 2.1, 1.6, 1.5	Dispersion forte	Dispersion forte	Conforme à l'expertise hydrosédimentaire et/ou les observations du GPMB
2.4, 1.8	Dispersion modérée	Dispersion modérée	Zones 2.4 et 1.8 : l'expertise hydrosédimentaire semble indiquer une dispersion plus importante que celle constatée par le calcul sur les zones 2.4 et 1.8
1.3, 1.1	Dispersion modérée	Dispersion forte	En adéquation avec les observations du GPMB : engraissement de ces zones.

2.3. EVALUATION DES BESOINS DE L'ACTIVITE DRAGAGE DES PETITS PORTS DE L'ESTUAIRE

Une quinzaine de petits ports a été analysée. Elle représente 250 000 à 450 000 m³ dragués et rejetés par an, soit moins 4 à 5% du volume dragué dans l'estuaire de la Gironde.

2.3.1. Volume dragué dans les petits ports

Les volumes les plus importants dragués concernent les ports dans la partie aval de l'estuaire (zone 1 et bordure) : Port Bloc (13 à 50 000 m³), Port Médoc (90 à 150 000 m³) et Royan (70 à 100 000 m³).

La **Figure 18** présente les volumes dragués moyens par an pour ces petits ports.

Tableau 11 – Volume annuel dragué dans les petits ports de l'estuaire

Zone	Nom	Méthode de dragage/rejet	Volumes totaux (m3/an)	
			Estimation basse	Estimation haute
1	La Palmyre	Dragage hydraulique et mécanique	5 000	10 000
	Royan		70 000	100 000
2	Mescher sur Gironde	Rotodévasage	3 000	5 000
	Talmont-sur-Gironde		2 000	3 000
	Barzan		2 000	3 000
	Saint-Seurin d'Uzet		2 000	3 000
	Port Bloc	Dragage hydraulique et mécanique	13 000	50 000
	Port Médoc		90 000	150 000
3	Mortagne-sur-Gironde	Rotodévasage	2 000	3 000
	Saint-Fort-sur-Gironde		2 000	3 000
	Saint-Sorlin-de-Conac		2 000	3 000
	Saint-Ciers-sur-Gironde		500	1 000
4	Pauillac-Lafayette	Dragage hydraulique et mécanique	20 000	50 000
5	Bassins à flot GPMB n°1 et 2		36 000	40 000
		Accès et écluse B. à Flot	0	12 000
Volume total par an			249 500	436 000

Les besoins annuels en termes de dragage pour les petits ports sont de 250 000 à 450 000 m³.

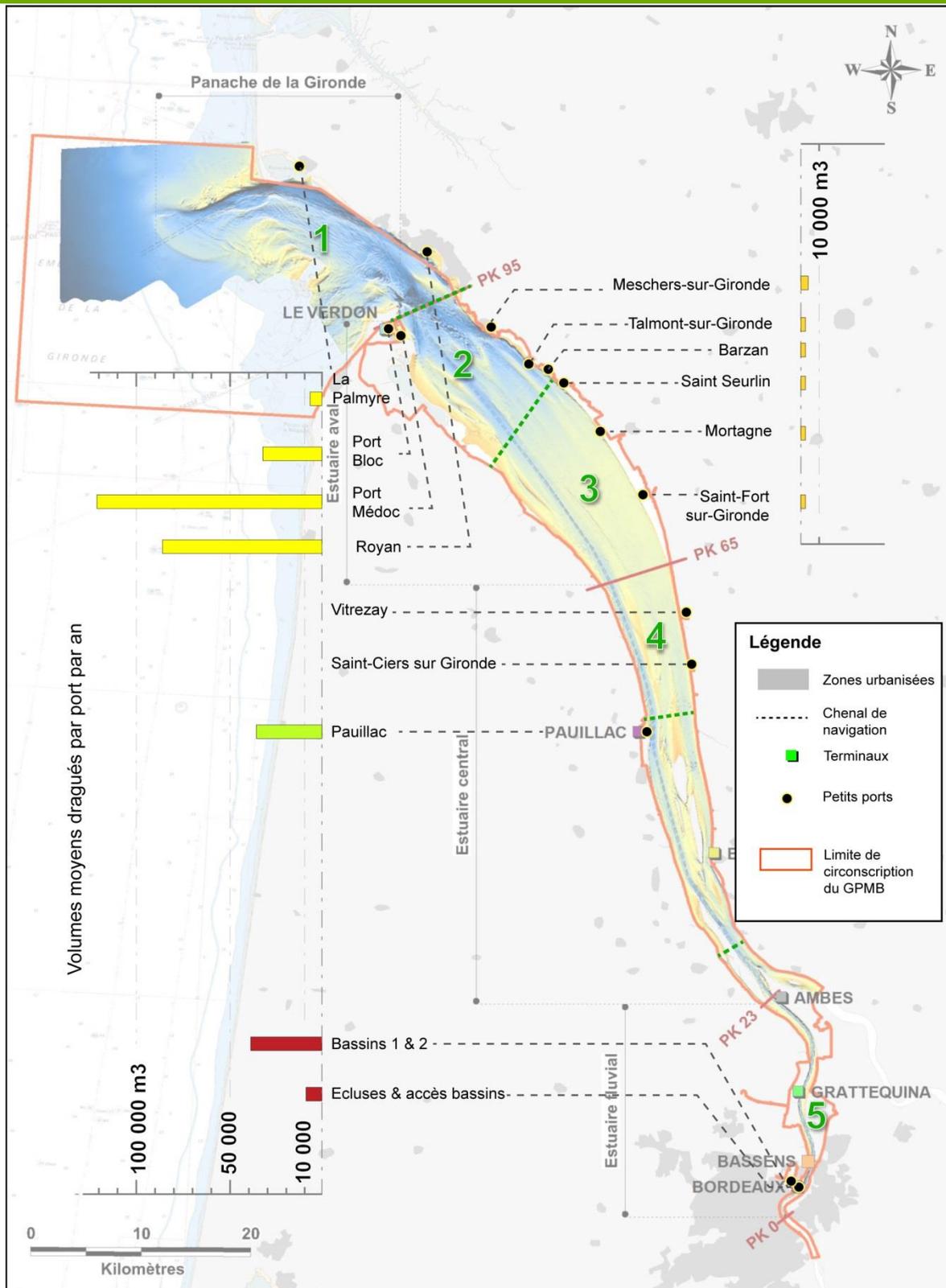


Figure 18. Volume - Dragage d'entretien des petits ports de l'estuaire de la Gironde (IDRA)

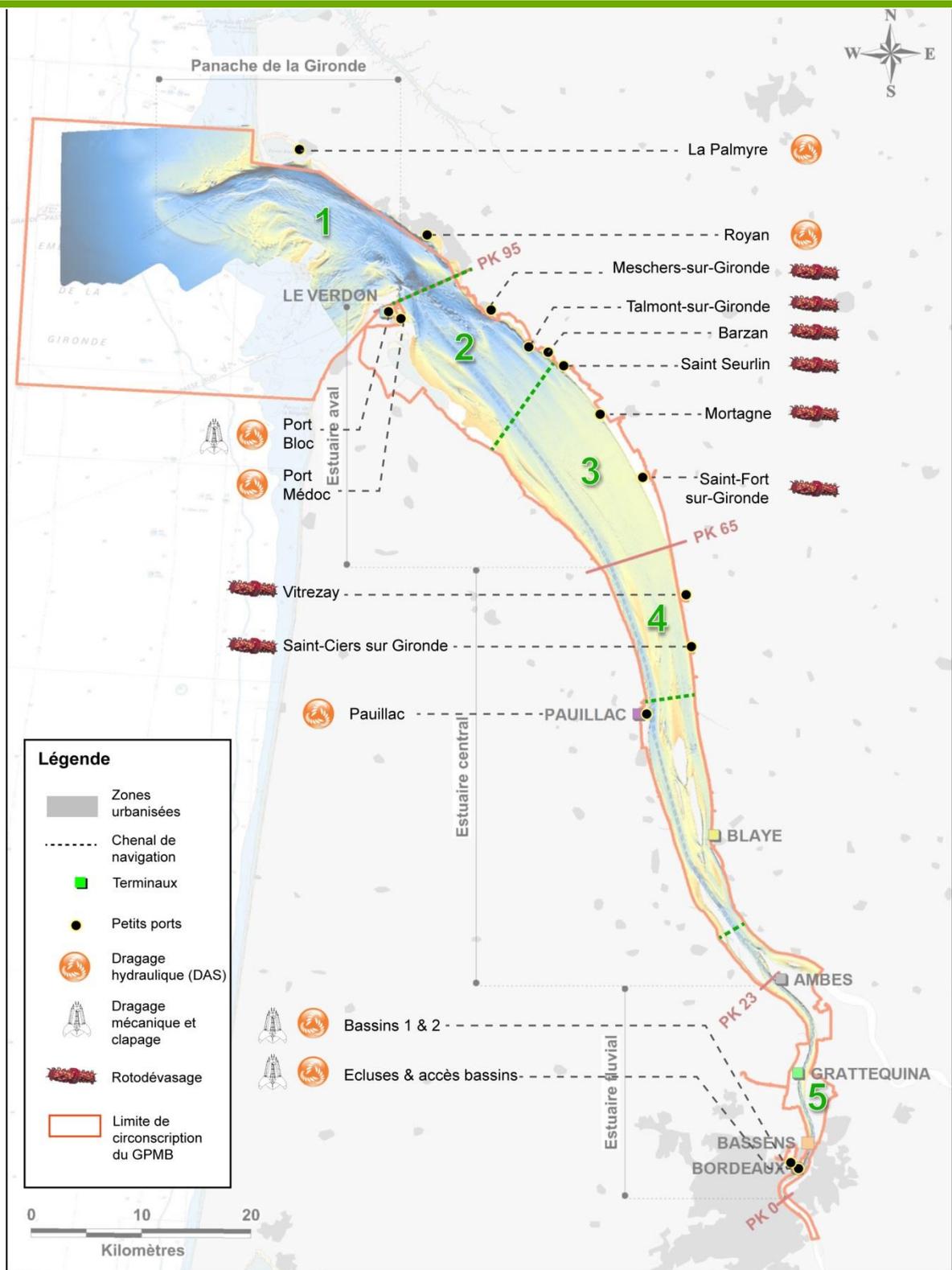


Figure 19. Méthode de dragage d'entretien des petits ports de l'estuaire de la Gironde (IDRA)

2.3.2. Nature des sédiments dragués

Les sédiments sont quasi exclusivement de la vase, ce qui s'explique par la combinaison de la turbidité de l'estuaire (forte concentration en MES) et des zones de calme hydrodynamique que représentent ces ports.

2.3.3. Qualité des sédiments dragués

Globalement et sur la base des seules données disponibles, peu de dégradation de la qualité chimique des sédiments est constatée pour les petits ports de l'estuaire au regard du référentiel Loi Eau (seuils N1/N2 des Arrêtés du 9 août 2006, du 8 février 2013 et du 17 juillet 2014). Les seuls écarts constatés (dépassement de seuil N1) l'ont été de manière assez ponctuelle (Arsenic et Nickel pour Talmond en 2006 ; Chrome pour Saint-Fort en 2009 ; Cuivre pour Royan en 2012), sans récurrence, mais n'ont pas donné lieu à des diagnostics plus poussés, malgré le rejet des matériaux au milieu.

Les figures suivantes présentent les concentrations moyennes mesurées entre 2003 et 2015 sur les ports pour quelques paramètres, mises en perspective avec des volumes concernés par ces ports :

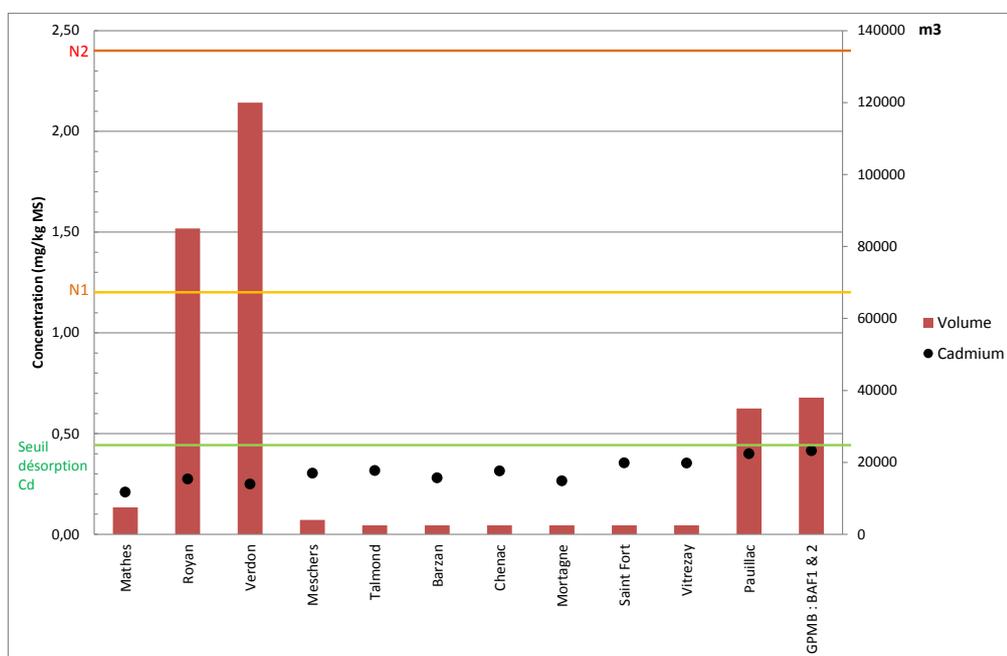


Figure 20. : Evolution des concentrations en Cadmium selon les ports dragués (valeurs moyennes entre 2003 - 2015) et les volumes moyens rejetés.

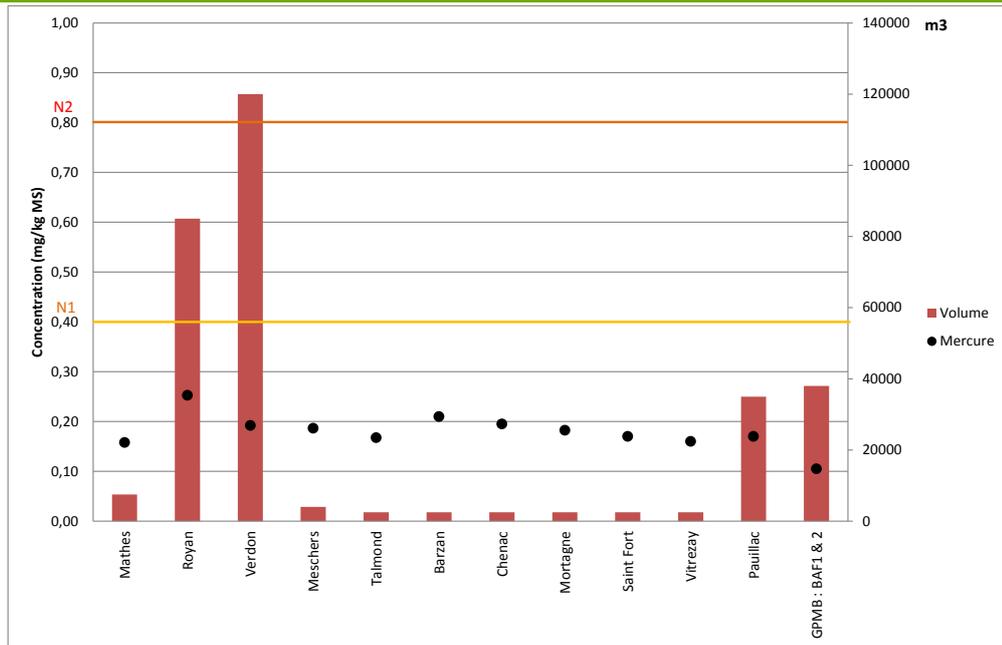


Figure 21. : Evolution des concentrations en Mercure selon les ports dragués (valeurs moyennes entre 2003 – 2015) et les volumes moyens rejetés.

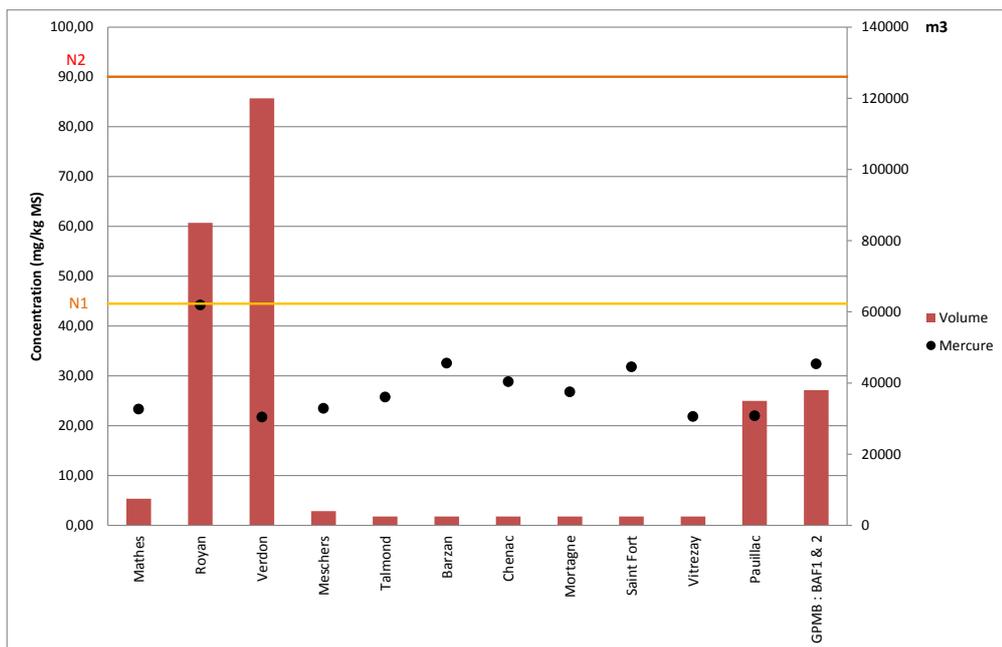


Figure 22. : Evolution des concentrations en Cuivre selon les ports dragués (valeurs moyennes entre 2003 – 2015) et les volumes moyens rejetés.

Remarque : la valeur moyenne mesurée en cuivre pour Royan (soit 44,23 mg/kg MS) est très proche du seuil N1, du fait d'un dépassement ponctuel relevé en 2012.

Dans le détail, une analyse des résultats des campagnes physico-chimiques a été réalisé sur les ports rejetant annuellement le plus de sédiments dans l'estuaire, soit : Le Verdon (80 à 150 000 m³/an) et Royan (70 à 100 000 m³) pour le secteur aval de l'estuaire. On notera que le

port de Pauillac, rejetant un volume de 20 à 50 000 m³, ne figure pas dans cette synthèse car nous ne disposons que d'une seule valeur historique (2012).

- Pour les éléments traces métalliques, les valeurs moyennes restent dans un ratio environ 2 fois inférieur au seuil N1, hormis les paramètres Arsenic sur ces 2 ports (Le Verdon et Royan) et le Chrome sur Royan où la moyenne mesurée atteint 80 à 90% des seuils N1.

Concernant le Cadmium, les moyennes calculées (0,25 mg/Kg MS sur le Port du Verdon et 0,27 mg/kg MS sur Royan) restent en deçà de la valeur indicative estuarienne de 0,45 mg/kg MS. A titre indicatif et par comparaison aux autres petits ports, ce paramètre se situe dans le même ordre de grandeur (0,31 mg/kg MS +/- 0,05).

Ainsi, pour ces 2 ports localisés au niveau du secteur halin plus propice à la désorption de ces contaminants (Cadmium, Cuivre), il n'est pas relevé de niveau de dégradation alarmant dans les sédiments rejetés.

- Pour la famille des PolyChloroBiphényles (7 PCB indicateurs), les concentrations mesurées restent bien inférieures aux seuils N1 définis par Géode.
- Concernant les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (16 HAP_{US-EPA}), les concentrations mesurées restent là aussi inférieures aux seuils N1 définis par Géode.
- Concernant le Tributylétain (TBT), seul le port du Verdon a fait l'objet d'analyses suivies entre 2011 et 2015. La moyenne relevée reste en deçà de la valeur seuil N1 (32 µg/Kg MS pour un seuil N1 à 100 µg/Kg MS).

Le seul suivi qualitatif chronologique qui apparait possible au vu du jeu de données concerne le port du Verdon où les diagnostics s'échelonnent entre 2011 et 2015 (année 2012 exclue). Les résultats font état d'une légère décroissance des contaminants dans les sédiments.

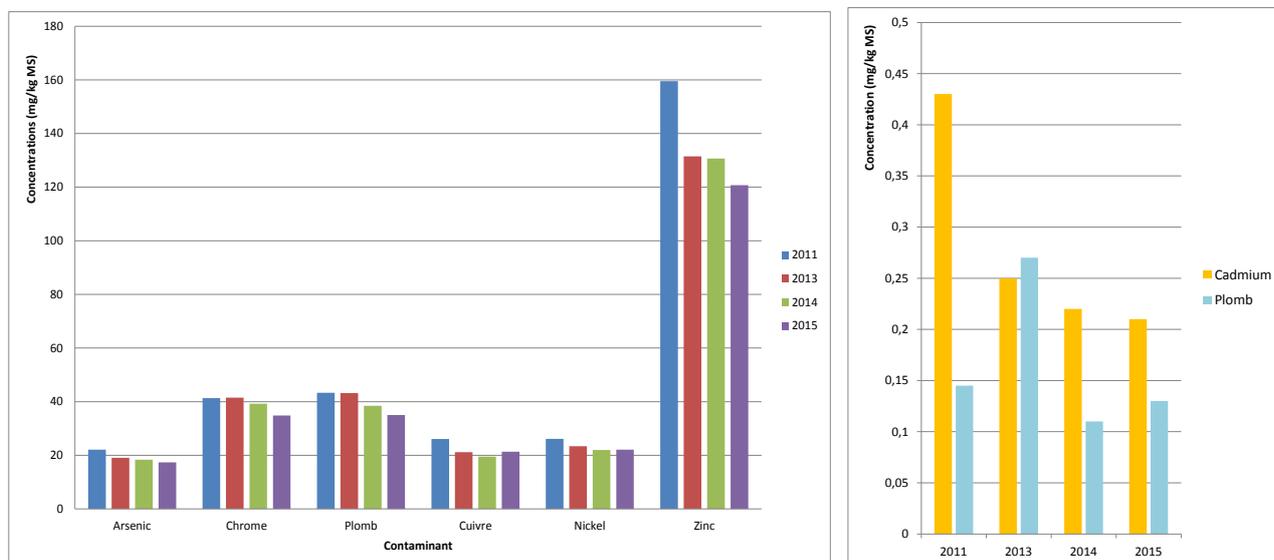


Figure 23. : Evolution des concentrations en contaminant des sédiments du port du Verdon (2011-2015) (année 2012 manquante).

2.3.4. Bilan pour les petits ports

D'une manière générale, les volumes dragués par les petits ports sont faibles au regard de ceux du GPMB (pourcentage inférieur à 4-5%). La qualité chimique est satisfaisante tant au regard des référentiels réglementaires qu'au regard de la littérature (Cadmium).

Toutefois, à l'embouchure, le volume des petits ports représente quand même plus de 10% du volume dragué par le GPMB.

Tableau 12 – Caractéristiques des sédiments dragués dans les petits ports de l'estuaire

SECTION	ZONE DE DRAGAGE / PETIT PORT	PK	VOLUMES DRAGUES (m3) (MOYENNE ANNUELLE 2004-2015)	PERIODE D'INTERVENTION	SEDIMENT		
					NATURE	QUALITE	
						REMISE EN SUSPENSION	VALORISATION A TERRE
Zone 1 - Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde pk>95 Polyhalin	La Palmyre	115	7 500	Période hivernale et automnale favorisée	Vases / sables	<N1-N2	Pas d'analyse réalisée
	Royan	100	85 000		Vases	Cu, 2012 >N1 *	
Zone 2 - Verdon : passe de la Chambrette. pk81-95 Polyhalin	Port Bloc	94	31 500	entre 1 ^{er} octobre et 15 mai	Vases	<N1-N2	
	Le Verdon sur Mer	93	120 000		Vases	<N1-N2	
	Mescher sur Gironde	90	4 000	Autorisé toute l'année. Période hiver / automne favorisée	Vases	<N1-N2	
	Talmont-sur-Gironde	87	2 500		Vases	AS, Ni 2006>N1 *	
	Barzan	82	2 500		Vases	<N1-N2	
	Saint-Seurin d'Uzet - Chenac	80	2 500		Vases	<N1-N2	
Zone 3 - Secteur « aval » entre Pauillac et Le Verdon. pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésohalin	Mortagne-sur-Gironde	74	2 500	Autorisé toute l'année. Période hiver / automne favorisée	Vases	<N1-N2	
	Saint-Fort-sur-Gironde	67	2 500		Vases	Cr, 2009>N1 *	
	Saint-Sorlin-de-Conac - Vitrezay	58	2 500		Vases	<N1-N2	
	Saint-Ciers-sur-Gironde	52	800		Vases	<N1-N2	
Zone 4 – Secteur « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac. pk29-55 Mésohalin / oligohalin	Pauillac-Lafayette	44	35 000	Rejet à l'année, hors période estivale	Vases	<N1-N2	
Zone 5 - Secteur « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès. Pk0-29 Oligohalin / dulcicole	Bassins à flot GPMB n°1 et 2	0	38 000	Hors période estivale (juin/août) et condition de milieu	Vases	<N1-N2	
	Accès et écluse B. à Flot	0	6 000		Vases	<N1-N2	

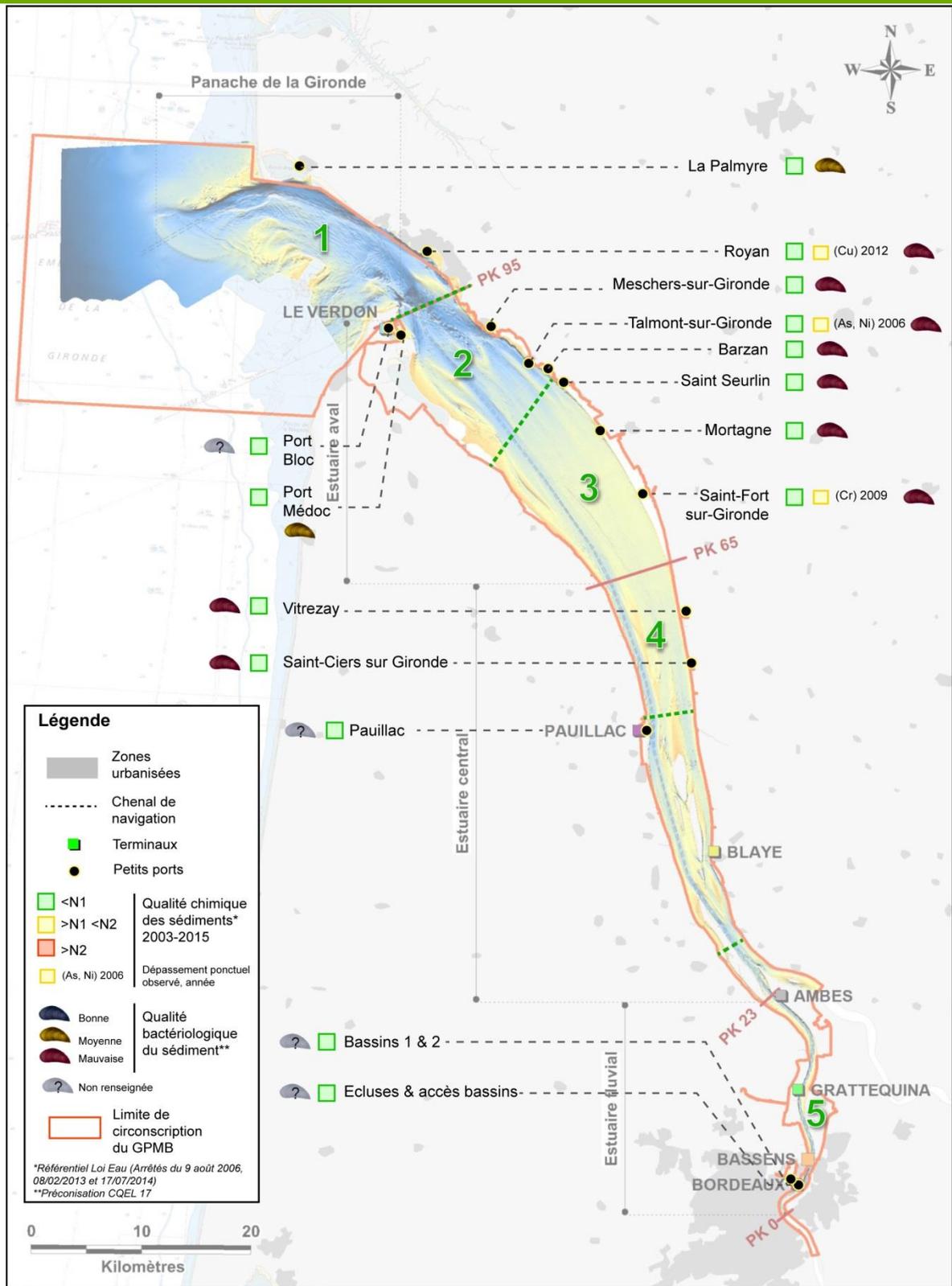


Figure 24. Qualité des sédiments dragués des petits ports de l'estuaire de la Gironde (IDRA)

2.4. BILAN

Le tableau ci-après présente les volumes dragués par le GPMB et les petits ports.

Tableau 13 – Bilan des volumes dragués dans l'estuaire de la Gironde

	SECTIONS	GPMB VOLUMES IMMERGES moyenne annuelle 2000- 2013	Petits ports VOLUMES DRAGUES (m3) (MOYENNE ANNUELLE 2004- 2015)
pk>95 Polyhalin	Zone 1 – Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.	770 000	92 500
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 – Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes.	-	163 000
pk75-81 : Polyhalin pk55-75 : Mésohalin	Zone 3 – Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.	2 730 000	8 300
pk29-55 Mésohalin/ oligohalin	Zone 4 – Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.	4 691 000	35 000
Pk0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 – Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.	520 000	44 000

Les besoins de dragage dans l'estuaire sont donc essentiellement portés sur 4 zones qui représentent 2/3 du volume dragué :

- Zone 3 : Passe Richard, Goulée et By (2,8 Mm³) ;
- Zone 4 : Pauillac/Saint Julien (2,4 Mm³).

Les volumes immergés des petits ports sont faibles par rapport à ceux du GPMB. Cependant, seuls des sédiments issus des dragages des petits ports sont immergés en zone 2.

Moins de 2% des vases draguées reviennent dans le chenal ce qui montre une certaine efficacité des opérations de dragage (source : calcul hydrosédimentaire issu de la modélisation).

Les sédiments dragués sont très majoritairement des vases. Les concentrations en contaminants des sédiments dragués sont généralement inférieures aux seuils N1 et N2 (quelques dépassements ponctuels, dans le temps et l'espace, ont toutefois été observés), mais ne sont pas nulles.

3. VISION PROSPECTIVE DES ENJEUX

Nous avons caractérisé, dans le chapitre précédent, l'activité de dragage et d'immersion telle qu'elle est menée actuellement dans l'estuaire. Il s'agit maintenant de définir quelle va être l'évolution de ces besoins/enjeux dans les prochaines années. Ce travail a été réalisé pour les opérations liées au GPMB et aux petits ports de l'estuaire.

3.1. ENJEUX LIES AUX OPERATIONS DU GPMB

3.1.1. Enjeu opérationnel

3.1.1.1. Evolution du trafic

Les évolutions du trafic attendues dans les prochaines années sont liées à la mise en œuvre du projet de TCSO – terminal conteneurs du sud-ouest (source : GPMB).

Le projet TCSO vise à regrouper l'activité conteneur du port de Bordeaux sur un site unique, le terminal du Verdon.

D'après les informations communiquées par le GPMB, les conséquences à court terme (5 ans) sont la fin du trafic conteneur à Bassens, qui se traduit par :

- l'arrêt des rotations hebdomadaires des deux bateaux feeder (800 EVP) à Bassens soit 104 navires par an ;
- l'accueil de plus gros navires au Verdon (2000 EVP), à une fréquence de deux rotations mensuelles ;
- le doublement du nombre de conteneurs traités par le GPMB (passage de 60 000 à 120 000) ;
- l'accueil d'un troisième navire au Verdon.

Les conséquences à moyen terme (10 ans) sont :

- la poursuite de la progression du nombre de conteneurs traités par le GPMB (passage de 120 000 à 160 000) ;
- la mise en place d'une liaison fluviale entre le terminal du Verdon et la rive droite (Royan, Blaye et dans une moindre mesure Bassens).

3.1.1.2. Dragages d'entretien : cotes de dragage et volumes

Pour l'élaboration du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde, nous devons estimer les volumes à draguer pour l'entretien des accès nautiques, pour la période 2018-2028.

Les projets d'aménagement des accès portuaires peuvent avoir un impact sur les volumes de dragage d'entretien ; nous présentons ici les évolutions attendues associées aux :

- Projet d'approfondissement (autorisation du 6 mars 2006) ;
- Projet de rectification de la passe d'entrée en Gironde.

3.1.1.2.1. Effet du projet d'approfondissement sur les volumes dragués en entretien

En 2006, le GPMB a été autorisé (arrêté préfectoral du 6 mars 2006) à approfondir certains seuils du chenal de navigation. Du fait de l'importance des apports sédimentaires qui ont suivi cette autorisation et de la forte occupation des engins de dragage sur l'entretien des accès, le GPMB n'a

pas eu l'opportunité de concrétiser l'intégralité du programme. Aujourd'hui, le port s'est fixé des cotes objectifs à atteindre pour 2016-2017 (tableau 1).

Le plan de gestion des sédiments de dragage en cours d'élaboration portera uniquement sur l'entretien des accès ; il ne traite pas de l'approfondissement aux cotes objectifs déjà autorisées.

Tableau 1 : mise en perspective des cotes d'exploitation du chenal de navigation (2006 et 2016).

Passes	Cotes* objectifs entretien 2006	Cotes* objectifs approfondissement 2006	Cotes* max réalisées en 2014	Cotes* visées pour 2016
Bacalan	5.5	5.5	5.5	5.5
Bacalan évitage	5.2	5.2	5	5
Bassens amont (idem Bassens aval)	8	8	7.5	7.7
Bassens aval	8	8	7.6	7.9
Grattequina	7.9	8.1	7.8	8.0
Caillou	8	8.4	7.4	8.2
Pachan	8.1	8.3	7.4	8.1
Bellerive	8.2	8.2	7.3	8.1
Bec Amont	8	8	7.7	7.9
Bec aval	8	8	7.5	7.8
Pétroliers	5.3	5.3	5.5	5.5
Plassac	6.7	6.7	4.8	4.8
Roque de Thau	6.8	6.8	6.2	6.2
Ile du nord (fonds naturels)	8.4	8.4	8	7.8
Ile verte	7.9	7.9	7.6	7.7
Cussac	7.7	8.3	7	7.6
Beychevelle	7.7	7.8	6.9	7.6
Saint Julien	7.9	8	6.7	7.9
Pauillac	7.9	8	6.6	7.8
Trompeloup (fonds naturels)	9	9	7.3	7.5
Saint-Estèphe (fonds naturels)	8	8	6.8	7.6
La Maréchale	7.8	7.8	6.6	7.6
Laména	7.7	7.7	6.8	7.6
By	8.3	8.5	7.3	8.2
Goulée	8.3	8.6	7.4	8.3
Richard	8.5	8.8	7.9	8.5
Chambrette (accès amont-passe)	9.6	9.6	8.1	8.0
Chambrette (accès 805/806+évitage)	12.8	12.8	11.8	11.9
Passe Ouest	15	15	13.6	14.0

* Les cotes sont exprimées par rapport au zéro de l'étiage local.

L'effet de cet approfondissement sur les volumes de dragage d'entretien a été étudié et présenté dans le dossier d'autorisation ayant conduit à l'arrêté de 2006. Il est démontré que l'approfondissement a une très faible incidence sur les vitesses des courants et que ces variations négligeables n'auront pas de répercussions sur les processus d'envasement ou d'ensablement.

De ce fait, notre hypothèse est que **les volumes de dragage d'entretien du chenal de navigation dans l'estuaire ne seront pas amenés à évoluer significativement au cours des prochaines années sous l'effet d'un approfondissement des fonds.**

3.1.1.2.2. **Projet de rectification de la passe d'entrée en Gironde**

A l'embouchure de l'estuaire, le projet de rectification de la passe d'entrée en Gironde a une incidence sur les volumes d'entretien de la passe ouest.

SAFEGE² a étudié différents projets d'aménagement et a évalué les volumes de dragage d'approfondissement ainsi que d'entretien. Pour le projet retenu par le GPMB, le volume d'entretien annuel est estimé à 170 000 m³.

Ce volume est nettement inférieur au volume dragué ces dernières années (période 2000-2013) pour maintenir la cote des fonds de la passe d'entrée (450 000 m³).

3.1.1.2.3. **Hypothèses sur les volumes de dragage (2018-2028)**

Le volume moyen interannuel calculé sur la période 2000-2013 est de 8,7 Mm³. Ce volume pourrait être revu à la baisse afin de tenir compte de la réduction des volumes d'entretien de la passe ouest (ou passe d'entrée).

Néanmoins, rappelons que ce volume moyen annuel cache une variabilité interannuelle très forte, en volumes et en répartition le long de l'estuaire. Ces variations ne sont pas prévisibles car elles sont dues à divers facteurs non maîtrisables : facteurs naturels (hydrologie, dépôts...) et facteurs matériels (disponibilité, état des engins de dragage).

Toutefois un volume moyen doit être considéré pour l'élaboration du plan de gestion ; sur la base de la moyenne sur les 10 dernières années (2005-2014), le volume retenu par le GPMB est de 9,2 Mm³.

3.1.1.3. **Projets d'aménagement portuaires**

Les projets d'aménagement de sites portuaires peuvent être intégrés dans la mesure où des matériaux issus des dragages d'entretien pourraient être valorisés en remblais portuaires.

Dans le cadre du plan de gestion des sédiments de dragage, nous retenons les projets d'aménagement ciblés dans le projet stratégique³ du GPMB.

Le projet stratégique fixe un cap sur les 5 prochaines années (d'ici 2020). Or le plan de gestion et la future demande d'autorisation seront établis pour la période 2018-2028. Toutefois aucun document ne permet de voir au-delà de l'horizon 2020 en termes d'aménagement portuaire.

Trois sites d'aménagement sont prévus dans le plan stratégique :

- Terminal du Verdon (48 ha),
- Terminal de Grattequina (10 ha),
- Terminal de Bassens, site de Sabarèges (6 ha).

Les surfaces « brutes » aménageables sont données ici entre parenthèses.

Pour chacun de ces projets d'aménagement, le GPMB applique la doctrine nationale relative à la séquence Eviter, Réduire et Compenser (ERC) les impacts sur le milieu naturel (étude Ecologique en cours sur les sites portuaires). L'application de cette démarche permet d'identifier des secteurs

² SAFEGE, 2008. Etude d'aménagement de la passe d'entrée en Gironde. Rapport de phase 3. PAB.

³ Projet stratégique du GPMB – volet n°4 Politique d'aménagement. Décembre 2014.

à enjeux écologiques majeurs, qui sont à l'issue de la démarche généralement soustraits de la zone d'aménagement. Celle-ci est alors réduite par rapport à la surface « brute » initialement ciblée.

Toutefois, afin de maximiser les volumes à remblayer, nous considérons ici pour l'estimation de ces volumes, les surfaces « brutes » présentées au Projet Stratégique.

Pour les travaux de remblaiement, l'hypothèse retenue ici selon les informations fournies par le GPMB est un remblai moyen de 1 m sur toute la surface.

Les volumes de remblais consécutifs estimés à ce stade sont donc de :

- **480 000 m³ au Verdon,**
- **100 000 m³ à Grattequina,**
- **60 000 m³ à Bassens.**

Notons que ce volume (640 000 m³) est faible en comparaison du volume dragué annuellement sur les passes sableuses et sablo-vaseuses (1 800 000 m³).

L'objectif du GPMB est un pré-aménagement (remblaiement) de ces sites d'ici 2020. Toutefois il faut rappeler que plusieurs facteurs majeurs déterminent une éventuelle décision d'aménagement de ces terrains, à savoir :

- La décision des autorités portuaires d'engager ce programme d'aménagement ;
- Le financement associé à la réalisation de ce programme ;
- L'obtention des autorisations réglementaires préalables à l'aménagement des sites.

D'autre part, la réutilisation de matériaux dragués en remblais portuaires est contrainte par le phasage et le planning des différentes opérations qui ne sont pas toujours compatibles, par le type de sédiments dragués (seuls les sables sont valorisables en remblais), par des facteurs économiques (mise en œuvre pouvant être plus onéreuse qu'une autre solution).

Notons que le GPMB **ne dispose pas à l'heure actuelle de chambre de dépôt de sédiments de dragage ou d'installation de transit** qui permettrait de stocker provisoirement des sédiments de dragage en vue d'une valorisation ultérieure. Toutefois la réglementation autorise, si la qualité des sédiments le permet, une valorisation directe des matériaux.

3.1.1.4. Pratiques de dragage

Selon les informations communiquées par le GPMB, une des actions du port dans les années à venir est d'achever le renouvellement des engins de dragage et d'hydrographie.

Après le remplacement de la drague aspiratrice en marche (DAM) Pierre Lefort en 2013 par la DAM Anita Conti, le GPMB souhaite remplacer la drague à benne La Maqueline. Le service Dragages du GPMB est actuellement en réflexion sur les besoins, les engins adaptés et les coûts associés aux solutions envisagées.

Dans la continuité des expérimentations de dragage par injection d'eau (DIE), le GPMB souhaite que cette technique de dragage soit mise en œuvre de manière opérationnelle pour l'entretien des souilles des installations portuaires. Cette pratique s'est avérée performante lors des expérimentations réalisées en Gironde.

Aussi, dans les zones ou souilles sablo-vaseuses, le port envisage de pratiquer de l'injection d'eau dans un premier temps pour remobiliser et déplacer les fines ; puis, dans un second temps, de draguer par aspiration les sables propres restés en place.

La mise en œuvre opérationnelle de la pratique du DIE devrait se traduire par une diminution de volume de sédiments immergés ; en effet cette technique fluidifie les sédiments sur le fond et le mélange eau-sédiments est relocalisé naturellement, depuis la zone draguée vers

une zone plus en aval, sous l'action des courants. C'est pour cette raison que le dragage est pratiqué au jusant (courants vers l'aval).

A noter cependant que cette technique fonctionne essentiellement pour les particules fines, c'est-à-dire les vases, susceptibles d'être fluidifiées rapidement et mettant plus longtemps à se redéposer. En présence de vases consolidées ou de matériaux sableux, le DIE devient moins efficace : les sables ne sont déplacés que sur une faible distance, si les courants le permettent. **Il semble donc délicat de se reposer sur une seule technique et prudent de se réserver la possibilité d'affecter à chaque zone de dragage un engin adapté à la nature des sédiments présents et aux conditions de site.**

3.1.1.5. Bilan

Nous présentons dans le tableau page suivante le bilan des volumes sur les 10 années à venir (2018-2028), résultant des hypothèses présentées précédemment :

- Volume moyen annuel dragué,
- Volume moyen annuel immergé,
- Volume moyen annuel valorisable (sables),
- Besoins en remblais sableux (ponctuel).

Tableau 2 : évolution des volumes annuels dragués et immergés sur les 10 ans à venir.

Caractéristiques		2005-2014	Hypothèses 2018-2028*	
Dragage	Volume annuel dragué (total sur l'ensemble de l'estuaire)	9,2 Mm ³	9,2 Mm ³ (moyenne)	
	Nature des sédiments	Sables (20%) potentiellement valorisables	1,8 Mm ³	1,8 Mm ³
		Vases (80%)	7,4 Mm ³	7,4 Mm ³
	Technique de dragage	Dragage des postes par la Maqueline (7%)	0,6 Mm ³ (Maqueline)	Remplacement de la Maqueline par du dragage à injection d'eau et DAM : DIE : 0,4 Mm ³ DAM : 0,2 Mm ³
		Dragage des passes amont par la DAM (19%)	DAM : 1,7 Mm ³	Passes vaseuses : remplacement de la DAM par du DIE : volume 1,3 Mm ³ (avec possibilité néanmoins d'un mix avec la DAM) Autres passes (bec aval et passes sableuses) avec DAM : volume de 0,4 Mm ³
		DAM : autres passes (74 %)		6,9 Mm ³ (essentiellement DAM mais avec mix DIE)
Immersion / clapage / valorisation	Immersion	Volume annuel immergé (total sur l'ensemble de l'estuaire)	9,2 Mm ³	6,6 millions m ³ (le volume relocalisé par DIE n'est pas immergé)
		- Immersion dans la Garonne (Maqueline)	0,6 Mm ³	0 million m ³ (le volume relocalisé par DIE n'est pas immergé)
		- Immersion sur la zone 1.8 (matériaux dragués sur les passes amont)	1,7 Mm ³	0,4 million m ³ (réduction du volume relocalisé par DIE ; reste l'immersion des sables de Bec aval)
	Valorisation	Besoin en sables pour les remblais portuaires d'ici 2020	-	0,6 Mm ³

* Nous estimons que d'ici 2 ans (2018), les nouveaux moyens de dragage affectés aux opérations d'entretien des accès seront en activité.
DAM : drague aspiratrice en marche

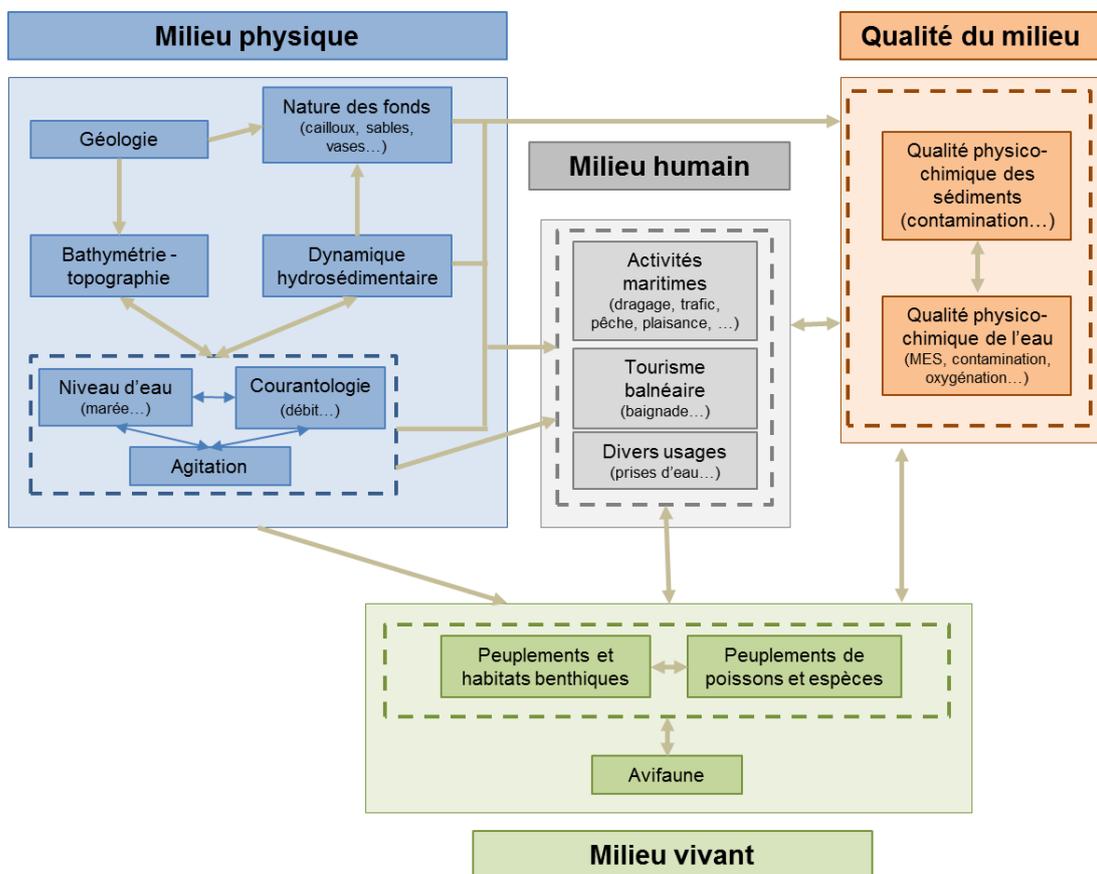
3.1.2. Enjeu environnemental

A partir de l'état des lieux réalisé en étape 1 et des éléments de la fiche de synthèse, nous proposons ici de hiérarchiser les enjeux environnementaux dans l'estuaire de la Gironde. Plusieurs thématiques à enjeux ont été identifiées :

- Hydrosédimentaire et qualité des eaux : bouchon vaseux et oxygène dissous, dépôt sédimentaire,
- Qualité du milieu et des sédiments : contamination,
- Milieu vivant : benthos, ressource halieutique.

Rappelons (cf. fiche de synthèse Etape 1) que ces différents compartiments du milieu estuarien sont en inter-relations :

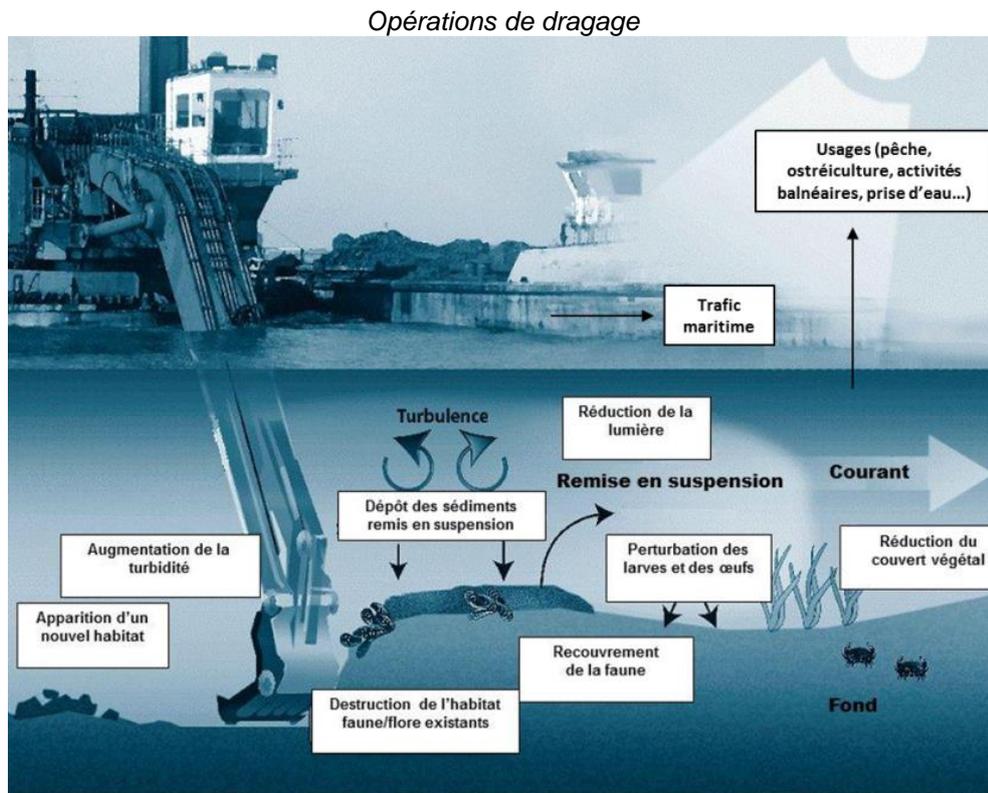
Figure 25 : Inter-relations générales entre les différents milieux



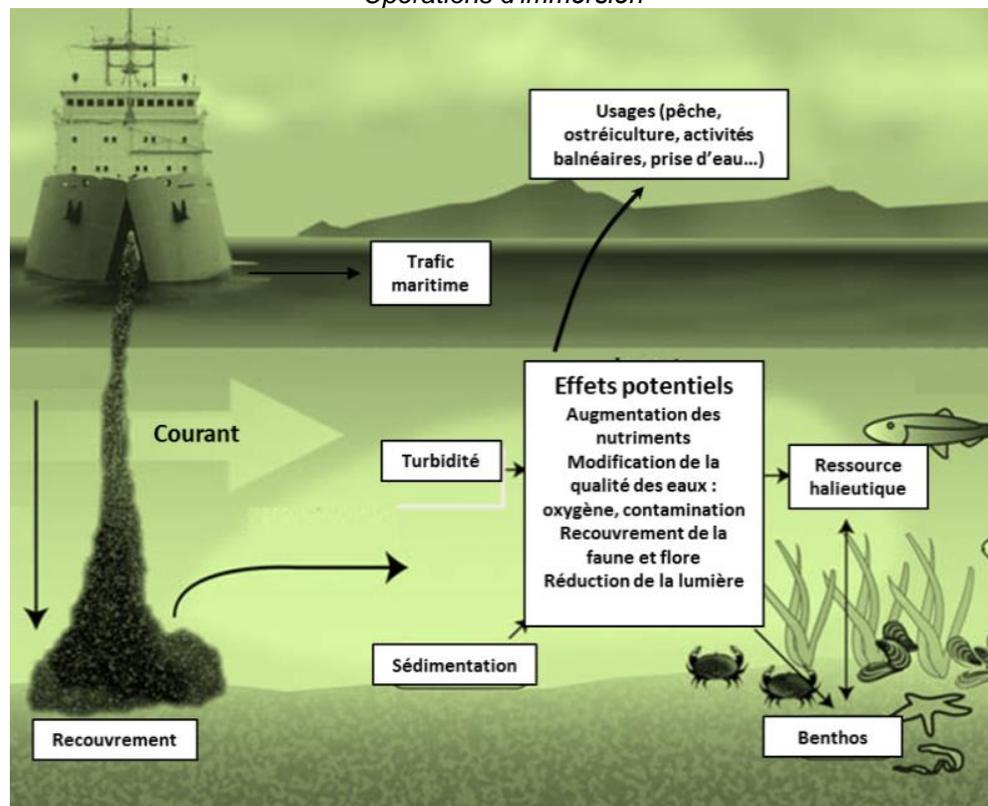
(Source : ARTELIA)

Pour hiérarchiser ces enjeux, il convient de définir les liens entre l'activité de dragage-immersion et le fonctionnement écologique de l'estuaire, les compartiments biologiques, la qualité des milieux...

Figure 26 : Effets potentiels des dragages



Opérations d'immersion



De plus, plusieurs protections réglementaires (Natura 2000, ZNIEFF, site inscrit/classé...) sont présentes au niveau de l'estuaire de la Gironde. Dans l'ensemble, au regard de leur emprise, ces protections ne sont pas discriminantes mais il conviendra d'en tenir compte dans l'établissement des scénarios et leur comparaison. Ces protections sont cartographiées en annexe II.

3.1.2.1. Enjeux hydrosédimentaires

3.1.2.1.1. Préambule : rappel sur les concentrations naturelles de MES présentes naturellement dans l'estuaire

Les concentrations « naturelles » en MES dans l'estuaire de la Gironde sont très variables. Elles dépendent de :

- Des conditions hydrauliques et hydrologiques : étiage, crue, marée...
- De la position dans la colonne d'eau : fond (concentration des MES très importante), surface... ;
- De la position géographique dans l'estuaire de la Gironde.

Lorsque le bouchon vaseux est présent, les concentrations peuvent régulièrement atteindre plusieurs g/l en surface. Lorsqu'il n'est pas présent, les concentrations (en surface) peuvent varier entre 0,5 et 1 g/l. Ces éléments sont détaillés dans les rapports M1E1-1 et M1E2-4.

Il convient également de rappeler que ces données sur les concentrations naturelles en MES sont très ponctuelles géographiquement et/ou temporellement :

- Les mesures MAGEST concernent uniquement 4 stations (Pauillac, Bordeaux, Libourne et Portets) pour l'ensemble de l'estuaire. Il s'agit de mesures journalières (pas de temps : 10 min) de surface ;
- Les mesures SOMLIT concernent 3 points de l'estuaire (pk30 – Blaye ; pk52 – Pauillac ; pk86 – Le Verdon). Il s'agit de mesures mensuelles de surface et de fond ;
- Des données bibliographiques (publications, thèse...) : modélisations, images satellitaires à l'échelle de l'ensemble de l'estuaire.... Ces données concernent généralement les concentrations de MES de surface.

3.1.2.1.2. Description

A. Enjeux techniques

Les besoins de dragage dans l'estuaire sont donc essentiellement portés sur 4 zones qui représentent 2/3 du volume dragué :

- Zone 3 : Passe Richard, Goulée et By (2,8 Mm³) ;
- Zone 4 : Pauillac/Saint Julien (2,4 Mm³).

Les volumes immergés des petits ports sont très faibles par rapport à ceux du GPMB.

B. Enjeux environnementaux

Le tableau récapitule les masses dans l'estuaire de la Gironde liées aux rejets. Au final, la grande majorité des sédiments (~80%) restent dans l'estuaire.

Tableau 14 – Bilan des masses rejetées dans l'estuaire

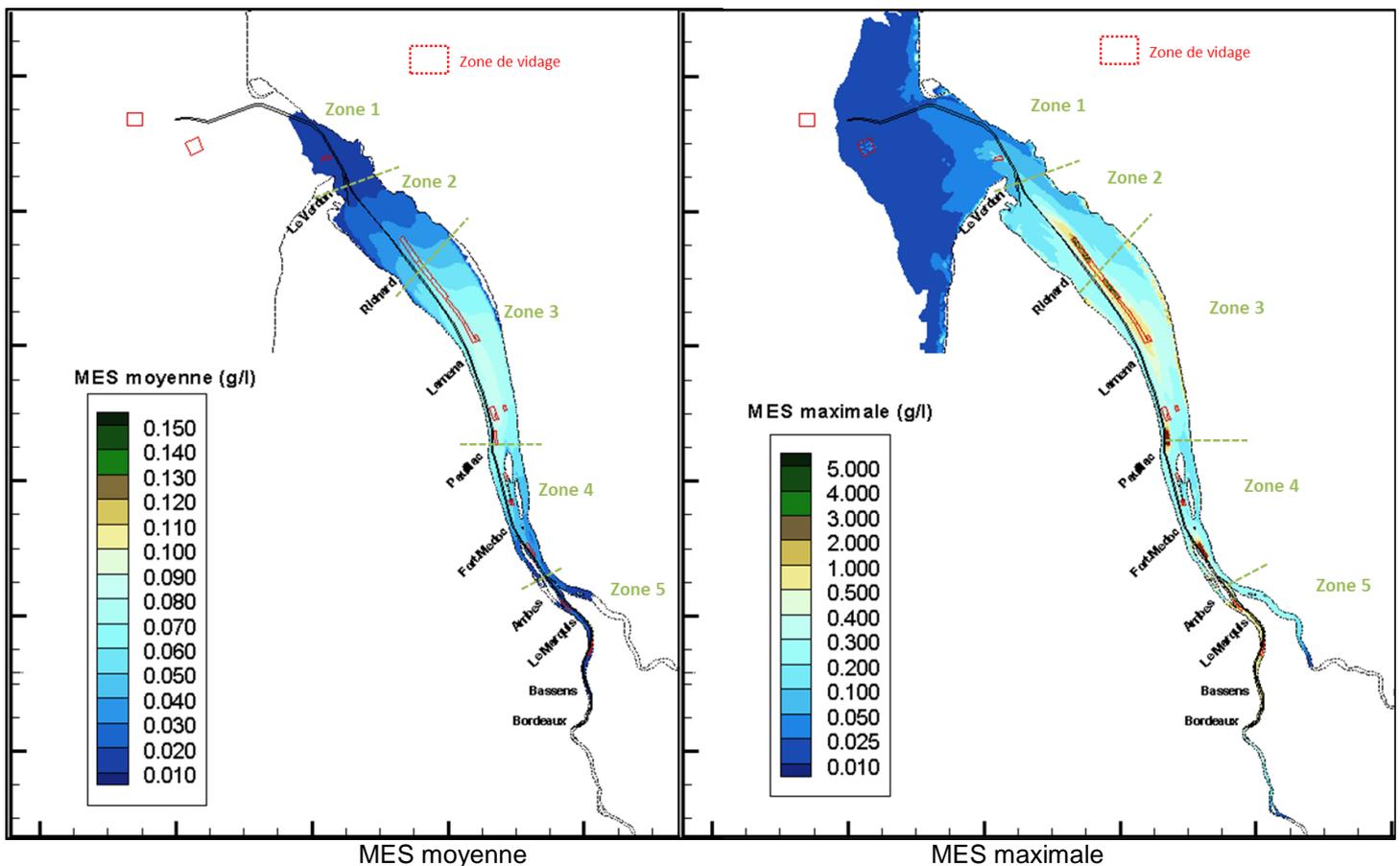
Sédiments	Dans l'estuaire		Hors estuaire	Rappel : masse total
	Dépôts	Remise en suspension		
Vases	4,2 à 4,5 M tonnes	0,1 à 0,4 M tonnes (2 à 10%)	1 M tonnes (18%)	5,66 M tonnes
Sables	0,9 M tonnes	Négligeable	0,3 M tonnes (25%)	1,2 M tonnes
Total	5,1 à 5,4 M tonnes	0,1 à 0,4 M tonnes (2 à 8%)	1,3 M tonnes (19%)	6,9 M tonnes

Les rejets engendrent des remises en suspension et des dépôts susceptibles d'avoir des effets sur la chaîne trophique :

- Risques hypoxie-anoxie associés aux MES ;
- Contamination liée au relargage des contaminants présents dans les sédiments rejetés ;
- Milieu vivant : benthos (recouvrement des habitats), ressource halieutique...

Matières En Suspension liées aux rejets

Les concentrations moyennes en MES dans l'estuaire sont logiquement observés à proximité des zones de clapage. Les MES dues aux clapages sont ensuite dispersées par les courants ce qui explique qu'on ne retrouve pas les valeurs observées autour des points de clapage ailleurs dans l'estuaire.



Attention les échelles de MES ne sont pas les mêmes pour les cartes de MES moyennes et les cartes de MES maximales.

Figure 27 : Cartes de MES moyenne et maximale en vase –vue générale

Dépôts liés aux rejets

Les cartes pages suivantes présentent les résultats issus du calcul (modèle). Il s'agit du dépôt de sédiments dragués et clapés dans l'estuaire. Les « dépôts moyens » correspondent à la moyenne de l'épaisseur de sédiment en chaque point sur l'année de calcul et les « dépôts maximum » correspondent au maximum d'épaisseur de sédiment calculé en chaque point au cours de l'année de calcul. Ainsi le maximum de dépôt ne peut être que très temporaire, alors que le dépôt moyen fournit une épaisseur "plus pérenne".

Les zones de dépôts sont essentiellement localisées au niveau des zones d'immersion, les zones intertidales sur la partie aval de l'estuaire et les zones de calme hydrodynamique (au niveau des îles) :

- Zones intertidales : les dépôts moyens peuvent atteindre très localement 10 cm, mais sont très généralement inférieurs à 5 cm (ce dépôt annuel ne prédit par contre pas l'effet cumulatif sur plusieurs années (tassement, agitation locale sur les estrans permettant la reprise etc..). Le maximum de dépôt pendant l'année hydrologique représentée est inférieur à 20 cm. Il s'agit d'un maximum ponctuel dans le temps et l'espace ;
- Zones au niveau des îles ou bras secondaires : les dépôts moyens peuvent atteindre très localement 10 cm, mais sont très généralement inférieurs à 1 cm. Le maximum de dépôt pendant l'année hydrologique représentée est inférieur à 20 cm. Il s'agit d'un maximum ponctuel dans le temps et l'espace.

Le détail des évolutions (moyennes et maximales) est présenté dans le rapport m1-E2-4 décrivant les résultats de la modélisation.

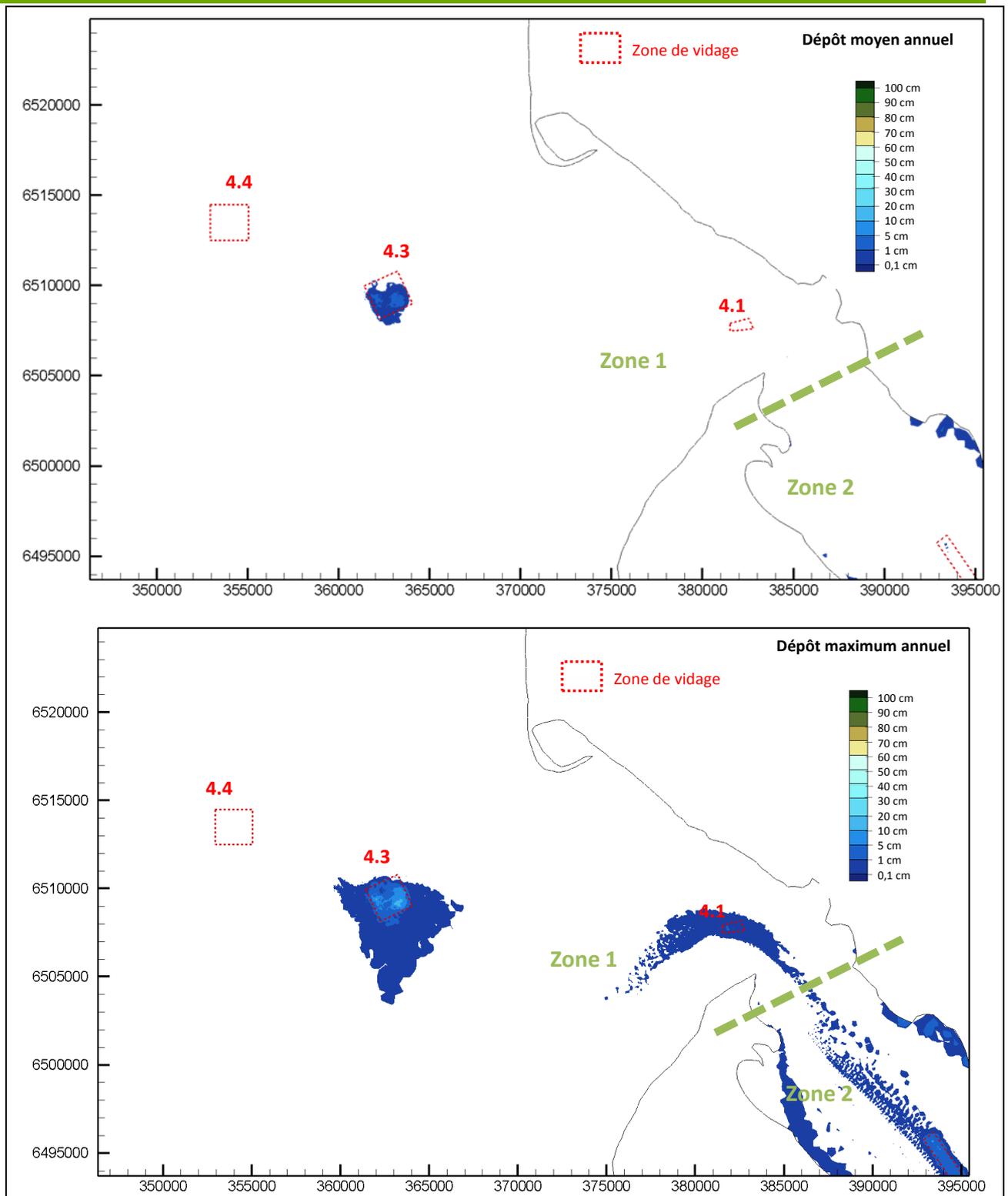


Figure 28 : Cartes de dépôt moyen et maximal -zoom embouchure

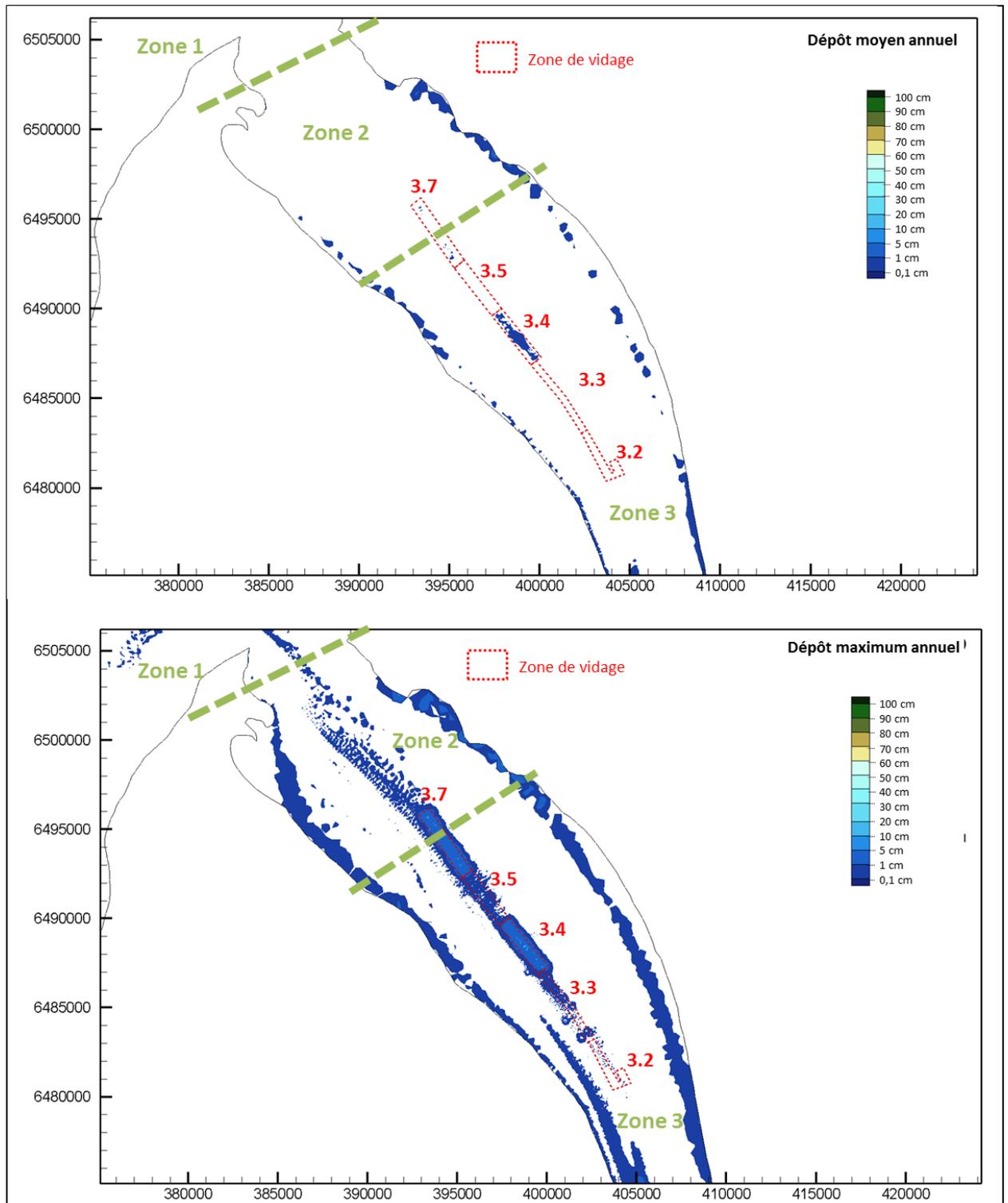


Figure 29 : Cartes de dépôt moyen et maximal -zoom Verdon Laména

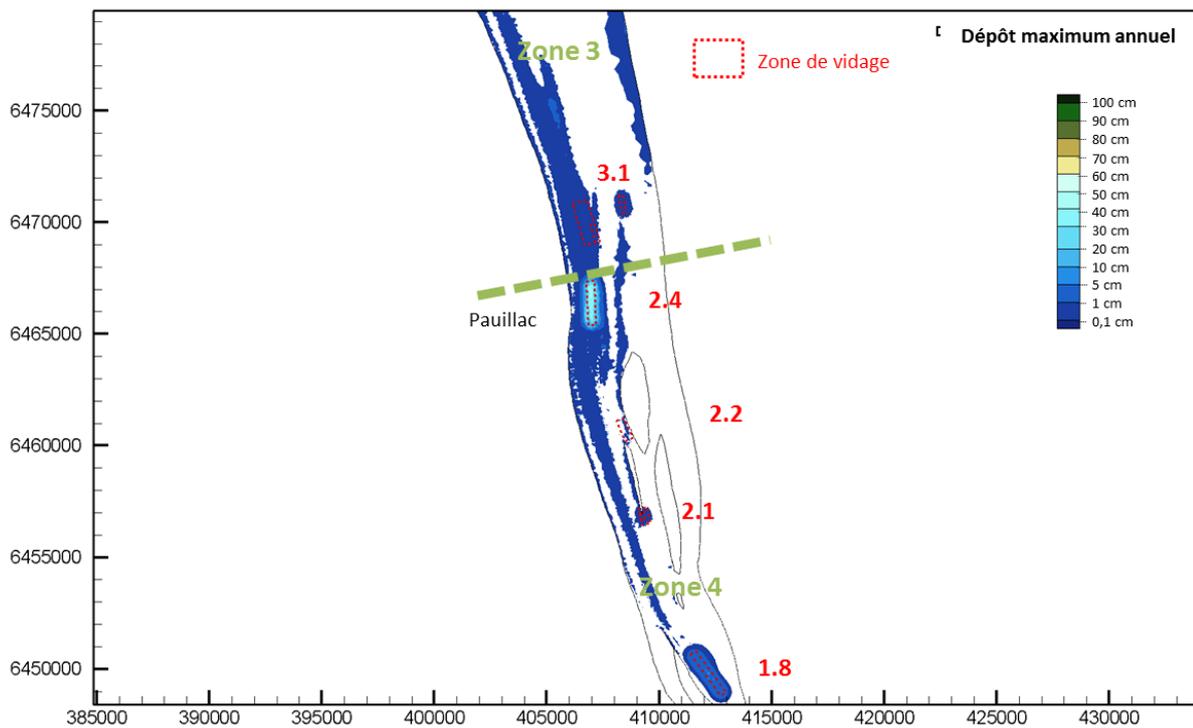
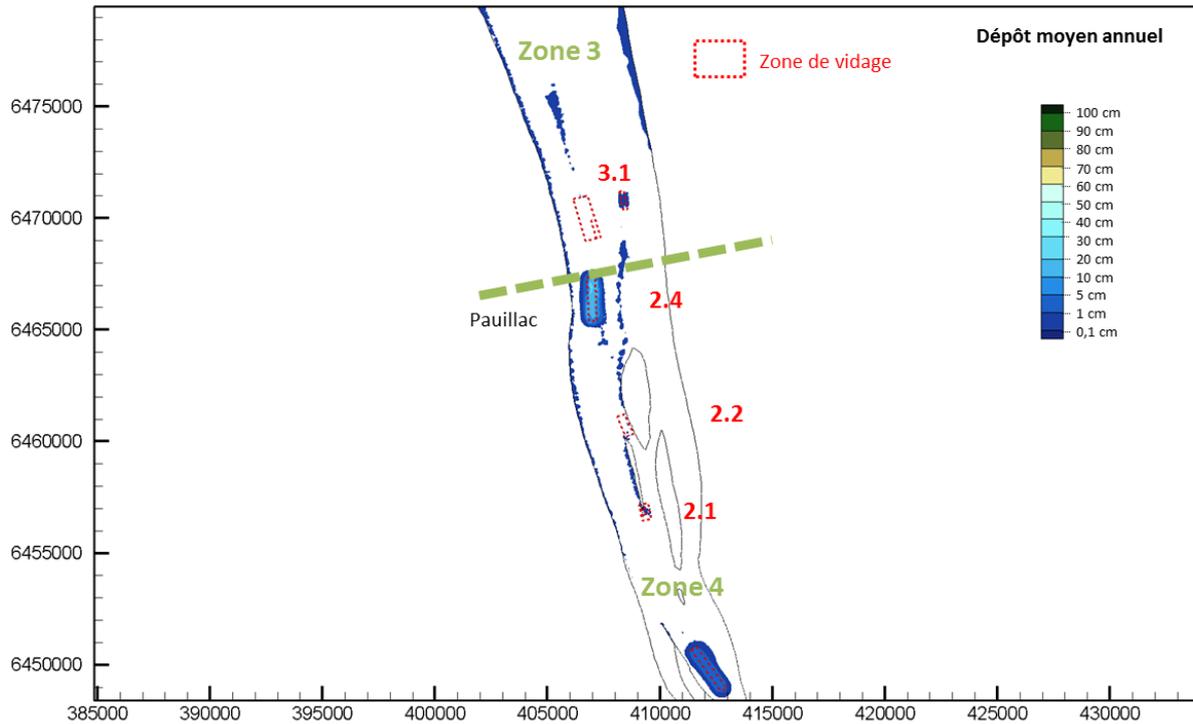


Figure 30 : Cartes de dépôt moyen et maximal zoom Laména Ambès

Sur la zone 2.4, les résultats de calcul ne sont pas en adéquation avec l'expertise hydrosédimentaire réalisée à partir des levés bathymétriques (cf. Rapport M1-E2-4) ; cette expertise indique une dispersion plus importante que celle constatée par le calcul.

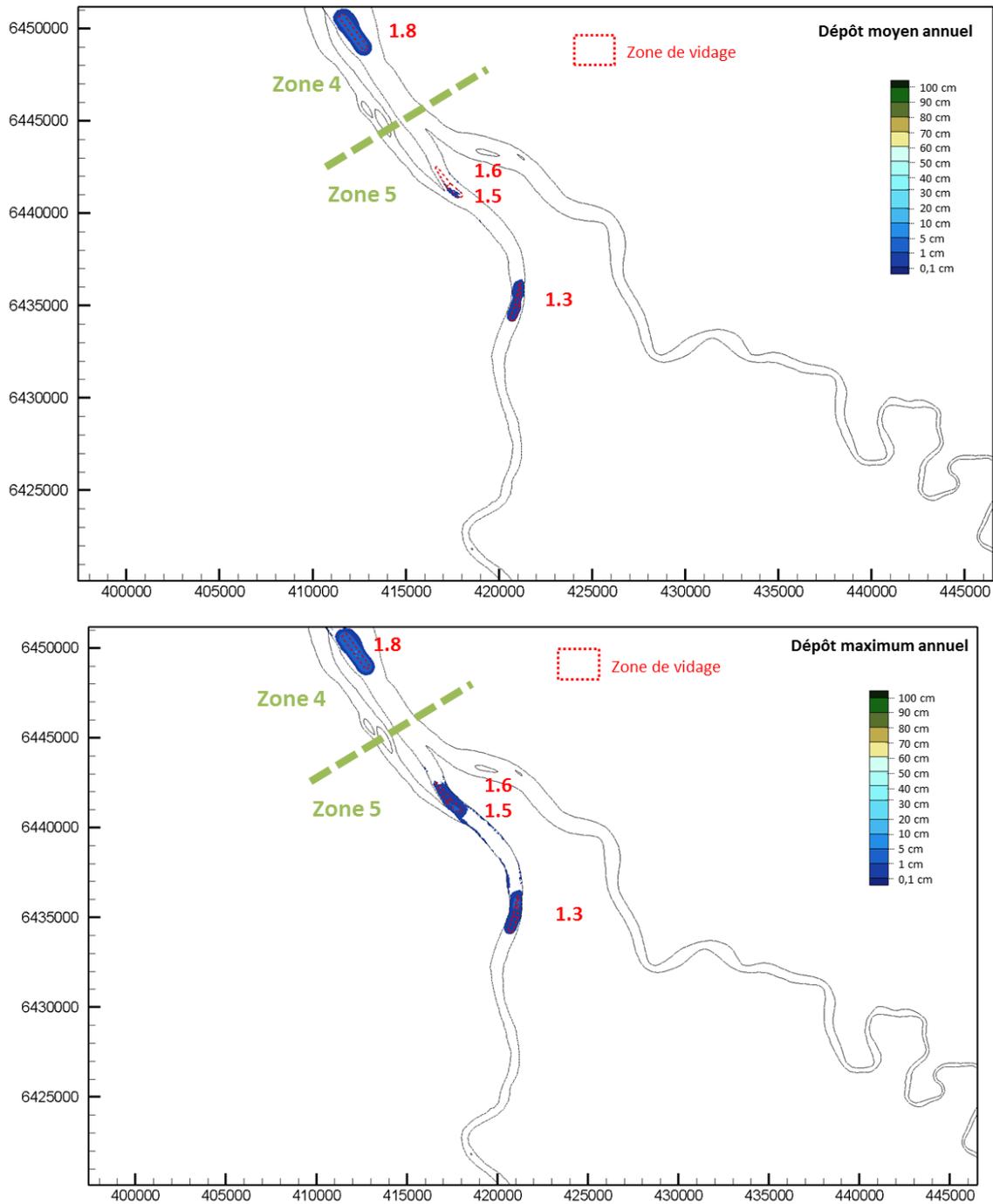


Figure 31 : Cartes de dépôt moyen et maximal - zoom Ambès-Bordeaux

3.1.2.1.3. Bilan et pistes d'amélioration par rapport à la thématique « hydrosédimentaire » et opérations de rejets

Les résultats du calcul hydrosédimentaire représentant les rejets GPMB sur l'année hydrologique 2008-2009 (cf. détails dans le rapport M1-E2-4) permettent de tirer plusieurs enseignements :

- Dragage et immersions

Le retour des matériaux dragués vers les zones draguées et le chenal est très faible (environ 2%) ; ce qui montre une bonne efficacité de ces opérations d'un point de vue technique et économique.

Selon les hypothèses considérées dans le modèle, la masse en suspension générée par les opérations (0,1 – 0,4 Mt pour 5,7 Mt vase clapée) représente entre 5 et 15% de la masse totale estimée du BV (1,7 – 2,3 Mt) (hors considération de la crème de vase).

- Dépôts :

A court terme, les dépôts sont principalement localisés sur et autour des zones de vidage. A moyen terme (quelques semaines/mois), les matériaux sont dispersés vers les zones intertidales de l'estuaire : cependant, les dépôts résiduels restent faibles (quelques millimètres).

- Période de rejet :

- Saison :

Les dragages étant nécessaires au fonctionnement du port toute l'année, il est difficile de déterminer une saisonnalité des opérations réaliste. On note cependant que les impacts potentiels sont les plus élevés en période d'étiage et que la période hivernale est propice à l'expulsion des sédiments vers le large.

- Marée :

- Période de la marée :

Rappelons tout d'abord que les opérations effectuées et modélisées en 2008-2009 se sont réalisées indifféremment au flot et au jusant sauf pour le DIE.

Le choix de privilégier un clapage au flot ou au jusant dépend de la position relative d'un enjeu particulier (ex. prise d'eau). A l'échelle de l'estuaire ou des zones d'immersion, la différence d'impact ne peut se mesurer qu'à une échelle temporelle très limitée (< 6 heures)

- VE – ME : les zones de vidage actuellement utilisées et modélisées sont des zones dispersives. Par conséquent :

- à moyen terme, aucune différence importante n'a été observée entre un clapage en ME ou en VE.
- A court terme : les ME favorisent le dépôt (peu de suspension) et les VE, à contrario, la suspension. Cependant, à la ME ou VE suivante, les processus sont inversés (simple décalage temporel de quelques jours).

- Focus sur la technique de dragage à injection d'eau (DIE)

Le calcul ne permet pas d'évaluer l'efficacité de la pratique mais d'en évaluer les effets. On constate une forte concentration en MES localisée dans la partie basse de la colonne. Ces résultats s'expliquent également par :

- Le dragage par injection est une remobilisation du sédiment en continu sur plusieurs heures, en période de jusant ;
- Le principe du DIE est de générer un courant de densité sur les fonds, qui, par gravité, s'écoule vers un point bas en aval du chenal ;
- Le sédiment reste dans la partie basse de l'écoulement et il est concentré dans le chenal de navigation
- Le dragage par injection a été effectué sur une période d'étiage, dans une zone où le sédiment en suspension a tendance à s'accumuler pour ce type de débit (ce qui est en accord avec le besoin de draguer en cette période). On voit d'ailleurs que sur les 3

derniers mois, la MES augmente sur ces points alors qu'il n'y a pas de dragage par injection d'eau. Cette dynamique estuarienne en période d'étiage ne favorise donc pas la dispersion du sédiment.

Le DIE a un fort rendement (environ 600 kg/s), soit près de 20 fois celui du rejet au fil de l'eau. Très peu de sédiments reviennent dans les passes draguées. Par conséquent, sur la base de cette expérimentation, d'un point de vue technique (hors considération des MES), le DIE semble très efficace.

Remarque : les expérimentations de dragage par injection d'eau ont été effectuées en Garonne, donc dans une zone resserrée ce qui favorise la concentration des sédiments ; il n'est pas certain que le résultat ait été le même plus en aval dans l'estuaire.

Les améliorations pour le DIE pourraient être les suivantes :

- Séquencer les opérations (éviter le cumul de concentrations) ;
- Eviter dans la mesure du possible les périodes d'étiage et assurer un suivi des valeurs de O₂D avant de lancer les opérations pour limiter les risques d'anoxie.

L'emprise spatiale du courant de densité dans l'estuaire de la Gironde a été évaluée par Ginger en 2011, à l'occasion du suivi de l'expérimentation de cette technique.



Figure 32 : Emprise spatiale du courant de densité dans l'estuaire de la Gironde (Ginger, in guide méthodologique GEODE)

L'emprise du courant est limitée à une trentaine de mètres en largeur et il s'étend sur environ 300 m en aval dérive de la drague.

3.1.2.2. Enjeux contamination

3.1.2.2.1. Description générale

La contamination constitue un enjeu notable de l'estuaire. La présence de contaminants diffère suivant les zones estuariennes et les conditions physico-chimiques. Par exemple, en fonction du degré de salinité, les contaminants (métaux, PCB, HAP, médicaments) fixés aux sédiments peuvent se désorber vers la colonne d'eau (sous forme dissoute) et contaminer les organismes aquatiques in-situ et situés en aval.

Cependant, ces phénomènes sont complexes et varient en fonction des contaminants. Par conséquent, il est difficile d'identifier un enjeu global.

3.1.2.2.2. Cas spécifique du Cadmium

La problématique du cadmium est considérée comme majeure dans l'estuaire de la Gironde. Il faut noter que la concentration en cadmium dans l'estuaire de la Gironde est trois fois supérieure aux concentrations mesurées dans l'estuaire de la Loire.

Le cadmium mesuré dans l'estuaire de la Gironde provient de différents cours d'eau comme le Lot, la Dordogne et la Garonne (contribution 1/3 pour chaque rivière). L'origine de cette contamination est clairement liée à la pollution polymétallique issue du bassin versant minier du Lot.

Des études ont également mis en évidence des apports de cadmium via la STEP de la ville de Bordeaux.

Sous l'effet de la salinité, le cadmium présent dans les sédiments (sous forme particulaire et attaché aux sédiments) a une forte tendance à désorber du sédiment pour se retrouver sous forme dissoute. Plus la salinité augmente et plus le cadmium va passer sous forme dissoute. Ainsi en amont de l'estuaire, le cadmium est en majorité sous forme particulaire et en aval de l'estuaire sous forme dissoute.

C'est pourquoi tout phénomène de remobilisation tels que crue, dragage, clapage peut remobiliser le cadmium particulaire sous forme dissoute et le rendre bio-disponible pour les organismes vivant comme les huîtres qui peuvent le concentrer.

Les concentrations en Cd dissous varient donc fortement avec la salinité. Elles augmentent avec la salinité, passent par un maximum très marqué (1 à 2 nM entre les salinités 15 et 25), puis décroissent de façon linéaire. Les valeurs maximales obtenues aux salinités intermédiaires sont dix à vingt fois plus fortes que les concentrations observées dans les eaux marines (Ifremer)..

Dans les fleuves (Dordogne, Garonne et Lot), le Cadmium est donc présent sous forme particulaire dans les sédiments. C'est le benthos, vivant dans le sédiment, qui est alors sensible à la contamination.

Chez l'anguille, la voie trophique est la voie la plus importante concernant la contamination en cadmium. La présence de proies contaminées dans les sédiments intra-sédimentaires en amont de l'estuaire jusqu'à la confluence Garonne/Lot favorise donc sa contamination.

Les organismes filtreurs sont contaminés par le cadmium dissous et notamment en aval de l'estuaire. Les huîtres ont une forte tendance à bioaccumuler du cadmium, mais celui-ci ne semble pas influencer l'organisme. Même avec une faible concentration dans les eaux, on peut mesurer de la bio-accumulation importante dans les huîtres.

Localement, dans les zones de marais, on observe une baisse des concentrations en cadmium dans les eaux et les sédiments, permettant la « culture » d'huîtres. Cette décontamination est à associer aux phénomènes de dilution par les eaux océaniques.

3.1.2.2.3. Désorption des contaminants

L'enjeu principal lié aux opérations de dragage/clapage réside dans la remobilisation de ces sédiments dans la colonne d'eau. Ces actions peuvent, dans certaines conditions, favoriser la désorption des contaminants et leur transfert vers l'aval de l'estuaire ainsi que la contamination du milieu et des organismes.

Ainsi, en aval, de l'estuaire, du fait de la salinité et la remobilisation de sédiments (phénomènes naturels, dragage...), on observe que :

- 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 poissons, copépodes et bivalves accumulent davantage de contaminants, dans la colonne d'eau sur les zones aval de l'estuaire ;

- Les PCB même présents en faibles teneurs dans les sédiments ont tendance à passer sous forme dissoute dans la colonne d'eau et se concentrent dans la chaîne trophique. Les valeurs relevées dans les poissons sont les valeurs les plus élevées des estuaires français. 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 du PCB.
- Les composés phytosanitaires et pharmaceutiques peuvent également (comme le PCB) être remobilisés et passer sous forme dissoute dans la colonne d'eau.

Outre la contamination par voie dissoute, une étude d'Ifremer (2010) a mis en évidence que les transferts directs des PCB des sédiments vers les poissons benthiques constituaient une source de contamination non négligeable pour les poissons benthiques.

Les HAP ne posent pas de problèmes actuellement dans l'estuaire de la Gironde. Leur présence étant plutôt hétérogène dans l'estuaire, ce sont des points de mesure spécifiques qui peuvent être problématiques. Il faut également rappeler que par rapport aux métaux ou aux PSB, les connaissances sur les HAP dans l'estuaire restent faibles.

Les concentrations en contaminants des sédiments dragués sont généralement inférieures aux seuils N1 et N2 (quelques dépassements ponctuels, dans le temps et l'espace, ont toutefois été observés), mais ne sont pas nulles. **Les enjeux pour le futur plan de gestion se portent donc sur les zones les plus draguées et les zones les plus contaminées, à savoir :**

Tableau 15 – Zones de dragage potentiellement à enjeux

Passes - postes		Volume dragué	Contamination
Zone 3	Richard	Important (670 000 m ³)	Faible
	Goulée	Important (1 400 000 m ³)	Faible
	By	Important (750 000 m ³)	Faible
Zone 4	Saint Julien de Pauillac	Important (2 440 000 m ³)	Faible
Zone 5	Bec aval	Modéré (370 000 m ³)	Modéré
	Bellerive	Important (570 000 m ³)	Modéré
	Pachan	Modéré (330 000 m ³)	Modéré
	Caillou - Grattequina	Modéré (275 000 m ³)	Modéré

Les zones de l'estuaire à enjeux correspondent donc :

- Aux zones dont le volume clapé est important : en effet, même si les sédiments sur ces zones ne sont pas « faiblement » contaminés, l'accumulation de ces petites concentrations constitue un enjeu. Ces zones correspondent :
 - aux zones 3.4 et 3.7 de la zone 3 « Passes aval entre Pauillac et le Verdon » ;
 - aux zones 2.4 et 1.8 de la zone 4 « Passes intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac
- De plus, ces zones, en raison de la salinité, présentent une salinité favorable à la désorption du cadmium ou cuivre qui peut ainsi se retrouver ainsi dans la colonne d'eau.
- Aux zones dont les concentrations en contaminants sont les plus importantes, à savoir principalement :
 - Les zones à l'amont (zone 5) ;
 - Les petits ports.

NB : les enjeux ne s'arrêtent pas brutalement aux limites de la circonscription portuaire. Toutefois pour toutes les cartes produites que le cadre du Plan de Gestion, ce périmètre a été retenu dans un souci d'homogénéiser les rendus.

3.1.2.2.4. Bilan et pistes d'amélioration par rapport à la thématique « contamination »

Les dragages peuvent favoriser la désorption des contaminants via la remise en suspension des sédiments.

- Désorption des contaminants lors du clapage

Des travaux menés par l'Université de Bordeaux⁵ ont visé à étudier l'impact du clapage sur la dynamique des contaminants. Ces investigations ont été réalisées dans le cadre du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde. Il s'est agi de caractériser la contamination des sédiments d'une zone de clapage, avant et après une opération de clapage.

Pour les contaminants organiques comme pour les contaminants métalliques, ces travaux n'ont pas permis de mettre en évidence d'impact clair de l'opération de clapage. Les concentrations mesurées dans les sédiments de dragage à l'occasion de ces travaux témoignaient de conditions de dépôts récents (MES qui ont récemment décanté et qui ont probablement déjà désorbé).

- Désorption des contaminants par dragage à injection d'eau

Une synthèse des travaux concernant l'impact du dragage à injection d'eau (DIE) sur la dynamique des contaminants a été réalisée pour le guide méthodologique sur le DIE (GEODE)⁶.

« L'essence même du dragage à injection implique que le mélange advectif des sédiments et des contaminants libérés dans la colonne d'eau sus-jacente est limité (les matériaux étant concentrés sur le fond). Ainsi les concentrations de contaminants solubles dans la zone proche du lit peuvent être bien plus élevées que celles observées lors d'opérations de dragage conventionnel. »

« La forte concentration en sédiments en suspension dans cet écoulement par densité fournit de nombreux supports pour la ré-adsorption des contaminants libérés. Les contaminants sont donc moins dispersés sous forme dissoute car réabsorbés dans le courant de densité. »

« Il convient de rappeler que ces mécanismes sont générés de manière naturelle dans les estuaires, à la limite eaux douces / eaux salées. L'impact potentiel du dragage à injection d'eau sur l'équilibre désorption / absorption des contaminants dans les sédiments est de ce fait comparable aux phénomènes naturels en jeu sur ces sites. »

Ainsi de fortes concentrations peuvent être générées dans le courant de densité et un équilibre dynamique s'installe entre les processus de désorption et de ré-adsorption. La dispersion des contaminants sous forme dissoute à l'extérieur de ce courant est limitée.

A titre de la comparaison avec le dragage conventionnel (type dragage par aspiration), les informations fournies dans le guide sont les suivantes : *« des études sur le dragage conventionnel ont été effectuées : il ressort que les concentrations d'éléments nutritifs, d'ammoniac et de contaminants dissous dans la colonne d'eau augmentent pendant les opérations de dragage. Cependant cette détérioration est brève, localisée et souvent comprise dans la variabilité naturelle observée dans l'environnement ».*

- Actions pour limiter la désorption des contaminants

La « solution » permettant de favoriser la dispersion des contaminants serait de claper les sédiments directement en mer pour favoriser l'expulsion et la dispersion des sédiments vers le large, hors estuaire.

⁵ Budzinski H., Peluhet L., Labadie P., Devier M-H., 2016. Les micropolluants organiques persistants : Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP), PolyChlorobiphényles (PCB), Pesticides organochlorés (OCP), Polybromodiphényléthers. Université de Bordeaux.

Pougnat F., Blanc G., 2016. Résultats des concentrations en métaux particuliers dans la zone d'étude du SMIDDEST. Université de Bordeaux.

⁶ ARTELIA, Queen Mary University, 2012. Guide méthodologique sur le dragage à injection d'eau. GEODE.

Il conviendrait également de limiter la remise en suspension de sédiments sur les zones 3 et 4. En effet ces zones sont situées dans le secteur mésohalin de l'estuaire (salinité comprise entre 15 et 25), c'est-à-dire là où le potentiel de désorption est le maximum.

Vis-à-vis du strict enjeu de « désorption des contaminants », la technique de DIE serait peut-être moins impactante que le clapage qui favorise potentiellement une désorption dans toute la colle d'eau, en-dehors du chenal de navigation.

Plus spécifiquement, pour le Cadmium, cette solution pourrait être affinée en clapant en fonction de la salinité pour favoriser la désorption. Cependant, ce principe serait potentiellement applicable pour le cadmium mais pas nécessairement pour les autres contaminants.

A ce stade, une telle « solution » de clapage au large (en mer) semble peu compatible avec les besoins de dragage sur ces secteurs et les moyens de dragage associés. Si une telle option devait être examinée en phase 3 ; il conviendra de faire une évaluation de l'impact économique associée (moyens de dragage complémentaires, augmentation de la durée des cycles) (cf. étape 3).

3.1.2.3. Enjeux benthos

En cours d'étude, à la demande du Conseil Scientifique de l'Estuaire, le SMIDDEST a rencontré Valérie David, Enseignante-chercheur à l'université de Bordeaux (EPOC) et spécialiste du zooplancton. A travers cet échange et la transmission d'un article en cours de validation, il ressort que le zooplancton constitue également principalement un enjeu dans les zones intertidales. Il est estimé que l'enjeu zooplancton suit globalement les mêmes tendances que celui lié au benthos. »

3.1.2.3.1. Description

L'ensemble de l'estuaire représente un enjeu pour l'alimentation des poissons et des oiseaux. La définition des enjeux à moyenne ou à petite échelle est difficile en raison de la forte variabilité naturelle des conditions estuariennes.

La distribution des espèces reflète des populations sous tension des conditions environnementales, en particulier sur les zones amont où persistent des phénomènes d'hypoxie.

La distribution des espèces et peuplements n'est pas uniforme sur l'estuaire ; il existe plusieurs gradients de distribution des espèces liés à la nature du substrat, à la profondeur, à la salinité (conditions abiotiques):

- Gradient de profondeur : la macrofaune est plus dense et plus diversifiée dans les zones intertidales que les zones subtidales ; en particulier, en subtidal, plus la profondeur est importante plus la faune se raréfie. Ainsi, dans le chenal, la macrofaune est souvent absente ou quasi-absente⁷. Le chenal et les zones les plus profondes, présentent que peu de faune (fortes profondeurs, courants, dragages...) ;
- Gradient amont-aval influencé par la salinité : la richesse et l'abondance augmentent vers la mer. Les zones à l'aval présentent donc des enjeux plus importants qu'à l'amont ;

Afin de qualifier les enjeux Benthos sur l'estuaire, une première approche consisterait à qualifier des enjeux forts là où les indices biologiques des communautés sont les plus élevés, soit sur les zones intertidales, et en aval de l'estuaire. A l'inverse l'amont de l'estuaire et les zones subtidales (dont le chenal) seraient considérées comme à enjeux plus faibles.

Une seconde approche serait de dire que là où les indices biologiques sont les plus faibles, les peuplements sont sous « stress / contrainte environnemental » et qu'il convient dans ces zones de restaurer des conditions plus favorables.

⁷ L'action directe du dragage ainsi que la fréquence de ces opérations peuvent expliquer également la rareté de la macrofaune.

Dans une certaine mesure, l'ensemble de l'estuaire est à considérer comme une zone de nourricerie pour les poissons migrateurs et toutes les zones (à l'exception du chenal) ont un potentiel trophique pour certaines espèces, bien que celui-ci soit moins étudié et donc moins évident sur certaines zones estuariennes. 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, l'indice de diversité reste faible ;
- L'indice de 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, l'indice de diversité est maximal coïncidant avec des densités et des biomasses faibles.

3.1.2.3.2. Bilan et pistes d'amélioration par rapport à la thématique « benthos »

La stratégie actuelle de clapage est peu défavorable vis-à-vis du benthos.

Les optimisations potentielles pourraient être :

- Zones de clapage :
 - Comme c'est le cas actuellement, éviter les clapages sur les zones intertidales.
 - Conserver des zones d'immersion bien définies et dispersives ce qui permet d'avoir un impact localisé et temporaire (dispersion rapide et recolonisation en dehors des périodes d'immersion).
- Période de clapage : favoriser la période hivernale (janv. à mars).

3.1.2.4. Enjeux Ressources halieutiques

Tout au long de l'année, au gré des marées, plusieurs dizaines d'espèces de vers, mollusques et crustacés nourrissent les poissons. Ces proies vivent dans les 30 premiers centimètres des sédiments de l'estuaire et se répartissent selon la composition en vase, sable, matière organique et suivant les gradients de salinité.

Il existe ainsi un lien très fort entre proies et prédateurs et il implique surtout que toute perturbation significative des éléments composant la communauté de proies aura des répercussions directes sur l'ichtyofaune. La répartition des espèces piscicoles dans l'estuaire suit les zones d'alimentation disponibles, qui se modifient très vite. Ainsi en quelques années, elles peuvent migrer de 10 km sur l'estuaire.

3.1.2.4.1. Description

L'ensemble de l'estuaire de la Gironde, depuis son embouchure jusqu'au Bec d'Ambès (voire plus amont en Garonne et Dordogne) représente un enjeu pour de nombreuses espèces de poissons : alimentation, reproduction, migrations entre plusieurs habitats.... La composition et la structuration de l'ichtyofaune dans l'estuaire de la Gironde se fait à la fois selon un gradient amont-aval (salinité) et selon un rythme saisonnier au gré des entrées et sorties d'espèces d'origine marine.

Parmi les enjeux les plus importants il est crucial de relever que :

- L'estuaire de la Gironde abrite plusieurs zones d'alimentation pour les juvéniles d'esturgeon européen (*Acipenser sturio*) et qu'il s'agit de la dernière population pour cette espèce très fortement menacée ; ces zones d'alimentation sont en subtidal « exclusivement » ;
- Le secteur en rive droite entre Meschers et Mortagne abrite la seule zone de reproduction connue du Maigre (*Argyrosomus regius*) dans tout le golfe de Gascogne selon Sourget et Biais (2009), Il convient donc de la considérer comme un habitat à très forts enjeux au regard de la valeur écologique et surtout halieutique (croissante) du Maigre.

- Les zones vaseuses peu profondes (<5 m) contribuent fortement (à 70%) à la population totale du groupe 0+ (juvéniles) pour les Soles et le Céteau (en moindre mesure étant donné que ce dernier fréquente surtout l'embouchure) et peuvent donc être considérés comme des habitats essentiels pour ces espèces. Cette définition couvre aussi bien l'estuaire de la Gironde que les habitats présents à son embouchure qui sont connus pour receler des nourriceries d'importance pour les soles. Les stades 1+ et 2+ de soles fréquentant l'estuaire utilisent aussi bien les zones vaseuses du secteur intertidal que celles du secteur subtidal pour s'alimenter. Par conséquent, l'ensemble de l'estuaire pour lequel les fonds sont vaseux est à considérer comme un habitat essentiel pour les Soles.
- La fraction de population de sole qui entre en Gironde est composée en grande partie des 0+ à 2+. Les plus petites soles utilisant les zones intertidales mais aussi quelques haut-fonds de l'estuaire. Les 1+ et 2+ de l'estuaire se trouvent aussi bien en zone intertidale qu'en zone subtidale. Les céteaux sont présents en quantité dans l'embouchure de l'estuaire mais on ne les trouve que très rarement en amont de St-Georges de Didonne
- Les juvéniles d'Alose vraie (*Alosa alosa*) effectuent un séjour en milieu estuarien court (20 jours maximum) dans le cadre de leur migration de dévalaison vers la mer. Les juvéniles de l'année (0+) sont abondants dans l'estuaire de la Gironde dès la période août – septembre jusqu'à la fin de l'automne voire le début de l'hiver. Les alosons se nourrissent essentiellement de zooplancton ainsi que de Mysidacées, de Crevettes et d'Amphipodes.
- Les juvéniles d'Alose feinte (*Alosa falax*) séjournent en estuaire durant 25 jours en moyenne (± 13 j). Les juvéniles d'Alose feinte de moins de 2 ans séjournent également de façon prolongée en estuaire quand les conditions (température) sont favorables. Tout comme pour l'Alose vraie, les juvéniles d'Alose feinte sont zooplanctonophages de petits crustacés comme les Copépodes, les Mysidacées et les Crevettes avec un spectre plus large que celui de l'Alose vraie.
- L'Anguille européenne, également fortement menacée, utilise l'intégralité de l'estuaire de la Gironde pour réaliser une large majorité de son cycle biologique (hors reproduction et migrations vers / depuis la Mer des Sargasses) en plus de transiter par l'estuaire lors de ses migrations de montaison et de dévalaison.

Par conséquent et au regard de certaines caractéristiques de l'estuaire de la Gironde (bathymétrie, sédiments, salinité ...) couplées à la composition et la répartition des peuplements ichtyofaunistiques et au rôle très fort de l'estuaire comme zone d'alimentation / de nourricerie pour plusieurs espèces d'intérêt (poissons plats, esturgeon européen, anguille, maigre ...) il est indispensable de considérer que la totalité de l'estuaire est importante et nécessite donc d'être préservée d'impacts forts. La synthèse effectuée lors de l'état initial montre que seuls 20 % environ de l'estuaire (de part et d'autre du chenal de navigation essentiellement) sont estimés comme présentant un enjeu modéré alors qu'environ 40 % de l'estuaire présentent un niveau d'enjeu très fort.

3.1.2.4.2. Bilan et pistes d'amélioration par rapport à la thématique « ressource halieutique »

Il convient de poursuivre les pratiques actuelles

- Zones de rejets :

Comme c'est le cas actuellement :

- Limiter/ éviter les clapages sur les zones intertidales
- Proscrire tout déversement au-dessus de zones de sables, graviers et roches, ces habitats étant assez peu fréquents dans l'estuaire, ils sont importants à ce titre en plus de leur rôle crucial pour certaines espèces
- Période de rejet :
 - Favoriser la période entre novembre et février pour les dragages et les clapages importants : il s'agit en effet d'une période de repos dans la reproduction des poissons ;

- Réduire autant que possible les interventions de dragage et de clapage sur la période mai à septembre qui correspond à la principale période d'alimentation et de grossissement pour de nombreuses espèces.

Il n'existe pas de données dans la littérature scientifique sur l'impact du dragage à injection sur la faune benthique et démersale. Le passage du courant de densité, suivant l'épaisseur et la fréquence des dépôts, pourra conduire à une défaunation locale des fonds (déjà très appauvris).

Le DIE ne crée pas d'aspiration. En ce sens les effets mécaniques des dragages classiques (prises accessoires par aspiration) n'existent pas avec du dragage par injection d'eau.

3.1.2.5. Bilan des enjeux liés aux dragages/rejets GPMB

Le **Tableau 16** récapitule les enjeux principaux des différentes thématiques (hydrosédimentaire, contamination, milieu vivant), à l'échelle de l'estuaire. Ensuite, le **Tableau 17** met en perspective les enjeux environnementaux les plus importants identifiés avec les caractéristiques de l'activité dragage-immersion, ce qui ne préjuge en rien de l'impact associé.

Enjeux vis-à-vis de l'activité dragages-immersion :
Très fort
Fort
Moyen
Faible
Très faible - négligeable

Tableau 16 – Synthèse et sectorisation des principaux enjeux environnementaux dans l'estuaire de la Gironde

SALINITE	SECTIONS	Hydrosédimentaire – qualité des eaux			Contamination - sédiments et biote	Milieu vivant		Usages
		Bouchon vaseux	Dépôt sédimentaire	Oxygène dissous		Benthos*	Ressources halieutiques	
pk>95 : Polyhalin	Zone 1 Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : Expulsion du bouchon vaseux vers l'embouchure lors des fortes crues associées à une période de vives-eaux. <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : concentrations maximales très localisées - Zones d'immersion : entre 0,1 g/l et 0,2 g/l - Autres zones : maximales ponctuellement observées sur les plages de Soulac et de la Palmyre autour de 0,5 g/l	<u>Dépôts à l'échelle de l'estuaire</u> : Sans objet. <u>Dépôts liés aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : Essentiellement sur les zones de vidage 4.1 et 4.3 et autour de ces deux zones. - Epaisseur max ponctuelle observée < 5 cm. - Epaisseur moyenne < 1 cm	Eaux bien oxygénées : concentration entre 7 et 12mg/l (max en hiver).	Forte dilution des concentrations des contaminants (forme particulaire ou dissoute) par brassage de grands volumes d'eau. Fort potentiel de désorption des contaminants (Cd) Zone de transfert potentiel des contaminants vers les marais de Marennes Oléron selon les conditions hydrauliques et météorologiques.	<u>Estuaire</u> : peuplements plus riches et plus denses qu'en amont. Espèces marines. <u>Zones d'immersion - zone 4.4</u> : macrofaune présente. État écologique moyen à bon (DCE) sans impact évident des clapages.	Présence de zones de nourriceries très importantes pour l'Esturgeon européen (enjeux très forts) et importantes pour la Sole et le Céteau (enjeux forts).	Plage et baignade (Royan, la Palmyre...) Pêche Croisières
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes.	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : Extension du bouchon vaseux vers l'aval en période de crue (1500-2000 m3/s). SOMLIT : 0-0,5 g/l <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : Concentrations maximales très localisées observées dans le sillage de la zone d'immersion 3.7 et 3.4	<u>Dépôts à l'échelle de l'estuaire</u> La zone 2 correspond à une zone de dépôts temporaires de crème de vase avant remise en suspension et évacuation vers le milieu océanique. En particulier, des dépôts temporaires sont observés sur les slikkes bordières de l'estuaire, puis sont remis en suspension par le courant et le clapot. Nota : Vases : limite aval de ce faciès : pk80. <u>Dépôts liés aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : Absence de zones d'immersion du GPMB Zones intertidales : très faibles dépôts (épaisseur max ponctuelle < 1 cm)	Pas de mesures en aval de l'estuaire. Cependant, il n'y a pas de situation critique au vu des résultats à Pauillac et à l'embouchure : eaux bien oxygénées	<u>Contaminants</u> Fort potentiel de désorption des contaminants (Cd) <u>Ecotox</u> Diminution de la contamination des bivalves filtreurs en ETM à St-Vivien (pk84) et au Verdon (pk95).	<u>Estuaire</u> : peuplements plus riches et plus denses qu'en amont. Espèces marines.	<u>Sur la moitié droite de l'estuaire</u> : Présence de zones de nourriceries très importantes pour l'Esturgeon européen (enjeux très forts) : zones subtidales entre 6 et 10m. Nourriceries importantes pour la Sole et le Céteau (enjeux forts) : il s'agit de zones vaseuses peu profondes (<5m). <u>Absence de données en rive gauche</u> <u>Entre Meschers et Mortagne</u> : présence de frayères pour le Maigre.	Plage et baignade (Royan, la Palmyre...) Pêche Aquaculture (marais du Médoc)
pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésohalin	Zone 3 Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : Zone de turbidité maximum aux pk50-60 : zone stationnaire, en rive gauche, au-dessus du chenal de navigation. Faibles variations saisonnières. <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : concentrations maximales observées : - au niveau des deux zones d'immersion les plus utilisées (3.7 et 3.4) : 4-5 g/l - autres zones : ponctuellement observées sur les zones intertidales : 0,5 - 1 g/l	<u>Dépôts à l'échelle de l'estuaire</u> Zone préférentielle de dépôt dans le chenal (non liée aux ZMT) : pk 67-76. Dragage de dépôts récents. <i>ce qui est cohérent avec l'effort de dragage sur les passes By et Goulée (26% du volume annuel).</i> Nota : Zone de sédimentation dans le chenal Nord (Saintonge) lorsque les sédiments sont évacués vers l'aval en période de débits moyens (900-1000 m ³ /s). <u>Dépôts liés aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : - Essentiellement sur les zones de vidage les plus utilisées, à savoir 3.4 et 3.7 (épaisseur moyenne inférieure à 1 cm, épaisseur max ponctuelle < 10 cm) - Zones intertidales : très faibles dépôts (épaisseur max ponctuelle < 1 cm)	Eaux bien oxygénées Oxygène dissous (Pauillac) : eaux bien oxygénées, mensuelles moyennes : 7-11 mg/l	<u>Contaminants</u> : - Comportement de plusieurs ETM (Cd, Cu...) : zone de désorption en raison de la salinité (zone mésohaline (5-18‰)). <i>La remise en suspension anthropique de sédiments (ie. effets des dragages et des immersions) est évaluée à 20-40% des flux totaux de Cd mesurés en aval de l'estuaire.</i> - Zone enrichie en ETM particulaire (Cd, Cu) au niveau du Chenal Nord entre pk60-75 <u>Ecotox</u> : Pk66 St-Christoly : plus forte contamination des bivalves filtreurs en ETM (biodisponibles sous forme dissoute).	<u>Estuaire</u> : - Macrofaune plus diversifiée que dans le secteur amont oligohalin. - Crustacés, mollusques et plus de polychètes. - Zone intertidale : cassure au pk60 : densité et biomasse chutent en amont. <u>Zone d'immersion - zone 3.2 (pk65)</u> : macrofaune absente lors des suivis réalisés par le GPMB très faible présence de méiofaune.	<u>Sur la moitié droite de l'estuaire</u> : Présence de zones de nourriceries très importantes pour l'Esturgeon européen (enjeux très forts) et importantes pour la Sole (enjeux forts). <u>Absence de données en rive gauche</u>	Pêche Prises d'eau du Blayais
pk29-55 Mésohalin/ oligohalin	Zone 4 Passes « intermédiaires » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : il est présent sur l'amont en période d'étiage. Il s'étend alors environ jusqu'au pk30. <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : concentrations maximales observées au niveau des deux zones d'immersion les 2.4 et 1.8 : 4-5 g/l	<u>Dépôts à l'échelle de l'estuaire</u> Zone préférentielle de dépôt dans le chenal (non liée aux ZMT) : pk28-30 et 45. <i>ce qui est cohérent avec l'effort de dragage sur les passes : Bec aval (5% VAT) - Ile Nord et St-Julien-Pauillac (30% du volume annuel)</i> <u>Dépôts liés aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : - Essentiellement sur les zones de vidage les plus utilisées, à savoir 1.8 et 2.4 (épaisseur maximale pouvant atteindre 1 m). - Quelques dépôts à l'aval des îles.		<u>Contaminants</u> : - Comportement de plusieurs ETM (Cd, Cu...) : cf. zone 3, à savoir zone de désorption en raison de la salinité (zone mésohaline (5-18‰)). - Cd particulaire : enrichissement fort en amont et en aval de la zone des îles entre Blaye et Pauillac.	<u>Estuaire</u> : - Zone oligohalin marquée par une macrofaune peu diversifiée mais les densités sont plus élevées que dans le secteur dulcicole. Secteur soumis aux contraintes environnementales, à considérer comme à enjeu moyen du fait de sa sensibilité - Groupe dominant : oligochètes + polychètes. <u>Zones d'immersion 2.4 et 3.1 (pk50-55)</u> : macrofaune absente lors des suivis réalisés par le GPMB et très faible présence méiofaune.	Les suivis et efforts de recherches se sont portés sur la partie aval de l'estuaire (en aval de l'île de Patiras). Les zones amont sont difficiles à chaluter et n'ont pas été échantillonnées. Toutefois ce sont des couloirs de migration et des zones d'alimentation pour les juvéniles d'esturgeon.	

SALINITE	SECTIONS	Hydrosédimentaire – qualité des eaux			Contamination - sédiments et biote	Milieu vivant		Usages
		Bouchon vaseux	Dépôt sédimentaire	Oxygène dissous		Benthos*	Ressources halieutiques	
PK0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.	<p>Bouchon vaseux de l'estuaire : Le bouchon vaseux est présent entre 3 et 8 mois / an (période étiage et basses eaux). Les concentrations de MES sont alors très importantes (supérieures à 6 g/l en vives-eaux).</p> <p>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation) : Concentrations maximales observées sur une grande partie du chenal de la Garonne (fond : 0,5 à 1 g/l) liées directement aux pratiques de dragage (DIE)</p>	<p>Dépôts à l'échelle de l'estuaire Zone préférentielle de dépôt dans le chenal (non liée aux ZMT) : pk17-18 <i>ce qui est cohérent avec l'effort de dragage sur les passes : Caillou, Pachan et Bellerive (13% du volume annuel).</i></p> <p>Dépôts liés aux rejets GPMB (source : modélisation) - Localisés sur les trois zones d'immersion 1.3, 1.5 et 1.6 (épaisseur maximale de l'ordre du cm)</p>	<p>Les valeurs de concentration sont basses, inférieures à 5 mg/l en période estivale (température, bouchon vaseux, rejet des eaux traitées).</p>	<p>Contaminants : Essentiellement sous forme particulaire <i>Les opérations de dragage, via la remise en suspension des sédiments, pourraient contribuer à la remobilisation du PCB de la phase particulaire vers la phase dissoute.</i></p> <p>-Ecotox : Poissons: davantage contaminés aux PCB dans l'estuaire amont (proies amphipodes plus contaminées) que dans l'estuaire aval.</p>	<p>Peu d'information sur ce secteur. Estuaire : Faible nombre d'espèces, faibles biomasses. Chenal : quasi-absence de faune.</p>	<p>Absence d'information : peu ou pas de suivis, de recherches, effectués dans ce secteur. Coulours de migration + des zones d'alimentation pour les juvéniles d'esturgeon.</p>	

* Benthos pauvre et peu abondant dans le chenal de navigation, tout le long de l'estuaire → faible enjeu.

BV : bouchon vaseux. ETM : éléments traces métalliques. MES : matières en suspension. MO : matière organique. PK : point kilométrique. PCB : poly-chloro-biphényles. ZTM : zone de turbidité maximum.

Tableau 17 – Mise en perspective des enjeux et de l'activité dragage.

	SECTIONS	Principales caractéristiques des opérations de			ENJEUX LES PLUS FORTS IDENTIFIES PRECEDEMMENT
		DRAGAGES*	IMMERSIONS*	MES et dépôts engendrés par les rejets (source : calcul hydrosédimentaire issu de la modélisation)	
pk>95 Polyhalin	Zone 1 – Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.	- Passe de l'ouest 450 000 m ³ dragués. Drague aspiratrice en marche. Dragage en mai, juin ou août.	~0,5 million m ³ immergés sur ZV 4.3 Surface ZV 4.3 : 4 km² / 1 420 km² d'embouchure (enjeu fort pour son rôle de nurricerie).	MES : Concentrations maximales comprises entre 0,1 g/l et 0,2 g/l (abords des zones d'immersion). Concentrations maximales ponctuellement observées sur les plages de Soulac et de la Palmyre autour de 0,5 g/l Dépôts Essentiellement sur les zones de vidage 4.1 et 4.3 et autour de ces deux zones. - Epaisseur max ponctuelle observée < 5 cm. - Epaisseur moyenne < 1 cm	- nurriceries très importantes pour l'esturgeon, la sole et le cèteau - couloirs de migration - désorption Cd et Cu
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 – Verdon : passe de la Chambrette.	- faible volume dragué sur Chambrette	Pas de ZV	MES : Concentrations maximales observées dans le sillage de la zone d'immersion 3.7 et 3.4 Dépôts Absence de zones d'immersion du GPMB Zones intertidales : très faibles dépôts (épaisseur max ponctuelle < 1 cm)	- nurriceries très importantes pour l'esturgeon, la sole et le cèteau - frayères pour le maigre entre Meschers et Mortagne - couloirs de migration - désorption Cd et Cu
pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésohalin	Zone 3 – Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.	- Richard, Goulée et By : 2 830 000 m ³ dragués. Sables et vases dragués par drague aspiratrice en marche (DAM). Entre mai et octobre. Largeur draguée (enjeux modérés) : 150 m / 9 000 m de largeur d'estuaire.	~1.5 million sur ZV 3.7 ~0,8 million sur ZV 3.4 Largeur ZV : 700 m / 9 000 m de largeur d'estuaire. Les matériaux immergés sont instables. ==> favorable à la désorption des ETM. Zones dynamiques et évolutives indépendamment des immersions réalisées.	MES : Concentrations maximales observées au niveau des deux zones d'immersion les plus utilisées (3.7 et 3.4) : 4-5 g/l Concentrations maximales ponctuellement observées sur les zones intertidales : 0,5 - 1 g/l Dépôts : - Essentiellement sur les zones de vidage les plus utilisées, à savoir 3.4 et 3.7 (épaisseur moyenne inférieure à 1 cm , épaisseur max ponctuelle < 10 cm) - Zones intertidales : très faibles dépôts (épaisseur max ponctuelle < 1 cm)	- désorption Cd et Cu en zone mésohaline. 20 à 40% des flux dus aux opérations de dragage et immersion. - nurriceries très importantes pour l'esturgeon, la sole et le cèteau - couloirs de migration
pk29-55 Mésohalin/ oligohalin	Zone 4 – Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.	- St-Julien-Pauillac 2 240 000 m ³ - Cussac : 300 000 m ³ dragués (sables) Sables et vases dragués par DAM. Dragage toute l'année mais moindres quantités entre janvier et mars.	~ 3 millions m ³ immergés sur ZV 2.4 ~1,7 million m ³ immergés sur ZV 1.8 : relocalisation d'une grande partie des matériaux dragués dans la Garonne. Les matériaux immergés ne sont pas stabilisés. Les ZV évoluent fortement : bancs sableux dynamiques. Pk30-34 : rescindement de l'estuaire: chenaux :300 m; ZV:300m; sur 2 100 m de largeur ==> 30% de la section en lien avec l'activité dragage-immersion.	MES : Concentrations maximales observées au niveau des deux zones d'immersion les 2.4 et 1.8 : 4-5 g/l Dépôts : - Essentiellement sur les zones de vidage les plus utilisées, à savoir 1.8 et 2.4 (épaisseur pouvant atteindre 1 m). NB : le modèle sur-estime le dépôt sur la zone 2.4 qui est une zone dispersive comme les autres d'après les levés bathy - Quelques dépôts à l'aval des îles	- couloirs de migration pour les espèces amphihalines + très probablement des nurriceries pour les juvéniles d'esturgeon. désorption Cd et Cu
Pk0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 – Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.	- Bec aval : 340 000 m ³ dragués (sables) - Bellerive, Pachan, Caillou : >1 million m ³ dragués - Dépassements ponctuels N1 - N2 : Cd, Hg, As, Ni	~0,5 million m ³ immergés dans la Garonne. Une partie des matériaux dragués dans la Garonne est immergée en aval d'Ambès. ==> gestion favorable pour ne pas remettre en suspension directement les matériaux dans la Garonne.	MES : Concentrations maximales observées sur une grande partie de la Garonne (0,5 à 1 g/l) liées directement aux pratiques de dragage (DIE) Dépôts : - Localisés sur les trois zones d'immersion 1.3, 1.5 et 1.6	En période estivale (basses eaux): très fortes [MES] et déficit en O2d - couloirs de migration pour les espèces amphihalines + très probablement des nurriceries

* Dépôt sédimentaire : présence de rejets issus du dragage des petits ports de l'estuaire ; non modélisés.

3.1.3. Enjeu financier

L'activité de dragage représente une large part dans le budget portuaire. Le service dragages cherche en permanence à optimiser les coûts ; c'est une raison pour laquelle les zones d'immersion sont situées à proximité des zones de dragage, pour restreindre les distances de transport.

Compte-tenu de la sensibilité de ce sujet, une réunion a été organisée le 10 décembre entre le GPMB et Artelia pour appréhender le calcul des coûts de cette activité. Ces éléments seront analysés dans la suite de l'étude dans le cadre de l'analyse des scénarios.

3.2. ENJEUX SPECIFIQUES LIES AUX OPERATIONS DES PETITS PORTS

Les enjeux liés aux petits ports, en particulier les enjeux environnementaux, sont semblables, dans une moindre mesure, à ceux présentés pour le GPMB. Néanmoins, plusieurs spécificités sont présentées ci-après :

- Quantités draguées

Le volume dragué et rejeté par les petits ports de l'estuaire représente environ 4 à 5% du volume dragué par le GPMB dans l'estuaire de la Gironde. A l'embouchure, le volume des petits ports représente quand même plus de 10% du volume dragué par le GPMB.

- Spécificité des enjeux économiques :

Le retour des différents gestionnaires portuaires fait état de difficultés portant principalement sur les coûts inhérents aux opérations d'entretien (maintenance et fonctionnement). En effet, le poste dragage grève de manière parfois conséquente les budgets de fonctionnement portuaire tant la récurrence des interventions est importante (surtout pour Pauillac et Port Médoc et dans une moindre mesure Royan).

Le fonctionnement mis en œuvre sur les petits ports dragués en rotodévasage apparaît moins contraignant du fait d'une part des volumes plus faibles, mais aussi d'interventions mutualisées (délégation au SIVU de Mortagne par exemple) permettant une meilleure maîtrise des coûts.

La recherche de pratiques permettant, à terme, une optimisation des coûts et des conditions d'intervention, constitue un enjeu de réflexion à échéance plus ou moins proche dès lors que le parc matériel n'est plus en état d'assurer ses fonctions.

On notera cependant que l'idée d'une mutualisation d'un engin de dragage de type DAS à l'échelle estuarienne pouvant intervenir sur plusieurs ports apparaît d'ores et déjà difficilement réalisable car la récurrence des interventions oblige à une présence quasi continue sur chaque site (ex. Pauillac, Port Médoc).

- Enjeux réglementaires et techniques :

En termes d'organisation et de planification des chantiers de dragage, on relève qu'une forte disparité dans les conditions et périodes de rejet existe à l'échelle de l'estuaire girondin. Une démarche d'harmonisation des opérations inter-opérateur en termes de période et de fenêtre de rejet serait donc souhaitable, et ce d'autant plus que les prescriptions indiquées dans les arrêtés sont tantôt inscrites comme simples recommandations pour un opérateur et tantôt obligatoires pour un autre.

- Enjeux qualité et représentativité des données :

Concernant les enjeux associés à la qualité chimique des sédiments, il n'apparaît pas à l'heure actuelle de dégradation dans les sédiments rejetés au milieu susceptibles de remettre en cause les modalités d'entretien. Cet entretien régulier des fonds portuaires, peu confinés, couplé à des pratiques améliorant la qualité des rejets dans les bassins (carénage, gestion des eaux noires et grises), participe en outre de la qualité satisfaisante relevée.

On relève cependant une forte disparité dans l'effort de suivi des milieux portés par les différents gestionnaires de l'estuaire, du fait de prescriptions réglementaires historiquement et géographiquement là-encore variables (dont Services Police de l'Eau différents).

4. CONCLUSION

Le GPMB drague le chenal de navigation et les accès aux postes pour garantir l'accès aux navires d'un certain tirant d'eau. Dans l'avenir les besoins du GPMB ne seront pas sensiblement modifiés : dragage de 9 millions de m³ par an dont environ 20% de sables valorisables. Le service Dragages souhaite s'équiper d'une drague à injection d'eau pour remplacer la Maqueline et draguer les zones vaseuses à l'amont de l'estuaire.

La mise en œuvre d'un calcul numérique représentant un an de dragage à travers l'estuaire a mis en évidence plusieurs aspects :

- Faibles retours des matériaux clapés vers les zones draguées
- Faible pourcentage des matériaux dragués restant en suspension dans l'estuaire
- Impacts potentiels plus élevés en période d'étiage car les flux vers l'aval de l'estuaire sont moins importants ; les sédiments restent davantage dans la zone où ils ont été clapés
- Forte concentration en sédiment dans la partie basse de la colonne d'eau lors des expérimentations de dragage à injection d'eau (conditions défavorables).

Il existe un fort enjeu à travers l'estuaire vis-à-vis de la contamination. Des sédiments contaminés arrivent de l'amont et des contaminants sont rejetés par les STEP au niveau de Bordeaux. C'est une première voie de contamination pour les organismes benthiques vivant à l'amont et leurs prédateurs (anguille par exemple). Ces contaminants peuvent être solubilisés / remobilisés sous forme dissoute sous l'effet de la salinité, lorsque les sédiments sont en suspension dans la colonne d'eau. C'est pourquoi les dragages et clapages peuvent, dans une certaine mesure, participer à ces processus de désorption.

L'estuaire représente un fort enjeu pour la faune piscicole et la faune dont elle se nourrit (benthos). L'estuaire présente en effet des nurseries très importantes pour l'esturgeon, la sole et le céteau, des frayères pour le maigre... L'estuaire est également couloir de migration pour les espèces amphihalines. Toutes ces espèces sont sensibles à la qualité de l'environnement estuarien : ressource en alimentation, qualité de l'eau et des sédiments, conservation et accès aux espaces de reproduction, de migration...

La partie fluviale de l'estuaire est marquée, en période estivale (basses eaux), par de très fortes concentrations en matières en suspension (le bouchon vaseux remonte) et par un déficit en oxygène dissous. Ce phénomène est un fort enjeu quant à la qualité des eaux estuariennes.

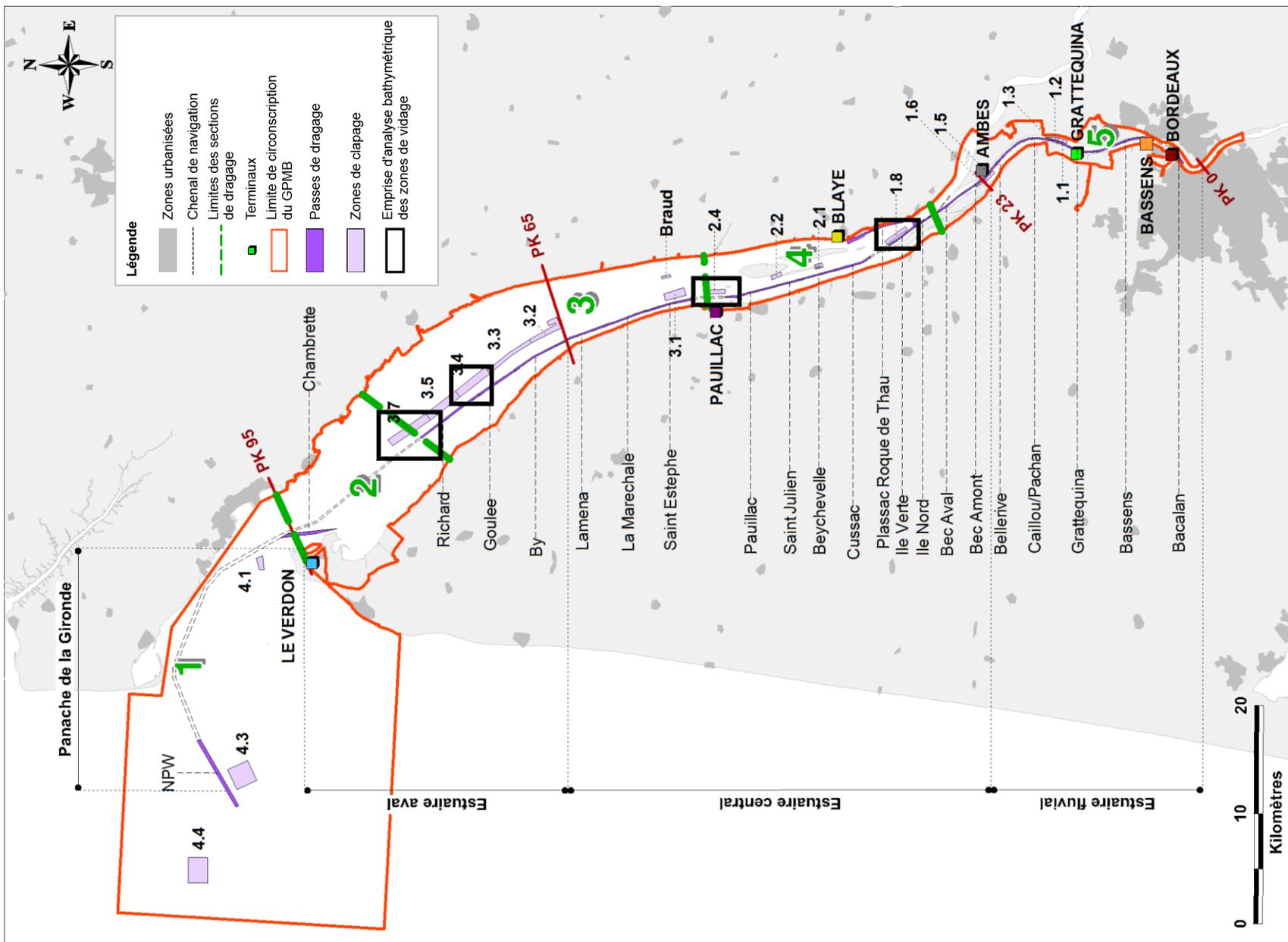
A l'avenir, le GPMB doit poursuivre ses activités, tout en considérant ces enjeux et en adaptant ses pratiques pour préserver la qualité globale de l'estuaire.

Plusieurs pistes d'amélioration peuvent être proposées telles que :

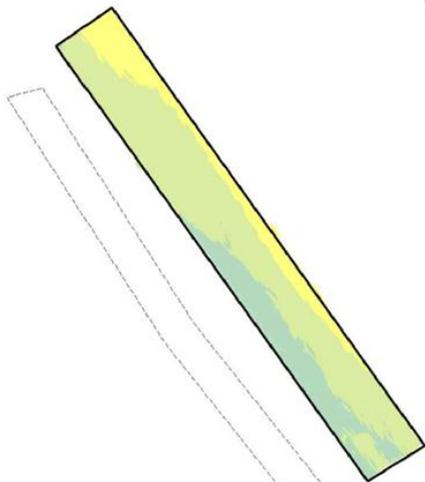
- Lieu de clapage limitant la désorption des contaminants dans l'estuaire,
- Stratégie de clapage limitant les surfaces directement impactées,
- Périodes de non-intervention vis-à-vis de la faune aquatique...

La suite de l'étude va consister à examiner chacune des pistes d'amélioration au regard des bénéfices environnementaux attendus, des obligations opérationnelles, des implications financières. C'est l'objet de l'étape 3 de la mission.

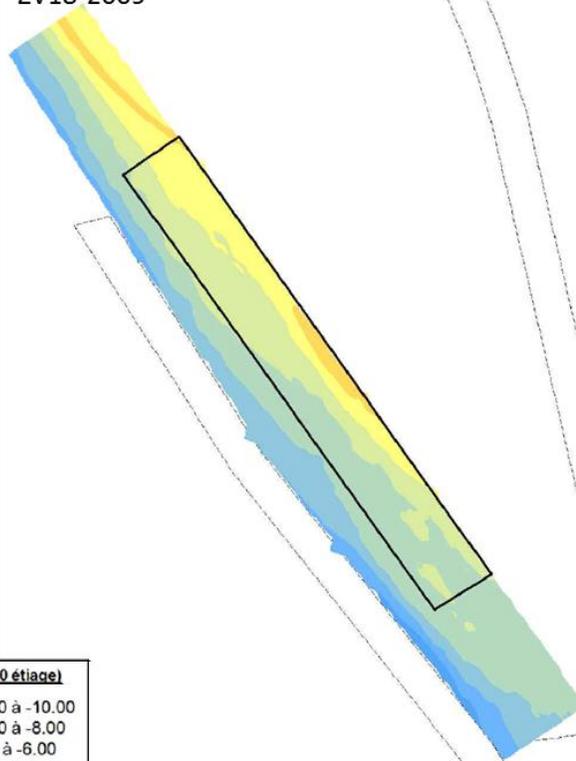
ANNEXE 1 : EVOLUTION BATHYMETRIQUES DES ZONES DE VIDAGE 1.8, 2.4, 3.4 ET 3.7



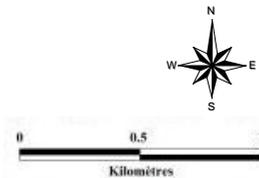
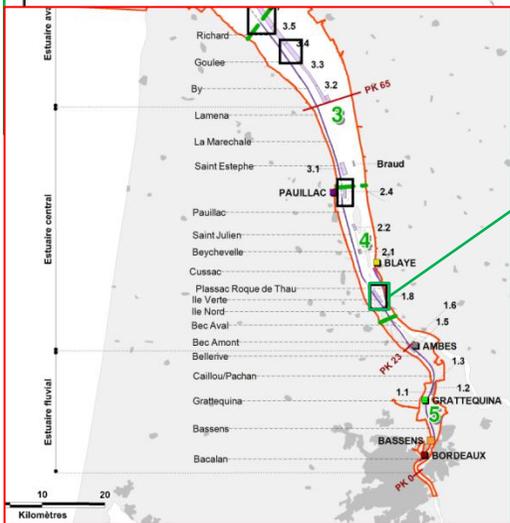
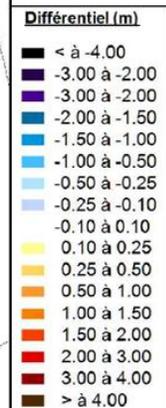
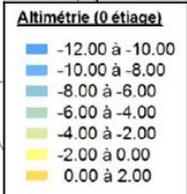
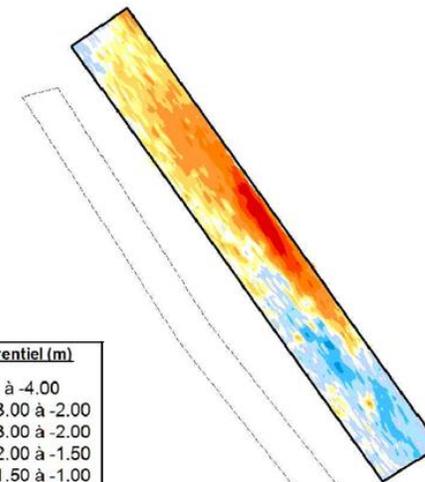
ZV18-2008



ZV18-2009



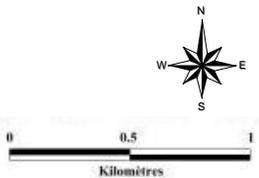
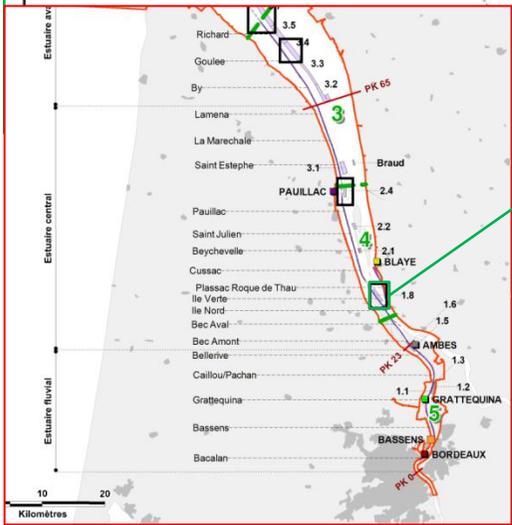
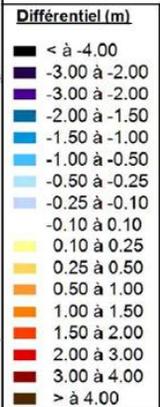
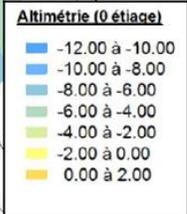
ZV18-Evolution 2008/2009



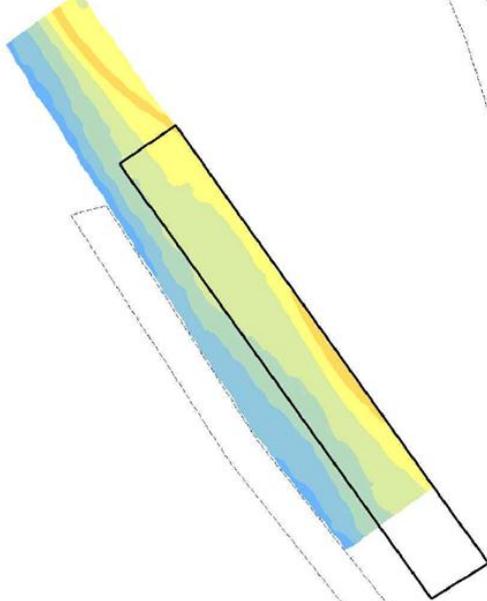
ZV18-2009

ZV18-2010

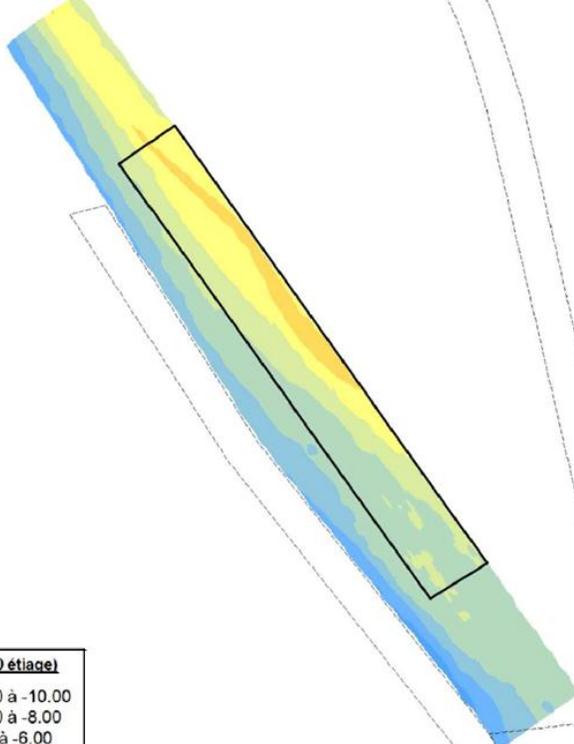
ZV18-Evolution 2009/2010



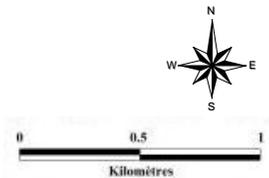
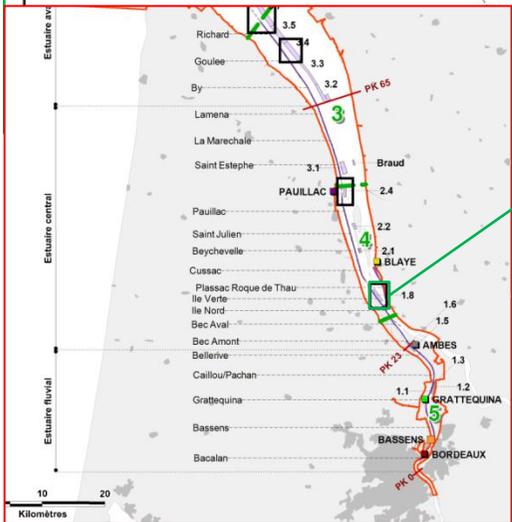
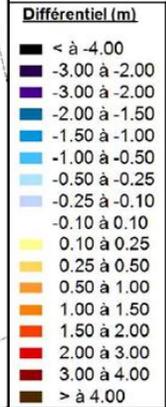
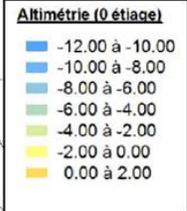
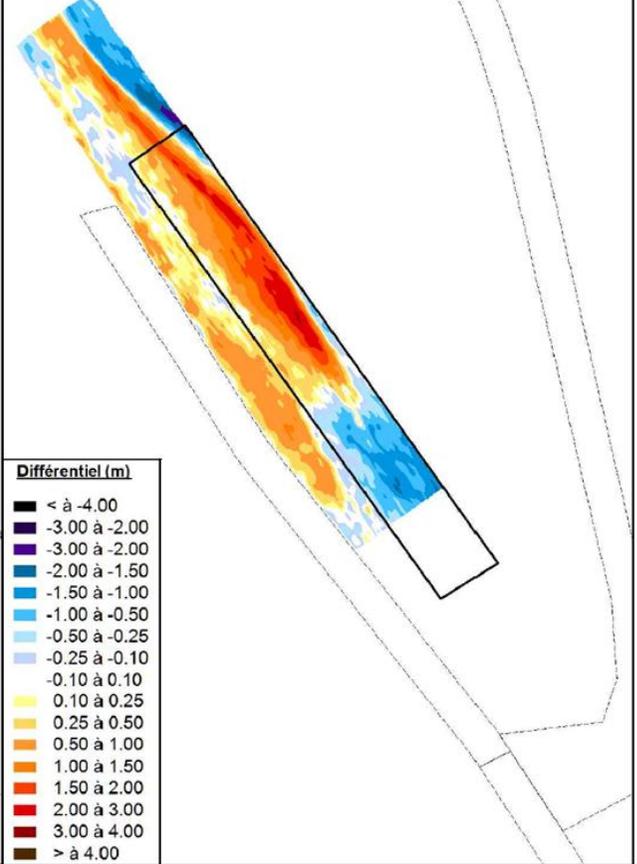
ZV18-2010



ZV18-2011



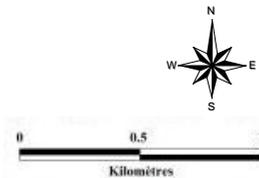
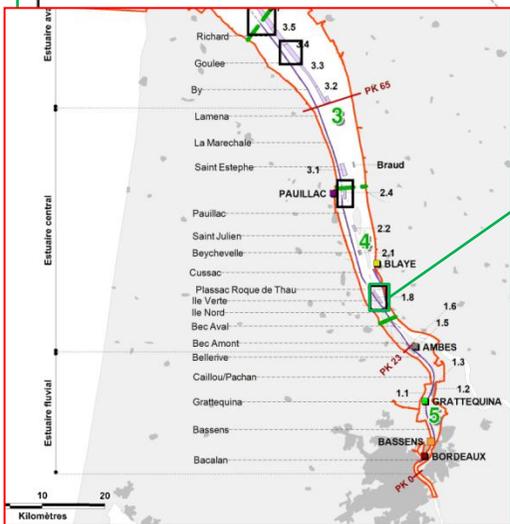
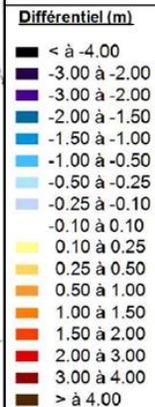
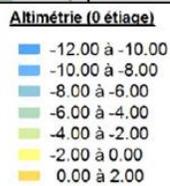
ZV18-Evolution 2010/2011



ZV18-2011

ZV18-2012

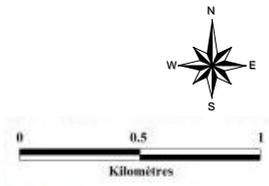
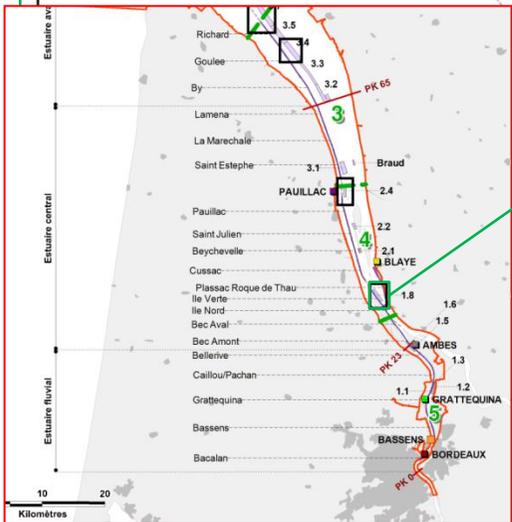
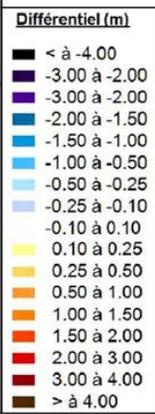
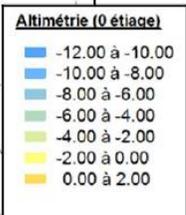
ZV18-Evolution 2011/2012

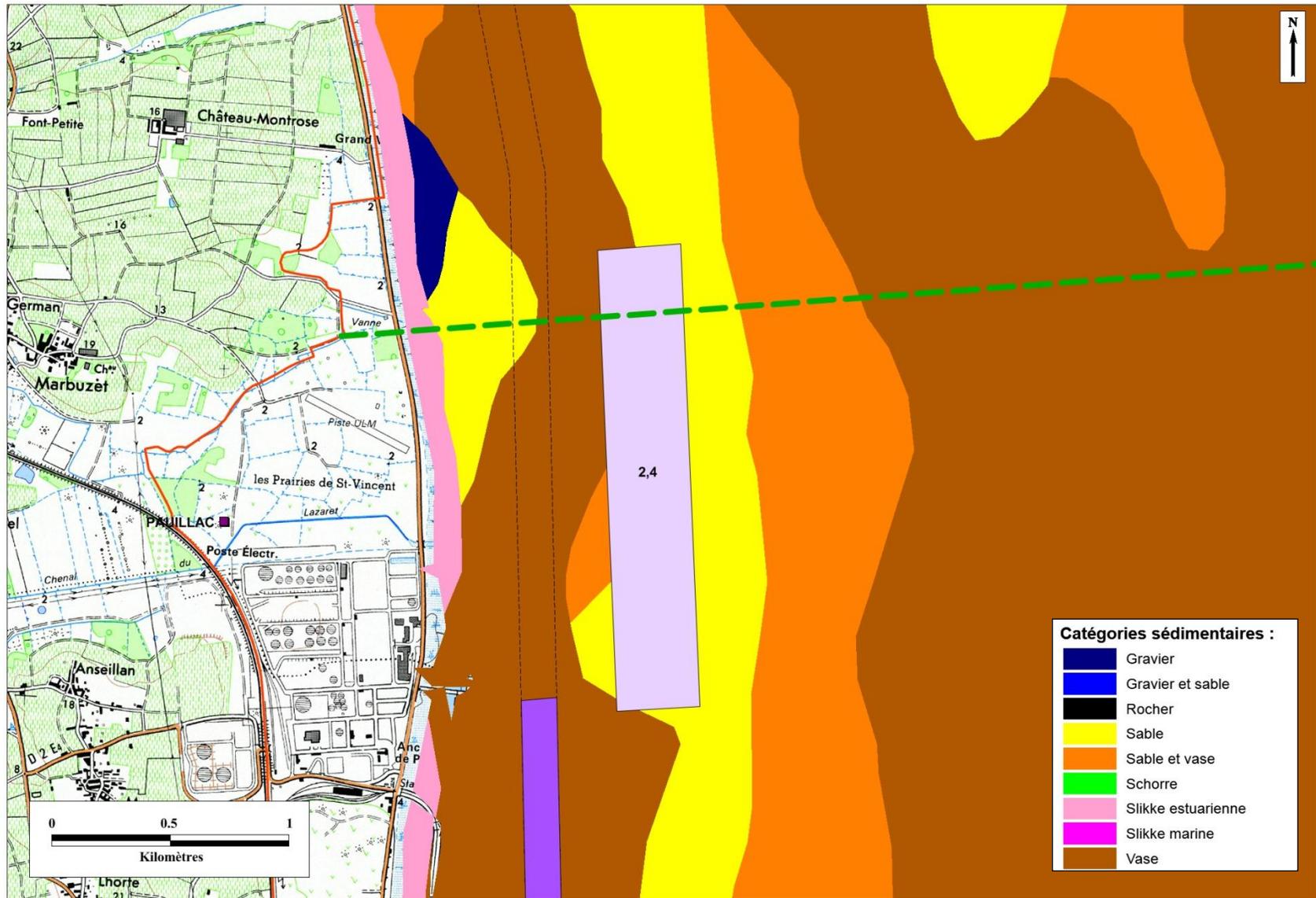


ZV18-2012

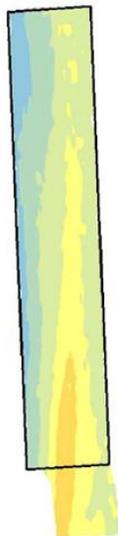
ZV18-2013

ZV18-Evolution 2012/2013

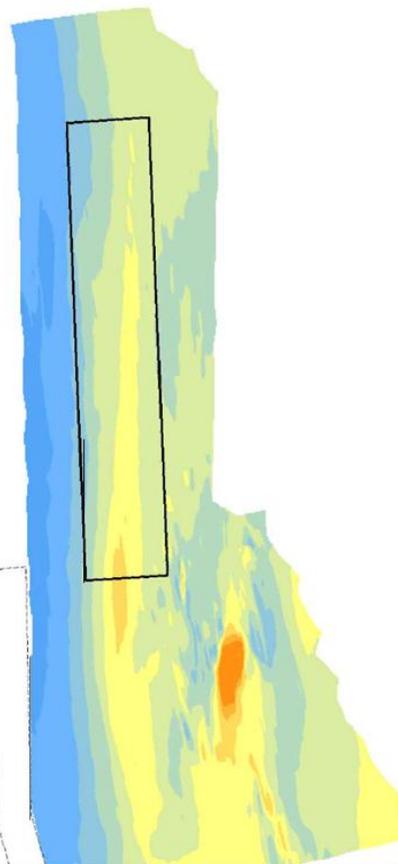




ZV24-2008



ZV24-2009



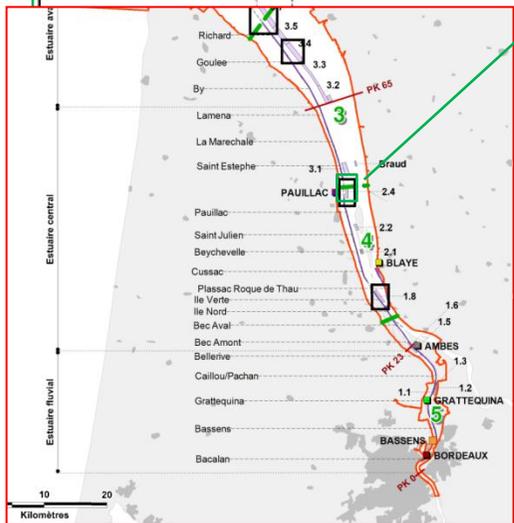
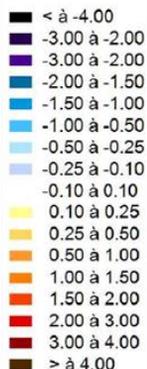
ZV24-Evolution 2008/2009



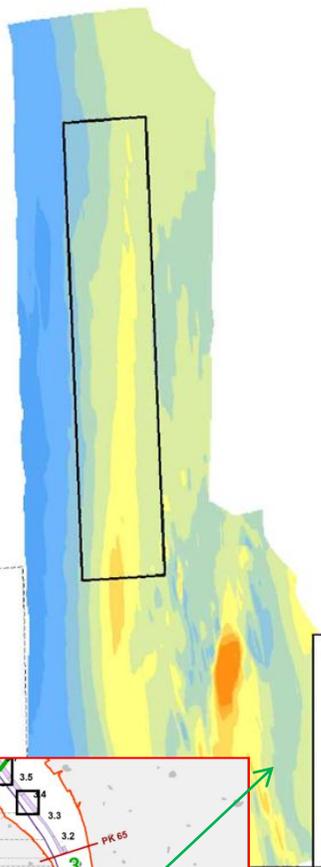
Altimétrie (0 étiage)



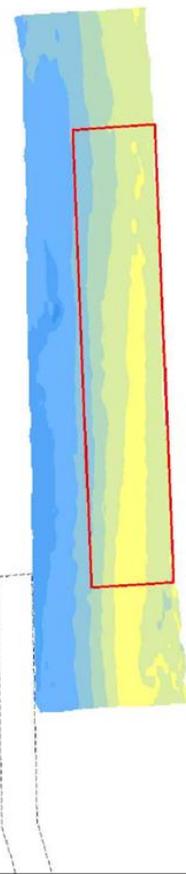
Différentiel (m)



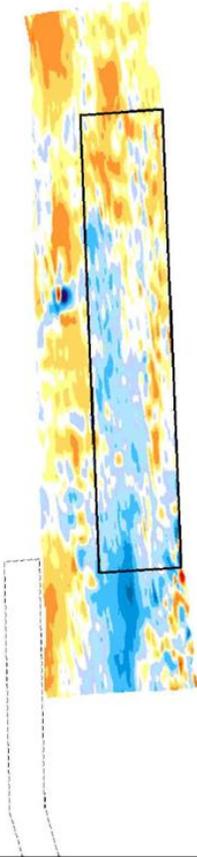
ZV24-2009



ZV24-2010



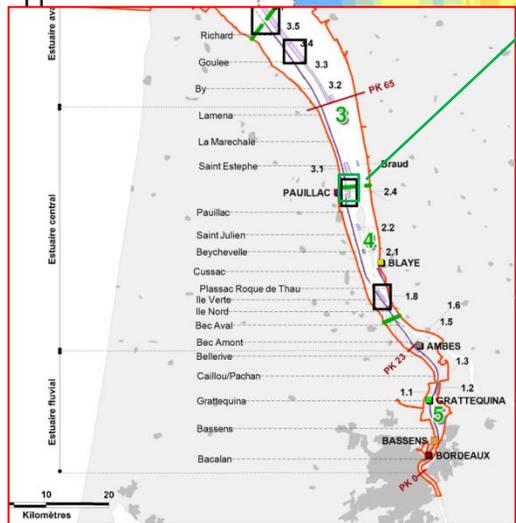
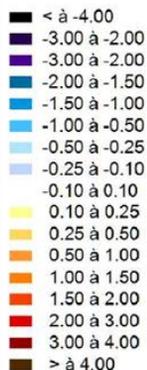
ZV24-Evolution 2009/2010



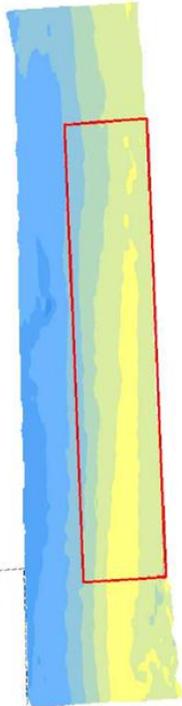
Altimétrie (0 étiage)



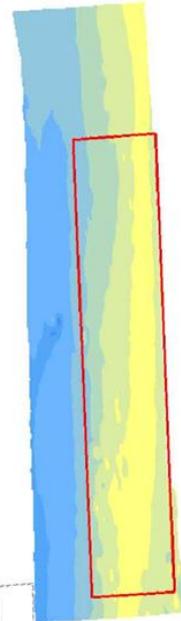
Différentiel (m)



ZV24-2010



ZV24-2011



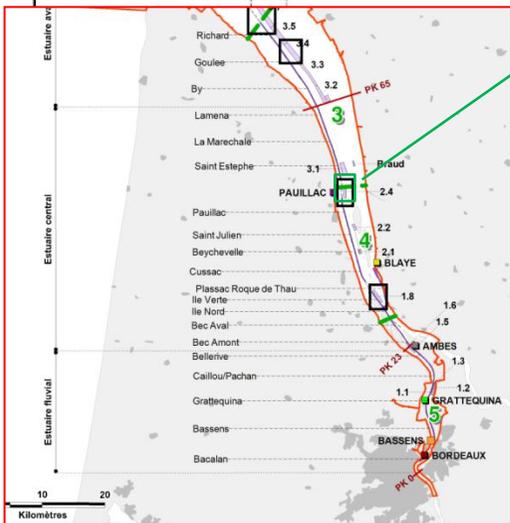
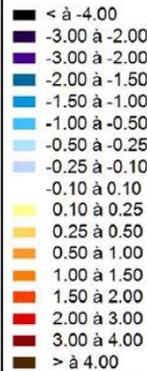
ZV24-Evolution 2010/2011



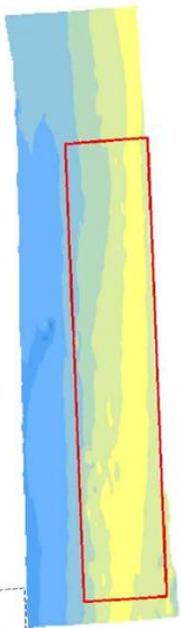
Altimétrie (0 étiage)



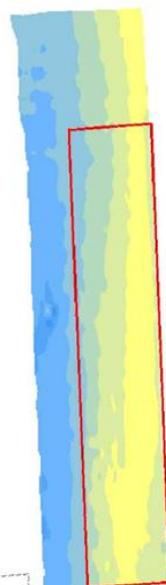
Différentiel (m)



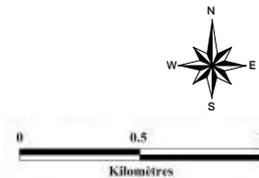
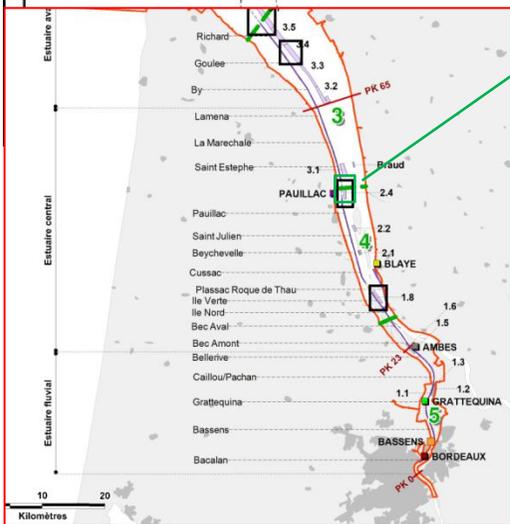
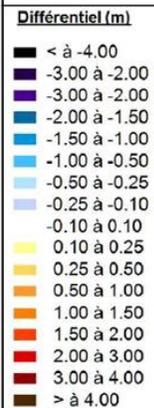
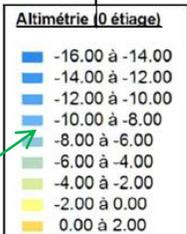
ZV24-2011



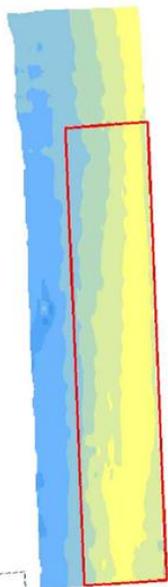
ZV24-2012



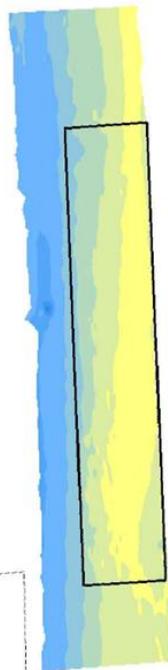
ZV24-Evolution 2011/2012



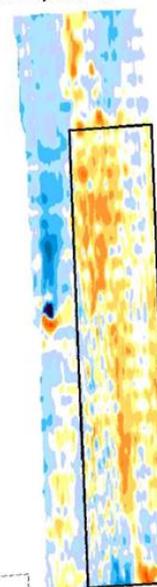
ZV24-2012



ZV24-2013



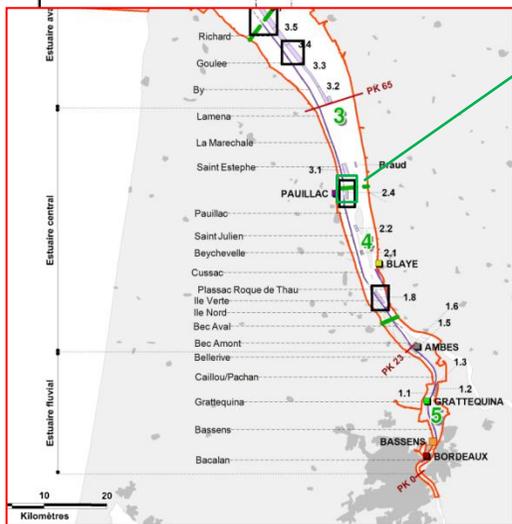
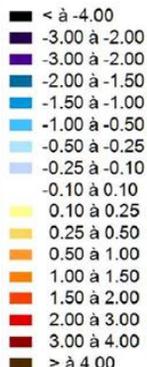
ZV24-Evolution 2012/2013

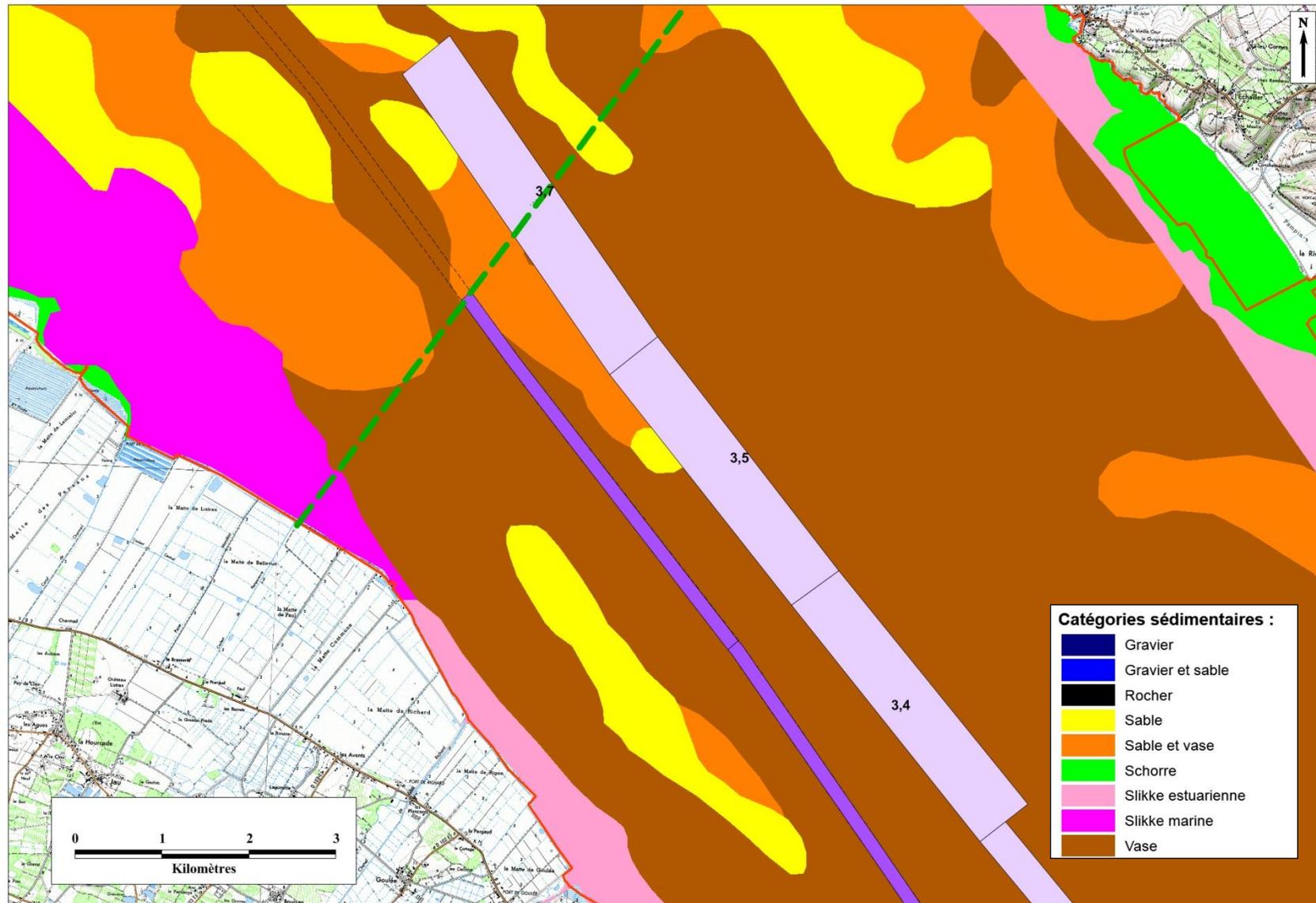


Altimétrie (0 étiage)



Différentiel (m)

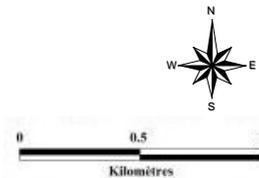
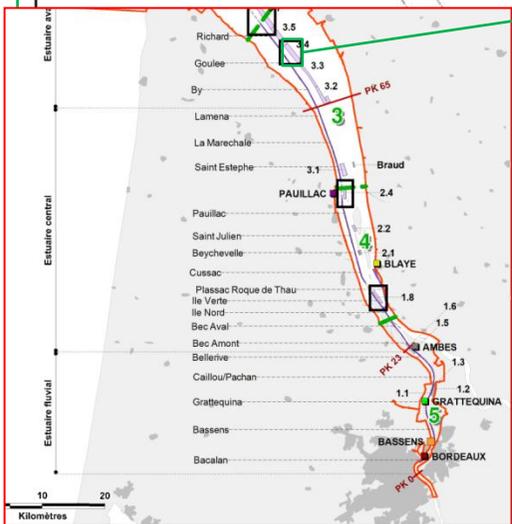
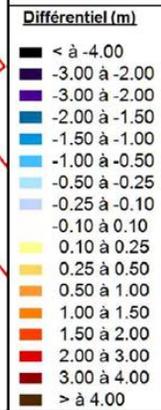
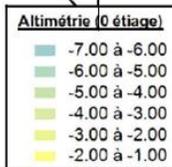




ZV34-2008

ZV34-2010

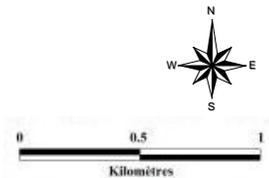
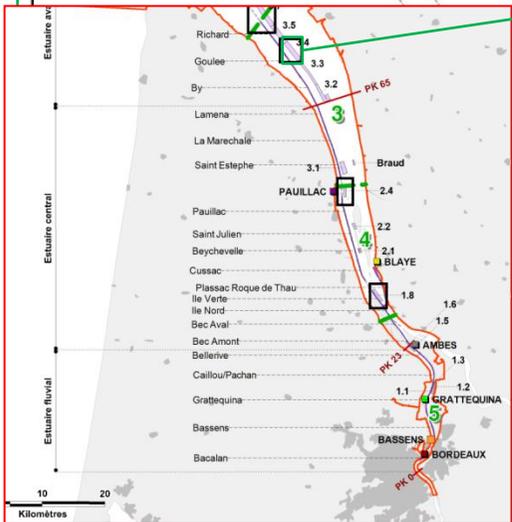
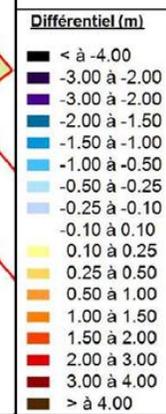
ZV34-Evolution 2008/2010



ZV34-2010

ZV34-2012

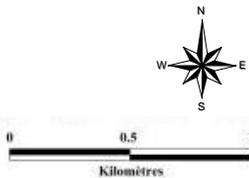
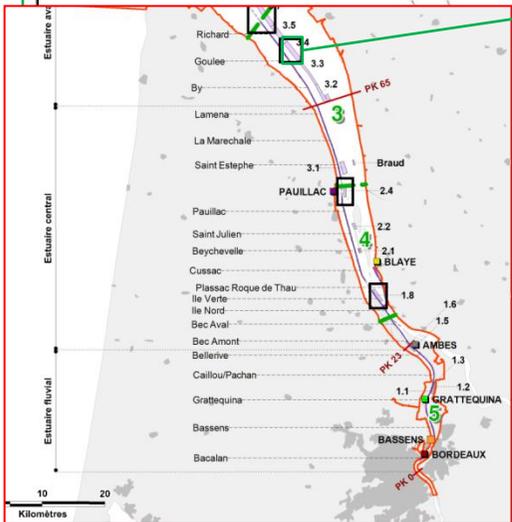
ZV34-Evolution 2010/2012

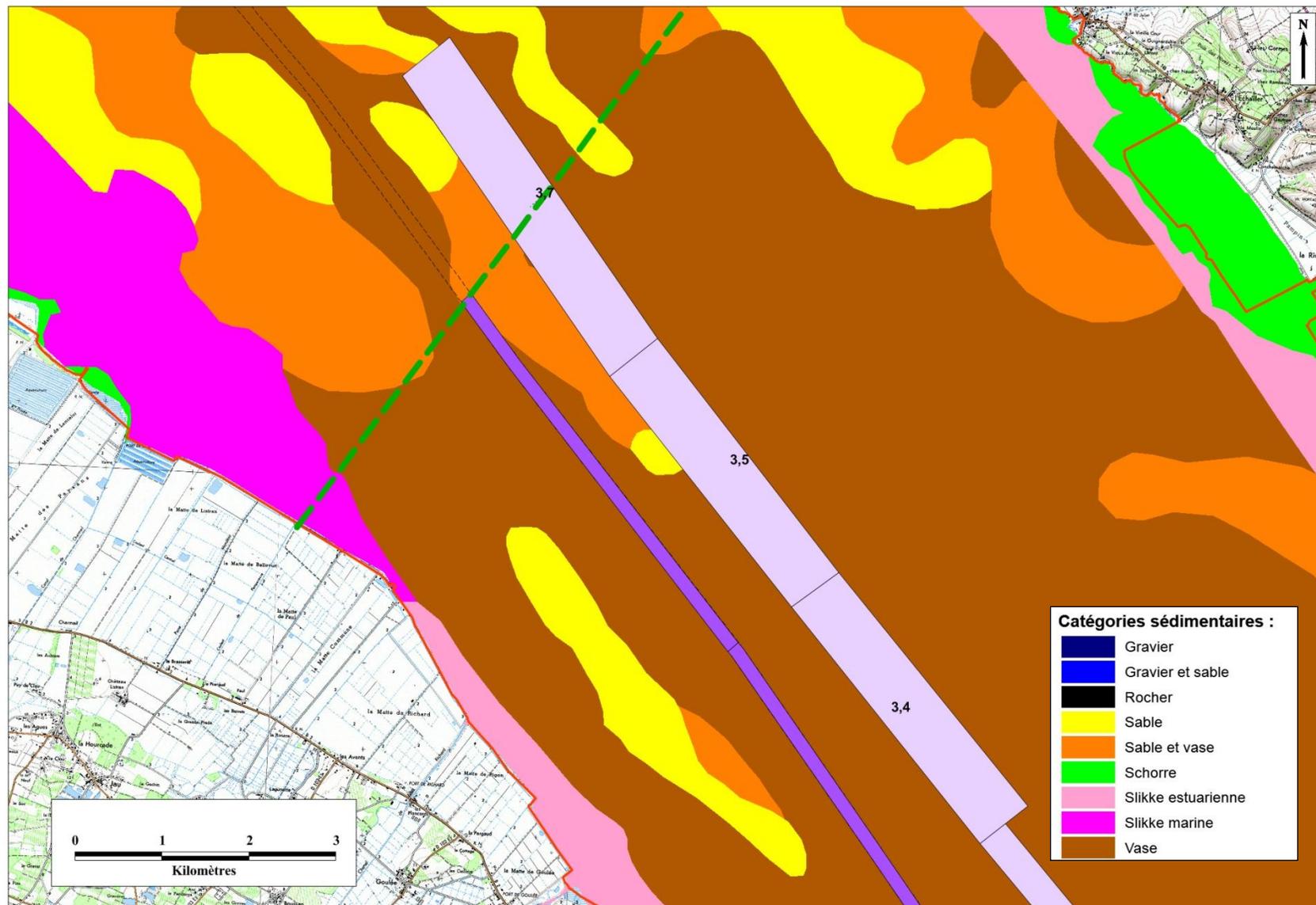


ZV34-2012

ZV34-2013

ZV34-Evolution 2012/2013

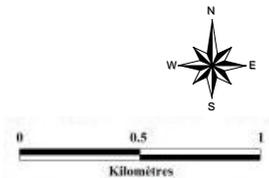
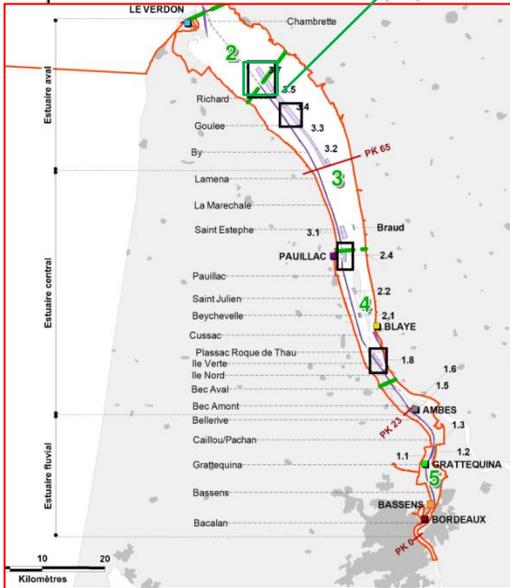
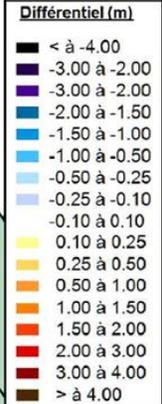
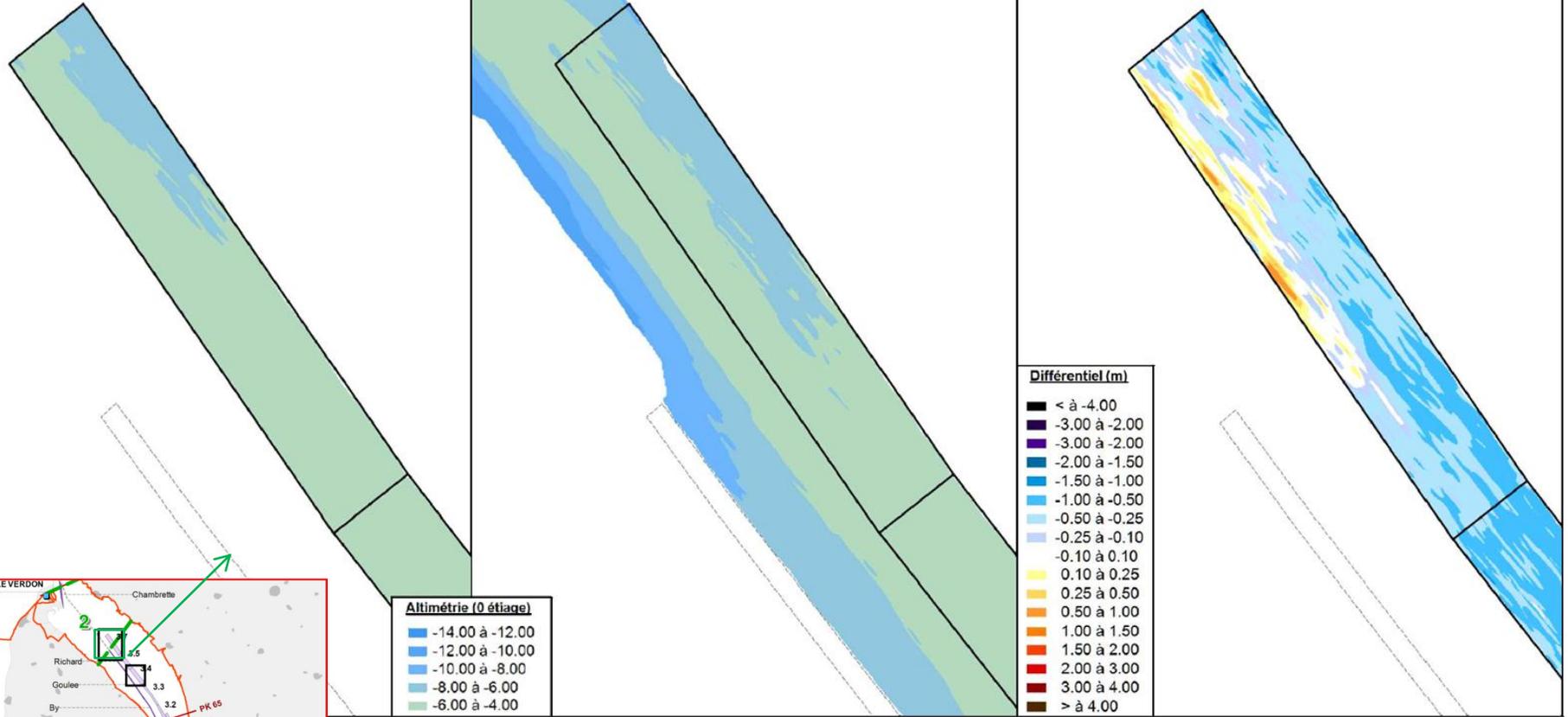




ZV37-2008

ZV37-2010

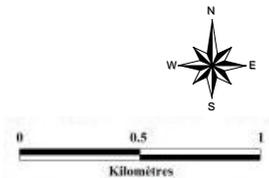
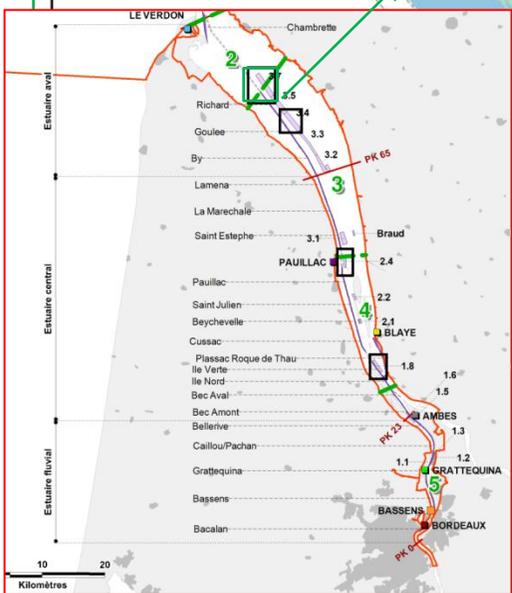
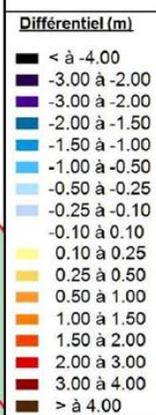
ZV37-Evolution 2008/2010



ZV37-2010

ZV37-2011

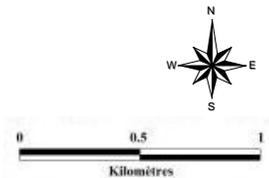
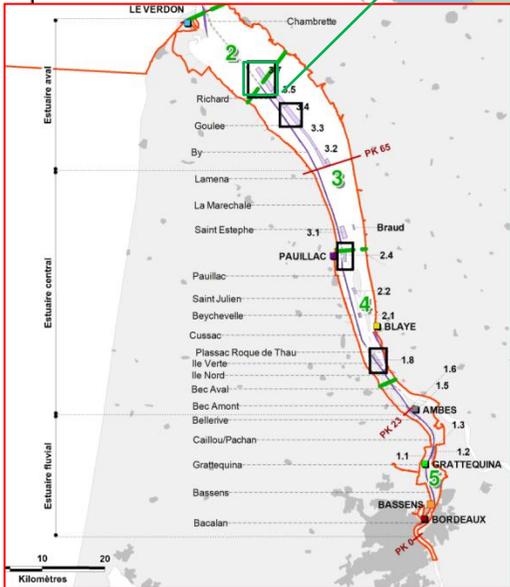
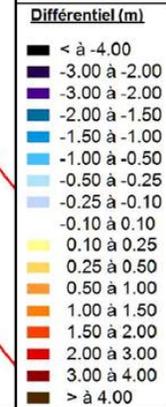
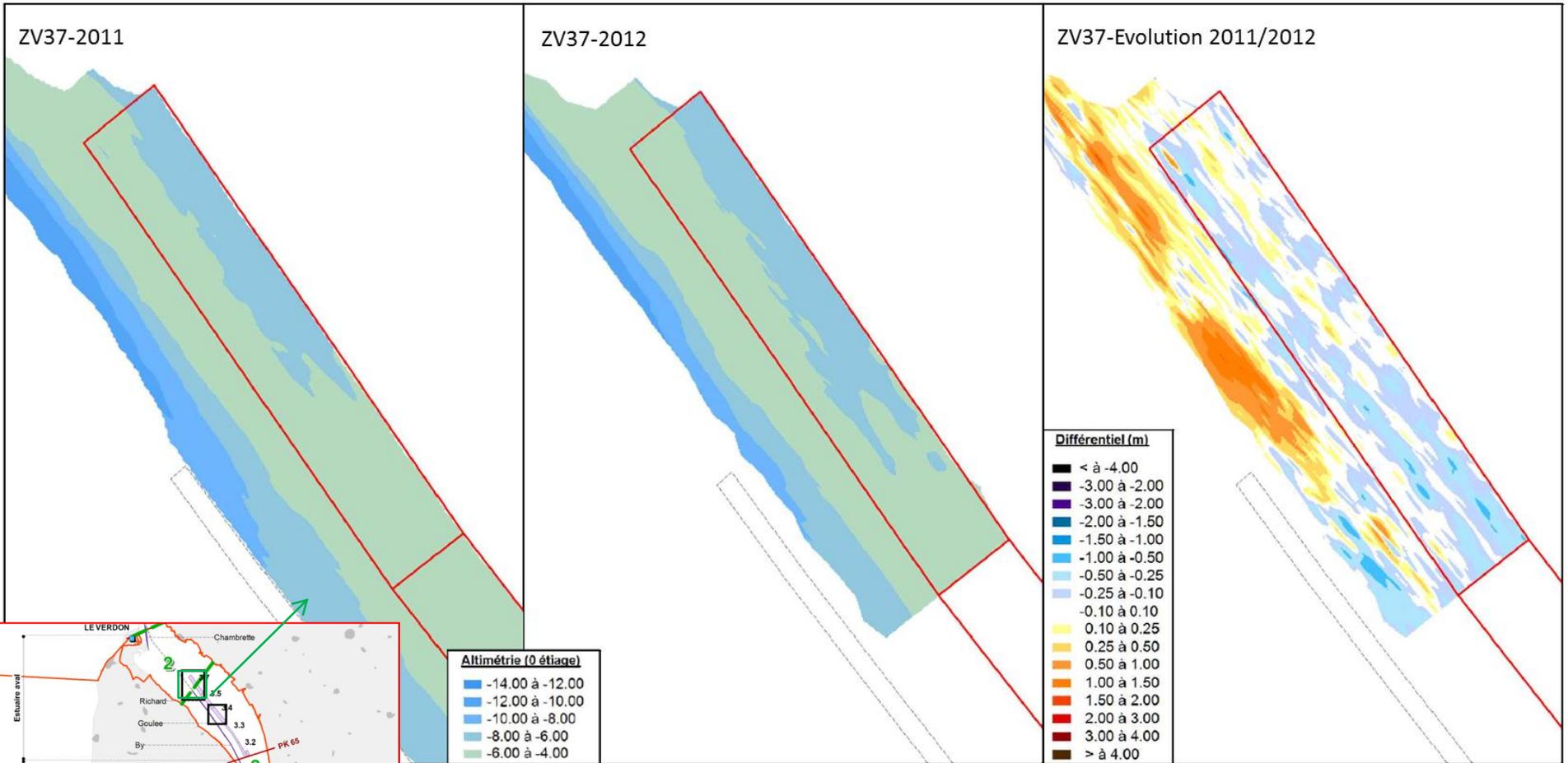
ZV37-Evolution 2010/2011



ZV37-2011

ZV37-2012

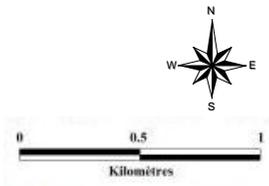
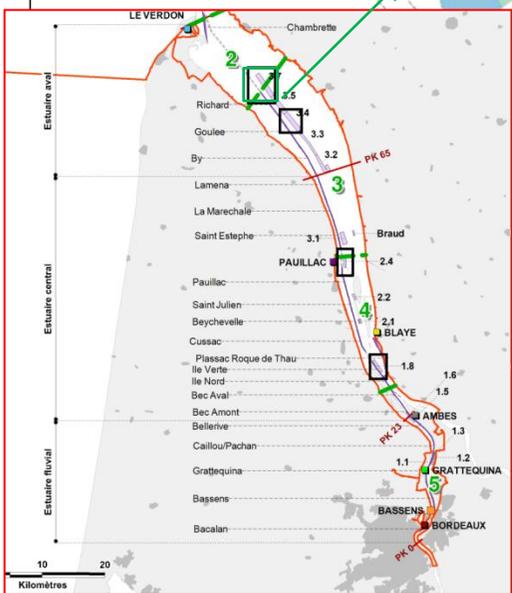
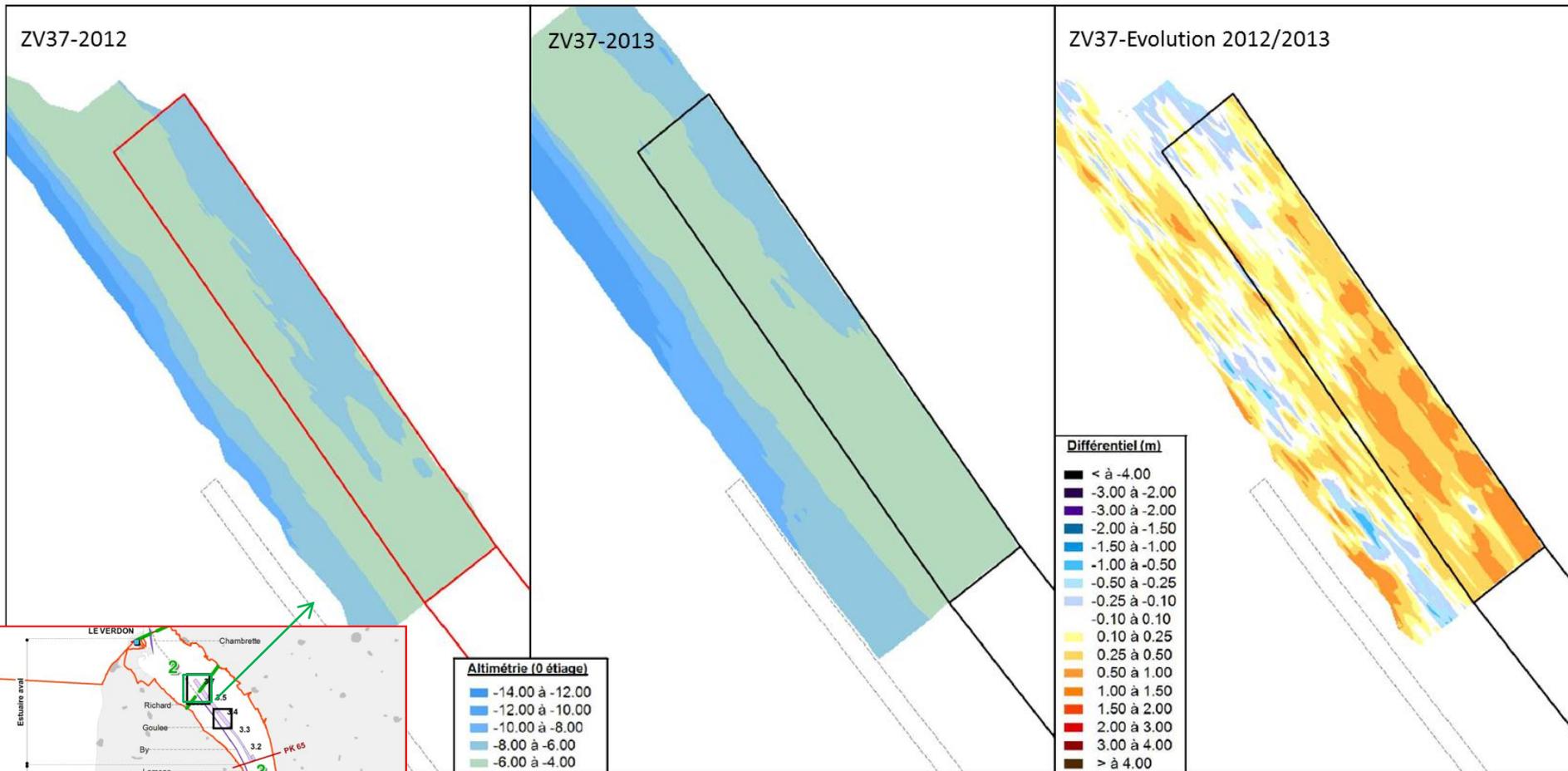
ZV37-Evolution 2011/2012



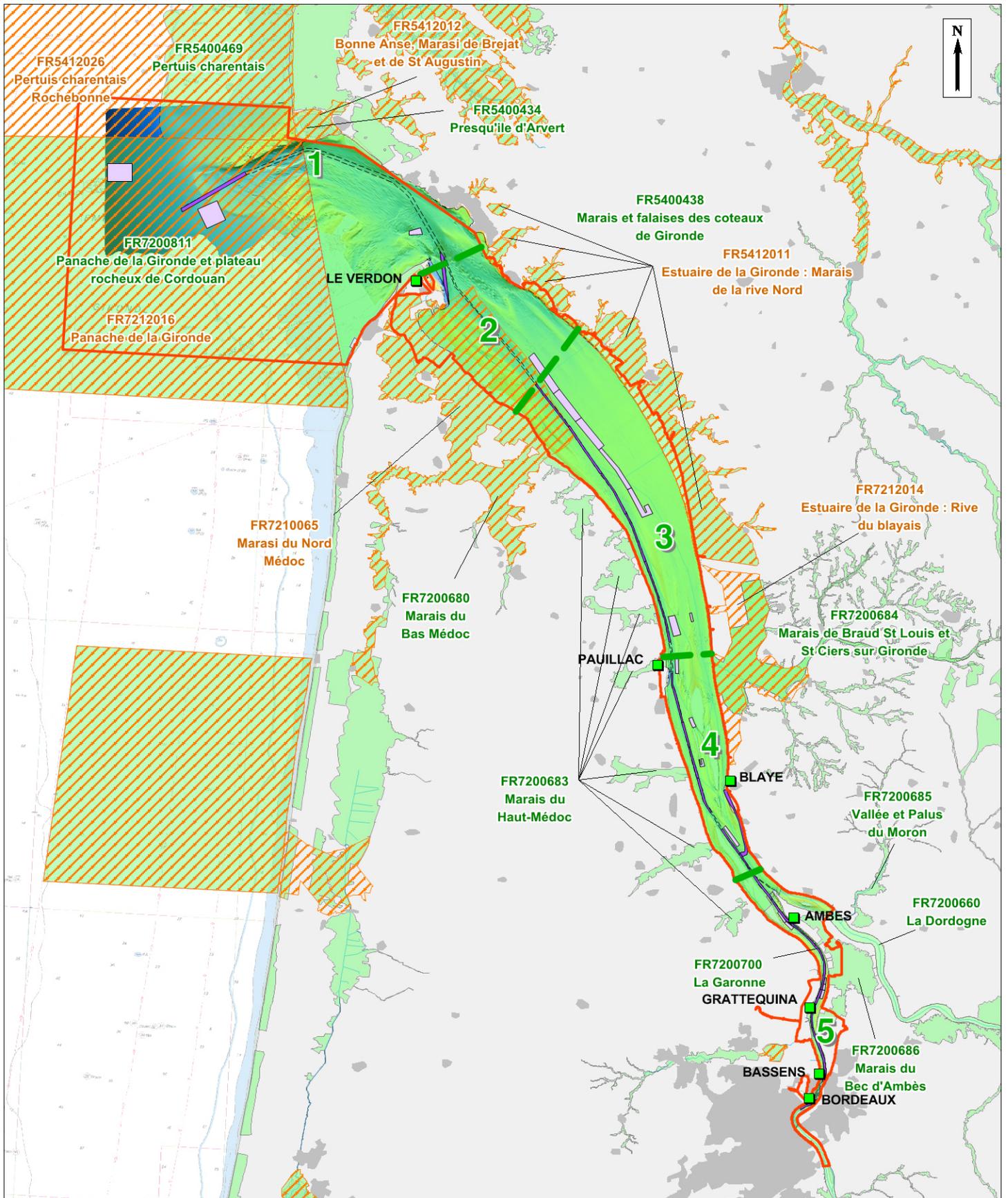
ZV37-2012

ZV37-2013

ZV37-Evolution 2012/2013



ANNEXE 2 : PROTECTIONS REGLEMENTAIRES DE L'ESTUAIRE



Légende :

- Zones urbanisées
- Canal de navigation
- Limites des sections de dragage
- Terminaux
- Limite de circonscription du GPMB
- Zones de clapage
- Passes de dragage

Zones Natura 2000 :

- Zones Spéciales de Conservation (Directive Habitats)
- Zones de Protection Spéciale (Directive Oiseaux)

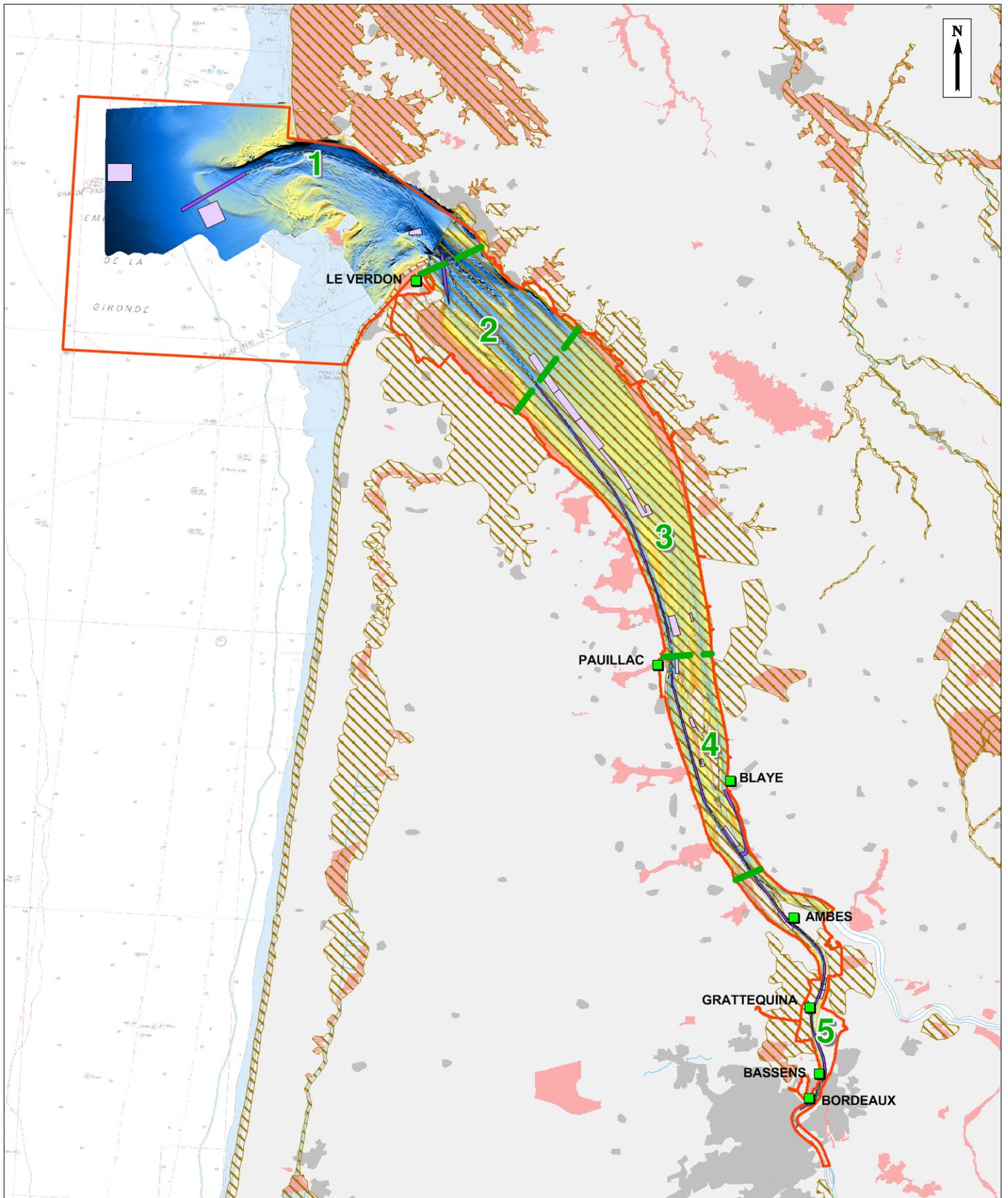
Elaboration du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde

Sites Natura 2000



Auteur : S.Pozzobon
Fait à Bordeaux, 12/2015





Légende :

- | | |
|---------------------------------|-----------------------------------|
| Zones urbanisées | Limite de circonscription du GPMB |
| Canal de navigation | Zones de clapage |
| Limites des sections de dragage | Passes de dragage |
| Terminaux | |
| ZNIEFF de type 1 | |
| ZNIEFF de type 2 | |

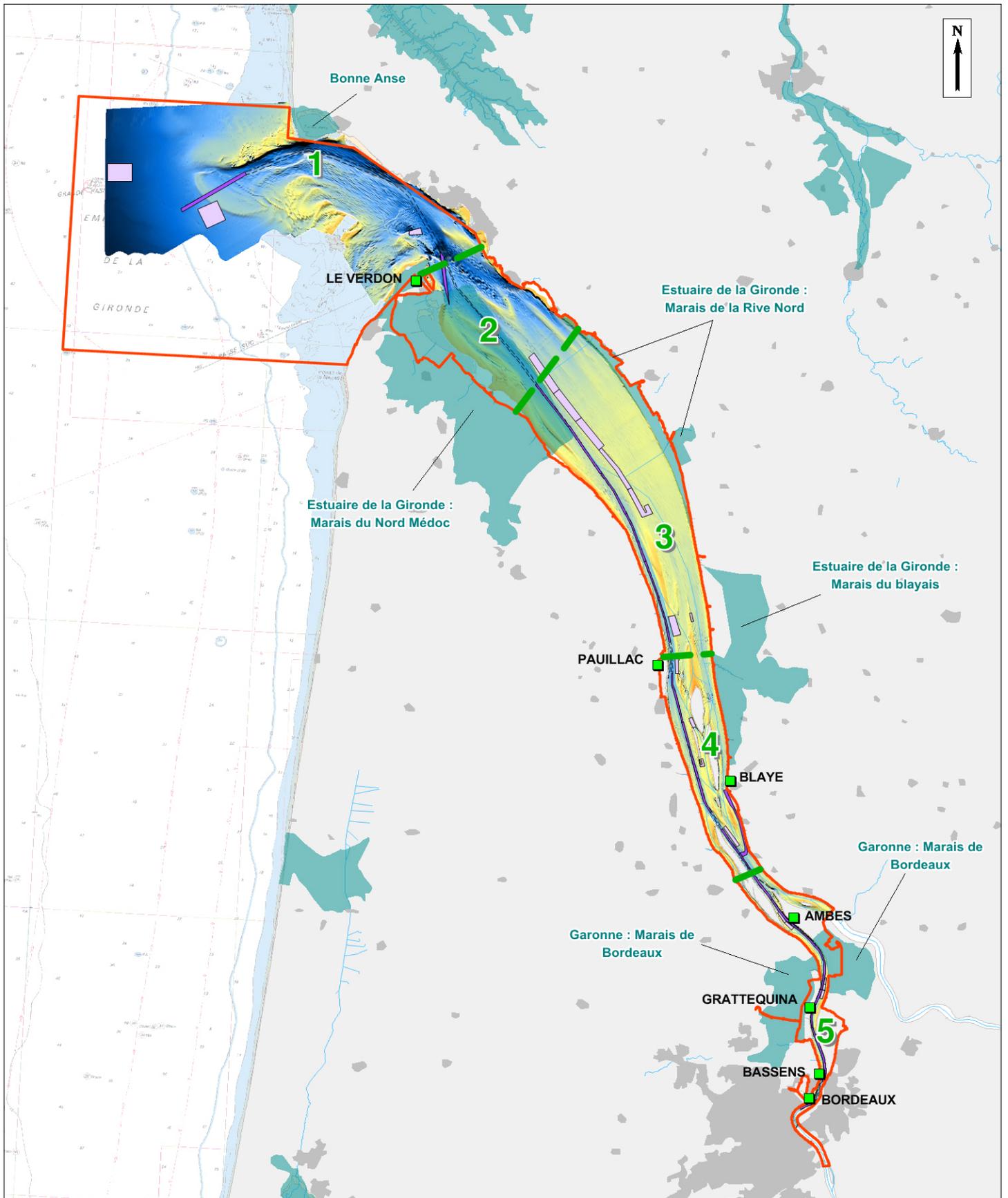
Elaboration du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde

ZNIEFF



Auteur : S.Pozzobon
Fait à Bordeaux, 12/2015





Légende :

- Zones urbanisées
- Chenal de navigation
- Limites des sections de dragage
- Terminaux
- ZICO
- Limite de circonscription du GPMB
- Zones de clapage
- Passes de dragage

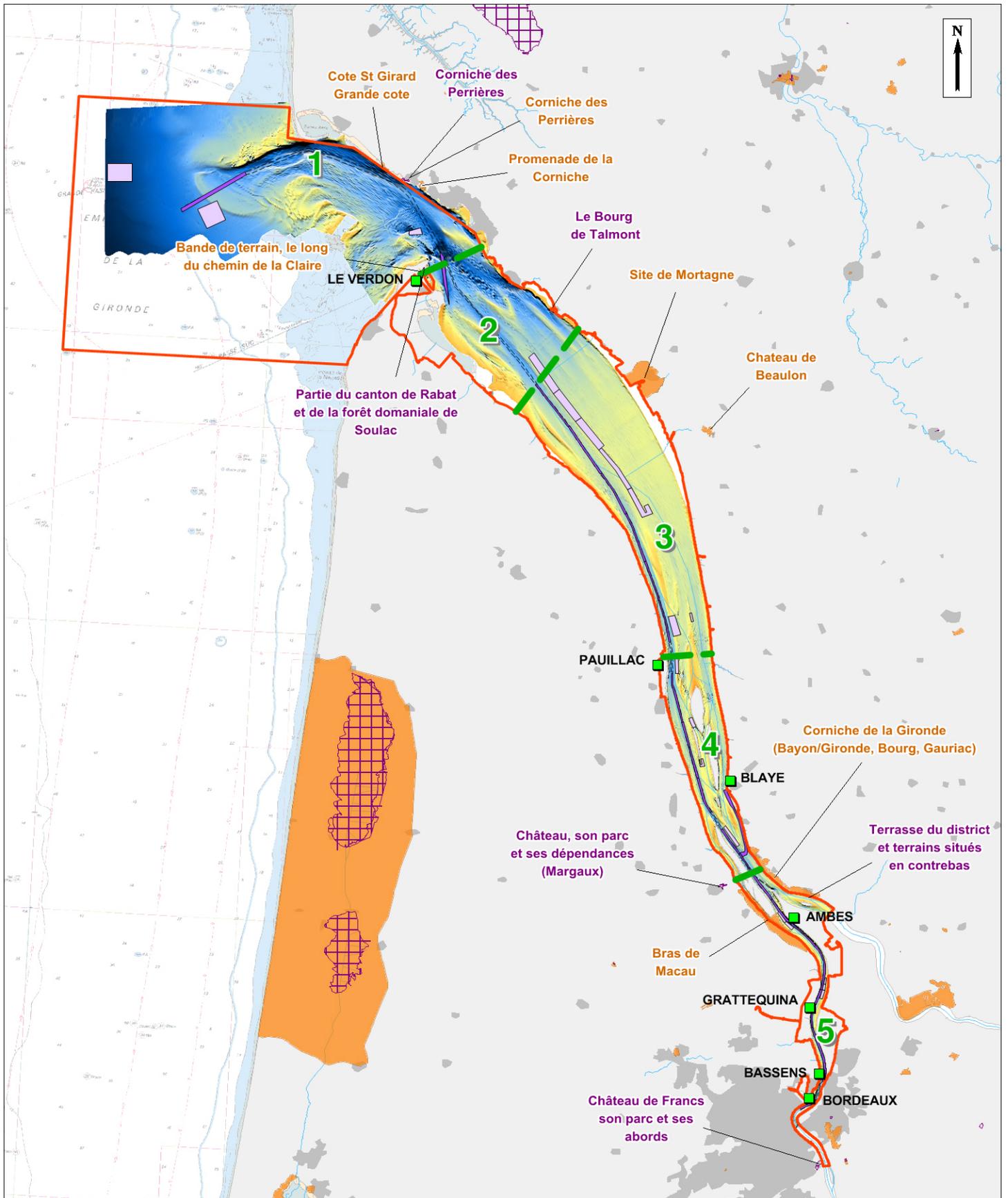
Elaboration du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde

ZICO



Auteur : S.Pozzobon
Fait à Bordeaux, 12/2015





Légende :

- Zones urbanisées
- Chenal de navigation
- Limites des sections de dragage
- Terminaux
- Sites inscrits
- Sites classés
- Limite de circonscription du GPMB
- Zones de clapage
- Passes de dragage

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

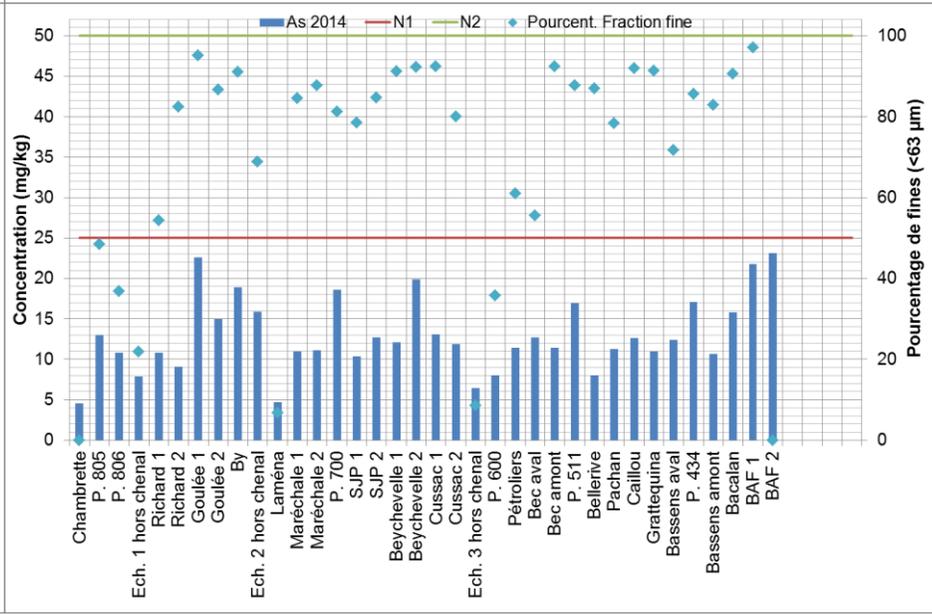
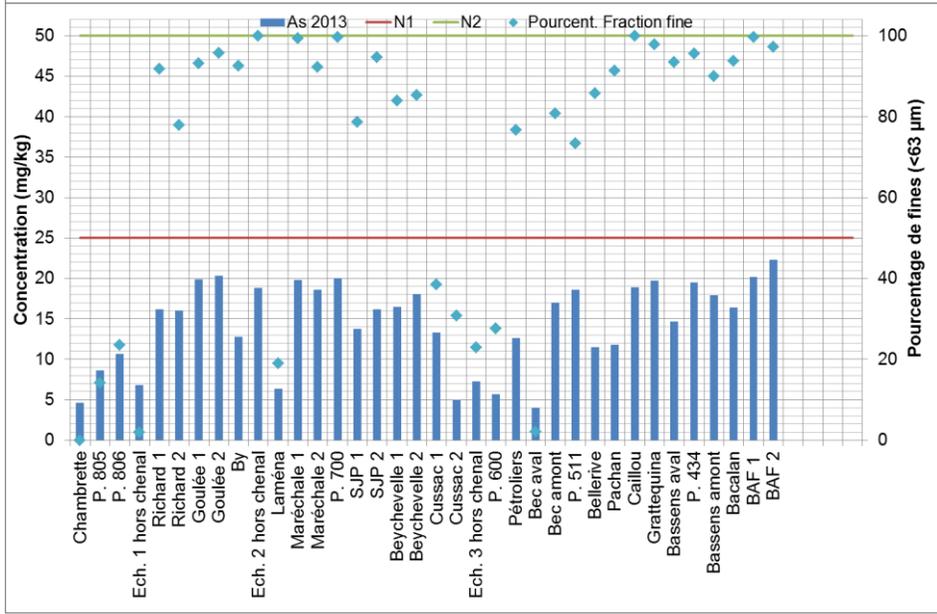
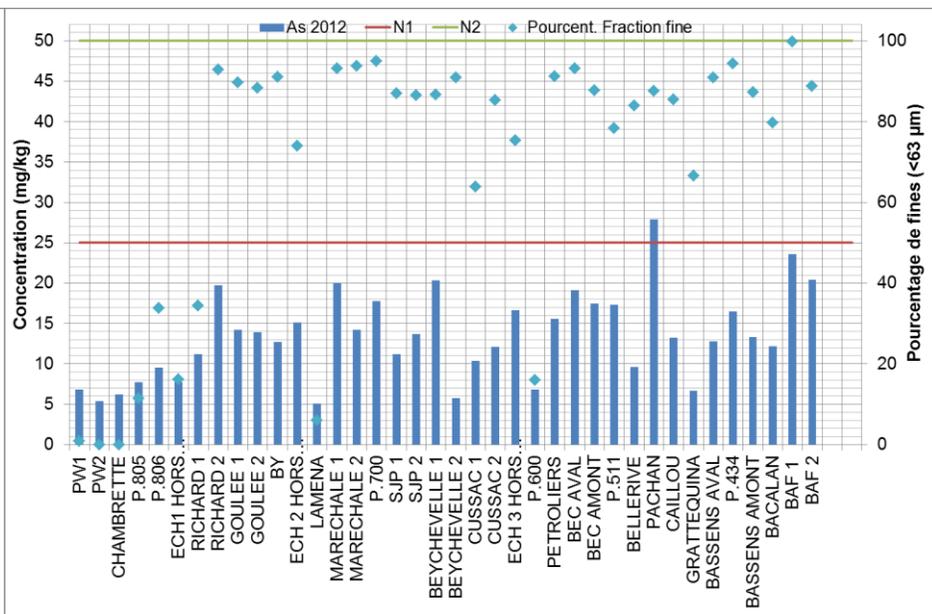
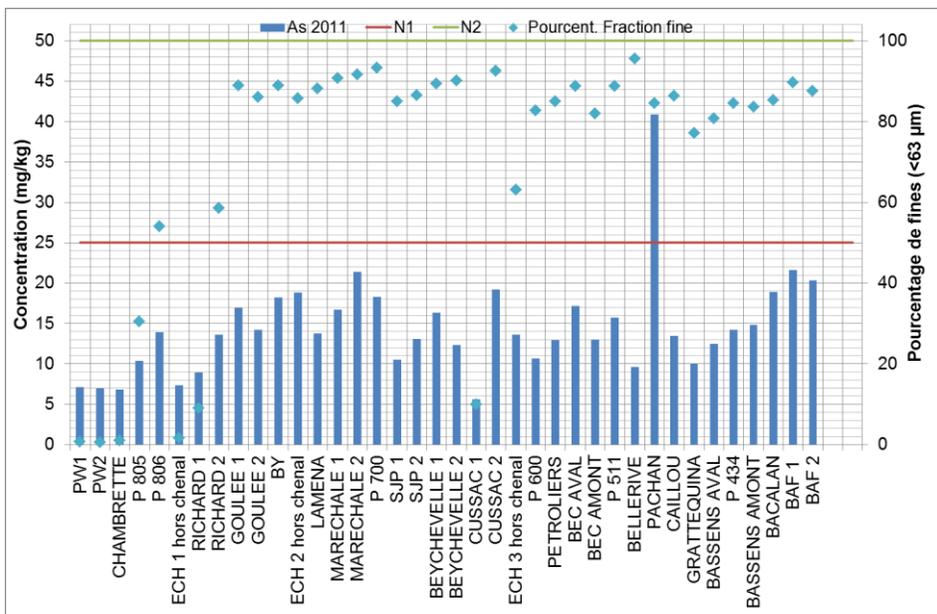
Sites inscrits et classés



Auteur : S.Pozzobon
 Fait à Bordeaux, 12/2015



ANNEXE 3 : RESULTATS DES ANALYSES GEOCHIMIQUES – ELEMENTS TRACES INORGANIQUES



Source : d'après données GPMB



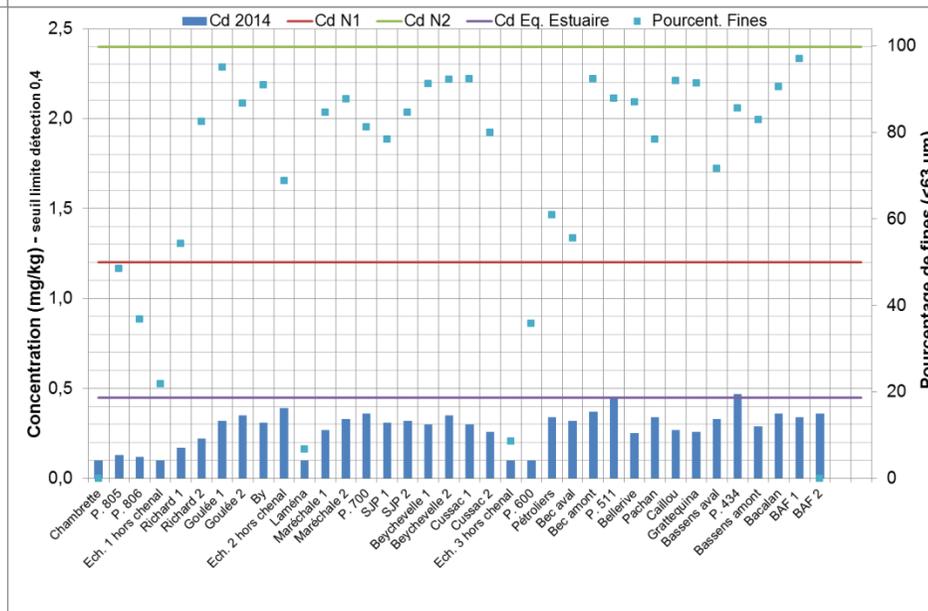
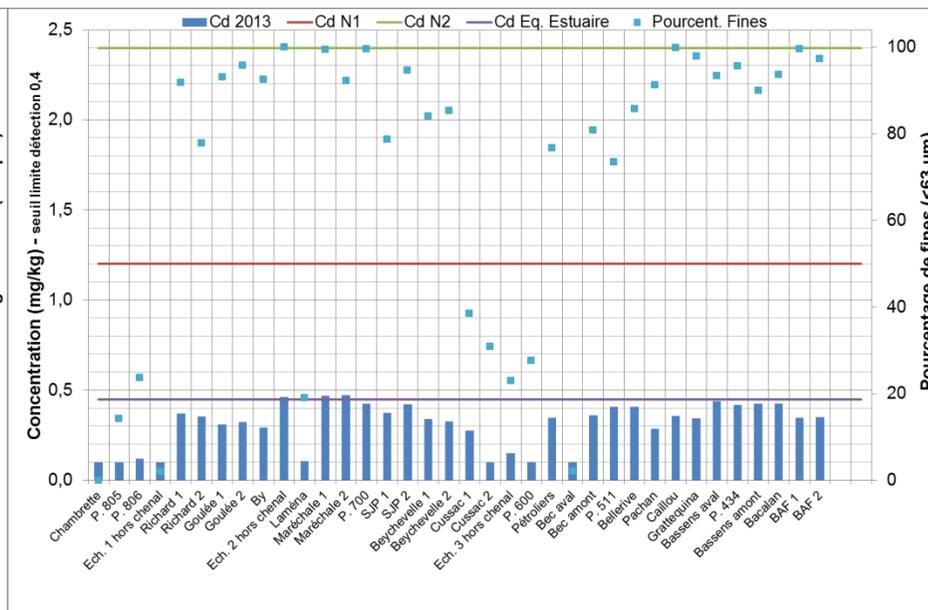
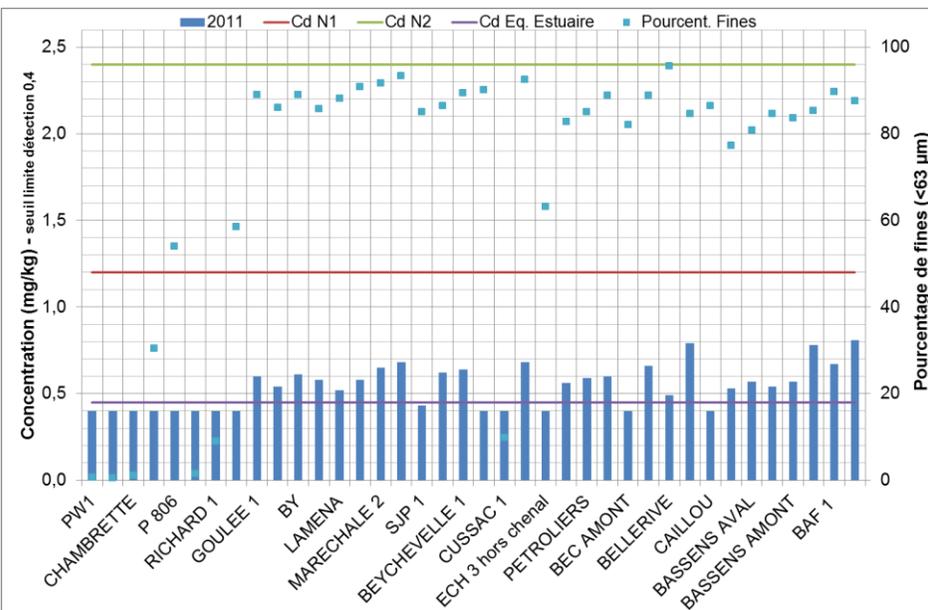
ELABORATION DU PLAN DE GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE – ÉTAPE 2 ANNEXE 3

Fév. 2016

Concentration en arsenic – 2011 à 2014

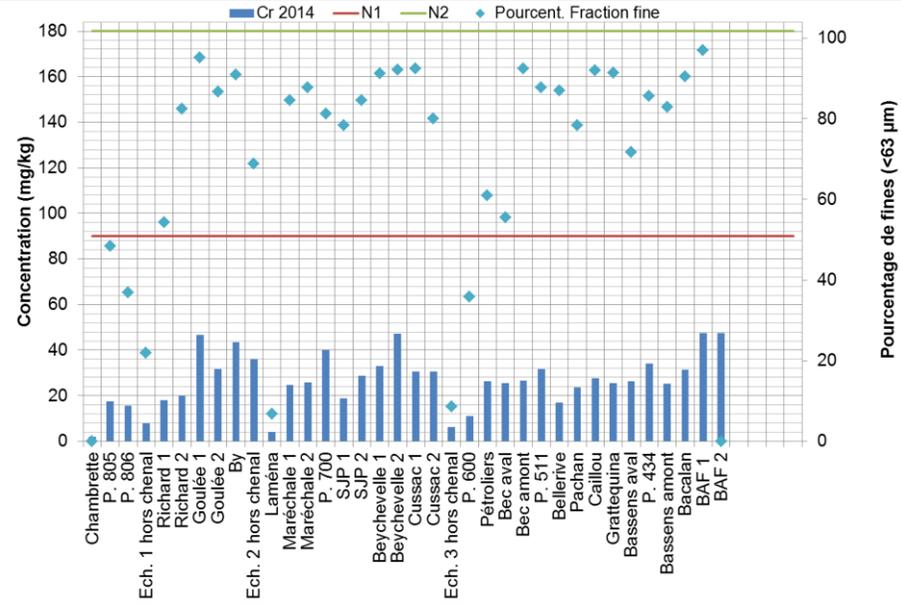
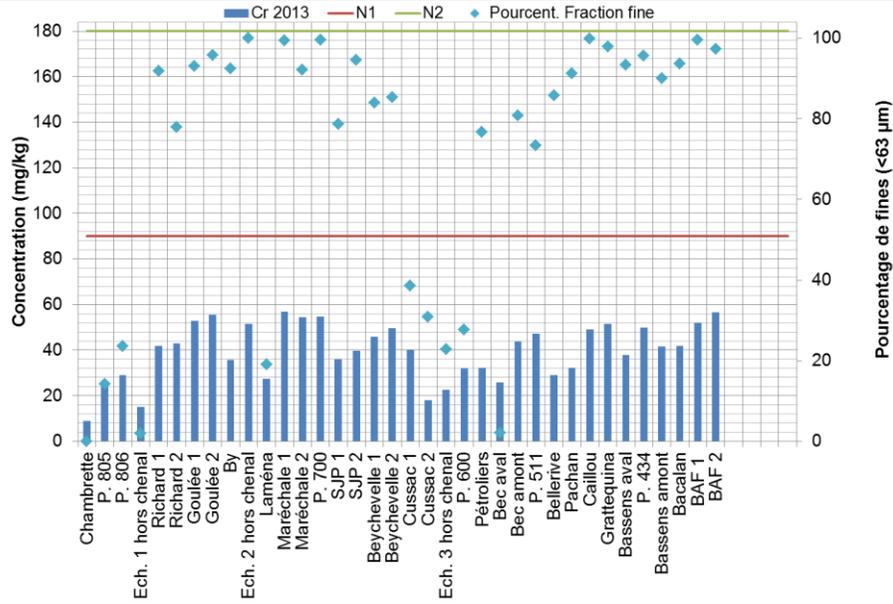
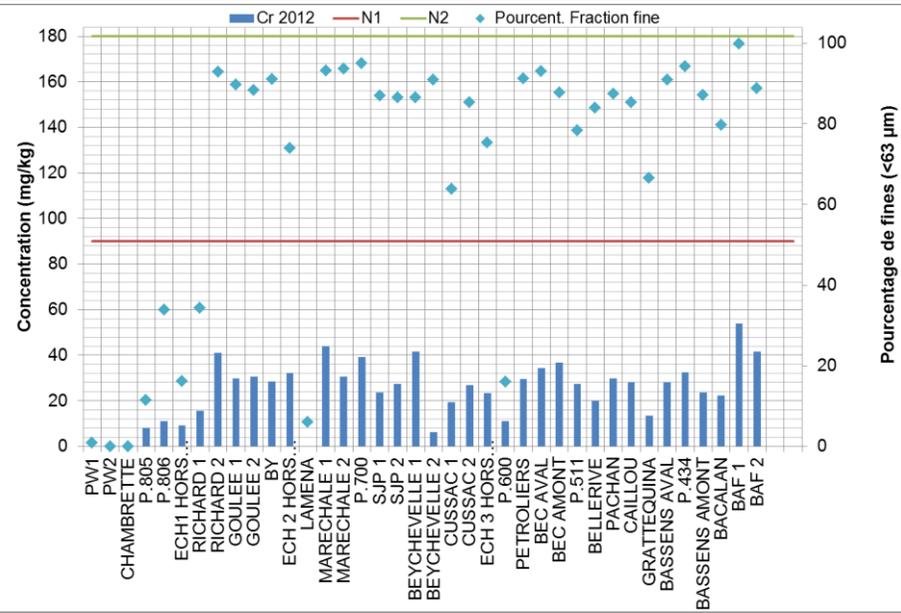
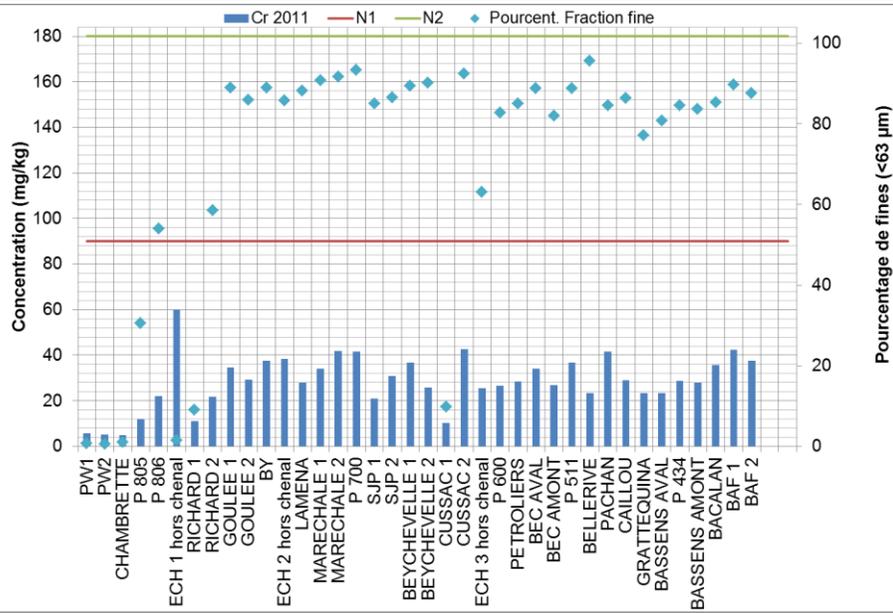
1

Version 2



Nota : en 2012, les valeurs étaient inférieures à 0,4 mg/kg – pas d'indication supplémentaire

Source : d'après données GPMB



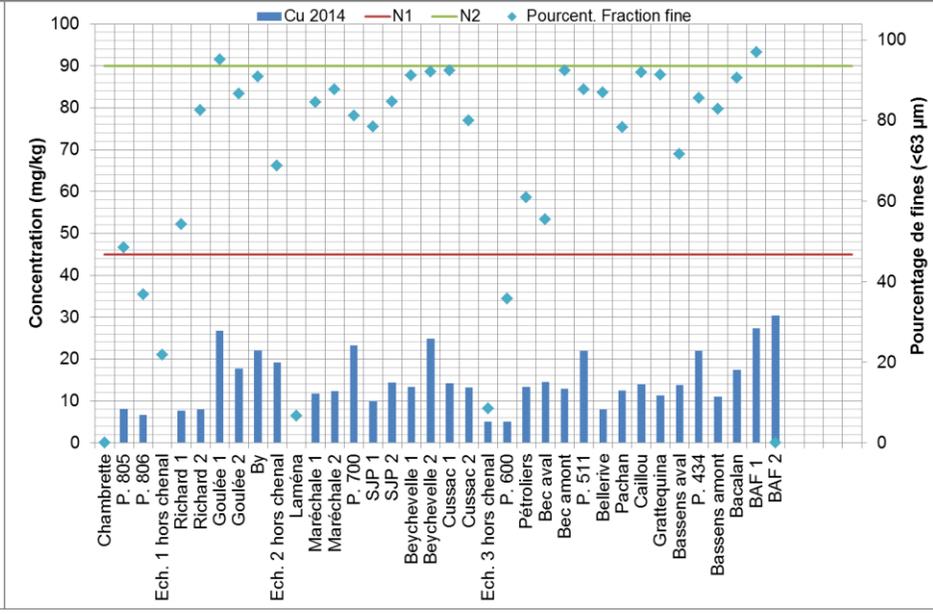
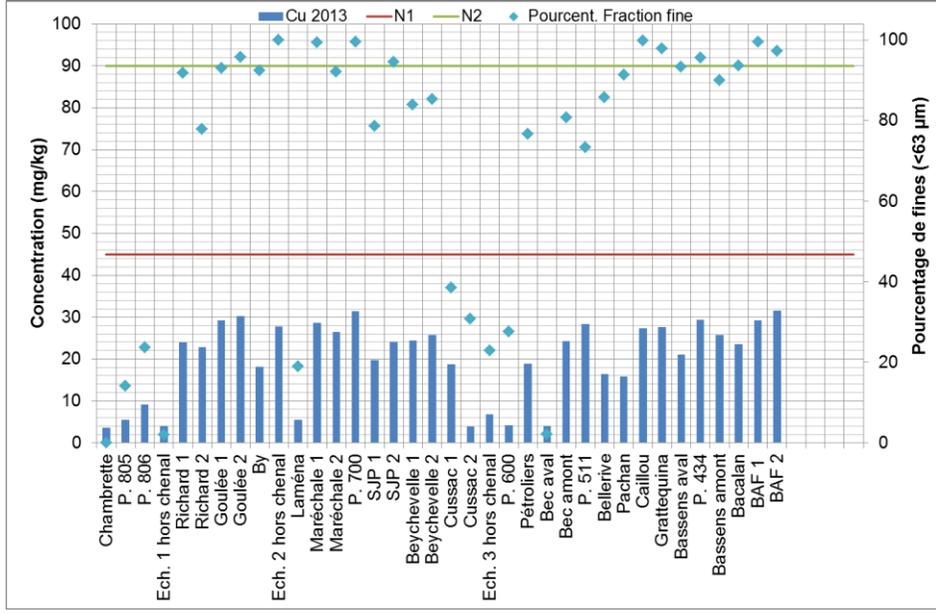
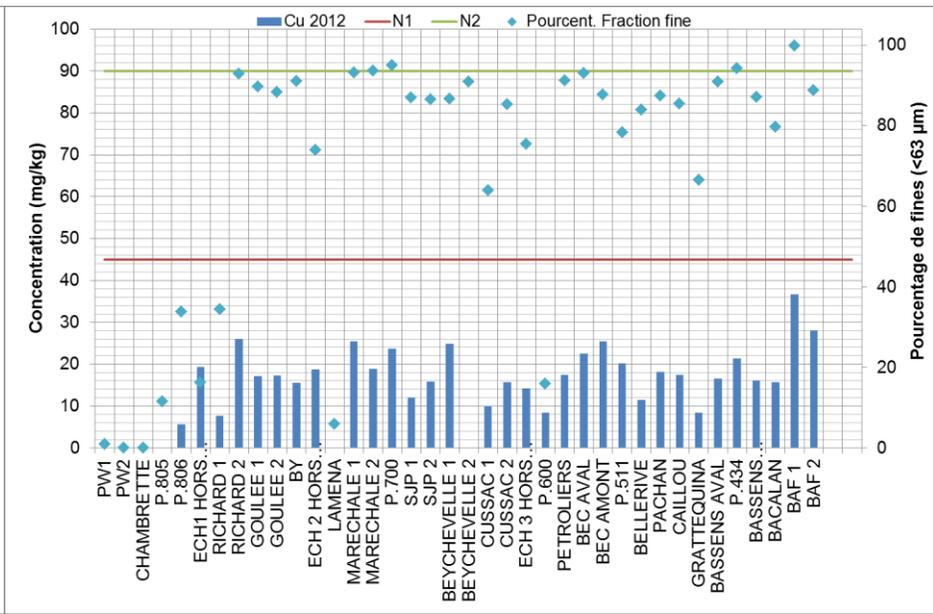
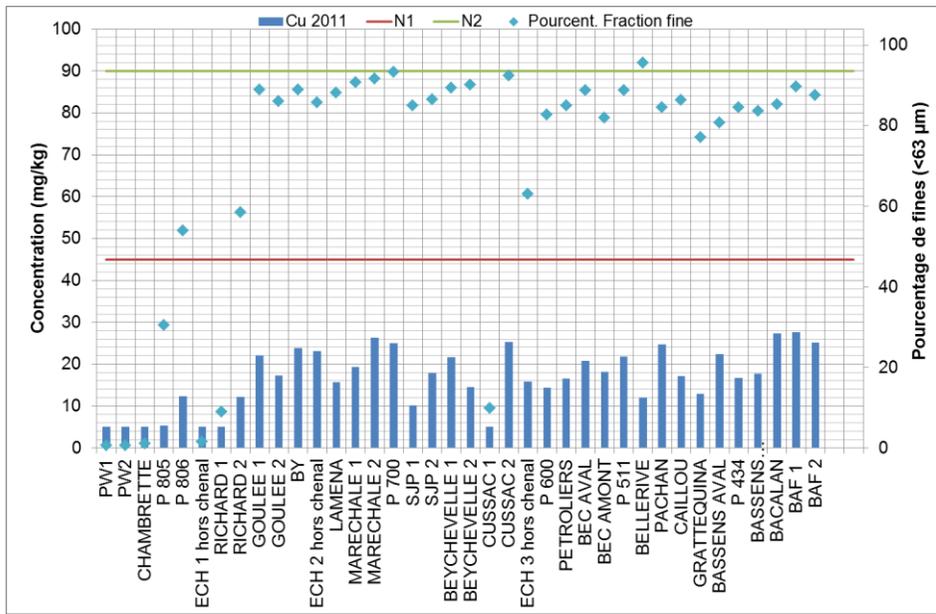
Source : d'après données GPMB



ELABORATION DU PLAN DE GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE – ÉTAPE 2 ANNEXE 3

Concentration en Chrome – 2011 à 2014

Fév. 2016



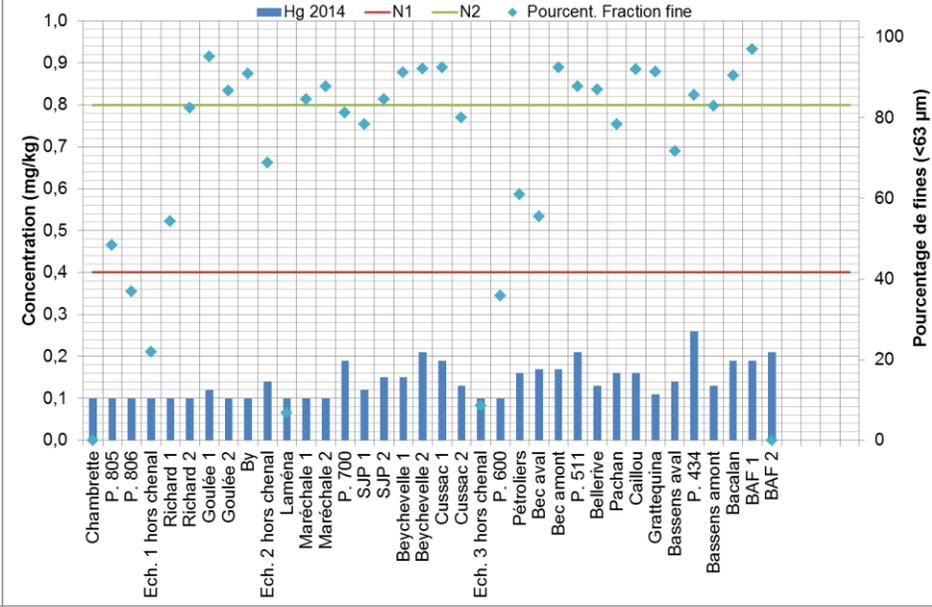
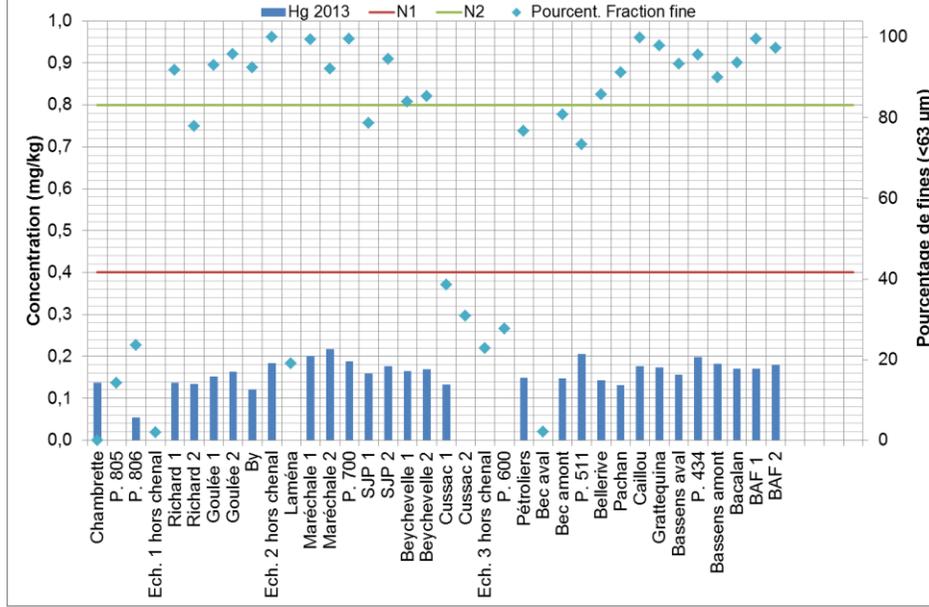
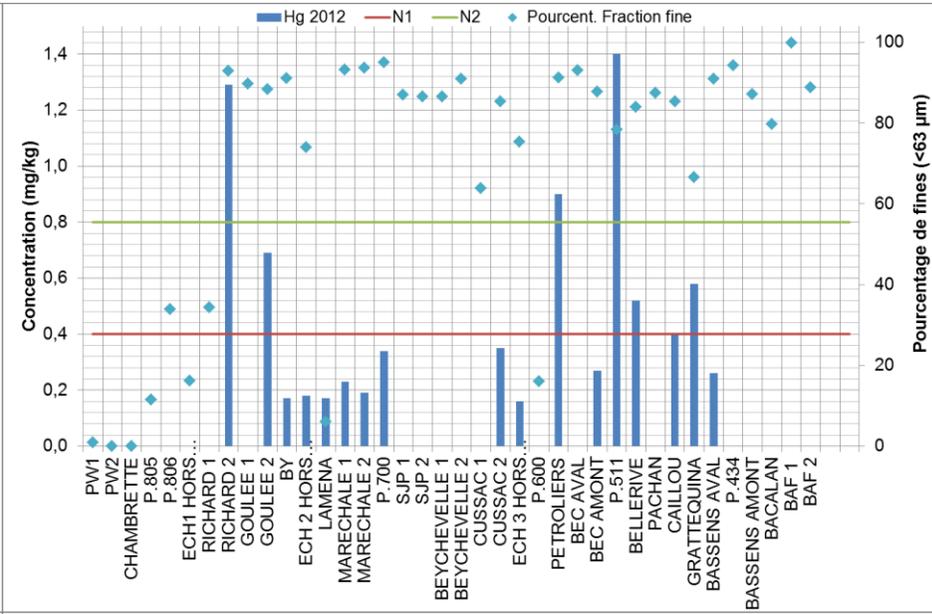
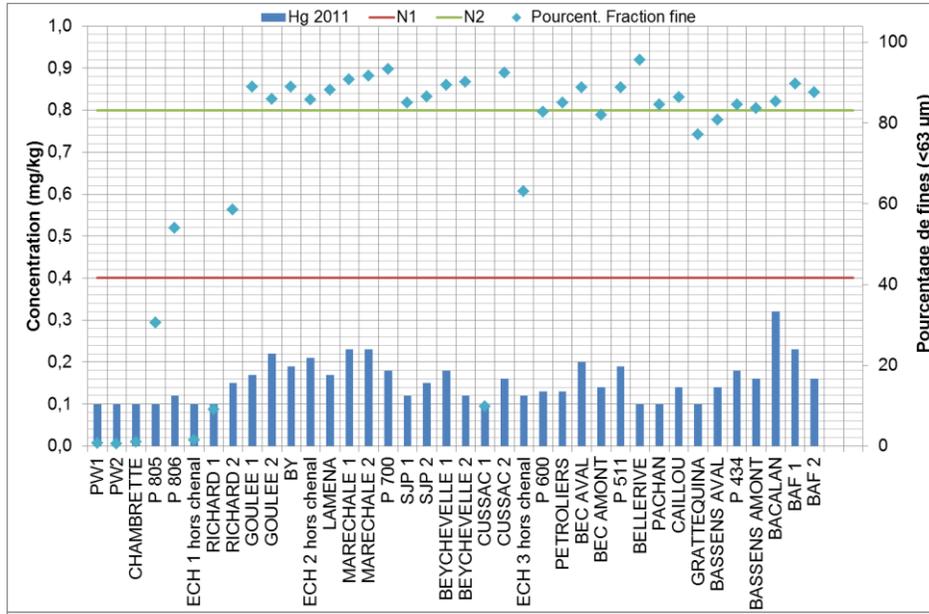
Source : d'après données GPMB



ELABORATION DU PLAN DE GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE – ÉTAPE 2 ANNEXE 3

Fév. 2016

Concentration en Cuivre – 2011 à 2014



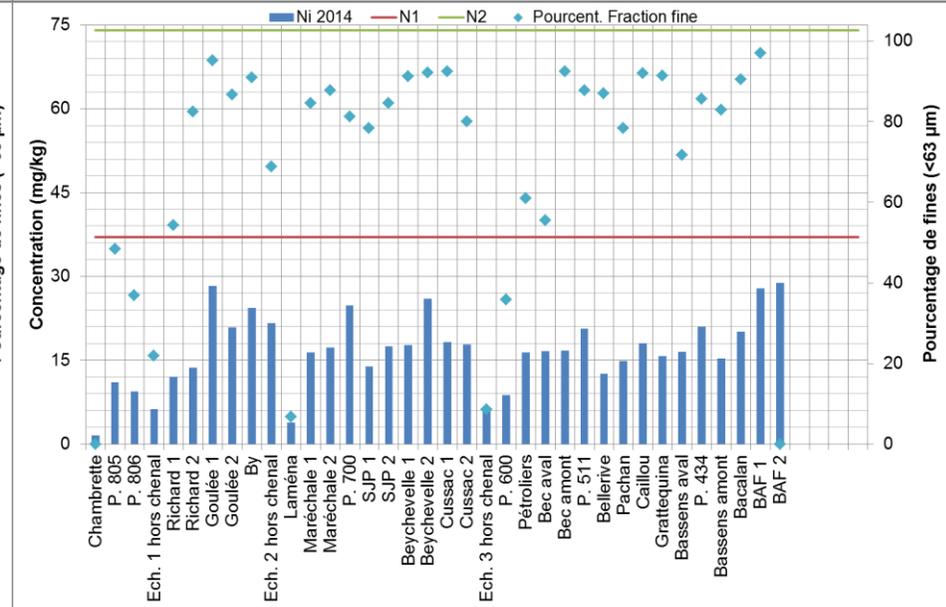
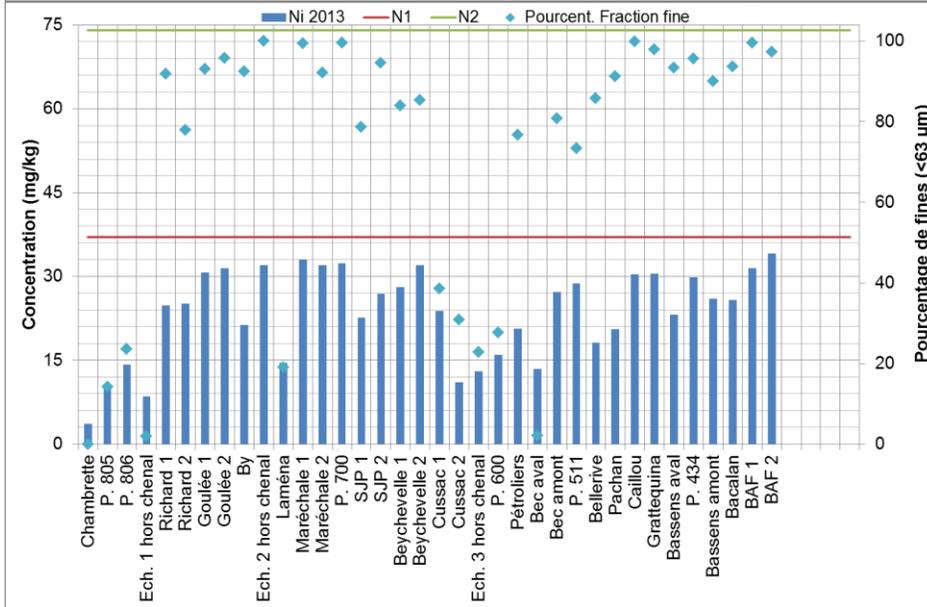
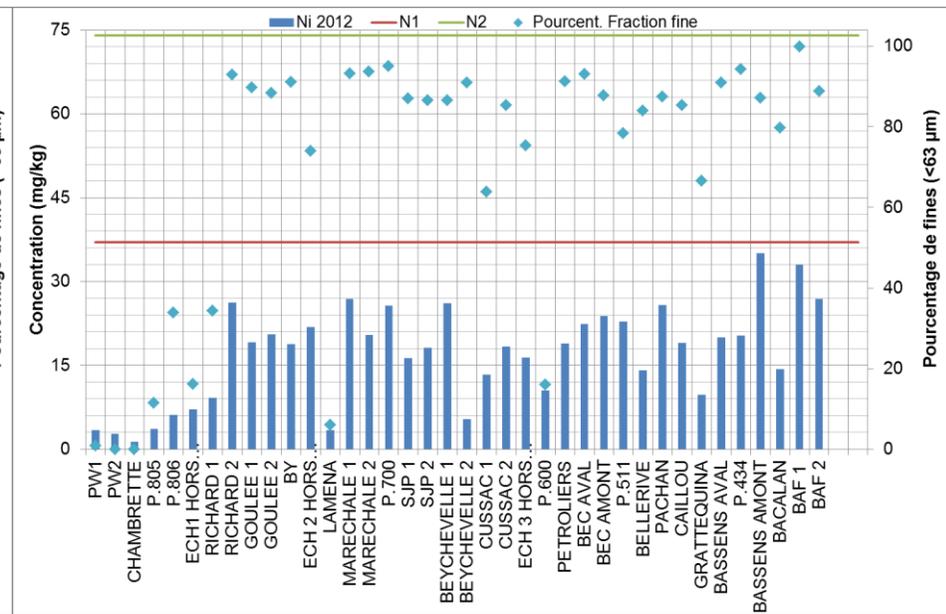
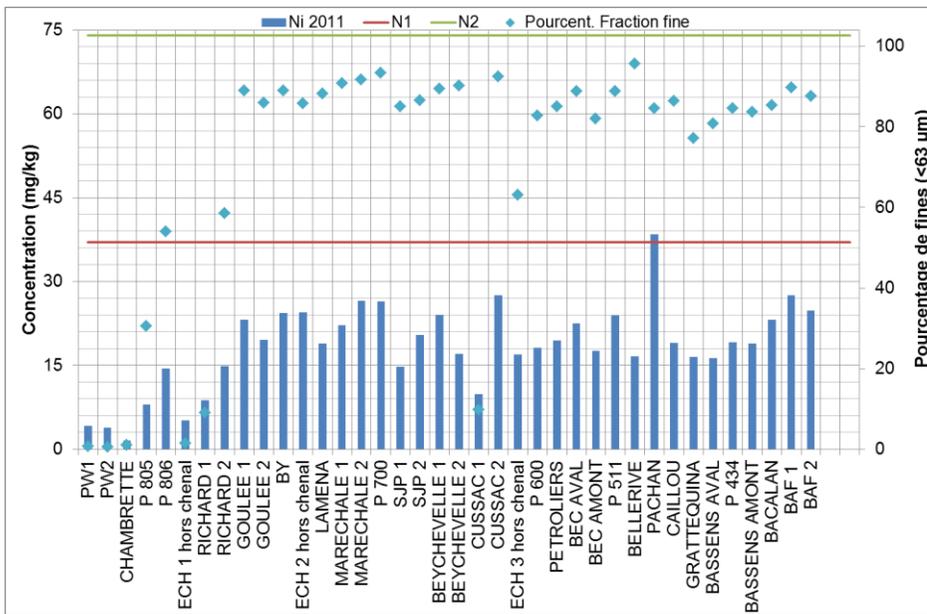
Source : d'après données GPMB



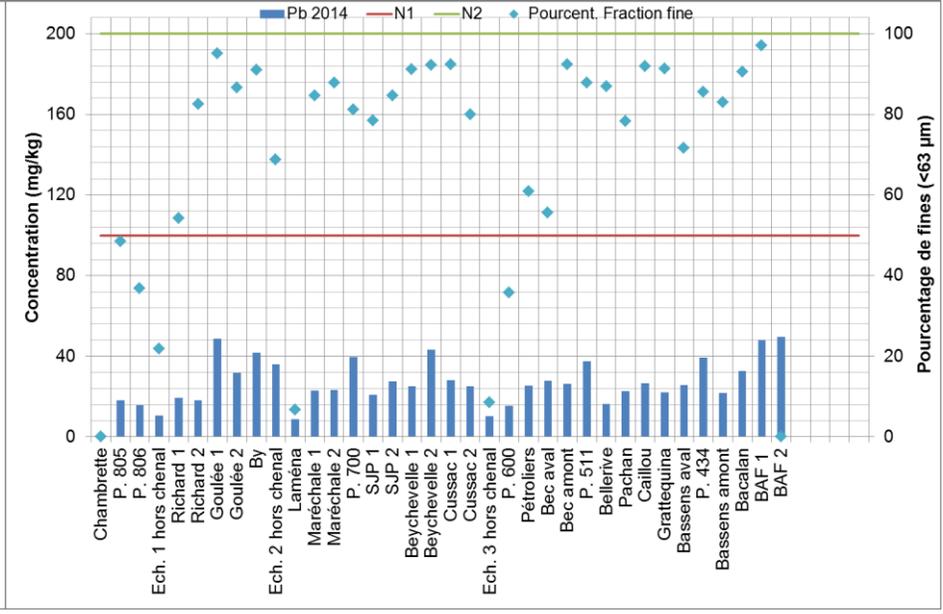
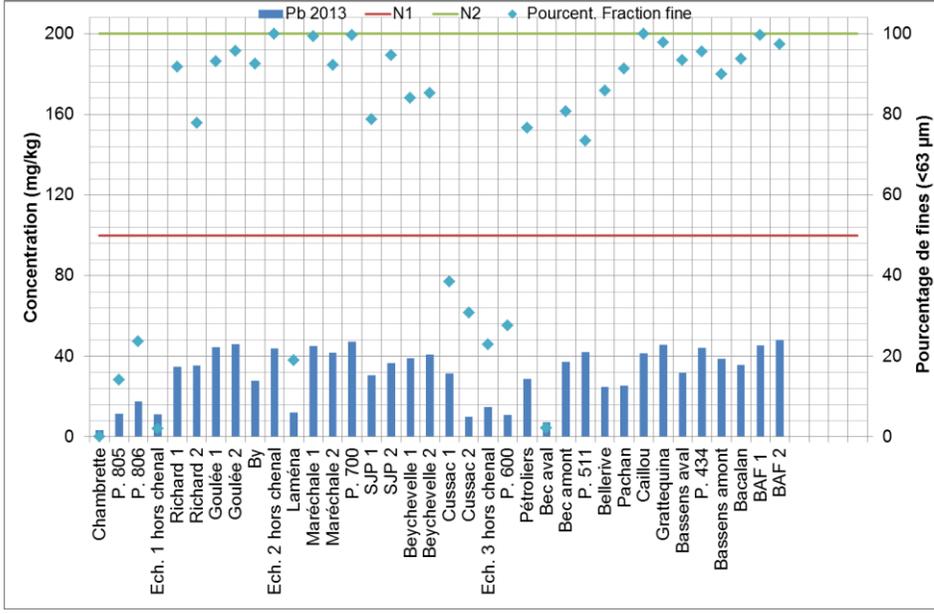
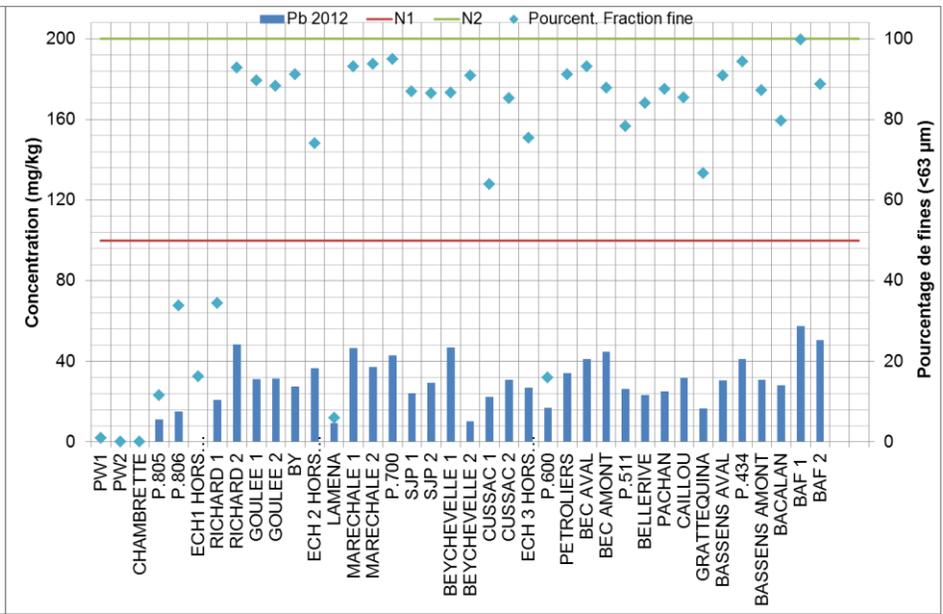
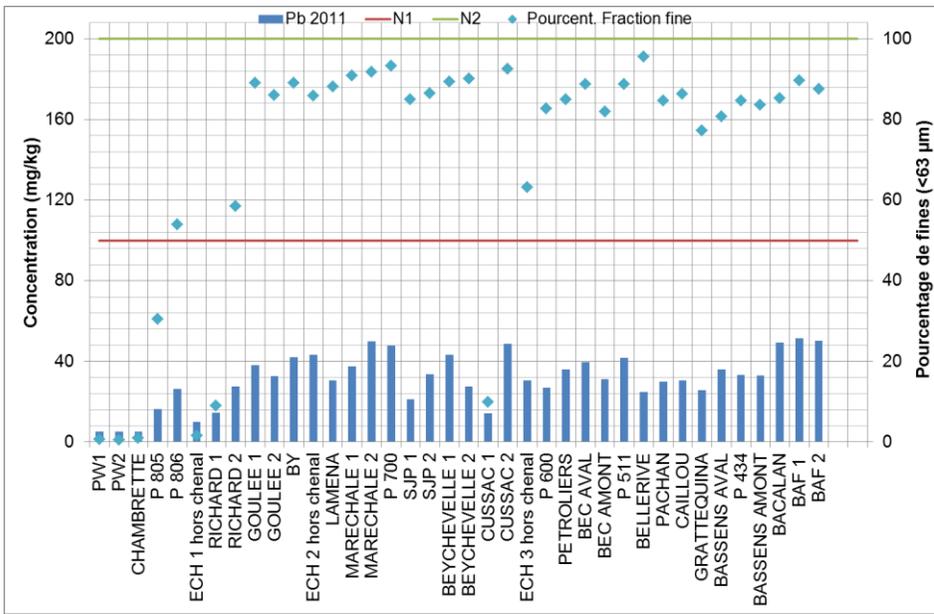
ELABORATION DU PLAN DE GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE – ÉTAPE 2 ANNEXE 3

Fév. 2016

Concentration en Mercure – 2011 à 2014



Source : d'après données GPMB



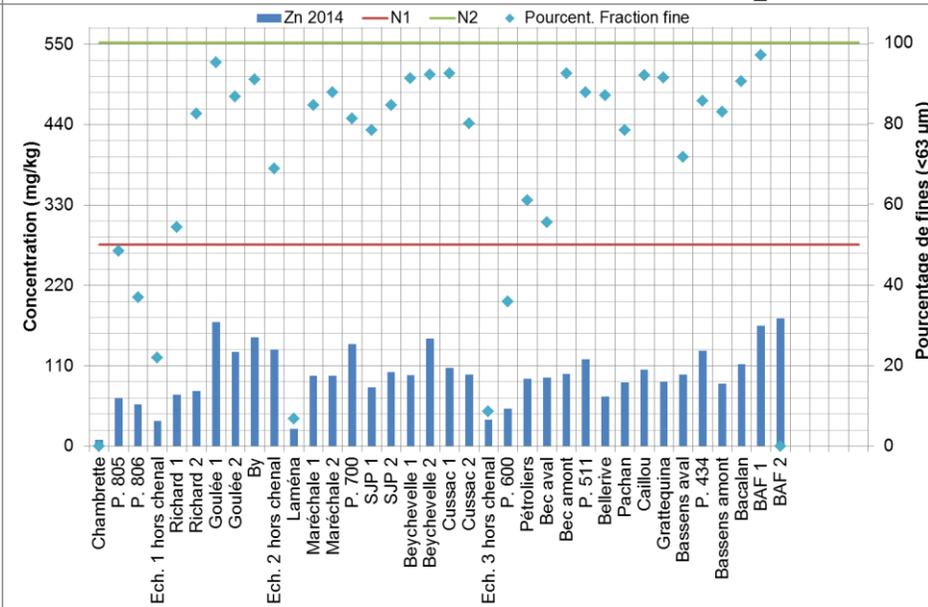
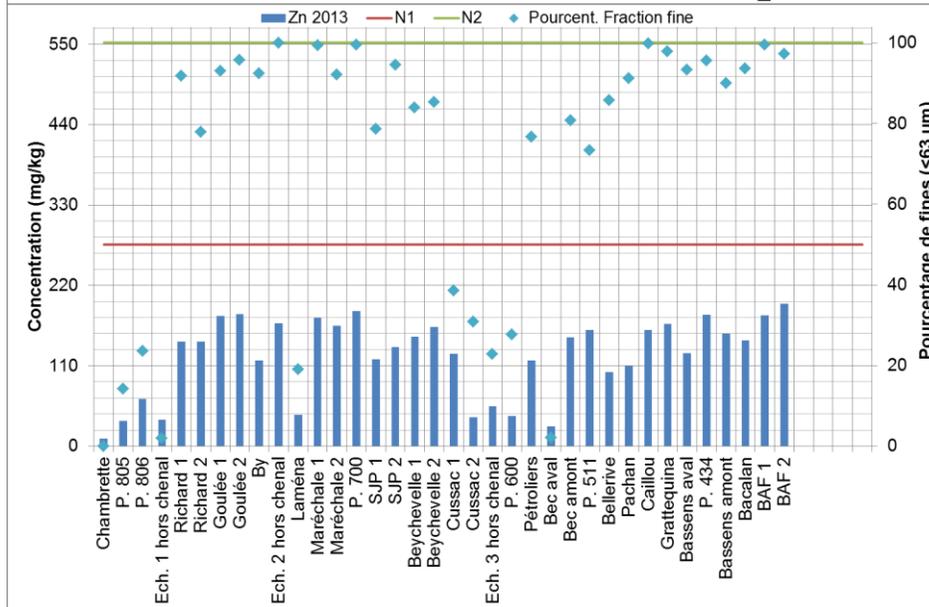
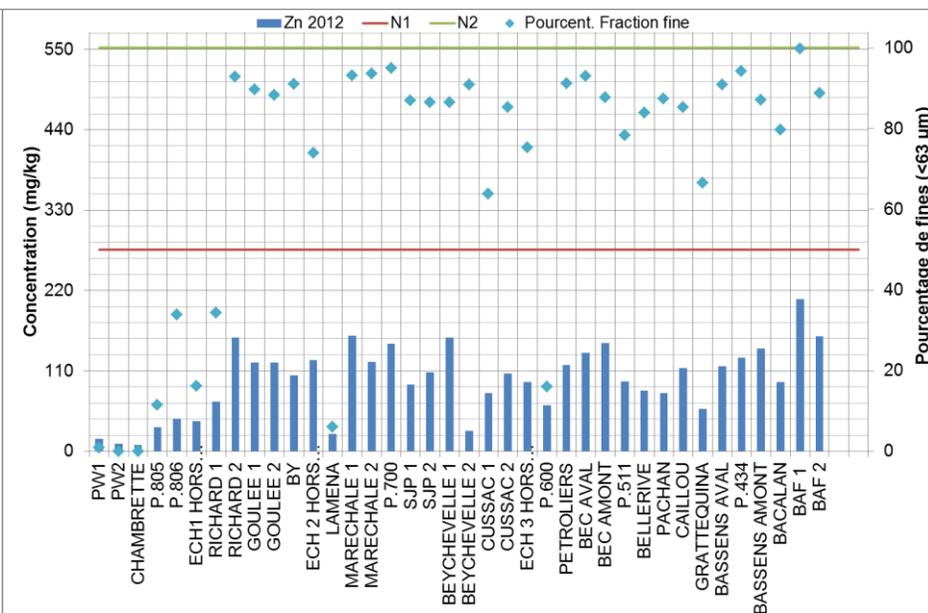
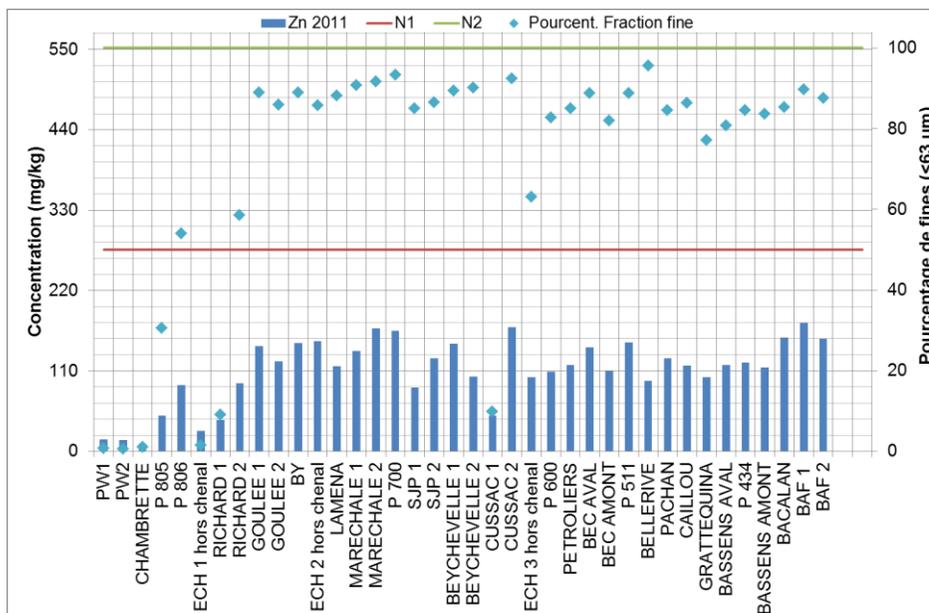
Source : d'après données GPMB



ELABORATION DU PLAN DE GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE – ÉTAPE 2 ANNEXE 3

Fév. 2016

Concentration en plomb – 2011 à 2014



Source : d'après données GPMB



ELABORATION DU PLAN DE GESTION DES SÉDIMENTS DE DRAGAGE DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE – ÉTAPE 2 ANNEXE 3

Fév. 2016

Concentration en zinc – 2011 à 2014