

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

RAPPORT D'ETAPE 1 : ETAT DES LIEUX

FICHE THEMATIQUE N°2 : NAVIGABILITE ET MAINTIEN DES ACCES NAUTIQUES
RAPPORT RM1-E1-2

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 - MISSION 1 : élaboration du plan de gestion des sédiments de l'estuaire de la Gironde Etape 1 – Etat des lieux Rapport RM1-E1-2					
4	Corrections suite observations du SMIDDEST 11/02/2016	TSD			24/02/2016
3	Prise en compte des observations du GPMB transmises le 07/10/2015	LTT	-	-	14/10/2015
2	Prise en compte des remarques du comité technique et du service dragage du GPMB	LTT	-	-	24/08/2015
1		LTT/TSD	TSD	SLX	09/06/2015
Version	Description	Rédaction	Vérifié	Approuvé	Date

SYNTHESE ET CONCLUSIONS

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

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

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

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

Chacune de ces thématiques fait l'objet d'une fiche de synthèse indépendante, de manière à bien identifier les différents enjeux. La présente fiche est consacrée à « navigabilité et maintien des accès nautiques ».

Le Port de Bordeaux est le 7^{ème} Grand Port Maritime français. Le trafic du GPMB est en moyenne de 8,5 millions de tonnes par an. Les importations sont majoritaires (73%) sur les exportations (27%). Le Port dispose de 7 terminaux portuaires spécialisés ; Bassens, Ambès et Pauillac sont les principaux en termes d'accueil de navires et de trafic.

Pour se rendre jusqu'aux terminaux, les navires (environ 1 700 par an) doivent emprunter le chenal de navigation long de 130 km. Le chenalage des navires pour l'accès aux installations portuaires est programmé en concertation avec les pilotes de la Gironde car il s'effectue en exploitant au mieux les hauteurs d'eau offertes par la marée.

Les dragages d'entretien ont pour objet d'entretenir la cote nominale des fonds du chenal au niveau des zones où la profondeur est dégradée par des dépôts sédimentaires (dites passes, cf. page suivante) ; ces opérations permettent de garantir des hauteurs d'eau compatibles avec le tirant d'eau des navires accueillis. Les dragages d'entretien comprennent également le maintien des cotes des accès depuis le chenal aux installations portuaires et des cotes des souilles des ouvrages (postes).

Les zones draguées (passes et postes) font l'objet d'une campagne de prélèvements sédimentaires annuelle. Une quarantaines d'échantillons prélevés le long de l'estuaire est analysée en laboratoire pour évaluer la contamination, conformément à la réglementation.

Vis-à-vis de la thématique contamination des sédiments, il faut rappeler l'influence de la variabilité naturelle de la composition des sédiments (granulométrie, matière organique et minéralogie) sur les teneurs en contaminants.

Pour la plupart, les substances naturelles et anthropogènes (métaux et contaminants organiques) ont beaucoup plus d'affinités avec les particules fines qu'avec la fraction grossière. Dans la fraction fine, les constituants tels que la matière organique et les minéraux argileux contribuent à l'affinité avec les contaminants. Les argiles qui ont la particularité de fixer les métaux dissous dans l'eau.

Sur les passes à l'embouchure de l'estuaire, les sédiments sont sableux (passe Ouest, Chambrette) ainsi que les postes du Verdon. Certaines passes sont sujettes à des apports sableux variables entre les années (Cussac, Plassac, Laména). Toutes les autres passes sont à dominance vaseuse (entre 80 et 95% de vases), avec une proportion d'argiles comprise entre 5 et 10%.

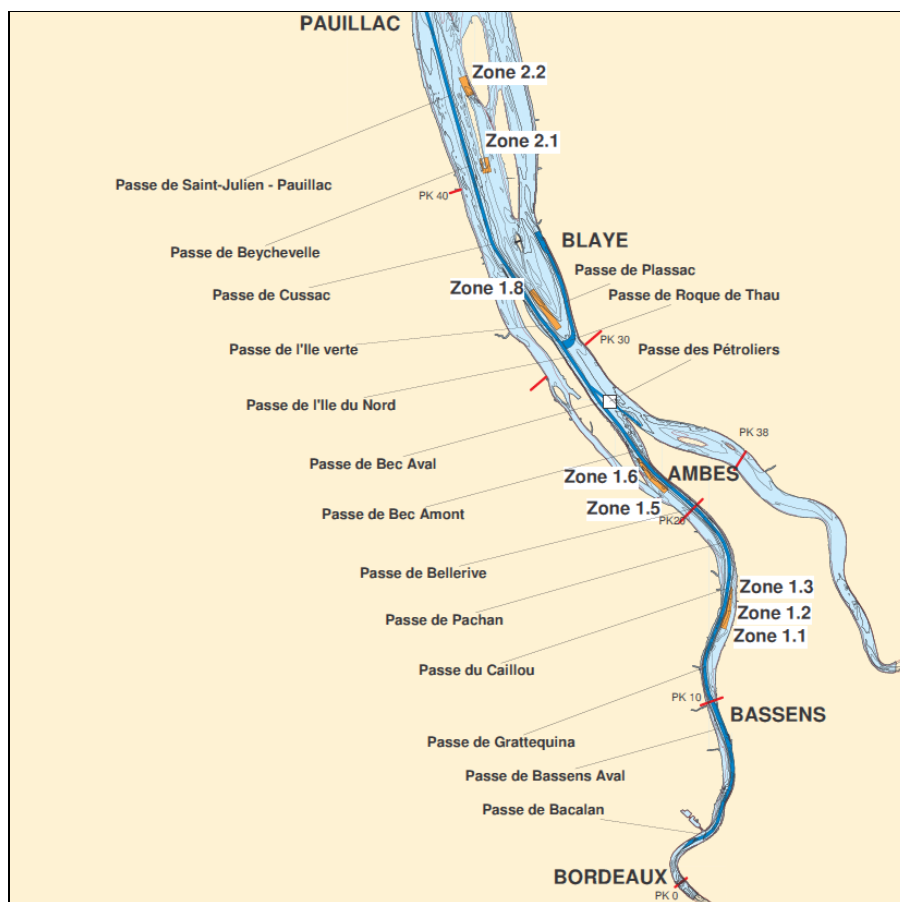
Les enjeux pour le futur plan de gestion se portent sur les zones les plus draguées et les zones les plus contaminées :

- Les zones les plus draguées, et remobilisant la plus grande quantité de sédiments sont décrites au chapitre 4.4.7.
- Les zones draguées présentent une faible contamination ; les concentrations en contaminants sont souvent inférieures aux seuils de détection des laboratoires. Les teneurs mesurées sont le plus souvent inférieures aux seuils N1 et N2 définis par Geode. On observe exceptionnellement quelques dépassements locaux de certains éléments dans la Garonne (Cd, Cu, Hg, Ni et As). Les teneurs en PCB sont très faibles, bien inférieures au niveau N1. Les concentrations en HAP sont inférieures au seuil N1 en 2013 et 2014, à l'exception d'un échantillon anecdotique.

Aucune évolution spatiale ou temporelle n'est observée sur et entre les dernières campagnes annuelles.

Le dragage d'entretien des passes représente un volume moyen annuel de 8,0 millions de m³ ; le dragage d'entretien des accès et des postes concerne un volume moyen annuel de 0,7 millions de m³.





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

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

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

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

Les passes les plus critiques doivent être draguées très régulièrement :

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

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

Au cours des années 2000-2010, des conditions hydrologiques particulières ont conduit à une dynamique de dépôt sédimentaire difficile à anticiper et à prévenir. Pour cette principale raison, en faisant abstraction des conditions sociales difficiles et du vieillissement du matériel, le Port n'a pas été en mesure de planifier les opérations de dragage au cours de cette période ; il a dû solliciter l'intervention d'engins de dragage du parc du GIE Dragages-Port pour supporter l'effort de dragage requis.

L'analyse des données de dragages récentes (période 2011-2014) montre une planification spatio-temporelle plus conforme avec la gestion théorique du service Dragage du GPMB :

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

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

1. pas de clapage de la DAM *Anita Conti* dans la Garonne ; la Maqueline est autorisée à claper dans la Garonne (zones 1.2 et 1.3) ;
2. clapage sur la zone aval la plus proche de la zone draguée (même secteur géographique de l'estuaire).

En pratique, 17 zones de dépôt sont autorisées dans l'estuaire (cf. figures page précédente) ; seuls 4 sites reçoivent près de 80% des volumes dragués : 1.8, 2.4, 3.4 et 3.7, en lien avec les volumes dragués sur les secteurs proches.

Concernant l'état des connaissances actuelles et les besoins pour le futur plan de gestion, les conclusions à l'issue de l'étape 1 sont les suivantes :

- Investigation sur la nature et la qualité des sédiments dragués et immergés :

La réalisation de campagnes de prélèvement sédimentaires spécifiques, corrélées avec des opérations de dragage-immersion, est justifiée, ainsi que des analyses plus complètes sur les échantillons sédimentaires.

Des prélèvements réalisés au cours d'un cycle de dragage (1-zone de dragage avant dragage, 2-puits de drague, 3-zone de dépôt après immersion) permettraient :

- D'analyser la nature et la qualité des sédiments au cours d'une période de dragage (à la différence de la campagne annuelle qui ne correspond pas aux périodes de dragage) ;
- D'étudier les processus géochimiques en jeu au cours d'un cycle de dragage (chargement, transport, vidage).

Investigations proposées dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion des sédiments de dragage				
Thématique	Objectifs	Besoins	Localisation	Fréquence / durée
Qualité des sédiments dragués et immergés	<ul style="list-style-type: none"> - Caractériser la nature des sédiments dragués et état de contamination - Analyser les processus géochimiques au cours des opérations de dragage et d'immersion 	Prélèvements sédimentaires sur la zone de dragage (juste avant dragage), dans le puits, sur la zone de vidage juste après clapage. Analyses physico-chimiques + écotoxicité	Sur les zones les plus draguées : <ul style="list-style-type: none"> - estuaire aval : By ou Goulée ou Richard - estuaire central : Saint-Julien-Pauillac - estuaire amont : Caillou ou Pachan ou Bellerive 	1 fois, à ajuster selon les résultats

L'organisation de la campagne de prélèvement doit être discutée avec le service dragages du GPMB pour synchroniser les prélèvements avec une opération de dragage-immersion.

Les analyses géochimiques doivent être proposées par l'Université de Bordeaux afin d'étudier la potentielle remobilisation de contaminants (passage de la forme particulaire vers la forme dissoute) lors du cycle de dragage.

- Investigations pour la caractérisation des sites d'immersion

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

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

Ces informations seraient utiles pour mieux comprendre et prendre en compte le transport sédimentaire dans le choix des sites d'immersion. Des stations de mesures fixes, fixées sur les fonds pour une période donnée, pourraient apporter ce type d'informations.

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

- Connaissances sur le devenir des sédiments lors des dragages :

Le dragage par aspiration est aujourd'hui bien connu, notamment grâce à de nombreuses campagnes de mesures réalisées à travers le monde. Une question liée aux pratiques du GPMB qui devra être levée concerne la surverse : avec la nouvelle DAM *Anita Conti*, la surverse est-elle pratiquée ? Quel est son intérêt ? Le GPMB peut aisément apporter des éléments d'analyse en relevant dans un registre les renseignements suivants : la durée de la surverse, l'optimisation de la densité en puits au cours de la surverse, le temps de navigation entre le lieu de dragage et le lieu de dépôt.

Le dragage par injection d'eau (DIE) nécessite une connaissance plus locale puisque les effets dépendent du matériau dragué, des conditions hydrodynamiques locales. Les suivis mis en place par le GPMB lors des expérimentations du DIE sur la Gironde renseignent sur les questions hydrosédimentaires liées à cette technique. Ces suivis entrepris par le GPMB sont à l'image de ce qui est fait de mieux en Europe sur cette technique de dragage. Une nouvelle expérimentation est menée par le GPMB en 2015.

- Connaissances sur le devenir des sédiments immergés :

A court-terme :

Geo-Transfert a réalisé en 2012 le suivi, à court terme, des processus physiques associés au clapage du chargement de la DAM Pierre Lefort :

- Les résultats décrivent, dans l'espace, l'extension du panache turbide / nuage turbide suivant le clapage sur la zone de vidage 1.8. L'évolution dans le temps du panache n'est pas étudiée.
- Les différents processus physiques décrits nous semblent confus : phase dynamique / descente en masse, panache turbide et nuage turbide de surface. A noter que les retours d'expérience en Loire ont montré les limites de la méthode et de la technique de l'ADCP dans le suivi du panache. Notamment les 3 premières minutes après le clapage ne peuvent pas faire l'objet de mesures dû aux limitations techniques de l'ADCP.

A moyen-terme :

La modélisation des clapages prévue dans le cadre de cette mission devrait permettre de répondre à un certain nombre de questions sur le devenir des sédiments à moyen-terme : proportion de vases qui revient vers les zones draguées, le temps de retour, temps de résidence dans la colonne d'eau, zones principales de dépôts hors zone de clapage...

A long-terme :

L'analyse morpho-bathymétrique qui sera réalisée en étape 2 à partir des bathymétries sur les zones d'immersion permettra de répondre à la question des processus à long-terme : les sites de dépôt sont-ils stables ou dispersifs ?

En conclusion, les informations existantes et les études et analyses prévues dans le cadre de la mission sont satisfaisantes pour les besoins de l'étude.

SOMMAIRE

SYNTHESE ET CONCLUSIONS	A
1. PRESENTATION DE LA THEMATIQUE	11
2. DONNEES RECENSEES ET BIBLIOGRAPHIE	13
2.1. DONNEES SUR LA NAVIGATION ET LES ACCES NAUTIQUES	13
2.2. DONNEES SUR LES SEDIMENTS DRAGUES	13
2.3. DONNEES SUR LES OPERATIONS DE DRAGAGE ET D'IMMERSION	13
2.4. BIBLIOGRAPHIE	14
3. ENTRETIENS REALISES	15
4. SYNTHESE DES DONNEES – ETAT DES LIEUX	16
4.1. LEXIQUE	16
4.2. NAVIGATION ET MAINTIEN DES ACCES NAUTIQUES	16
4.2.1. TRAFIC PORTUAIRE	16
4.2.2. INSTALLATIONS PORTUAIRES DU GPMB	17
4.2.3. CHENALAGE DES NAVIRES DANS L'ESTUAIRE	19
4.2.4. TIRANTS D'EAU ADMISSIBLES ET COTES OBJECTIF	20
4.3. NATURE ET QUALITE DES SEDIMENTS DRAGUES	22
4.3.1. PRELEVEMENTS	22
4.3.2. ANALYSES	22
4.3.3. NATURE DES SEDIMENTS DRAGUES (2010-2014)	23
4.3.4. CONTAMINANTS METALLIQUES	31
4.3.5. CONTAMINANTS ORGANIQUES	33
4.3.6. BILAN DES ENJEUX	34
4.4. DESCRIPTION DES OPERATIONS DE DRAGAGE	36
4.4.1. CARACTERISTIQUES DES ZONES DRAGUEES	36
4.4.1.1. Cotes d'exploitation objectifs	39
4.4.1.2. Cotes d'exploitation effectives	40
4.4.2. TECHNIQUES DE DRAGAGE (GENERALITES)	43
4.4.2.1. Techniques de dragage mécanique	43
4.4.2.2. Techniques de dragage hydraulique	43
4.4.2.3. Techniques de dragage hydrodynamique	45
4.4.3. METHODES ET MOYENS MIS EN ŒUVRE PAR LE GPMB	47
4.4.4. DRAGUE ASPIRATRICE EN MARCHÉ	48
4.4.4.1. Objectifs	48
4.4.4.2. Engins utilisés	48
4.4.5. DRAGUE MECANIQUE A BENNE	49
4.4.5.1. Objectif	49
4.4.5.2. Engin utilisé	49
4.4.6. DRAGUE A INJECTION D'EAU	50

4.4.6.1. Objectif	50
4.4.6.2. Engin utilisé	50
4.4.7. QUANTITES DRAGUEES	51
4.4.8. ANALYSE DES PRATIQUES ACTUELLES	52
4.4.8.1. Principes théoriques de la stratégie du GPMB	52
4.4.8.2. Etude statistique ADICT (2000-2010) des quantités de sédiments draguées	53
4.4.8.3. Etude complémentaire : tendances récentes (2011-2014) des quantités de sédiments draguées	54
4.4.8.4. Synthèse	58
4.4.9. PRATIQUES A VENIR	60
4.5. DESCRIPTION DES OPERATIONS D'IMMERSION	60
4.5.1. APPROCHE GENERALE	60
4.5.2. ANALYSE STATISTIQUE DES PRATIQUES D'IMMERSION	63
4.5.3. SUIVI DES ZONES D'IMMERSION	63
4.5.3.1. Suivi bathymétrique	63
4.5.3.2. Suivi environnemental	64
5. VALIDITE DES DONNEES ET JUSTIFICATION CONCERNANT L'ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES	65
5.1. VALIDITE DES DONNEES	65
5.1.1. DONNEES DE CONNAISSANCE	65
5.1.1.1. Nature et qualité des sédiments dragués	65
5.1.1.2. Caractérisation des zones draguées et des zones de dépôt	65
5.1.2. PRATIQUES DU GPMB	65
5.1.2.1. Les dragages	65
5.1.2.2. Les immersions	66
5.2. JUSTIFICATION CONCERNANT L'ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES	67
5.2.1. SUR LA NATURE ET LA QUALITE DES SEDIMENTS DRAGUES ET IMMERGES	67
5.2.2. SUR LA CARACTERISATION DES SITES D'IMMERSION	67
5.2.3. SUR LE DEVENIR DES SEDIMENTS LORS DES DRAGAGES	67
5.2.4. SYNTHESE DES INVESTIGATIONS PROPOSEES	68
ANNEXE 1 : TABLEAUX DE SYNTHESE D'ANALYSE DE LA QUALITE DES SEDIMENTS – ANNEES 2010 A 2014	69

TABLEAUX

Tableau 1 – Synthèse des résultats d'analyses en contaminants métalliques par rapport aux seuils N1 et N2. Années 2010 à 2014.....	32
Tableau 2 – Zones draguées par le GPMB au niveau des chenaux de navigation.	37
Tableau 3 – Cotes d'exploitation théoriques visées par le GPMB (sous le 0 étiage).	40
Tableau 4 - Programme théorique de dragage d'entretien sur une année	53
Tableau 5 – Stratégie générale du GPMB et volumes moyens mensuels dragués sur la période récente (2011-2014)	59
Tableau 6 – Détail des levés disponibles sur les zones de vidage.	63
Tableau 7 – Investigations proposées dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion des sédiments de dragage.....	68

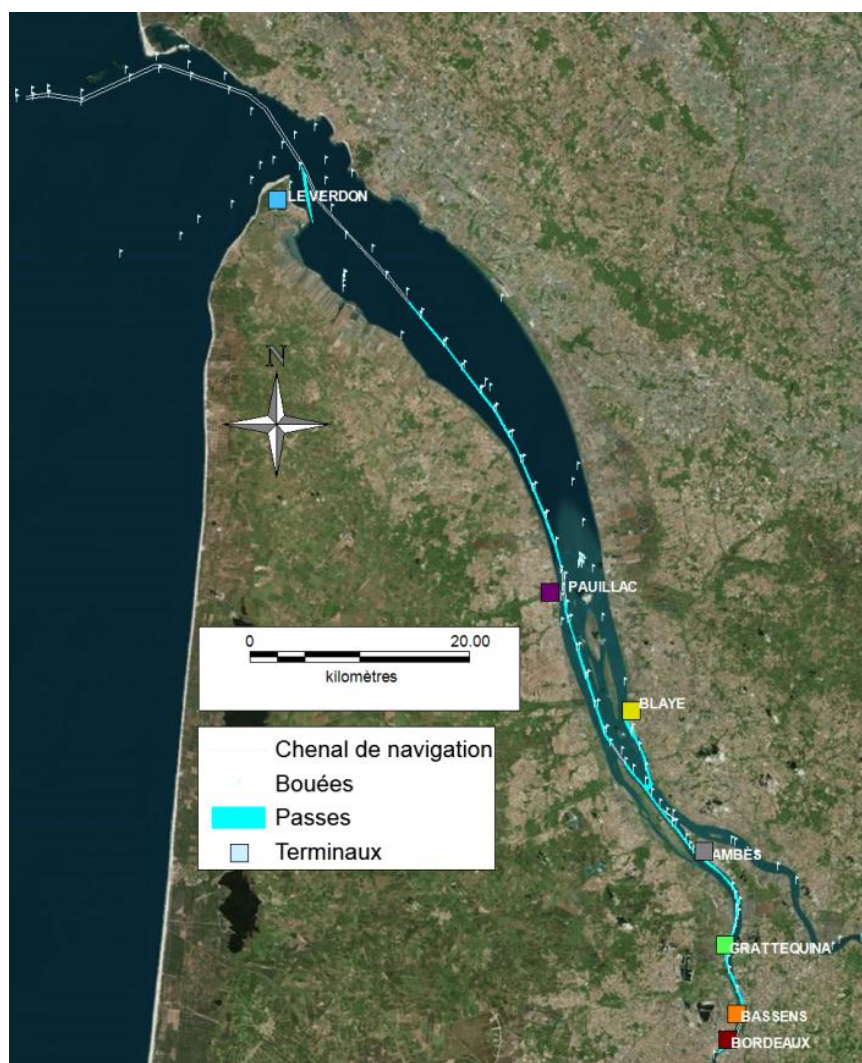
FIGURES

Figure 1. Trafic de marchandises des ports français en 2012 (source : Bilan annuel des ports et des voies navigables – Résultats 2012 – Juin 2013).....	17
Figure 2. Terminaux du Grand Port Maritime de Bordeaux (source : GPMB)	18
Figure 3. Répartition des escales des navires par terminal, en 2014 (source : GPMB)	18
Figure 4. Chenal et passes de navigation (source : Artelia, d'après BD GPMB).....	19
Figure 5. Trafic du Port de Bordeaux en temps réel – 13/05/2015 (source : GPMB)	20
Figure 6. Plan d'échantillonnage 2010 (source : GPMB).	23
Figure 7. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2010.	24
Figure 8. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2010.	25
Figure 9. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2011.	26
Figure 10. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2011.	27
Figure 11. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2012.	28
Figure 12. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2012.	28
Figure 13. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2013.	29
Figure 14. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2013.	29
Figure 15. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2014.	30
Figure 16. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2014.	30
Figure 17. Fréquence de suivi bathymétrique des passes par le service hydrographique du GPMB.	41
Figure 18. Cote d'exploitation des passes, définie chaque mois. Analyse des données mensuelles sur l'année 2014.	42
Figure 19. Evolution mensuelle de la cote d'exploitation sur les passes de Bassens, Caillou, Pauillac et Richard. (1-janvier, ..., 12-décembre).	42
Figure 20. Principe de fonctionnement d'une drague à benne (US ARMY).....	43
Figure 21. Vue d'artiste du fonctionnement d'une drague aspiratrice stationnaire (US ARMY, à gauche) et DAS André Legendre du GPMNSN (à droite)	44
Figure 22. Drague en Marche (US ARMY - à gauche) et tête d'élinde de la DAM Samuel de Champlain (à droite).....	44
Figure 23. La drague à agitation « Neptune » (source : terra et aqua), et la drague « Side Cast Merrit » (US Army)	45
Figure 24. Modélisation physique du courant de densité par Delft Hydraulics	46
Figure 25. Phases du dragage à injection	46

Figure 26. Forces s'exerçant sur le courant de densité (d'après Meyer, 2000)	47
Figure 27. Répartition globale des engins de dragage employés (% volume dragué). Source : Adict, 2012..	47
Figure 28. Photos de l'Anita Conti (gauche) et de la Pierre Lefort (droite). Source : marine-marchande.net	49
Figure 29. Photo de La Maqueline. Source : marine-marchande.net	50
Figure 30. Drague JETSED (société Sodranord), dans l'estuaire de la Gironde (Ginger, 2010).....	51
Figure 31. Volumes dragués dans le chenal de navigation depuis 2000, par secteur.....	51
Figure 32. Volume moyen dragué annuellement par passe (période 2000-2013).....	52
Figure 33. Volume moyen dragué, par mois, par site (Pierre Lefort et Anita Conti 2011-2014)	54
Figure 34. Effort de dragage (volume moyen mensuel) sur l'estuaire (Pierre Lefort et Anita Conti 2011-2014)	55
Figure 35. Volume moyen dragué, par mois, par site (La Maqueline 2012-2014)	55
Figure 36. Effort de dragage (volume moyen mensuel) sur l'estuaire (La Maqueline 2012-2014).....	56
Figure 37. Répartition en volumes (en haut) et statistiques (en bas) des dragages par aspiration sur les secteurs de l'estuaire (2011-2014)	57
Figure 38. Répartition en volumes (en haut) et statistiques (en bas) des dragages par mécaniques sur les secteurs de l'estuaire (2011-2014)	58
Figure 39. Localisation des zones d'immersions (source : GPMB).....	61
Figure 40. Volume moyen annuel immergé par zone de vidage de 2000 à 2013	62

1. PRESENTATION DE LA THEMATIQUE

Les différents navires fréquentant les terminaux du Grand Port Maritime de Bordeaux (GPMB) remontent l'estuaire de la Gironde par le chenal de navigation, situé en rive gauche. Le chenal présente une longueur d'environ 130 km entre la passe d'entrée et le terminal portuaire de Bordeaux.



La profondeur du chenal de navigation est liée aux tirants d'eau des navires : 10,30 m de tirant admissible à Bassens, 10,40 m à Ambès et 9,50 m au Verdon.

Le GPMB doit garantir aux navires un accès sécurisé jusqu'aux installations portuaires. Or la navigation peut être gênée par des dépôts de vases ou de sables. Les profondeurs sont donc entretenues par des opérations de dragage d'entretien.

Aujourd'hui une vingtaine de seuils et passes est altérée par des mécanismes d'envasement ou d'ensablement. Dans ces secteurs, les sédiments sont dragués et immergés sur des sites prévus à cet effet, dans l'estuaire de la Gironde.

Le volume moyen annuel dragué et clapé sur la période 2000-2013 est de 8,7 millions de m³.

Cette activité se déroule au sein d'un estuaire dynamique (processus hydrodynamiques et hydrosédimentaires, processus physico-chimiques et biogéochimiques) et vivant (peuplements benthiques, de poissons).

L'objectif du plan de gestion est dans un premier temps d'identifier les enjeux sur l'estuaire, cerner les problématiques en liens directs ou indirects avec la gestion des sédiments dragués dans l'estuaire. Dans un deuxième temps, une analyse des pratiques actuelles du GPMB doit permettre de cibler les pistes d'optimisation, dans le champ des possibles d'un point de vue opérationnel et économique. Enfin, en tant qu'action du SAGE, les propositions de gestion doivent permettre de répondre aux enjeux environnementaux, économiques et de concilier les différents usages.

2. DONNEES RECENSEES ET BIBLIOGRAPHIE

2.1. DONNEES SUR LA NAVIGATION ET LES ACCES NAUTIQUES

<http://www.bordeaux-port.fr>

Les données relatives au trafic (navires et marchandises) ont été fournies par les services du Grand Port Maritime de Bordeaux. Les informations relatives aux cotes nominales des passes, aux caractéristiques techniques des dragues nous ont été communiquées par le GPMB.

Les informations concernant le chenalage dans l'estuaire sont issues du dossier d'autorisation de 2002 et du site internet des pilotes de l'estuaire. Les tirants d'eau admissibles ont été mis à jour suite à l'entretien avec M. Charon, chef du département de l'hydrographie et des dragages du GPMB (entretien le 9 avril 2015).

2.2. DONNEES SUR LES SEDIMENTS DRAGUES

Dans le cadre de l'application de cet arrêté préfectoral autorisant les opérations d'immersion, le GPMB organise un suivi annuel de la qualité des sédiments du chenal tout au long de l'estuaire de la Gironde. L'objectif de ce suivi est de qualifier la qualité physico-chimique des sédiments dragués tout au long de l'estuaire.

Le suivi repose sur une quarantaine d'échantillons sédimentaires constitués sur les zones de dragage (passes et postes).

La qualité des sédiments est ensuite analysée en laboratoire. Les paramètres analysés sont conformes au référentiel d'analyse de la qualité des sédiments basé sur l'arrêté interministériel du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuarien présents en milieu naturel ou portuaire, modifié par les arrêtés du 9 août 2006, du 23 décembre 2009 et du 8 février 2013.

Le GPMB nous a transmis les résultats des années 2010 à 2014, sous différents formats.

2.3. DONNEES SUR LES OPERATIONS DE DRAGAGE ET D'IMMERSION

Les différentes données sur les opérations de dragage et d'immersion ont été fournies par le GPMB.

- Les dossiers réalisés dans le cadre des procédures réglementaires (autorisation, étude d'impact, Natura 2000) :
 - Dossier de demande d'autorisation concernant les dragages d'entretien du chenal et des ouvrages portuaires ainsi que l'amélioration du chenal, 2004.
 - Dossier de demande d'autorisation concernant les travaux de rectification de la passe d'entrée en Gironde, 2013.
- Les rapports relatifs aux suivis des expérimentations de dragage par injection d'eau dans l'estuaire (2009, 2010 et 2011).
- L'étude de Géo-Transfert sur la mesure de l'extension spatio-temporelle à court terme du nuage turbide généré par une opération de dragage et d'immersion.
- Les rapports relatifs aux suivis de dragages (données de 2007 à 2013).
- Les rapports mensuels d'exploitation des moyens de dragage sur la période 2012 à 2015.
- Les fichiers bruts (Excel) :

- Volumes dragués unitaires (puits de dragage), par moyen de dragage du GPMB (Anita Conti, Pierre Lefort et La Maqueline) pour les années 2011 à 2014. Ne sont pas inclus les volumes dragués par les dragues du GIE Dragages-Ports ou les dragues privées, transmis sous un autre format ;
- Volumes dragués annuellement, par passe, et par installation portuaire (2000 à 2013) ;
- Volumes clapés annuellement, par zone d'immersion, sur la période 2000-2013.

Lors de l'analyse des documents, certaines lacunes ont été identifiées. Dans ce cas, une demande complémentaire a été faite auprès du GPMB pour récupérer les données manquantes.

Dans le cadre d'une réflexion sur la gestion des sédiments dragués dans l'estuaire, une évaluation statistique des données concernant la quantité des sédiments dragués entre 2000 et 2010 a été menée par ADICT. Cette étude s'est attachée à décrire les données, rechercher les relations entre les variables, identifier les tendances temporelles et spatiales.

Les données brutes récentes (depuis 2010) transmises sous format Excel ont pu être analysées en complément du travail réalisé par ADICT sur les données antérieures ; pour cela les données ont été mises en forme et traitées.

2.4. BIBLIOGRAPHIE

ADICT, 2012. Evaluation statistique des données concernant la quantité de sédiments draguée dans l'estuaire de la Gironde de 2000 à 2010.

Port Autonome de Bordeaux. *Demande d'autorisation pour l'entretien du chenal et des ouvrages portuaires et pour l'amélioration du chenal*. 2004.

Geo-transfert, 2012. Mesure de l'extension spatio-temporelle à court terme du nuage turbide généré par une opération de dragage et d'immersion – echRapport de Mission et bilan des données ADCP.

Ginger, 2010. Suivi de l'incidence de la technique de remobilisation des sédiments par injection d'eau. Essai 2009. Pour le Grand Port Maritime de Bordeaux.

Ginger, 2010. Suivi environnemental des travaux de dragage du bassin à flot n°1. Pour le Grand Port Maritime de Bordeaux.

Ginger, 2010. Dossier de déclaration préalable aux essais 2010. Expérimentation de la technique de remobilisation des sédiments par injection d'eau en Gironde. Pour le Grand Port Maritime de Bordeaux.

Ginger, 2011. Suivi de l'incidence de la technique de remobilisation des sédiments par injection d'eau. Essai 2011. Pour le Grand Port Maritime de Bordeaux.

Grand Port Maritime de Bordeaux. 2012. Demande d'autorisation pour les travaux de rectification de la passe d'entrée en Gironde. Mai 2012.

Grand Port Maritime de Bordeaux, 2009. Travaux de dragage du bassin à flot n°1 à Bacalan. Rapport de suivi de l'opération.

Grand Port Maritime de Bordeaux. Politique d'entretien du chenal de navigation en Gironde.

3. ENTRETIENS REALISES

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

- MM. A Fort et H. Charon, respectivement chargé du pôle Etudes au Département de l'Environnement et chef du Département de l'Hydrographie et des Dragages, Grand Port Maritime de Bordeaux. 52 Quai de Bacalan. CS 41320 - 33082 Bordeaux CEDEX FRANCE, le 9 avril 2015 au Port de Bordeaux.

4. SYNTHESE DES DONNEES – ETAT DES LIEUX

4.1. LEXIQUE

Chenalage : navigation dans le chenal depuis la bouée BXA située au large de l'embouchure jusqu'à l'approche du quai.

Cote d'exploitation : la cote d'exploitation représente, pour une passe donnée, la cote minimum (hauteur d'eau située au-dessous du zéro de l'étiage du lieu) que l'on est certain de rencontrer sur toute la passe. Cette cote est définie mensuellement par une commission réunissant les pilotes de la Gironde et les représentants du Port de Bordeaux.

Passe : correspond au découpage du chenal de navigation en tronçon / secteur.

Tirant d'eau : hauteur mesurée depuis la ligne de flottaison du navire jusqu'au point le plus bas de la carène.

4.2. NAVIGATION ET MAINTIEN DES ACCES NAUTIQUES

Pour rappel, l'objectif visé par le SAGE est de garantir les conditions d'une navigation dans l'estuaire, en intégrant au mieux les enjeux de préservation des écosystèmes. Le SAGE réaffirme également l'importance du maintien des conditions de navigation commerciale dans le chenal qui représente un support majeur des activités économiques locales.

L'essentiel de la navigation dans l'estuaire est lié au trafic portuaire maritime (1 700 navires de commerce en 2014) pour desservir les terminaux portuaires du GPMB.

4.2.1. Trafic portuaire

Le Port de Bordeaux est le 7^{ème} Grand Port Maritime français (Figure 1). Le trafic (tonnage) du GPMB est en moyenne de 8,5 millions de tonnes par an. Les importations sont majoritaires (73%) sur les exportations (27%).

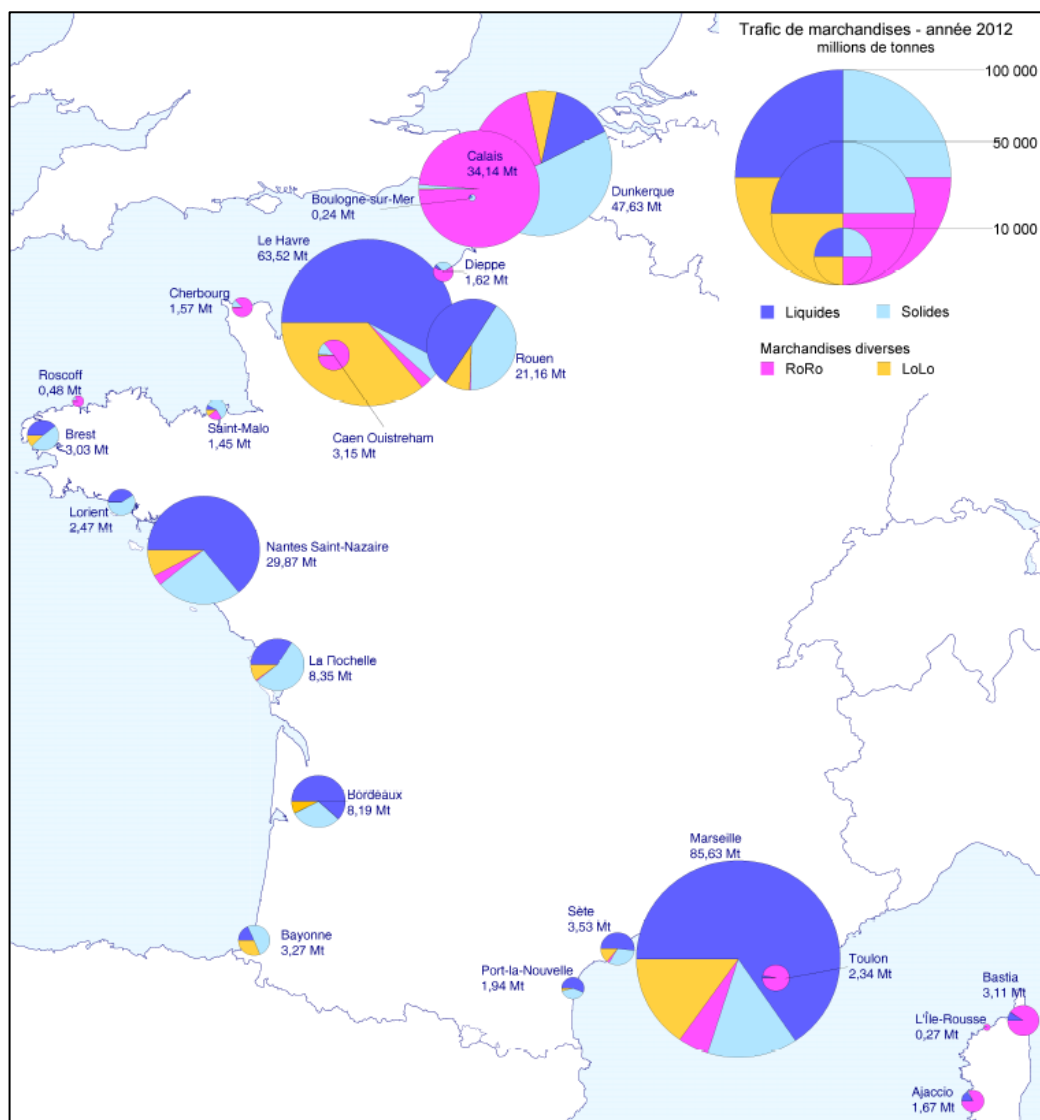


Figure 1. Trafic de marchandises des ports français en 2012 (source : Bilan annuel des ports et des voies navigables – Résultats 2012 – Juin 2013)

4.2.2. Installations portuaires du GPMB

Le Grand Port Maritime de Bordeaux dispose de 7 terminaux portuaires spécialisés (Figure 2) :

- Terminal portuaire de Bordeaux : navires de croisière ;
- Terminal portuaire de Bassens : multi-frac, céréales, conteneurs, produits forestiers, colis lourds, liquides en vrac (huiles, biocarburants, chimie) et engrais ;
- Terminal portuaire de Grattequina : colis lourds et granulats ;
- Terminal portuaire d'Ambès : pétrochimie ;
- Terminal portuaire de Blaye : céréales, vracs liquides et colis lourds (centrale EDF) ;
- Terminal portuaire de Pauillac : logistique Airbus et hydrocarbures ;
- Terminal portuaire du Verdon : conteneurs, granulats et escales croisières.

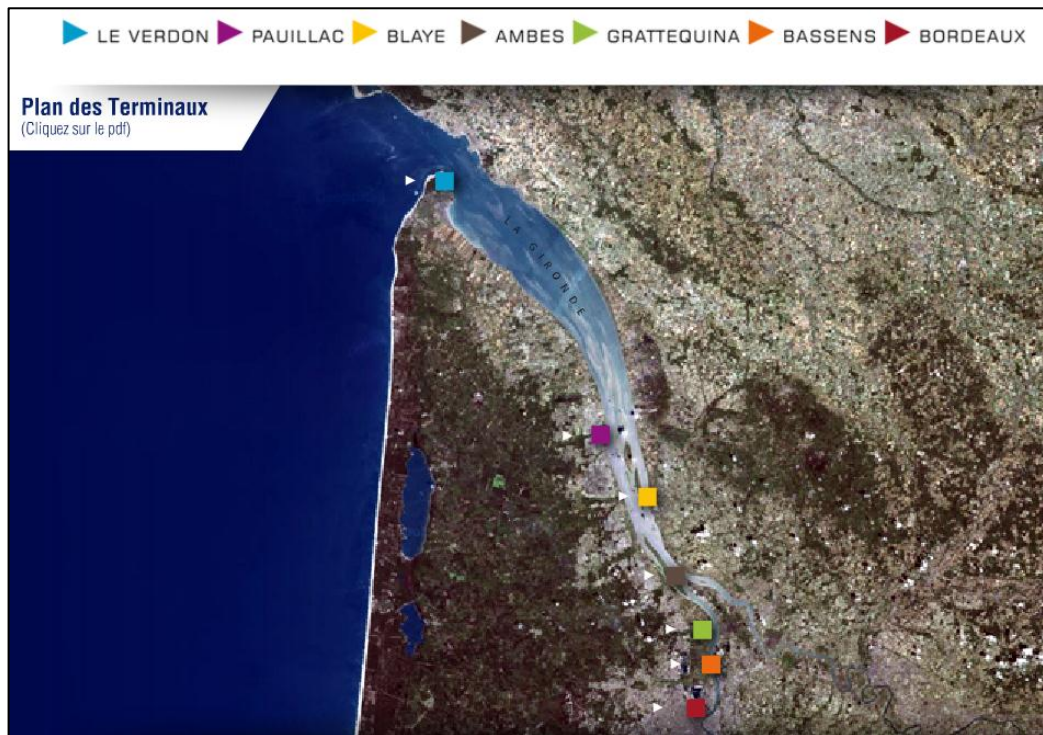


Figure 2. Terminaux du Grand Port Maritime de Bordeaux (source : GPMB)

Ambès et Bassens accueille la majorité du trafic global, respectivement 47% et 40% en tonnage. Pauillac accueille 6%, suivi par les autres terminaux.

En nombre d'escales, c'est Bassens, suivi par Ambès et Pauillac qui accueille le plus de navires.

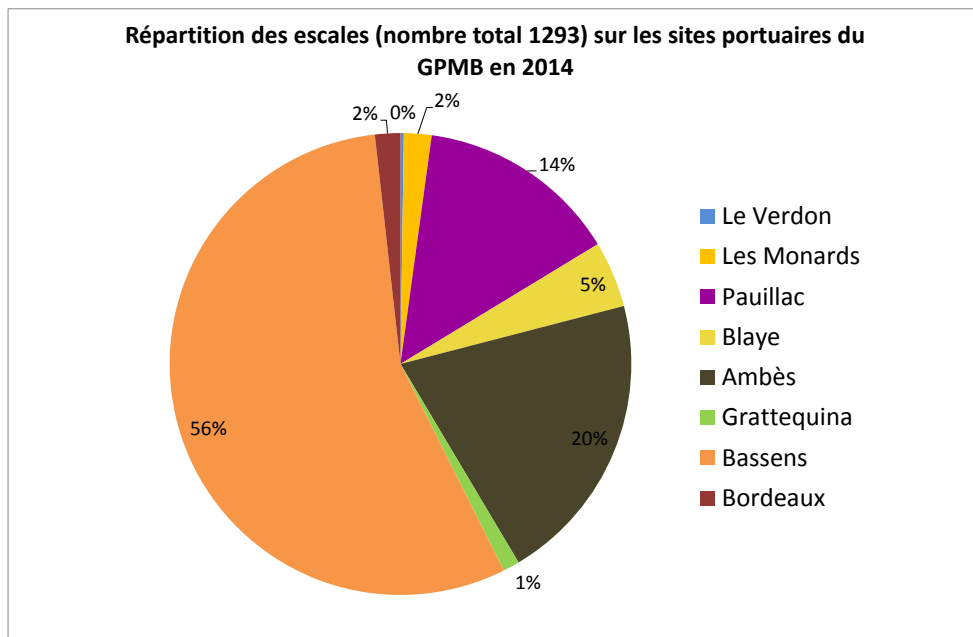


Figure 3. Répartition des escales des navires par terminal, en 2014 (source : GPMB)

4.2.3. Chenalage des navires dans l'estuaire

Pour relier la haute mer aux terminaux portuaires localisés jusqu'à une centaine de kilomètres en amont de l'estuaire, le chenal de navigation est un élément vital.

Il présente un linéaire de 130 km entre Bordeaux en amont et la passe d'entrée en Gironde, située à une trentaine de kilomètres au large du Verdon.

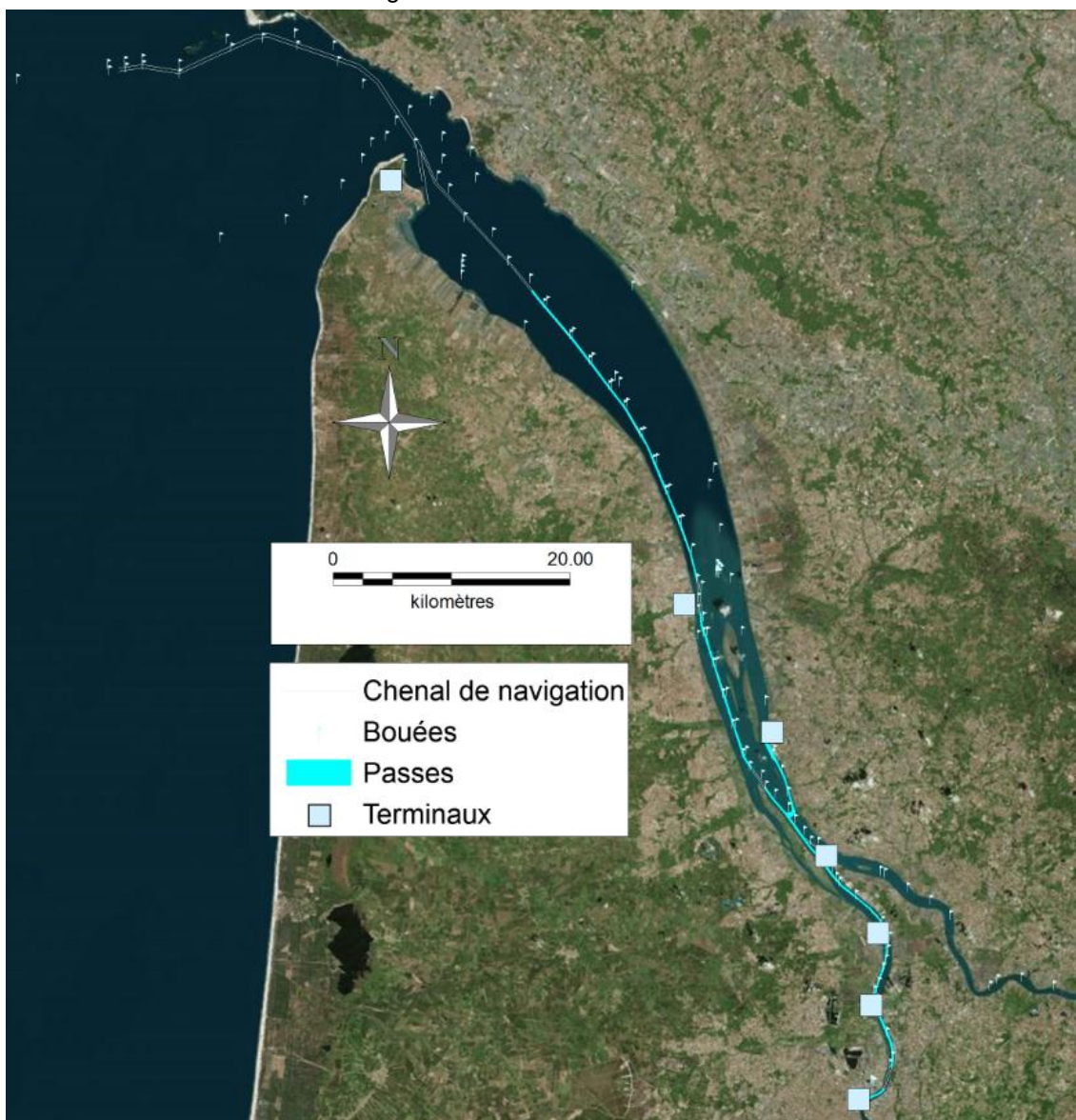


Figure 4. Chenal et passes de navigation (source : Artelia, d'après BD GPMB)

Le chenalage des navires pour l'accès aux installations portuaires de Bassens, d'Ambès et de Blaye est programmé en concertation avec les pilotes de la Gironde car il s'effectue en exploitant au mieux les hauteurs d'eau offertes par la marée :

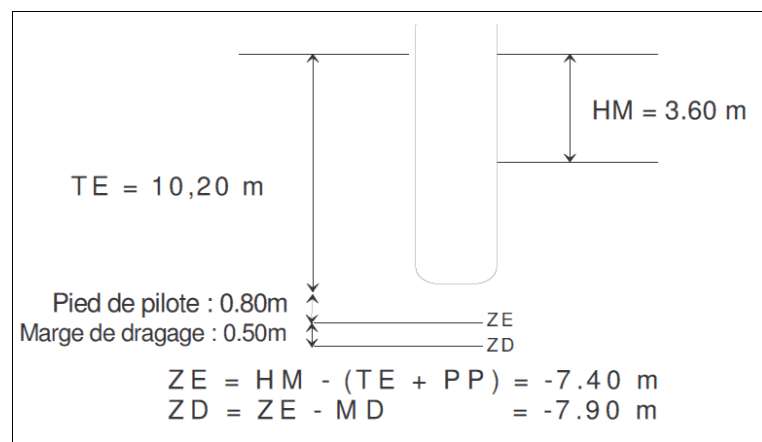
- A la montée, le navire chenale en phase avec la propagation de l'onde de marée qui remonte dans l'estuaire ; de cette manière il profite de la hauteur d'eau maximale engendrée par la marée. Il parvient au terminal où il doit se rendre aux environs de la pleine-mer du lieu.
- Pour la descente, le départ depuis les installations portuaires amont s'effectue avant la pleine-mer du site, puis le navire rencontre la pleine-mer dans la zone des passes centrales

Les dragages pour l'entretien des fonds sont réalisés à des cotes plus profondes que les cotes d'exploitation. Pour déterminer la cote de dragage (ZD), une marge de dragage est ajoutée à la cote d'exploitation. Cette marge (sur-profondeur) correspond à la hauteur prévisible de dépôt sédimentaire survenant entre 2 campagnes de dragage.

Prenons un exemple théorique, pour déterminer les cotes d'exploitation et de dragage sur la passe de Pauillac, que doit franchir un navire avec un tirant d'eau de 10,20 m, se rendant au terminal d'Ambès.

La cote d'exploitation (ZE) bénéficie de 3,60 m de hauteur d'eau, et doit admettre un tirant d'eau (TE) de 10,20 m auquel s'ajoute un pied de pilote (PP) de 0,80m. La cote d'exploitation doit donc être de -7,40 m.

Avec une marge de dragage fixée à 0,5 m selon les connaissances de la dynamique sédimentaire à Pauillac, la cote de dragage objectif pour les dragues est de -7,90 m.



A noter que le référentiel utilisé par le GPMB est le 0 étiage, qui correspond à la ligne d'étiage dans l'estuaire de la Gironde. Les niveaux d'eau et les cotes d'exploitation sont toujours exprimés dans ce référentiel.

4.3. NATURE ET QUALITE DES SEDIMENTS DRAGUES

Dans le cadre de son autorisation, le GPMB doit analyser annuellement la qualité géochimique des sédiments dragués. Les résultats bruts du suivi de 2010 à 2014 nous ont été transmis par le GPMB. Nous présentons ici ces résultats.

4.3.1. Prélèvements

Le suivi repose sur une campagne de prélèvement annuelle (conformément à l'arrêté préfectoral). Pour cette raison, il n'est pas possible de réaliser une analyse saisonnière (potentielles évolutions au cours de l'année), ni un croisement avec les périodes de dragage.

Une quarantaine de stations de prélèvement réparties le long de l'estuaire à travers toutes les zones draguées (Figure 6). Le plan d'échantillonnage est le même chaque année, avec 1 ou 2 échantillons par passe, cela dépend des années.

Les prélèvements sont réalisés par une société spécialisée mandatée par le GPMB. Ils sont réalisés depuis un moyen nautique à l'aide d'une benne à sédiment. Conformément à la réglementation, 3 prélèvements sont réalisés sur chaque zone afin de constituer un échantillon moyen qui sera analysé.

4.3.2. Analyses

Les échantillons sont envoyés dans des laboratoires accrédités et agréés.

Les paramètres analysés sont conformes au référentiel d'analyse de la qualité des sédiments. Celui-ci est basé sur l'arrêté interministériel du 14 juin 2000 relatif aux niveaux de référence à prendre en compte lors d'une analyse de sédiments marins ou estuarien présents en milieu naturel ou portuaire, modifié par les arrêtés du 9 août 2006, du 23 décembre 2009, du 8 février 2013 et du 17 juillet 2014.

Dans le cas d'opérations de dragage et de rejet en milieu marin, les résultats des analyses doivent être comparés aux seuils de référence N1 et N2 définis par GEODE. Ces niveaux sont pris en compte dans la détermination des procédures réglementaires au titre du Code de l'Environnement. Ces valeurs sont définies les arrêtés cités précédemment. Elles sont présentées dans les paragraphes suivants, avec les résultats.

A noter que certains seuils ont été définis en 2013 (HAP) et 2014 (PCB et TBT) ; aussi, pour les analyses réalisées antérieurement, certains seuils de détection des laboratoires étaient supérieurs à ces niveaux définis récemment.

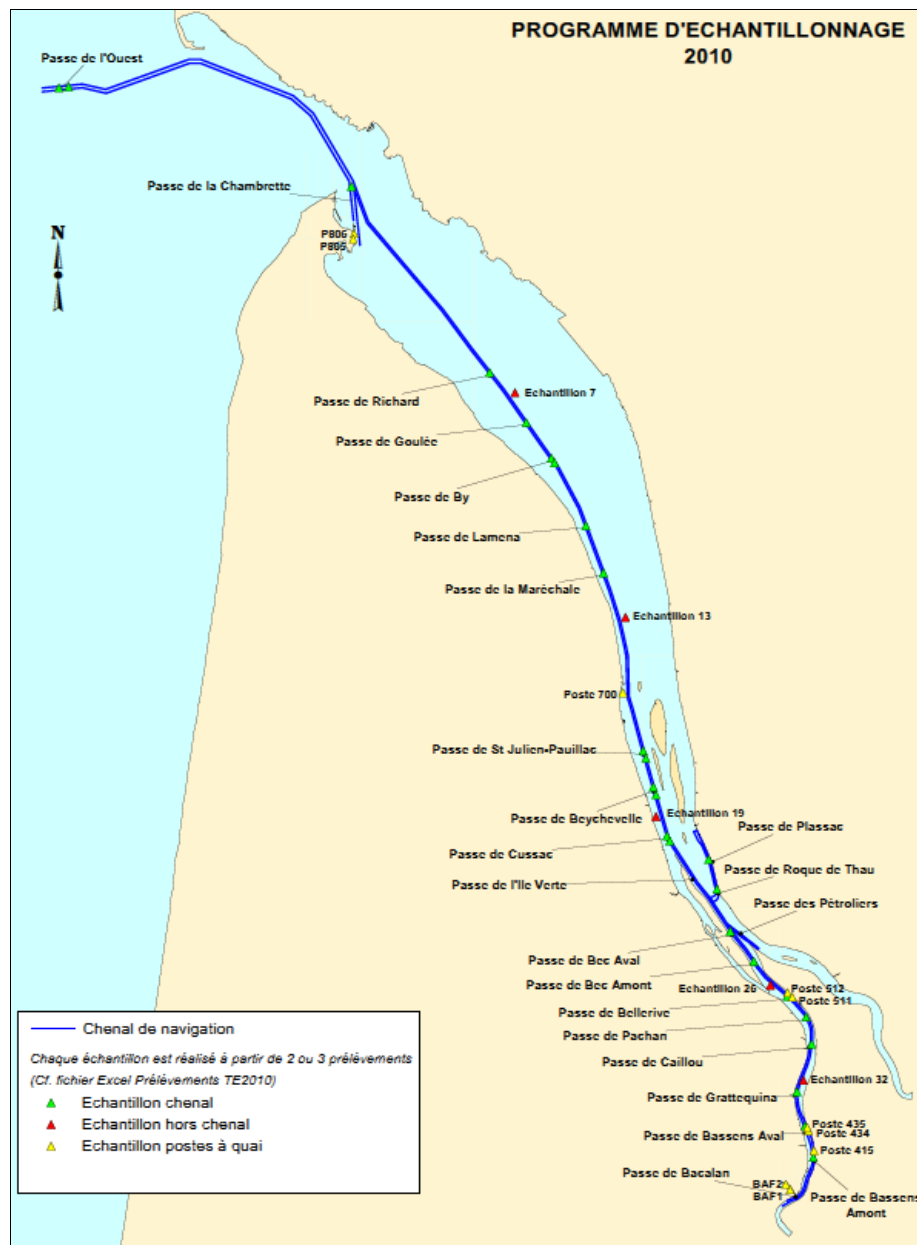


Figure 6. Plan d'échantillonnage 2010 (source : GPMB).

Liste des abréviations :

- Passe de l'Ouest : PW
- Passes de Saint-Julien et de Pauillac : SJP
- Bassins à flot : BAF

4.3.3. Nature des sédiments dragués (2010-2014)

Nous présentons premièrement les résultats sur la nature des sédiments prélevés. Cela est important pour la raison suivante : la variabilité naturelle de la composition des sédiments (granulométrie, matière organique et minéralogie) influence les teneurs en contaminants.

Pour la plupart, les substances naturelles et anthropogènes (métaux et contaminants organiques) ont beaucoup plus d'affinités avec les particules fines qu'avec la fraction grossière. Dans la fraction fine, les constituants tels que la matière organique et les minéraux argileux contribuent à l'affinité avec les contaminants. Les argiles qui ont la particularité de fixer les métaux dissous dans l'eau.

Afin de pouvoir comparer les résultats entre échantillons et inter-annuels, les teneurs en contaminants doivent être normalisées ; cette normalisation peut être effectuée :

- En précisant la fraction granulométrique (< 2 µm (argiles), < 63 µm) ;
- En précisant la teneur en Aluminium, car cet élément est présent en fortes proportions dans les argiles ; il est un bon indicateur de ces minéraux capables de fixer les contaminants métalliques.

Nous présentons donc les facteurs précédents, qui caractérisent les échantillons prélevés sur les passes entre 2010 et 2014, et influencent leurs teneurs en contaminants.

Année 2010

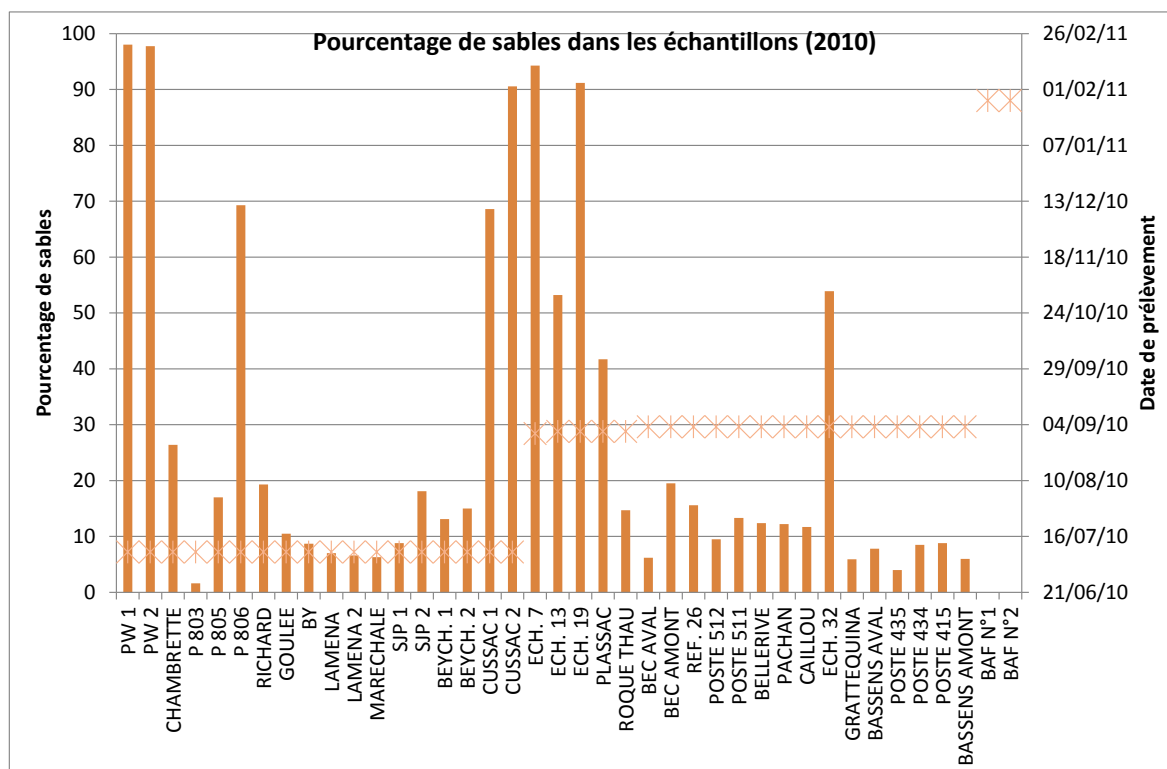


Figure 7. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2010.

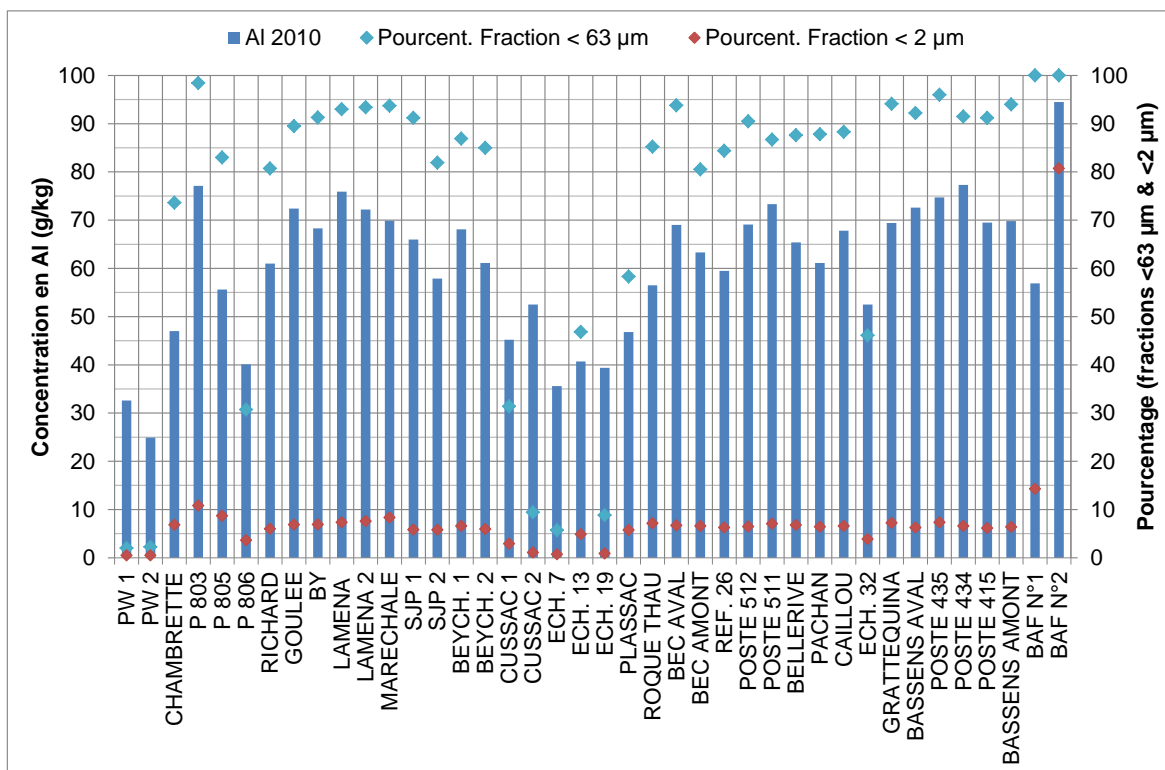


Figure 8. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2010.

En 2010, les sédiments sableux sont localisés sur les zones de prélèvements suivantes : passe ouest, P.806 (Verdon), Cussac et Plassac.

Sur les autres passes (zones draguées), les sédiments sont vaseux, avec une faible proportion de sables (entre 5 et 15%). Les échantillons prélevés dans les bassins à flot sont strictement vaseux. Les analyses effectuées les années suivantes montrent une répartition similaire.

De fortes concentrations en Aluminium (60 g/kg) sont présentes dans les échantillons du chenal de navigation à l'intérieur de l'estuaire.

2011

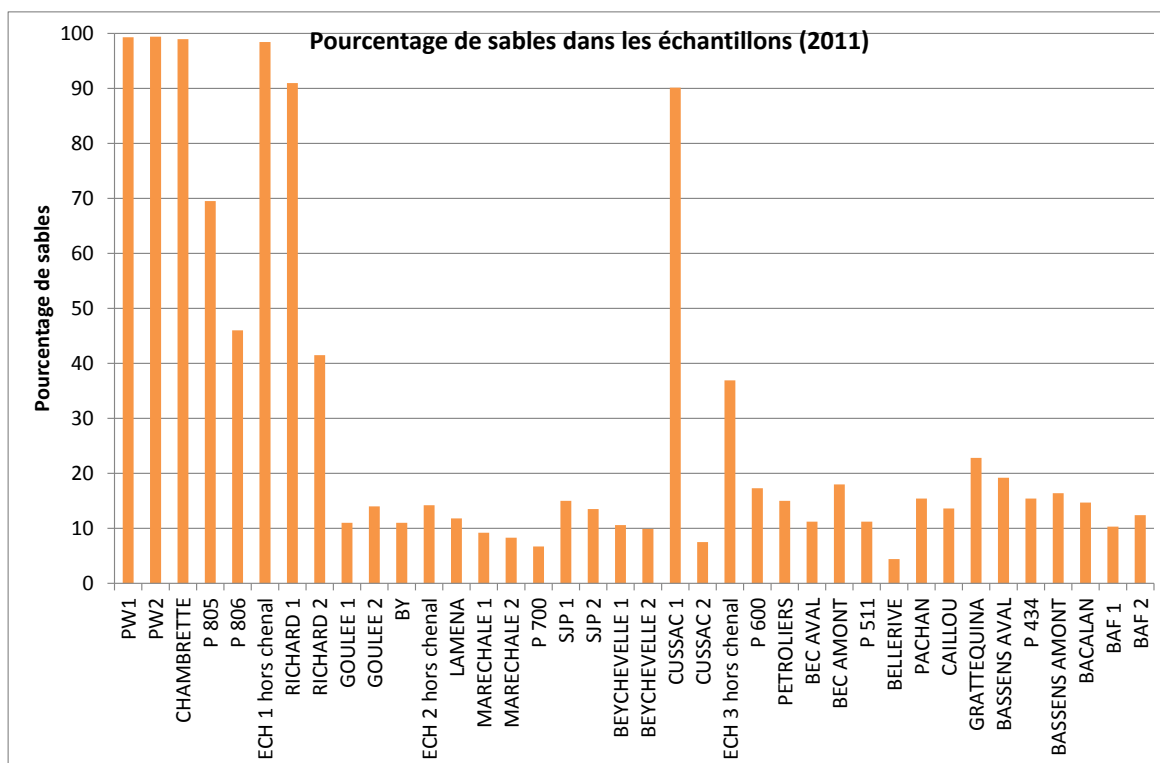


Figure 9. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2011.

En 2011, les sédiments sableux sont localisés sur les zones de prélèvements suivantes : passe ouest, passe de la Chambrette, P.805 et P.806 (Verdon), Richard et Cussac (un échantillon sur les deux). On note donc une évolution entre 2010 et 2011 sur les passes de Chambrette et Richard (peu sableuses en 2010).

Sur les autres passes (zones draguées), les sédiments sont vaseux, avec une faible proportion de sables (entre 5 et 20%), comme en 2010. Les vases sont composées entre 5 et 10% d'argiles.

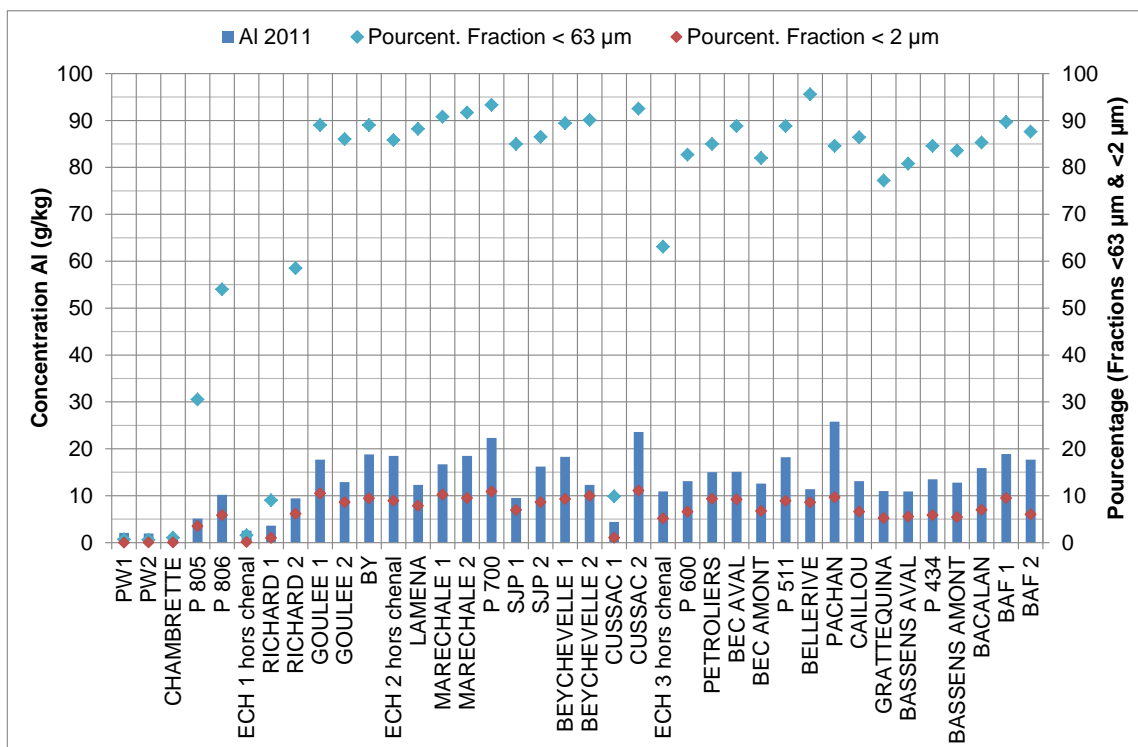


Figure 10. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2011.

2012

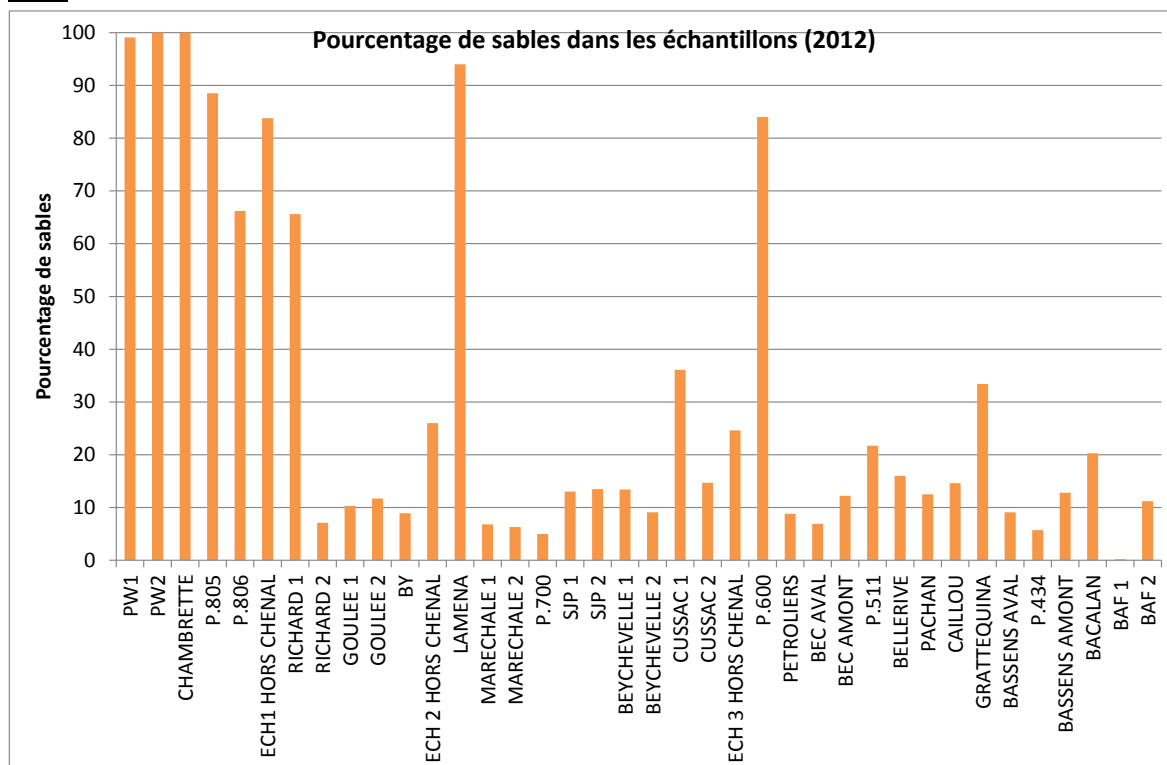
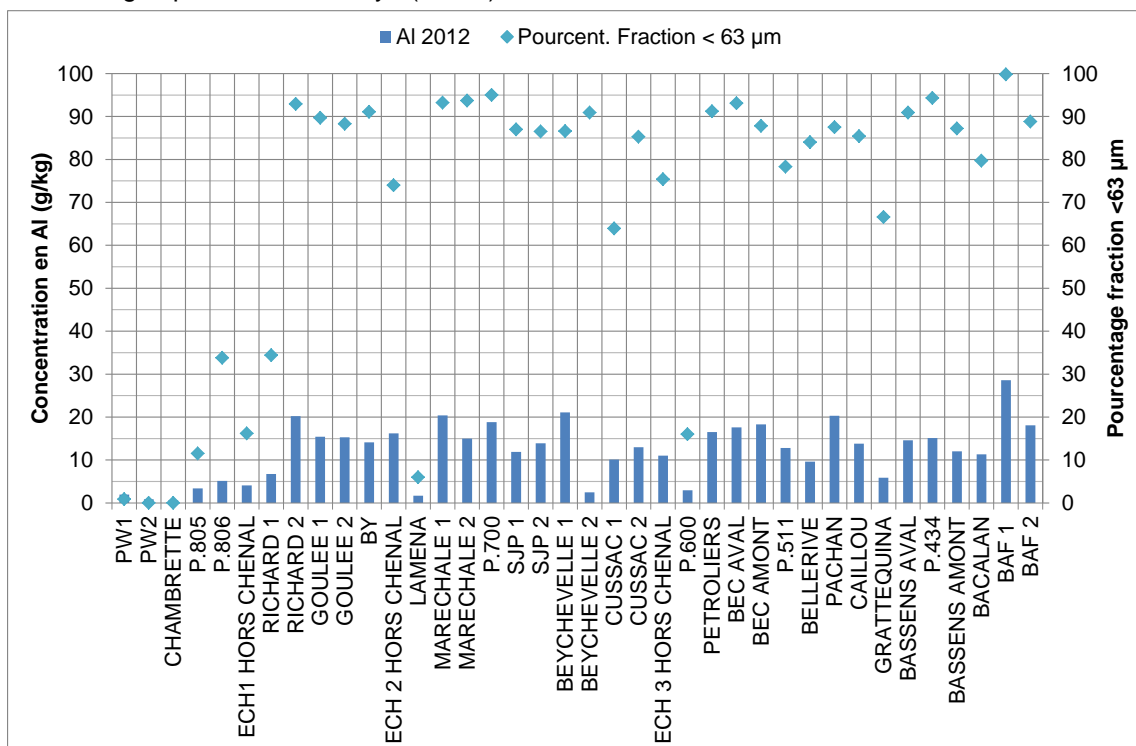


Figure 11. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2012.

En 2012, comme les années précédentes, les sédiments sableux sont localisés à l'embouchure et à l'aval de l'estuaire : passe ouest, passe de la Chambrette, postes du Verdon et Richard 1 et Cussac (un échantillon sur les deux).

La passe de Cussac présente toujours une part de sables importante. On note également, à la différence des années précédentes, un échantillon sableux sur la passe de Laména et au niveau des ouvrages portuaires de Blaye (P 600).

**Figure 12. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2012.**

Le pourcentage d'argiles n'a pas été analysé mais la concentration en Aluminium, métal présent en fortes proportions dans les argiles, est un bon indicateur de ces minéraux.

Tout comme en 2011, les concentrations en Aluminium en 2012 sont comprises entre 10 et 20 g/kg.

2013

En 2013, les prélèvements ont été réalisés au mois de décembre.

Les sédiments sableux sont localisés à l'aval de l'estuaire : passe de la Chambrette et postes du Verdon

Tout comme en 2012, les passes de Laména, Cussac et les ouvrages portuaires de Blaye sont caractérisés par des sédiments sableux.

A la différence des années précédentes, la passe de Bec Aval est exceptionnelle sableuse.

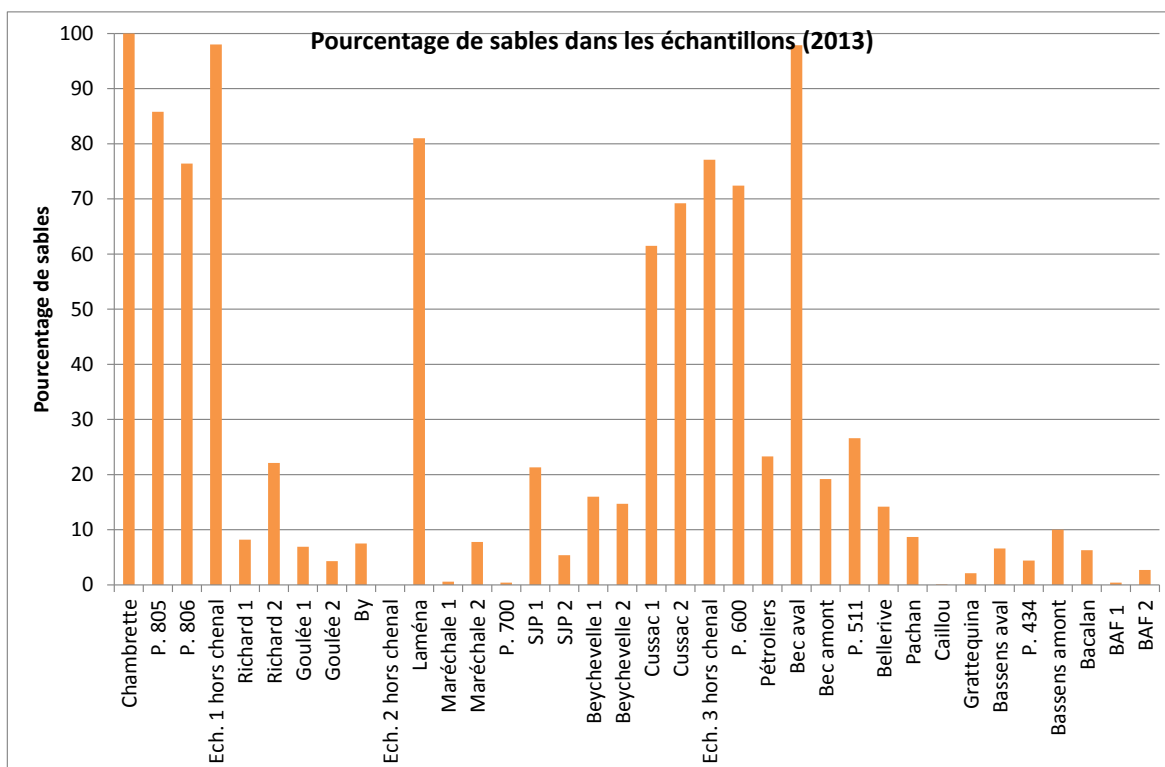


Figure 13. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2013.

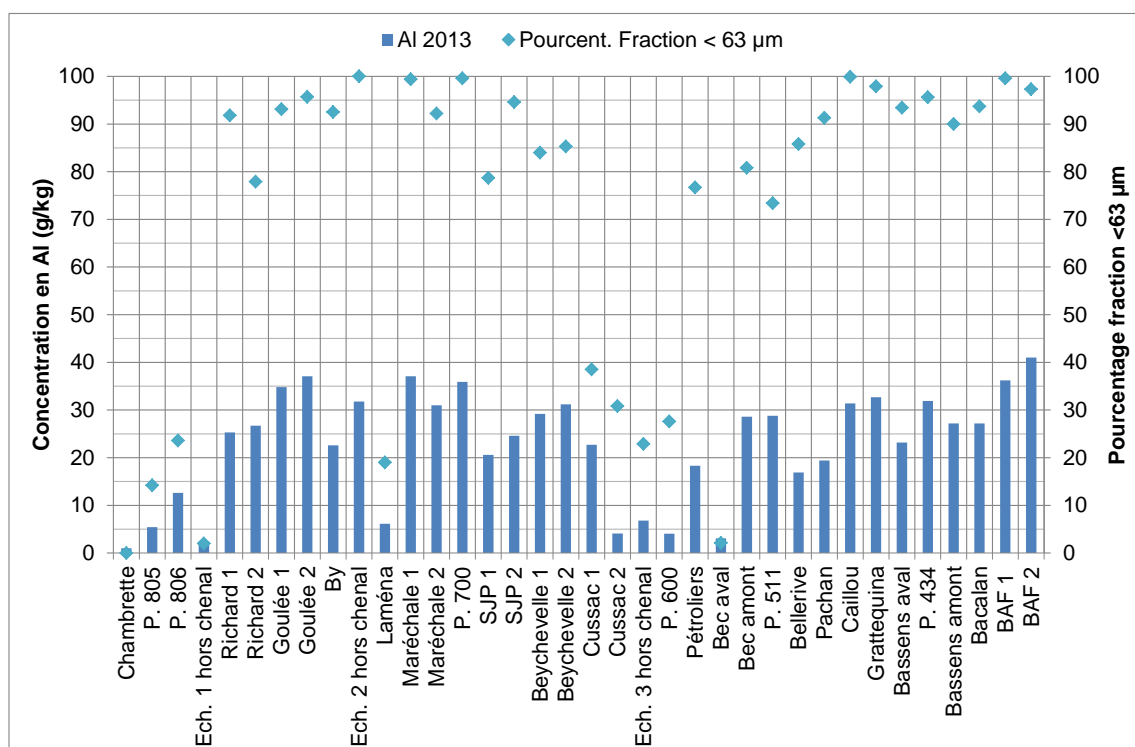


Figure 14. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2013.

Les concentrations en Aluminium, représentatives des fines et plus particulièrement des argiles sont comprises entre 20 et 40 g/kg.

2014

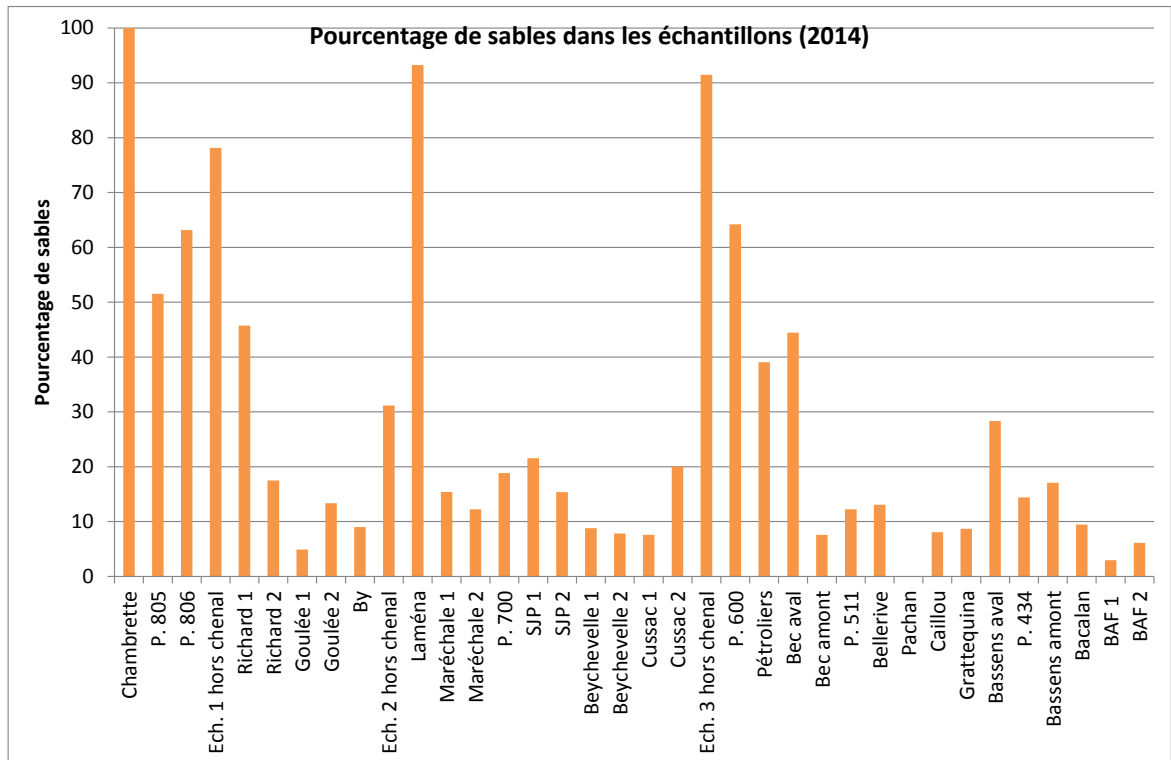


Figure 15. Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires de 2014.

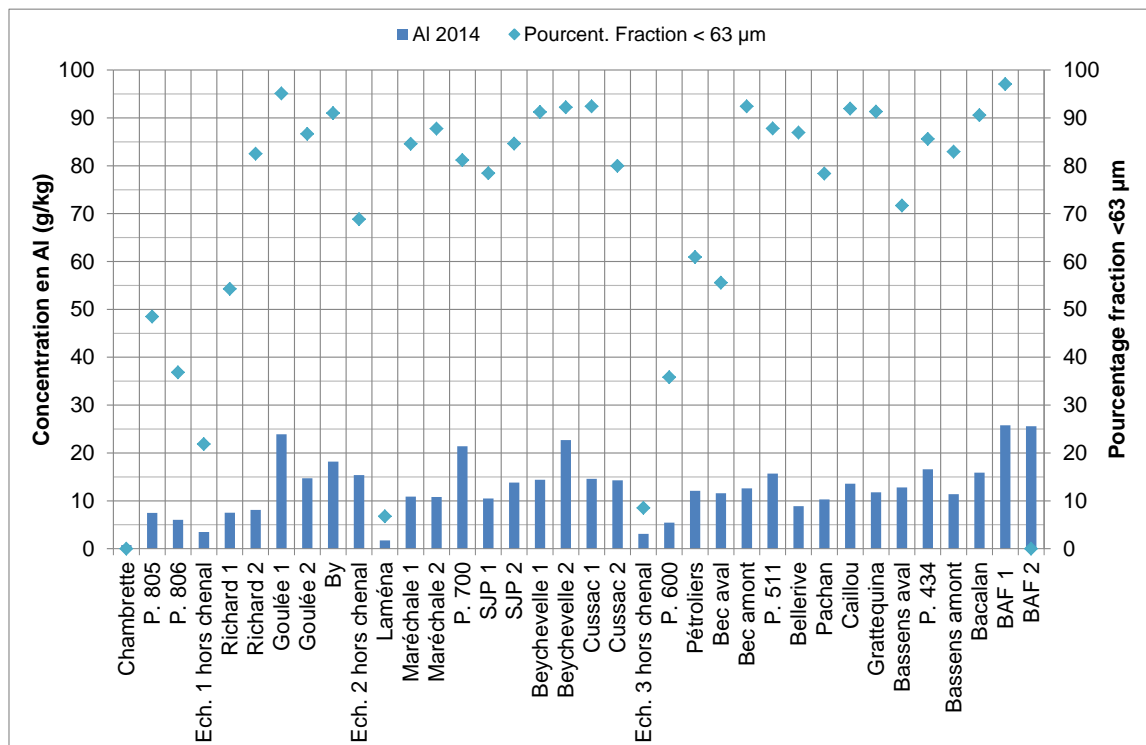


Figure 16. Concentration en aluminium et fraction fine dans les échantillons sédimentaires de 2014.

Les contaminants étant préférentiellement associés à la fraction fine et en particulier aux argiles, les plus forts enjeux potentiels vis-à-vis de la contamination se portent sur les passes ou postes :

- Dont la part de fines (< 63 µm) est importante ;
- Dont la part d'argiles (< 2 µm) et in fine la teneur en Aluminium sont les plus élevées.

On distingue à ce titre en particulier les bassins à flot et les postes (Bassens, Ambès et Pauillac). Les sédiments fins (et contaminants associés) se déposent de préférence dans ces zones à faible énergie hydrodynamique.

Sur les passes, les différences ne sont pas sensibles ; Maréchale, Beychevelle et Pachan présentent légèrement plus d'Aluminium que les autres.

4.3.4. Contaminants métalliques

Les concentrations en contaminants sont analysées sur la fraction inférieure à 2 mm. Les argiles, limons, sables très fins et fins sont donc analysés.

Les métaux sont analysés au regard des seuils de référence N1 et N2 définis par GEODE. Ces niveaux sont pris en compte dans la détermination des procédures règlementaires au titre du Code de l'Environnement. Ces valeurs sont définies par l'arrêté du 9 août 2006.

Métaux (Valeurs de l'arrêté du 9 août 2006) - en mg/kg MS		
ÉLÉMENTS TRACES	N1	N2
Arsenic	25	50
Cadmium	1.2	2.4
Chrome	90	180
Cuivre	45	90
Mercure	0.4	0.8
Nickel	37	74
Plomb	100	200
Zinc	276	552

Les concentrations en contaminants métalliques dans les échantillons sont présentées dans les tableaux de synthèse issus des différentes campagnes (2010 à 2014), présentés en annexe.

Dans l'ensemble, le niveau de contamination des sédiments en métaux lourds est faible avec des nombreuses concentrations en dessous du seuil de détection analytique des laboratoires.

Sur le plan spatial, aucune tendance ne se dessine dans les concentrations observées (rapport de suivi annuel).

Sur le plan inter-annuel, on n'observe pas non plus de tendance évolutive entre les années.

Pour offrir une analyse spatiale et synthétiser les résultats de 4 dernières années, nous avons présenté les résultats dans le tableau suivant, par rapport aux seuils N1 et N2, en suivant le découpage de l'estuaire.

Tableau 1 – Synthèse des résultats d'analyses en contaminants métalliques par rapport aux seuils N1 et N2. Années 2010 à 2014.

Entités estuaire	Passes	Résultats analyses métaux / seuils N1 et N2
Embouchure de l'estuaire.	Panache de la Gironde	Zone 1
	Passe de l'Ouest	0
Estuaire aval.	Verdon	Zone 2
	Passe de la Chambrette - Verdon	0
	Accès port du Verdon	X
	Ouvrages portuaires Le Verdon – P.800	Cd 2010 > N1
	Aval	Zone 3
	Passe de Richard	0
	Passe de Goulée	0
	Passe de By	0
Estuaire central.	Passe de Lamena	0
	Passe de la Maréchale	0
	Passe de Saint-Estèphe	X
	EDF - Prises d'eau CNPE	Résultats non connus
	Intermédiaire	Zone 4
	Ouvrages portuaires Pauillac – P.700	0
	Passes de St-Julien - Pauillac	0
	Passe de Beychevelle	0
	Passe de Cussac	0
	Passe de Plassac - Blaye	0
	Ouvrages portuaires de Blaye – P.600	0
	Passe de l'île Verte	X
	Passe de l'île du Nord	X
	Estuaire fluvial.	Amont
Passe de Bec Aval		Cd 2010 > N1
Passe de Bec Amont		0
Passe des Pétroliers - Ambès		Hg 2012 > N2
Ouvrages d'Ambès – P.500		0
Passe de Bellerive		Hg 2012 > N1
Passe de Pachan		As & Ni 2011 > N1 et As 2012 > N1
Passe de Caillou		Hg 2012 > N2
Passe de Grattequina + ouvrage de Grattequina		Hg 2012 > N2
Passe de Bassens Aval		0
Ouvrages de Bassens – P.400		0
Passe de Bacalan + ouvrages de Bordeaux		0
Bassins à flot		Cd, Cu & Ni 2010 > N1
Bassins à flot		/

Légende : 0 pas de dépassement des seuils N1 et N2 ; X pas d'échantillon dans la zone draguée.

Pour trois des contaminants métalliques : Chrome, Plomb et Zinc, les concentrations mesurées sont toujours inférieures au seuil N1 pour tous les échantillons, toutes les années.

A l'exception du Cadmium au niveau des ouvrages portuaires du Verdon, aucun dépassement n'est observé, pour tous les contaminants, à l'embouchure, dans l'estuaire aval et central.

Quelques dépassements ponctuels de certains éléments sont observés localement dans la Garonne (Cd, Cu, Hg, Ni et As). On remarque une contamination au mercure sur plusieurs sites de la Garonne en 2012, non observée les années précédentes ou suivantes. Ces concentrations peuvent avoir des origines diverses et être reliées aux activités industrielles, portuaires et urbaines.

Conclusion : Les seuils N1 et N2 sont exceptionnellement dépassés sur quelques passes ou postes dans la Garonne.

4.3.5. Contaminants organiques

A. PCB

En 2010, les valeurs N1 et N2 de l'arrêté du 17 juillet 2014 concernant les polychlorobiphényles (7 composés PCB) sont inférieures au seuil de détection du laboratoire. Les résultats ne sont donc pas exploitables.

En 2012, à l'exception du poste 600 (Blaye), l'ensemble des sédiments analysés présente des teneurs en PCB (congénères 28, 52, 101, 118, 138, 153 et 180) très faibles, souvent inférieures au seuil de détection analytique.

Les PCB dépassant le seuil N2 à P.600 sont les congénères 138, 153 et 180.

En 2013, tous les résultats d'analyses sont inférieurs à 10 µg/kg. En 2014, les seuils d'analyses sont tous inférieurs au niveau N1 ; tous les résultats sont inférieurs au seuil de 1 µg/kg.

Micropolluants organiques (Valeurs de l'arrêté du 17 juillet 2014) - en µg/kg MS				
PCB congénères réglementaires (7 composés)	N1	N2	Seuil de détection du laboratoire 2010	Seuil de détection du laboratoire 2012-2013
PCB 028	5	10	25 > N1 et N2	10 > N1
PCB 052	5	10	25 > N1 et N2	10 > N1
PCB 101	10	20	25 > N1 et N2	< N1
PCB 118	10	20	25 > N1 et N2	< N1
PCB 138	20	40	25 > N1	< N1
PCB 153	20	40	25 > N1	< N1
PCB 180	10	20	25 > N1 et N2	< N1

B. 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.

En 2012, on note que les seuils N1 proposés pour l'Acénaphthylène, l'Acénaphène et le Fluorène, respectivement 0,04, 0,015 et 0,02 mg/kg, sont inférieurs au seuil de détection du laboratoire, 0,05 mg/kg.

En 2013 et 2014, les laboratoires ont revu leurs seuils de détection pour être en-dessous des niveaux N1 et N2.

En 2013, aucun dépassement du seuil N1 n'est observé, sur l'ensemble des échantillons.

En 2014, seul l'échantillon 31 (en attente correspondance station) présente des dépassements du seuil N1 pour 10 HAP sur les 16.

Micropolluants organiques (Valeurs de l'arrêté du 8 février 2013) - en mg/kg MS			
HAP	N1	N2	Seuil de détection du laboratoire 2012
Naphtalène	0.16	1.13	<N1
Acénaphène	0.015	0.26	0.05 >N1
Acénaphylène	0.04	0.34	0.05 >N1
Fluorène	0.02	0.28	0.05 >N1
Anthracène	0.085	0.59	<N1
Phénanthrène	0.24	0.87	<N1
Fluoranthène	0.6	2.85	<N1
Pyrène	0.5	1.5	<N1
Benz[a] anthracène	0.26	0.93	<N1
Chrysène	0.38	1.59	<N1
Benzo[b] fluoroanthène	0.4	0.9	<N1
Benzo[k] fluoroanthène	0.2	0.4	<N1
Benz[a] pyrène	0.43	1.015	<N1
Di benzo [a,h] anthracène	0.06	0.16	<N1
Benzo [g,h,i] pérylène	1.7	5.65	<N1
Indéno[1,2,3-cd] pyrène	1.7	5.65	<N1

C. TBT

Micropolluants organiques (Valeurs de l'arrêté du 17 juillet 2014) - en µg/kg MS			
Organo-étains	N1	N2	Seuil de détection du laboratoire
TBT	100	400	< N1

L'ensemble des sédiments analysés présente des teneurs en organostanniques très faibles.

Les valeurs de TBT sont quasiment toujours bien inférieures au seuil N1 (100 µg/kg).

Deux anomalies sont observées en 2011 : sur les échantillons Richard 2 et Maréchale 1, la concentration dépasse très légèrement le niveau N1 (respectivement 105 et 131 µg/kg).

4.3.6. Bilan des enjeux

Vis-à-vis de la thématique contamination des sédiments, il faut rappeler l'influence de la variabilité naturelle de la composition des sédiments (granulométrie, matière organique et minéralogie) sur les teneurs en contaminants.

Pour la plupart, les substances naturelles et anthropogènes (métaux et contaminants organiques) ont beaucoup plus d'affinités avec les particules fines qu'avec la fraction grossière. Dans la fraction fine, les constituants tels que la matière organique et les minéraux argileux contribuent à l'affinité avec les contaminants. Les argiles qui ont la particularité de fixer les métaux dissous dans l'eau.

Les enjeux pour le futur plan de gestion se portent sur les zones les plus draguées et les zones les plus contaminées :

- Les zones les plus draguées, et remobilisant la plus grande quantité de sédiments sont décrites au chapitre 4.4.7.
- Les zones draguées présentent une faible contamination ; les concentrations en contaminants sont souvent inférieures aux seuils de détection des laboratoires. Les teneurs mesurées sont le plus souvent inférieures aux seuils N1 et N2 définis par Geode. On observe exceptionnellement quelques dépassements locaux de certains éléments dans la Garonne (Cd, Cu, Hg, Ni et As). Les teneurs en PCB sont très faibles, bien inférieures au niveau N1. Les concentrations en HAP sont inférieures au seuil N1 en 2013 et 2014, à l'exception d'un échantillon anecdotique.

Aucune évolution spatiale ou temporelle n'est observée sur et entre les dernières campagnes annuelles.

4.4. DESCRIPTION DES OPERATIONS DE DRAGAGE

Nous présentons dans ce chapitre les zones draguées par le GPMB, les techniques et moyens de dragage sur l'estuaire, les pratiques du GPMB depuis 2000 et une analyse des quantités draguées.

Il s'agit ici d'un état des lieux ; l'analyse détaillée des pratiques sera réalisée dans l'étape 2 – diagnostic, de la présente étude.

4.4.1. Caractéristiques des zones draguées

Cf. Plan extrait du dossier de demande d'autorisation de 2004, page suivante.

L'estuaire est découpé en quatre entités géographiques :

- 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 des opérations de dragage, nous avons identifié cinq tronçons, en cohérence avec les pratiques portuaires lors de la transmission aux services de l'Etat :

- 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.

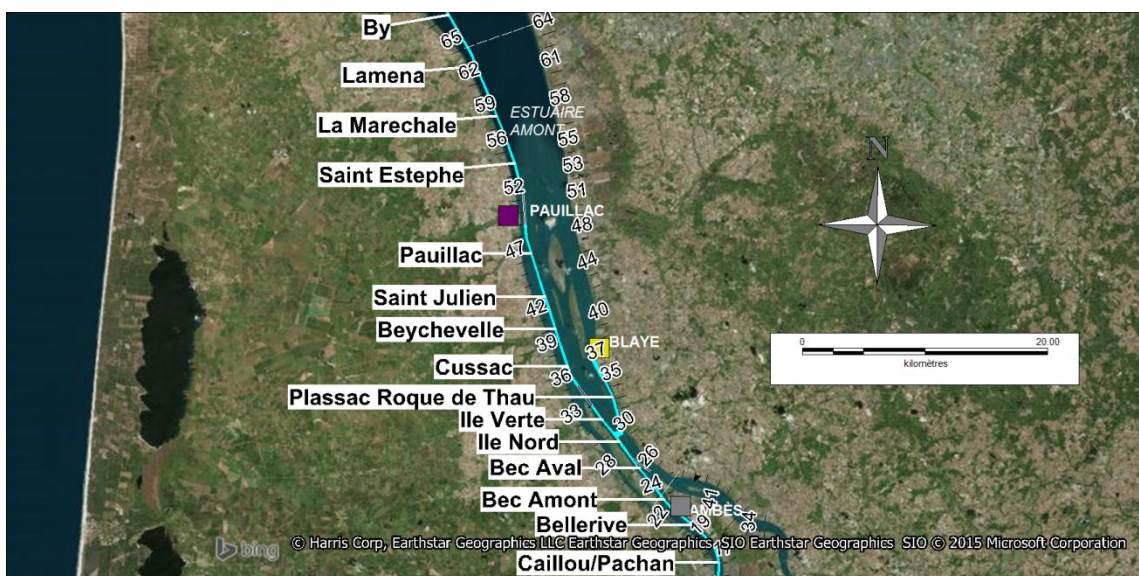
Ces zones intègrent les passes (chenaux), les accès aux postes et les postes (souilles).

En complément des dragages d'entretien des accès nautiques jusqu'à ces 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).

Tableau 2 – Zones draguées par le GPMB au niveau des chenaux de navigation.

Entités estuaire	Passes	Pk
Panache de la Gironde. Au-delà pk 95. Embouchure de l'estuaire.	Panache de la Gironde	Zone 1
	Passe de l'Ouest	>95
Estuaire aval. Pk 65 à 95. Pointe de Grave à Saint-Christoly	Verdon	Zone 2
	Passe de la Chambrette - Verdon	92-95
	Accès port du Verdon	/
	Ouvrages portuaires Le Verdon	/
	Aval	Zone 3
	Passe de Richard	76-81
	Passe de Goulée	70-76
	Passe de By	66-70
Estuaire central. Pk 23 à 65. Saint-Christoly à Bec d'Ambès	Passe de Lamena	61-66
	Passe de la Maréchale	57-61
	Passe de Saint-Estèphe	53-57
	EDF - Prises d'eau CNPE	/
	Intermédiaire	Zone 4
	Ouvrages portuaires Pauillac	/
	Passes de Pauillac	45-50
	Passe de St-Julien	42,5-45
	Passe de Beychevelle	39,5-42,5
	Passe de Cussac	36-39,5
	Passe de Plassac - Blaye	rive droite 30-37,5
	Ouvrages portuaires de Blaye	/
	Passe de l'Île Verte	31-34
	Passe de l'Île du Nord	29-31
	Estuaire fluvial. Pk 0 à 23. Bec d'Ambès à Bordeaux.	Amont
Passe de Bec Aval		25-29
Passe de Bec Amont		22-25
Passe des Pétroliers - Ambès		26-28
Ouvrages d'Ambès		Secteurs Garonne et Dordogne
Passe de Bellerive		19-22
Passe de Pachan		17-19
Passe de Caillou		15-17
Passe de Grattequina + ouvrage de Grattequina		pk 11-15
Passe de Bassens Aval		pk 6-11
Ouvrages de Bassens et Forme 3		/
Passe de Bacalan + ouvrages de Bordeaux		pk 2-4. Rives gauche et droite pk 0-4
Slipway + ouvrage GPMB		Pk 0-4
Bassins à flot	/	





4.4.1.1. Cotes d'exploitation objectives

Les cotes d'exploitation sont définies en fonction des caractéristiques (tirant d'eau) que le GPMB souhaite accueillir au niveau de ses terminaux (cf. paragraphe 4.2.4). Le **Tableau 3** présente les objectifs passés et futurs, qui évoluent selon la stratégie portuaire.

L'objectif pour 2016 est de pouvoir accueillir :

- sur le terminal du Verdon, tout temps, 11,50 m en montée et descente ;
- par coefficient de marée 50 : 10,80 m pour les terminaux de Bassens et Ambès en montée et 10,20m pour les terminaux de Bassens et Ambès en descente.

Le plan de gestion des sédiments de dragage porte sur le dragage d'entretien du chenal de navigation. Le chenal nominal correspond aux cotes de l'arrêté préfectoral de 2006 mais, compte tenu de difficultés naturelles, matérielles et sociales, il n'a pas été aujourd'hui possible de tenir les cotes escomptées.

Le principe du 'projet 2016' est donc de porter le chenal à une profondeur permettant les objectifs cités ci-dessus, et le PGS portera donc uniquement sur l'entretien de ce chenal. Il convient de noter que les cotes du 'projet 2016' sont inférieures aux cotes autorisées et qu'en aucun cas le PGS ne traite de cette opération ponctuelle.

Tableau 3 – Cotes d'exploitation théoriques visées par le GPMB (sous le 0 étiage).

Passes	Cotes approfondissement 2006	Cotes max 2014	Cotes visées 2016	Dif obj.2016-real.2014
Bacalan	5,5	5,5	5,5	0
Bacalan évitage	5,2	5,0	5,0	0
Bassens amont (idem Bassens aval)	8,0	7,5	7,7	0,2
Bassens aval	8,0	7,6	7,9	0,3
Grattequina	8,1	7,8	8,0	0,2
Caillou	8,4	7,4	8,2	0,8
Pachan	8,3	7,4	8,1	0,7
Bellerive	8,2	7,3	8,1	0,8
Bec Amont	8,0	7,7	7,9	0,2
Bec aval	8,0	7,5	7,8	0,3
Pétroliers	5,3	5,5	5,5	0
Plassac	6,7	4,8	4,8	0
Roque de Thau	6,8	6,2	6,2	0
Ile du nord (fonds naturels)	8,4	8,0	7,8	-0,2
Ile verte	7,9	7,6	7,7	0,1
Cussac	8,3	7	7,6	0,6
Beychevelle	7,8	6,9	7,6	0,7
Saint Julien	8,0	6,7	7,9	1,2
Pauillac	8,0	6,6	7,8	1,2
Trompeloup (fonds naturels)	9,0	7,3	7,5	0,2
Saint Estephe (fonds naturels)	8	6,8	7,6	0,8
La Maréchale	7,8	6,6	7,6	1
Laména	7,7	6,8	7,6	0,8
By	8,5	7,3	8,2	0,9
Goulée	8,6	7,4	8,3	0,9
Richard	8,8	7,9	8,5	0,6
Chambrette (accès amont-passe)	9,6	8,1	8,0	-0,1
Chambrette (Accès 805/806+évitage)	12,8	11,8	11,9	0,1
Passé Ouest	15	13,6	14,0	0,4

4.4.1.2. Cotes d'exploitation effectives

Le service hydrographique du GPMB est chargé d'effectuer des sondages (levés bathymétriques) réguliers pour suivre l'évolution des fonds et déterminer chaque mois quelle est la cote d'exploitation réelle.

La plupart des passes sont surveillées mensuellement. La passe de Cussac nécessite plus d'attention et est levée tous les 15 jours. Au contraire certaines passes évoluent moins rapidement et sont levées tous les 2 mois (Figure 17).

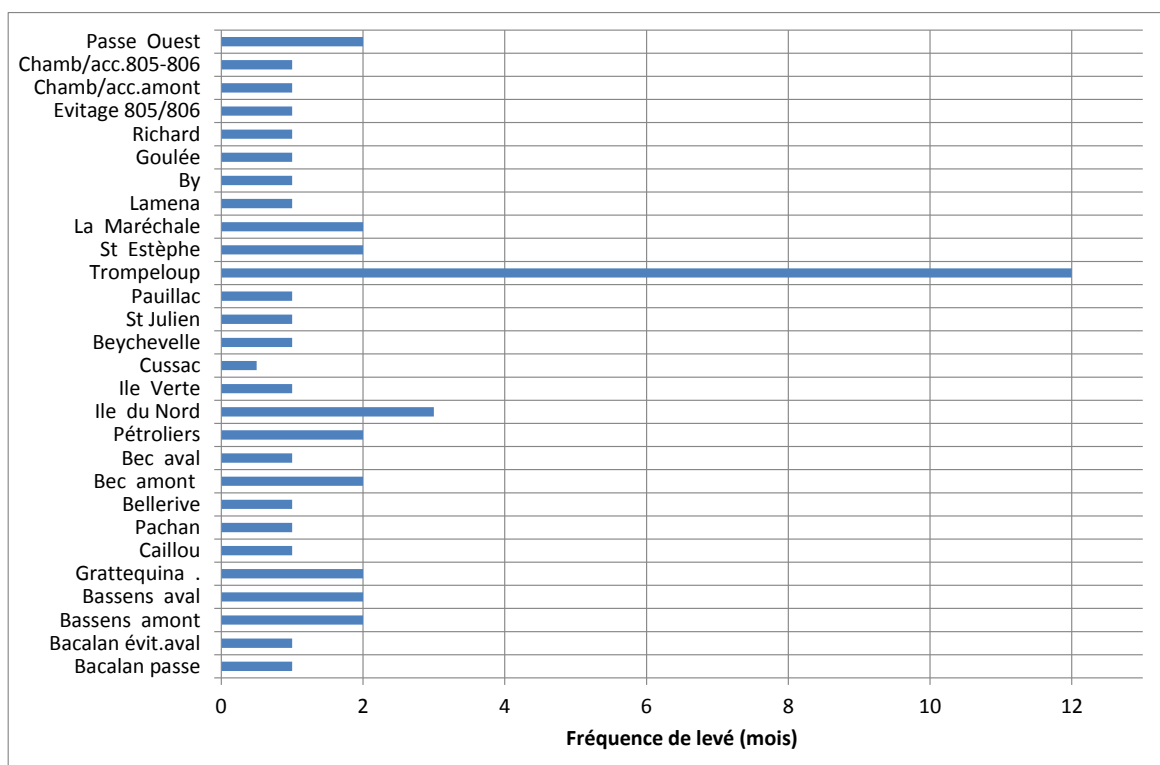


Figure 17. Fréquence de suivi bathymétrique des passes par le service hydrographique du GPMB.

Le graphique Figure 18 présente, pour l'année 2014, la variabilité de la cote d'exploitation (cotes minimale, maximale et médiane), au niveau de chacune des passes. A titre d'exemple, la Figure 19 présente l'évolution mensuelle de la cote dans les secteurs aval, intermédiaire et amont de l'estuaire.

On note l'évolution de la cote des passes ; certaines ont une variabilité moyenne, de l'ordre du mètre ; certaines sont très stables (Laména, Chambrette). Dans le secteur aval, les passes de By, Goulée et Richard sont les moins stables ; à l'amont, c'est Bellerive qui évolue le plus.

Cas particulier pour la passe de l'Ouest : la cote de la nouvelle passe de l'Ouest est de +12,5 m à partir de mai 2014.

L'amélioration de la cote est le résultat des opérations de dragage et d'érosion à certaines périodes ; à l'inverse, la détérioration de la cote est consécutive à des dépôts sédimentaires.

Lorsqu'on compare les cotes atteintes en 2014 et les cotes objectif en 2016, on observe des passes plus critiques que d'autres (Tableau 3) :

- A l'amont : Bellerive, Pachan et Caillou ;
- Secteur intermédiaire : Saint-Julien et Pauillac
- A l'aval : By, Goulée et Richard.

Les améliorations en termes de planification et gestion des dragages devraient a priori se concentrer essentiellement sur ces passes-ci.

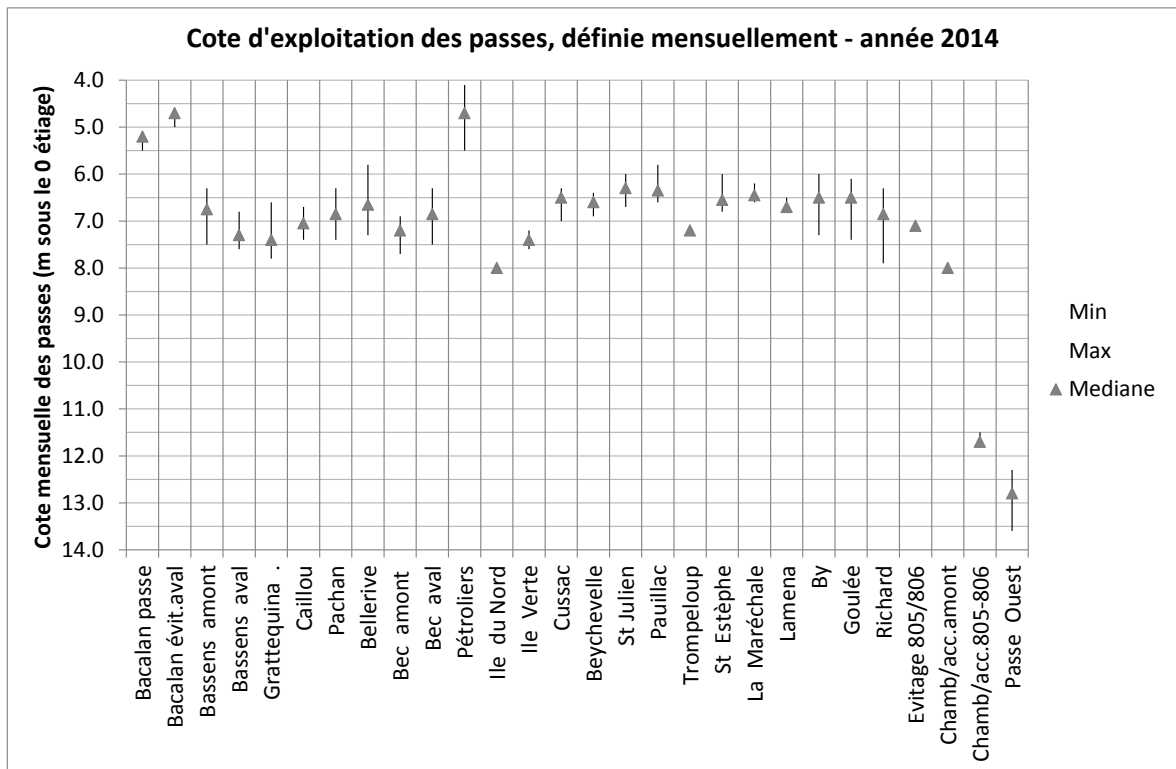


Figure 18. Cote d'exploitation des passes, définie chaque mois. Analyse des données mensuelles sur l'année 2014.

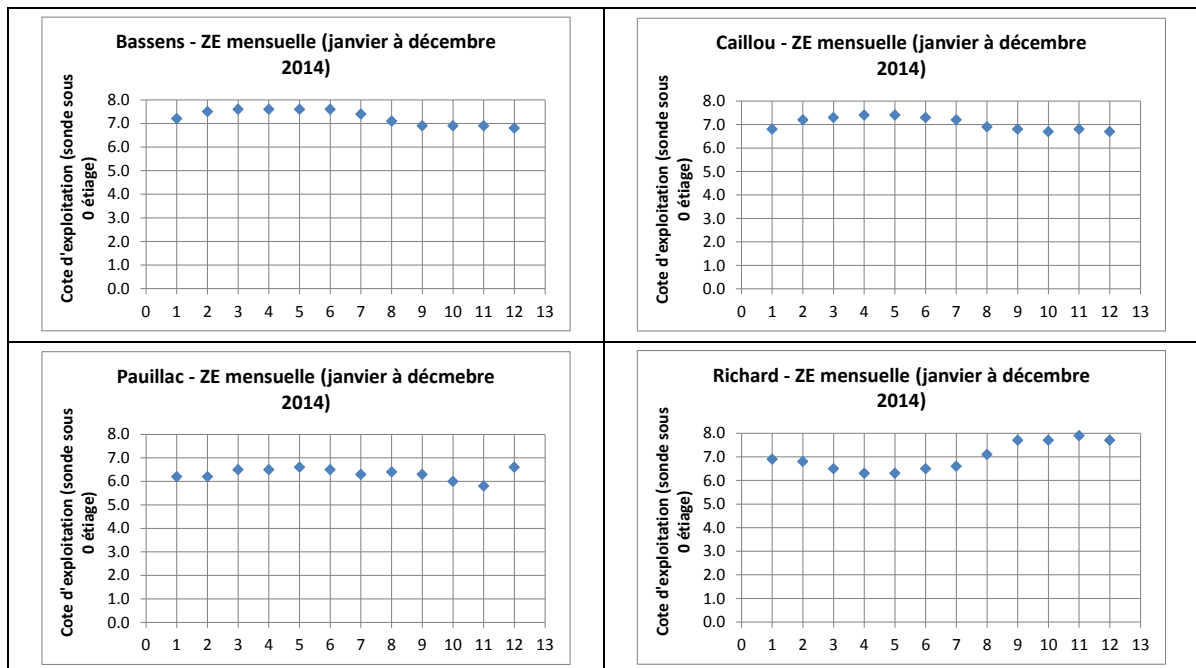


Figure 19. Evolution mensuelle de la cote d'exploitation sur les passes de Bassens, Caillou, Pauillac et Richard. (1-janvier, ..., 12-décembre).

Le service de pilotage, le service des phares et balises et le port de Bordeaux se réunissent mensuellement. A l'issue de cette réunion, le port de Bordeaux, sur la base des levés effectués et présentés en réunion, décide quelle passe doit faire l'objet d'une priorité de dragage, et à quelle cote (ZD).

Les cotes de dragage varient au cours de l'année, suivant la dynamique sédimentaire et les sur-profondeurs fixées chaque mois.

4.4.2. Techniques de dragage (généralités)

Dans les estuaires, les techniques de dragages sont usuellement de trois types, détaillés ci-après :

- dragage mécanique ;
- dragage hydraulique ;
- dragage hydrodynamique.

4.4.2.1. Techniques de dragage mécanique

Les techniques de dragage mécanique permettent d'effectuer des travaux inaccessibles aux dragues aspiratrices à cause de l'étroitesse du site (pieds de quai, intérieur des ports). Elles consistent à creuser les fonds à l'aide de bennes ou de godets.

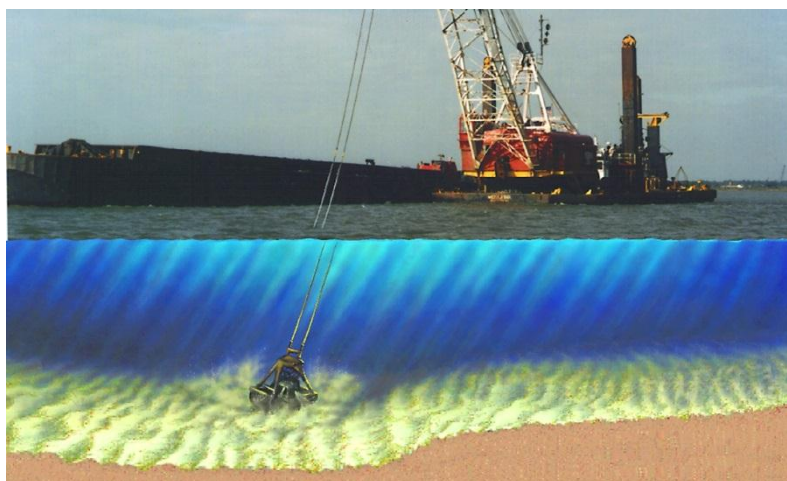


Figure 20. Principe de fonctionnement d'une drague à benne (US ARMY)

Leur rendement est très inférieur à celui du dragage hydraulique. Toutefois le dragage mécanique est plus adapté et plus efficace que le dragage hydraulique sur des zones où les DAM et les DAS accèdent difficilement. En outre, cette technique permet d'extraire les sédiments avec une densité plus importante qu'en dragage hydraulique (pas de dilution de la mixture en place).

4.4.2.2. Techniques de dragage hydraulique

Les techniques de dragage hydraulique consistent à draguer les sédiments par succion (pompe centrifuge à débit élevé). Les matériaux à draguer sont aspirés avec un grand volume d'eau à travers le bec d'aspiration puis l'élinde de la drague.

Les dragues suceuses fonctionnent en mode stationnaire ou en marche. La mixture d'eau et de sédiment pompée est, soit stockée dans le puits de la drague (autoporteuse, qui se charge de l'évacuation des matériaux), soit rejetée par voie hydraulique dans les barges (qui se chargent de l'évacuation des matériaux) ou dans une conduite flottante. Elles peuvent être mises en œuvre à l'aide des moyens suivants :

4.4.2.2.1. Les dragues aspiratrices stationnaires (DAS)

Les dragues aspiratrices travaillant au point fixe sont en général non automotrices. Le principe du dragage consiste à creuser en papillonnant et en déplaçant la drague entre chaque séquence de papillonnage. La rotation se fait sur un pieu arrière et l'avancement est obtenu en utilisant un deuxième pieu en alternant l'appui sur chaque pieu après chaque passe de dragage transversale.



Figure 21. *Vue d'artiste du fonctionnement d'une drague aspiratrice stationnaire (US ARMY, à gauche) et DAS André Legendre du GPMNSN (à droite)*

Le principe du dragage consiste à creuser une série d'entonnoirs contigus qui seront par la suite nivelés sous l'action des courants et de la houle. L'appareil dragueur comprend le plus souvent une élinde dirigée vers l'avant. Elle est suspendue par des bossoirs qui permettent de régler le niveau de son bec au-dessus du fond. La drague travaille toujours le bec d'élinde face au courant.

Les dragues aspiratrices stationnaires déversent la mixture draguée dans des chalands motorisés, soit dans une conduite.

Les dragues aspiratrices au point fixe sont généralement utilisées en milieu portuaire, dans des zones trop étroites pour permettre les évolutions d'une drague en marche.

4.4.2.2.2. Les dragues aspiratrices en marche (DAM)

Ce sont des engins automoteurs et autoporteurs, fonctionnant sur le même principe d'aspiration que les dragues stationnaires, mais équipées d'une élinde traînante. La dépression produite par une pompe centrifuge placée sur l'élinde permet d'aspirer une mixture de matériaux solides et d'eau par affouillement intense du terrain sous le bec. Celui-ci laisse après son passage un sillon d'une profondeur variable suivant les conditions de dragages et le type de bec. La mixture est ensuite refoulée dans le puits de l'engin (où elle décante jusqu'à un remplissage convenable).



Figure 22. *Drague en Marche (US ARMY - à gauche) et tête d'élinde de la DAM Samuel de Champlain (à droite)*

Le dragage se fait en marche, en général à une vitesse réduite de 1 à 3 nœuds. Dans le cas d'une drague aspiratrice autoporteuse, le navire se charge de l'évacuation des matériaux.

Dans le cas d'une création de terre-plein ou d'un rechargement de plage, la drague peut décharger directement les sédiments par rainbowing : jet puissant à travers la conduite à l'avant de la drague.

Vu leur grande souplesse et leur manœuvrabilité, les dragues aspiratrices en marche sont spécialement indiquées pour les travaux d'entretien des chenaux de navigation (dont elles permettent la maintenance constante du fait de la faible épaisseur de terrains à prélever), ou bien pour approfondir et élargir des passes existantes. Moyennant quelques précautions, ces engins peuvent travailler même avec une houle assez importante : ils sont donc utilisés dans des plans d'eau assez vastes, dans les avant-ports, les estuaires ou les grands fleuves.

Le rendement des dragues aspiratrices en marche nécessite que le terrain soit suffisamment meuble pour être désagrégé par l'action du courant d'eau à l'aspiration. Aussi, les déblais en suspension dans l'eau doivent être assez denses pour se déposer après décantation dans le puits.

4.4.2.3. Techniques de dragage hydrodynamique

Cette famille inclut toutes les techniques de dragage ayant pour principe de remettre en mobilité les sédiments, notamment en utilisant l'action des courants naturels, soit :

- le dragage par agitation,
- le dragage à injection d'air,
- le dragage à charrue,
- le rotodévasage,
- le dragage à injection d'eau.

Il convient de bien distinguer ces différentes techniques dont les utilisations, conditions d'emploi et impacts environnementaux peuvent être assez différents. Une étude du CETMEF (2009) détaille en particulier ces techniques et leurs usages en France.

4.4.2.3.1. Dragage par agitation (dit « à l'américaine »)

L'objectif de ce procédé est de remettre en suspension les sédiments ciblés. L'agitation peut être faite par :

- brassage des sédiments dans la colonne d'eau avec un jet d'eau puissant et/ou par le raclement d'un outil sur le fond,
- élévation à l'aide d'un système de pompage. Cette technique est, par exemple, utilisée dans les cas suivants :
 - une drague aspiratrice stationnaire refoulant les sédiments « au fil de l'eau »,
 - une drague aspiratrice en marche maintenant une surverse totale en permanence (US Army Corps of Engineers, 1983) ou refoulant les matériaux sur le côté (sidecasting).



Figure 23. La drague à agitation « Neptune » (source : terra et aqua), et la drague « Side Cast Merrit » (US Army)

Cette dernière technique était par exemple pratiquée sous cette forme par le Port Autonome de Nantes-Saint-Nazaire jusqu'au début des années 2000 (disparition totale de cette technique depuis 2006). Le rendement dépend alors directement du débit de pompage de la drague (qui peut monter

jusqu'à 10 000 m³/h de sédiments pour les plus importantes) et non uniquement du volume des puits, contrairement à l'usage traditionnel de la drague en marche.

Le nuage créé est repris par les courants et réinséré dans le trafic sédimentaire local. Cette méthode ne peut donc être utilisée que dans des zones caractérisées par un fort courant local ou en période de vives-eaux.

Le choix de la puissance du jet est un compromis entre coût, efficacité et impact environnemental. Elle doit être suffisante par rapport au type de sédiment à agiter et à la vitesse de remise en suspension souhaitée.

Le dragage par agitation est reconnu comme étant extrêmement efficace et peu coûteux. Les engins utilisés sont généralement plus petits que ceux mis en place pour des dragages hydrauliques ou mécaniques, maniables, et capables de draguer dans des zones autrement difficiles d'accès, comme par exemple à proximité d'un quai.

4.4.2.3.2. Dragage à injection d'eau

La technique de dragage par injection repose sur un principe de remise en suspension. Un jet d'eau (plusieurs milliers de m³/heure à plus de 10 000 m³/h) à faible pression (1 à 2,5 bar) est envoyé dans la couche sédimentaire pour créer un courant de densité. Les sédiments gonflés par l'eau se fluidifient. Le fluide ainsi créé a une densité supérieure à l'eau. Il commence à se déplacer sur le fond sous l'effet des forces de gravité en se dirigeant vers les zones situées plus en aval.



Figure 24. Modélisation physique du courant de densité par Delft Hydraulics

L'action d'une drague à injection dans la couche de sédiments se décompose en trois phases (cf. Figure 25) :

1. Injection d'eau à basse pression ;
2. Génération du courant de densité ;
3. Déplacement des sédiments.

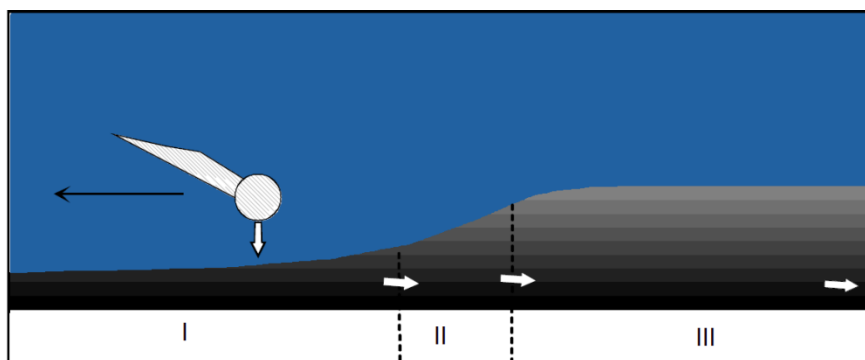


Figure 25. Phases du dragage à injection

L'injection d'eau à basse pression nécessite l'apport de grandes quantités d'eau. Celle-ci est pompée en surface à proximité du ponton, puis injectée par les buses du système dans la couche de sédiments.

Ces grands volumes d'eau ont deux actions sur les matériaux présents :

- Désolidarisation des sédiments (ou décohésion),
- Remise en suspension (par érosion).

La mixture ainsi créée présente une densité supérieure à celle du milieu. Un courant de densité se forme donc, entretenu par les apports de la drague, et influencé par :

- Courants locaux (marée, débit fluvial),
- Morphologie du site (pentes).

Le courant de densité est soumis à un équilibre entre la force de l'injection, l'action des courants locaux, la gravité, et les forces de frottement.

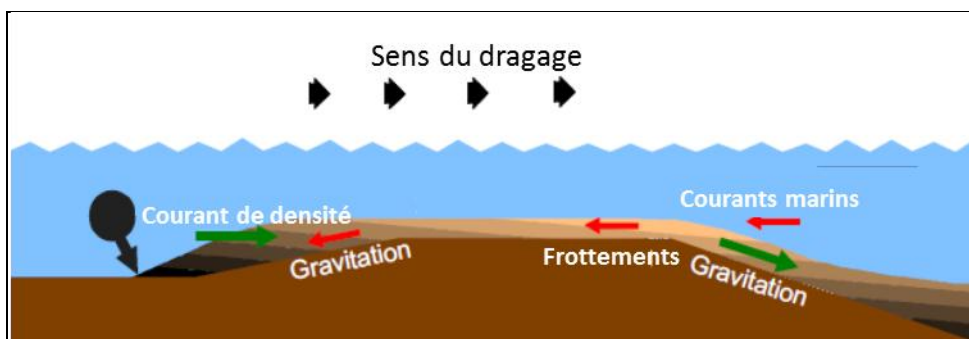


Figure 26. Forces s'exerçant sur le courant de densité (d'après Meyer, 2000)

4.4.3. Méthodes et moyens mis en œuvre par le GPMB

Le GPMB utilise les techniques de dragages suivantes sur la Gironde :

- dragues aspiratrices en marche (DAM) ;
- drague mécanique (à benne) ;
- drague à injection d'eau (DIE).

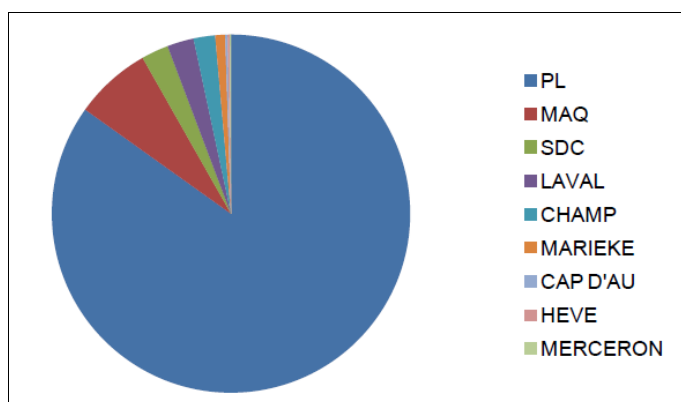


Figure 27. Répartition globale des engins de dragage employés (% volume dragué).
Source : Adict, 2012

Liste des abréviations :

PL : DAM Pierre-Lefort (GPMB, GIE Dragages-Ports)
MAQ : drague mécanique La Maqueline (GPMB, GIE Dragages-Ports)
LAVAL : DAM Daniel Laval (GIE Dragages-Ports)
CHAMP / SDC : DAM Samuel de Champlain (GIE Dragages-Ports)
MARIEKE : DAM (SDI-DEME)
CAP d'AU : DAM Cap d'Aunis (La Rochelle, GIE Dragages-Ports)
HEVE : DAM La Hève (DIE Dragages-Ports)
MERCERON : DAS (Merceron TP) mise en œuvre dans les bassins à flot.

La DAM *Pierre-Lefort* est l'engin qui a dragué près de 85% des volumes totaux depuis 2000.

Depuis juillet 2013, il a été remplacé par la DAM *Anita Conti*. Avec *La Maqueline*, drague mécanique, elles réalisent au total près de 95% des dragages.

Depuis 2009, des expérimentations de la technique de dragage par injection d'eau sont réalisées par la drague *JETSED* (société Sodranord).

4.4.4. Drague Aspiratrice en Marche

4.4.4.1. Objectifs

Les dragues aspiratrices en marche sont utilisées en Gironde pour entretenir :

- Les chenaux (passes),
- Les zones d'accès immédiats aux ouvrages portuaires.

4.4.4.2. Engins utilisés

Les dragues aspiratrices en marche utilisées par le GPMB depuis 2000 sont les suivantes :

- Drague en poste au GPMB : Pierre-Lefort (draguant près de 85% des volumes totaux en moyenne), remplacée en juillet 2013 par l'Anita Conti :
 - Pierre Lefort (capacité : 2250 m³ – tirant d'eau chargée 5,7 m),
 - Anita Conti (capacité : 2600 m³ – tirant d'eau chargée 6,0 m),
- Autres dragues du GIE :
 - Cap d'Aunis (capacité 1000 m³ – tirant d'eau 3,5 m),
 - Samuel de Champlain (capacité 8500 m³ – tirant d'eau 8 m),
 - Daniel Laval (capacité 5000 m³ – tirant d'eau 6,5 m),
 - La Hève (capacité 1000 m³ – tirant d'eau 4,3 m),
- Dragues par marché public :
 - Marieke (5600 m³) - SDI-DEME,
 - Balder-R (6000 m³) – Rohde-Nielsen,
 - Amazone (2700 m³) - SDI-DEME,
 - La Pinta (3400 m³) – Jan De Nul.



Figure 28. Photos de l'Anita Conti (gauche) et de la Pierre Lefort (droite). Source : marine-marchande.net

L'Anita Conti est équipée d'une élince d'aspiration et d'un système à injection d'eau contrairement à la Pierre Lefort qui en possédait deux.

En pratique, la drague Anita Conti est équipée d'un système d'injection (jetting) qui permet une action intrusive dans le sédiment. Cette pratique (fluidification par injection puis aspiration) a pour conséquence de permettre d'atteindre les cotes fixées et d'optimiser les caractéristiques de la mixture pompée en fonction des capacités de la pompe.

4.4.5. Dragage mécanique à benne

4.4.5.1. Objectif

Les dragues mécaniques à benne ont pour objectif d'intervenir sur les souilles et postes à quai, non accessibles aux dragues aspiratrices en marche ; elles permettent la dragage de sédiments consolidés tels que les graviers, obstructions, argiles, roches fragmentées.

4.4.5.2. Engin utilisé

La drague mécanique utilisée par le GPMB est la Maqueline (450 m³ – tirant d'eau 3,50m).

La Maqueline, drague à benne porteuse automotrice, a été mise en service en 1984. Les matériaux sont prélevés à l'aide d'une benne preneuse d'une capacité de 8 m³ et constituée de 2 coques. La benne charge le matériau dragué dans le puits de la drague dont le volume est de 450 m³ et la charge maximale de 700 t. Cette drague permet de charger des volumes de sable de 380 m³ (masse volumique de 1,85 t/m³) et de vase de 450 m³ (masse volumique ≤ 1,55 t/m³).



Figure 29. Photo de La Maqueline. Source : marine-marchande.net

4.4.6. Dragage à injection d'eau

4.4.6.1. Objectif

Deux expérimentations de la technique de dragage par injection d'eau ont été réalisées par le GPMB : en septembre 2009, et en avril 2011. Les zones concernées par ces essais (société Van Oord) sont les suivantes :

- Bellerive (chenal) en 2009 et 2011,
- Bec Aval (chenal) en 2009 (ponctuel sur sables),
- Poste 512 (quai d'accostage et d'amarrage) en 2009,
- Caillou (chenal) en 2011,
- Pachan (chenal) en 2011.

Il s'agit de dragages d'entretien de certaines zones du chenal afin de maintenir les conditions de navigation dans l'estuaire de la Gironde. Le stade est expérimental, et réglementé par la réalisation d'un suivi environnemental avant, pendant, et après les opérations de dragage.

Les opérations ont été effectuées sur une période de 10,5 jours pour 2009, et 30 jours pour 2011.

Les objectifs étaient de vérifier l'efficacité de la technique de dragage à injection d'eau pour l'approfondissement du chenal, et de contrôler l'incidence de celle-ci sur l'environnement.

Une nouvelle campagne d'expérimentation (société SID-DEME) a été réalisée sur les souilles du port ainsi qu'au niveau de Port-Bloc en janvier et février 2015 (Com. Pers. GPMB).

Les volumes de matériaux dragués sont estimés à partir de relevés bathymétriques in situ réalisés par le service hydrographique du GPMB, avant et après les opérations. Les volumes correspondant aux opérations de 2009 sont les suivants :

- Environ 405 000 m³ sur le secteur de Bellerive et du Poste 512 (relevés bathymétriques 7 jours avant et 2 jours après les interventions sur ce secteur),
- Environ 11 000 m³ sur le secteur de Bec aval (relevés bathymétriques 21 jours avant et 5 jours après les interventions sur ce secteur).

Pas d'information pour les volumes dragués en 2011.

4.4.6.2. Engin utilisé

Les dragages ont été réalisés par la drague à injection d'eau Jetsed de la société Van Oord.



Figure 30. Dragage JETSED (société Sodranord), dans l'estuaire de la Gironde (Ginger, 2010).

La puissance totale du navire est de 1621 kW. Le tirant d'eau est de 1,4 m.

4.4.7. Quantités draguées

Au cours des années 2000-2013, le volume moyen dragué annuellement est de 8,7 millions de m³; les variations interannuelles sont importantes (Figure 31), comme par exemple ces dernières années : 6,3 millions de m³ en 2010 et 11,7 millions de m³ en 2012.

L'analyse du volume moyen interannuel par passe (Figure 32) montre les principales zones de dragage :

- Passes de By, Goulée et Richard, dans la partie aval, avec plus de 30% du volume annuel ;
- Passes de Saint-Julien et de Pauillac, dans l'estuaire intermédiaire, avec près de 30% du volume annuel ;
- Passes de Caillou, Pachan et Bellerive, dans la partie amont, avec plus de 10% du volume annuel.

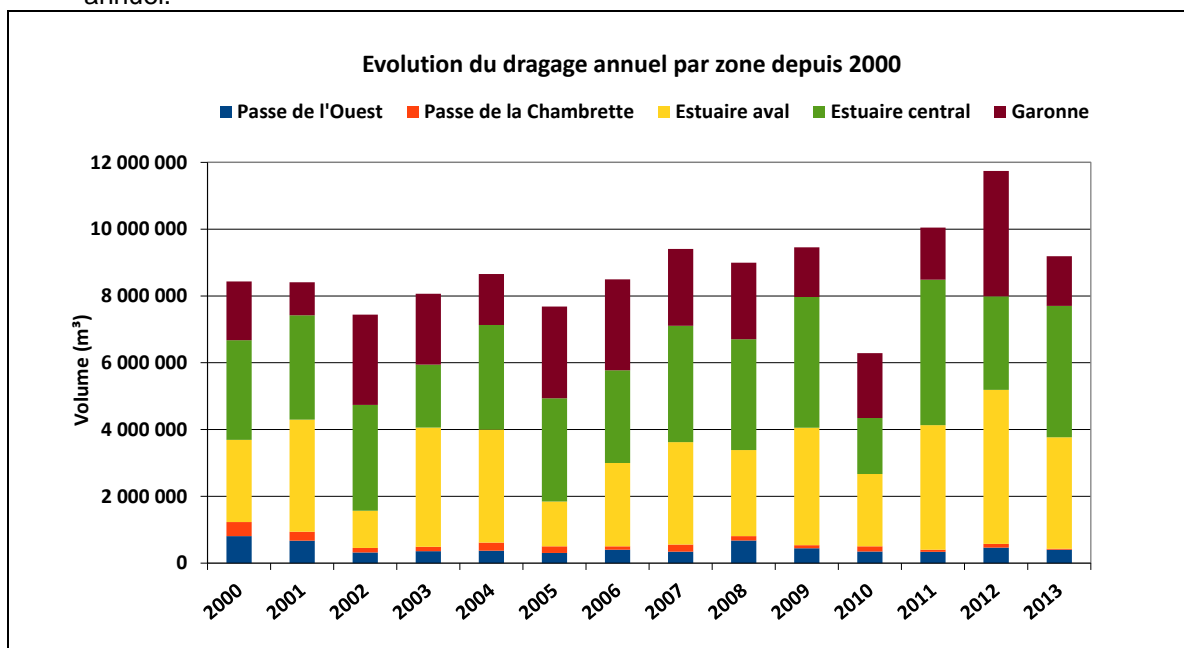


Figure 31. Volumes dragués dans le chenal de navigation depuis 2000, par secteur.

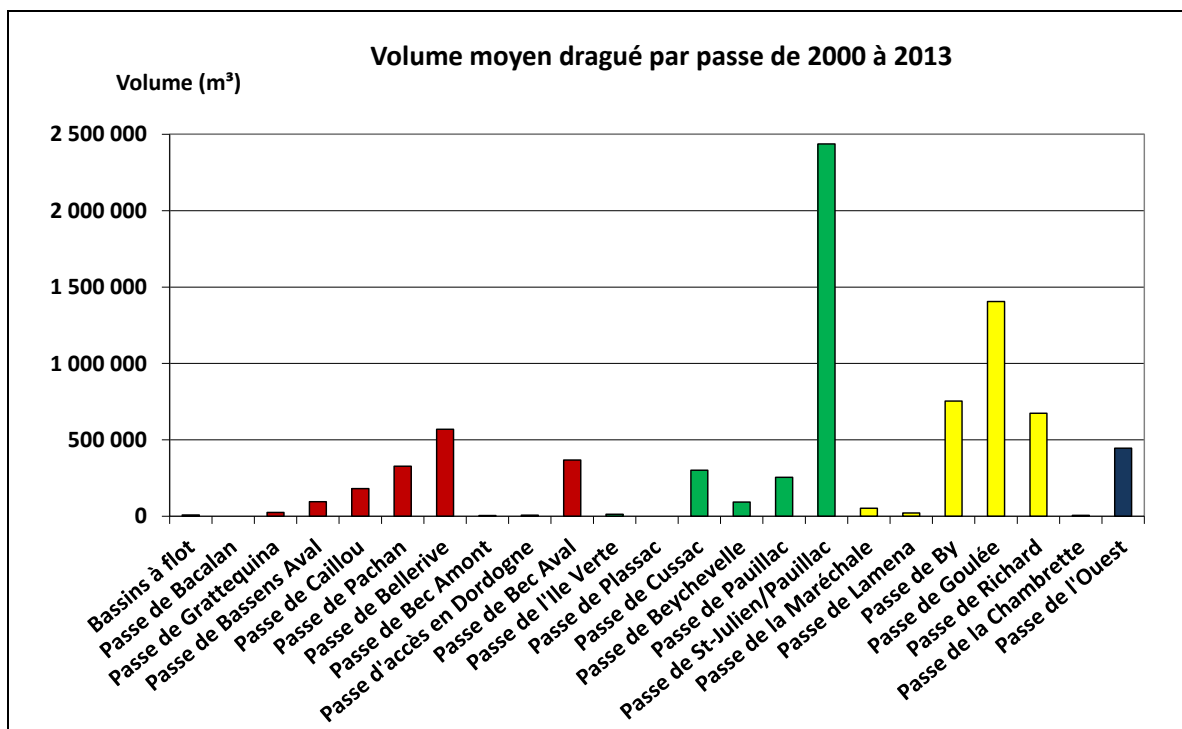


Figure 32. Volume moyen dragué annuellement par passe (période 2000-2013).

En Bordeaux : passes de la Garonne ; en vert : passes de l'estuaire central ; en jaune : passes de l'estuaire aval ; en bleu : passe de l'Ouest.

4.4.8. Analyse des pratiques actuelles

4.4.8.1. Principes théoriques de la stratégie du GPMB

4.4.8.1.1. Description du processus de planification

Deux organisations différentes des dragages peuvent être suivies par les Grands Ports Maritimes :

- L'une consiste à suivre la dynamique de dépôt, et à draguer les secteurs dans lesquels les profondeurs sont dégradées ; cette organisation est par exemple poursuivie par le Grand Port Maritime de Nantes-Saint-Nazaire ;
- L'autre consiste à anticiper les mouvements sédimentaires en surdraguant certains secteurs en prévision d'un dépôt ultérieur ; c'est l'organisation choisie par le GPMB.

D'un point de vue théorique, la planification annuelle des dragages d'entretien est la suivante (cf. Tableau 4) :

- Pas de dragages sur les passes lorsque le bouchon vaseux est présent ; en effet l'efficacité des dragages d'entretien est limitée par la poursuite de l'envasement naturel,
- Effort de dragage concentré sur les passes lorsque la crème de vase se consolide sur les fonds ; cette période est favorable car le mécanisme d'envasement naturel n'intervient plus ou faiblement ;
- Dragages par anticipation (réalisation de surprofondeurs) sur les zones sujettes à l'envasement lorsqu'elles sont plutôt soumises à l'érosion ; les périodes d'érosion sont les plus appropriées pour effectuer le dragage préventif qui doit permettre de minimiser les conséquences des apports sédimentaires futurs ;
- Si dégradation des accès ponctuels, dragages curatifs pour assurer la sécurité de la navigation ; l'objectif est de satisfaire les objectifs de navigation du moment.

Etant donnée la dynamique sédimentaire estuarienne (cf. fiche thématique « hydrosédimentaire »), le secteur amont de l'estuaire est surdragué à la période hivernale (pendant les crues, le bouchon vaseux est situé à l'aval de Pauillac) et le secteur aval est surdragué en automne (parfois avant également), quand le bouchon vaseux est plutôt à l'amont.

Tableau 4 - Programme théorique de dragage d'entretien sur une année

Processus sédimentaires naturels, saisonniers	Objectifs dragages associés
Bouchon vaseux - crème de vase	Pas de dragages
Crème de vase liquide - crème de vase consolidée	Dragages intensifs
Erosion, évacuation naturelle des lentilles de vase	Dragages par anticipation "surprofondeurs"
Apports sédimentaires réduits, transitoires	Dragages "curatifs" sur secteurs critiques

Secteur	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Aval							Congé					
Intermédiaire							Congé					
Amont							Congé					

Le mois de juillet réservé aux travaux de maintenance et de réparations de la DAM ; le dragage est interrompu dans le chenal. Toutefois la Maqueline intervient en juillet au niveau des postes/ouvrages portuaires.

4.4.8.1.2. Opérations spécifiques sur les prises d'eaux du CNPE Blayais

En plus de la planification de ces opérations de dragages annuelles, le GPMB réalise des dragages pour le compte d'EDF au niveau des prises d'eau de la centrale du Blayais.

Ces opérations ont pour objectif d'empêcher l'obstruction des prises d'eau nécessaires au refroidissement de la centrale. Ils concernent des volumes d'environ 50 000 m³/an en moyenne, réalisés par la Maqueline en novembre et décembre.

4.4.8.2. Etude statistique ADICT (2000-2010) des quantités de sédiments draguées

La Société Adict a réalisé en 2012 une étude statistique permettant de dresser un bilan des opérations de dragages réalisées en pratique, sur la période 2000-2010.

Les principales conclusions de l'étude sont les suivantes sur cette période de 10 ans :

- Il ne se dégage pas de stratégie interannuelle de dragage,
- Aucune corrélation n'est détectable entre les débits moyens mensuels de la Garonne et de la Dordogne et les volumes dragués,
- 74% des volumes dragués se concentrent sur 6 stations : Saint-Julien-Pauillac, Goulée, By, Richard, Bellerive et Bassens. Celles-ci sont draguées de façons différentes :
 - Goulée, By, Richard (à l'aval) et Bellerive (à l'amont) sont dragués de mars à mai de façon importante, puis de septembre à novembre pour des volumes plus faibles,
 - St Julien Pauillac (secteur intermédiaire) est dragué de façon importante à la fois entre mars et mai puis entre septembre et novembre,
 - Bassens (à l'amont) est dragué lors des relèves des dragues.

4.4.8.3. Etude complémentaire : tendances récentes (2011-2014) des quantités de sédiments dragués

Pour compléter l'analyse réalisée par ADICT sur la période 2000-2010, ARTELIA a réalisé dans le cadre de la présente mission une pré-analyse statistique des données de dragages sur la période 2011-2014, pour les dragues en poste au GPMB :

- Dragues aspiratrices en marche : Pierre Lefort (jusqu'en juillet 2013) et Anita Conti (à partir de juillet 2013) ;
- Drague à benne : la Maqueline.

Ces dragues prennent en charge près de 90% des volumes dragués sur la Gironde en moyenne, selon Adict (2012). L'analyse statistique sera réalisée de manière plus détaillée lors de la phase 2, sur la base des volumes totaux dragués dans l'estuaire. Les premiers éléments de bilans sont présentés page suivante, pour chaque type de drague :

- Le premier graphique, à barre, montre les volumes moyens dragués par mois sur chaque site ;
- Le second graphique, de surface, montre de manière plus qualitative la spatialité des efforts de dragages au cours du temps.

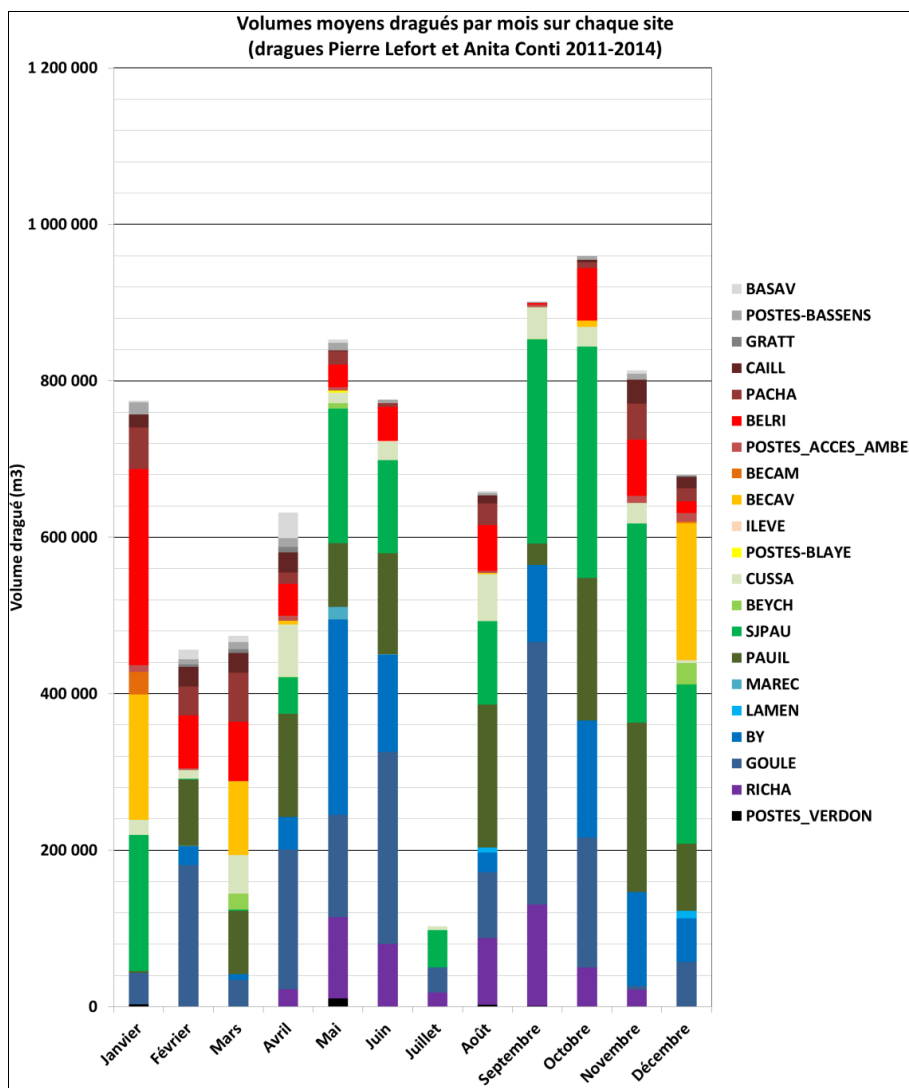


Figure 33. Volume moyen dragué, par mois, par site (Pierre Lefort et Anita Conti 2011-2014)

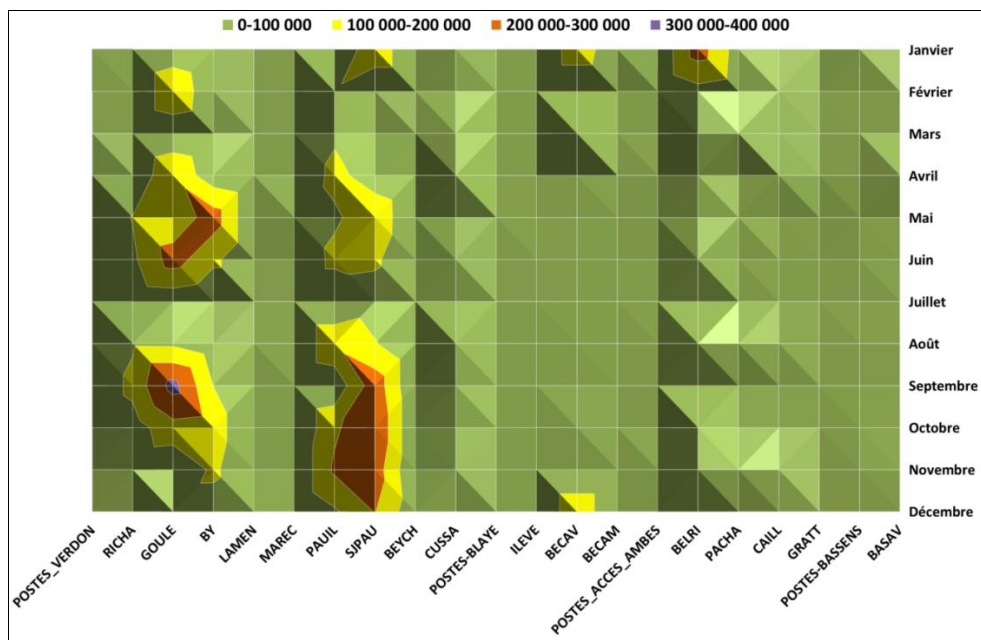


Figure 34. Effort de dragage (volume moyen mensuel) sur l'estuaire (Pierre Lefort et Anita Conti 2011-2014)

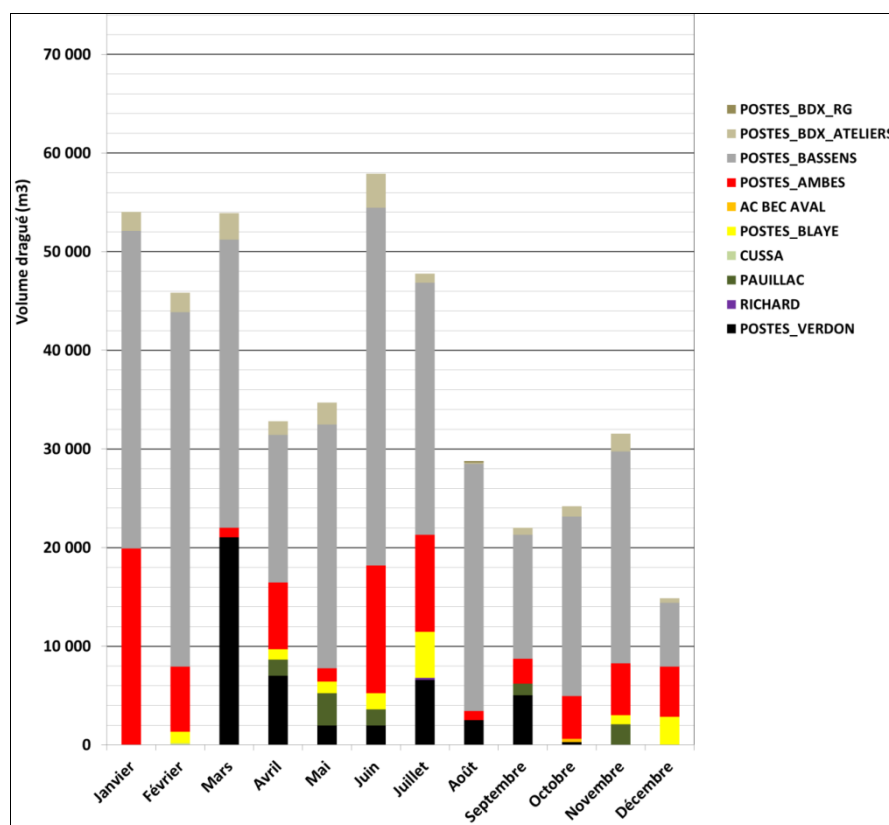


Figure 35. Volume moyen dragué, par mois, par site (La Maqueline 2012-2014)

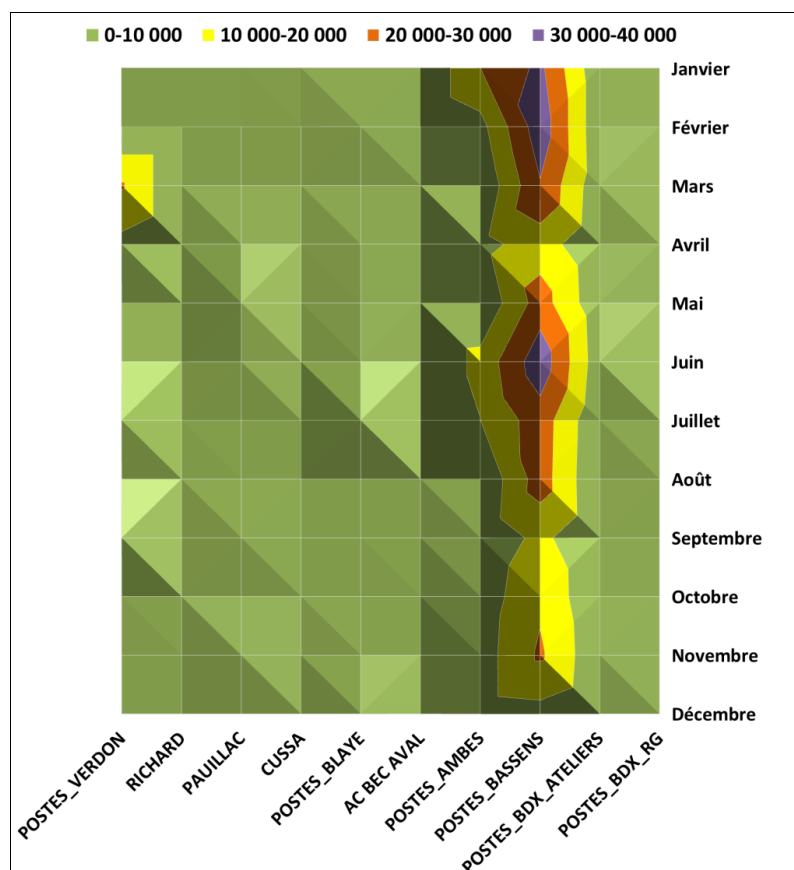
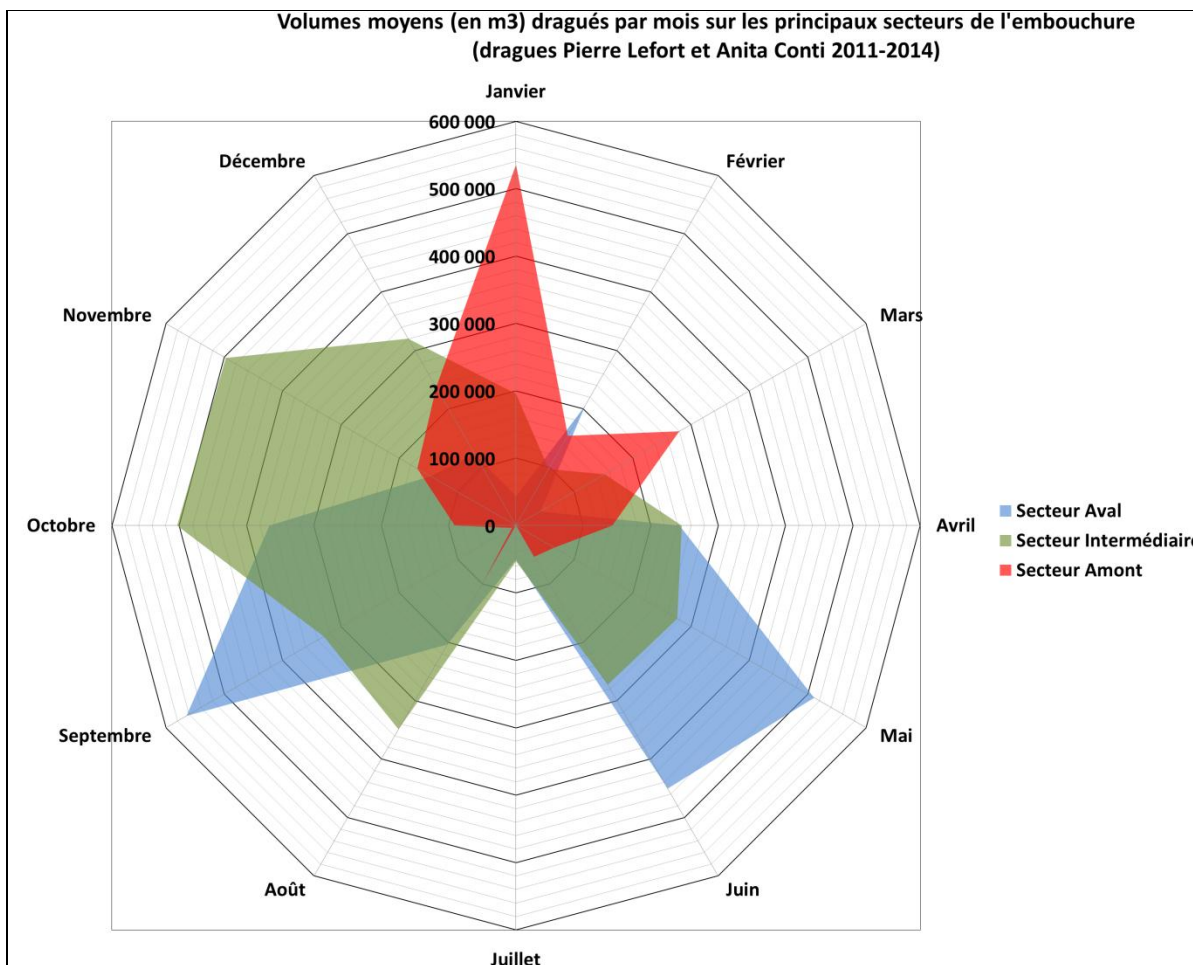


Figure 36. Effort de dragage (volume moyen mensuel) sur l'estuaire (La Maqueline 2012-2014)

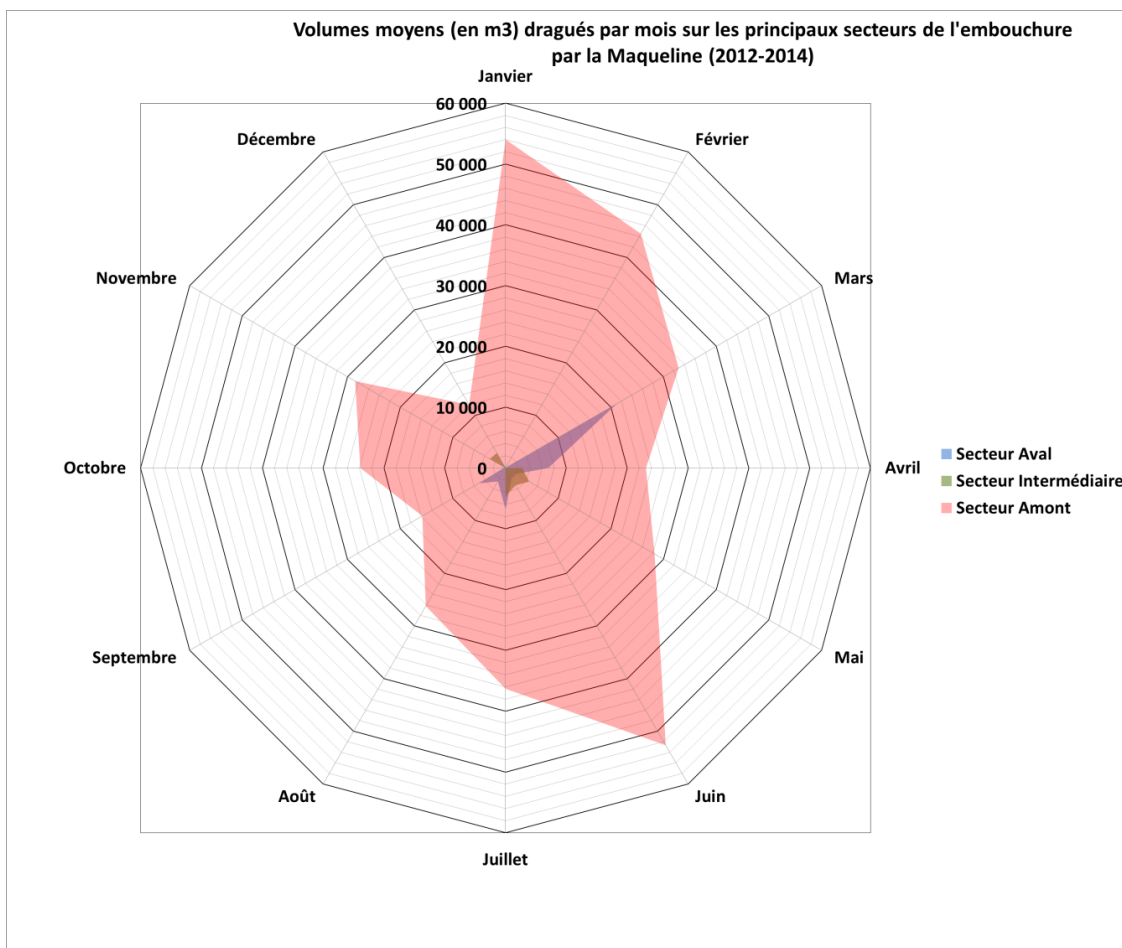
Il ressort de ces éléments que :

- Pour la drague aspiratrice en marche :
 - Le secteur aval (Richard / Goulée / By) est dragué intensivement (plus de 40 % du volume total dragué) sur trois périodes : février, mai-juin et septembre. Il est peu dragué en période hivernale (moins de 20% du volume total mensuel sur novembre à mars, hors février),
 - Le secteur intermédiaire (Saint-Julien / Pauillac / Cussac) est dragué 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).
 - Le secteur amont (bec d'Ambès, Bellerive), est surtout dragué en période hivernale, de décembre à mars,
 - Les volumes totaux dragués sont plus faibles en février-mars (avaries) ainsi qu'en juillet (congéés annuels).
- Pour la drague à benne :
 - Les volumes concernés sont plus faibles que pour la drague aspiratrice en marche,
 - Les dragages se concentrent sur le secteur amont, au niveau des postes à quai,
 - Les volumes dragués sont plus faibles sur avril-mai et de aout à décembre (congéés / interventions de la drague à Bayonne ou sur les prises d'eau EDF),
 - La drague se déplace en mars (Port-Bloc) et en novembre sur le secteur aval (Verdon).



	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Spt	Oct	Nov	Déc
Secteur Av.	6%	45%	9%	38%	60%	58%	49%	31%	63%	38%	18%	18%
Secteur Int.	25%	21%	32%	39%	32%	35%	51%	53%	37%	52%	61%	47%
Secteur Am.	69%	34%	59%	23%	8%	7%	0%	16%	1%	9%	21%	35%

Figure 37. Répartition en volumes (en haut) et statistiques (en bas) des dragages par aspiration sur les secteurs de l'estuaire (2011-2014)




	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aou	Spt	Oct	Nov	Déc
Secteur Av.	0%	0%	39%	21%	6%	3%	14%	9%	23%	1%	0%	0%
Secteur Int.	0%	3%	0%	8%	13%	6%	10%	0%	5%	0%	10%	19%
Secteur Am.	100%	97%	61%	70%	82%	91%	76%	91%	72%	99%	90%	81%

Figure 38. Répartition en volumes (en haut) et statistiques (en bas) des dragages par mécaniques sur les secteurs de l'estuaire (2011-2014)

4.4.8.4. Synthèse

Le tableau ci-dessous superpose la stratégie générale de dragage du GPMB avec les volumes moyens dragués sur la période récente par les engins en poste sur la Gironde (Anita Conti, Pierre Lefort et La Maqueline).

Tableau 5 – Stratégie générale du GPMB et volumes moyens mensuels dragués sur la période récente (2011-2014)

Volumes dragués moyens : 1 barre = 100 000 m³  > 400 000 m³

Secteur	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai	Juin	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Aval							Congé					
Intermédiaire							Congé					
Amont							Congé					

Processus sédimentaires naturels, saisonniers	Code couleur	Objectifs dragages associés
Bouchon vaseux - crème de vase		Pas de dragages
Crème de vase liquide - crème de vase consolidée		Dragages intensifs
Erosion, évacuation naturelle des lentilles de vase		Dragages par anticipation "surprofondeurs"
Apports sédimentaires réduits, transitoires		Dragages "curatifs" sur secteurs critiques

Ces résultats montrent que :

- Sur le secteur aval :
 - Les dragages intensifs semblent être réalisés sur la période prévue (mai-juin), et concernent des volumes de 400 000 à 600 000 m³/mois,
 - Les dragages par anticipation « surprofondeurs » semblent être réalisés sur la période prévue (août-octobre), et correspondent à des pics de dragages hors phases « intensives », de 300 000 à 500 000 m³/mois,
 - Les dragages curatifs semblent être réalisés sur la période prévue (novembre-Janvier), avec des volumes plus faibles de 0 à 200 000 m³/mois,
 - La période sans dragage (février-avril) est cependant difficilement tenue, avec des volumes de l'ordre 100 000 - 200 000 m³/mois ; les bordures ensablées du chenal et les points hauts sont dragués à cette période (com. GPMB).
- Sur le secteur intermédiaire :
 - Les dragages intensifs semblent être réalisés sur la période prévue (septembre-novembre), et concernent des volumes de 400 000 à 500 000 m³/mois,
 - Les dragages par anticipation « surprofondeurs » semblent être réalisés sur la période prévue (décembre-février), mais surtout dans le premier mois. Les volumes correspondent à un pic de dragages hors phases « intensives », de 300 000 à 400 000 m³/mois,
 - Les dragages curatifs semblent être réalisés sur la période prévue (mars-mai), avec des volumes plus faibles de 100 000 à 300 000 m³/mois,
 - La période sans dragage (juin-août) est cependant difficilement tenue, avec des volumes de l'ordre 200 000 - 300 000 m³/mois ; à cette période les matériaux sableux sont dragués à Cussac (com. GPMB).

- Sur le secteur amont :
 - Aucun dragage intensif ne semble pratiqué sur la période prévue (septembre-novembre),
 - Les dragages par anticipation « surprofondeurs » semblent être réalisés sur la période prévue surtout en janvier, dans la période prévue (décembre-février). Le volume moyen dragué en janvier est le plus fort de l'année, d'environ 500 000 m³,
 - Les dragages curatifs semblent être réalisés sur la période prévue (mars-mai), mais de manière déséquilibrée avec 300 000 à 400 000 m³/mois en mars, et 0 – 200 000 m³/mois en avril-mai ; il s'agit de la passe de Bellerive (vases et sables) et des becs (sables) – com. GPMB.
 - La période sans dragage (juin-août) est cependant difficilement tenue, avec des volumes de l'ordre de 100 000 m³/mois ; il s'agit de sables principalement, sur la passe de Bellerive (com. GPMB).

Conclusion :

La stratégie du port sur les secteurs aval et intermédiaire semble globalement bien tenue ces dernières années. A noter cependant que :

- **Les dragages réalisés en phase « intensive » ou en phase « surprofondeur » semblent concerner des volumes comparables (mêmes ordres de grandeurs).**
- **Les périodes « sans dragages » ne semblent jamais pouvoir être tenues (volumes équivalents aux périodes de dragages curatifs).**

Sur le secteur amont, la pratique ne semble pas cohérente avec les principes énoncés sur la période récente. Par exemple, le GPMB indique que sur la passe de Bellerive, le bouchon vaseux est présent quasiment tout au long de l'année. On observe un comblement immédiat de la zone de réserve créée. Il est alors nécessaire d'intervenir en fonction des besoins et des dépôts.

4.4.9. Pratiques à venir

Le GPMB souhaite d'ici deux ans remplacer l'utilisation de la Maqueline par la pratique de l'injection d'eau dans les souilles des installations. Cette pratique s'est avérée performante lors des expérimentations réalisées en Gironde. Elle est à nouveau expérimentée en 2015.

Cette pratique est envisagée dans les zones ou souilles sablo-vaseuses : pratique de l'injection d'eau dans un premier temps pour remobiliser et déplacer les fines, puis dragage par aspiration des sables propres restés en place.

4.5. DESCRIPTION DES OPERATIONS D'IMMERSION

4.5.1. Approche générale

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

- 1^{er} principe : clapage en aval de la zone draguée ;
- 2nd principe : clapage sur la zone aval la plus proche de la zone draguée (même secteur géographique de l'estuaire).

Cette organisation suit donc uniquement un objectif économique (distance minimale entre la zone draguée et la zone de dépôt).

La localisation des zones d'immersion du GPMB dans la Gironde est donnée sur le plan ci-dessous.

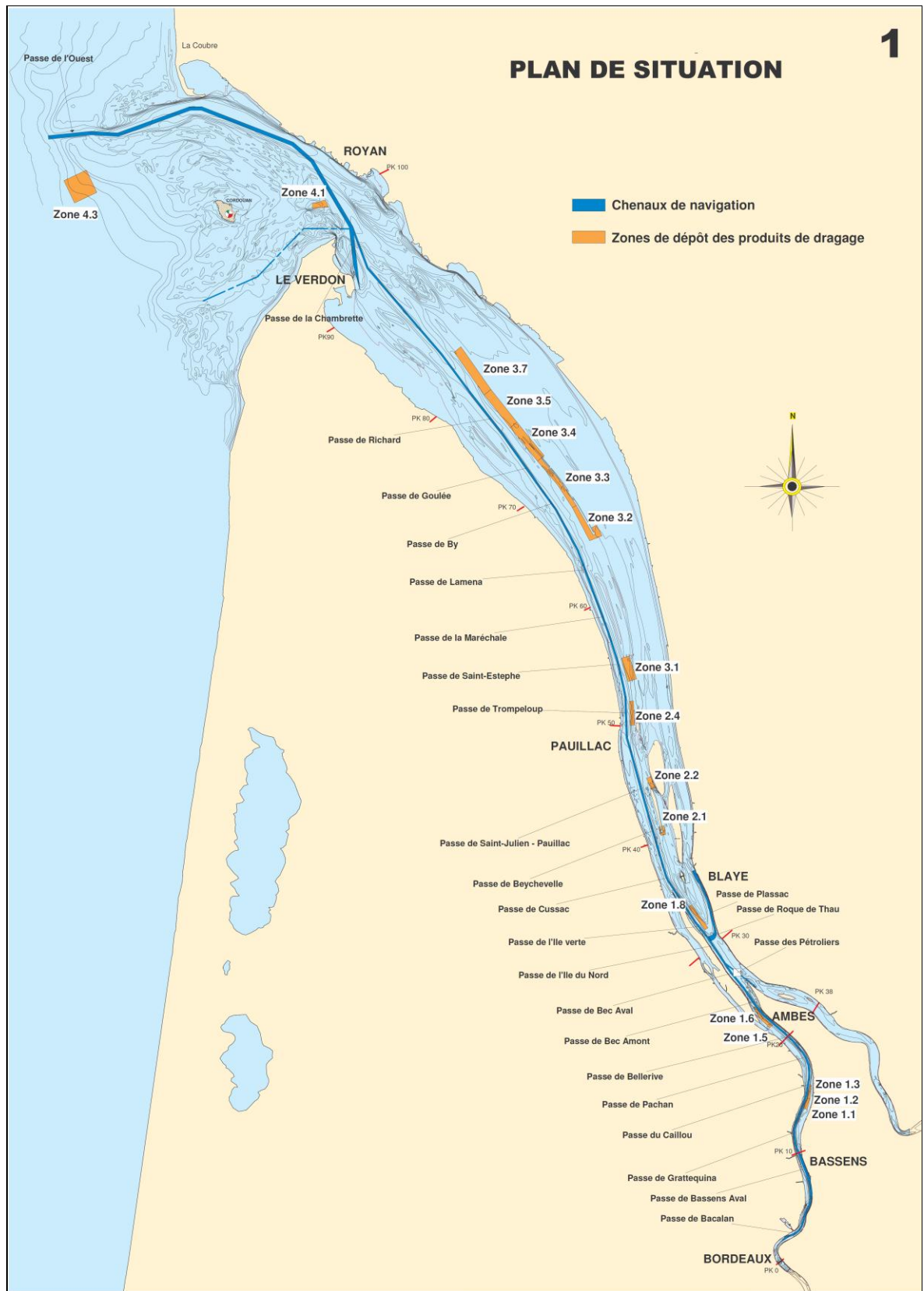


Figure 39. Localisation des zones d'immersions (source : GPMB)

Dans la Garonne : certaines pratiques mises en œuvre par le passé ont été abandonnées :

- dragage avec cutter et refoulement au fil de l'eau ;
- clapage des DAM (Lefort et Anita Conti).

Les sédiments dragués dans la Garonne par la DAM Anita Conti sont clapés sur la zone de dépôt 1.8, située dans l'estuaire.

Les volumes moyens (sur la période 2000-2013) immergés par zone de vidage sont présentés ci-dessous.

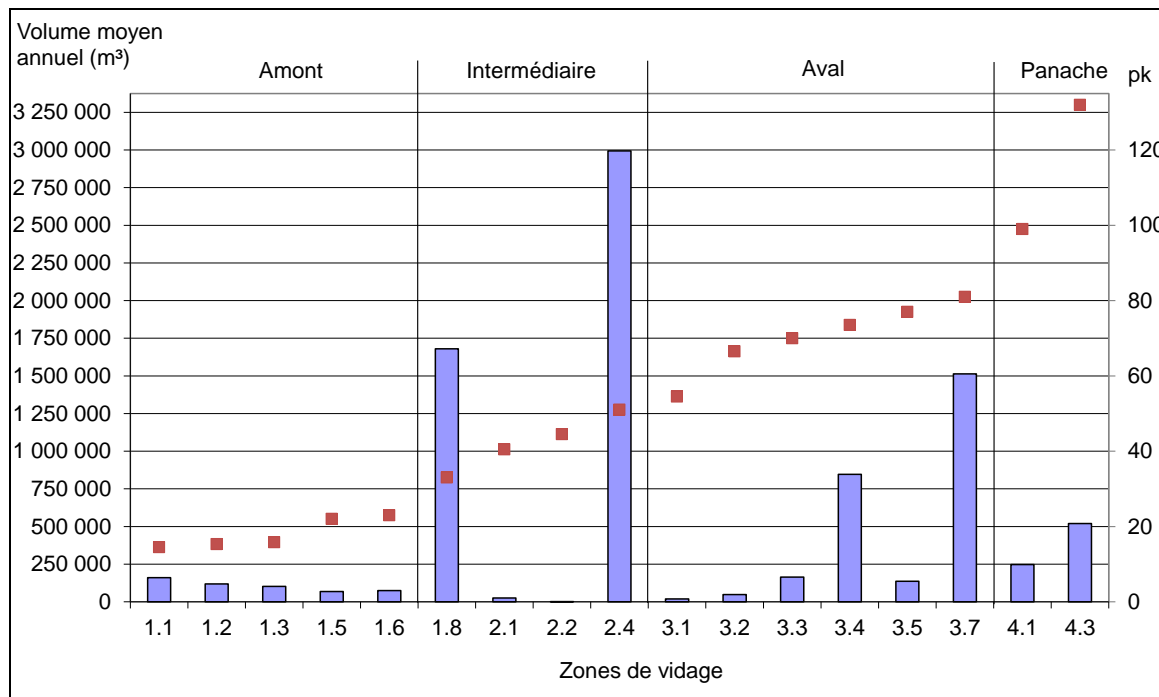


Figure 40. Volume moyen annuel immergé par zone de vidage de 2000 à 2013

Seuls les volumes dragués par la Maqueline sont immergés sur les zones de vidage de la Garonne. Les volumes dragués dans le chenal de la Garonne par la DAM sont clapés dans la zone de vidage 1.8.

Les zones de vidage sont a priori plutôt dispersives (cf. entretien avec le GPMB). Une analyse des bathymétries dans l'étape 2 de la mission nous permettra de vérifier cette information.

4.5.2. Analyse statistique des pratiques d'immersion

L'analyse statistique effectuée par ADICT (2012) sur la base des données 2000-2010 a montré que :

- 4 stations reçoivent prêt de 80% des volumes dragués : 1.8, 2.4, 3.4, et 3.7,
- En général, on observe qu'une station de vidage reçoit principalement les volumes dragués sur 1 à 3 passes au maximum, sauf la station 1.8 (6 zones),
- Les volumes dragués sont effectivement déposés sur des zones d'immersions à l'aval,
- On observe sur les répartitions que :
 - 98 % des volumes dragués sur St Julien / Pauillac sont déversés sur le site 2.4,
 - Les sédiments de Goulée sont déversés sur 4 stations : 37% sur la 3.4, 52% sur la 3.7, 7% vers la 3.3 et 4% vers la 3.5,
 - Les sédiments de By sont déversés sur 4 lieux : 45 % vers la 3.4, 33% vers la 3.7, 16% vers la 3.3 et 6% vers la 3.5
 - Les sédiments de Richard sont déversés sur 3 lieux : 89% vers la 3.7, 9% sur la 3.5 et 2% sur la 3.4.

4.5.3. Suivi des zones d'immersion

4.5.3.1. Suivi bathymétrique

Conformément à son arrêté préfectoral, le GPMB suit régulièrement l'évolution de la bathymétrie sur les zones d'immersion.

Les vedettes hydrographiques chargées de lever les passes du chenal de navigation (prioritaire) assure également les mesures bathymétriques des fonds sur les zones de vidage de l'estuaire.

Afin d'avoir une idée exhaustive de ce suivi, nous avons demandé au GPMB de nous fournir la liste des levés existants. Le tableau ci-dessous synthétise tous les levés disponibles (format des levés non connu à ce jour).

A partir de ces levés, s'ils sont disponibles au format txt ou xyz, nous déterminerons en étape 2 le taux de stabilité à moyen-long terme des zones d'immersion.

Tableau 6 – Détail des levés disponibles sur les zones de vidage.

N° zones de vidage		Zones 1.						Zones 2.			Zones 3.							Zones 4.		
Date des levés	Braud-Saint-Louis	1	2	3	5	6	8	1	2	4	1	2	3	4	5	7	1	3	4	
janv-07	x																			
févr-07	x	x	x	x																
mars-07								x												
oct-07										x	x								x	
nov-07	x	x	x	x			x	x	x						x	x				
déc-07													x	x						
janv-08	x																			
juin-08		x	x	x			x			x									x	
juil-08					x	x	x	x	x	x			x	x	x	x			x	
sept-08	x																			
févr-09	x										x									
mars-09	x					x				x										
août-09					x															

N° zones de vidage		Zones 1.						Zones 2.			Zones 3.							Zones 4.		
Date des levés	Braud-Saint-Louis	1	2	3	5	6	8	1	2	4	1	2	3	4	5	7	1	3	4	
sept-09		x	x	x																
oct-09	x									x										
déc-09							x													
janv-10	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								
oct-11							x			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	x	
sept-13											x	x		x		x				
oct-13	x																			

4.5.3.2. Suivi environnemental

Les zones d’immersion des sédiments ont fait l’objet d’un suivi environnemental mis en place sur 10 ans (période d’autorisation), conformément à l’arrêté préfectoral de 2006.

Les campagnes de prélèvement étaient initialement prévues tous les 3 ans (première campagne en 2007 et seconde en 2010). Finalement, le GPMB a jugé plus pertinent de réaliser des campagnes tous les ans, mais en se concentrant uniquement sur certaines zones.

Pour cette raison, les suivis de 2011 et 2012 ont concerné les zones de vidage 2.4, 3,1 et 3.2, parmi les plus utilisées, puis la nouvelle zone d’immersion à l’embouchure.

Des prélèvements sédimentaires sont réalisés à chaque campagne, sur chacune des 3 zones de vidage. Les échantillons de sédiments constitués font l’objet d’analyses :

- analyses physico-chimiques ;
- analyses des principaux contaminants ;
- analyses de la faune benthique.

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

5.1. VALIDITE DES DONNEES

5.1.1. Données de connaissance

5.1.1.1. Nature et qualité des sédiments dragués

Un suivi annuel de la nature et de la qualité des sédiments sur les zones draguées est réalisé par le GPMB, conformément aux prescriptions de son arrêté préfectoral.

Il convient premièrement de noter que ce suivi, qui est réalisé conformément à la réglementation, n'est pas nécessairement représentatif de ce qui est dragué (évolution saisonnière des dépôts).

D'autre part, les analyses réalisées sur les échantillons prélevés annuellement sur les zones draguées sont effectuées conformément à la réglementation, au regard des seuils N1 et N2 pris comme référence vis-à-vis de l'immersion en mer des sédiments dragués. Toutefois :

- Les valeurs N1 et N2 ne sont pas adaptées aux problématiques d'écotoxicité (cf. fiche thématique n°4 Contamination) ;
- Les analyses réalisées ne rendent pas compte de la spéciation des contaminants chimiques dans les sédiments.

Pour ces différentes raisons, les analyses réalisées ne sont pas en cohérence avec toutes les problématiques de l'estuaire.

Compte tenu de l'importance de ces deux paramètres (nature et qualité des sédiments dragués), il apparaît plus que nécessaire de mettre en place une campagne et des analyses pour répondre à ces incertitudes.

5.1.1.2. Caractérisation des zones draguées et des zones de dépôt

Les suivis réalisés sur les zones draguées et les zones de dépôt concernent exclusivement des analyses bio-sédimentaires et bio-géochimiques, conformément aux arrêtés. Dans le cadre de l'élaboration d'un plan de gestion, et au regard des mesures et campagnes réalisées sur d'autres estuaires (français et européens), cela reste très partiel.

En général, des campagnes ou des mesures en continu sont réalisés sur les sites d'immersion afin de caractériser finement les conditions hydrodynamiques locales et de transport sédimentaire.

5.1.2. Pratiques du GPMB

5.1.2.1. Les dragages

Les données brutes fournies par le GPMB, l'analyse réalisée par Adict, l'analyse des données récentes que nous avons menée, nous ont permis de comprendre et de comparer la pratique à la théorie d'un schéma de dragage choisi par le GPMB.

Ces données devront être analysées plus en détails lors de l'étape 2 – diagnostic, pour comprendre certaines évolutions.

A l'issue de l'étape 1, nous nous interrogeons sur la pratique de la surverse lors des opérations de dragage dans l'estuaire : cette pratique est-elle toujours mise en œuvre ? Dans quels secteurs ? Quelle est la réelle plus-value liée à cette technique ? Est-elle vraiment justifiée ? Nous répondrons à ces questions lors de l'étape 2 de l'étude, en intégrant également les remarques du service dragage du GPMB.

Des expérimentations sur la technique d'injection d'eau ont permis, entre 2009 et 2011, d'analyser l'efficacité de cette pratique, son applicabilité à certains secteurs de l'estuaire, de suivre les effets et incidences de cette technique. Toutefois cette pratique n'a pas été mise en œuvre dans l'estuaire depuis cette phase d'expérimentation.

Depuis le début de l'année 2015, le GPMB procède à de nouvelles expérimentations sur de nouveaux secteurs de l'estuaire. Il faudra voir dans quelle mesure le résultat de ces expérimentations peut être intégré dans l'étude actuelle.

Le devenir des matériaux clapés, à court, moyen et long termes est fondamental dans le cadre de la réflexion sur la gestion des sédiments dragués et clapés dans l'estuaire.

Geo-Transfert a réalisé en 2012 pour le compte du GPMB le suivi (court terme) en nature de l'extension spatio-temporelle du nuage turbide généré par le dragage avec la DAM Pierre Lefort.

- Les résultats permettent de décrire dans l'espace l'extension du panache turbide provoqué par la DAM. En revanche l'évolution dans le temps n'est pas analysée.
- Les techniques opératoires de la drague ont une importance sur les remises en suspension ; ces informations (i.e. enfouissement de l'élinde, surverse de densification, ...) ne sont pas précisées dans l'étude.
- Les concentrations en MES décrites (plusieurs g/L) sont très élevées par rapport aux valeurs trouvées dans la littérature (<1 g/L). Aucune analyse comparative n'est présentée dans l'étude.

5.1.2.2. Les immersions

La gestion actuelle des immersions répond à un objectif principalement économique : immersion des sédiments sur les zones de dépôt les plus proches des zones draguées. Ce mode de gestion n'intègre pas le fonctionnement hydrosédimentaire de l'estuaire.

La seule prise en compte concerne l'arrêt des immersions de la DAM dans la Garonne pour limiter l'apport de MES dans une zone sous l'influence du bouchon vaseux.

Geo-Transfert a réalisé en 2012 le suivi des processus physiques associés au clapage du chargement de la DAM Pierre Lefort :

- Les résultats décrivent, dans l'espace, l'extension du panache turbide / nuage turbide suivant le clapage sur la zone de vidage 1.8. L'évolution dans le temps du panache n'est pas étudiée.
- Les différents processus physiques décrits nous semblent confus : phase dynamique / descente en masse, panache turbide et nuage turbide de surface. A noter que les retours d'expérience en Loire ont montré les limites de la méthode et de la technique de l'ADCP dans le suivi du panache. Notamment les 3 premières minutes après le clapage ne peuvent pas faire l'objet de mesures dû aux limitations techniques de l'ADCP. Ce point n'est pas bloquant pour l'étude sachant que cette phase très dynamique n'est pas modélisée.

Les processus d'évolutions, à court, moyen et long termes des sites d'immersion ne sont pas connus.

5.2. JUSTIFICATION CONCERNANT L'ACQUISITION DE NOUVELLES DONNEES

Nous anticipons un peu sur l'étape 2 de la mission qui concernera le diagnostic des opérations et permettra de préciser les questionnements inhérents à la gestion des sédiments.

Toutefois, dès maintenant, des problématiques se dégagent ; nos implications sur les autres estuaires, notamment en Loire et en Seine, nous permettent d'avoir un regard critique sur les données existantes et l'état des connaissances dans l'estuaire de la Gironde.

5.2.1. Sur la nature et la qualité des sédiments dragués et immergés

La réalisation de campagnes de prélèvement sédimentaires spécifiques, corrélées avec des opérations de dragage-immersion, est justifiée ; ainsi que des analyses plus complètes sur les échantillons sédimentaires.

Ces prélèvements (puis de drague, zone de dragage avant dragage, zone de dépôt après immersion) permettront certainement de mieux cerner les processus (physiques et géochimiques) en jeu au cours des opérations de dragage et d'immersion. Celles-ci sont décrites dans la fiche thématique n°4 Contamination Eaux – sédiments- biota.

5.2.2. Sur la caractérisation des sites d'immersion

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

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

Ces informations seront utiles pour mieux comprendre et prendre en compte le transport sédimentaire dans le choix des sites d'immersion.

Des stations de mesures fixes, fixées sur les fonds pour une période donnée, pourrait apporter ce type d'informations.

Le dispositif de mesures serait immergé pendant une durée minimale de 15 jours. Cette période est minimale de façon à observer différentes conditions de marée (VE – ME, déchet – revif).

A ce stade d'état des lieux, avant le diagnostic, il n'est pas possible de cerner quelles zones de vidage présentent le plus d'intérêt à investiguer. Compte-tenu de la gestion actuelle, on pourrait toutefois se focaliser sur les sites les plus utilisés, c'est-à-dire les zones 1.8, 2.4, 3.4 et 3.7. Cependant le seul intérêt avéré de ces 4 zones est économique : zones de vidage proches des zones les plus draguées.

5.2.3. Sur le devenir des sédiments lors des dragages

Le dragage par aspiration est aujourd'hui bien connu, notamment grâce à de nombreuses campagnes de mesures réalisées à travers le monde.

Une question liée aux pratiques du GPMB qui devra être levée concerne la surverse : avec la nouvelle DAM *Anita Conti*, la surverse est-elle pratiquée ? Quel est son intérêt ?

Le GPMB peut aisément apporter des éléments d'analyse en relevant dans un registre les renseignements suivants : la durée de la surverse, l'optimisation de la densité en puits au cours de la surverse, le temps de navigation entre le lieu de dragage et le lieu de dépôt.

Le dragage par injection d'eau (DIE) nécessite une connaissance plus locale puisque les effets dépendent du matériau dragué, des conditions hydrodynamiques locales. Les suivis mis en place par le GPMB lors des expérimentations du DIE sur la Gironde renseignent sur les questions hydrosédimentaires liées à cette technique. Ces suivis entrepris par le GPMB sont à l'image de ce qui est fait de mieux en Europe sur cette technique de dragage. Une nouvelle expérimentation a été menée par le GPMB en 2015 ; il conviendra de voir comment les éléments de connaissance liée à cette dernière expérimentation pourront être intégrés à la mission en cours.

5.2.4. Synthèse des investigations proposées

Les investigations que nous suggérons de mener dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion des sédiments de dragage sont synthétisées dans le tableau ci-dessous.

Tableau 7 – Investigations proposées dans le cadre de l'élaboration du plan de gestion des sédiments de dragage

Thématique	Objectifs	Besoins	Localisation	Fréquence / durée
Qualité des sédiments dragués et immergés	<ul style="list-style-type: none"> - Caractériser la nature des sédiments dragués et état de contamination - Analyser les processus géochimiques au cours des opérations de dragage et d'immersion 	Prélèvements sédimentaires sur la zone de dragage (juste avant dragage), dans le puits, sur la zone de vidage juste après clapage. Analyses physico-chimiques + écotoxicité	Sur les zones les plus draguées : <ul style="list-style-type: none"> - estuaire aval : By ou Goulée ou Richard - estuaire central : Saint-Julien-Pauillac - estuaire amont : Caillou ou Pachan ou Bellerive 	1 fois, à ajuster selon les résultats
Caractérisation des sites d'immersion	<ul style="list-style-type: none"> - Etudier les conditions hydrodynamiques et hydrosédimentaires des zones de vidage : forçages, flux érosifs 	Pose de stations de mesures fixes, munies de capteurs (niveau, courant, MES) sur la colonne d'eau	Proposition à ce stade : sur les 4 zones les plus utilisées (1.8, 2.4, 3.4 et 3.7) ou à définir selon les résultats de la modélisation	Pendant une période minimale de 15 jours (morte-eau – vive-eau)

oOo

ANNEXE 1 : TABLEAUX DE SYNTHESE D'ANALYSE DE LA QUALITE DES SEDIMENTS – ANNEES 2010 A 2014