
DRAGAGE D'ENTRETIEN DU CHENAL DE NAVIGATION, DES OUVRAGES PORTUAIRES ET DE LEURS ACCES ET GESTION DES SEDIMENTS DRAGUES



SOURCE : GPMB

AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE

PIECE 4: ETUDE D'IMPACT SUR L'ENVIRONNEMENT

VERSION 5

ARTELIA Eau & Environnement

Branche MARITIME

6 rue de Lorraine

38130 - Echirolles

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

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



ARTELIA



idra
INGENIERIE

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

N° 8 71 3583-2 – Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués par le Grand Port Maritime de Bordeaux AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE Pièce 4 : Etude d'impact					
5	Prise en compte des remarques du GPMB et de OTEIS du 27 sept. 2017	TSD	TSD	SLX	04/10/2017
4	Prise en compte des remarques de la DDTM de juillet 2017	TSD	TSD	SLX	11/09/2017
3	Prise en compte des remarques du GPMB du 7 et 11 juillet 2017	TSD	TSD	SLX	18/07/2017
2	Etat initial + description du projet (§2.3°)+ analyse des effets (§5) + description des solutions de substitution (§8) + mesures réductrice (§10) + intégration des remarques du GPMB formulées en réunion du 19/06/2017	TSD	LTT	SLX	23/06/2017
1	Etat initial	TSD	LTT	SLX	06/04/2017
Version	Description	Rédaction	Vérifié	Approuvé	Date

SOMMAIRE

1. CONSTITUTION DU DOSSIER	16
1.1. PRESENTATION DU PORTEUR DE PROJET	16
1.1.1. CIRCONSCRIPTION DU GPMB	16
1.1.2. MISSIONS DU GPMB	16
1.1.3. TRAFIC DU GPMB	16
1.2. CONTEXTE DE LA DEMANDE	17
1.3. CONTEXTE REGLEMENTAIRE	18
1.3.1. EVALUATION ENVIRONNEMENTALE (ETUDE D'IMPACT)	18
1.3.2. DOSSIER D'AUTORISATION ENVIRONNEMENTALE	21
1.3.3. DOSSIER D'EVALUATION DES INCIDENCES NATURA 2000 (L.414-4 DU CODE DE L'ENVIRONNEMENT)	22
1.3.4. DOSSIER D'ENQUETE PUBLIQUE	24
1.3.5. BILAN REGLEMENTAIRE	24
2. DESCRIPTION DU PROJET	25
2.1. OBJECTIF : NAVIGATION ET MAINTIEN DES ACCES NAUTIQUES	25
2.2. PRESENTATION GENERALE DES ZONES DE DRAGAGE ET D'IMMERSION	25
2.2.1. CARACTERISTIQUES DES ZONES DE DRAGAGE	25
2.2.1.1. Chenal de navigation / passes	25
2.2.1.2. Ouvrages portuaires	27
2.2.2. CARACTERISTIQUES DES ZONES D'IMMERSION	28
2.3. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX DRAGUES ET IMMERGES	29
2.3.1. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX DE DRAGAGE	29
2.3.1.1. Prélèvements et analyses	29
2.3.1.2. Rappel des seuils réglementaires	30
2.3.1.3. Nature des sédiments dragués (2010-2014)	32
2.3.2. CARACTERISTIQUES DES SEDIMENTS SUR LES SITES D'IMMERSION	37
2.4. DESCRIPTION DES MOYENS DE DRAGAGE / IMMERSION	38
2.4.1. DRAGUE ASPIRATRICE EN MARCHÉ	38
2.4.1.1. Principe	38
2.4.1.2. Objectifs et drague utilisée par le GPMB	39
2.4.2. DRAGUE ASPIRATRICE STATIONNAIRE	39
2.4.2.1. Principe	39
2.4.2.2. Objectifs et drague utilisée par le GPMB	40
2.4.3. DRAGUE A BENNE	40
2.4.3.1. Principe	40
2.4.3.2. Objectif et engins utilisés par le GPMB	40
2.4.4. DRAGUE A INJECTION D'EAU	41
2.4.4.1. Principe	41
2.4.4.2. Objectifs et drague utilisée par le GPMB	42

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

2.5. DESCRIPTION DES OPERATIONS	43
2.5.1. PRINCIPE DES OPERATIONS	43
2.5.2. OPERATIONS DE DRAGAGE	43
2.5.3. ZONES D'IMMERSION	44
2.5.4. STRATEGIE DE DRAGAGE ET D'IMMERSION	45
2.5.4.1. Dragage et immersion en fonction de l'hydrologie	45
2.5.4.2. Organisation des opérations d'immersion	46

3. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL : DESCRIPTION DES ASPECTS PERTINENTS DE L'ETAT ACTUEL

3.1. MILIEU PHYSIQUE	47
3.1.1. METEOROLOGIE – CLIMAT	47
3.1.1.1. Température de l'air	47
3.1.1.2. Précipitations	47
3.1.1.3. Ensoleillement	48
3.1.1.4. Vents	48
3.1.2. CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES	48
3.1.2.1. Cadre général	48
3.1.2.2. Genèse de l'estuaire de la Gironde	49
3.1.3. CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES	49
3.1.3.1. Géomorphologie de l'estuaire et de l'embouchure de la Gironde	50
3.1.3.2. Géomorphologie des rives et des berges	51
3.1.4. HYDRODYNAMIQUE	53
3.1.4.1. Débit fluviaux	53
3.1.4.2. Marée et niveaux d'eau	56
3.1.4.3. Courants de marée	58
3.1.4.4. Circulation résiduelle	59
3.1.4.5. Bilan sur la thématique hydrodynamique	61
3.1.5. HYDROSEDIMENTAIRE	61
3.1.5.1. Evolution hydrosédimentaire générale de l'estuaire	61
3.1.5.2. Evolution hydrosédimentaires des zones d'immersion	72
3.1.6. HYDROGEOLOGIE	72
3.1.6.1. Aquifères des Terrasses sous-flandriennes	73
3.1.6.2. Aquifère de l'Eocène moyen	73
3.1.7. ACOUSTIQUE	74
3.1.7.1. Bruit ambiant aérien	74
3.1.7.2. Bruit ambiant marin	76
3.1.8. RISQUES NATURELS	77
3.1.8.1. Tempête	77
3.1.8.2. Risque sismique	78
3.1.9. SYNTHESE « ETAT INITIAL : MILIEU PHYSIQUE »	80
3.2. QUALITE DU MILIEU	81
3.2.1. QUALITE DES EAUX DE L'ESTUAIRE	81
3.2.1.1. Caractéristiques physiques des eaux (température, salinité, MES)	81
3.2.1.2. Caractéristiques chimiques des eaux (oxygène dissous, nitrates, nitrites...)	85
3.2.1.3. Matière organique - Chlorophylle a	90

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.2.1.4.	Caractéristiques bactériologiques des eaux	90
3.2.2.	QUALITE DES SEDIMENTS	92
3.2.2.1.	A l'échelle de l'estuaire	92
3.2.2.2.	Sédiments dragués	96
3.2.3.	QUALITE DE LA MATIERE VIVANTE	96
3.2.3.1.	Contamination chimique de la matière vivante (Réseau d'Observation de la contamination chimique –ROCCH)	97
3.2.3.2.	Qualité microbiologique de la matière vivante (Réseau microbiologique – REMI-)	98
3.2.3.3.	Qualité du phytoplancton et présence de phycotoxines (Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines – REPHY)	99
3.2.3.4.	Qualité de la matière vivante à l'échelle de l'estuaire	99
3.2.4.	QUALITE DE L'AIR	105
3.2.5.	SYNTHESE « ETAT INITIAL – QUALITE DU MILIEU »	106
3.3.	MILIEU VIVANT	107
3.3.1.	ZONES DE PROTECTION DU PATRIMOINE NATUREL	107
3.3.1.1.	Eléments de protection réglementaire	107
3.3.1.2.	Eléments de gestion contractuelle et engagement internationaux	110
3.3.1.3.	Inscription aux inventaires faunistiques et floristiques -ZNIEFF	111
3.3.2.	TRAME VERTE ET BLEUE	111
3.3.2.1.	Préambule	111
3.3.3.	PEUPELEMENTS BENTHIQUES	113
3.3.3.1.	A l'échelle de l'estuaire	113
3.3.3.2.	Peuplements benthiques sur les zones de dragage et d'immersion	117
3.3.4.	RESSOURCES HALIEUTIQUES	118
3.3.4.1.	Préambule	118
3.3.4.2.	Caractéristiques des espèces présentes	119
3.3.4.3.	Habitats	126
3.3.5.	AVIFAUNE	128
3.3.6.	MAMMIFERES MARINS	129
3.3.7.	TORTUES DE MER	130
3.3.8.	SYNTHESE « ETAT INITIAL : MILIEU VIVANT »	131
3.4.	PATRIMOINE CULTUREL	132
3.4.1.	ENTITES PAYSAGERES DE LA ZONE D'ETUDE	132
3.4.2.	ZONES DE PROTECTION DU PAYSAGE	133
3.4.2.1.	Site classé	133
3.4.2.2.	Site inscrit	134
3.4.2.3.	Monuments historiques	134
3.4.3.	SYNTHESE – « ETAT INITIAL : PATRIMOINE CULTUREL »	136
3.5.	MILIEU HUMAIN ET USAGES	137
3.5.1.	DEMOGRAPHIE – POPULATION	137
3.5.2.	NAVIGATION - TRAFIC	137
3.5.2.1.	Navigation et trafic commercial	137
3.5.2.2.	Navigation touristique et plaisance	140
3.5.3.	EXPLOITATION DE GRANULATS DANS L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE	142
3.5.4.	PECHE ET RESSOURCES HALIEUTIQUES DANS L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE	143
3.5.4.1.	Pêche dans l'estuaire de la Gironde	143

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.5.4.2. Activité	144
3.5.4.3. Espèces pêchées	144
3.5.4.4. Saisonnalité de la pêche	145
3.5.5. OSTREICULTURE	146
3.5.6. AQUACULTURE ET FERMES AQUACOLES DU MEDOC	147
3.5.7. CENTRALE DU BLAYAIS : PRISES ET REJETS D'EAU	148
3.5.7.1. Prises d'eau	148
3.5.7.2. Rejets d'eau	149
3.5.8. PRELEVEMENTS D'EAU	149
3.5.9. SYNTHESE « ETAT INITIAL : MILIEU HUMAIN ET USAGES »	152
3.6. BILAN DE L'ETAT INITIAL	153
4. DESCRIPTION DE L'EVOLUTION DE L'ETAT DE REFERENCE ET DE L'ETAT DU « SCENARIO PROJET »	157
4.1. PREAMBULE	157
4.2. EVOLUTION DU SCENARIO DE REFERENCE	157
4.2.1. DESCRIPTION DES OPERATIONS DE DRAGAGE ACTUELLEMENT MISES EN PLACE 157	
4.2.1.1. Stratégie actuelle de dragage/immersion	157
4.2.1.2. Immersion : pratiques et zones	158
4.2.2. ANALYSE DE L'EVOLUTION DE L'ETAT INITIAL AVEC LE MAINTIEN DES PRATIQUES ACTUELLES	159
4.3. SOLUTION DE L'ETAT PROJET	161
4.3.1. DESCRIPTION DES OPERATIONS DE DRAGAGE ENVISAGEES	161
4.3.2. ANALYSE DE L'EVOLUTION AVEC LA MISE EN PLACE DU PROJET	161
4.4. BILAN DES FACTEURS SUSCEPTIBLES D'ETRE AFFECTES PAR LES OPERATIONS	162
5. DESCRIPTION DES INCIDENCES NOTABLES QUE LE PROJET EST SUSCEPTIBLE D'AVOIR AVEC L'ENVIRONNEMENT	164
5.1. PREAMBULE	164
5.1.1. METHODOLOGIE DE QUALIFICATION DES INCIDENCES ET IMPACTS	164
5.1.2. EVALUATION DES INCIDENCES DES TRAVAUX DE DRAGAGE / IMMERSION	165
5.2. IMPACTS DES OPERATIONS DE DRAGAGE	168
5.2.1. DRAGAGES PAR ASPIRATION EN MARCHÉ (DAM)	168
5.2.2. DRAGAGE A INJECTION D'EAU (DIE)	169
5.2.2.1. Rappel du principe du DIE	169
5.2.2.2. Devenir des sédiments remis en suspension par le DIE	169
5.2.3. DRAGAGE ASPIRATRICE STATIONNAIRE (DAS)	175
5.2.4. DRAGAGE MECANIQUE (DAB)	175
5.3. DEVENIR DES SEDIMENTS IMMERGÉS	177
5.3.1. IMMERSION DES SEDIMENTS PAR LA DRAGUE ASPIRATRICE STATIONNAIRE OU LA DRAGUE MECANIQUE	177
5.3.1.1. Processus lors de l'immersion	177

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.3.1.2.	Dépôt et stabilité des sédiments dragués sur les zones de vidage	177
5.3.1.3.	Devenir des sédiments non stabilisés	179
5.3.1.4.	Devenir des sédiments rejetés par conduite (DAS)	183
5.4.	EFFETS SUR LE MILIEU PHYSIQUE	185
5.4.1.	EFFETS SUR LA METEOROLOGIE – CLIMAT - VULNERABILITE DU PROJET AU CHANGEMENT CLIMATIQUE	185
5.4.2.	EFFETS SUR LA BATHYMETRIE	185
5.4.2.1.	Opérations de dragage	185
5.4.2.2.	Opérations d'immersion / rejet	186
5.4.2.3.	Bilan	186
5.4.3.	EFFETS SUR LES CARACTERISTIQUES GEOLOGIQUES	186
5.4.4.	EFFETS SUR LES CARACTERISTIQUES GEOMORPHOLOGIQUES	187
5.4.5.	EFFETS SUR L'HYDRODYNAMIQUE	187
5.4.6.	EFFETS SUR LA DYNAMIQUE HYDROSEDIMENTAIRE	190
5.4.7.	EFFETS SUR L'HYDROGEOLOGIE	191
5.4.8.	EFFETS SUR L'ACOUSTIQUE	192
5.4.9.	SYNTHESE DES EFFETS SUR LE MILIEU PHYSIQUE	193
5.5.	EFFETS SUR LA QUALITE DU MILIEU	195
5.5.1.	EFFETS SUR LA QUALITE DES EAUX	195
5.5.1.1.	Effets sur l'oxygénation des eaux de l'estuaire	195
5.5.1.2.	Effets sur la qualité chimique des eaux de l'estuaire	199
5.5.1.3.	Effets sur la qualité bactériologique des eaux de l'estuaire	201
5.5.2.	EFFETS SUR LA QUALITE DES SEDIMENTS	202
5.5.3.	EFFETS SUR LA QUALITE DE LA MATIERE VIVANTE	204
5.5.4.	EFFETS SUR LA QUALITE DE L'AIR	205
5.5.5.	SYNTHESE DES EFFETS SUR LA QUALITE DU MILIEU	206
5.6.	EFFETS SUR LE MILIEU VIVANT	207
5.6.1.	EFFETS SUR LES ORGANISMES PLANCTONIQUES DE L'ESTUAIRE	207
5.6.1.1.	Effets des opérations de dragage	207
5.6.1.2.	Effets des opérations d'immersion	207
5.6.2.	EFFETS SUR LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES	208
5.6.2.1.	Effets des dragages sur les peuplements benthiques	209
5.6.2.2.	Effets des immersions / rejets sur les peuplements benthiques	210
5.6.3.	EFFETS SUR LA RESSOURCE HALIEUTIQUE	213
5.6.3.1.	Effets des dragages	213
5.6.3.2.	Effets des immersions	216
5.6.4.	EFFETS SUR L'AVIFAUNE	217
5.6.4.1.	Incidences possibles sur l'alimentation des oiseaux de mer	217
5.6.4.2.	Incidences possibles sur le dérangement	218
5.6.4.3.	Bilan sur les incidences sur l'avifaune	218
5.6.5.	SYNTHESE DES EFFETS SUR LE MILIEU VIVANT	218
5.7.	EFFETS SUR LE PATRIMOINE CULTUREL	220
5.7.1.	EFFETS SUR LE PAYSAGE	220
5.7.2.	EFFETS SUR LE PATRIMOINE ARCHEOLOGIQUE	220
5.7.3.	SYNTHESE DES EFFETS SUR LE PATRIMOINE CULTUREL	220

5.8. EFFETS SUR LE MILIEU HUMAIN ET USAGES	221
5.8.1. EFFETS SUR LA POPULATION –SANTÉ HUMAINE	221
5.8.2. EFFETS SUR LA NAVIGATION - TRAFIC	222
5.8.3. EFFET SUR LA PÊCHE ET RESSOURCES HALIEUTIQUES DANS L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE	222
5.8.4. EFFETS SUR L'OSTREICULTURE, SUR L'AQUACULTURE ET FERMES AQUACOLES DU MEDOC	222
5.8.5. EFFETS SUR LES PRISES ET REJETS D'EAU DE LA CENTRALE DU BLAYAIS	224
5.8.6. EFFETS SUR LES PRELEVEMENTS D'EAU	224
5.8.7. EFFETS SUR LA PLAISANCE	224
5.8.8. EFFETS SUR LA BAINNADE	225
5.8.9. EFFET SUR LES SERVITUDES – RESEAUX	225
5.8.10. SYNTHÈSE « EFFETS SUR LE MILIEU HUMAIN ET USAGES »	226
6. ANALYSE DU CUMUL DES INCIDENCES AVEC D'AUTRES PROJETS EXISTANTS OU APPROUVÉS	227
6.1. PREAMBULE	227
6.2. DESCRIPTION DES PROJETS IDENTIFIÉS, À PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DES EFFETS CUMULÉS DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS	227
6.2.1. EFFETS CUMULÉS AVEC LE PROJET DE PONT DE JEAN-JACQUES BOSCH	228
6.2.2. EFFETS CUMULÉS AVEC LES DRAGAGES DES PETITS PORTS DE L'ESTUAIRE	229
6.2.2.1. Description des opérations de dragage des petits ports	229
6.2.2.2. Analyse des effets cumulés	231
7. DESCRIPTION DES INCIDENCES NÉGATIVES NOTABLES ATTENDUES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT QUI RESULTENT DE LA VULNÉRABILITÉ DU PROJET À DES RISQUES D'ACCIDENTS OU DE CATASTROPHES	233
8. DESCRIPTION DES SOLUTIONS DE SUBSTITUTION RAISONNABLES EXAMINÉES - RAISONS DU CHOIX EFFECTUÉ	234
8.1. DÉFINITION DES SCÉNARIOS DE GESTION DU PGS	234
8.1.1. MÉTHODOLOGIE	234
8.1.2. PHASE 1 : PRÉ-ANALYSE D'UNE LISTE ÉLARGIE D'ACTIONNEMENTS	235
8.1.2.1. Principe	235
8.1.2.2. Exemple de deux actions non retenues	237
8.1.3. PHASE 2 : ANALYSE DÉTAILLÉE DES ACTIONS RETENUES	238
8.1.4. PHASE 3 : DÉFINITION DE DEUX SCÉNARIOS DE GESTION	239
8.1.5. DESCRIPTION DES ACTIONS DU PGS	240
8.2. BILAN : DESCRIPTION DES ACTIONS RETENUES DANS LE PGS	242
9. COMPATIBILITÉ DU PROJET AVEC LES TEXTES RÉGLEMENTAIRES	243

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

9.1. COMPATIBILITE AVEC LA DIRECTIVE CADRE STRATEGIE POUR LE MILIEU MARIN	243
9.1.1. PREAMBULE	243
9.1.2. COMPATIBILITE DU PROJET	244
9.2. COMPATIBILITE AVEC LE SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (SDAGE)	245
9.3. COMPATIBILITE AVEC LE SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (SAGE)	246
9.3.1. PREAMBULE	246
9.3.2. COMPATIBILITE DU PROJET	247
9.4. COMPATIBILITE AVEC LE SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX DES NAPPES PROFONDES DE GIRONDE	248
9.5. COMPATIBILITE AVEC LE PARC NATUREL MARIN DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE	249
9.5.1. PREAMBULE	249
9.5.2. COMPATIBILITE DU PROJET	250
9.6. COMPATIBILITE AVEC LE SCHEMA REGIONAL DE COHERENCE ECOLOGIQUE AQUITAINE	250
10. MESURES D'EVITEMENT, REDUCTRICES / COMPENSATRICES / D'ACCOMPAGNEMENT	252
10.1. PREAMBULE	252
10.2. ACTIONS DEJA MISES EN PLACE ET CONSERVEES DANS LE CADRE DU PROJET	253
10.2.1. DRAGAGE DES BASSINS A FLOTS EN FONCTION DU DEBIT	253
10.2.2. INTERVENTION DU DRAGAGE EN FONCTION DE L'HYDROLOGIE (EN FONCTION DE LA POSITION DU BOUCHON VASEUX)	253
10.2.3. MAINTIEN DES ZONES D'IMMERSION ACTUELLES (PRATIQUE ACTUELLE)	253
10.2.4. PRIVILEGIER LES ZONES D'IMMERSION AU DROIT OU EN AVAL DU CHANTIER	253
10.2.5. ABSENCE D'IMMERSION SUR LES ZONES INTERTIDALES (ESTRAN)	253
10.3. NOUVELLES ACTIONS ENVISAGEES	254
10.3.1. DEVELOPPER/GENERALISER L'UTILISATION DU DIE	254
10.3.1.1. Utilisation préférentiellement seul en Garonne en fonction de l'O2 dissous et/ou débit	254
10.3.1.2. Utilisation du DIE après intervention de la DAM	254
10.3.1.3. Remplacement plus systématique de la drague mécanique par la DIE	255
10.3.2. SUPPRESSION DE TROIS ZONES D'IMMERSION EN GARONNE	255
10.3.3. ARRET PARTIEL LOCALISE DES IMMERSIONS (FENETRE BIO)	255
10.3.4. REPARTITION DES SEDIMENTS SUR LA ZONE D'IMMERSION POUR FAVORISER UN DEPOT HOMOGENE	256
11. MESURES DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL, ETUDES ET EXPERIMENTATIONS	257
11.1. SUIVIS GENERAUX	257

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

11.1.1. SUIVI BATHYMETRIQUE _____	257
11.1.2. SUIVI DE LA QUALITE PHYSICO-CHIMIQUES DES SEDIMENTS DRAGUES _____	257
11.1.3. SUIVI DES PEUPELEMENTS BENTHIQUES _____	257
11.2. SUIVIS SPECIFIQUES : DIE _____	258
11.3. EXPERIMENTATIONS _____	258
11.3.1. DRAGAGE « EN CONTINU » _____	258
11.3.1.1. Objectifs de l'action et enjeux associés _____	259
11.3.1.2. Description de l'action _____	259
11.3.1.3. Suivis et surveillance _____	259
11.3.2. IMMERSION DANS LES FOSSES NATURELLES DU CHENAL _____	259
11.3.2.1. Objectifs de l'action et enjeux associés _____	259
11.3.2.2. Description de l'action _____	259
11.3.2.3. Etudes / Investigations complémentaires à réaliser (2019-2022) _____	260
11.3.3. IMMERSION PARTIELLE DES SEDIMENTS EN MER _____	260
11.3.3.1. Objectifs de l'action et enjeux associés _____	260
11.3.3.2. Description de l'action _____	260
11.3.3.3. Etudes / Investigations complémentaires à partir de 2023 _____	261
11.4. APPROFONDISSEMENT DES CONNAISSANCES DES IMPACTS DES IMMERSIONS SUR LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES ET LA DISPERSION DES CONTAMINANTS _____	262
12. DESCRIPTION DES METHODES DE PREVISION OU DES ELEMENTS PROBANTS UTILISES POUR IDENTIFIER ET EVALUER LES INCIDENCES NOTABLES SUR L'ENVIRONNEMENT _____	263
12.1. ANALYSE DES METHODES UTILISEES _____	263
12.1.1. DEFINITION DE L'ETAT INITIAL _____	263
12.1.2. ANALYSE DES EFFETS SUR L'ENVIRONNEMENT _____	265
12.2. DIFFICULTES TECHNIQUES RENCONTREES _____	265
12.2.1. DIFFICULTES RENCONTREES POUR L'ETABLISSEMENT DE L'ETAT INITIAL _____	265
12.2.2. DIFFICULTES RENCONTREES POUR L'ANALYSE DES EFFETS DU PROJET _____	265
13. REDACTEURS DE L'ETUDE _____	266
14. BIBLIOGRAPHIE _____	267

TABLEAUX

Tableau 1 : Catégorie d'aménagement soumis à étude d'impact	19
Tableau 2 – Zones draguées par le GPMB : cotes d'exploitation des chenaux de navigation	26
Tableau 3 – Zones de dragage par le GPMB : cotes d'exploitations des ouvrages portuaires	28
Tableau 4 – Principales caractéristiques des zones de vidage	29
Tableau 5 – Pour mémoire : caractéristiques des zones d'immersion 1.1, 1.2 et 1.3	29
Tableau 6 – Seuils réglementaires N1 et N2.....	30
Tableau 7 – Synthèse des résultats d'analyses en contaminants métalliques par rapport aux seuils N1 et N2. Années 2010 à 2014.....	34
Tableau 8 – Concentrations des éléments traces inorganiques dans les sédiments dragués du GPMB	37
Tableau 9 – Techniques de dragage avec le type de zone draguées de manière schématique	44
Tableau 10 – Techniques de dragage et de gestion des sédiments dragués envisagés pour le maintien des accès du GPMB.....	44
Tableau 11 – Relevé des précipitations annuelles des stations météorologiques les plus proches de la zone d'étude (PAB 2002)	47
Tableau 12 – Principales caractéristiques des données in situ disponibles	53
Tableau 13 – Niveaux caractéristiques de la marée, en m CM (RAM, SHOM 2013)	57
Tableau 14 – Principales caractéristiques du bouchon vaseux	65
Tableau 15 – Intensité de plusieurs sources sonores anthropiques	75
Tableau 16 – Niveau sonore à la surface de la mer en fonction de l'échelle Beaufort	75
Tableau 17 – Mesures acoustiques réalisées au niveau de Port des Callonges.....	75
Tableau 18 – Mesures acoustiques au niveau de la zone industrialo-portuaire d'Ambès	76
Tableau 19 –Caractéristiques des bruits émis par les navires.....	77
Tableau 20 – Principaux paramètres du milieu physique.....	80
Tableau 21 – Salinité moyenne pour différents zones de l'estuaire, en fonction du débit fluvial.....	83
Tableau 22 – Concentrations en MES à Bordeaux et Pauillac déterminées à partir du Réseau MAGEST pour 4 périodes hydrologiques (2005-2006, 2008-2009, 2010-2011 et 2012-2013).....	84
Tableau 23 – Principales caractéristiques de l'oxygène dissous dans l'estuaire.....	87
Tableau 24 – Résultat de la comparaison des concentrations moyennes à la Norme de Qualité Environnementale en concentration moyenne annuelle (NQE-MA) et qualité chimique de la masse d'eau - 2009	89
Tableau 25 – Résultat de la comparaison des concentrations maximales à la Norme de Qualité Environnementale en concentration maximale admissible (NQE-CMA) et qualité chimique de la masse d'eau - 2009.....	90
Tableau 26 : Qualité des eaux des plages suivies	91
Tableau 27 : Principales données existantes analysées – thématique : contamination	92
Tableau 28 : Seuils réglementaires du classement des zones de production (règlement 854-2004)	98
Tableau 29 : Niveaux de contamination en PCB des poissons analysés exprimée en ng.g-1 et ng.g lipide (d'après Tapie, 2006).....	101
Tableau 30 – Principaux paramètres de la qualité du milieu.....	106
Tableau 31 : Liste des espèces présentes dans l'estuaire de la Gironde.....	121
Tableau 32 : Liste des espèces bénéficiant d'un ou de plusieurs statuts de protection ou de conservation.	123
Tableau 33 – Principaux paramètres le milieu vivant.....	131
Tableau 34 – Principaux paramètres le patrimoine naturel.....	136
Tableau 35 – Principales caractéristiques du bassin urbain de l'estuaire de la Gironde	137
Tableau 36 – Principaux paramètres – Milieu humain et usages	153

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 37 – Principaux aspects pertinents de l'état actuel	154
Tableau 38 – Sensibilités environnementales de chaque volet du milieu.....	156
Tableau 39 : Principales actions mises en places actuellement	157
Tableau 40 – Programme théorique de dragage d'entretien sur une année	158
Tableau 41 – Principales incidences des actions actuellement mises en oeuvre.....	159
Tableau 42 – Récapitulatif des actions retenues dans le cadre de ce projet.....	161
Tableau 43 – Techniques de dragage et d'immersion envisagées pour le maintien des accès du GPMB ...	168
Tableau 44 – Suivis de chantiers du DIE dans l'estuaire de la Gironde par le GPMB depuis 2009.....	170
Tableau 45 – Exemples de mesures in-situ de remises en suspension sur le fond pour des dragues aspiratrices stationnaires (Anchor Environmental, 2003).....	175
Tableau 46 – Exemple de turbidité engendrée par une drague mécanique	176
Tableau 47 – Evolutions bathymétriques sur les zones de vidage et volumes clapés.	178
Tableau 48 – Nombre de jours /an pendant lequel la contrainte de 0,573 N/m ² est dépassée	179
Tableau 49 – Bilan des masses rejetées dans l'estuaire	180
Tableau 50 – Nombre de jours par an de dépassement du seuil de 500mg/l.....	182
Tableau 51 - Bruits sous-marins et fréquences couramment rencontrés (source : CEDA, 2012)	193
Tableau 52 – Principaux paramètres du milieu physique.....	194
Tableau 53 – Seuil de sensibilité des espèces aquatiques vis-à-vis des déficits en oxygène.....	196
Tableau 54 – Exemples de variations de l'oxygène dissous pendant un dragage à injection	197
Tableau 55 – Principaux paramètres de la qualité du milieu.....	206
Tableau 56 – Résultats des suivis des campagnes de suivis des opérations de DIE par le GPMB, sur les peuplements benthiques.....	209
Tableau 57 – Seuil de sensibilité des espèces aquatiques vis-à-vis des déficits en oxygène.....	214
Tableau 58 – Tolérance au déficit en oxygène des principales espèces rencontrées dans l'estuaire de la Loire (d'après HOCER, 2012)	215
Tableau 59 – Principaux paramètres de le milieu vivant.....	219
Tableau 60 – Principaux paramètres du patrimoine culturel	220
Tableau 61 – Principaux paramètres sur le milieu humain et usages.....	226
Tableau 62 – Volume annuel dragué dans les petits ports de l'estuaire – méthodes de dragage associées	230
Tableau 63 – Caractéristiques des sédiments dragués dans les petits ports de l'estuaire	231
Tableau 64 – Bilan des volumes dragués dans l'estuaire de la Gironde	232
Tableau 65 – Liste des actions retenues pour la pré-analyse de la phase 1	236
Tableau 66 : Volume immergé / valorisé en France.....	238
Tableau 67 – Actions retenues pour l'analyse plus détaillée	239
Tableau 68 – Récapitulatif des actions retenues dans le cadre du Plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde.....	241
Tableau 69 –Actions intégrées à la présence autorisation.....	242
Tableau 70 – Intérêt de la suppression des zones de vidage 1.1 à 1.3.....	255
Tableau 71 – Intérêt de l'arrêt localisé des immersions.....	256
Tableau 72 –Liste des personnes rencontrées (rencontre et/ou entretiens téléphoniques)	263
Tableau 73 –Principales sources bibliographiques	264

FIGURES

Figure 1. Fréquence de suivi bathymétrique des passes par le service hydrographique du GPMB.	27
Figure 2. Dragage en Marche (US ARMY - à gauche) et tête d'élinde de la DAM Samuel de Champlain (à droite).....	38
Figure 3. Photo de l'Anita Conti.....	39
Figure 4. Vue d'artiste du fonctionnement d'une drague aspiratrice stationnaire (US ARMY, à gauche) et DAS André Legendre du GPMNSN (à droite).....	39
Figure 5. Principe de fonctionnement d'une drague à benne (US ARMY).....	40
Figure 6. Photo de La Maqueline. Source : marine-marchande.net.....	41
Figure 7. Modélisation physique du courant de densité par Delft Hydraulics.....	41
Figure 8. Phases du dragage à injection.....	41
Figure 9. Forces s'exerçant sur le courant de densité (d'après Meyer, 2000).....	42
Figure 10. Diagramme des températures et des précipitations (station météorologique de Mérignac – 2014).....	47
Figure 11. Rose des vents (totalité des observations) au Sémaphore de la Coubre (Howa, 1987).....	48
Figure 12. Débits moyens annuels depuis 1959 (source MAGEST).....	55
Figure 13. Débits journaliers mesurés en Dordogne et Garonne, sur la période 2005-2014 (Artelia).....	55
Figure 14. Localisation des références de niveaux altimétriques.....	56
Figure 15. Courbes de marée aux marégraphes de l'estuaire (marée de vive-eau). D'après les données du GPMB. En cm / 0 étiage.....	58
Figure 16. Schématisation théorique des vitesses résiduelles dans un estuaire (Allen, 1972).....	59
Figure 17. Circulation résiduelle. Adapté de Allen, 1972.....	60
Figure 18. Faciès sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde (d'après Allen in Jouanneau et Latouche)....	62
Figure 19. Répartition du grain moyen dans l'embouchure de la Gironde (unité phi). Mallet, 1998.....	62
Figure 20. Illustration des phénomènes de bouchon vaseux et crème de vase. GIP Loire Estuaire.....	64
Figure 21. MES et salinité mesurés à la station MAREL de Pauillac en juin 2005. Adapté de Doxaran et al, 2009.....	66
Figure 22. Turbidité mesurée à Bordeaux sur 48h, dans 2 situations hydrologiques : à gauche, étiage et à droite, crue. (a) débit (b) turbidité et niveau d'eau (c) turbidité en fonction du niveau d'eau (Jalon Rojas et al., 2014).....	67
Figure 23 : Position du bouchon vaseux (source : A. SOTTOLICHIO, 1999).....	67
Figure 24 : Concentration en MES en fonction du débit à Pauillac (a) et Bordeaux (b) (source : A. SOTTOLICHIO, 2011).....	68
Figure 25. MES en janvier 2005 d'après données satellite MODIS Terra and Aqua. Adapté de Doxaran et al, 2009. Débit moyen : ~790 m ³ /s.....	69
Figure 26. Synthèse des 10 années de mesures, au niveau des 4 stations MAGEST. En fonction de l'hydrologie (hautes et basses eaux) et du marnage (vives-eaux et basses-eaux). Jalon Rojas et al, 2014. .70	70
Figure 27. Durée de présence du bouchon vaseux, par année, au niveau des 3 stations de mesures amont. Les hachures représentent la durée en période hivernale. Jalon Rojas et al., 2014.....	70
Figure 28. ZV2.4 - Evolution bathymétrique entre 2009 et 2010.....	72
Figure 29. Zonage sismique.....	78
Figure 30: Distribution spatiale des contaminants ETM en mg/kg dans les sédiments de surface de l'estuaire de la Gironde (Larrose, 2009 et 2011).....	93
Figure 31 : Concentration en cadmium dissous dans l'estuaire de la Gironde, en fonction de la salinité (‰) en 2001 (d'après Audry et al., 2007).....	94
Figure 32 : Localisation des stations de suivi.....	97
Figure 33 : Synthèse des niveaux de contamination en PCB des premiers maillons du réseau trophique de l'estuaire de la Gironde (Tapie, 2006).....	100

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 34 : Importance relative de chaque catégorie de proie dans le bol alimentaire de l'anguille européenne (Pascaud, 2006)	101
Figure 35 : Localisation des différentes stations d'échantillonnage, exprimée en points kilométriques (PK) dont l'origine est le pont de pierre de Bordeaux (PK0), afin de faciliter leur positionnement géographique (d'après KingWan., 2008).....	102
Figure 36 : Comparaison intersites des niveaux de contamination métallique chez les bivalves (d'après KingWan., 2008).....	103
Figure 37 : Délimitation du Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde	109
Figure 38 : Enjeux trame verte et bleue	113
Figure 39 : Extrait de Bachelet, 1985: Rôle du gradient de salinité dans la répartition des peuplements benthiques de l'estuaire de Gironde: distribution longitudinale du nombre total d'espèces S (a) et des principales espèces (b).....	115
Figure 40 : Localisation des échantillons prélevés	118
Figure 41 : Localisation des zones d'échantillonnage STURAT et DCE (à gauche) et des zones d'échantillonnage TRANSECT (à droite tiré de Girardin et Castelnaud 2013)	120
Figure 42 : Localisation des captures d'esturgeons européens (<i>Acipenser sturio</i>) sur la période de février 2007 à mai 2014 (déclarations captures accidentelles – points rouges) et sur la période de juin 2009 à juillet 2014 (échantillonnage scientifique, en, orange, les zones avec captures d'esturgeons, en jaune les zones sans captures)	123
Figure 43 : Représentation des estimations préliminaires des CPUE d' <i>Acipenser sturio</i> au cours de l'échantillonnage Sturat de l'année 2014.....	124
Figure 44 : Localisation et délimitation des trois aires d'habitats les plus utilisés pour la période 1995-2000 pour l'ensemble des traits de chalut de 1995 à 2000 pour les juvéniles d' <i>A. sturio</i> des cohortes 1994 et 1995 dans l'estuaire de la Gironde avec un seuil minimal de 1 ind/km ² (source : Brosse 2003).....	125
Figure 45 : Localisation de la zone de reproduction connue du Maigre (<i>Argyrosomus regius</i>) dans l'estuaire de la Gironde sur la base des éléments fournis dans Querro et Vayne (1987).	127
Figure 46 : Observations opportunistes de mammifères marins (1970-2008)	130
Figure 47 : Echouages de tortues Luth sur la côte Atlantique entre 1988 et 2008	131
Figure 48 : Vue aérienne du bourg de Talmont.....	134
Figure 49 : Photographies de quelques sites inscrits	134
Figure 50 : Localisation des monuments historiques sur l'estuaire de la Gironde	135
Figure 51 : Photographies de quelques monuments historiques	136
Figure 52. Trafic de marchandises des ports français en 2012 (source : Bilan annuel des ports et des voies navigables – Résultats 2012 – Juin 2013).....	138
Figure 53. Terminaux du Grand Port Maritime de Bordeaux (source : GPMB)	139
Figure 54. Répartition des escales des navires par terminal, en 2014 (source : GPMB)	139
Figure 55. Trafic du Port de Bordeaux en temps réel – 13/05/2015 (source : GPMB)	140
Figure 56. Périmètre d'exploitation concédé en juillet 2003, en rouge (Sogreah 2003). A droite, localisation du Platin de Grave dans le périmètre du SAGE (SAGE, 2009).	142
Figure 57. Limites réglementaires dans l'estuaire de la Gironde et principaux ports de pêche (Castelnaud et Cauvin, 2002).	143
Figure 58. Saisonnalité de la pêche dans l'estuaire de la Gironde. En noir : Pleine saison. En grisé : Pêche occasionnelle. En blanc : Hors saison. D'après CDPMEM 33	145
Figure 59. Classement des zones conchylicoles de l'estuaire de la Gironde. Transparent : Hors saison. D'après CDPMEM 33	146
Figure 60. Marais du Nord-Médoc (source : Géoportail).....	147
Figure 61. Vue depuis l'estuaire sur la CNPE du Blayais et prises d'eau amont et aval (source : energie.edf.com).....	148

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 62. Répartition des volumes prélevés par nappe (à gauche) et localisation des ouvrages et prélèvements pour la nappe de l'Eocène inférieur à moyen en 2008 (BRGM).....	149
Figure 63. Systèmes aquifères de l'Eocène inférieur à moyen (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM).....	150
Figure 64. Cartes de vulnérabilité (à gauche) et de risque (à droite) à la pénétration de chlorures dans l'aquifère de l'Eocène moyen (BRGM).	151
Figure 65. Volume mensuel moyen dragué entre 2000 et 2013.....	160
Figure 66. Inter-relations générales entre les différents milieux.....	163
Figure 67. Effets potentiels des dragages.....	166
Figure 68. Effets potentiels des immersions (immersion, rejet au fil de l'eau, ...).....	167
Figure 69. Déplacement temporel du point de rejet modélisé pour simuler les activités de Jetsed.....	173
Figure 70 : Concentration en MES au fond et en surface lors de l'expérimentation DIE de Bellerive.....	174
Figure 71. Distribution verticale des matériaux en suspension pour différents types de bennes preneuses (Hayes et al. 2000).....	176
Figure 72. Cartes de MES moyenne et maximale en vase –vue générale.....	181
Figure 73 : Courbes temporelles des masses de vases au sol dans les passes.....	183
Figure 74. Profil vertical des courants pendant un dragage à injection à Epon Harbour, Pays-Bas.....	188
Figure 75. Circulation du navire équipé de l'ADCP et exemple de rendu pseudo-3D dans l'estuaire de la GIRONDE.....	189
Figure 76. Emprise spatiale du courant de densité dans l'estuaire de la Gironde.....	190
Figure 77. Source de bruit sur les engins de dragage.....	192
Figure 78. Niveau de bruit à la source, suivant la phase d'activité (à gauche) et en comparaison avec un navire commercial (Oversas Harriette, à droite).....	193
Figure 79. Chute de la concentration en Oxygène dissous (D.O.) au cours du clapage d'une DAM (Jones-Lee et Lee 2005).....	196
Figure 80. Variation de l'oxygène dissous durant la campagne de dragage à injection dans le Limehouse Basin (British Waterways).....	197
Figure 81. Evolution de la concentration en oxygène dissous en fonction du point de prélèvement.....	198
Figure 82. Localisation des stations de prélèvement lors de l'opération de 2009 (DAS).....	212
Figure 83. Oiseaux marins se nourrissant dans le panache turbide provoqué par la surverse d'une drague hydraulique.....	217
Figure 84. Résultats de la modélisation : Evolution temporelle des MES au droit des marais.....	223
Figure 85. Résultats de la modélisation : Evolution temporelle des MES sur la Plage de la Grande Conche.....	225
Figure 86. Localisation du projet.....	228
Figure 87 : Synopsis de la méthodologie de définition des scénarios de gestion.....	235
Figure 88 : Ecrêtage de dunes ou de sillons de DAM par une DIE (STENGEL 2006).....	254

PLANCHES

Planche 1 : Localisation du projet

Planche 2 : Accès nautiques – zones de dragage et d'immersion

Planche 3 : Cotes d'exploitation des passes

Planche 4 : Plan d'échantillonnage

Planche 5 : Volumes moyens dragués par passe de 2000 à 2013

Planche 6 : Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires (2010 à 2012)

Planche 7 : Fraction sableuse dans les échantillons sédimentaires (2013 à 2014)

Planche 8 : Teneur en Al (2010 à 2012)

Planche 9 : Teneur en Al (2013 à 2014)

Planche 10 : Concentration en arsenic – 2011 à 2014

Planche 11 : Concentration en Cadmium– 2011 à 2014

Planche 12 : Concentration en Chrome – 2011 à 2014

Planche 13 : Concentration en Cuivre – 2011 à 2014

Planche 14 : Concentration en Mercure – 2011 à 2014

Planche 15 : Concentration en Nickel– 2011 à 2014

Planche 16 : Concentration en plomb – 2011 à 2014

Planche 17 : Concentration en zinc – 2011 à 2014

Planche 18 : Bilan des contaminants dans les sédiments dragués

Planche 19 : Carte géologique (Alain Ferral – 1970)

Planche 20 : Carte structurale schématique (Alain Ferral, 1970)

Planche 21 : Evolution schématique de la morphologie de l'estuaire

Planche 22 : Mouvements de terrain

Planche 23 : Périmètre du PAPI

Planche 24 : Température de l'eau

Planche 25 : Salinité : variation longitudinale

Planche 26 : Concentrations de MES à Bordeaux et Pauillac (source : d'après réseau MAGEST)

Planche 27 : Concentrations de MES en surface et fond en trois points de l'estuaire (source : d'après réseau SOMLIT)

Planche 28 : Qualité de l'eau – Eléments nutritifs (NH₄)

Planche 29 : Qualité de l'eau – Eléments nutritifs (NO₃)

Planche 30 : Qualité de l'eau – Eléments nutritifs (PO₄)

Planche 31 : Qualité de l'eau – Eléments nutritifs (SiOH₄)

Planche 32 : Qualité de l'eau – Eléments nutritifs (Chlorophylle a)

Planche 33 : Qualité de la matière vivante - Résultats ROCCH 085-P-007 Estuaire de la Gironde / La Fosse - Huître creuse

Planche 34 : Qualité de la matière vivante - Résultats ROCCH 084-P-015 et 16

Planche 35 : Classification des zones conchylicoles

Planche 36 : Natura 2000

Planche 37 : ZNIEFFS

- Planche 38 : Avifaune sur le site de projet de Parc Marin de l'estuaire de la Gironde et des Pertuis charentais
- Planche 39 : Sites inscrits – Sites classés
- Planche 40 : Répartition des types de pêche dans l'estuaire (Aglia, 2010)
- Planche 41 : Zones de pêche moyennes annuelles (Aglia, 2010)
- Planche 42 : Synthèse des principaux usages
- Planche 43 : Etude d'incidence du DIE - essai 2009 : Mesures de la turbidité
- Planche 44 : Etude d'incidence du DIE - essai 2010 : Analyse des MES
- Planche 45 : Résultats du calcul hydrosédimentaire du DIE en sept. 2009
- Planche 46 : ZV2.4 - Evolution bathymétrique entre 2008 et 2009
- Planche 47 : ZV2.4 - Evolution bathymétrique entre 2009 et 2010
- Planche 48 : ZV18 - Evolution bathymétrique entre 2008 et 2009
- Planche 49 : ZV18 - Evolution bathymétrique entre 2009 et 2010
- Planche 50 : Variabilité verticale des MES
- Planche 51 : MES MOYENNE (sur la verticale), moyenne et maximale en vase -zoom EMBOUCHURE
- Planche 52 : MES MOYENNE (sur la verticale), moyenne et maximale en vase -zoom VERDON LAMENA
- Planche 53 : Cartes de MES MOYENNE (sur la verticale), moyenne et maximale en vase -zoom Lamena ambes
- Planche 54 : Cartes de MES MOYENNE (sur la verticale), moyenne et maximale en vase -zoom Ambes –Bordeaux
- Planche 55 : Temps de dépassement t en jours du seuil de 50mg/l
- Planche 56 : Temps de dépassement t en jours du seuil de 500mg/l
- Planche 57 : Cartes de dépôt moyen et maximal -zoom embouchure
- Planche 58 : Cartes de dépôt moyen et maximal -zoom Verdon Laména
- Planche 59 : Cartes de dépôt moyen et maximal zoom Laména Ambès
- Planche 60 : Cartes de dépôt moyen et maximal - zoom Ambès-Bordeaux
- Planche 61 : Représentation spatiale des concentrations en cadmium
- Planche 62 : Volume - Dragage d'entretien des petits ports de l'estuaire de la Gironde
- Planche 63 : Méthode de dragage d'entretien des petits ports de l'estuaire de la Gironde

PRINCIPAUX SIGLES UTILISES :

- BAF : Bassin à flot
 COTECH : Comité technique (SMIDDEST, GPMB, Agence de l'Eau)
 DAM : Drague aspiratrice en marche
 DAS : Drague aspiratrice stationnaire
 DAB : Drague à Benne
 DIE : Dragage à injection d'eau
 MES : matières en suspension
 Mt : Millions de tonnes
 PGS : Plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde

1. CONSTITUTION DU DOSSIER

1.1. PRESENTATION DU PORTEUR DE PROJET

1.1.1. Circonscription du GPMB

La circonscription du Grand Port Maritime de Bordeaux s'étend :

- Sur le plan nautique : à l'embouchure de la Gironde, à l'estuaire de la Gironde et aux cours aval de la Garonne et de la Dordogne ;
- Sur le plan terrestre : aux zones portuaires, industrielles et commerciales de Bordeaux, Bassens, Grattequina, Ambès, Blaye, Pauillac et Le Verdon.

1.1.2. Missions du GPMB

Depuis la promulgation, le 04 juillet 2008, de la loi portant réforme portuaire, les ports autonomes sont devenus des Grands Ports Maritimes. Cette évolution des statuts a été l'occasion de confirmer certaines missions des ports et d'en ajouter de nouvelles, notamment dans le registre du Développement Durable.

Les missions des Grands Ports Maritimes, dont Bordeaux, sont :

- La réalisation, l'exploitation et l'entretien des accès nautiques ;
- La police, la sûreté et la sécurité, au sens des dispositions du livre III et les missions concourant au bon fonctionnement général du port ;
- La gestion et la valorisation du domaine dont il est propriétaire ou qui lui est affecté ;
- La gestion et la préservation du domaine public naturel et des espaces naturels dont il est propriétaire ou qui lui ont été affectés (consultation du CSEG sur les programmes d'aménagement affectant les espaces naturels) ;
- La construction et l'entretien de l'infrastructure portuaire, notamment des bassins et terre-pleins, ainsi que des voies et terminaux de desserte terrestre, notamment ferroviaire et fluviale ;
- La promotion de l'offre de dessertes ferroviaires et fluviales en coopération avec les opérateurs concernés ;
- L'aménagement et la gestion des zones industrielles ou logistiques liées à l'activité portuaire ;
- Les actions concourant à la promotion générale du port.

Dans le cadre de ces missions, le GPMB entretient le chenal de navigation par dragage. Le volume moyen dragué chaque année est d'environ 9 Mm³. Ces sédiments sont immergés en totalité sur 18 zones délimitées dans le lit de la Garonne et de la Gironde.

1.1.3. Trafic du GPMB

Avec un trafic de plus de 7,8 Mt en 2016, le port de Bordeaux se place au septième rang des Grands Ports Maritimes français. Les hydrocarbures constituent plus de la moitié des trafics ; les produits agro-alimentaires ont également une place importante.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Ce trafic génère environ 1300 mouvements de navires par an.

L'établissement portuaire gère sept terminaux portuaires situés sur les rives de l'estuaire entre Bordeaux et Le Verdon. Chaque terminal a ses propres trafics :

- Croisière à Bordeaux ;
- Céréales, multi-vracs, conteneurs et bois à Bassens ;
- Colis lourds et granulats à Grattequina ;
- Hydrocarbures et produits chimiques à Ambès ;
- Céréales et produits chimiques à Blaye ;
- Hydrocarbures et éléments de l'A380 à Pauillac ;
- Conteneurs au Verdon.

1.2. CONTEXTE DE LA DEMANDE

Les opérations d'entretien des profondeurs du chenal et des accès et ouvrages portuaires sont réalisées par le GPMB conformément aux dispositions de l'arrêté interpréfectoral n°05-0827 du 6 mars 2006 autorisant les dragages d'entretien du chenal et des ouvrages portuaires du port autonome de Bordeaux et des arrêtés modificatifs n° 07-0304 du 27 juillet 2007 et du 1er février 2011.

L'arrêté de 2006 autorise :

- Les opérations de dragage d'entretien du chenal de navigation
- les opérations nécessitées par l'exploitation des différents ouvrages portuaires ;
- Les opérations d'approfondissement du chenal d'accès ;
- Les opérations d'immersion associées à ces dragages.
- Le tout pour un volume moyen annuel de 8,4 Mm3.

Cet arrêté, d'une durée de 10 ans, est arrivé à échéance le 5 mars 2016. Un arrêté de connaissance (PAC) réalisé en 2015 a prolongé cette autorisation de dragage jusqu'au 31 décembre 2018 (arrêté du 04 avril 2016).

Un des objectifs visés par le SAGE est de garantir les conditions d'une navigation intégrant au mieux les enjeux de préservation des écosystèmes. Le SAGE a réaffirmé également l'importance du maintien des conditions de navigation commerciale dans le chenal qui représente un support majeur des activités économiques locales.

Concomitamment, le SAGE doit organiser les conditions :

- D'élaboration d'un plan de gestion des sédiments pour réduire l'exposition de l'écosystème aux métaux lourds, préserver les habitats benthiques et limiter les impacts potentiels sur les enjeux sédimentaires ;
- De préservation de la circulation piscicole, notamment entre les îles de l'estuaire médian ;
- De clarification des compétences des petits ports et esters (ceux dont les opérations de dragage ne sont pas soumises à déclaration ou à autorisation) ;
- D'amélioration des pratiques de gestion et d'entretien des ports.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Ainsi, dans sa disposition N1, le SAGE recommande l'élaboration dans un délai de 3 ans après sa publication d'un Plan de Gestion des Sédiments (PGS). La bonne gestion des vases des ports et du chenal de navigation (sédiments récents et fréquemment remobilisés) est ainsi reconnue comme un enjeu majeur par le SAGE pour le bon fonctionnement de l'écosystème estuarien. Elle doit être abordée de façon globale, en intégrant les principaux acteurs remobilisant les sédiments de l'estuaire.

Cette disposition précise que le plan de gestion des vases devra être réalisé conformément à la disposition F20 du SDAGE-PDM 2010-2015. Bien que ce document ait été remplacé, en 2015, par le SDAGE-PDM 2016-2021, ce dernier rappelle, par l'orientation D11, que l'objectif est de limiter les incidences de la navigation et des activités nautiques en milieu fluvial et estuarien

« Dans les eaux douces et de transition (dispositions B36 à B43) la gestion des chenaux de navigation et les opérations de dragage et d'entretien des zones portuaires, ainsi que toute nouvelle mise en navigation des cours d'eau doivent, sans remettre en cause les usages existants, être compatibles avec les objectifs du SDAGE et des SAGE concernés et notamment :

- *La non-détérioration de l'état écologique du cours d'eau ;*
- *La dynamique naturelle des matériaux et des sédiments alluvionnaires dans les cours d'eau qui conditionne, avec l'hydrologie, leur fonctionnement et leur qualité écologique, notamment en période d'étiage ou de crue ;*
- *La préservation des milieux aquatiques, en particulier des habitats des poissons migrateurs. »*

Il convient d'ores et déjà de noter que le projet de dragage du GPMB, prévu sur la prochaine décennie, qui fait l'objet de la présente demande d'autorisation, intègre les éléments du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde. Ce plan de gestion définit des actions destinées à éviter et réduire les effets potentiels sur l'environnement, en particulier sur les peuplements benthiques, la ressource halieutique, la turbidité et la contamination de l'eau de l'estuaire.

1.3. CONTEXTE REGLEMENTAIRE

1.3.1. Evaluation environnementale (Etude d'impact)

Le projet est soumis à la procédure « au cas par cas », conformément au décret n°2016-1110 du 11 août 2016 relatif à la modification des règles applicables à l'évaluation environnementale des projets, plans et programmes. En effet, il entre dans la catégorie suivante (Annexe à l'article R.122-2 du Code de l'environnement) :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 1 : Catégorie d'aménagement soumis à étude d'impact

Catégories de projets	Projet soumis au cas par cas
25. Extraction de minéraux par dragage marin ou fluvial.	<p>a) Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin: - dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence N2 pour l'un au moins des éléments qui y figurent; - dont la teneur des sédiments extraits est comprise entre les niveaux de référence N1 et N2 pour l'un des éléments qui y figurent: i) et, sur la façade métropolitaine Atlantique-Manche-mer du Nord et lorsque le rejet est situé à 1 kilomètre ou plus d'une zone conchylicole ou de cultures marines dont le volume maximal <i>in situ</i> dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 50000 m³; ii) et, sur les autres façades ou lorsque le rejet est situé à moins de 1 km d'une zone conchylicole ou de cultures marines dont le volume maximal <i>in situ</i> dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 5000 m³; - dont la teneur des sédiments extraits est inférieure ou égale au niveau de référence N1 pour l'ensemble des éléments qui y figurent et dont le volume <i>in situ</i> dragué au cours de douze mois consécutifs est supérieur ou égal à 500 000 m³.</p> <p>b) Entretien d'un cours d'eau ou de canaux, à l'exclusion de l'entretien mentionné à l'article L. 215-14 du code de l'environnement réalisé par le propriétaire riverain, le volume des sédiments extraits étant au cours d'une année: - supérieure à 2000 m³; - inférieure ou égal à 2000 m³ dont la teneur des sédiments extraits est supérieure ou égale au niveau de référence S1.</p>

Nota : à titre d'illustration, sur la base de la moyenne sur les 10 dernières années (2005-2014), le volume moyen annuel dragué par le GPMB était de 9,2 Mm³.

Une demande d'examen au cas par cas préalable à la réalisation éventuelle d'une évaluation environnementale (CERFA, Article R. 122-3 du code de l'environnement) a donc été envoyée en mai 2017 aux Services de l'Etat.

Dans sa réponse le 13 juin 2017, le président de l'autorité environnementale du Conseil Général de l'Environnement et du Développement Durable, a décidé :

« Considérant la nature du projet [...],

Considérant la localisation du projet [...],

Considérant que les impacts probables du projet sur l'environnement [...],

Considérant en outre que le pétitionnaire indique qu' « au vu des enjeux et des sensibilités du milieu estuarien, il paraît nécessaire que le projet fasse l'objet d'une évaluation environnementale » ;

Article 1er

En application de la section première du chapitre II du titre II du livre premier du code de l'environnement, et sur la base des informations fournies par le maître d'ouvrage, le « dragage d'entretien du chenal de navigation et des ouvrages portuaires du Port de Bordeaux et gestion des sédiments dragués », présenté par le Grand Port Maritime de Bordeaux (GPMB), n° F-075-17-C-042, est soumis à évaluation environnementale, évaluation environnementale dont le contenu est défini par l'article R. 122-5 du code de l'environnement.

Article 2

La présente décision, délivrée en application de l'article R. 122-3 du code de l'environnement, ne dispense pas des autorisations administratives auxquelles le projet peut être soumis.

Article 3

La présente décision sera publiée sur le site Internet de la formation d'autorité environnementale du conseil général de l'environnement et du développement durable ».

Le projet est donc soumis à Etude d'impact.

Conformément au décret n°2016-1110 du 11 aout 2016 relatif, le plan de l'étude d'impact du projet comprend :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

« 1° Un résumé non technique des informations prévues ci-dessous. Ce résumé peut faire l'objet d'un document indépendant ;

2° Une description du projet, y compris en particulier :

- une description de la localisation du projet ;
- une description des caractéristiques physiques de l'ensemble du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition nécessaires, et des exigences en matière d'utilisation des terres lors des phases de construction et de fonctionnement ;
- une description des principales caractéristiques de la phase opérationnelle du projet, relatives au procédé de fabrication, à la demande et l'utilisation d'énergie, la nature et les quantités des matériaux et des ressources naturelles utilisés ;
- une estimation des types et des quantités de résidus et d'émissions attendus, tels que la pollution de l'eau, de l'air, du sol et du sous-sol, le bruit, la vibration, la lumière, la chaleur, la radiation, et des types et des quantités de déchets produits durant les phases de construction et de fonctionnement.

[...]

3° Une description des aspects pertinents de l'état actuel de l'environnement et de leur évolution en cas de mise en œuvre du projet, dénommée « scénario de référence », et un aperçu de l'évolution probable de l'environnement en l'absence de mise en œuvre du projet, dans la mesure où les changements naturels par rapport au scénario de référence peuvent être évalués moyennant un effort raisonnable sur la base des informations environnementales et des connaissances scientifiques disponibles ;

4° Une description des facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 susceptibles d'être affectés de manière notable par le projet: la population, la santé humaine, la biodiversité, les terres, le sol, l'eau, l'air, le climat, les biens matériels, le patrimoine culturel, y compris les aspects architecturaux et archéologiques, et le paysage ;

5° Une description des incidences notables que le projet est susceptible d'avoir sur l'environnement résultant, entre autres :

- a) De la construction et de l'existence du projet, y compris, le cas échéant, des travaux de démolition;
- b) De l'utilisation des ressources naturelles, en particulier les terres, le sol, l'eau et la biodiversité, en tenant compte, dans la mesure du possible, de la disponibilité durable de ces ressources;
- c) De l'émission de polluants, du bruit, de la vibration, de la lumière, la chaleur et la radiation, de la création de nuisances et de l'élimination et la valorisation des déchets;
- d) Des risques pour la santé humaine, pour le patrimoine culturel ou pour l'environnement;
- e) Du cumul des incidences avec d'autres projets existants ou approuvés, en tenant compte le cas échéant des problèmes environnementaux relatifs à l'utilisation des ressources naturelles et des zones revêtant une importance particulière pour l'environnement susceptibles d'être touchées. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact: « – ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 et d'une enquête publique; « – ont fait l'objet d'une évaluation environnementale au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité environnementale a été rendu public. «Sont exclus les projets ayant fait l'objet d'un arrêté au titre des articles R. 214-6 à R. 214-31 mentionnant un délai et devenu caduc, ceux dont la décision d'autorisation est devenue caduque, dont l'enquête publique n'est plus valable ainsi que ceux qui ont été officiellement abandonnés par le maître d'ouvrage ;
- f) Des incidences du projet sur le climat et de la vulnérabilité du projet au changement climatique ;
- g) Des technologies et des substances utilisées. «La description des éventuelles incidences notables sur les facteurs mentionnés au III de l'article L. 122-1 porte sur les effets directs et, le cas échéant, sur les effets indirects secondaires, cumulatifs, transfrontaliers, à court, moyen et long termes, permanents et temporaires, positifs et négatifs du projet ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

«6° Une description des incidences négatives notables attendues du projet sur l'environnement qui résultent de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents ou de catastrophes majeurs en rapport avec le projet concerné. Cette description comprend le cas échéant les mesures envisagées pour éviter ou réduire les incidences négatives notables de ces événements sur l'environnement et le détail de la préparation et de la réponse envisagée à ces situations d'urgence;

7° Une description des solutions de substitution raisonnables qui ont été examinées par le maître d'ouvrage, en fonction du projet proposé et de ses caractéristiques spécifiques, et une indication des principales raisons du choix effectué, notamment une comparaison des incidences sur l'environnement et la santé humaine ;

8° Les mesures prévues par le maître de l'ouvrage pour: « – éviter les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine et réduire les effets n'ayant pu être évités; « – compenser, lorsque cela est possible, les effets négatifs notables du projet sur l'environnement ou la santé humaine qui n'ont pu être ni évités ni suffisamment réduits. S'il n'est pas possible de compenser ces effets, le maître d'ouvrage justifie cette impossibilité. «La description de ces mesures doit être accompagnée de l'estimation des dépenses correspondantes, de l'exposé des effets attendus de ces mesures à l'égard des impacts du projet sur les éléments mentionnés au 5 ainsi que d'une présentation des principales modalités de suivi de ces mesures et du suivi de leurs effets sur les éléments mentionnés au 5 ;

9° Le cas échéant, les modalités de suivi des mesures d'évitement, de réduction et de compensation proposées ;

10° Une description des méthodes de prévision ou des éléments probants utilisés pour identifier et évaluer les incidences notables sur l'environnement ;

11° Les noms, qualités et qualifications du ou des experts qui ont préparé l'étude d'impact et les études ayant contribué à sa réalisation. »

1.3.2. Dossier d'autorisation environnementale

La Loi sur l'Eau du 3 janvier 1992 (codifiée aux articles L 210-1 et suivants du Code de l'environnement) et ses textes réglementaires d'application codifiés aux articles R214-1 et suivants du Code de l'environnement réglementent les usages et les incidences sur les milieux naturels liés à l'eau. Un régime d'autorisation et de déclaration est instauré par les articles L.214-1 à L.214-6 du Code de l'environnement.

Au regard de l'article R-214-1 du Code de l'environnement (partie réglementaire), le projet est concerné par les rubriques suivantes « Titre IV : Impacts sur le milieu marin » :

« 4.1.2.0. Travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu - 1° D'un montant supérieur ou égal à 1 900 000 euros » ;

« 4.1.3.0. Dragage et/ou rejet y afférent en milieu marin ». Pour mémoire, le volume dragué par an est supérieur à 500 000 m³ et la qualité des sédiments dragués est inférieure à N1.

Ainsi, le projet est soumis à autorisation.

Le décret n°2017-81 du 26 janvier 2017 relatif à l'autorisation environnementale précise le contenu du dossier :

«1° Lorsque le pétitionnaire est une personne physique, ses nom, prénoms, date de naissance et adresse et, s'il s'agit d'une personne morale, sa dénomination ou sa raison sociale, sa forme juridique, son numéro de SIRET, l'adresse de son siège social ainsi que la qualité du signataire de la demande ;

«2° La mention du lieu où le projet doit être réalisé ainsi qu'un plan de situation du projet à l'échelle 1/25 000, ou, à défaut au 1/50 000, indiquant son emplacement ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

«3. Un document attestant que le pétitionnaire est le propriétaire du terrain ou qu'il dispose du droit d'y réaliser son projet ou qu'une procédure est en cours ayant pour effet de lui conférer ce droit ;

«4. Une description de la nature et du volume de l'activité, l'installation, l'ouvrage ou les travaux envisagés, de ses modalités d'exécution et de fonctionnement, des procédés mis en œuvre, ainsi que l'indication de la ou des rubriques des nomenclatures dont le projet relève. Elle inclut les moyens de suivi et de surveillance, les moyens d'intervention en cas d'incident ou d'accident ainsi que les conditions de remise en état du site après exploitation et, le cas échéant, la nature, l'origine et le volume des eaux utilisées ou affectées; »

«5° Soit, lorsque la demande se rapporte à un projet soumis à évaluation environnementale, l'étude d'impact réalisée en application des articles R. 122-2 et R. 122-3, s'il y a lieu actualisée dans les conditions prévues par le III de l'article L. 122-1-1, soit, dans les autres cas, l'étude d'incidence environnementale prévue par l'article R. 181-14;

«6. Si le projet n'est pas soumis à évaluation environnementale à l'issue de l'examen au cas par cas prévu par l'article R. 122-3, la décision correspondante, assortie, le cas échéant, de l'indication par le pétitionnaire des modifications apportées aux caractéristiques et mesures du projet ayant motivé cette décision ;

«7. Les éléments graphiques, plans ou cartes utiles à la compréhension des pièces du dossier, notamment de celles prévues par les 4. et 5.; «8. Une note de présentation non technique. »

1.3.3. Dossier d'évaluation des incidences Natura 2000 (L.414-4 du Code de l'environnement

Les opérations de dragage / immersion du GPMB se situent dans l'emprise ou à proximité de sites Natura 2000.

Conformément au décret n°2011-966 du 16 août 2011 relatif à l'évaluation des incidences Natura 2000, le projet doit faire l'objet d'une évaluation des incidences sur les sites Natura 2000 en application du 1° du III de l'article L. 414-4, en raison :

- 23) Impacts sur le milieu marin : 4.1.2.0. Travaux d'aménagement portuaires et autres ouvrages réalisés en contact avec le milieu marin et ayant une incidence directe sur ce milieu ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Conformément à l'article R414-23 du Code de l'Environnement, le dossier comprend :

- « Une présentation simplifiée du document de planification, ou une description du programme, du projet, de la manifestation ou de l'intervention, accompagnée d'une carte permettant de localiser l'espace terrestre ou marin sur lequel il peut avoir des effets et les sites Natura 2000 susceptibles d'être concernés par ces effets; lorsque des travaux, ouvrages ou aménagements sont à réaliser dans le périmètre d'un site Natura 2000, un plan de situation détaillé est fourni ;
- « Un exposé sommaire des raisons pour lesquelles le document de planification, le programme, le projet, la manifestation ou l'intervention est ou non susceptible d'avoir une incidence sur un ou plusieurs sites Natura 2000 ; dans l'affirmative, cet exposé précise la liste des sites Natura 2000 susceptibles d'être affectés, compte tenu de la nature et de l'importance du document de planification, ou du programme, projet, manifestation ou intervention, de sa localisation dans un site Natura 2000 ou de la distance qui le sépare du ou des sites Natura 2000, de la topographie, de l'hydrographie, du fonctionnement des écosystèmes, des caractéristiques du ou des sites Natura 2000 et de leurs objectifs de conservation ;
- une analyse des effets temporaires ou permanents, directs ou indirects, que le document de planification, le programme ou le projet, la manifestation ou l'intervention peut avoir, individuellement ou en raison de ses effets cumulés avec d'autres documents de planification, ou d'autres programmes, projets, manifestations ou interventions dont est responsable l'autorité chargée d'approuver le document de planification, le maître d'ouvrage, le pétitionnaire ou l'organisateur, sur l'état de conservation des habitats naturels et des espèces qui ont justifié la désignation du ou des sites ;
- « S'il résulte de l'analyse que le document de planification, ou le programme, projet, manifestation ou intervention peut avoir des effets significatifs dommageables, pendant ou après sa réalisation ou pendant la durée de la validité du document de planification, sur l'état de conservation des habitats naturels et des espèces qui ont justifié la désignation du ou des sites, le dossier comprend un exposé des mesures qui seront prises pour supprimer ou réduire ces effets dommageables ;
- « Lorsque, malgré les mesures prévues au III, des effets significatifs dommageables subsistent sur l'état de conservation des habitats naturels et des espèces qui ont justifié la désignation du ou des sites, le dossier d'évaluation expose, en outre :
 - « La description des solutions alternatives envisageables, les raisons pour lesquelles il n'existe pas d'autre solution que celle retenue et les éléments qui permettent de justifier l'approbation du document de planification, ou la réalisation du programme, du projet, de la manifestation ou de l'intervention, dans les conditions prévues aux VII et VIII de l'article L. 414-4 ;
 - « La description des mesures envisagées pour compenser les effets dommageables que les mesures prévues au III ci-dessus ne peuvent supprimer. Les mesures compensatoires permettent une compensation efficace et proportionnée au regard de l'atteinte portée aux objectifs de conservation du ou des sites Natura 2000 concernés et du maintien de la cohérence globale du réseau Natura 2000. Ces mesures compensatoires sont mises en place selon un calendrier permettant d'assurer une continuité dans les capacités du réseau Natura 2000 à assurer la conservation des habitats naturels et des espèces. Lorsque ces mesures compensatoires sont fractionnées dans le temps et dans l'espace, elles résultent d'une approche d'ensemble, permettant d'assurer cette continuité ;
 - « L'estimation des dépenses correspondantes et les modalités de prise en charge des mesures compensatoires, qui sont assumées, pour les documents de planification, par l'autorité chargée de leur approbation, pour les programmes, projets et interventions, par le maître d'ouvrage ou le pétitionnaire bénéficiaire, pour les manifestations, par l'organisateur bénéficiaire ».

1.3.4. Dossier d'enquête publique

L'article R.123-1 du Code de l'Environnement, pris pour application de l'article L.123-2 du même code et modifié par le décret n° 2011-2019 du 29 décembre 2011, définit le champ des enquêtes publiques.

Ainsi, font l'objet d'une enquête publique, préalablement à leur autorisation, leur approbation ou leur adoption, les projets de travaux, d'ouvrages ou d'aménagements exécutés par des personnes publiques ou privées devant comporter une étude d'impact en application de l'article L.122-1 du même Code, à l'exception de certains cas.

L'autorisation au titre de la Loi sur l'eau est accordée après enquête publique (Article L214-4 du Code de l'Environnement).

Le Code de l'Environnement, dans son article L.123-6, précise que :

« Lorsque la réalisation d'un projet, plan ou programme est soumis à l'organisation de plusieurs enquêtes publiques dont l'une au moins en application de l'article L. 123-2, il peut être procédé à une enquête unique régie par le présent chapitre, dès lors que les autorités compétentes désignent d'un commun accord celle qui sera chargée d'ouvrir et d'organiser cette enquête ».

Dans ce cadre, l'article R. 123-7 du même code stipule notamment que :

« Le dossier soumis à enquête publique unique comporte les pièces ou éléments exigés au titre de chacune des enquêtes initialement requises, et une note de présentation non technique du projet, plan ou programme. »

Le projet est donc soumis à enquête publique. Le présent document tient donc lieu de dossier d'enquête publique unique et est conforme à l'article R123-8 du code de l'environnement.

1.3.5. Bilan réglementaire

Le projet est soumis à :

- Une évaluation environnementale (Etude d'impact) dont le contenu est précisé par le décret n°2016-1110 du 11 août 2016 ;
- Un dossier d'autorisation environnementale ;
- Une évaluation des incidences Natura 2000 ;
- Une enquête publique.

Le dossier réglementaire comprend donc les 6 pièces conformément au décret du 26 janvier 2017. La pièce 4 correspond à l'étude d'impact qui vaut également document d'incidence au titre du Code de l'Environnement.

2. DESCRIPTION DU PROJET

2.1. OBJECTIF : NAVIGATION ET MAINTIEN DES ACCES NAUTIQUES

Le chenal de navigation est un élément vital pour le GPMB. En effet, la dégradation des profondeurs nautiques par des apports sédimentaires nécessite des interventions de dragage pour garantir l'accès en toute sécurité des navires aux installations portuaires ; ainsi le dragage d'entretien correspond au maintien des cotes nominales du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès.

L'objectif est de pouvoir accueillir :

- Sur le terminal du Verdon, par tout temps, des navires de 12,50 m de tirant d'eau en montée et descente ;
- Par coefficient de marée 50 : des navires de 10,80 m de tirant d'eau pour les terminaux de Bassens et Ambès en montée et de 10,20m pour les terminaux de Bassens et Ambès en descente.

2.2. PRESENTATION GENERALE DES ZONES DE DRAGAGE ET D'IMMERSION

Les zones à draguer sont localisées au niveau :

- Du chenal de navigation qui comporte une série de fosses et de passes. Ce sont ces dernières qui font l'objet des opérations de dragage d'entretien ;
- Des ouvrages portuaires et de leurs accès.

Dans la majorité des cas (hors dragage par injection d'eau), les sédiments dragués sont transportés et clapés sur des zones d'immersion (zones de vidage). Ces zones sont présentes à proximité des passes.

2.2.1. Caractéristiques des zones de dragage

Les zones à draguer sont localisées au niveau du chenal de navigation, des ouvrages portuaires (souilles, Port Bloc, Bassins à flots...) et de leurs accès (cf. Planche 2).

Ces zones sont décrites ci-après.

2.2.1.1. Chenal de navigation / passes

Le chenal de navigation présente une longueur d'environ 130 km entre la passe d'entrée et le pont de Pierre de Bordeaux. Sa largeur nominale au plafond est de 300 m entre la passe de l'Ouest et la Pointe de Grave puis de 150 m jusqu'à Bordeaux. Le chenal de navigation comporte une série de fosses et de passes où les profondeurs nautiques sont altérées par des mécanismes d'envasement ou d'ensablement naturels ce qui conduit à la programmation de travaux de dragage.

Dans l'embouchure de la Gironde, un chenal secondaire existe (passe Sud) ; très peu utilisé par la navigation de commerce, il est orienté vers le Sud-Ouest avec un tracé localisé entre Cordouan et le littoral du Nord-Médoc.

Au niveau de la Pointe de Grave, à partir du chenal principal, le chenal d'accès au terminal conteneurs du Verdon dispose d'une longueur de 4 km et d'une largeur au plafond de 200 m.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Dans l'estuaire, le chenal de Saintonge, longeant la rive droite, n'est pratiquement pas exploité par la navigation commerciale.

L'accès au port de Blaye s'effectue par un chenal raccordé au chenal principal au droit de l'île Verte, sa longueur est de 6 km et sa largeur de 150 m. Dans la zone courbe de raccordement au chenal principal, la largeur du chenal de Blaye est portée à 350 m.

La desserte des appontements d'Ambès côté Dordogne est réalisée en empruntant un chenal de 2,5 km de longueur et de 100 m de largeur et connecté sur le chenal principal à 2 km à l'aval du Bec d'Ambès.

Le tableau ci-après précise l'emplacement des zones draguées :

Tableau 2 – Zones draguées par le GPMB : cotes d'exploitation des chenaux de navigation

Entités estuaire	Passes	Cotes (m par rapport au 0 étiage)
Embouchure de l'estuaire. Au-delà pk 95..	Embouchure de la Gironde	
	Passe de l'Ouest	14
Estuaire aval. Pk 65 à 95. Pointe de Grave à Saint-Christoly	Verdon	
	Passe de la Chambrette - Verdon	8
	Aval	
	Passe de Richard	8.5
	Passe de Goulée	8.3
Estuaire central. Pk 23 à 65. Saint-Christoly à Bec d'Ambès	Passe de By	8.2
	Passe de Laména	7.6
	Passe de la Maréchale	7.6
	Passe de Saint-Estèphe	7.6
	Intermédiaire	
	Passes de Pauillac	7.8
	Passe de St-Julien	7.9
	Passe de Beychevelle	7.6
	Passe de Cussac	7.6
	Passe de Plassac - Blaye	4.8
Passe de l'île Verte	7.7	
Estuaire fluvial. Pk 0 à 23. Bec d'Ambès à Bordeaux.	Passe de l'île du Nord	7.8
	Amont	
	Passe de Bec Aval	7.8
	Passe de Bec Amont	7.9
	Passe des Pétroliers - Ambès	5.5
	Passe de Bellerive	8.1
	Passe de Pachan	8.1
	Passe de Caillou	8.2
	Passe de Grattequina	8
	Passe de Bassens Aval / amont	7.7 à 7.9
Passe de Bacalan	5 à 5.5 (suivant les sites)	

Cette demande d'autorisation porte sur un chenal en place, issu des travaux autorisés par le précédent arrêté et le PAC.

2.2.1.1.1. Surveillance hydrographique des fonds

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 majorité des passes sont surveillées mensuellement. La passe de Cussac nécessite plus d'attention à cause d'une configuration et d'une dynamique hydrosédimentaire locale particulière, et est levée tous les 15 jours. A l'inverse, certaines passes évoluent moins rapidement et sont levées tous les 2 mois (Figure 1).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

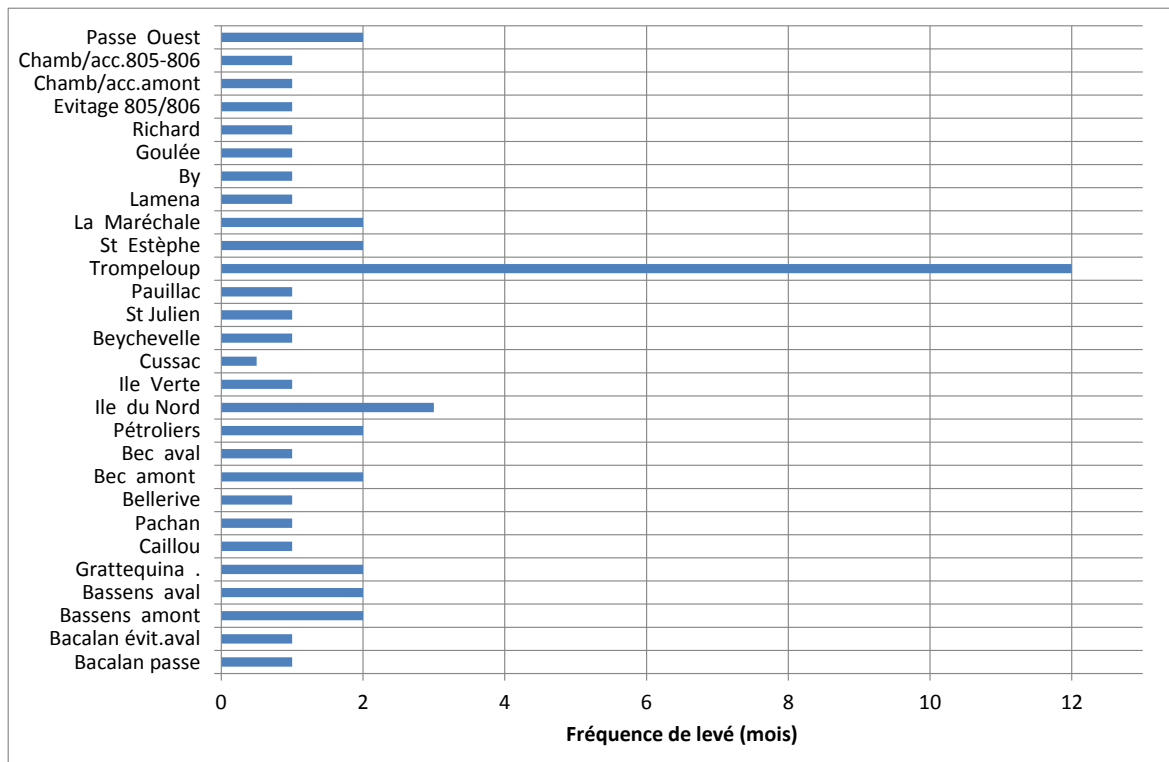


Figure 1. Fréquence de suivi bathymétrique des passes par le service hydrographique du GPMB.

Le graphique de la **Planche 3** 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 **Planche 3** (bas) 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.

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 naturels.

Les plans sont transmis au niveau des dragues et sont les supports des opérations de dragage. De plus, le service de pilotage, le service des phares et balises et le port de Bordeaux se réunissent mensuellement. A l'issue de cette réunion, en fonction des cotes du chenal, les tirants d'eau admissibles aux différents terminaux sont fixés et le plan de dragage est mis à jour.

2.2.1.2. Ouvrages portuaires

Les termes ouvrages portuaires désignent en général des souilles aménagées au pied des quais ou au droit d'appontements ainsi que les accès immédiats à ces ouvrages. Les souilles correspondent à des sur-profondeurs créées près des quais et des appontements offrant ainsi une hauteur d'eau supplémentaire à basse-mer afin d'éviter l'échouage des navires.

Les ouvrages portuaires comprennent également des ouvrages spéciaux (quais de service du GPMB) et aussi des plans d'eau tels que le bassin à flot n°1 de Bordeaux ou le port de service de Port-Bloc localisé à l'amont immédiat de la Pointe de Grave.

Ces ouvrages sont listés ci-après :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 3 – Zones de dragage par le GPMB : cotes d'exploitations des ouvrages portuaires

Zone portuaire	Ouvrages	Cotes d'exploitation
BORDEAUX	Quais rive gauche Centre ville (P124 à 129)	-8,00 m à -8,50 m
	Quais rive gauche Aval P130 à 138 (hors P139 à -5.00 m)	-6,50 m
	Entrée bassins à flot	-2.50 m
	Ecluse	-3.00 m
	Bassin à flot n°1	-2.00 m
	Quais service PAB	-2,00 m à -3,00 m -5,00 m
	Quais rive droite de Queyries Autres quais amont/aval	-7,00 m -4.50 m
BASSENS	Quais Bassens Amont (hors P412 à -6.00m)	-9,50 m à -11,50 m
	Baranquine : Entrée forme de radoub P429 P418	-8,50 m -10.00 m -8.50 m
	Quais Bassens Aval (hors P430 à -6.50m)	-11,50 m à -13,00 m
	Quai de Grattequina (P 261)	-11.50 m
AMBES Garonne Dordogne	Appontements (hors P515 à -7.50m)	-12,00 m
	Appontement 517	-8,00 m
	Appontement 519	-6,00 m
BLAYE	Quais (hors P610 à -7.50m)	-10,00 m
PAUILLAC	Appontement public (P.700)	-9,50 m
	Poste CCMP	-10.50 m
LE VERDON	Quais terminal conteneurs	-12,50 m
	Port Bloc (quai baliseur)	-3,50 m

Nota : les côtes d'exploitation diffèrent des côtes de dragage qui peuvent être plus importantes et tenant compte de la structure de l'ouvrage concerné.

2.2.2. Caractéristiques des zones d'immersion

Les zones d'immersion des sédiments de dragage ont été définies en 1979 et ont officialisé des secteurs utilisés depuis au moins une vingtaine d'années auparavant. Elles sont actuellement au nombre de 18 réparties sur l'ensemble de l'estuaire.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Le tableau ci-après précise les principales caractéristiques des zones de vidage :

Tableau 4 – Principales caractéristiques des zones de vidage

Zone (n°)	Longueur moyenne (m)	Largeur moyenne (m)	Surface (ha)	PK
1.5	950	270	25.65	PK 21,5 et 23,7
1.6	1 170	190	22.23	
1.8	2 300	280	64.4	PK 31.7 et 34.3
2.1	750	400	22	PK 40,40 et 41,15
2.2	980	350	34.30	PK 44.5
2.4	1 960	350	68,60	PK 50 et 52
3.1	1 960	690	135,2	PK 53.5 et 55.5
3.2	3 040	360 à 1 060	170	PK 65.25 à 68
3.3	4 750	360	171	PK 68 à 72
3.4	3 430	680	233,2	PK 72 à 75.3
3.5	3 400	680	231,2	PK 75.3 à 78.7
3.7	4 220	680	287	PK 78.7 à 83
4.1	1 180	500	60	
4.3	2 000	2 000	400	
4.4	2 360	1 750	415	

Nota : les zones 1.1, 1.2 et 1.3 étaient utilisées jusqu'à présent par le GPMB. Dans le cadre de la nouvelle autorisation, la zone 1.1 est supprimée et les zones 1.2 et 1.3 seront supprimées à mise en service de la DIE ou au plus tard fin 2019.

Tableau 5 – Pour mémoire : caractéristiques des zones d'immersion 1.1, 1.2 et 1.3

Zone (n°)	Longueur moyenne (m)	Largeur moyenne (m)	Surface (ha)
1.1	880	280	24,64
1.2	570	200	11,40
1.3	580	110	6,38

2.3. CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX DRAGUES ET IMMERGES

2.3.1. Caractéristiques des matériaux de dragage

2.3.1.1. Prélèvements et analyses

Dans le cadre de son autorisation, le GPMB analyse annuellement la qualité physico-chimique des sédiments dragués.

Le suivi repose sur une campagne de prélèvement annuelle (conformément à l'arrêté préfectoral).

Une quarantaine de stations de prélèvement est répartie le long de l'estuaire sur toutes les zones draguées (cf. **Planche 4**). Le plan d'échantillonnage est le même chaque année, avec 1 ou 2 échantillons par passe (suivant les années). Ce dernier a évolué en 2016, conformément à l'arrêté du 04 avril 2016, afin de connaître la qualité des sédiments également en dehors du chenal de navigation.

Les prélèvements, effectués par une société spécialisée mandatée par le GPMB, 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.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

2.3.1.2. Rappel des seuils réglementaires

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. Ces niveaux sont pris en compte dans la détermination des procédures règlementaires au titre du Code de l'Environnement. Ces valeurs sont définies par les arrêtés cités précédemment. Elles sont présentées dans les paragraphes suivants :

Tableau 6 – Seuils réglementaires N1 et N2

Métaux (Valeurs de l'arrêté du 9 août 2006)

ÉLÉMENTS TRACES	N1	N2
Arsenic	25	50
Cadmium	1.2	2.4
Chrome	90	180
Cuivre	45	90
Mercurure	0.4	0.8
Nickel	37	74
Plomb	100	200
Zinc	276	552

Unité : mg/kg MS

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Micropolluants organiques (Valeurs de l'arrêté du 8 février 2013)

HAP	N1	N2
Naphtalène	0.16	1.13
Acénaphthène	0.015	0.26
Acénaphthylène	0.04	0.34
Fluorène	0.02	0.28
Anthracène	0.085	0.59
Phénanthrène	0.24	0.87
Fluoranthène	0.6	2.85
Pyrène	0.5	1.5
Benz[a] anthracène	0.26	0.93
Chrysène	0.38	1.59
Benzo[b] fluoroanthène	0.4	0.9
Benzo[k] fluoroanthène	0.2	0.4
Benz[a] pyrène	0.43	1.015
Di benzo [a,h] anthracène	0.06	0.16
Benzo [g,h,i] pérylène	1.7	5.65
Indéno[1,2,3-cd] pyrène	1.7	5.65

Unité : en mg/kg MS

Micropolluants organiques (Valeurs de l'arrêté du 17 juillet 2014)

PCB congénères réglementaires (7 composés)	N1	N2
PCB 028	5	10
PCB 052	5	10
PCB 101	10	20
PCB 118	10	20
PCB 138	20	40
PCB 153	20	40
PCB 180	10	20

Unité : en µg/kg MS

Micropolluants organiques (Valeurs de l'arrêté du 17 juillet 2014)

Organo-étains	N1	N2
TBT	100	400

Unité : en µg/kg MS

2.3.1.3. Nature des sédiments dragués (2010-2014)

Nota : ces analyses sont issues du Plan de Gestion des Sédiments de dragage de la Gironde qui a débuté en 2015.

2.3.1.3.1. Granulométrie

Les facteurs présentés ci-après correspondent aux résultats des analyses sur la période 2010-2014 (période étudiée dans le cadre du Plan de Gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde). Les résultats des analyses 2015 et 2016 suivent la même tendance. (cf. **Planche 6 à Planche 9**).

Année 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.

Année 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.

Année 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).

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.

Année 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 exceptionnellement sableuse.

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

Année 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.

2.3.1.3.2. 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 (cf. paragraphe 2.3.1.2).

Les concentrations en contaminants métalliques dans les échantillons sont présentées dans les tableaux de synthèse issus des différentes campagnes (2010 à 2014), présentés sur les **Planche 10 à Planche 18**.

Dans l'ensemble, le niveau de contamination des sédiments en métaux lourds est faible avec de 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.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 7 – 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	Zone 5
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.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

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 très exceptionnellement dépassés sur quelques passes ou postes dans la Garonne.

2.3.1.3.3. 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.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

En 2014, seul un échantillon 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
Acénaphthylène	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).

2.3.1.3.4. Bilan sur la qualité des sédiments dragués

Cf. Planche 18

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

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

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 8 – Concentrations des éléments traces inorganiques dans les sédiments dragués du GPMB

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

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

2.3.2. Caractéristiques des sédiments sur les sites d'immersion

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, notamment, d'analyses physico-chimiques.

Il ressort les éléments suivants pour les campagnes de 2010, 2011 et 2012 :

- Les sédiments des zones d'immersion 2.4, 3.1 et 3.2 présentent une granulométrie assez hétérogène caractérisée par un gradient amont / aval marqué. Ainsi, les matériaux prélevés au niveau de la zone 2.4 sont principalement sableux alors qu'ils sont argilo-silteux au niveau de la zone 3.2.
- Tous les échantillons prélevés présentent de faibles valeurs de métaux lourds, TBT, PCB, HAP inférieures aux niveaux de référence N1 de l'arrête ministériel du 9 août 2006 à l'exception d'un très léger dépassement pour le nickel en 2011 sur la zone 3.2..

2.4. DESCRIPTION DES MOYENS DE DRAGAGE / IMMERSION

Les moyens de dragage utilisés par le GPMB sont les suivants :

- La drague aspiratrice en marche (DAM);
- La drague à benne (DAB) ;
- Une drague aspiratrice stationnaire (DAS) ;
- Une drague à injection d'eau (DIE).

Ils sont décrits dans les paragraphes suivants.

2.4.1. Drague aspiratrice en marche

2.4.1.1. Principe

Les dragues aspiratrices en marche sont des engins automoteurs et autoporteurs, 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 2. 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.

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.

2.4.1.2. Objectifs et drague utilisée par le GPMB

La drague aspiratrice en marche est utilisée pour l'entretien :

- Des chenaux (passes) ;
- Des zones d'accès immédiats aux ouvrages portuaires
- De certains ouvrages portuaires.

Pour mémoire, la DAM Anita Conti est équipée d'une élinde d'aspiration elle-même dotée d'un système d'injection (jetting) qui permet une fluidification du sédiment par injection d'eau puis aspiration immédiate. Cette méthode permet d'atteindre les cotes fixées et d'optimiser les caractéristiques de la mixture pompée en fonction des capacités de la pompe.

Figure 3. Photo de l'Anita Conti



Source : marine-marchande.net

2.4.2. Drague aspiratrice stationnaire

2.4.2.1. Principe

Les dragues aspiratrices 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 4. 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 soit dans des chalands motorisés, soit dans une conduite.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

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.

2.4.2.2. Objectifs et drague utilisée par le GPMB

La drague aspiratrice stationnaire est utilisée par le GPMB pour le dragage des ouvrages portuaires ou spéciaux comme, par exemple, les bassins à flots. Le GPMB ne dispose pas d'une DAS et les dragages par ce type d'engin font l'objet, actuellement, d'appels d'offres. Le GPMB pourrait acquérir ce type de drague dans les 10 ans.

2.4.3. Drague à benne

2.4.3.1. Principe

Les techniques de dragage mécanique consistent à creuser les fonds à l'aide de bennes ou de godets.

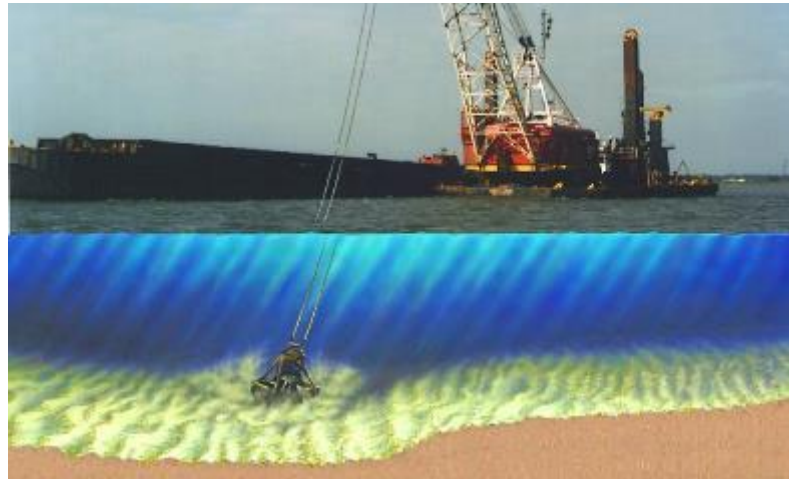


Figure 5. Principe de fonctionnement d'une drague à benne (US ARMY)

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).

2.4.3.2. Objectif et engins utilisés par le GPMB

Les dragues mécaniques à benne ont pour objectif d'intervenir sur les ouvrages portuaires et spéciaux comme par exemple les souilles ou Port Bloc, secteurs non accessibles aux DAM ; elles permettent le dragage de sédiments consolidés tels que les graviers, obstructions, argiles, roches fragmentées.

La drague mécanique la plus 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. 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).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement



Figure 6. Photo de La Maqueline. Source : marine-marchande.net

2.4.4. Dragage à injection d'eau

2.4.4.1. Principe

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.

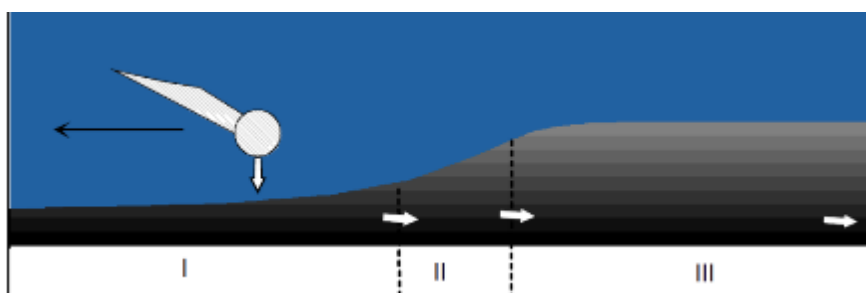
Figure 7. Modélisation physique du courant de densité par Delft Hydraulics



L'action d'une drague à injection dans la couche de sédiments se décompose en trois phases :

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

Figure 8. 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 :

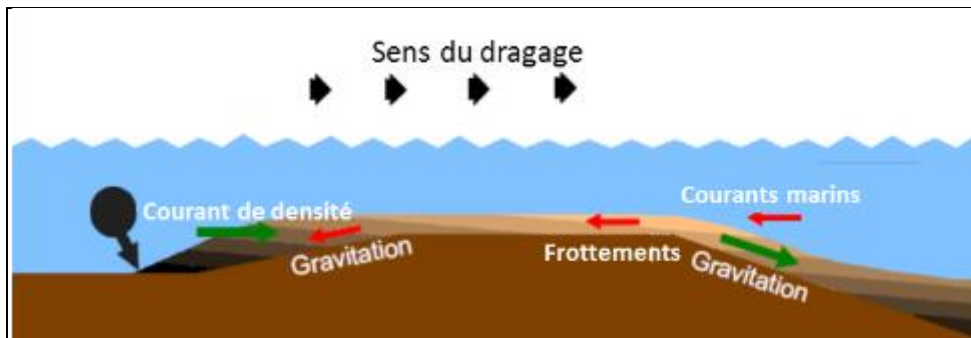
- Désolidarisation des sédiments (ou décohésion) ;
- Remise en suspension.

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.

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



2.4.4.2. Objectifs et drague utilisée par le GPMB

La DIE est utilisée pour l'entretien

- Des chenaux (passes) ;
- Des zones d'accès immédiats aux ouvrages portuaires
- De certains ouvrages portuaires.

Elle intervient également en complément de la DAM, afin d'écrêter les sillons.

A compter de 2019, le GPMB devrait disposer de cet outil en propre.

2.5. DESCRIPTION DES OPERATIONS

2.5.1. Principe des opérations

L'objectif des opérations de dragage est de maintenir les cotes d'exploitation précisées aux **Tableau 2** et **Tableau 3**. A titre d'illustration, sur la base de la moyenne sur les 10 dernières années (2005-2014), le volume moyen annuel dragué par le GPMB était de 9,2 Mm³. En actualisant avec les valeurs de 2015 et 2016, la moyenne annuelle passe à 9.5 Mm³.

Le projet de dragage/immersion pour les 10 prochaines années s'appuie sur les principes suivants :

- Utilisation de la DAM avec immersion des sédiments sur la majorité des zones de vidage existantes et l'absence d'immersion sur les zones intertidales ;
- Stratégie d'immersion : les zones de vidage privilégiées sont celles au droit des passes ou en aval immédiat, ce qui limite notamment les coûts des opérations (à l'exception de la période 15 mai -15 juillet pour les zones d'immersion 3.2 à 3.7, pour des raisons environnementales);
- Dragage en fonction de l'hydrologie.

Et sur les optimisations suivantes :

- Limitation des immersions pendant les périodes les plus favorables (15 mai au 15 juillet) au développement du milieu vivant (zones d'immersion 3.2 à 3.7) (notamment vis-à-vis du maigre et de l'esturgeon) :
- La mise en œuvre de la DIE afin, notamment, de :
 - Réduire les volumes immergés par la DAM (intérêt technico-économique et environnemental) ;
 - Limiter l'étendue des MES liées aux opérations de dragage/immersion en canalisant les MES dans la partie basse du chenal, ce qui tend à améliorer la qualité des eaux et limiter les effets sur le milieu vivant.
- La répartition des sédiments dragués sur l'ensemble de la zone de vidage choisie afin de limiter les épaisseurs de dépôts.

Ces éléments constituent les principes des opérations de dragage du GPMB, hors cas d'urgence liés à la sécurité des navires.

2.5.2. Opérations de dragage

Les zones draguées sont décrites de manière détaillée dans le paragraphe 2.2.1.

Les outils sont les suivants :

- DAM : comme actuellement, elle est utilisée pour le dragage des chenaux (passes) et des zones d'accès aux ouvrages. La DAM permet le dragage, le transport et l'immersion sur des zones de vidage.
- DIE qui est utilisé :
 - Pour l'entretien des souilles et des postes à quai (non accessibles aux dragues aspiratrices en marche) ;
 - Pour le dragage des passes, en complément de la DAM (écrêtage des sillons...) ;
 - Pour l'entretien des ouvrages spéciaux
- Drague aspiratrice stationnaire pour le dragage des ouvrages spéciaux dont les bassins à flot (environ 10 000m³/an) (à réaliser lors des débits supérieurs à 350m³/s).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Drague mécanique (dragage des souilles et des postes à quai) qui a vocation à être remplacée par le DIE.

Tableau 9 – Techniques de dragage avec le type de zone draguées de manière schématique

	Type de zones draguées		
	Chenal de navigation	Accès portuaires	Ouvrages portuaires
DAM	X	X	X
DIE	X	X	X
DAS			X
Drague mécanique			X

Tableau 10 – Techniques de dragage et de gestion des sédiments dragués envisagés pour le maintien des accès du GPMB

	Zones draguées	Gestion des sédiments dragués	Type d'utilisation –observations – Points à retenir
DAM	Dragage des chenaux (passes), des accès aux ouvrages et des ouvrages portuaires	Transport et l'immersion sur des zones de vidage	Principale technique envisagée par le GPMB Restriction : pas d'immersion sur les zones 3.2 à 3.7 pendant la période du 15 mai au 15 juillet
DIE	Entretien des ouvrages portuaires (non accessibles aux dragues aspiratrices en marche)		Principale technique envisagée par le GPMB qui vise à remplacer progressivement la Maqueline (dragage mécanique)
	Dragage des passes, en complément de la DAM (écrêtage des sillons...);		Principale technique envisagée par le GPMB
	Dragage du chenal		En Garonne, technique préférentielle
DAS	Bassins à flot	Rejet par conduite dans le milieu	Mise en œuvre lors des débits supérieurs à 350 m3/s
	Port Bloc	Rejet par conduite dans le milieu	-
Drague mécanique	Dragage des ouvrages portuaires	Transport et l'immersion sur des zones de vidage	Technique amenée à être remplacée par le DIE

2.5.3. Zones d'immersion

Les zones d'immersion sont au nombre de 15 (contre 18 actuellement) :

- Estuaire aval : Zones 4.4, 4.3, 4.1 ;
- Estuaire intermédiaire :
 - Zones 3.7, 3.5, 3.4, 3.3, 3.2 ; cependant, leur utilisation est suspendue entre le 15 mai et 15 juillet ;
 - Zones 3.1, 2.4, 2.2, 2.1 ;
- Estuaire amont : Zones 1.8, 1.5 et 1.6¹ (ces deux dernières sont en Garonne) (nota : par rapport à la situation actuelle, les zones 1.1, 1.2 et 1.3 localisées en Garonne sont supprimées).

¹ Les zones de vidage en Garonne (1.1, 1.2 1.3) sont supprimées conformément à aux actions « utilisation seule du DIE en Garonne » et « Suppression de certaines zones d'immersion en Garonne ».

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

L'ensemble de ces zones d'immersion est :

- Dispersif ce qui limite les dépôts ;
- Hors zones intertidales ce qui est favorable au maintien de la biodiversité de ces zones sensibles.

Nota : les zones 1.2 et 1.3 ne seront effectivement plus utilisées comme zone d'immersion lorsque la DIE sera mis en exploitation ou au plus tard fin 2019.

2.5.4. Stratégie de dragage et d'immersion

2.5.4.1. Dragage et immersion en fonction de l'hydrologie

La stratégie est la suivante :

- Absence de dragage sur les passes lorsque le bouchon vaseux est présent ;
- Effort de dragage concentré sur les passes lorsque la crème de vase se consolide sur les fonds.

La mise en œuvre spatio-temporelle se schématise de la manière suivante :

- Secteur aval : dragages intensifs entre mai et juillet suivis par des dragages par « anticipation » entre août et octobre ;
- Secteur intermédiaire : dragages intensifs entre septembre et novembre suivis par des dragages par « anticipation » entre décembre et février ;
- Secteur amont : dragages intensifs entre septembre et novembre suivis par des dragages par « anticipation » entre décembre et février. Dans ce secteur, l'influence du débit est importante.

Pour chaque secteur, si l'hydrologie est favorable, les dragages peuvent être décalés de quelques jours.

Stratégie générale du GPMB

	Secteur	Jan.	Fév.	Mars	Avr.	Mai*	Juin*	Juil.	Août	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
Opération de dragage	Aval												
	Intermédiaire												
	Amont												

Nota : A partir de 2017, l'arrêt technique est prévu entre mai-juillet.

Légende – opération de dragage	Pas de dragages
	Dragages intensifs – importants volumes dragués
	Dragages par anticipation "surprofondeurs" – importants volumes dragués
	Dragages "curatifs" sur secteurs critiques

Spécificités

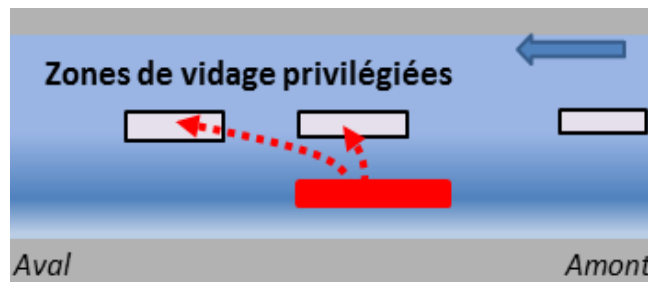
Le projet comprend plusieurs spécificités par rapport à ce principe général décrit précédemment :

- Dragage des bassins à flots : le dragage des bassins à flots est réalisé uniquement lorsque les débits de la Garonne sont supérieurs à 350m³/s ;
- Dragage en Garonne : le principe est le dragage des passes de la Garonne par DIE préférentiellement. La DAM peut également intervenir en Garonne avec une immersion sur les zones 1.5 et 1.6.

2.5.4.2. Organisation des opérations d'immersion

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

- 1^{er} principe : clapage en aval de la zone draguée pour éviter un retour des matériaux clapés vers la zone draguée ;
- 2nd principe : clapage sur la zone de vidage aval la plus proche de la zone draguée (même secteur géographique de l'estuaire) pour limiter les distances de transport.



- Spécificité temporelle : pour les opérations de dragage réalisées avec la DAM, l'instauration d'une fenêtre biologique induit la suspension de l'immersion sur les zones 3.2 à 3.7 pendant la période du 15 mai au 15 juillet. La non utilisation de ces zones implique, sur cette période, d'immerger les sédiments dragués sur les zones amont ou aval (4.1 et/ou 3.1 ou 2.4). **Cette fenêtre biologique est favorable au milieu mais constitue une contrainte opérationnelle forte.**
- Stratégie sur la zone d'immersion : pour chaque immersion, les sédiments de dragage seront répartis sur l'ensemble de la zone de vidage ; ceci pour limiter les épaisseurs de dépôts.

3. ANALYSE DE L'ETAT INITIAL : DESCRIPTION DES ASPECTS PERTINENTS DE L'ETAT ACTUEL

3.1. MILIEU PHYSIQUE

3.1.1. Météorologie – climat

Le climat de la Gironde est de type océanique, marqué par des hivers doux et des températures estivales plutôt chaudes. Les pluies sont réparties en toutes saisons, rarement violentes, mais plus importantes en automne et en hiver.

Cependant un certain contraste existe entre la frange littorale très douce, l'arrière-pays tempéré et les zones forestières aux amplitudes thermiques quotidiennes plus marquées.

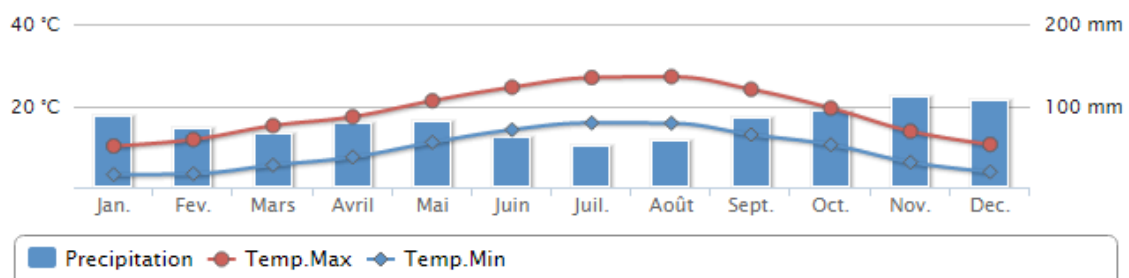
3.1.1.1. Température de l'air

Les températures moyennes minimales sont de 9.1°C et les températures maximales sont de 18.5°C.

Les gelées se manifestent en moyenne une douzaine de jours sur la côte, dont Soulac-sur-Mer (et sont plus importantes dans les terres).

Les températures maximales atteignent ou dépassent 30°C quinze à vingt journées par an.

Figure 10. Diagramme des températures et des précipitations (station météorologique de Mérignac – 2014)



Source : Météofrance

3.1.1.2. Précipitations

Les précipitations annuelles sont comprises entre 700 à 800 millimètres, la bordure océane étant moins pluvieuse que l'intérieure des terres girondines.

Tableau 11 – Relevé des précipitations annuelles des stations météorologiques les plus proches de la zone d'étude (PAB 2002)

Mois	Janv	Fév	Mars	Avril	Mai	Juin	Juil	Août	Sept	Oct	Nov	Déc	Année
Bx.M ^{AC} h(mm)	99	87	73	62	68	65	54	61	79	85	95	99	927
Le Verdon h(mm)	75	52	32	82	43	55	35	48	64	94	99	74	753

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.1.1.3. Ensoleillement

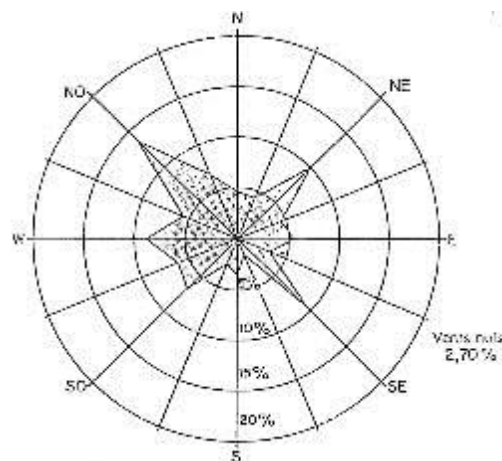
L'ensoleillement dépasse le plus souvent 2000 heures annuelles à l'échelle du nord Médoc. Il approche 2200 heures sur la frange littorale.

3.1.1.4. Vents

Le vent est à l'origine de l'agitation du plan d'eau (houle au large, clapots dans l'estuaire et dans la Garonne aval) et de la création de courants en mer. Il engendre également des transports sédimentaires sur la bande côtière. En outre, les données de vent doivent être intégrées dans l'exploitation portuaire notamment pour le chenalage et les manœuvres des navires (agitation du plan d'eau mentionnée ci-avant).

Dans l'embouchure, les vents en provenance du Nord-Ouest sont les plus fréquents. Les vents les plus violents à l'origine de tempêtes et de fortes houles océaniques proviennent du secteur Sud-Ouest à Nord-Ouest et surviennent en général en hiver. Au niveau du Bec d'Ambès les vents soufflent en provenance du même secteur ce qui traduit une forte influence océanique encore nette dans cette zone.

Figure 11. Rose des vents (totalité des observations) au Sémaphore de la Coubre (Howa, 1987)



3.1.2. Caractéristiques géologiques

3.1.2.1. Cadre général

Le cadre géologique général du domaine d'étude est donné sur la **Planche 19** montrant quatre unités structurales et lithologiques où l'estuaire s'est façonné :

- Les falaises crétacées de la côte saintongeaise bordant la rive droite de Mortagne à Saint-Palais ;
- Les coteaux du Blayais où affleurent des formations calcaires d'âge éocène moyen ;
- Les coteaux de la région de Bourg sur Gironde et du Bordelais constitués par des assises calcaires d'âge oligocène moyen surmontant notamment dans la presqu'île d'Ambès des marnes de l'Oligocène supérieur ou de l'Eocène supérieur ;
- Les coteaux calcaires de la rive gauche en aval de Pauillac formés par le calcaire de Saint-Estèphe d'âge éocène supérieur.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Des épandages alluviaux recouvrent une grande partie de ces formations notamment dans le Médoc et l'Entre-Deux-Mers. Il s'agit de terrasses édifiées par des apports de sables, graviers et galets par la Dordogne et la Garonne au cours du Pliocène et du Quaternaire inférieur et moyen.

Le cadre structural (cf. **Planche 20**) est marqué au Nord Est par l'anticlinal de Jonzac de direction armoricaine : Nord-Ouest ; Sud-Est et au Sud-Ouest par une suite de dômes anticlinaux tels que ceux de Blanquefort, Listrac et Couquèques. A l'intérieur de cette zone, on relève la présence :

- Sur la rive gauche de l'estuaire dans sa partie aval, d'un relèvement parallèle à l'anticlinal de Jonzac dont l'axe passerait vers le Sud-Est au niveau de Blaye et de Saint André de Cubzac ;
- D'accidents transversaux à l'estuaire : notamment anticlinaux de Blaye-Listrac et de Couquèques et synclinal de Pauillac.

3.1.2.2. Genèse de l'estuaire de la Gironde

Source : BRGM, Etude de l'estuaire de la Gironde (1993)

Au cours de la période anté-flandrienne et principalement lors des épisodes de glaciations et de réchauffements du Quaternaire, les Garonne et Dordogne primitives creusent leur lit dans le substratum tertiaire.

Des alternances de creusements profonds et de mises en place de terrasses étagées, subhorizontales ont lieu lors des glaciations et réchauffements des GÜNZ-MINDEL-RISSWÜRM. Les épisodes torrentiels déposent des sables, graviers et galets grossiers provenant des stocks amont (Massif Central et Pyrénées) accompagnés de lignites dus aux destructions des forêts. Les périodes calmes accumulent des tourbes et argiles à végétaux.

Conjointement à la baisse du niveau marin, les fleuves et affluents creusent leurs lits créant des hautes, moyennes et basses terrasses.

Au cours de la période flandrienne :

- 20 000 ans B.P ., le niveau marin est vers – 100 m. Le creusement de l'estuaire a mis à nu le substratum tertiaire. Les terrasses anciennes sont très entaillées, le comblement de l'estuaire débute ;
- De - 20 000 à - 6 000 ans, le niveau marin remonte de – 100 m à - 15 m ; de grandes épaisseurs de sables, graviers et galets sont déposées dans la totalité de l'estuaire puis des sables fins et des argiles en bourrelets alluviaux ;
- De- 6 000 à nos jours, le niveau passe de- 15 m à la topographie actuelle. L'estuaire, qui est très largement ouvert, est envahi par de volumineuses quantités d'eaux plus salées que celles actuelles. Elles pénètrent et stagnent, car les taux de sédimentation de vases à végétaux, de sables coquilliers vers l'aval, sont insuffisants. Les dépôts estuariens antérieurs sont pollués par des eaux salées, qui sont retrouvées de nos jours lorsque des lessivages par des eaux douces continentales n'ont pu se faire ;
- Les hautes terrasses sont perchées et sans liaison avec l'estuaire. Certaines terrasses basses peuvent être en contact avec les eaux de l'estuaire. Elles permettent des échanges d'eaux de qualités différentes.

3.1.3. Caractéristiques géomorphologiques

L'estuaire de la Gironde est situé à l'extrémité septentrionale de la plaine des Landes de Gascogne et forme une profonde indentation sur la côte Aquitaine rectiligne, sa superficie atteint 450 km² à marée haute, ce qui en fait le plus vaste estuaire d'Europe.

Le tracé de la Gironde est influencé par le canevas structural découpant le substratum du Bassin Aquitain. La direction générale Nord-Ouest – Sud-Est appartient à la famille des grands accidents varisques.

L'estuaire girondin présente une régularité géométrique, en s'évasant et en s'approfondissant de l'amont vers l'aval, jusqu'à la pointe de Grave, où un rétrécissement marque l'embouchure au PK 96.

Cf. **Planche 21**

3.1.3.1. Géomorphologie de l'estuaire et de l'embouchure de la Gironde

3.1.3.1.1. Estuaire fluvial

La partie fluviale de l'estuaire s'étend entre la limite amont de la propagation de la marée dynamique (La Réole sur la Garonne, Pessac sur la Dordogne et Laubardemont près de Coutras sur l'Isle) et le Bec d'Ambès.

La Garonne et la Dordogne présentent les caractéristiques morphologiques de rivières à méandres avec un talweg unique. Le chenal borde la rive concave du méandre alors que sur la rive convexe se développent des barres de méandre (bancs sableux ou sablo-vaseux).

Ainsi, en particulier entre Bordeaux et Ambès s'est développée une série de bancs :

- Banc de Queyries sur la rive droite de la Garonne à Bordeaux ;
- Banc de Bassens sur la rive gauche face aux installations portuaires de Bassens-amont ;
- Banc de Montferrand sur la rive droite constituant une barre de méandre d'emprise importante (longueur : 5 km ; largeur : 40 à 500 m) ;
- Banc de Pachan sur la rive gauche présentant également un développement marqué (longueur : 6 km ; largeur : 20 à 400 m) ;
- Banc d'Ambès ancré sur la rive gauche au niveau de la pointe d'Ambès.

Le chenal de navigation présente des profondeurs comprises en général entre (-7,50 m) et (-8,20 m). Localement les profondeurs sont plus importantes (-9,00 m à -10 m) sur la rade de Bordeaux, dans le secteur de Lormont, au droit de Bassens et dans la zone de Grattequina.

Les rives sont bordées en général par un bourrelet alluvial résultant de dépôts sédimentaires lors des crues des fleuves et séparant les lits des cours d'eau de zones de marais particulièrement étendues au Nord de Bordeaux. Ainsi, le Bec d'Ambès est constitué par un marais qui s'est formé à l'abri des bourrelets alluviaux de la Garonne et de la Dordogne.

Les îles alluviales sont rares (Ile d'Arcins sur la Garonne en amont de Bordeaux, Iles d'Ambès et de Croute sur la Dordogne) en raison de la présence d'un chenal unique.

3.1.3.1.2. Estuaire de la Gironde

L'estuaire de la Gironde débute au Bec d'Ambès et s'étend jusqu'à l'embouchure, sur une longueur de 70 km. Cette zone, véritable transition entre le milieu continental et le milieu océanique, peut être subdivisée en deux sous-ensembles : le haut-estuaire et le bas-estuaire.

A. Haut estuaire : la zone des îles

Du Bec d'Ambès à St Christoly de Médoc (PK 65), la morphologie estuarienne se caractérise sur une distance de 40 km, par la multiplication des chenaux secondaires et talwegs séparés par de nombreux bancs et îles.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Les îles et bancs localisés au milieu de l'estuaire séparent deux chenaux principaux : vers la rive gauche, le chenal principal de navigation et vers la rive droite, le chenal de Blaye prolongé à l'aval par le chenal de Saintonge.

La morphologie générale de cette zone s'organise comme suit :

- Le chenal principal de navigation est utilisé pour la desserte des installations portuaires de Pauillac, Ambès, Bassens et Bordeaux et jusqu'au droit de Roque de Thau pour la desserte du port de Blaye ;
- Le chenal de la rive droite, emprunté par les navires pour la desserte du port de Blaye, est moins important en profondeur que le précédent. Le chenal principal de navigation et le chenal de Saintonge se rejoignent à hauteur de la pointe de Grave et du banc de Saint-Georges, pour ne former qu'un seul chenal dont la profondeur atteint (-30 m),
- Entre les deux chenaux, une zone de hauts-fonds débute au PK 30 et s'étend jusqu'à St Christoly. De cette zone haute émergent les îles : du Paté, au droit de Blaye, Sans Pain ou Ile Nouvelle, liée à l'Ile Bouchaud, Patiras et Philippe, Vasard de Beychevelle et îlot de Trompeloup.

Des bancs de sables sont également présents sur cette zone.

Ces différentes unités morphologiques témoignent de la complexité hydrosédimentaire de cette section de l'estuaire.

B. Estuaire aval ou bas-estuaire

A partir du PK 65, la morphologie de l'estuaire se simplifie pour ne présenter que deux chenaux, séparés par la digue de Valeyrac (ouvrage en graviers construit entre 1924 et 1928) et les barres aval (Goulée, Mets, Marguerites).

Le chenal principal de navigation, bordé au Sud-Est par le banc de Saint-Estèphe, s'appuie sur la rive gauche de la Gironde jusqu'au PK 67 puis s'éloigne de la rive pour se diriger vers la Pointe de la Chambrette. Le chenal de Saintonge longe la rive droite de l'estuaire.

Trois bancs sableux se localisent entre le chenal et la rive gauche : platin de Richard et bancs de Saint-Vivien et de Talais et sont à l'origine de chenaux secondaires.

3.1.3.1.3. Embouchure de la Gironde

A l'aval de la Pointe de Grave, le chenal principal s'oriente vers le Nord-Ouest puis s'infléchit vers l'Ouest Nord-Ouest et longe les falaises calcaires de Saintonge et la Grande Côte.

3.1.3.2. Géomorphologie des rives et des berges

3.1.3.2.1. Estuaire : géomorphologie des rives

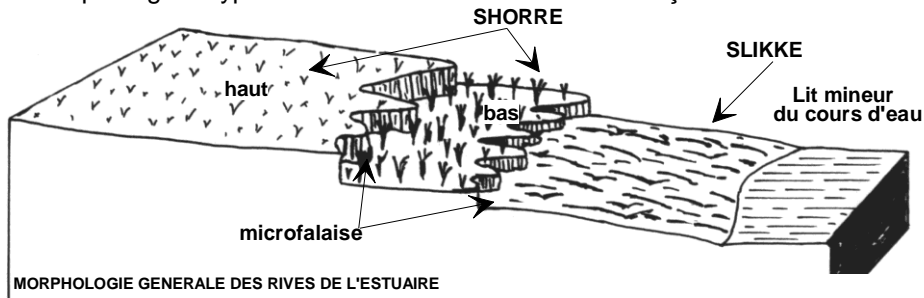
La rive droite est constituée par une succession de formations calcaires du Tertiaire et du Secondaire (Crétacé) modelées en falaises par l'érosion fluvio-maritime. Les sédiments détritiques fins de l'Holocène et de l'époque actuelle constituent les marais maintenant asséchés au nord de Blaye sur un linéaire de 30 km et une largeur de 7 km. Au nord de Mortagne, le passage des marais aux reliefs crétacés est brutal : des falaises d'une hauteur de 10 à 30 m plongent directement dans le lit de l'estuaire et se prolongent jusqu'à la Grande Côte pour laisser la place aux dunes éoliennes holocènes et aux plages sableuses de la presqu'île d'Arvert sur la façade atlantique.

La rive gauche est basse et formée par un système de terrasses mollement ondulées. Ces terrasses alluvionnaires argilo-graveleuses, formées au Quaternaire lors des baisses et remontées successives du niveau de la mer, sont de plus en plus anciennes lorsqu'on s'éloigne du fleuve.

Entre les terrasses et le lit du fleuve, les sédiments fins constituant les marais et les berges sont datés de l'Holocène.

La morphologie des rives du système fluvio-estuarien est directement conditionnée par le caractère plus ou moins maritime du cours d'eau.

La morphologie « type » des rives se caractérise de la façon suivante :



Source : GPMB

Du fleuve vers la berge, se distinguent :

- La slikke : c'est une zone de sédiments vaseux sur lesquels aucune flore ne se développe et où les dépôts présentent des laminations sableuses régulières. Cette zone est découverte lors des basses mers.
- Le schorre : En règle générale, le schorre est séparé de la slikke par une microfalaise de moins d'un mètre de hauteur. La partie basse du schorre est colonisée par des plantes aquatiques denses qui piègent les particules fines en suspension apportées lors des marées de vive eau et participent à la sédimentation du schorre. La partie haute du schorre est généralement représentée par une prairie qui n'est recouverte que lors des marées d'équinoxe. Elle est généralement séparée du bas schorre par une microfalaise qui peut atteindre 1,5 m de hauteur.

Partie fluviale

Le caractère fluvial de cette zone est notamment souligné par l'emprise limitée des zones intertidales (estrans) dont les largeurs varient en général entre quelques mètres et 20 - 25 mètres.

Toutefois, des estrans de dimensions plus importantes sont présents près des rives de la Garonne.

Les berges ont été aménagées afin de lutter contre les inondations.

Le haut estuaire : la zone des îles

A l'amont de Blaye (rive droite) et de Beychevelle (rive gauche), les slikkes présentent une extension limitée (10 à 25 m). En rive gauche, leur largeur augmente à l'aval et passe de 25 m au droit de Beychevelle à 250 m au niveau de Saint-Christoly. En rive droite, la largeur des slikkes est comprise entre 50 et 100 m entre les PK 40 et 65.

A l'amont de Blaye et de Beychevelle, le schorre également peu marqué (5 à 10 m de largeur) se développe à l'aval. En rive gauche sa largeur varie de 20 à 100 m entre Beychevelle et Saint-Christoly. En rive droite, sa largeur de 50 à 100 mètres entre les PK 40 et 50 croît vers l'aval : 150 à 200 m entre les PK 50 et 60 et 300 m au PK 65.

Les berges du haut-estuaire sont également de nature argileuse, hormis des secteurs comme le Bourgeais et le Blayais où des formations calcaires se localisent à proximité du plan d'eau.

Les berges argileuses sont soumises à des processus locaux d'érosion sous l'effet des mécanismes naturels (marée, courants de marée, clapots). Des encoches d'érosion sont relevées notamment sur la rive droite à l'aval de Blaye et sur la rive gauche entre Larmarque et Saint-Julien Beychevelle et dans le secteur de Saint-Estèphe.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Des ouvrages de protection contre les inondations ont été construits.

Le bas-estuaire

Sur la rive gauche, la largeur de l'estran de 250 m à Saint-Christoly passe à 700 m au Port de Goulée, 2 000 m à Charmail et devient maximale dans l'anse du Verdon (2 500 m).

Sur la rive droite, l'estran est peu marqué entre le PK 65 et le PK 80, sa largeur est de 100 - 150 m. A l'aval du PK 80, l'estran est développé au niveau d'une série d'indentations dans la côte : Baie de Chant Dorat, anses de Talmont et de Meschers...

Les berges du bas-estuaire sont aussi de nature argileuse sauf sur le rivage de Saintonge constitué par des assises calcaires à l'aval de Barzan.

Des aménagements ont été conçus pour assurer la protection contre les inondations.

3.1.3.2.2. Embouchure : géomorphologie des rives

Au sud de la Pointe de Grave, le littoral bordant l'embouchure de la Gironde présente la géomorphologie type du littoral aquitain : plages sableuses bordées à l'Est par le cordon dunaire. De plus, entre la Pointe de Grave et le secteur Nord de Soulac, plusieurs ouvrages de protection contre l'érosion marine sont présents.

Le littoral Nord de l'embouchure entre Royan et La Grande Côte, est marqué par la présence d'une série de conches, de l'amont vers l'aval : conches de Foncillon, du Chay, du Pigeonnier, de Pontailiac, de Saint-Sordolin, du Conseil, de Nauzan, de Saint-Palais et de Puyraveau. Ensuite, trois plages s'étendent de la Grande Côte jusqu'à Bonne Anse : plages de la Grande Côte, de la Palmyre et du Clapet.

3.1.4. Hydrodynamique

L'hydrodynamique estuarienne est régie par trois phénomènes majeurs :

- Les débits fluviaux, variant à l'échelle saisonnière et annuelle ;
- Les marées, variant à l'échelle de la journée ;
- La morphologie de l'estuaire, dont l'évolution naturelle est amplifiée ou contrariée par les interventions humaines.

Tableau 12 – Principales caractéristiques des données in situ disponibles

Thématique	Principales caractéristiques des données disponibles
Courants / Débits	Stations hydrologiques Pessac-sur-Dordogne et La Réole Modélisation hydrosédimentaire ARTELIA 2016
Marée	9 marégraphes répartis sur l'ensemble de l'estuaire
Hydrodynamique - Hydrosédimentaire	Modélisation hydrosédimentaire de l'Université SIAM3D et celle réalisée dans le cadre de ce projet, réseau MAGEST (mesure à 1 m en surface, sur 4 stations : Pauillac, Libourne, Bordeaux et Portets -jusqu'en 2012 uniquement-)

3.1.4.1. Débit fluviaux

3.1.4.1.1. Hydrologie de l'estuaire

L'estuaire de la Gironde est constitué par la confluence au Bec d'Ambès (à 70 km de l'embouchure océanique) de deux réseaux hydrographiques, celui de la Garonne (56 075 km²) et celui de la Dordogne (23 902 km²). Ces deux grands bassins versant représentent l'écrasante majorité des apports en eau douce à l'estuaire et en déterminent le régime hydrologique. Les affluents de l'estuaire à l'aval du Bec d'Ambès et jusqu'à l'embouchure océanique drainent 2 297 km² de bassin

versant superficiel. Au total ce sont donc environ 82 300 km² de bassin versant qui sont drainés par cet estuaire.

A. Bassin versant de la Garonne

La Garonne avec une longueur de 580 km, draine, avec ses principaux affluents (Tarn : 375 km ; Lot : 481 km) un bassin versant d'une superficie de 55 000 km². Le régime d'alimentation du fleuve est complexe : nival jusqu'à Toulouse, pluvio-nival en aval de cette ville et pour les grands affluents en provenance du Massif Central (Lot et Tarn).

B. Bassin versant de la Dordogne

La Dordogne avec une longueur de 490 km draine un bassin versant de 19 000 km². Elle présente sur la plus grande partie de son cours un régime pluvial excepté en haute Dordogne où le régime est de type pluvio-nival.

C. Débits observés

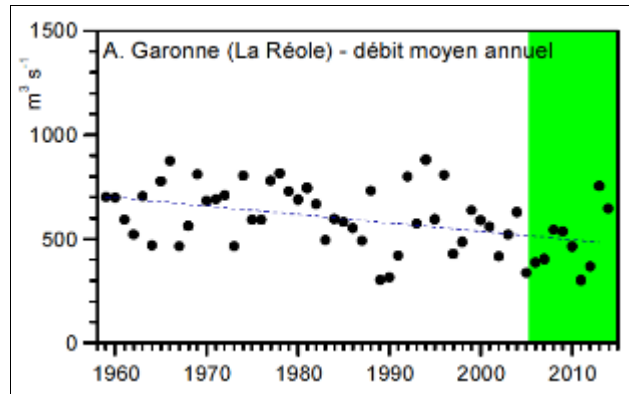
Les données statistiques hydrologiques sont les suivantes :

- Débit moyen à l'entrée du système Gironde (sur les 30 dernières années) : 950 m³/s ;
 - Débit moyen à Tonneins à environ 60 km en amont de l'estuaire sur la Garonne : 600 m³/s ;
 - Débit moyen à Pessac-sur-Dordogne : 254 m³/s.
- Débit de crue exceptionnelle :
 - Garonne (sur les 30 dernières années) : 4 820 m³/s le 20 mars 1988 ;
 - Garonne : 5700 m³/s (maximum relevé à Tonneins en 1930) ;
 - Dordogne : 1640 m³/s (maximum relevé à Pessac-sur-Dordogne en 1998).
- Débit de crue biennale :
 - Garonne : 3 400 m³/s ;
 - Dordogne : 927 m³/s.
- Débit d'étiage :
 - Garonne (sur les 30 dernières années) : 93 m³/s (QMNA5 à Tonneins) ;
 - Dordogne (sur les 18 années de mesures) : 31 m³/s (QMNA5 à Pessac-sur-Dordogne).

Le rapport scientifique MAGEST 2013 présente une synthèse du contexte hydrologique entre 1959 et 2013, avec une comparaison aux données récentes acquises par le réseau.

- Le système fluvio-estuarien de la Gironde (débit) présente une importante fluctuation interannuelle, marquée par une tendance générale à la diminution au cours des dernières décennies (cf. figure ci-après) ;

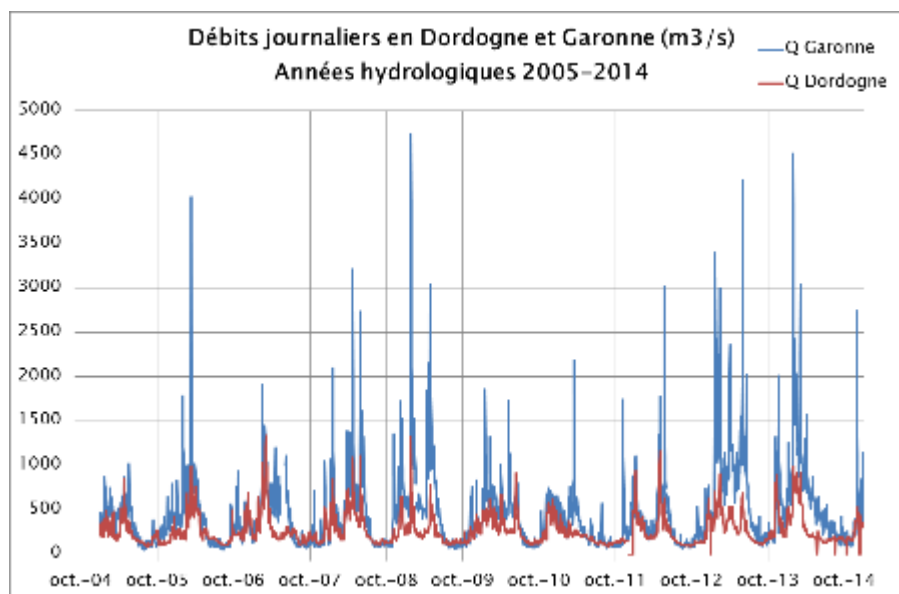
Figure 12. Débits moyens annuels depuis 1959 (source MAGEST)



- Le nombre de jours de fortes crues a tendance à diminuer, et le nombre de jours d'étiage a plutôt tendance à augmenter depuis les années 1990 ;
- Les années suivies par le réseau MAGEST (2005-2013) caractérisent une période plutôt sèche, avec des débits moyens annuels en général inférieurs à la moyenne de la période 1959-2013 ;
 - 2006 : année plutôt sèche ;
 - 2008 et 2009 : débits proches de la moyenne de la période 1959-2013 ;
 - 2011 : année la plus sèche, avec un été plutôt humide ;
 - 2012 : année plutôt sèche ;
 - 2013 : année la plus humide.

Les valeurs de débits fluviaux pour la Garonne correspondent à une mesure instantanée (valeur enregistrée à 12h) ; les valeurs de débits pour la Dordogne correspondent à une mesure quotidienne. Ces valeurs nous ont été fournies par le Grand Port Maritime de Bordeaux (cf. figure suivante). Elles sont présentées par année hydrologique, d'octobre à octobre.

Figure 13. Débits journaliers mesurés en Dordogne et Garonne, sur la période 2005-2014 (Artelia)



Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

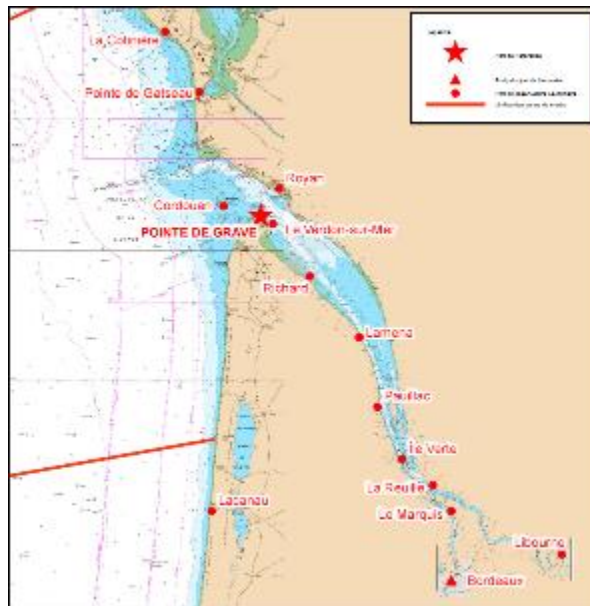
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.1.4.2. Marée et niveaux d'eau

La marée dynamique remonte jusqu'à 70 km en amont du Bec d'Ambès. Sa limite d'influence est située à la Réole sur la Garonne, à Castillon-la-Bataille sur la Dordogne et à Laubardemont sur l'Isle.

Les niveaux caractéristiques dans l'estuaire sont définis par le SHOM (tableau page suivante).

Figure 14. Localisation des références de niveaux altimétriques



A la pointe de Grave, le marnage varie entre 2,30 m en morte-eau et 4,25 m en vive-eau.

Les caractéristiques de la marée en amont de l'estuaire sont le résultat de deux actions antagonistes : les frottements sur le fond et sur les rives qui tendent à diminuer l'amplitude de la marée et l'effet de convergence consécutif au rétrécissement plus ou moins progressif de l'estuaire, qui tend à faire gonfler l'onde de marée (augmentation du marnage). C'est pourquoi à Bordeaux le marnage est plus important qu'à l'embouchure : il atteint 3,80 m en morte-eau et 5,30 m en vive-eau.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 13 – Niveaux caractéristiques de la marée, en m CM (RAM, SHOM 2013)

Coefficient de marée	PHMA ¹ 120	PMVE ² 95	PMME ³ 45	NM ⁴	BMME ⁵ 45	BMVE ⁶ 95	PBMA ⁷ 120	Marnage VE ⁸	ZH/Ref
Embouchure									
Cordouan	5.75	4.95	4.05	3.03	1.95	0.80	0.09	4.15	NR
Pointe de Grave, port de référence	5.96	5.30	4.35	3.27	2.05	1.05	0.52	4.25	7.808
Gironde : ports secondaires rattachés au port de référence									
Royan	5.88	5.30	4.40	3.31	2.10	1.05	0.52	4.25	5.338
Verdon-sur-mer	6.09	5.40	4.45	3.33	2.05	1.05	0.51	4.35	7.105
Richard	5.99	5.35	4.35	3.10	1.65	0.55	0.00	4.80	3.953
Lamena	6.07	5.55	4.60	3.19	1.60	0.60	0.20	4.95	3.859
Pauillac	6.41	5.55	4.40	3.09	1.15	0.55	0.13		3.963
Ile Verte	NR	5.40	4.20	2.75	0.90	0.45	NR	4.95	NR
La Reuille	NR	5.25	4.10	2.49	0.80	0.30	NR	4.95	4.870
Garonne									
Le Marquis	NR	5.15	4.05	2.46	0.60	0.10	NR	5.05	NR
Bordeaux	NR	5.35	4.25	2.45	0.45	0.05	NR	5.30	6.112
Dordogne									
Libourne	NR	4.70	3.50	NR	0.10	0.60	NR	4.10	NR

Les niveaux fournis dans le tableau précédent sont définis par rapport au niveau de référence des cartes marines (CM) : le zéro hydrographique (ZH) différent du 0 étiage utilisé par le GPMB.

Lors de sa propagation dans l'estuaire, la marée présente un comportement asymétrique (distorsion non linéaire de l'onde), impactant sa dynamique. Ce phénomène est dû à la vitesse de la propagation de l'onde de marée qui dépend de la profondeur : la célérité est plus faible en basse mer qu'en pleine mer.

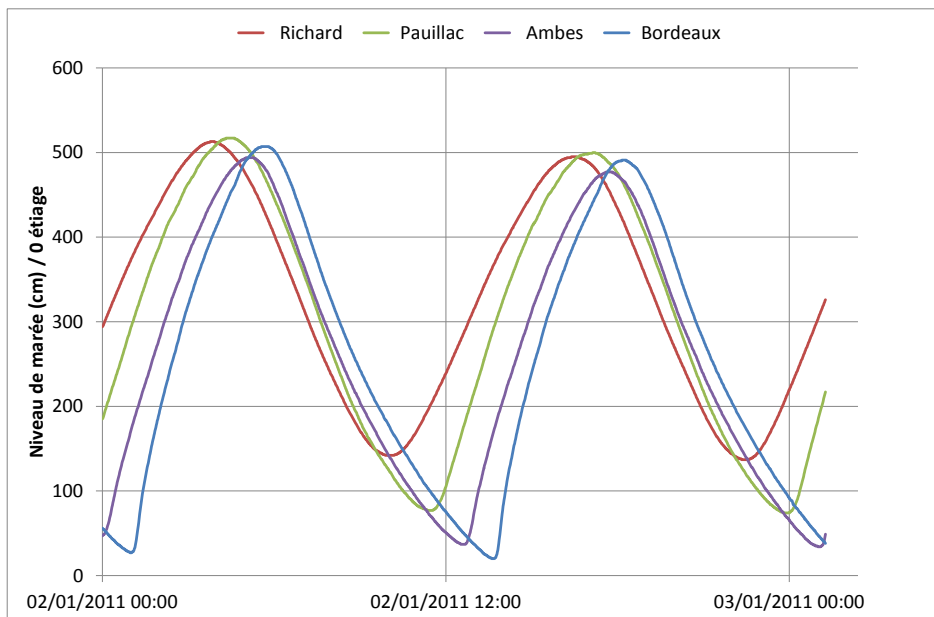
L'asymétrie de l'onde dans l'estuaire est présentée sur la [Figure 15](#) à partir des courbes de marée aux différents marégraphes présents le long de l'estuaire.

On observe un déphasage de la marée entre l'aval et l'amont :

- de 1h40 entre les niveaux de pleine mer ;
- de 3h40 entre les niveaux de basse mer (jusant qui s'allonge à Bordeaux).

¹PHMA : Plus Hautes Eaux Astronomiques, ²PMVE : Pleine Mer de Vive Eau, ³PMME : Pleine Mer de Morte Eau, ⁴NM : Niveau Moyen, ⁵BMME : Basse Mer de Morte Eau, ⁶BMVE : Basse Mer de Vive-Eau, ⁷PBMA : Plus Basse Mer Astronomique, ⁸Marnage VE : Marnage de Vive Eau

Figure 15. Courbes de marée aux marégraphes de l'estuaire (marée de vive-eau). D'après les données du GPMB. En cm / 0 étiage



3.1.4.3. Courants de marée

Les vitesses des courants varient au cours de la marée ; ils varient également selon le coefficient de marée et en fonction du débit fluvial.

Par marée de vive-eau et débit moyen, les vitesses maximales dans l'estuaire et la Garonne sont atteintes au flot. Dans l'embouchure, les vitesses maximales sont atteintes au jusant.

Par fort débit fluvial, dans les cours aval de la Dordogne et de la Garonne et dans le haut estuaire, les vitesses et durées de flot diminuent, corrélativement celles de jusant augmentent. Par fortes crues (débit > 3 500 m³/s) un régime fluvial est observé : le flot ne s'établit pas et le jusant domine pendant la totalité de la marée.

Dans l'embouchure de la Gironde, les vitesses maximales des courants de marée s'observent :

- Au débouché de l'estuaire dans la fosse entre la Pointe de Grave et le banc de Saint-Georges et localement dans le chenal principal au niveau de La Coubre (en jusant 1,75 à 2,00 m/s ; en flot 1,50 à 1,75 m/s) ;
- Dans le chenal principal et ses abords : entre La Coubre et l'amont de la passe de l'Ouest (1,50 à 1,75 m/s en jusant ; 1,25 à 1,50 m/s en flot).

Dans l'estuaire de la Gironde, les vitesses les plus fortes sont identifiées sur les secteurs suivants :

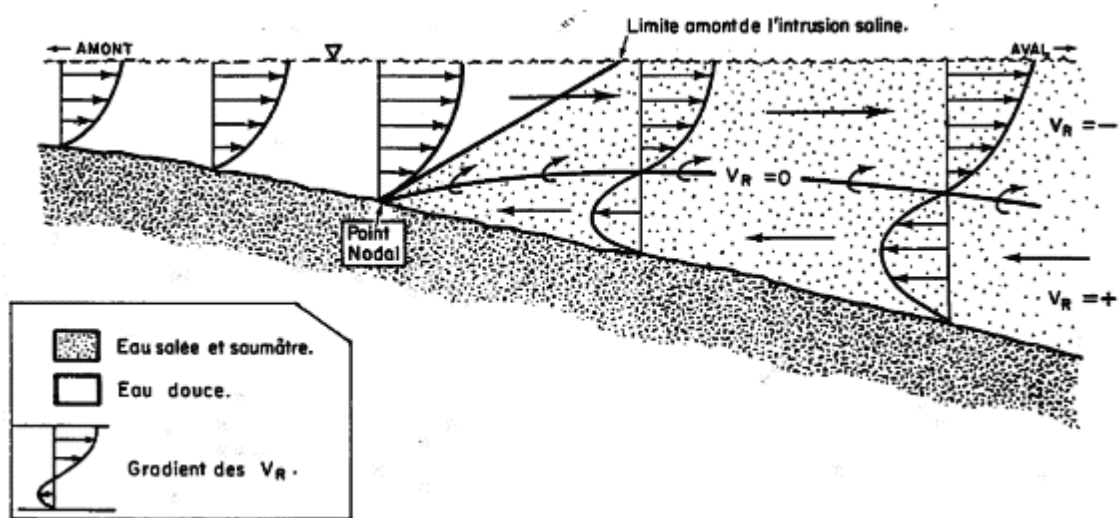
- Chenal de navigation, entre Saint-Christoly et l'aval de Pauillac ;
- Chenal de navigation, entre l'amont de Pauillac et Arcins ;
- Au niveau de l'île du Nord.

3.1.4.4. Circulation résiduelle

L'écoulement de flot et de jusant ne sont pas égaux dans la colonne d'eau : au bout d'un cycle de marée, il y aura eu un écoulement net soit vers l'amont, soit vers l'aval, ce qu'on appelle « circulation résiduelle ».

La circulation résiduelle peut être définie comme la circulation résultante, après « filtrage » de la marée. Elle peut être approchée par la Vitesse Résiduelle Eulérienne (V_R).

Figure 16. Schématisation théorique des vitesses résiduelles dans un estuaire (Allen, 1972)



Il est intéressant d'analyser la circulation résiduelle car elle est responsable des phénomènes sédimentologiques estuariens. La formation du bouchon vaseux est en partie liée à la circulation résiduelle.

Celle-ci a été étudiée par Allen (1972) dans la partie aval de Pauillac ; il n'y a pas d'étude publiée plus récente.

En période d'étiage (Figure 17, haut) et en conditions de marées moyennes, la vitesse résiduelle sur le fond est orientée vers l'amont sur tout l'estuaire (chenal et rive droite) en aval du pk 54.

En période de crue (Figure 17, bas), le front de l'intrusion saline est situé en aval du pk 54 ; en amont de ce point, la vitesse résiduelle sur le fond est orientée vers l'aval. Et en aval de ce point, la vitesse résiduelle sur le fond est orientée vers l'amont en rive gauche (chenal de navigation), et vers l'aval en rive droite.

D'une manière générale, la circulation résiduelle est complexe en aval de l'estuaire, qui devient très large, avec des écoulements canalisés à certains endroits (bancs et îles) et des écoulements qui divergent latéralement à d'autres endroits où les reliefs sont moins présents.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

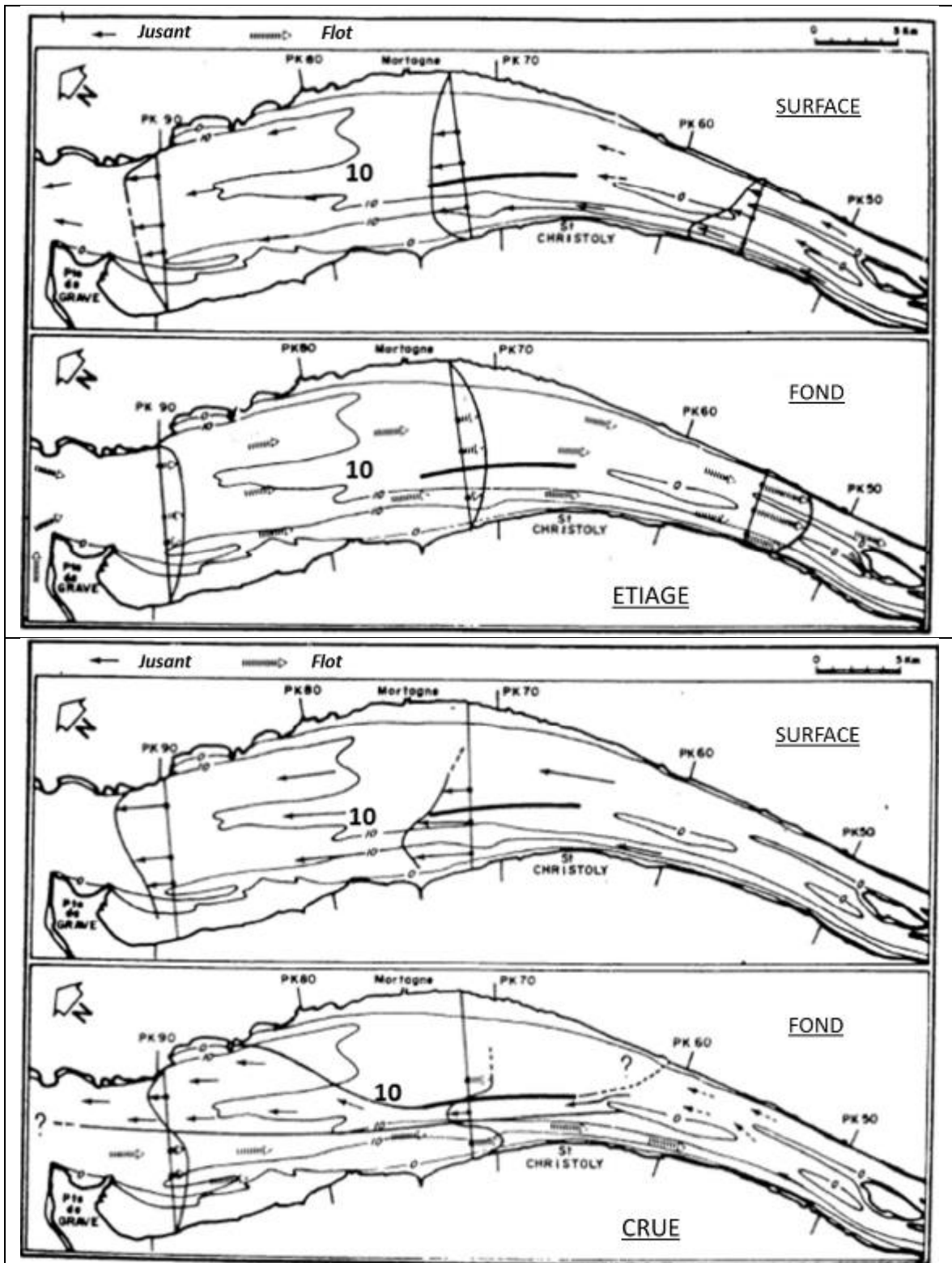


Figure 17. Circulation résiduelle. Adapté de Allen, 1972

3.1.4.5. Bilan sur la thématique hydrodynamique

L'hydrodynamique estuarienne est régie par trois phénomènes majeurs :

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

Les études et modèles déjà réalisés montrent que :

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

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

3.1.5. Hydrosédimentaire

Les processus hydrosédimentaires dans un estuaire sont fortement liés aux courants, régis par la marée et le débit. L'influence de l'hydrologie à l'amont et l'influence du forçage de la marée à l'aval concourent à une stratification plus ou moins marquée de la masse d'eau estuarienne, influençant les processus sédimentaires.

3.1.5.1. Evolution hydrosédimentaire générale de l'estuaire

3.1.5.1.1. Nature des sédiments superficiels - sédimentologie

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

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

En simplifiant, les deux premiers cités correspondent à des fonds vaseux ; l'estuaire aval et l'embouchure sont caractérisés à l'inverse par des fonds sableux ; ceci dit, en fonction du lieu et de la période de l'année, un gradient de granulométries plus complexe peut être observé. (Figure 18).

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

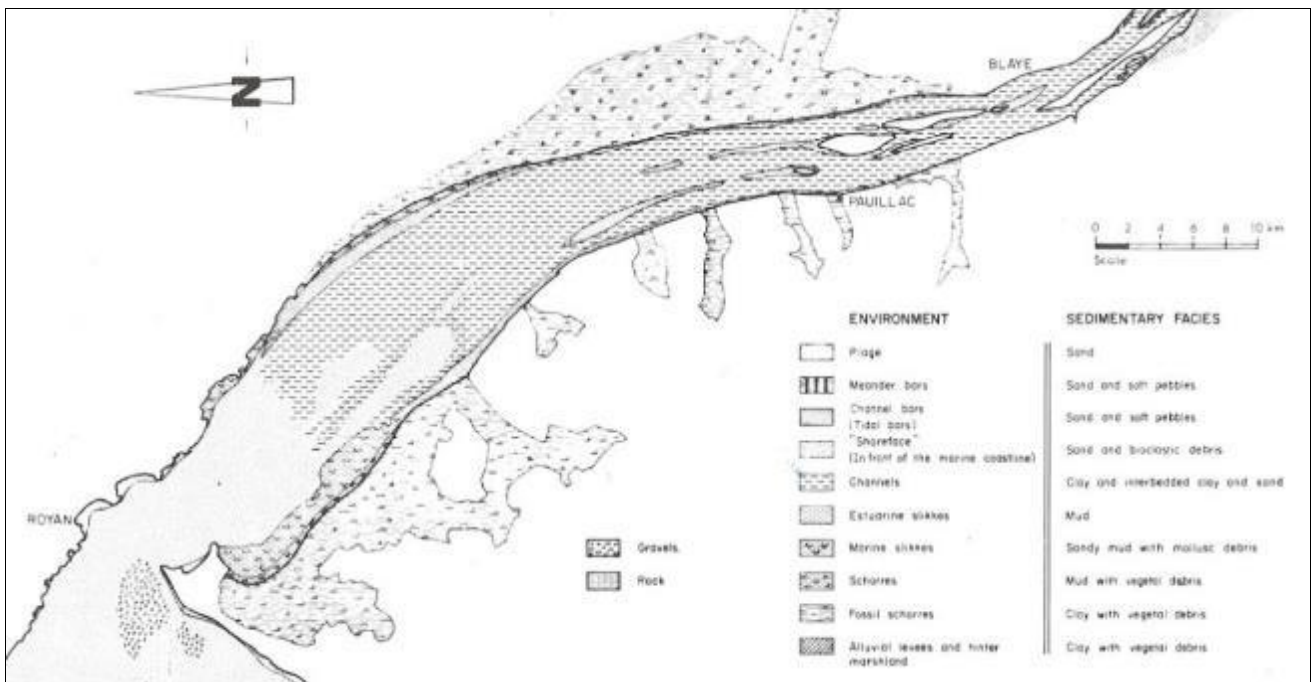


Figure 18. Faciès sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde (d'après Allen in Jouanneau et Latouche)

Embouchure de l'estuaire

Mallet (1998) a établi la cartographie la plus récente des faciès sédimentaires à l'embouchure de la Gironde (Figure 19).

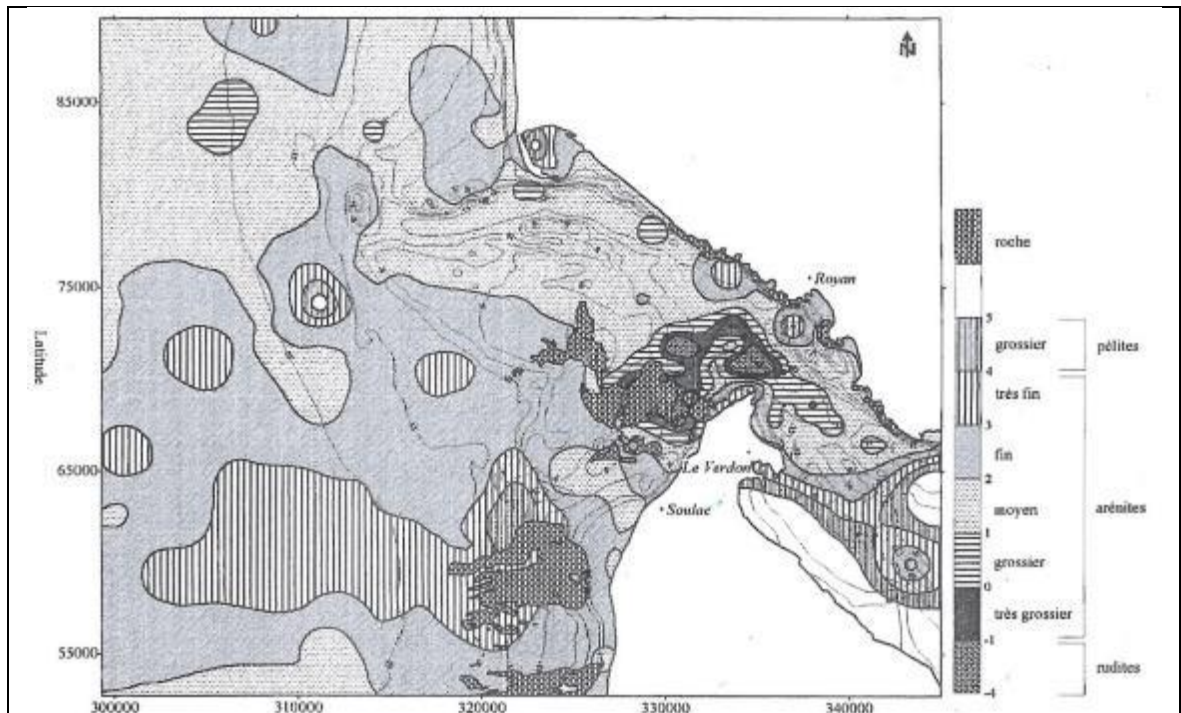


Figure 19. Répartition du grain moyen dans l'embouchure de la Gironde (unité phi). Mallet, 1998

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Les sédiments présents dans l'embouchure de la Gironde sont majoritairement sableux. De manière générale, les sables présentent une granulométrie moyenne sur la partie nord de l'embouchure, des sables fins à très fins sont localisés sur la partie sud, et des sables plus grossiers sont répartis en particulier autour de la Pointe de Grave et du plateau rocheux de Cordouan.

Partie fluvi-estuarienne

Dans la partie fluvi-estuarienne, la nature des fonds est liée aux unités morpho-sédimentaires présentes (chenaux, barres, bancs, estrans...).

- Affleurement rocheux : ils sont présents en plusieurs endroits, principalement à l'ouest du chenal de navigation :
 - Entre le phare de Richard et Saint-Yzans de Médoc, et au large de Valeyrac – Port de By ;
 - Au large de Laména (pk 63) et de Saint-Estèphe (pk 55) ;
 - Au niveau de Cussac et de Saint-Julien Beychevelle (pk 36 à pk 43).
- Sables : les sables sont présents sur des zones d'accumulations qui constituent des barres transitant lors des crues :
 - Du Bec d'Ambès jusqu'au pk 70, des faciès sableux sont présents dans les zones proches des bancs. Les sables constituant les bancs et les barres sont généralement unimodaux, de taille moyenne 200-500 µm et bien triés.
 - Entre le pk 60 et 70, on observe un affinement du grain moyen vers l'aval, suivi d'une augmentation de la taille moyenne des sables vers l'aval.
 - Entre les pk 70 et 80, les bancs sableux sont plus rares. Au-delà du pk 80, les sables couvrent la totalité des fonds et les plus grossiers occupent le fond des chenaux.
- Argile compacte : elle correspond à une formation ancienne générée dans des marais lors de la transgression flandrienne. Généralement recouverte par des formations sédimentaires plus récentes, l'argile compacte affleure dans le chenal de navigation uniquement au niveau de la passe de Beychevelle.
- Vases : elles constituent, en amont du pk 80, les fonds du système estuarien. Apportées par les régimes fluviaux, elles se déposent dans les chenaux et sur les estrans vaseux (slikke). Dans la partie amont de l'estuaire, les slikkes encore peu étendues sont construites par les matériaux vaseux décantés vers la pleine-mer formant une succession de couches très régulières, localement interrompues par des niveaux sableux.

Granulométrie générale des sédiments

L'étude granulométrique des vases de l'estuaire de la Gironde réalisée par le Port de Bordeaux en 1984 fournit les caractéristiques suivantes :

- Diamètre médian (D50) : 4-5 µm
- Argiles et silts fins : 54-58%
- Silts moyens et grossiers : 41-44%
- Sables : 1-2%.

Toujours d'après cette même étude, la crème de vase est constituée par une proportion plus importante d'éléments fins que dans la vase :

- Diamètre médian (D50) : 1.5 µm
- Argiles et silts fins : 76%
- Silts moyens et grossiers : 24%
- Sables : 0%.

3.1.5.1.2. Dynamique du bouchon vaseux

A. Description générale

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

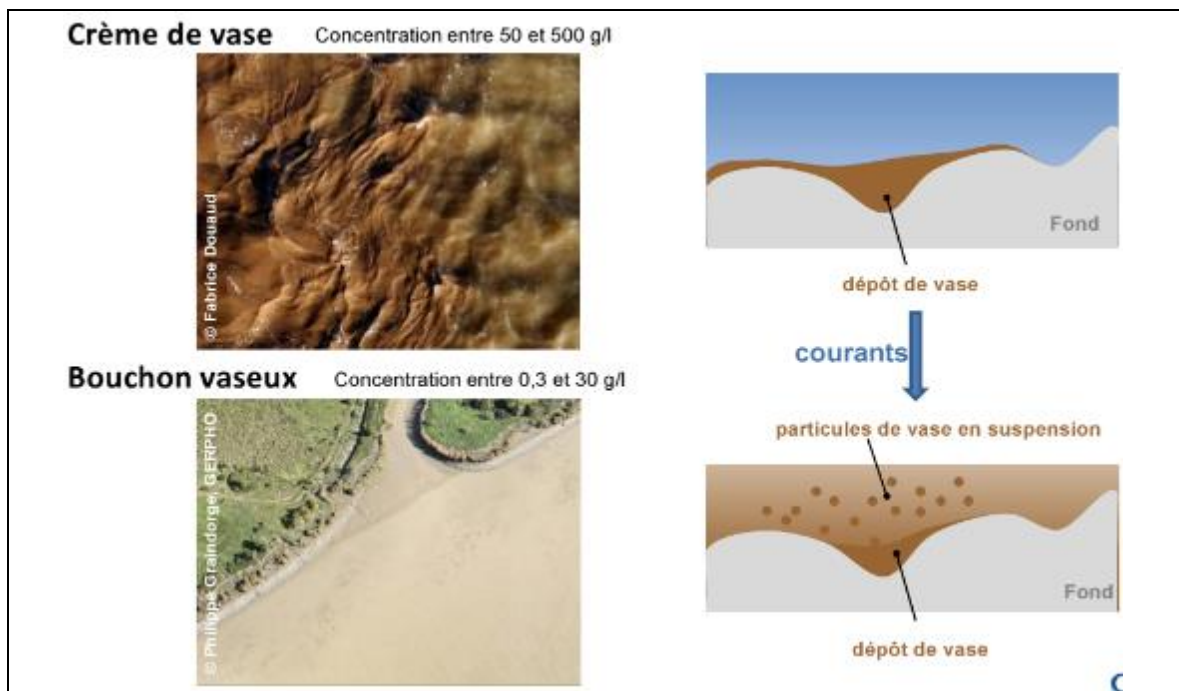


Figure 20. Illustration des phénomènes de bouchon vaseux et crème de vase. GIP Loire Estuaire.

Benaouda (2008) explique plus précisément les processus dynamiques qui contrôlent les interactions bouchon vaseux – crème de vase : au début des mortes-eaux, la crème de vase se forme par la décantation du noyau du bouchon vaseux. Cette décantation est extrêmement rapide aux étales par réduction de la turbulence, qui augmente la vitesse de chute des particules. Selon Winterwerp et al. (2001), c'est la suppression de la turbulence par une saturation de la colonne d'eau en fortes concentrations qui est responsable de l'accumulation rapide de crème de vase.

Les particules déposées forment des lits de vase dont l'épaisseur peut atteindre de 2 à 3 mètres. Ces lits de vase sont suffisamment denses et visqueux pour résister aux courants de mortes-eaux. Au cours du revif, la vase se fragmente, sous l'influence des courants, en plusieurs lentilles. Celles-ci se déplacent alors avec le bouchon vaseux sous l'effet de la marée. A partir d'une certaine intensité du courant, la vase est en partie remise en suspension et contribue à l'augmentation de la concentration du bouchon vaseux. Cependant, une autre partie est assez compacte pour se maintenir au fond. Le développement du bouchon vaseux et de la crème de vase suivent un cheminement inverse. Ainsi, en mortes-eaux, le volume de crème de vase atteint son maximum, alors que le bouchon vaseux est restreint au minimum. En vives-eaux, c'est l'inverse qui se produit.

La position et l'extension du bouchon vaseux dépend des débits fluviaux et des cycles de marée.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Le bouchon vaseux (MES) évolue selon différentes échelles de temps, comme le montrent les graphiques suivants :

- Echelle de la marée, sous l'influence des courants de flot et de jusant ;
- Echelle d'un cycle mensuel de vives-eaux – mortes-eaux, sous l'influence des volumes oscillants ;
- Echelle saisonnière, sous l'influence des débits fluviaux.

Tableau 14 – Principales caractéristiques du bouchon vaseux

SALINITE	SECTIONS	Bouchon vaseux
pk>95 : Polyhalin	Zone 1 <i>Passes de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.</i>	Expulsion du bouchon vaseux vers l'embouchure lors des fortes crues associées à une période de vives-eaux.
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 <i>Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes.</i>	Extension du bouchon vaseux vers l'aval en période de crue.
pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésohalin	Zone 3 <i>Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.</i>	Zone de turbidité maximum aux pk50-60 : zone stationnaire, en rive gauche, au-dessus du chenal de navigation. Faibles variations saisonnières.
pk29-55 Mésohalin/ oligohalin	Zone 4 <i>Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.</i>	Il est présent sur l'amont en période d'étiage ; et s'étend alors environ jusqu'au pk30.
Pk0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 <i>Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.</i>	Le bouchon vaseux est présent entre 3 et 8 mois / an (période étiage et basses eaux). Les concentrations de MES sont alors très importantes (supérieures à 6 g/l en vives-eaux).

Les cycles de marée ont une influence dominante sur les concentrations en MES (variations mensuelles de 1 à 10 jusqu'à 1 à 50) alors que les débits fluviaux contrôlent principalement la position du bouchon vaseux dans le système Gironde-Garonne-Dordogne ; les variations de MES sont plus faibles, 1 à 5 (Doxaran et al, 2009).

Ces différents points sont détaillés ci-après.

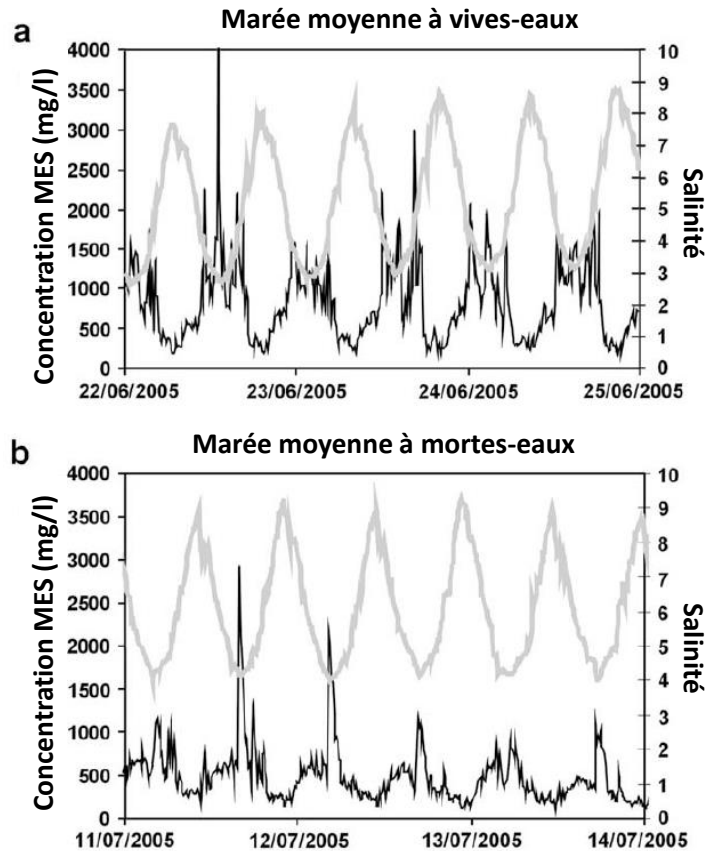


Figure 21. MES et salinité mesurés à la station MAREL de Pauillac en juin 2005. Adapté de Doxaran et al, 2009.

B. Evolution à court terme du bouchon vaseux

En période d'étiage, le bouchon vaseux est présent sur le secteur de Bordeaux. La station MAGEST située à Bordeaux permet de suivre les évolutions temporelles, à court terme, des concentrations en MES.

En période de basses eaux, les capteurs de mesure optique saturent, ce qui signifie que la concentration en MES est supérieure à 6 g/l. Cette très forte concentration est observée plusieurs heures par marée. Au cours de la marée, ces concentrations sont observées autour de la mi-marée, lorsque les courants de marée sont les plus forts.

A l'inverse, autour de l'étalement de pleine mer (faibles courants), les concentrations sont généralement inférieures à 1 g/l.

Ces variations, à l'échelle d'une marée, témoignent des processus court-termes, de dépôt et resuspension, au gré des courants de marée

- Augmentation des courants de marée : mise en suspension des sédiments et augmentation de la turbidité
- Réduction des courants de marée : sédimentation des MES et baisse de la turbidité.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

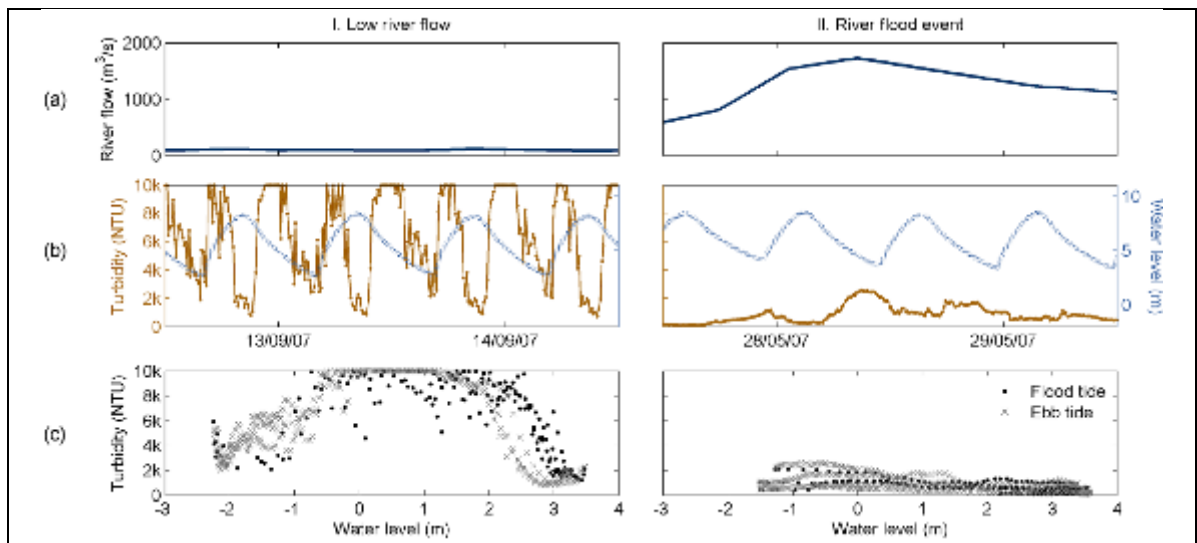


Figure 22. Turbidité mesurée à Bordeaux sur 48h, dans 2 situations hydrologiques : à gauche, étiage et à droite, crue. (a) débit (b) turbidité et niveau d'eau (c) turbidité en fonction du niveau d'eau (Jalon Rojas et al., 2014).

En période de crue (ici débit de la Garonne entre 1000 – 1500 m³/s), la turbidité est plus faible qu'en période d'étiage ; elle reste généralement inférieure à 2000 NTU. La dynamique à l'échelle de la marée est différente : à marée montante, les courants de marée s'opposent au courant fluvial, et les concentrations en MES sont plus faibles.

a) Effet des marées

Allen (1972) précise l'influence des marées sur l'extension latérale du bouchon vaseux :

- en marées moyennes et en mortes-eaux, le bouchon vaseux est essentiellement concentré dans le chenal de navigation ;
- en vives-eaux, le bouchon vaseux « s'étale » essentiellement vers la rive droite, en suivant les gradients de dessalure et les trajectoires de la circulation résiduelle.

b) Effet des crues et origine des MES en période de crue

Les travaux d'Aldo SOTTOLICHIO ont permis d'établir l'étendue et la position du bouchon vaseux en fonction des débits (source : Synthèse de la dynamique saisonnière des structures turbides dans l'estuaire de la Gironde, 1999).

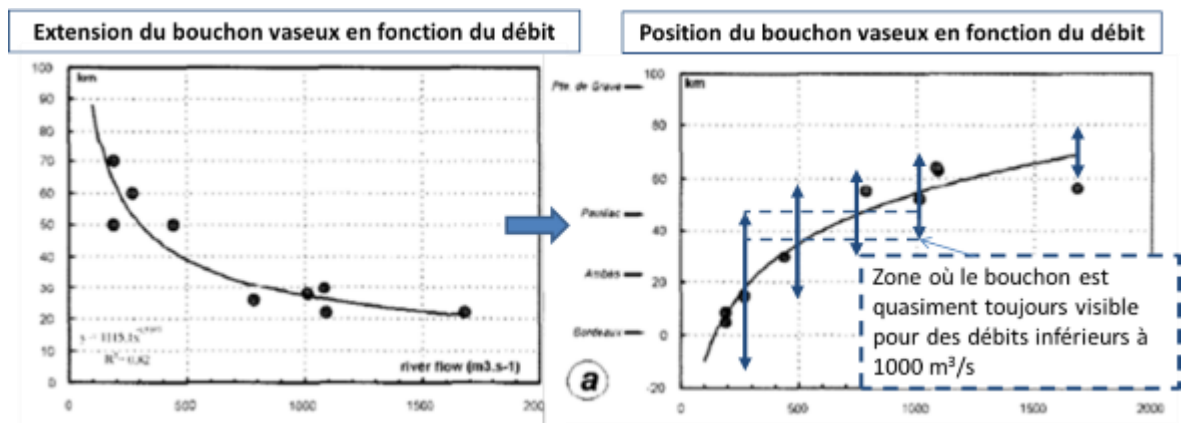


Figure 23 : Position du bouchon vaseux (source : A. SOTTOLICHIO, 1999)

Ainsi, au niveau de Pauillac, le bouchon vaseux est présent pour des débits inférieurs à 1000 m³/s, soit une très grande partie de l'année.

Ces éléments ont été précisés quelques années après à partir des données du réseau MAGEST :

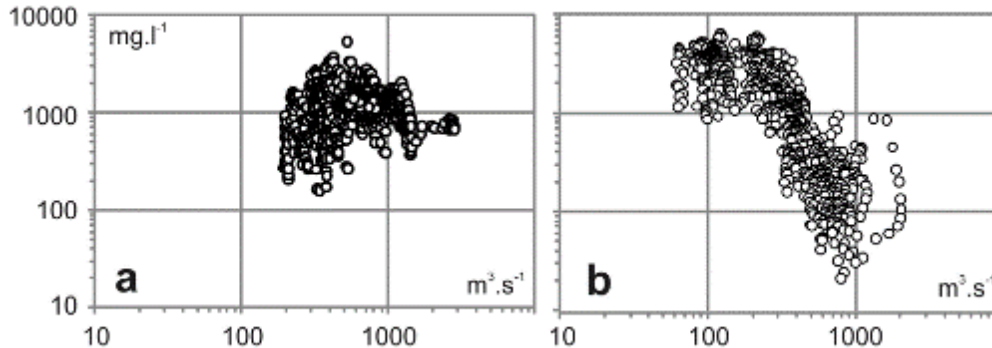


Figure 24 : Concentration en MES en fonction du débit à Pauillac (a) et Bordeaux (b) (source : A. SOTTOLICHIO, 2011)

Ainsi, à l'échelle de l'année, la position du bouchon vaseux dans l'estuaire varie :

- En étiage, le bouchon vaseux remonte vers l'amont de l'estuaire sous l'effet prépondérant de l'onde de marée, qui progresse vers l'amont à cause de débits fluviaux faibles.
- En crue, il descend vers l'aval de l'estuaire quand les forts débits sont présents. En cas de fortes crues, ce déplacement peut conduire à une expulsion de matières à l'extérieur de l'estuaire sous forme de panaches turbides.

De plus, plus le débit est faible, plus le bouchon vaseux est étendu.

Plus précisément, des analyses ont porté sur les effets des crues sur le bouchon vaseux. L'apport de sédiments depuis l'amont (rivière Garonne) en période de crue a été étudié à partir des données MAGEST. Les apports de l'amont sont identifiés et distingués des resuspensions locales à partir d'une analyse particulière².

D'après l'article de Jalon-Rojas et al, 2015, les années 2008 et 2009 ont été caractérisées par des crues assez marquées ; l'analyse des enregistrements de turbidité permet de conclure que les pics de turbidité sont associés à des apports amont et non à des resuspensions de dépôts locaux, ce qui signifie également qu'il n'y a plus de dépôt locaux de vases dans le secteur de Bordeaux dès le début des hivers 2008 et 2009.

Au contraire, les années 2007 et 2012 sont des années sans crue marquée. L'analyse des enregistrements de turbidité montre que les pics de turbidité sont associés à une mise en suspension de dépôts de vases locaux, toujours présents au cours des hivers et du printemps. Ce n'est qu'au mois de mai de ces années « sèches » que les dépôts sont totalement évacués de Bordeaux.

Les crues ont donc pour effet dominant d'expulser les dépôts de vases vers l'aval de l'estuaire, et non d'alimenter le bouchon vaseux.

² patrons d'hystérésis positive ou négative.

C. Evolution à moyen terme du bouchon vaseux : échelle saisonnière

L'acquisition des données sur une période de 10 ans a permis d'analyser la dynamique temporelle à l'échelle des cycles de marée (vives-eaux – mortes-eaux) et en fonction de l'hydrologie (influence saisonnière).

En amont de l'estuaire (Portets, Libourne et Bordeaux), les turbidités maximales sont enregistrées au cours des vives-eaux (plus forts courants). Les valeurs les plus élevées sont notées en période de basses-eaux, généralement entre juillet et novembre. La turbidité est minimale au printemps, après les crues.

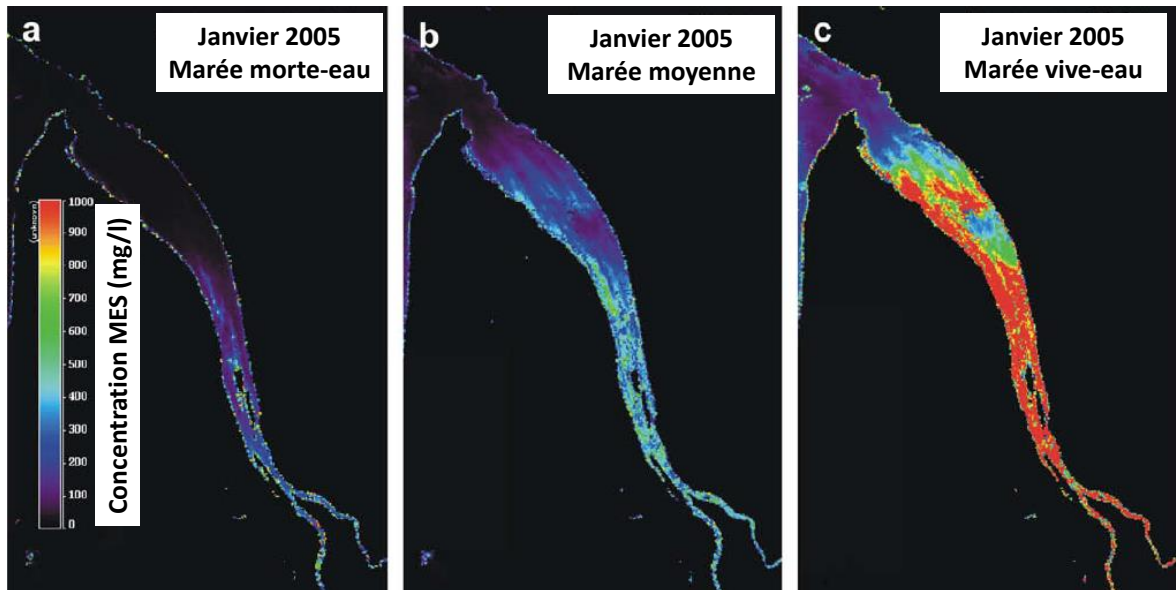


Figure 25. MES en janvier 2005 d'après données satellite MODIS Terra and Aqua. Adapté de Doxaran et al, 2009. Débit moyen : ~790 m³/s

Plus en aval (Pauillac), les évolutions saisonnières sont moins marquées (bouchon vaseux toujours présent) et suivent une tendance inverse à celles en amont.

La Figure 26 synthétise les caractéristiques principales de la turbidité, en comparant les quatre stations de l'estuaire, en relation avec l'influence de la marée et l'influence de l'hydrologie.

On note en amont les fortes variations saisonnières, moins nettes à l'aval (Pauillac).

Les valeurs de turbidité sont les plus élevées en été à Bordeaux et Libourne ; elles sont les plus élevées en hiver à Pauillac.

Les variations en fonction des marées (influence des courants de marée) sont notables sur tout l'estuaire.

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

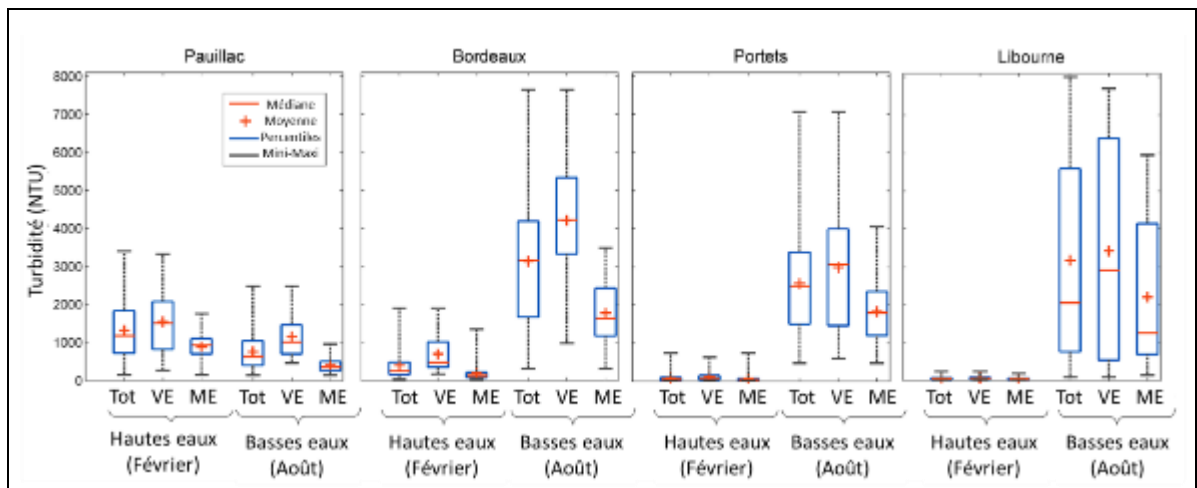


Figure 26. Synthèse des 10 années de mesures, au niveau des 4 stations MAGEST. En fonction de l'hydrologie (hautes et basses eaux) et du marnage (vives-eaux et basses-eaux). Jalon Rojas et al, 2014.

D. Evolutions sur le long-terme du bouchon vaseux : évolution interannuelle

Les 10 années de mesures ont permis de mettre en évidence des disparités interannuelles. Les stations amont sont fortement influencées par le débit fluvial (années sèches – années humides).

A Bordeaux, le bouchon vaseux est présent entre 3 et 8 mois par an (variable en fonction de l'hydrologie).

A Libourne, le bouchon vaseux est présent entre 1 et 5 mois par an ; il n'est pas systématiquement présent en été.

Le bouchon vaseux, présent l'été, peut toutefois être présent en hiver, lors d'hivers secs, comme ce fut le cas en 2012.

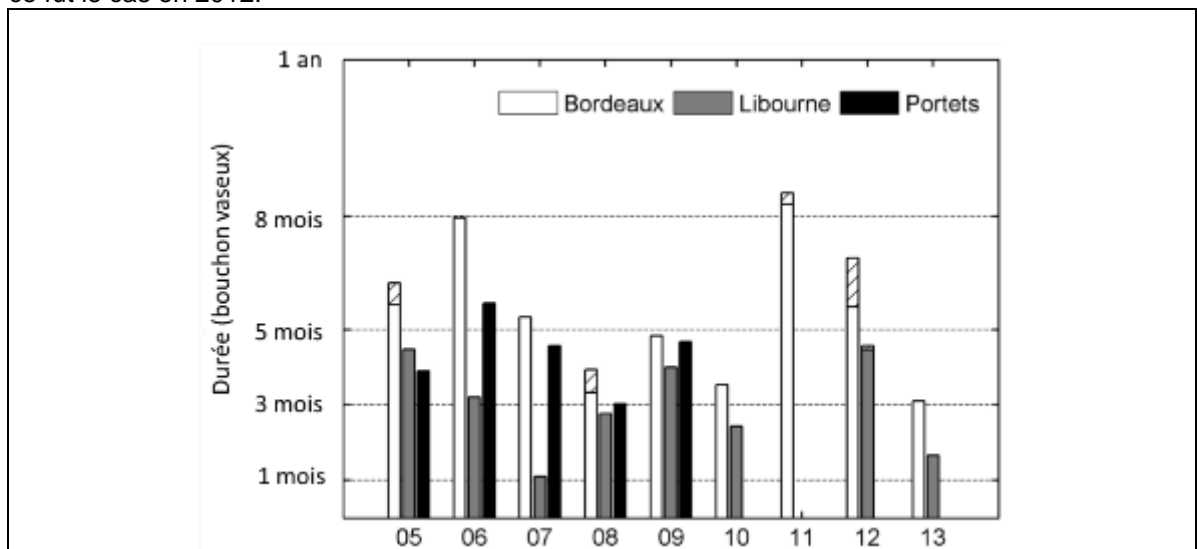


Figure 27. Durée de présence du bouchon vaseux, par année, au niveau des 3 stations de mesures amont. Les hachures représentent la durée en période hivernale. Jalon Rojas et al., 2014

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.1.5.1.3. Importance des apports amont sables-vases

Migniot (1969) a estimé la masse du bouchon vaseux entre 2,5 et 4,0 millions de tonnes de sédiments fins en période de vives-eaux. Le stock total de sédiments fins mobiles a été estimé (en 1977) à 5 millions de tonnes. Jouanneau (1979) donne une estimation beaucoup plus précise à partir des mesures de turbidité, dans l'eau et dans la crème de vase : entre 1,7 et 2,3 millions pour le bouchon vaseux et entre 2,5 et 3,0 millions de tonnes pour la crème de vase. La masse totale du système est comprise entre 4,2 et 5,3 millions de tonnes. Ces estimations ont été effectuées en mortes-eaux ou marées moyennes, et pendant une période où le bouchon vaseux se situait au milieu de l'estuaire à débit moyen. Néanmoins, Jouanneau suppose que ces valeurs sont valables en période de crue ou d'étiage.

Les apports fluviaux en sédiments dans l'estuaire de la Gironde ont été évalués :

- par Migniot (1969) entre 1,5 et 3,0 millions de tonnes par an ;
- par Castaing (1981) à environ 2,0 millions de tonnes par an lors d'une année sèche (*in* Doxaran et al, 2009) ;
- par Schäfer (2002) à environ 3,2 millions de tonnes par an lors d'une année humide (*in* Doxaran et al, 2009).

Les apports de sables par le bassin versant seraient de l'ordre de 500 à 600 000 m³ par an.

Les sédiments fins transportés en suspension dans l'estuaire sont des argiles (granulométrie inférieure à 2 microns) et silts (granulométrie inférieure à 20 microns).

3.1.5.1.4. Effet de l'hydrosédimentaire sur la sédimentation portuaire

Sottolichio et Castaing ont analysé la dynamique des structures turbides de l'estuaire (bouchon vaseux et crème de vase), en lien avec les dépôts récents (vases fraîches) dans les accès portuaires.

Les résultats montrent que la sédimentation vaseuse dans les accès portuaires n'est pas uniquement due au dépôt des sédiments fins transportés en suspension, dans le bouchon vaseux ; la géométrie du chenal (sections singulières plus larges) favorise également le dépôt des sédiments fins.

Dans les conditions hydrauliques favorables au dépôt (calme hydrodynamisme lors de la reverse des courants et en période de mortes-eaux) et en présence du bouchon vaseux (source de quantités importantes de matières), la hauteur de dépôt (crème de vase) peut atteindre plus de 0,6 m en 2,5 heures.

La vase fraîchement déposée se consolide progressivement. La concentration de la crème de vase augmente avec la profondeur ; les différentes couches qui se superposent présentent des densités différentes.

Lorsque l'hydrodynamisme remonte (courants plus forts), les couches les moins denses sont déplacées voire remises en suspension ; les couches les plus consolidées sont résistantes à l'érosion et restent en place. La vase non remaniée par les courants entraîne progressivement un exhaussement des fonds qui nécessitent alors un entretien par dragages.

Une moindre partie de la sédimentation dans les accès nautiques est consécutive à des apports sableux, en provenance des bancs vers les chenaux. Les sables dans l'estuaire sont stockés sous forme de bancs sableux. Selon l'hydrodynamisme et notamment les débits, les bancs ou barres sableuses observent des phases d'érosion et des phases d'accrétion.

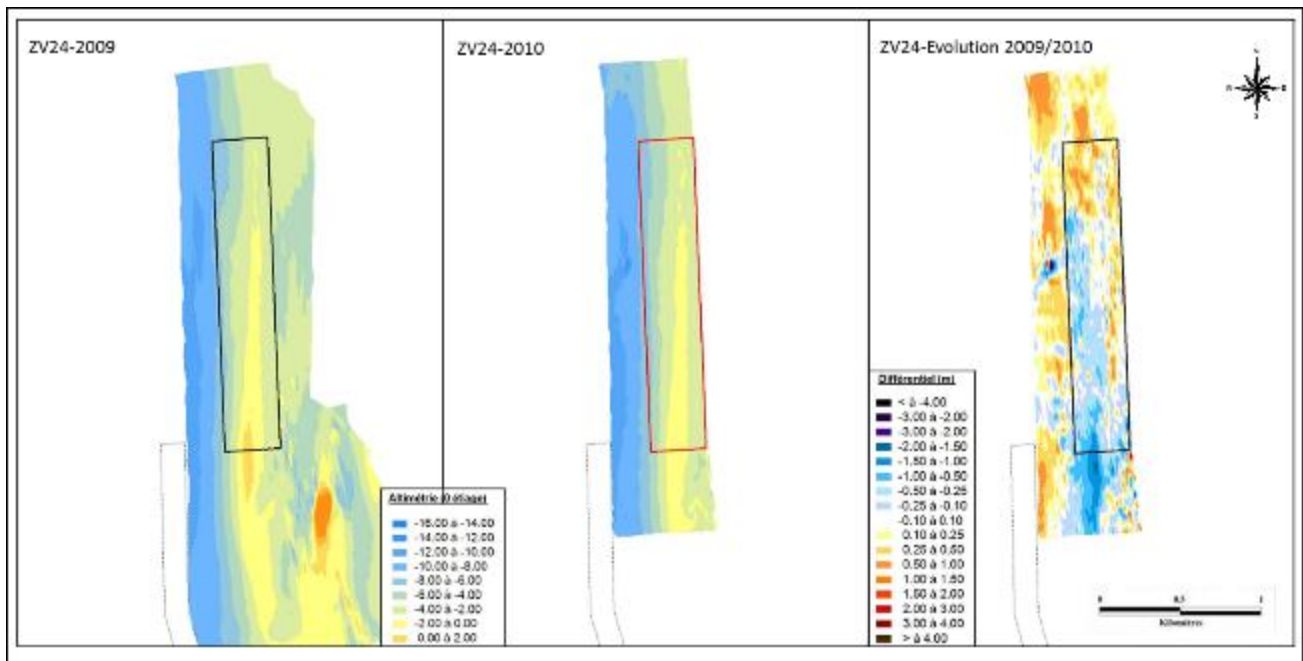
Des évolutions notables sont observées au niveau des bancs du Pâté et de Saint-Estèphe ; la translation de ces bancs vers le chenal de navigation est responsable des apports sableux vers les passes de Cussac et de Laména. Cette situation conduit au dragage de 300 000 m³ /an de sables sur la passe de Cussac.

3.1.5.2. Evolution hydrosédimentaires des zones d'immersion

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

- D'une expertise hydrosédimentaire effectuée essentiellement à partir des levés bathymétriques des zones d'immersion les plus utilisées : zones 1.8, 2.4, 3.4 et 3.7. ; ceci entre 2008 et 2013 ;

Figure 28. ZV2.4 - Evolution bathymétrique entre 2009 et 2010



- Des résultats du calcul hydrosédimentaire réalisés dans le cadre de ce projet.

Les résultats de ces analyses sont les suivants :

- Les volumes immergés sont très largement supérieurs aux évolutions observées sur les zones de vidage. Ceci signifie que les matériaux clapés ne sont pas stables sur les zones de vidage et sont repris par la dynamique estuarienne et emportés hors de ces zones.
- Sur plusieurs périodes, les volumes d'érosion observés sur les zones de vidage sont supérieurs aux volumes « de dépôt ». Cela signifie non seulement que les volumes immergés ne sont pas retrouvés sur les zones mais également que la zone est en érosion (les fonds naturels ne sont pas stables).

Ainsi, le rejet des matériaux clapés ne semble pas avoir d'influence sur l'évolution bathymétrique des fonds des zones de vidage. Les zones sont dispersives quelles que soient les saisons.

3.1.6. Hydrogéologie

L'hydrogéologie du secteur linéaire de 70 km concerné par le chenal de navigation est caractérisée par la présence d'aquifères superposés.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Dans ces aquifères, on distingue classiquement, de haut en bas, les nappes suivantes :

- Nappe des alluvions sous-flandriennes présente à faible profondeur ;
- Nappe des calcaires de l'Eocène supérieur (Saint-Estèphe, Saint-Yzans), peu productive et peu exploitée. Seuls les faciès marneux de l'Eocène supérieur affleurent localement sous le chenal ;
- Nappe des sables de l'Eocène moyen, fortement exploitée pour l'eau potable ;
- Nappe des calcaires du Crétacé, non concernée, car présente seulement en aval de la zone d'étude et non affleurante en fond d'estuaire sous le chenal de navigation.

Seule la nappe des alluvions sous-flandriennes et la nappe de calcaires de l'Eocène supérieur sont potentiellement concernées par les opérations de dragage/rejets.

3.1.6.1. Aquifères des Terrasses sous-flandriennes

3.1.6.1.1. Généralités

Le réservoir est constitué par un ensemble probablement très discontinu d'assises de galets, sables et graviers, sables marins coquilliers, dont la géométrie en lentilles adjacentes ou décalées de plusieurs niveaux altimétriques, est très complexe. Il s'étend sous l'estuaire et sous une grande partie des marais bordant les rives droite et gauche de la Gironde.

En rive gauche et droite, la présence d'eau saumâtre dans la nappe alluviale des sables, graviers et galets a été mise en évidence en de nombreux secteurs (marais de Beychevelle, secteur de St-Christoly-Laména, bordure estuarienne du marais de St-Ciers près de la centrale EDF du Blayais). Les valeurs de salinité peuvent être beaucoup plus élevées que celles de l'estuaire actuel, comme par exemple à la passe de Laména proche (valeur moyenne de 8 g/l variant entre 2,5 g/l et 13,5 g/l).

L'origine de cette salinité provient probablement des volumes d'eau très salée piégés dans les terrains sous les argiles flandriennes et pouvant être mis en circulation à l'occasion de pompages. Il est très vraisemblable que des aquifères discontinus existent sous les argiles flandriennes. Ces aquifères, non balayés par un écoulement naturel, contiennent des eaux fossiles salées datant de l'Holocène (Flandrien) composées d'eau de mer partiellement mélangée avec des eaux douces. Ce mélange d'eau douce et salée date d'une période où l'estuaire, plus large que l'actuel, se comportait plus comme un véritable bras de mer.

3.1.6.1.2. Relations avec l'estuaire

La nappe des alluvions sous-flandriennes (galets, graviers et sables) est recouverte des argiles et sables argileux flandriens qui lui assurent une protection naturelle. Elle n'arrive en proximité de fond du chenal de grande navigation qu'au voisinage des PK 39 et 71.

Le niveau du plan d'eau de l'estuaire varie au cours de la marée. Le niveau piézométrique au repos est en général plus élevé que le niveau dans l'estuaire (échange potentiel d'eau de la nappe vers la Gironde) sauf pendant des périodes de 3.5 à 4.5 heures au moment des marées hautes de moyennes et vives-eaux (échange potentiel inverse de la Gironde vers la nappe).

3.1.6.2. Aquifère de l'Eocène moyen

La nappe est contenue dans un réservoir aux faciès variés, gréseux mais aussi calcaire. C'est la plus importante nappe captive de la Gironde. Malgré un domaine à fluor et sulfates et la présence assez générale de fer, elle est de bonne qualité, car pratiquement partout protégée des pollutions. Chaque ouvrage peut fournir des débits compris entre 100 et 250 m³/h.

La nappe de l'Eocène a été activement exploitée depuis longtemps pour l'alimentation en eau potable et aussi pour les industries implantées notamment dans la presqu'île d'Ambès. Aussi, cette

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

nappe, fortement artésienne au début du siècle, a une surface piézométrique qui s'est abaissée régulièrement par suite des pompages intensifs des années 60 à 80.

Ainsi, dans la région Bordelaise, le niveau piézométrique est passé de (+ 5 m) NGF en 1965 à (- 5 m) NGF en 1972, (- 10 m) NGF en 1984 et (- 35 m) NGF en 1991 (Rapports du BRGM sur la gestion des nappes d'eau souterraine en Gironde).

Les niveaux de la nappe de l'Eocène moyen sont influencés par les variations d'altitude du plan d'eau de l'estuaire au cours de la marée à la suite des transmissions de pression. Dans le secteur autour de l'Île Verte (PK 25 à PK 45) le niveau piézométrique élevé de la nappe de l'Eocène moyen lui assure une protection hydrostatique quasi complète contre une éventuelle entrée d'eau de l'estuaire. Ailleurs, des échanges de la Gironde vers la nappe peuvent potentiellement se produire lors des hautes eaux des marées et des périodes de dépressions piézométriques. A Saint-Christoly les situations altimétriques favorables à un risque d'intrusion représentent de 38 à 51% du temps.

Les résultats d'analyses hydrochimiques effectuées par le BRGM sur des échantillons d'eau prélevés sur des sondages réalisés en bordure d'estuaire montrent :

- L'absence totale d'eau salée dans les eaux de la nappe de l'Eocène moyen à Fort-Médoc (Cussac) et au Port de la Chapelle (Saint-Estèphe) ;
- La présence d'eau saumâtre dans le réservoir Eocène moyen à Port de Goulée, Port de By et à Saint-Yzans.

3.1.7. Acoustique

3.1.7.1. Bruit ambiant aérien

L'environnement sonore du système fluvio-estuarien est un environnement, dans sa majeure partie, naturel. Cependant, sa partie amont (Garonne entre le Bec d'Ambès et Bordeaux), s'inscrit dans un contexte urbain prédominant.

D'une manière générale, les principales sources sonores potentielles sont d'origine (source : bibliographie) :

- Anthropique (circulation routière, activités humaines, industrielles...) :
 - Circulation routière : 50-90 dB. D'après US Department of Housing and Urban Development, le niveau sonore d'une route bruyante est d'environ 80-90 dB et celui d'une voiture à faible vitesse de 50 dB.
 - Activités portuaires (navigation et manœuvre des bateaux, opérations de manutention,...) : le niveau sonore correspondant peut atteindre 100 dB ;
- Océanographique : vent et houle atteignant les infrastructures portuaires (mât/pylône sifflants, portiques, déferlement de la houle sur les ouvrages ...).
- Biologique (avifaune essentiellement...) : le niveau sonore peut atteindre 30-40 dB.

3.1.7.1.1. Sources de bruit sur le plan d'eau

Sur le plan d'eau proprement dit, les sources de bruit sont relativement faibles et peu nombreuses. Elles concernent :

- Sources anthropiques :
 - Le passage des navires de commerce et autres navires (croisières, militaires), de bateaux de tourisme fluvial et de pêche, navigation de plaisance et activité touristique ;
 - Les travaux de dragage, de battage de pieux éventuellement...

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 15 – Intensité de plusieurs sources sonores anthropiques

Bruit	Niveau à la source (dB)	Bande fréquence (Hz)
Battage pieux	220- 260	20 -> 20 000
Dragage	160 – 190	30 -> 20 000
Navigation petites barges et bateaux	160 – 180	20 -> 10 000
Navires larges	180 - 190	6 -> 30 000

OSPAR Commission, 2009

- Océanographique : vent et houle atteignant les infrastructures portuaires (mât/pylône sifflants, portiques, déferlement de la houle sur les ouvrages à l'aval...).

Le tableau ci-dessous indique les niveaux sonores à la surface de l'eau pour différentes conditions météorologiques :

Tableau 16 – Niveau sonore à la surface de la mer en fonction de l'échelle Beaufort

Beaufort Force	Niveau sonore (dB)
0	44.5
1	50
2	55
3	61.5
4	64.5
5	66.5

Source: Ambient Noise, The background noise of the sea

- Biologique (avifaune essentiellement...) : le niveau sonore peut atteindre 30-40 dB.

3.1.7.1.2. Sources bruits sur les berges

Sur les berges, deux typologies « sonores » peuvent être identifiées en fonction du mode d'occupation de l'espace : milieu rural et milieu urbain.

A. Milieu rural ou faiblement urbanisé

Les sources de bruit sont faibles et occasionnelles. Des mesures réalisées pour le compte de la SARL « Les Gravieres de Saintonge » ont permis de définir un état initial sonore représentatif de zones rurales riveraines de l'estuaire. Ces mesures ont été effectuées le 18 décembre 1993, avec un vent faible à modéré de secteur Sud-Sud-Ouest. Trois stations ont été réparties en rive droite de l'estuaire à hauteur du Port des Callonges (PK 56) :

- Station A : près du port ;
- Station B : bordure d'estuaire en limite de la jonchaie ;
- Station C : digue près de la ferme des Petites Callonges ;
- Station D : à l'aval au niveau du Port de Vitrezay (PK 59).

Les résultats de ces mesures (exprimés en dBA) sont rapportés dans le tableau suivant :

Tableau 17 – Mesures acoustiques réalisées au niveau de Port des Callonges

Station	Mesures
A- près du port	37 à 38
B - bordure d'estuaire en limite de la jonchaie	41 à 47 *
C - digue près de la ferme des Petites Callonges	39 à 41
D - à l'aval au niveau du Port de Vitrezay (PK 59).	47 à 48

** Passage d'avions et de mouettes.*

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Dans ce secteur rural, le niveau sonore est faible : 37 à 43 dBA dans les zones calmes de bord d'estuaire et 47-48 dBA dans les zones plus actives (Vitrezay).

Ces résultats sont semblables à ceux des mesures réalisés dans l'estuaire de la Seine en 2009 pour le Grand Port Maritime de Rouen : ainsi, pour des habitations, en retrait ou au bord de Seine, (absence d'infrastructures routières importantes), le niveau mesuré était entre 40-50 dBA.

B. Site urbain

Les sources de bruit sont multiples (circulation, activités industrielles, chantiers temporaires, etc ...), et créent un fond sonore quasi-permanent que des études ponctuelles ont permis de quantifier.

Une étude d'impact acoustique réalisée en juin 1999 pour le compte du Port autonome de Bordeaux a permis de caractériser l'environnement sonore de la zone industrialo-portuaire d'Ambès. Par analogie, on peut considérer que l'état réalisé dans le cadre de cette étude est proche sur l'ensemble des sites portuaires amont. Dans le cadre de cette étude, cinq points de mesure de courte durée (1 heure) et un point de mesure de longue durée (24 heures) ont été enregistrés. Ces points sont situés sur le périmètre du terrain dit de « Saint-Vincent » en rive droite de la Garonne à hauteur du PK 22,5. Le point de mesure longue durée (point n°1) se situe en bordure de la RD113, près de la berge de la Garonne. Les grandeurs mesurées sont les niveaux de pression acoustique continus équivalents pondérés A du bruit ambiant (LAeq). Ces niveaux sont calculés sur la période diurne (7h - 22h) et sur la période nocturne (22h - 7h) pour le point de longue durée (point n°1). Pour les cinq autres points (points n°2 à n°6), les niveaux sont calculés sur des périodes d'environ une heure, en période diurne.

Les résultats sont les suivants :

Tableau 18 – Mesures acoustiques au niveau de la zone industrialo-portuaire d'Ambès

MESURE DE LONGUE DUREE			
Point de mesure	Période de mesurage	LAeq (7h - 22h)	LAeq (22h - 7h)
Point n°1	24 heures (les 03 et 04/06)	62,2 dBA	55,4 dBA
MESURES DE COURTES DUREES			
Point de mesure	Période de mesurage	LAeq	
Point n°2	Entre 11h11 et 12h11	52,8 dBA	
Point n°3	Entre 12h29 et 13h29	49,1 dBA	
Point n°4	Entre 13h34 et 14h41	54,0 dBA	
Point n°5	Entre 15h42 et 16h42	54,3 dBA	

L'étude conclut, que l'environnement sonore du site est caractérisé par un bruit de fond assez élevé. Au niveau du point n°1 (mesure de longue durée), le bruit de fond est caractérisé par une influence forte du trafic routier sur la RD 113. Les mesures ont été faites un jour de semaine et le trafic peut donc être considéré comme représentatif d'une activité standard. Les niveaux sonores enregistrés au niveau des points de courtes durées (points n°2 à n°6) subissent de manière moins significative l'influence du trafic routier.

3.1.7.2. Bruit ambiant marin

Les niveaux de bruit sous-marins ne sont pas à comparer avec les niveaux aériens de bruit. En effet, les décibels (abréviation dB) sont, par définition, une unité relative à un niveau de pression acoustique de référence. Ce niveau de référence est de 1µPa en acoustique sous-marine, contre 20 µPa dans l'air. De plus, avec une densité d'environ 1 000 fois plus dense que l'air, le milieu océanique est considéré comme un milieu de propagation incompressible contrairement à l'air.

Il n'existe pas de mesure de bruit *in situ* dans l'estuaire de la Gironde. Néanmoins, la bibliographie existante permet d'avoir une première approche quantitative du bruit sous-marin dans l'estuaire qui peut avoir plusieurs origines :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Une origine anthropogénique liée aux activités humaines : bateaux, sonar civils et militaires, travaux en mer – forage, battage de pieux, dragage... La majorité des bruits sous-marins anthropiques a une intensité sonore à 1 m entre 150 et 200 dB re 1 μ Pa. Ces bruits diffèrent en fréquence, en durée (bruit permanent ou temporaire), en amplitude (continu ou discontinu) et en direction (son omnidirectionnel ou orienté horizontalement ou verticalement) ;

Tableau 19 –Caractéristiques des bruits émis par les navires

Type de navire	Fréquence (kHz)	Niveau sonore (dB re 1 μ Pa)	Référence
Moto marine 650 cc	0.8-5	125	Evans and Nice 1996
Zodiac	6.3	152	Malme <i>et al.</i> 1989
Hors-bord de 7 m	0.63	156	Malme <i>et al.</i> 1989
Bateau de pêche	0.25-1.0	151	Greene 1985
Chalutier	0.1	158	Malme <i>et al.</i> 1989
Remorqueur à vide	0.037-1.0-5.0	166-164-145	Buck and Chalfant 1972 ; Miles <i>et al.</i> 1989
Remorqueur chargé	1.0 5.0	170 161	Miles <i>et al.</i> 1989
Bateau atelier de 34 m (bimoteur diesel)	0.63	159	Malme <i>et al.</i> 1989
Pétrolier (135 m) Pétrolier (179 m)	0.43 0.06	169 180	Buck and Chalfant 1972 ; Ross 1976 ; Thilele and Ødengaard 1983
Navire de fret (135 m)	0.041	172	Thilele and Ødengaard 1983

Source : Whale and Dolphin Conservation Society Science report

- Une origine physique (vent, intempéries, vagues, turbulence, fond de mer...) : l'action de la houle, du vent et de la pluie sur la surface crée un bruit de fond sous-marin compris entre 90 à 100 dB dans des secteurs côtiers peu profonds (du fait de la canalisation des sons par la bathymétrie et la surface), dans une plage de fréquences de 1 Hz à 25 kHz, dû en majeure partie aux bruits naturels ;
- Une origine biologique (sons émis par les animaux ou dus à leurs mouvements) : les poissons et les invertébrés se déplacent et émettent des sons dans l'eau pour communiquer notamment. En général, la plage de fréquence varie de 10 Hz à 150 kHz pour un niveau sonore pouvant atteindre 140-160 dB re 1 μ Pa pour les mammifères, 60 dB re 1 μ Pa pour les coquillages....

3.1.8. Risques naturels

Les risques naturels de la zone d'étude constituent essentiellement des contraintes à prendre en compte dans le projet technique (stand-by météorologique etc...).

3.1.8.1. Tempête

Une tempête naît de l'évolution d'une perturbation atmosphérique ou dépression, où se confrontent deux masses d'air aux caractéristiques bien distinctes (température, humidité...). Cette confrontation engendre un gradient de pression très élevé, à l'origine de vents violents et le plus souvent de précipitations intenses (pluies...).

A ces tempêtes « classiques », il convient d'ajouter les tornades et les phénomènes tempétueux isolés ou issus de perturbations de plus grande échelle. Elles sont particulièrement dévastatrices en dépit de leur caractère ponctuel dans le temps et dans l'espace.

Depuis 1960, une cinquantaine de fortes tempêtes marines ont atteint le littoral aquitain en y provoquant parfois des dommages conséquents. On peut citer le cyclone tropical Hortense en

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

1984, les tempêtes Martin le 28 décembre 1999, Klaus le 24 janvier 2009 ou encore Xynthia le 28 février 2010. A l'hiver 2013-2014, une trentaine de tempêtes a été observée, soit près deux fois la normale. Les hauteurs remarquables observées sur le littoral ont été liées à des marées de vives-eaux qui permettent, même à de faibles surélévations de la mer provoquées par le passage des dépressions, de produire des hauteurs remarquables (dépression du 1-2 février 2014).

3.1.8.2. Risque sismique

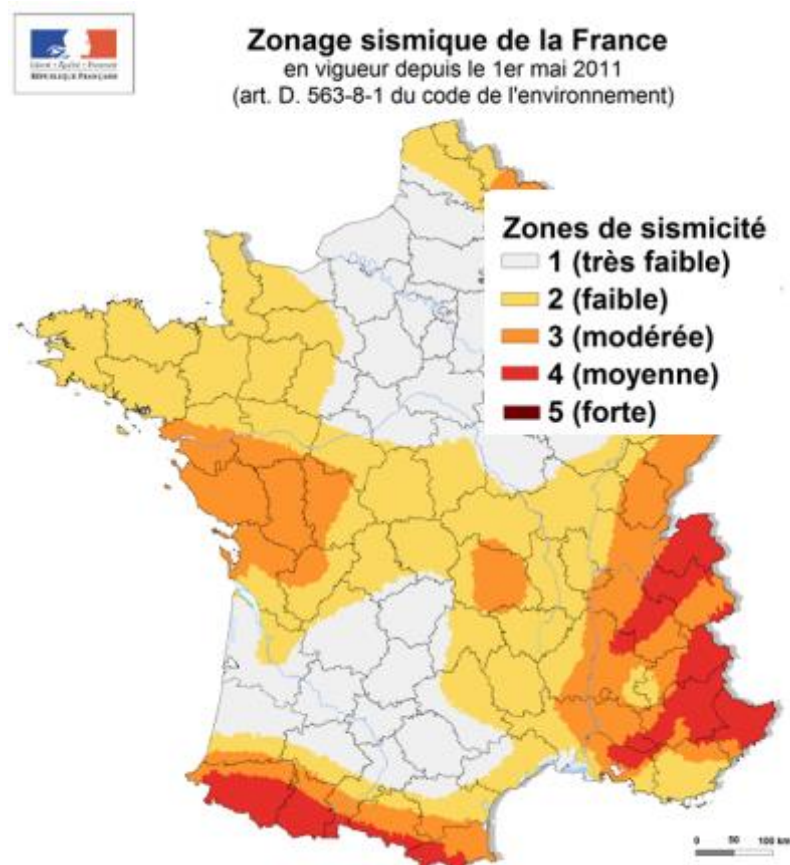
Les tremblements de terre sont considérés comme l'un des risques naturels majeurs au niveau mondial, compte tenu de leurs effets meurtriers et dévastateurs.

L'estuaire de la Gironde n'est pas exposé à ce type de catastrophe mais il n'est pas exempt de risque sismique.

La réglementation française en vigueur (mai 2011) relative à la gestion du risque sismique a été révisée pour répondre aux exigences du nouveau code européen de construction parasismique : l'Eurocode 8.

La Figure 29 représente le zonage réglementaire de la Basse-Normandie en application du Décret n° 2010-1255 du 22 octobre 2010 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français et sur lequel s'applique le Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique. La rive droite de l'estuaire est essentiellement classé en zone « aléa faible » ; celle de la rive gauche est en aléa très faible.

Figure 29. Zonage sismique



3.1.8.2.1. Mouvements de terrain (partie terrestre)

Le risque de mouvements de terrains, qui dépend de la nature et de la configuration du sol / sous-sol, est fortement dispersé sur l'ensemble du territoire et difficilement prévisible :

- Les mouvements lents entraînent une déformation progressive des terrains, pas toujours perceptible par l'homme. Ils regroupent principalement les affaissements, les tassements, les glissements, le retrait-gonflement.
- Les mouvements rapides se propagent de manière brutale et soudaine. Ils regroupent les effondrements, les chutes de pierres et de blocs, les éboulements et les coulées boueuses.

Le site Info Terre du BRGM permet de visualiser les mouvements de terrain rapides sur le territoire (cf. **Planche 22**). Au niveau de l'estuaire, les principaux mouvements de terrains recensés par le BRGM se situent en rive droite, dans la partie amont de l'estuaire.

3.1.8.2.2. Inondation

Le risque inondation est l'un des plus importants, en raison du nombre d'arrêtés de catastrophes naturelles recensées sur le département et des enjeux humains et matériels présents dans les principales zones à risque.

L'estuaire a connu d'importantes inondations au cours des temps. Peuvent être citées parmi les principales crues, celles :

- De 1866 et 1944 sur la Dordogne ;
- De 1875 et 1930 sur la Garonne amont ;
- De 1981 et de 1999 sur l'agglomération bordelaise ;
- De 1999 et Xynthia (2010) sur l'estuaire de la Gironde ;
- Xynthia sur le Bassin d'Arcachon.

La crue de 1981, qui correspond à une forte crue du bassin versant de la Garonne sans toutefois être, pour celui-ci, comparable aux événements de 1930, de 1952 et de 1875 a longtemps détenu pour l'agglomération Bordelaise les records de hauteur d'eau observés au marégraphe de Bordeaux.

Aujourd'hui, 1999 correspond aux plus hautes eaux enregistrées au marégraphe de Bordeaux.

Face à ces risques, un PAPI a été réalisé afin de mettre en œuvre une politique globale pour lutter contre les inondations et leurs conséquences à l'échelle d'un bassin de risque cohérent.

Elaboré à la suite du PAPI d'intention conduit par le SMIDDEST de février 2013 à mai 2015, le PAPI actuel (2016-2021, cf. emprise Planche 23) vise à instaurer une stratégie de gestion, globale, efficace, cohérente et équilibrée des risques d'inondations sur l'estuaire de la Gironde, pour réduire la vulnérabilité des enjeux humains, économiques et environnementaux. Cette stratégie est animée et pilotée par le SMIDDEST, elle concerne 78 communes, 10 communautés de communes, 1 communauté d'agglomération, 1 métropole et 2 départements.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.1.9. Synthèse « Etat initial : milieu physique »

Le tableau ci-après récapitule les principaux paramètres du milieu physique au niveau du site de projet. Le niveau de sensibilité environnementale pour chaque thématique associée à un code couleur est représenté dans le tableau suivant :

Code couleur - sensibilité				
Aucune - négligeable	Faible	Modérée	Importante	Majeure

Rappel : la sensibilité d'un élément de l'environnement exprime le risque de perte de tout ou partie de la valeur de son enjeu en raison de la réalisation du projet. Pour apprécier le niveau de sensibilité, on tient compte de la valeur de ce que l'on risque de perdre (c'est-à-dire de l'enjeu) et de la probabilité que l'on a de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation du projet.

Tableau 20 – Principaux paramètres du milieu physique

Thématique		Caractéristiques du site de projet	Sensibilité env.	
Milieu physique	Météorologique	Climat océanique marqué par des hivers doux et températures estivales plutôt chaudes	Aucune	
	Géologie	L'estuaire s'est façonné en plusieurs entités géologiques : - Les falaises crétacées de la côte saintongeaise bordant la rive droite de Mortagne à Saint-Palais, - Les coteaux du Blayais où affleurent des formations calcaires d'âge éocène moyen, - Les coteaux de la région de Bourg-sur-Gironde et du Bordelais constitués par des assises calcaires d'âge oligocène moyen surmontant notamment dans la presqu'île d'Ambès des marnes de l'Oligocène supérieur ou de l'Eocène supérieur, - Les coteaux calcaires de la rive gauche en aval de Pauillac formés par le calcaire de Saint- Estèphe d'âge éocène supérieur, - Les dépôts du plio-quatenaire sur le Médoc.	Faible/négligeable	
	Géomorphologie	Tracé de l'estuaire influencé par le canevas structural découpant le substratum du bassin aquitain. L'estuaire présente une régularité géométrique, en s'évasant et s'approfondissant de l'amont vers l'aval, jusqu'à la pointe de Grave, où un rétrécissement marque l'embouchure au PK96.	Faible	
	Hydrodynamique (hydrologie, courant, houle)	Hydrodynamique estuarienne régie par trois phénomènes majeurs : - Les débits fluviaux, variant à l'échelle saisonnière et annuelle ; - Les marées, variant à l'échelle de la journée : la marée dynamique remonte jusqu'à 70 km en amont du Bec d'Ambès ; - La morphologie de l'estuaire, dont l'évolution naturelle est amplifiée ou contrariée par les interventions humaines. Les études et modèles réalisés montrent que : - Les plus fortes vitesses s'établissent dans le chenal de navigation et à l'embouchure de la Gironde au niveau de la Pointe de Grave. - La circulation résiduelle des écoulements se répartit comme suit (travaux d'Allen, 1972) : - La circulation résiduelle du fond est orientée vers l'amont, jusqu'à la limite amont de l'intrusion saline ; - Dans la partie aval de l'estuaire, le mouvement résiduel au fond est dirigé vers l'aval dans le chenal de Saintonge et vers l'amont dans le chenal de navigation.	Faible	
	Hydrosédimentaire	Trois principaux assemblages morpho-sédimentaires se distinguent dans l'estuaire : - La partie fluviale en amont du Bec d'Ambès : fonds vaseux ; - L'estuaire amont et central : fonds vaseux ; - L'estuaire aval et l'embouchure : fonds sableux. La dynamique de dépôt est associée au déplacement du bouchon vaseux ; en crue, les dépôts ont lieu préférentiellement en aval du pk 50 ; la limite aval des dépôts est située au pk 78. En étiage, les dépôts s'observent en amont du pk 50. Lorsque les crues hivernales sont marquées, les dépôts sur les fonds amont de l'estuaire sont complètement évacués vers l'aval ; en revanche au cours d'un hiver moins caractérisé, il faut attendre le printemps pour que les dépôts amont soient évacués.	Modéré	
	Hydrogéologie	Les opérations de dragage concernent potentiellement uniquement la nappe des alluvions sous-flandriennes et de calcaires de l'Eocène supérieur.	Faible	
	Acoustique	Air sous-marine	Estuaire ouvert présentant des nuisances acoustiques naturelles et anthropiques (trafic, zones industrielles, zones urbanisées).	Faible
	Risques naturels		Risque dans l'estuaire essentiellement liés aux tempêtes et aux inondations	Faible/négligeable

3.2. QUALITE DU MILIEU

3.2.1. Qualité des eaux de l'estuaire

L'eau comme tout fluide, est mobile ; ses caractéristiques physiques et chimiques sont donc affectées par une très forte variabilité dans le temps et dans l'espace (selon la profondeur en particulier). De ce fait, elles ne peuvent être évaluées que par une approche statistique portant sur de longues séries chronologiques de données (pluriannuelles). Seuls des suivis systématiques, comportant des campagnes fréquentes, mesurant les mêmes paramètres sur les mêmes stations durant plusieurs années, peuvent apporter des informations scientifiquement fiables.

L'analyse de la qualité des eaux repose essentiellement sur les données suivantes :

- Les mesures MAGEST³ concernent uniquement 4 stations (Pauillac, Bordeaux, Libourne et Portets) pour l'ensemble de l'estuaire. Il s'agit de mesures journalières (pas de temps : 10 min) de surface ;
- Les mesures SOMLIT⁴ concernent 3 points de l'estuaire (pk30 – Blaye ; pk52 – Pauillac ; pk86 – Le Verdon). Il s'agit de mesures mensuelles de surface et de fond.

3.2.1.1. Caractéristiques physiques des eaux (température, salinité, MES)

3.2.1.1.1. Température

A. Préambule

La température est un paramètre doté d'une très grande variabilité dans l'espace et dans le temps (à l'échelle des saisons, de la journée et à celle des phénomènes hydrodynamiques). Elle est liée à celle de l'air et aux caractéristiques des vents sur la zone mais également en fonction de la profondeur d'eau.

Les augmentations de température provoquent en estuaire un accroissement du métabolisme des organismes vivant dans le milieu et par là-même accélèrent certains processus (photosynthèse, nitrification, dégradation de la matière organique, respiration) ; les élévations de température risquent donc d'accroître les déficits en oxygène dissous.

B. Résultats

Les données (MAGEST, SOMLIT) montrent que la température fluctue au rythme (cf. **Planche 24**) :

- Des années : sur les 30 dernières années, une augmentation de +2°C de la température de l'estuaire a été observée ;
- Des saisons : la température des eaux suit un cycle annuel avec un maximum en été (25°C en surface) et un minimum en hiver (5-10°C en surface). Les évolutions des températures pour les dernières années sont assez semblables. L'amplitude annuelle est importante autour de 15-20°C ;

³ Réseau MAGEST (MArel Gironde ESTuaire) : il s'agit d'un réseau d'observation automatisée de la Gironde qui a pour objectif de suivre en continu la qualité physico-chimique des eaux de l'estuaire de la Gironde. L'organisation et la mise en œuvre de ce réseau sont assurées par un consortium regroupant 12 partenaires : SMIDDEST, Agence de l'Eau, GPMB, Bordeaux Métropole....

⁴ SOMLIT (Service d'Observation en Milieu Littoral) :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Des marées : la température augmente avec la marée montante et baisse avec la marée descendante. Les fluctuations sont de l'ordre de 0,5 à 0,6°C pendant les périodes de Vive-eau et de l'ordre de 0,2 à 0,3°C durant les périodes de Morte-eau ;
- De la position dans la colonne : la température en surface est plus fortement corrélée à celle de l'air. Par conséquent, elle présente un différentiel plus important entre l'hiver et l'été que la température du fond.

3.2.1.1.2. Salinité

A. Préambule

La salinité représente le contenu en sels dissous d'une eau, soit la masse des substances solides contenues dans un kilogramme d'eau de mer quand les ions bromure et iodure sont remplacés par leur équivalent de chlorure, les carbonates convertis en oxydes et toute la matière organique oxydée. La salinité est un paramètre essentiel pour caractériser les mélanges entre l'eau douce et l'eau de mer.

La connaissance des mécanismes de l'intrusion saline liée à la propagation de la marée et à l'origine du mélange des eaux marines et des eaux douces, est fondamentale en raison de son rôle sur les processus hydrologiques et sédimentaires. Les variations spatio-temporelles de la salinité conditionnent la qualité des eaux estuariennes et leurs usages et rythment l'écosystème de l'estuaire.

Les valeurs de salinité sont exprimées en g/kg, ‰ ou PSU (practical salinity unit).

B. Résultats

Comme la température, la salinité est un paramètre très variable dans :

- L'espace : proximité de sources d'eau tellurique, eaux moins salées généralement dans la partie haute de la colonne d'eau...
- Le temps : les principaux apports sont fonction des saisons, de la pluviosité et des conditions hydrométéorologiques...

a) Variation longitudinale de la salinité

La variation longitudinale de la salinité est fonction de (cf. **Planche 25**) :

- La marée :
 - Flot / jusant : le volume d'eau marine introduit dans l'estuaire durant le flot, influence directement la salinité des eaux de l'estuaire. En moyenne les eaux de l'embouchure présentent une salinité de 30 ‰, avec des variations allant de 12 ‰ à 35 ‰. La salinité est maximale à l'étales de flot et minimale à celle de jusant : étales survenant respectivement entre une demi-heure et une, voire une heure et demie après la pleine-mer et après la basse-mer. L'amplitude des variations de salinité au cours de la marée est maximale dans l'estuaire aval entre les PK70-80 : en moyenne de 15 ‰. Cette amplitude décroît, d'une part, vers l'amont en raison de la diminution progressive de l'intrusion saline, d'autre part, vers l'aval par suite de la réduction de l'influence des écoulements d'eaux douces.
 - Intensité de la marée (coefficient) : l'augmentation du marnage et donc du volume d'eau marine, introduit au montant lorsque les coefficients de marée croissent entraîne (le débit fluvial étant supposé constant) une intrusion saline plus marquée ; ceci se traduisant par un déplacement vers l'amont de l'isohaline 0,5 ‰ sur environ une dizaine de kilomètres.
- Le débit fluvial : la variation des débits fluviaux de la Garonne et de la Dordogne conditionne le volume d'eau douce introduit dans l'estuaire et par conséquent, la répartition de la salinité le long de l'estuaire.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 21 – Salinité moyenne pour différents zones de l'estuaire, en fonction du débit fluvial

	PK	89	78	67 - 71	47	Écoulement permanent d'eau douce
Salinité moyenne	Etiage	23,5 ‰	17,4 ‰	11 ‰	2,8 ‰	PK19, soit à 7 km à l'amont du bec d'Ambès
	Crue (1 000 à 2 000 m ³ /s)	14 ‰	13 ‰	3,3 ‰	1 ‰	PK 35

b) Variation verticale de la salinité

D'une manière générale, au cours d'une marée, en un point donné de l'estuaire, le gradient vertical de salinité est plus prononcé lors du jusant en raison de l'écoulement dans les niveaux supérieurs de la tranche d'eau, d'eaux moins salées que dans les niveaux inférieurs. De plus, cette stratification verticale est plus marquée en période de crue qu'en période d'étiage. Ceci s'explique notamment par la densité plus faible des eaux douces que des eaux salées.

3.2.1.1.3. Matières en suspension

A. Préambule

La turbidité correspond à la réduction de la transparence (limpidité de l'eau) due à la présence de matières en suspension non dissoutes : matières minérales non solubles, microorganismes, débris organiques. La turbidité a un rôle écologique complexe : modification de la pénétration des rayons lumineux (nécessaires à la photosynthèse) et des rayons UV, modification de la température, pouvoir d'abrasion, sédimentation....

La mesure de la turbidité est exprimée en NTU (nephelometric turbidity unit). Les MES sont quantifiées en mg/l et peuvent, après calibration, être déterminées à partir des mesures de turbidité.

B. Résultats

Le taux de MES dépend fortement de la position du bouchon vaseux qui évolue selon différentes échelles de temps, comme précisé dans le paragraphe 3.1.5.1.2.

Lorsque le bouchon vaseux est présent, les concentrations peuvent régulièrement atteindre 3 à 4 g/l en surface. Ces éléments sont précisés dans les paragraphes suivants à partir des principales données bibliographiques existantes. Cependant ces données sur l'estuaire sont très ponctuelles géographiquement et/ou temporellement :

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

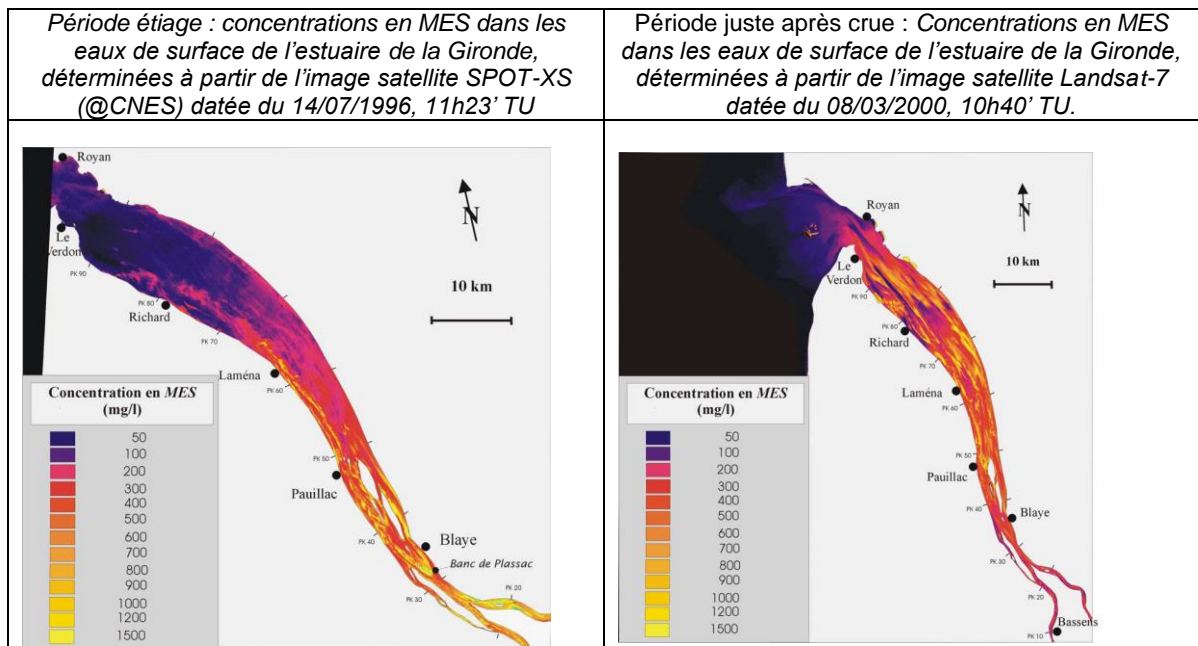
a) Evolution saisonnière des MES – influence des débits

Le paragraphe 3.1.5.1.2 a montré l'influence des débits sur la position du bouchon vaseux et donc sur les MES. A titre d'illustration, les figures ci-dessous représentent les concentrations de MES de surface en période d'étiage et de crue.

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement



Source : DOXARAN

b) Concentrations moyennes en MES au niveau de Pauillac et Bordeaux (réseau MAGEST)

Les concentrations en MES (surface) à Pauillac et Bordeaux ont été représentées pour plusieurs périodes entre octobre année n et septembre année n+1 (soit des années hydrologiques comme réalisées pour la modélisation) :

- Période 2005-2006 ;
- Période 2008-2009 ;
- Période 2010-2011 ;
- Période 2012-2013.

Les résultats montrent une grande variabilité entre les différentes années représentées. A noter que la période 2008-2009 (soit celle modélisée) présente des périodes saisonnières marquées (pour rappel : c'était un des objectifs du choix de cette période).

Tableau 22 – Concentrations en MES à Bordeaux et Pauillac déterminées à partir du Réseau MAGEST pour 4 périodes hydrologiques (2005-2006, 2008-2009, 2010-2011 et 2012-2013)

Période	Concentration	
	Bordeaux	Pauillac
Hivernale	Bouchon vaseux non présent : - Concentration en MES généralement inférieure à 0,5 g/l. Néanmoins plusieurs dépassements sont observés entre 0,5 et 1 g/l. - Dépassement très ponctuel au-dessus de 1g/l	Bouchon vaseux présent quelle que soit l'année : concentration en MES généralement comprise entre 1 et 3 g/l.
Estivale	Présence du bouchon vaseux : concentration pouvant atteindre 3,5 g/l.	Concentration autour de 0,5 g/l pour l'année 2008-2009 et 2012-2013 Concentration supérieure à 1g/l pour l'année 2010-2011

Cf. Planche 26

Il convient de rappeler que ces concentrations correspondent à des mesures de surface, soit des concentrations généralement plus faibles que celles observées dans le fond de la colonne d'eau.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

c) Evolution des MES dans la colonne d'eau

Quelques données bathymétriques permettent d'avoir une approche très sommaire de l'évolution des MES en fonction de la profondeur d'eau :

- Les mesures du réseau SOMLIT (2008-2009, 2005-2006 et 2010-2011), au fond et en surface. Sur ces mesures, les concentrations de fond sont, en moyenne, deux fois supérieures à celles de la surface. Dans la partie aval de l'estuaire, les concentrations en MES sont généralement inférieures à 0,5 g/l (cf. **Planche 27**) ;
- Les mesures réalisées lors de l'expérimentation du DIE par le GPMB dans la Garonne (source : Suivi de l'incidence de la technique de remobilisation des sédiments par injection d'eau - Essai 2011). Les concentrations mesurées le 14 mars 2011 (avant l'expérimentation) étaient les suivantes :
 - Surface : concentrations comprises entre 0,3 et 0,7 g/l ;
 - Mi-hauteur : concentrations comprises entre 0,3 et 1,2 g/l ;
 - Fond : concentrations comprises entre 1 et 100 g/l (présence de crème de vase).

Ces données confirment que les concentrations sur le fond sont nettement plus importantes que les concentrations en surface. Le rapport peut être largement supérieur à 2.

3.2.1.2. Caractéristiques chimiques des eaux (oxygène dissous, nitrates, nitrites...)

3.2.1.2.1. Oxygène dissous

A. Préambule

L'oxygène intervient dans la plupart des processus biologiques. En son absence ou en dessous de certaines concentrations, de nombreuses espèces vivantes meurent. De plus, l'effet des substances toxiques (ammoniac...) est amplifié lorsque la concentration en oxygène dans l'eau est insuffisante.

Les concentrations en oxygène dissous résultent de processus physiques, chimiques et biologiques : échanges à l'interface air-eau, diffusion et mélange au sein de la masse d'eau, photo-oxydation, oxydation chimique, respiration des organismes, photosynthèse... La production est favorisée par la photosynthèse (faible dans l'estuaire), mais surtout par l'aération, stimulée par le renouvellement de l'eau et par l'agitation qui favorisent les échanges gazeux de surface. La consommation est liée à la dégradation de la matière organique particulaire (abondante dans le bouchon vaseux) ou dissoute.

Cinq seuils sont définis, en deçà desquels les impacts sont croissants sur les poissons ; organismes aquatiques les plus sensibles (figure suivante).

La zone d'hypoxie est la zone où la concentration en oxygène dissous descend en-deçà de 5 mg/l.

	Concentration en O ₂	Impact sur les poissons
Seuil sensible hypoxie	plus de 5 mg/l	Absence d'effets à long terme. Passage de l'ensemble des espèces migratrices
Seuil critique	de 4 à 5 mg/l	Salmonidés : migration incertaine, croissance altérée
	de 3 à 4 mg/l	
Seuil létal	de 2 à 3 mg/l	Survie des juvéniles incertaine. Croissance et fécondité altérées. Arrêt ou retard du développement embryonnaire. Migration impossible pour beaucoup d'amphihalins. Mortalité des salmonidés
	de 1 à 2 mg/l	Mortalité pour la plupart des espèces
	moins de 1 mg/l	Milieu azoïque

Source : GIP Loire Estuaire

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

B. Objectifs du SAGE en matière de concentration en oxygène

Le plan d'aménagement et de gestion durable (PAGD) décrit les objectifs du SAGE et les conditions de leur réalisation.

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

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

Le réseau MAGEST, en place depuis 2004 est chargé du suivi et de l'analyse du respect de ces objectifs.

C. Résultats issus des réseaux de suivi

Le réseau MAGEST mesure l'oxygène dissous au niveau des quatre stations (aujourd'hui trois) à Pauillac, Bordeaux, Libourne et Portets. Une station de mesure SOMLIT fournit des mesures plus en aval, au PK 86.

Les eaux estuariennes à Pauillac et plus en aval sont toujours bien oxygénées, quelle que soit la saison, avec des valeurs mensuelles moyennes comprises entre 7 et 11 mg/l.

Au contraire, sur les stations amont, localisées dans les parties fluviales, les valeurs mensuelles moyennes varient plus largement, entre 3 et 14 mg/l. Les valeurs élevées sont enregistrées à la période hivernale alors que les valeurs basses sont observées à la période estivale. Plusieurs raisons permettent d'expliquer cette évolution :

- La première raison à cette évolution saisonnière est l'effet de la température sur la solubilité de l'oxygène dans l'eau (plus la température est élevée, plus la solubilité de l'oxygène dans l'eau est faible.).
- La seconde raison est la présence de matières en suspension (bouchon vaseux), auxquelles sont associées la matière organique et les bactéries hétérotrophiques (processus de respiration et donc de consommation d'oxygène dissous).

Toutefois, bien que la température et les MES soient élevées à Libourne comme à Bordeaux à la période estivale, seul le secteur bordelais souffre d'hypoxie (<5 mg/l). A Libourne, le seuil à 5 mg/l n'est jamais dépassé. A noter toutefois que les MES à Libourne restent inférieures aux concentrations rencontrées à Bordeaux.

- Un troisième facteur vient donc expliquer la consommation d'oxygène à Bordeaux : le rejet des eaux traitées (apport en matière organique et ammonium) participe à la respiration microbienne et à la nitrification dans le bouchon vaseux, processus consommateurs d'oxygène.

Les eaux à Bordeaux montrent des minima en oxygène dissous à basse mer (faible dilution) ; Ceci peut être expliqué par le fait que la station MAGEST est en aval des STEP bordelaises qui rejettent le plus d'effluents urbains. Ces eaux sont ensuite advectées vers l'amont au cours du flot, ce qui explique que la station MAGEST à Portets enregistre des minima en oxygène dissous à pleine mer.

La comparaison des deux périodes similaires (en température, salinité et turbidité) mais avec des débits d'étiage différents (< 100 m³/s en 2005 et > 100 m³/s en 2007) met en évidence l'importance du débit d'étiage sur la saturation en oxygène : celle-ci est comprise entre 30 et 45% à basse mer en 2005, et elle est comprise entre 40 et 55% à basse mer en 2007. Le débit fluvial apporte des eaux plus oxygénées de l'amont, favorisent une dilution et une dispersion des effluents urbains.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Par rapport aux objectifs du SAGE, les données MAGEST permettent d'observer les périodes (jours consécutifs) pendant lesquelles la concentration en oxygène dissous est inférieure à 5 mg/l :

- 2006 : 53 jours consécutifs ;
- 2007 : 10 jours consécutifs ;
- 2008 : 5 jours consécutifs ;
- 2009 : 12 jours consécutifs ;
- 2010 : 7 jours consécutifs ;
- 2011 : 11 jours consécutifs ;
- 2012 : 38 jours consécutifs ;
- 2013 : 4 jours consécutifs.

Tableau 23 – Principales caractéristiques de l'oxygène dissous dans l'estuaire

SALINITE	SECTIONS	Oxygène dissous
pk>95 : Polyhalin	Zone 1 <i>Passe de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.</i>	Eaux bien oxygénées : concentration entre 7 et 12mg/l (max en hiver).
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 <i>Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes.</i>	Pas de mesures en aval de l'estuaire. Cependant, il n'y a pas de situation critique au vu des résultats à Pauillac et à l'embouchure : eaux bien oxygénées
pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésohalin	Zone 3 <i>Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.</i>	Eaux bien oxygénées Oxygène dissous (Pauillac) : eaux bien oxygénées, mensuelles moyennes : 7-11 mg/l
pk29-55 Mésohalin/ oligohalin	Zone 4 <i>Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.</i>	
Pk0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 <i>Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.</i>	Les valeurs de concentration sont basses, inférieures à 5 mg/l en période estivale (température, bouchon vaseux, rejet des eaux traitées).

3.2.1.2.2. Eléments nutritifs

Cf. **Planche 28** à **Planche 31**

A. Préambule

Le phytoplancton, sur lequel toute la chaîne alimentaire repose, a besoin d'azote, de phosphore et de silicate pour se développer.

Les éléments nutritifs suivants sont donc de très bons descripteurs hydrologiques pour l'étude d'un écosystème marin. Les formes chimiques qui se retrouvent dans les eaux littorales sont :

- Le nitrite NO_2^- ;
- Le nitrate NO_3^- ;
- L'ammonium NH_4^+ ;
- Le phosphate PO_4^{3-} ;
- Le silicate Si(OH)_4^- .

Les activités humaines peuvent entraîner une augmentation des concentrations de nutriments dans les milieux aquatiques, conduisant à des proliférations végétales excessives qui dégradent la qualité des milieux (phénomène d'eutrophisation).

B. Résultats

Source : SDAGE et suivi SOMLIT

Nitrate NO_3^-

Les nitrates constituent le stade final de l'oxydation de l'azote. Ils proviennent du lessivage des engrais et des rejets urbains / industriels suite à l'oxydation de l'azote organique. Les nitrates sont l'un des éléments nutritifs majeurs des végétaux. Leur présence associée aux autres éléments nutritifs, stimule le développement de la flore aquatique. Le développement excessif des végétaux aquatiques s'observe au-delà de 2 à 5 mg/l (soit environ 30 à 80 $\mu\text{mol/l}$).

Les nitrites constituent le stade intermédiaire et instable entre les ions ammonium (NH_4^+) et les nitrates. On ne les rencontre que lorsqu'il existe un manque au niveau de l'oxygénation ou de la flore bactérienne rendant l'oxydation incomplète.

La concentration en nitrates (NO_3^-) est beaucoup plus importante que la concentration en nitrites (NO_2^-), avec des rapports de 1/10 à 1/110. Les concentrations baissent de l'amont vers l'aval : il y a dilution dans l'estuaire des apports par le fleuve et les bassins versants affluents en toute saison. A l'amont, ces concentrations sont autour de 150 $\mu\text{mol/l}$; à l'aval, elles sont voisines de 50 $\mu\text{mol/l}$.

On observe une croissance des taux de nitrates et nitrites du printemps à l'hiver, qui s'explique par les pratiques d'épandage (printemps), la réduction des prélèvements en éléments nutritifs par les cultures et la pluviométrie (plus importante en automne et hiver : lessivage des sols).

Ammonium NH_4^+

L'ammonium dans l'eau traduit habituellement un processus de dégradation incomplet de la matière organique. Utilisé comme source d'azote par le phytoplancton, l'ammonium est très impliqué dans les processus d'eutrophisation. C'est donc un excellent indicateur de la pollution de l'eau par des rejets organiques d'origine agricole, domestique ou industriel. L'ion ammonium (NH_4^+) participe à plusieurs réactions dans le milieu estuarien. Il tire principalement son origine des excréments animales et de la décomposition de la matière organique.

Sur la période 2000-2011, les concentrations sont très variables, que ce soit au PK30, PK52 ou PK86. Les concentrations au PK30 sont généralement inférieures à 1 $\mu\text{mol/l}$, alors qu'à l'aval PK86, les concentrations qui dépassent 1 $\mu\text{mol/l}$ sont nettement plus nombreuses.

Phosphates PO_4^{3-}

Le phosphore est impliqué dans les processus d'eutrophisation. Les végétaux ont besoin d'orthophosphates dissous (PO_4^{3-}) pour assurer leur croissance. Les principaux apports de phosphore sont liés au lessivage des sols lors de fortes pluies. Les phosphates ont tendance à s'accumuler dans les sédiments qui peuvent relarguer des quantités importantes.

Les concentrations sont plus importantes à l'amont (PK30) qu'à l'aval (PK86). Les concentrations sont en générale inférieures à 4-5 $\mu\text{mol/l}$. Les concentrations sont maximales à l'aval de Bordeaux (rejets urbains, désorption due à l'intrusion saline).

Silicate Si(OH)_4^-

Les silicates constituent un sel nutritif pour les espèces phytopanctoniques et pourraient être un facteur limitant de la production de diatomées.

Les concentrations en sels nutritifs sont globalement faibles dans l'estuaire de la Gironde et subissent une dilution de l'amont vers l'aval :

- PK 30 : concentration autour de 120-140 $\mu\text{mol/l}$;
- PK 52 : concentration autour de 100-120 $\mu\text{mol/l}$;
- PK 86 : concentration autour de 20-40 $\mu\text{mol/l}$

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Ainsi, aucun phénomène d'eutrophisation n'est observé, (hormis quelques développements momentanés de phytoplancton, souvent limités dans l'espace) notamment en raison de la turbidité des eaux limitant la production algale et phytoplanctonique.

3.2.1.2.3. Métaux

A. Préambule

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

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

Il n'existe pas de suivi des concentrations des métaux dans l'eau. En effet, les contaminants métalliques présents dans l'eau sont analysés via les concentrations observées dans les sédiments ou les organismes vivants.

B. Résultats

Cf. résultats pour les contaminations des sédiments et de la matière vivante.

Les derniers résultats détaillés sur les concentrations mesurées dans le cadre de la DCE pour la masse d'eau de la Gironde (masses d'eau de transition FRFT04-Gironde centrale et FRFT05-Gironde aval +masse d'eau côtière FRFC04-Panache de la Gironde) datent de 2009.

Pour chaque substance analysée dans l'eau, les concentrations sont comparées aux Normes de Qualité Environnementale (NQE) qui sont de deux types :

- NQE Moyenne Annuelle (NQE MA) qui est comparée avec la moyenne des concentrations de la substance sur les 12 mois de suivi
- NQE Concentration Maximale Admissible (NQE-CMA) qui est comparée avec la concentration maximale de la substance dans ces douze échantillons.

Parmi toutes les substances analysées sur le point de suivi, seul le tributylétain (groupe des « autres polluants ») présente une Concentration Moyenne Annuelle supérieure à la NQE-MA.

Tableau 24 – Résultat de la comparaison des concentrations moyennes à la Norme de Qualité Environnementale en concentration moyenne annuelle (NQE-MA) et qualité chimique de la masse d'eau - 2009

Famille de paramètres	Paramètres responsables du déclassement	Concentration Moyenne sur l'année (µg/L)	NQE-MA (µg/L)	NQE-MA (µg/L)	Qualité
Pesticides	aucun				Bonne
Métaux lourds	aucun				Bonne
Polluants industriels	aucun				Bonne
Autres polluants	tributylétain	Gironde PK52	0,0003	0,0002	Mauvaise
		Gironde PK86	0,0004	0,0002	

Toutefois, ce dépassement n'est pas observé en termes de Concentration Maximale Admissible

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 25 – Résultat de la comparaison des concentrations maximales à la Norme de Qualité Environnementale en concentration maximale admissible (NQE-CMA) et qualité chimique de la masse d'eau - 2009

Famille de paramètres	Paramètres responsables du déclassement	concentration Valeur maximale (µg/L)	NQE-CMA (µg/L)	Fréquence dépassement	Qualité
Pesticides	aucun				Bonne
Métaux lourds	aucun				Bonne
Polluants industriels	aucun				Bonne
Autres polluants	aucun				Bonne

3.2.1.3. Matière organique - Chlorophylle a

A. Préambule

La *chlorophylle a* est la principale forme de chlorophylle présente chez les organismes qui mettent en œuvre la photosynthèse. Elle constitue un indicateur de la teneur en matière organique végétale. Le dosage des pigments chlorophylliens dans la masse d'eau pondère ainsi la productivité primaire (synthèse de masse végétale) et la biomasse phytoplanctonique vivante.

B. Résultats

Cf. **Planche 32**

Les concentrations sont plus importantes à l'amont (PK30 : entre 80 et 140 µg/l) qu'à l'aval (< 10µg/l). Il apparaît en fait que les concentrations en *chlorophylle a* dans l'estuaire sont essentiellement liées à l'accumulation du matériel particulaire et non pas à des processus de production in situ.

3.2.1.4. Caractéristiques bactériologiques des eaux

3.2.1.4.1. Préambule

Les contaminations bactériologiques des eaux sont appréciées au regard de la présence des germes suivant : *Escherichia coli* & entérocoques intestinaux . Ces germes présents dans les intestins des animaux à sang chaud sont des indicateurs d'une contamination par des excréments ainsi que de la présence possible d'autres germes pathogènes porteurs de maladies.

Leur durée de survie est variable en eau de mer mais n'excède pas quelques heures sous la forme vivace (des formes de dormance peuvent toutefois être observées) ; elle est prolongée dans les eaux riches en matière organique et en particules minérales fines (argiles), et à température élevée (rejets thermiques en particulier). La contamination a lieu par ingestion d'eaux polluées (baignades) et par consommation de produits de la mer infectés. Le contact avec l'eau polluée produit des affections cutanéomuqueuses diverses (rhino-pharyngite, oculaires, otites, dermatoses...).

Le suivi de la qualité bactériologique est assuré notamment par l'Agence Régionale de la Santé (A.R.S) pour qualifier les eaux de baignade.

La qualité sanitaire de l'eau de mer est appréciée au regard des indicateurs de contamination fécale qui sont suivis par le réseau de surveillance de la qualité des eaux de baignade.

La directive 2006/7/CE du parlement européen et du conseil du 15 février 2006 définit la nouvelle méthode de classement des eaux de baignade. Les textes réglementaires, pris en application de la directive européenne 2006/7/CE prévoient une évolution des modalités de contrôle de la qualité des eaux de baignade. Ainsi, à partir de 2013, les eaux de baignade seront classées en qualité « excellente », « bonne », « suffisante » ou « insuffisante ».

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

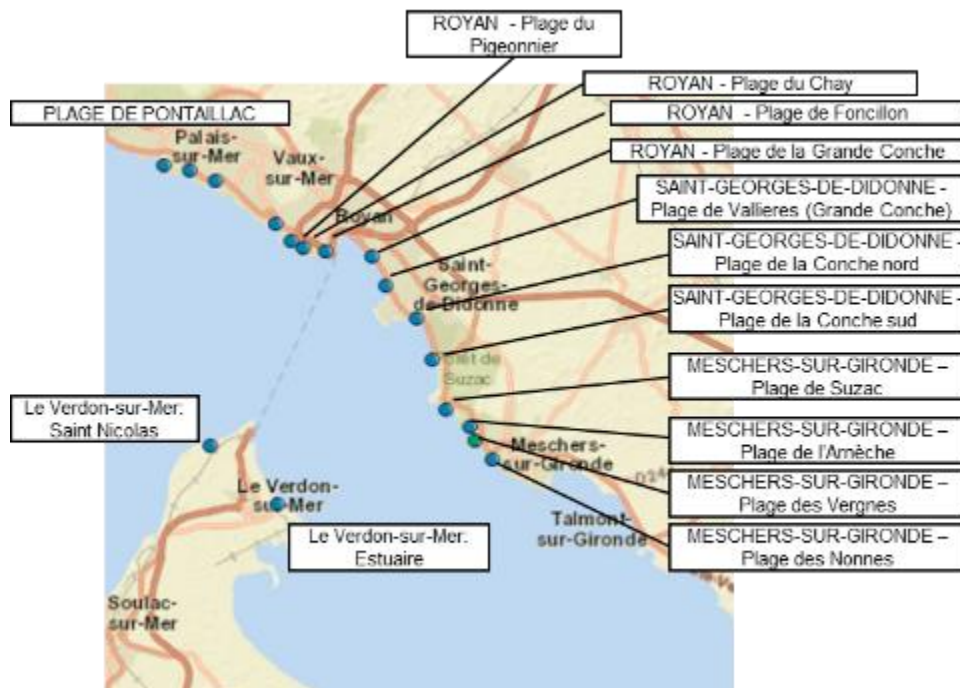
3.2.1.4.2. Résultats des suivis

Le tableau ci-après représente la qualité des eaux de baignade suivie :

Tableau 26 : Qualité des eaux des plages suivies

Nom	2013	2014	2015	2016
LE VERDON SUR MER - Saint Nicolas				
LE VERDON SUR MER - Estuaire				
MESCHERS-SUR-GIRONDE - Plage des Nonnes				
MESCHERS-SUR-GIRONDE - Plage des Vergnes				
MESCHERS-SUR-GIRONDE - Plage de l'Arnèche				
MESCHERS-SUR-GIRONDE - Plage de Suzac				
SAINT-GEORGES-DE-DIDONNE - Plage de la Conche sud				
SAINT-GEORGES-DE-DIDONNE - Plage de la Conche nord				
SAINT-GEORGES-DE-DIDONNE - Plage de Vallieres (Grande Conche)				
ROYAN - Plage de la Grande Conche				
ROYAN - Plage de Foncillon				
ROYAN - Plage du Chay				
ROYAN - Plage du Pigeonnier				
ROYAN - Plage de Pontailac				
VAUX-SUR-MER - Plage de nauzan	-			
SAINT-PALAIS-SUR-MER - Plage de la Conche				
SAINT-PALAIS-SUR-MER - Plage du Platin				

Excellente qualité – Bonne qualité ; Qualité suffisante ; Qualité insuffisante
Source : ARS 2017



D'après les derniers résultats disponibles sur le site du ministère, la qualité des eaux de baignade est excellente à bonne, selon le classement de la directive 2006/7/CE en vigueur depuis la saison 2013.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.2.2. Qualité des sédiments

3.2.2.1. A l'échelle de l'estuaire

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

La dynamique estuarienne induit une remise en suspension de sédiments. Ces remises en suspension peuvent provoquer potentiellement un relargage des contaminants dans la colonne d'eau. Les opérations de dragage / immersion reproduisent, à une échelle plus faible, ce fonctionnement naturel.

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

Tableau 27 : Principales données existantes analysées – thématique : contamination

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

3.2.2.1.1. Contaminants polymétalliques

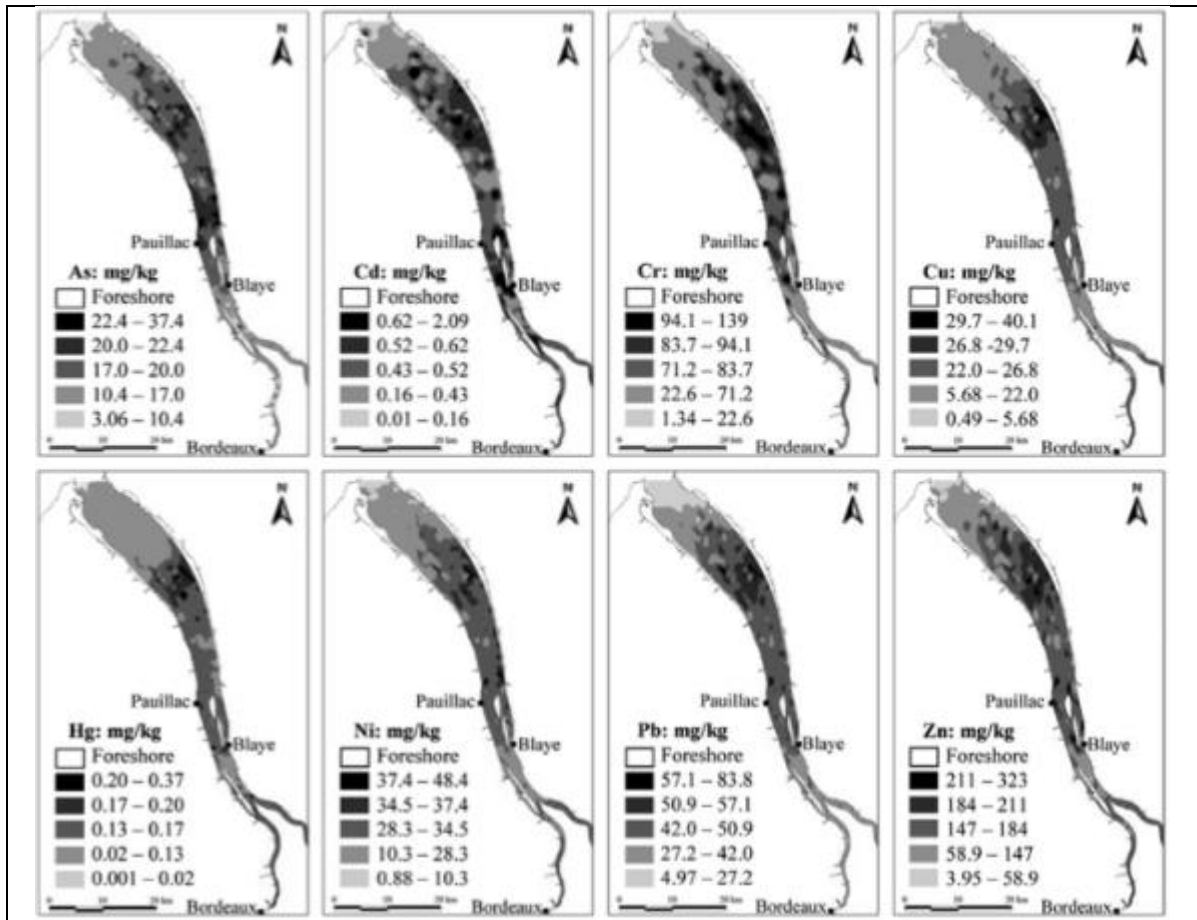
Les métaux ont la particularité pour la majorité d'entre eux, d'être associés aux sédiments, sous forme particulaire, dans les cours d'eau avant d'arriver dans l'estuaire de la Gironde.

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

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

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

Figure 30: Distribution spatiale des contaminants ETM en mg/kg dans les sédiments de surface de l'estuaire de la Gironde (Larrose, 2009 et 2011)



Focus sur le cadmium

- Comportement du cadmium

Le comportement du cadmium en milieu estuarien est très documenté, en raison de son impact sur les organismes filtreurs. Dans la grande majorité des cas, le cadmium présente un comportement non conservatif dans les divers gradients de salinité comme les estuaires.

L'évolution longitudinale des concentrations dissoutes en fonction de la salinité est caractérisée par une « courbe en cloche » (cf. Figure 31) qui met en évidence un maximum de concentration pour les salinités moyennes par rapport aux entrées fluviales et à la valeur marine. La plupart des études menées sur le terrain ou en laboratoire attribuent ce maximum très important en cadmium dissous à la désorption du cadmium associé aux particules du fait de la présence de chlorures dans l'estuaire.

Dans la zone côtière, la concentration en Cd dissous dépend de la salinité. Sachant que la concentration dissoute dans l'océan mondiale est très faible. Les concentrations en zone côtière (salinité 30-35) sont extrêmement diluées par rapport à celle que l'on mesure dans l'estuaire.

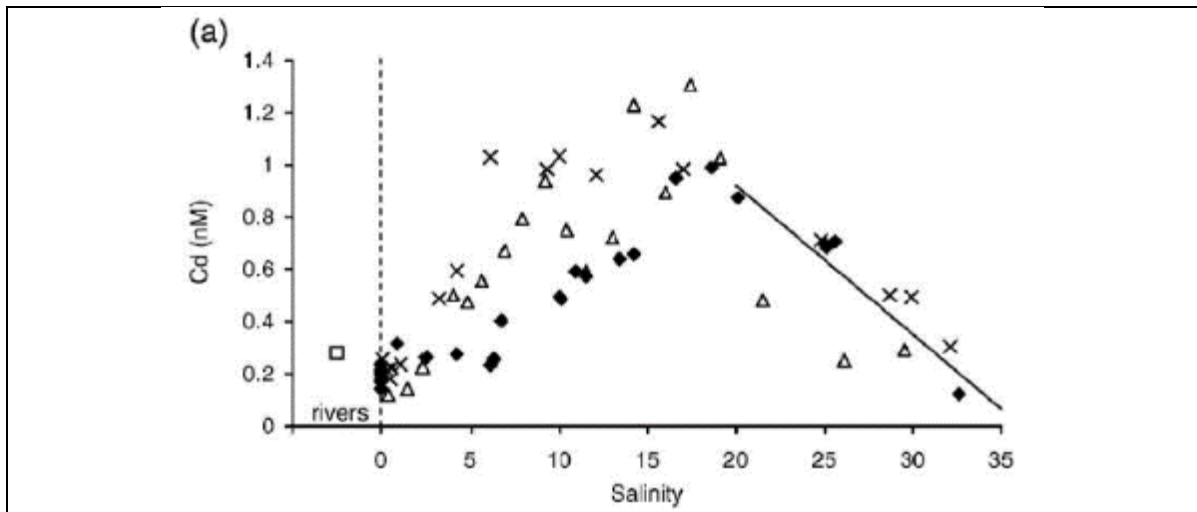


Figure 31 : Concentration en cadmium dissous dans l'estuaire de la Gironde, en fonction de la salinité (‰) en 2001 (d'après Audry et al., 2007)

Ce processus est important dans les estuaires macrotidaux, où le temps de résidence de l'eau et des particules est élevé et où les concentrations en matières en suspension sont très importantes, ainsi que dans les systèmes fluviaux les plus contaminés

- Distribution spatiale du cadmium dans les sédiments de surface

La distribution spatiale des concentrations en cadmium dans les sédiments de surface de l'estuaire de la Gironde identifie une zone enrichie en aval de l'estuaire au niveau du chenal de Saintonge entre pK 60 et pK 75. Pour le cadmium, un enrichissement fort apparaît en amont et en aval de la zone des îles entre Blaye et Pauillac.

Ainsi les concentrations métalliques les plus élevées sont associées aux zones de sédimentation des particules fines. Dans la zone des îles la diminution du courant permet une sédimentation plus importante des particules fines ; au niveau du chenal de Saintonge, les concentrations observées sont à relier à un faciès de sédimentation localisé : pendant les événements de forts débits fluviaux, une partie des sédiments remis en suspension par les courants est évacuée vers l'océan et une autre partie est transportée par advection dans le chenal de Saintonge où elle va sédimenter. L'estuaire apparaît comme une zone tampon.

Le schéma sédimentaire proposé par Allen et al. (1977) a été repris dans un modèle d'hydrodynamique sédimentaire de l'estuaire (Sottolichio, 1999, Benaouda, 2008). Ce modèle suggère que pour **des débits moyens de 900 m³/s et au-delà, les sédiments sont progressivement déplacés de l'amont vers l'aval et séjournent temporairement dans le chenal de Saintonge avant leur expulsion dans la zone côtière.**

Focus sur le cuivre

- Comportement du cuivre

Le cuivre est une substance très commune qui est naturellement présente dans l'environnement et se diffuse dans ce dernier par des phénomènes naturels. Les hommes utilisent énormément le cuivre, il est utilisé par exemple dans l'industrie et dans l'agriculture (utilisation de la bouillie bordelaise par exemple). La production de cuivre a augmenté lors des dernières décennies et, de ce fait, les quantités de cuivre dans l'environnement ont augmenté. La plupart des composés du cuivre se déposent et se lient aux sédiments de l'eau ou aux particules du sol. En général, les composés solubles du cuivre se retrouvent dans l'environnement après y avoir été rejetés lors de son application dans l'agriculture.

Le cuivre mesuré dans l'estuaire de la Gironde proviendrait essentiellement des fongicides utilisés pour le traitement des vignes des bassins versants de la Dordogne et de la Garonne et des bassins versants latéraux de l'estuaire.

Les études récentes montrent que dans l'estuaire de la Gironde, le cuivre passe de la phase particulaire à la phase dissoute dès 100 mg/l de MES. Sous cette dernière forme il est biodisponible pour différents organismes dont les poissons.

- Distribution spatiale du cuivre dans les sédiments de surface

Tout comme le cadmium, la distribution spatiale des concentrations en cuivre dans les sédiments de surface de l'estuaire de la Gironde identifie une zone enrichie en aval de l'estuaire au niveau du chenal de Saintonge entre pK 60 et pK 75.

Le cuivre qui a une affinité forte pour la matière organique se concentre essentiellement sous forme particulaire. Ces résultats mettent en évidence le rôle de puits de cuivre des sédiments estuariens pour la colonne d'eau.

3.2.2.1.2. Contaminants organiques

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

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

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

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

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

3.2.2.1.3. Bilan à l'échelle de l'estuaire

Les analyses et les études bibliographiques permettent d'observer :

- Immédiatement à l'aval du bec d'Ambès, une concentration en Cd élevée (entre 0,6 et 2,1 mg/kg) dans les sédiments (nota : il n'est donc pas surprenant qu'un dépassement du niveau N1 ait été observé ponctuellement sur la passe de Bec Aval) ;
- Dans la Garonne, une concentration modérée en Hg (entre 0,1 et 0,2 mg/kg), qui reste inférieure au niveau N1. (nota : les dépassements de N1 dans le chenal en amont du bec d'Ambès ne sont donc pas anormaux⁵).

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

3.2.2.2. Sédiments dragués

La qualité des sédiments dragués est présentée dans le paragraphe 2.3.

3.2.3. Qualité de la matière vivante

Dans le cadre du Système national d'Information sur l'Eau, mis en place par le Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable, la Direction de l'Environnement et de l'aménagement Littoral (DEL), l'Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer (Ifremer) mène de façon coordonnée et à l'échelle du littoral français trois programmes nationaux de surveillance :

- le Réseau d'Observation de la Contamination CHimique (ROCCH, ex-RNO) ;
- le REseau de contrôle Microbiologique (REMI) ;
- le REseau de surveillance du PHYtoplancton et des phycotoxines (REPHY).

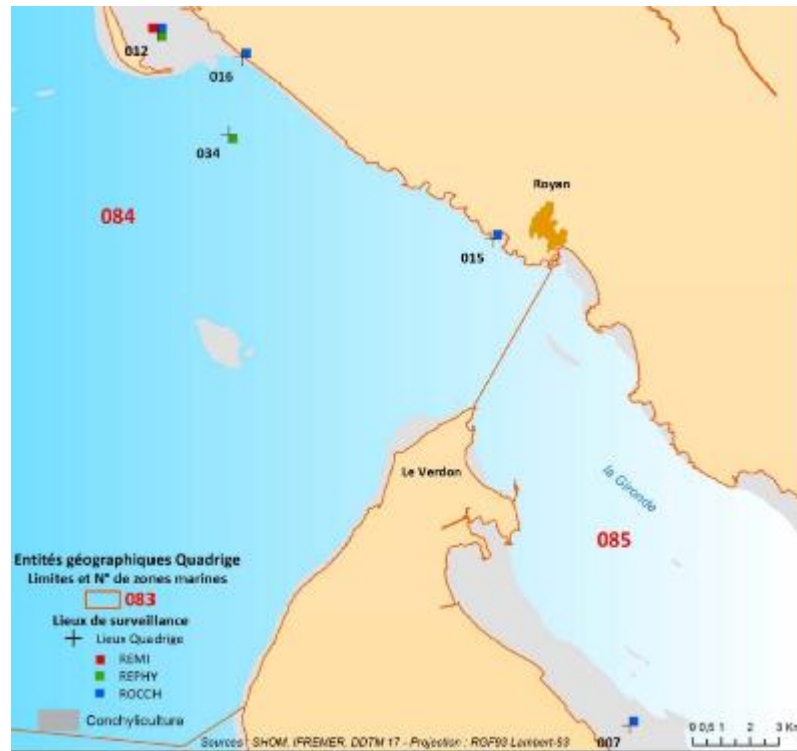
⁵ La présence de Cd et Hg est observée dans les sédiments anciens de l'estuaire. Les sédiments dragués du chenal sont généralement des sédiments plus récents, donc les risques de contamination en Cd et Hg sont plus faibles.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 32 : Localisation des stations de suivi



Cf . **Planche 33** et **Planche 34**

3.2.3.1. Contamination chimique de la matière vivante (Réseau d'Observation de la contamination chimique –ROCCH)

Le Réseau d'Observation de la Contamination Chimique, mis en place par le Ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement, assure deux objectifs :

- L'évaluation des niveaux et des tendances des polluants (dans la matière vivante et le sédiment) ainsi que des paramètres généraux de la qualité de l'eau ;
- La surveillance des effets biologiques pour déterminer la qualité du milieu marin via les perturbations biologiques de la faune et de la flore.

Le suivi de la qualité du milieu littoral est mené grâce à l'intégration chez les bivalves filtreurs de paramètres tels que les métaux lourds, certains PCB et HAP.

Les suivis ROCCH portent sur les contaminants « Métaux », « Organochlorés » et « Hydrocarbures aromatiques polycycliques » (HAP).

Les règlements européens n°466/2001 et n°221/2002 fixent les teneurs maximales en contaminants dans les denrées alimentaires. Seuls des seuils pour le plomb, le cadmium et le mercure ont été établis.

Sur la zone d'étude, les points sont ceux de Pontailiac (015) et la Fosse (007) (cf. Figure 32).

- Cadmium : la teneur en cadmium dans les huîtres décroît globalement depuis le milieu des années 1980 mais restent très supérieures à la médiane nationale (plus de dix fois) et supérieure au seuil réglementaire (5 mg/kg p.s.).
- Plomb : Depuis plusieurs années, les teneurs en plomb sont stables, mais deux fois supérieures à la médiane nationale. Ces teneurs sont bien inférieures au seuil réglementaire (7,5 mg/kg p.s.).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Mercure : les concentrations ont tendance à s'élever depuis le milieu des années 2000, mais restent largement inférieures au seuil sanitaire (entre 6 et 10 fois plus faibles). Les médianes des concentrations mesurées dans les huîtres de ce point sont proches de la médiane nationale.
- Zinc : les teneurs semblent stables depuis les années 2000, mais elles sont plus de deux fois supérieures à la médiane nationale.
- Autres : les teneurs en fluoranthène sont stables et deux fois moins élevées que la médiane nationale. Comme c'est le cas sur la plupart des points, les teneurs en CB153 diminuent sur le point « la Fosse » et les teneurs mesurées sur ce point sont du même ordre de grandeur que la médiane nationale.

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

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

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

3.2.3.2. Qualité microbiologique de la matière vivante (Réseau microbiologique – REMI-)

Le Réseau de surveillance Microbiologique (REMI) classe les zones de production de coquillages en 4 catégories :

Tableau 28 : Seuils réglementaires du classement des zones de production (règlement 854-2004)

Classement	Seuils microbiologiques	Mesures de gestion avant mise sur le marché
A	100 % des résultats, < 230 E. coli/100 g C.L.I.*	Aucune
B	90 % des résultats < 4 600 et 100 % < 46 000 E. coli/100 g C.L.I.*	Purification ou reparcage
C	100 % des résultats < 46 000 E. coli/100 g C.L.I.*	Reparcage longue durée
D	si les critères du C ne sont pas respectés	Exploitation des coquillages interdite

* C.L.I : chair et liquide intervalvaire

Le Réseau de surveillance Microbiologique (REMI) a pour objectif :

- L'évaluation et le suivi des niveaux de contamination fécale dans les eaux conchylicoles (surveillance régulière) ;
- La mise en évidence des épisodes inhabituels et des risques de contamination (surveillance en alerte).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

L'estuaire est classée en catégorie NC⁶ (toute activité de pêche ou d'élevage est interdite) pour les zones conchylicoles, à l'exception des Marais de la pointe du Médoc pour lesquelles les groupes 2 et 3 sont classés B (cf. Planche 35). Actuellement, il n'existe pas de suivi REMI à l'intérieur de l'estuaire.

3.2.3.3. Qualité du phytoplancton et présence de phycotoxines (Réseau de surveillance du phytoplancton et des phycotoxines – REPHY)

Le phytoplancton correspond à l'ensemble des algues microscopiques qui flottent dans les eaux. C'est le premier maillon de la chaîne alimentaire dans l'écosystème marin. La plupart de ces espèces phytoplanctoniques sont inoffensives. Cependant, plusieurs espèces sont susceptibles de produire des toxines :

- ***Dinophysis*** produit des toxines diarrhéiques (dites toxines DSP ou Diarrheic Shellfish Poison). Celles-ci peuvent provoquer chez le consommateur de coquillages contaminés, une intoxication dont les effets apparaissent moins de douze heures après ingestion. Les principaux symptômes en sont diarrhées, douleurs abdominales, parfois nausées et vomissements ;
- ***Alexandrium*** produit des toxines paralysantes (dites toxines PSP ou Paralytic Shellfish Poison). Celles-ci provoquent chez le consommateur de coquillages contaminés, une intoxication dont les effets apparaissent en moins de trente minutes. Les symptômes en sont : fourmillement des extrémités, incoordination motrice, pouls rapide, paralysie et troubles respiratoires pouvant être mortels, en cas d'intoxication forte. Les toxines étant stables à la chaleur, la cuisson des coquillages ne diminue pas leur toxicité ;
- ***Pseudo-nitzschia*** produit des toxines amnésiantes (dites toxines ASP ou Amnesic Shellfish Poison). Celles-ci provoquent chez le consommateur de coquillages contaminés, une intoxication dont les effets apparaissent dans les 24 à 48 heures, éventuellement en moins d'une heure. Les symptômes sont des troubles digestifs et neurologiques (céphalées, troubles de la mémoire).

Le REPHY est un réseau national qui a pour objectifs de :

- Observer l'ensemble des espèces phytoplanctoniques des eaux côtières, et recenser les événements telles que les eaux colorées, les efflorescences exceptionnelles et les proliférations d'espèces toxiques ou nuisibles pour la faune marine ;
- Surveiller plus particulièrement les espèces produisant des toxines dangereuses pour les consommateurs de coquillages (*Dinophysis*, *Alexandrium*, *Pseudo-nitzschia*...).

Cependant, actuellement, il n'existe pas de suivi à l'intérieur de l'estuaire.

3.2.3.4. Qualité de la matière vivante à l'échelle de l'estuaire

Les processus d'accumulation des contaminants dans les organismes sont ainsi définis selon plusieurs mécanismes, la bioconcentration, la bioaccumulation et la bioamplification dont on peut rendre compte à partir de plusieurs facteurs :

- la bioconcentration est le phénomène par lequel une substance chimique pénètre directement du milieu ambiant dans un organisme vivant. Dans notre contexte, ce passage se fait directement de l'eau à l'organisme, par voie cutanée, digestive et/ou respiratoire. La

⁶ **Zones A** : Zones dans lesquelles les coquillages peuvent être récoltés et mis directement sur le marché pour la consommation humaine directe.

Zones B : Zones dans lesquelles les coquillages peuvent être récoltés mais ne peuvent être mis sur le marché pour la consommation humaine qu'après avoir été traités dans un centre de purification ou après reparcage.

Zones C : Zones dans lesquelles les coquillages peuvent être récoltés mais ne peuvent être mis sur le marché pour la consommation humaine qu'après un reparcage de longue durée ou après traitement thermique dans un établissement agréé.

Zones NC : Zones non classées, dans lesquelles toute activité de pêche ou d'élevage est interdite. Ces zones comprennent également les anciennes zones D et toute zone spécifiquement interdite (périmètres autour de rejet de station d'épuration...).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

substance considérée s'accumule dans l'organisme, conduisant à une concentration plus élevée dans l'organisme ciblé que dans le milieu ambiant ;

- la bioaccumulation est le phénomène qui conduit à l'accumulation par un organisme d'une substance chimique à une concentration supérieure à celle de son milieu de vie. La bioaccumulation englobe donc l'absorption par la voie directe (bioconcentration) et l'absorption par la voie trophique ;
- la bioamplification est le phénomène selon lequel un contaminant se transmet à un consommateur par sa nourriture, aboutissant ainsi à une concentration plus importante dans l'organisme du prédateur que dans celui de la proie qu'il consomme. Ce phénomène se rencontre classiquement dans le cas du mercure et des contaminants organiques (PCB), et plus particulièrement ceux qui sont peu métabolisables.

3.2.3.4.1. Contamination par le PCB

A. Contamination des premiers maillons du réseau trophique estuarien

Le suivi de la contamination globale en PCB des premiers maillons de la chaîne trophique, par Mlle Tapie, de 2003 à 2004, est résumé sur la Figure 33.

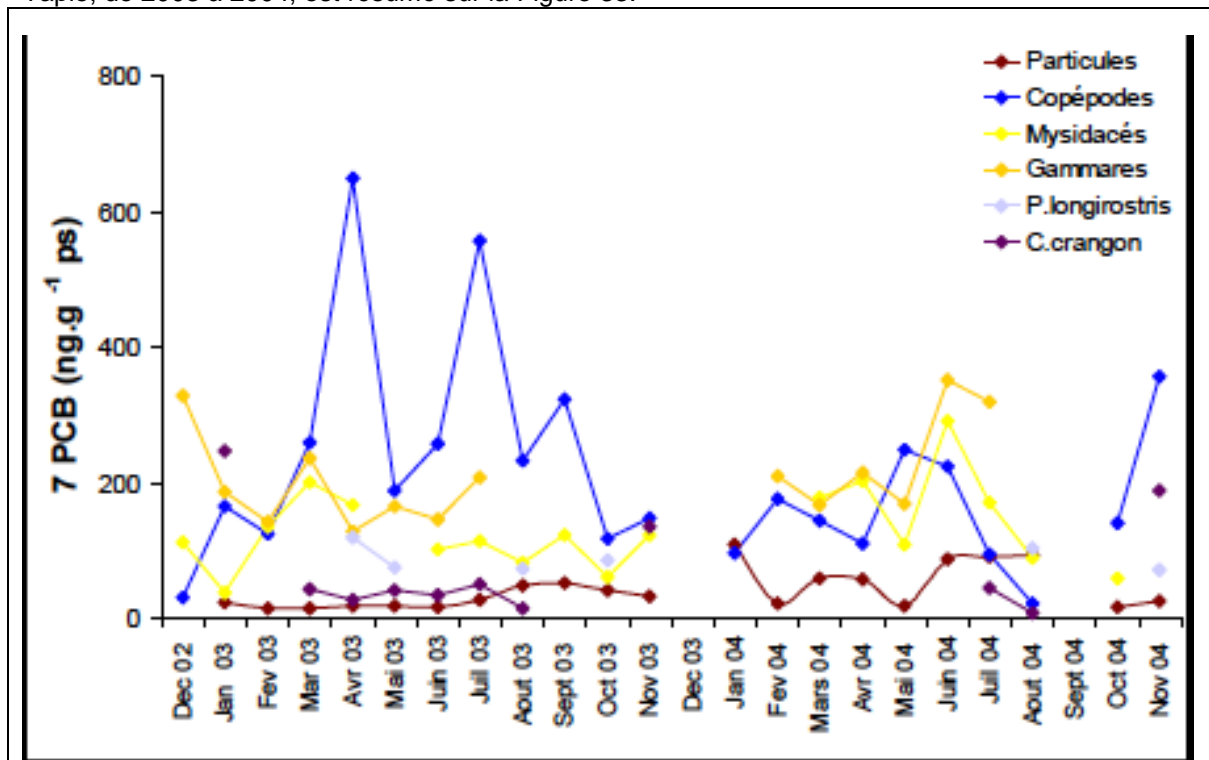


Figure 33 : Synthèse des niveaux de contamination en PCB des premiers maillons du réseau trophique de l'estuaire de la Gironde (Tapie, 2006)

La contamination du réseau trophique pélagique de l'estuaire de la Gironde a été étudiée de façon approfondie. Le compartiment abiotique présente un niveau de contamination faible (particule 40 ng.g⁻¹ps) alors que le compartiment planctonique et les petits crustacés associés présentent des niveaux plus élevés (copépodes : PCB = 220 ± 50 ng.g⁻¹ ps; mysidacés : PCB = 130 ± 62 ng.g⁻¹ ps ; gammarès: PCB = 210 ± 72 ng.g⁻¹ ps ; crevettes blanches : PCB = 90 ± 20 ng.g⁻¹ps ; crevettes grises : 80 ± 20 ng.g⁻¹ ps). Ces niveaux de contamination et leurs variations semblent liés au cycle de vie des espèces, à leur régime trophique et à leur physiologie intrinsèque.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

B. Contamination en PCB chez les poissons

La thèse de Tapie (2006) a permis de comparer la contamination en PCB entre plusieurs espèces de poissons.

Les niveaux de contamination moyens obtenus en PCB dans les espèces prélevées sont présentés dans le Tableau 29). Si l'on considère la contamination du muscle en ng.g⁻¹ ps, le poisson le plus contaminé dans l'estuaire est l'anguille.

C'est également la seule espèce échantillonnée dans le cadre de cette étude à présenter un niveau contamination du muscle équivalent à celui du foie. Cette tendance s'explique par le fait que le muscle d'anguille est un tissu relativement gras (36 ± 22 % de lipide par gramme de matière sèche contre 15 ± 5 % dans le foie dans le cadre de cette étude). Les composés étudiés PCB étant particulièrement lipophiles, ils vont donc avoir tendance à s'accumuler dans les tissus les plus gras.

	ng.g ⁻¹ ps		ng.g ⁻¹ lipide	
	Muscle	Foie	Muscle	Foie
Anguille	679 ± 356	716 ± 433	3562 ± 4907	4999 ± 2808
Maigre	166 ± 20	531 ± 126	1514 ± 215	1899 ± 376
Sole	28 ± 11	365 ± 316	2130 ± 946	2095 ± 1405
Mulet	96 ± 17	508 ± 398	508 ± 398	2008 ± 1287

Tableau 29 : Niveaux de contamination en PCB des poissons analysés exprimée en ng.g⁻¹ et ng.g lipide (d'après Tapie, 2006)

Pour les autres espèces que l'anguille, le profil classique de contamination correspond au foie plus contaminé que le muscle. Le foie est l'organe de détoxification par excellence et présente également pour ces espèces une teneur lipidique supérieure à celle observée dans les muscles, expliquant ainsi son plus fort niveau de contamination.

Des analyses plus poussées sur l'anguille (Tapie., 2006) montrent le fort niveau de contamination des anguilles de l'estuaire de la Gironde en PCB. La voie majoritaire de contamination des PCB est la voie trophique. L'origine de la contamination des anguilles se trouve donc dans leur alimentation. Avec des **anguilles de l'estuaire amont plus contaminées que celles de l'estuaire aval et des zones fluviales.**

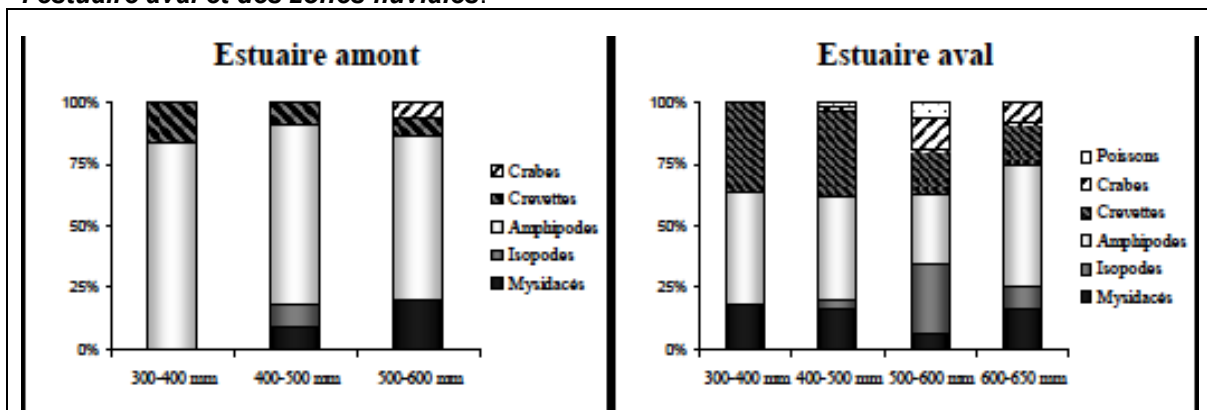


Figure 34 : Importance relative de chaque catégorie de proie dans le bol alimentaire de l'anguille européenne (Pascaud, 2006)

Le régime trophique semble expliquer partiellement les différences de contamination observées. **Les anguilles échantillonnées sur la zone aval de l'estuaire salé se nourrissent sur des proies moins contaminées (crevettes par exemple) que celle échantillonnées en estuaire amont, qui se nourrissent d'amphipodes** (Figure 34).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.2.3.4.2. Contamination en ETM

A. Contamination des crevettes

KING WAN Gladys en 2008 (KING WAN Gladys., 2008) a caractérisé les niveaux de contamination de cinq ETM (Cd, Cu, Zn, Pb, Hg) sur les crevettes, sur plusieurs sites de l'estuaire (Figure 35).

Les crevettes ne présentant pas de très fortes concentrations métalliques par rapport aux bivalves. Les résultats montrent que les crevettes semblent pouvoir se décontaminer car elles subissent des mues successives au cours de leur vie. De plus elles ont de très fortes capacités d'excrétion compensant les entrées métalliques et un cycle de vie plus court que les bivalves. Ainsi elles bioaccumulent moins que les bivalves. En outre, de l'amont vers l'aval, les concentrations en métaux diminuent, du fait du mélange des masses d'eau dans l'estuaire. On a un effet dilution et de désorption à cause du gradient de salinité.

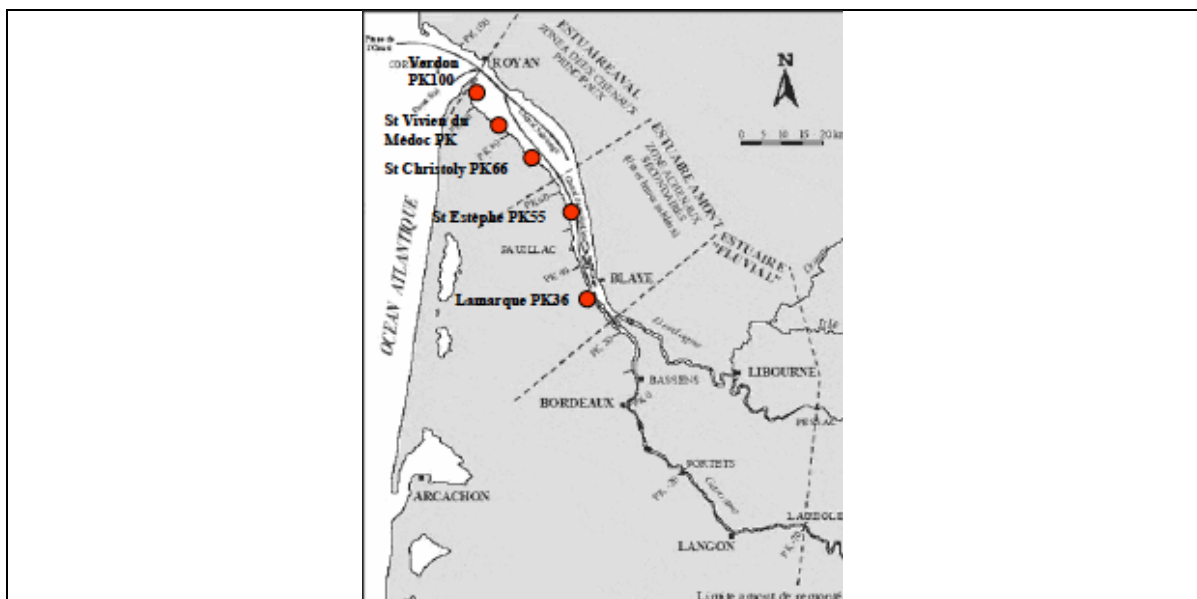


Figure 35 : Localisation des différentes stations d'échantillonnage, exprimée en points kilométriques (PK) dont l'origine est le pont de pierre de Bordeaux (PK0), afin de faciliter leur positionnement géographique (d'après KingWan., 2008).

B. Contamination sur les bivalves

L'étude menée par KING WAN Gladys en 2008 a permis également de caractériser les niveaux de contamination des cinq ETM (Cd, Cu, Zn, Pb, Hg) sur les bivalves *Crassostrea gigas* et *Scrobicularia plana* (Figure 35).

De par son régime trophique, *C. gigas* montre de fortes concentrations en Cu, Cd et Zn assimilées par voie directe. *C. gigas* concentre les ETM Cu, Cd et Zn, sur le site de St Chistoly et moins sur les autres sites. Ces ETM sont davantage biodisponibles à St Christoly, zone mésohaline de l'estuaire (Figure 36).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

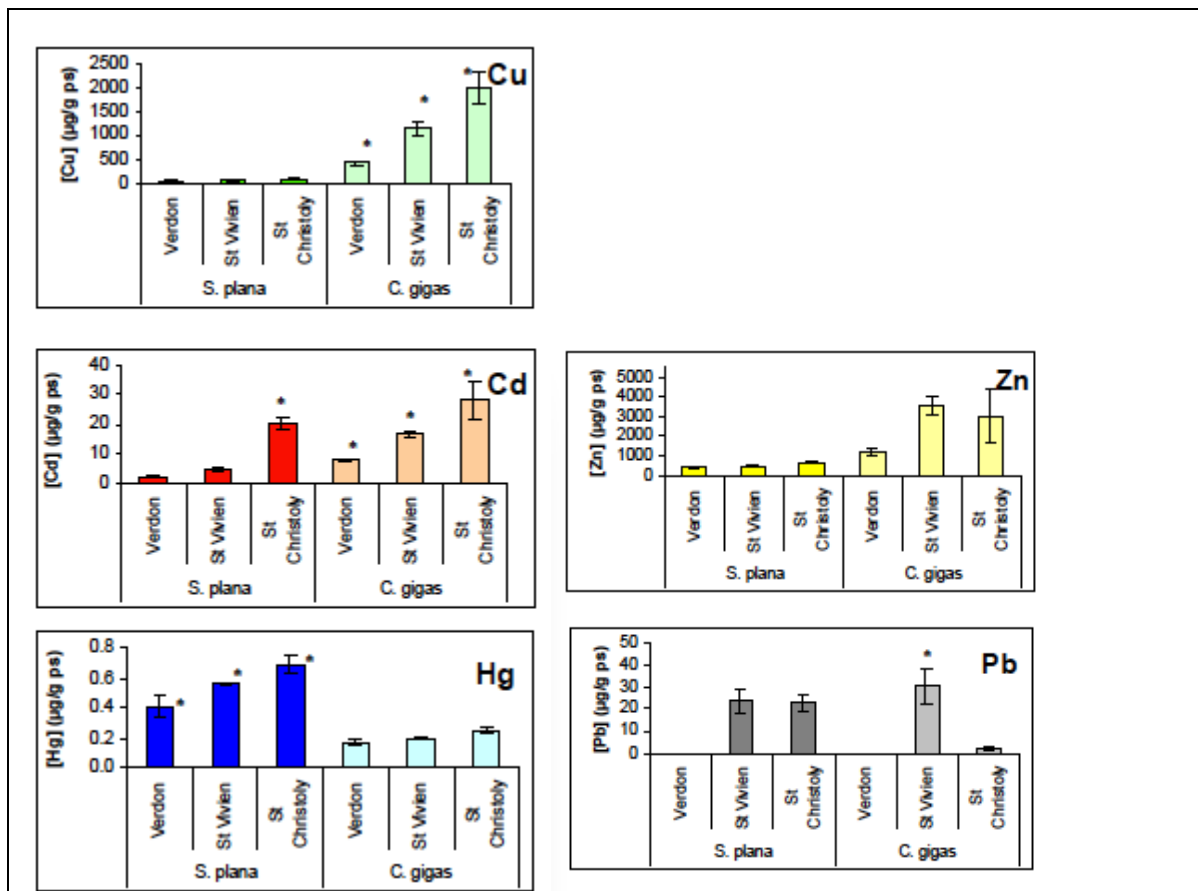


Figure 36 : Comparaison intersites des niveaux de contamination métallique chez les bivalves (d'après KingWan., 2008).

Chez *S. Plana*, les concentrations bioaccumulées en Cu, Cd et Zn sont plus faibles que *C. Gigas*. Ceci s'explique de part le régime alimentaire de *S. Plana* qui vit enfouie dans les sédiments vaseux. Leur siphon fouille la surface du sédiment mais aussi la crème de vase, interface à très forte turbidité entre l'eau de la mer et le fond vaseux, qui est peut-être moins contaminé que les eaux estuariennes. Pour ce qui est du Hg, les bactéries peuvent transformer le Hg en méthylmercure et *S. plana*, organisme intrasédimentaire, s'alimente à l'aide de ces siphons à la surface du sédiment. Cette espèce absorbe des particules sédimentaires et autres détritiques, et de ce fait, cela pourrait expliquer son niveau de contamination en mercure plus élevé que les deux autres espèces : *C. gigas* et les crevettes.

S. plana est moins contaminé par les autres métaux mais présente une concentration plus importante en Hg, car il est détritivore et endobenthique.

Des analyses, sur des corbiculas mettent aussi en évidence l'impact de la qualité de l'eau de l'estuaire sur la croissance, l'accumulation en métaux et la réponse génétique des corbiculas au niveau de l'agglomération bordelaise dans la Garonne moyenne, particulièrement en période estivale en raison des conditions hypoxiques régnant souvent dans cette zone à l'étiage (programme ETIAGE). Les organismes ont une capacité en terme de détoxification (et de lutte contre le stress oxydant) Mais des études plus poussées sur la teneur en métaux de l'eau et des paramètres physicochimiques permettraient de mieux comprendre ces résultats.

C. Poissons

La mesure du niveau de bioaccumulation de Cu, Cd, Zn, et Hg (Massarin., 2006) chez 7 espèces de poissons pêchées en 2004 dans l'estuaire de la Gironde : alose feinte (*Alosa fallax*), anguille

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

(*Anguilla anguilla*), maigre (*Argyrosomus regius*), bar franc (*Dicentrarchus labrax*), mullet (*Liza ramada*), flet (*Platichthys flesus*) et sole commune (*Solea solea*), montre :

- Le Cd s'accumule particulièrement au niveau du foie et des reins très riches en métallothionéines, protéines impliquées dans la séquestration des métaux ; et plus faiblement au niveau musculaire chez les différentes espèces. Le muscle et les branchies ne sont pas des tissus de stockage pour ce métal. La contamination se fait par voie trophique.
- Le Cu et Zn sont retrouvés à de plus fortes concentrations dans les différents organes. Le Cu, majoritairement présent dans le foie de *L. ramada*, *S. solea* et *D. labrax*, sans doute associé aux métallothionéines ;
- Les faibles concentrations de Hg au niveau branchial montrent que les poissons se contaminent essentiellement par la voie trophique.

En 2001, l'espèce *L. ramada* est apparue comme la plus contaminée, tous métaux et organes confondus, suivie par *A. anguilla* et *A. fallax*. Globalement, en 2006, Massarin a montré que *A. anguilla* et *A. fallax* sont les 2 espèces les plus contaminées. Les niveaux de bioaccumulation de Cd élevés dans le foie et les reins de ces 2 espèces peuvent s'expliquer par leur position élevée dans les réseaux trophiques. Les concentrations de Cd mesurées dans les mullets sont parmi les plus élevées. Il s'agit en effet d'un poisson omnivore se nourrissant des éléments nutritifs situés à la surface du sédiment ou des rochers. Son régime alimentaire peut donc expliquer les concentrations élevées de Cd dans les organes de stockage : foie et reins.

Le maigre est (en 2001 et 2006) l'espèce la moins contaminée. Cette espèce est généralement inféodée à la partie la plus marine de l'estuaire et fait de nombreuses incursions océaniques dès son premier hiver. On peut donc supposer que les faibles concentrations des 4 métaux dans *A. regius* sont dues à son faible temps de résidence dans l'estuaire de la Gironde.

La comparaison des campagnes 2001 et 2004 chez la sole ne montre aucune différence significative de bioaccumulation des 4 métaux, ce qui laisse supposer que les concentrations de Cd, Cu, Zn et Hg n'ont pas évolué dans l'estuaire de la Gironde en l'espace de 3 années.

De même que pour les PCB, les anguilles situées en amont de l'estuaire (aval de la confluence Lot-Garonne) sont moins contaminées en cadmium que les anguilles de l'estuaire. Le régime trophique semble expliquer les différences de contamination observées puis que les anguilles sur la zone amont se nourrissent d'organismes contaminés par les sédiments alors qu'en aval de l'estuaire salé les proies sont moins contaminées (crevettes par exemple) (Figure 34).

De plus, la saison joue également sur la capacité de anguilles à bioaccumuler du cadmium. En période estivale, l'hypoxie entraînerait une augmentation de la ventilation des organismes et amplifierait la contamination par voie directe. De plus, en période d'étiage, le débit de la Garonne étant plus faible, les métaux sont moins dilués dans la colonne d'eau et leurs bioaccumulations seraient favorisées. Ceci démontre un impact de la physico-chimie sur la bioaccumulation dans le foie d'anguilles.

La concentration du cadmium et sûrement d'autres métaux et polluants influe sur le comportement de l'anguille mais surtout sur sa capacité à se reproduire et son devenir. En effet, des essais en laboratoires réalisés par Pierron et al. (2007, 2008 et 2009) démontrent l'impact du cadmium sur la maturation sexuelle des anguilles et leur réserve lipidique :

- Le cadmium influe sur la maturation des ovocytes de l'anguille et ceux ci n'arrivent pas à leur terme avant la reproduction ;
- La bioaccumulation du cadmium dans l'organisme de l'anguille, via son alimentation, impacte sur le stockage des lipides dans l'organisme de l'anguille et sur sa migration. L'anguille utilise des lipides pour « détoxifier » son organisme en cadmium. Son stock de lipides réduit, semble empêcher les anguilles d'arriver au terme de leur migration ;

3.2.4. Qualité de l'air

La réglementation française pour l'air ambiant s'appuie principalement sur des directives européennes : directive 2008/50/CE, directive 96/62/CE, directive 2002/3/CE, directive 2000/69/CE. Ces dernières ont été conçues en tenant compte des recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS) qui détermine les seuils à ne pas dépasser d'une vingtaine de polluants, en fonction de leur impact sur la santé humaine.

Depuis 1980, la qualité de l'air ambiant fait l'objet d'une réglementation communautaire. En France, l'Etat confie la surveillance de la qualité de l'air à une quarantaine d'associations loi 1901, agréées chaque année par le ministère de l'Aménagement du Territoire et de l'Environnement. Elles constituent le réseau national ATMO de surveillance et d'information sur l'air.

La surveillance de la qualité de l'air en Aquitaine est confiée à l'association AIRAQ⁷, créée en 1994, gérant un réseau de dimension régionale. Avec la fusion des régions, AIRAQ est devenue ATMO Nouvelle Aquitaine et surveille au moyen d'un réseau de stations de mesure fixes, les agglomérations de plus de 100 000 habitants (Bordeaux, Pau, Bayonne), les zones dites à risque (ex : zones industrielles de Lacq et d'Ambès) et des sites de référence. ATMO NA mesure les principaux indicateurs de la pollution atmosphérique réglementés pour lesquels il existe des normes de référence.

Par conséquent, les principales stations de mesures sont situées au niveau de Bordeaux, peu révélatrices de la qualité de l'air de l'ensemble de l'estuaire de la Gironde.

En tout état de cause, le milieu étant ouvert, il est très vraisemblable que la qualité de l'air au niveau de l'estuaire soit bonne et respecte les normes.

⁷ AIRAQ : Association loi 1901, créée par le Ministère de l'Environnement, le Préfet de Région et le Président du Conseil Régional, regroupant des services de l'Etat, des collectivités territoriales, des associations et des industriels.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.2.5. Synthèse « Etat initial – Qualité du milieu »

Le tableau ci-après récapitule les principaux paramètres de la qualité du milieu au niveau du site de projet. Le niveau de sensibilité environnementale pour chaque thématique associée à un code couleur est représenté dans le tableau suivant :

Code couleur - sensibilité				
Aucune - négligeable	Faible	Modérée	Importante	Majeure

Rappel : la sensibilité d'un élément de l'environnement exprime le risque de perte de tout ou partie de la valeur de son enjeu en raison de la réalisation du projet. Pour apprécier le niveau de sensibilité, on tient compte de la valeur de ce que l'on risque de perdre (c'est-à-dire de l'enjeu) et de la probabilité que l'on a de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation du projet.

Tableau 30 – Principaux paramètres de la qualité du milieu

Thématique		Caractéristiques du site de projet		Sensibilité env.
Qualité du milieu	Qualité des eaux	Caractéristiques physiques	Qualité des eaux marquée par la présence du bouchon vaseux correspondant à des concentrations en MES très importantes pouvant dépasser plusieurs g/l.	Modérée
		Caractéristiques chimiques	Oxygène dissous : l'oxygénation résulte en partie de l'hydrodynamique et de l'hydrosédimentaire. - Les eaux estuariennes à Pauillac et plus en aval sont toujours bien oxygénées, quelle que soit la saison, avec des valeurs mensuelles moyennes comprises entre 7 et 11 mg/l. - Les eaux en amont de l'estuaire, dans la Garonne, présentent des valeurs mensuelles moyennes qui varient plus largement, entre 3 et 14 mg/l. Contamination : La présence de contaminants diffère suivant les zones estuariennes et les conditions physico-chimiques. Par exemple, en fonction du degré de salinité, les contaminants (métaux, PCB, HAP, médicaments) fixés aux sédiments peuvent se désorber vers la colonne d'eau (sous forme dissoute) et contaminer les organismes aquatiques in-situ et situés en aval. Il s'agit de phénomènes complexes qui varient en fonction des contaminants. L'estuaire est marqué par une contamination en métaux (cadmium notamment).	Importante
	Qualité des sédiments	Caractéristiques physiques	A l'échelle de l'estuaire : essentiellement vases dans la partie amont et sables dans la partie embouchure. Sédiments dragués : essentiellement composés de vases avec quelques passes de sables	Modérée
		Caractéristiques chimiques	A l'échelle de l'estuaire : Concentration élevée en cadmium et modérée en mercure. Sédiments dragués : concentrations très généralement inférieures aux seuils N1 permettant l'immersion.	Importante
	Qualité de la matière vivante	Compartiment du milieu vivant influencé directement par la qualité de l'eau et des sédiments		Importante
	Qualité de l'air	Milieu ouvert		Faible/négligeable

3.3. MILIEU VIVANT

En milieu estuarien, il est possible de distinguer :

- Les espèces benthiques, qui vivent sur le fond, comprenant :
 - Les espèces qui se trouvent et vivent à la surface du sol (épifaune) (anémones, éponges...);
 - Des espèces qui vivent dans le sédiment, généralement dans les premiers mètres (endofaune) : vers, coquillages....
- Les espèces pélagiques, qui vivent dans la colonne d'eau, se composent :
 - Le plancton, composé d'espèces végétales (phytoplancton : algues, spores ...) et animales (zooplancton : larves, petits crustacés...);
 - Le necton, composé d'animaux pouvant se déplacer par eux-mêmes (poissons, mammifères marins...).

3.3.1. Zones de protection du patrimoine naturel

Ces éléments sont détaillés dans le dossier d'évaluation NATURA 2000.

3.3.1.1. Eléments de protection réglementaire

3.3.1.1.1. Réserve naturelle

A. Préambule

Les Réserves Naturelles sont un des outils chargés de la mise en œuvre de la stratégie nationale de la biodiversité. Le classement en Réserve Naturelle Nationale (RNN) procède de :

- La volonté d'assurer la conservation d'éléments du milieu naturel d'intérêt national ;
ou
- La volonté d'assurer la mise en œuvre d'une réglementation communautaire ;
ou
- L'obligation résultant d'une convention internationale.

Les réserves naturelles sont des territoires classés lorsque la conservation de la faune, de la flore, du sol, des eaux, de gisements de minéraux et de fouilles et, en général, du milieu naturel présente une importance particulière ou qu'il convient de les soustraire à toute intervention artificielle susceptible de les dégrader.

La mise en réserve permet de protéger des parties de territoire dont la faune et la flore, le sol, les eaux, les gisements de minéraux présentent une richesse particulière. Elle introduit des contraintes réglementaires très strictes afin de préserver l'intégrité du site et des espèces y vivant. Ainsi, toute action susceptible de nuire au développement de la flore et de la faune ou d'entraîner la dégradation des biotopes et du milieu naturel peut être réglementée et interdite.

B. Application au site de projet

L'estuaire de la Gironde ne se situe pas dans l'emprise d'une Réserve Naturelle Nationale.

3.3.1.1.2. Arrêtés de protection de biotope

A. Préambule

L'arrêté de protection de biotope est défini par une procédure qui vise à la conservation de l'habitat (entendu au sens écologique) d'espèces protégées. Un arrêté de protection de biotope s'applique

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

à la protection de milieux peu exploités par l'homme et abritant des espèces animales et/ou végétales sauvages protégées. Il permet au préfet de fixer, par arrêté, les mesures tendant à favoriser, sur tout ou partie du territoire d'un département, la conservation des biotopes nécessaires à l'alimentation, à la reproduction, au repos ou à la survie d'espèces protégées.

Les objectifs sont la préservation de biotope (entendu au sens écologique d'habitat) tels que dunes, landes, pelouses, mares,... nécessaires à la survie d'espèces protégées en application des articles L. 211-1 et L. 211-2 du code rural et plus généralement l'interdiction des actions pouvant porter atteinte à l'équilibre biologique des milieux. L'arrêté fixe les mesures qui doivent permettre la conservation des biotopes. La réglementation édictée vise le milieu lui-même et non les espèces qui y vivent (maintien du couvert végétal, du niveau d'eau, interdiction de dépôts d'ordures, de constructions, d'extractions de matériaux,...).

B. Application au site de projet

L'estuaire de la Gironde ne se situe pas dans l'emprise d'un arrêté de protection de biotope.

3.3.1.1.3. Parc Naturel Marin

A. Préambule

Les objectifs d'un Parc Naturel Marin sont de :

- Contribuer à la connaissance du patrimoine marin ainsi qu'à la protection et au développement durable du milieu marin ;
- Associer les collectivités territoriales et les usagers aux décisions de l'Etat en mer, autour d'un objectif de protection et de gestion durable, dans une optique de gestion intégrée des activités. Cela vise de vastes espaces sur lesquels coexistent patrimoine naturel remarquable, écosystèmes de qualité et activités multiples.

Chaque Parc Naturel Marin dispose d'un conseil de gestion qui se prononce sur les questions intéressant le parc et élabore son plan de gestion. A cet égard, le conseil de gestion peut proposer aux autorités de l'Etat compétentes en mer toute mesure nécessaire à la protection et à la gestion durable du Parc, notamment en matière d'occupation du domaine public maritime, d'utilisation des eaux, de pêche, de circulation, de loisir, d'utilisation des ondes, de mouillage des navires...

Lorsqu'une activité est susceptible d'altérer de façon notable le milieu marin d'un Parc Naturel Marin, l'autorisation à laquelle elle est soumise ne peut être délivrée que sur avis conforme de l'Agence des Aires Marines Protégées ou, sur délégation, du conseil de gestion, sauf exceptions relatives aux activités répondant aux besoins de la défense nationale, de l'ordre public, de la sécurité maritime et de la lutte contre la pollution.

3.3.1.1.4. Application à la zone d'étude

Le Parc Naturel Marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis s'étend de l'embouchure du Payré en Vendée au nord, à la pointe de la Négade au sud. Il inclut l'ensemble des Pertuis (les espaces marins entre les îles de Ré et d'Oléron et le continent) ainsi que les estuaires du Payré, du Lay, de la Sèvre Niortaise, de la Charente, de la Seudre et de la Gironde jusqu'au bec d'Ambès. Au large, il s'étend jusqu'à 50 m de fonds.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 37 : Délimitation du Parc Naturel Marin de l'Estuaire de la Gironde



Source : Agence des Aires Marines Protégées

Les objectifs du Parc Naturel Marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis sont contenus dans six orientations de gestion :

- Améliorer et partager la connaissance scientifique et empirique des milieux marins, des espèces et des usages.
- Préserver et restaurer les milieux et les fonctionnalités écologiques, dans un équilibre durable entre biodiversité et activités socio-économiques.
- Renforcer le lien « Mer & Terre » par le partenariat des acteurs concernés afin de préserver la qualité et la quantité des eaux.
- Promouvoir et développer les activités de pêche professionnelle (côtière et estuarienne), aquacoles et conchylicoles, dans le respect des écosystèmes marins.
- Promouvoir et développer les activités maritimes portuaires et industrielles ainsi que les activités de loisirs dans le respect des écosystèmes marins.
- Diffuser, auprès du plus grand nombre, la passion de la mer et impliquer chacun dans la préservation du milieu maritime et littoral.

Le Parc Naturel Marin inclut l'estuaire de la Gironde, le plus grand estuaire d'Europe : dans son ensemble, l'estuaire est un milieu peu artificialisé avec une biodiversité importante et emblématique.

Le projet est inclus dans le parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis.

3.3.1.2. **Éléments de gestion contractuelle et engagement internationaux**

3.3.1.2.1. **Natura 2000**

A. Préambule

a) Natura 2000

Le réseau Natura 2000 a été initié par l'Union Européenne en 1992 pour la préservation de la diversité biologique.

Les sites Natura 2000 n'ont pas de statut réglementaire. Il s'agit d'une zone géographique au sein de laquelle les acteurs doivent œuvrer pour :

- Conserver les habitats et les populations d'espèces (faune et flore) d'importance communautaire ;
- Eviter les perturbations qui affecteraient les habitats et les espèces.

La concertation entre les acteurs du site permet d'élaborer un document d'objectifs dans lequel sont détaillés les objectifs qui concourent au maintien ou à l'amélioration de l'état de conservation des habitats naturels et des espèces pour lesquels le site a été désigné.

Ainsi, la directive « Habitats » du 22 mai 1992 détermine la constitution d'un réseau écologique européen de sites Natura 2000 comprenant :

- Des Zones Spéciales de Conservation (ZSC) classées au titre de la directive "Habitats" : il s'agit de sites maritimes et terrestres (habitats naturels, habitats d'espèces de faune et de flore sauvages) dont la liste est fixée par arrêté du ministre en charge de l'environnement et dont la rareté, la vulnérabilité ou la spécificité justifient une attention particulière ;

Un site « proposé » sera successivement une proposition de site d'Importance communautaire (pSIC), puis un SIC après désignation par la commission européenne, enfin une Zone Spéciale de Conservation (ZSC) après arrêté du ministre chargé de l'Environnement

- Des Zones de Protection Spéciale (ZPS) classées au titre de la directive " Oiseaux " en date du 23 avril 1979 : il s'agit de sites maritimes et terrestres particulièrement appropriés à la survie et à la reproduction d'espèces d'oiseaux sauvages, figurant sur une liste arrêtée par le ministre chargé de l'environnement ou qui servent d'aires de reproduction, de mue, d'hivernage ou de zones de relais à des espèces d'oiseaux migrateurs.

b) Natura 2000 en mer

Au cours de son 6e programme d'actions pour l'environnement en 2002, l'Union Européenne a défini dans son plan d'action pour la biodiversité, sa volonté de créer un réseau d'Aires Marines Protégées (AMP) afin de respecter la volonté internationale de préserver le milieu marin. Le réseau Natura 2000 est apparu comme l'outil le plus approprié pour définir un réseau cohérent d'AMP à l'échelle des pays côtiers d'Europe. Ce projet s'inscrit dans la continuité de celui de la Directive Cadre «stratégie pour le milieu marin» dont le but est de parvenir à un bon état écologique du milieu marin, d'assurer de façon constante la protection de ce milieu et d'éviter sa détérioration.

La France a initié la création du réseau «Natura 2000 en mer» par la circulaire du 20 novembre 2007 (Circulaire DNP/SDEN N° 2007). Faisant suite au plan d'action « mer » de la stratégie nationale pour la biodiversité, cette circulaire définit les secteurs potentiellement intéressants pour la conservation des espèces et des habitats.

Aucun document d'objectif n'est actuellement rédigé sur lequel s'appuyer pour évaluer les incidences des opérations par rapport à l'état de conservation des sites Natura 2000 en mer.

B. Application à la zone d'étude

L'estuaire de la Gironde est dans l'emprise ou à proximité immédiate des sites Natura 2000 suivants (cf. Planche 36) :

- Directive Oiseaux : Marais du Nord Médoc, Estuaire de la Gironde - marais de la Rive Nord ;
- Directive Habitats : Estuaire de la Gironde, La Garonne, La Dordogne.

3.3.1.3. Inscription aux inventaires faunistiques et floristiques -ZNIEFF**3.3.1.3.1. Préambule**

Les Zones Naturelles d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique correspondent à des secteurs terrestre, fluvial et marin particulièrement intéressants sur le plan écologique, notamment en raison de l'équilibre ou de la richesse des écosystèmes qu'ils constituent, de la présence d'espèces végétales ou animales rares et menacées.

Les objectifs sont de :

- Mieux connaître le patrimoine naturel en contribuant à l'inventaire des richesses écologiques, faunistiques et floristiques ;
- Avoir une base de connaissances (inventaire cartographique) afin de permettre une meilleure détermination de l'incidence des projets sur ces milieux.

L'inscription à ces inventaires ne relève pas juridiquement d'un statut de protection, ni même d'un engagement de conservation. Il n'a donc pas d'effet direct sur les activités humaines (agriculture, chasse, pêche...) qui peuvent continuer à s'y exercer sous réserve du respect de la législation sur les espèces protégées. La prise en compte correcte d'une inscription à un inventaire écologique constitue toutefois un élément important de l'évaluation des incidences d'un aménagement sur le milieu naturel.

On distingue deux catégories de zones :

- Les ZNIEFF de type I, de superficie réduite, sont des espaces homogènes d'un point de vue écologique et qui abritent au moins une espèce et/ou un habitat rare ou menacé, d'intérêt aussi bien local que régional, national ou communautaire;
- Les ZNIEFF de type II sont de grands ensembles naturels riches, ou peu modifiés, qui offrent des potentialités biologiques importantes. Elles peuvent inclure des zones de type I et possèdent un rôle fonctionnel ainsi qu'une cohérence écologique et paysagère.

3.3.1.3.2. Application au site de projet

L'estuaire de la Gironde est dans l'emprise ou à proximité immédiate des ZNIEFFs suivantes (cf. **Planche 37**)

- ZNIEFF I : Banc de Saint-Seurin-les-Conches (n°540003317), Rives Des Iles Du Nord, Verte Et Cazeau, Ile Et Vasiere De Macau (n°720014183) ;
- ZNIEFF II : Estuaire de la Gironde (n°720013624); La Dordogne (n720020014); Estuaire, marais et coteaux de la Gironde en Charente-Maritime (n°540004658).

3.3.2. Trame verte et bleue**3.3.2.1. Préambule**

La Trame verte et bleue (TVB), l'un des engagements phares du Grenelle de l'environnement, est une démarche qui vise à maintenir et à reconstituer un réseau d'échanges sur le territoire national pour que les espèces animales et végétales puissent, comme l'homme, communiquer, circuler,

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

s'alimenter, se reproduire, se reposer... c'est-à-dire assurer leur survie, en facilitant leur adaptation au changement climatique.

La Trame verte et bleue constitue un outil de préservation de la biodiversité s'articulant avec l'ensemble des autres outils (stratégie de création des aires protégées, parcs nationaux, réserves naturelles, arrêtés de protection de biotope, Natura 2000, parcs naturels régionaux, plans nationaux d'actions en faveur des espèces menacées, etc.) encadrés par la stratégie nationale de biodiversité 2011-2020. En complément de ces autres outils essentiellement fondés sur la connaissance et la protection d'espèces et d'espaces remarquables, la Trame verte et bleue permet de franchir un nouveau pas en prenant en compte le fonctionnement écologique des espaces et des espèces dans l'aménagement du territoire et en s'appuyant sur la biodiversité ordinaire.

Le code de l'environnement (article L. 371-1 I) assigne à la Trame verte et bleue les objectifs suivants :

- Diminuer la fragmentation et la vulnérabilité des habitats naturels et habitats d'espèces et prendre en compte leur déplacement dans le contexte du changement climatique ;
- Identifier, préserver et relier les espaces importants pour la préservation de la biodiversité par des corridors écologiques ;
- Mettre en œuvre les objectifs visés au IV de l'article L. 212-1 et préserver les zones humides visées aux 2° et 3° du III du présent article ;
- Prendre en compte la biologie des espèces sauvages ;
- Faciliter les échanges génétiques nécessaires à la survie des espèces de la faune et de la flore sauvages ;
- Améliorer la qualité et la diversité des paysages.

La Trame verte et bleue doit également contribuer à l'état de conservation favorable des habitats naturels et des espèces et au bon état écologique des masses d'eau (article R. 371-17 du code de l'environnement) et l'identification et la délimitation des continuités écologiques de la Trame verte et bleue doivent notamment permettre aux espèces animales et végétales dont la préservation ou la remise en bon état constitue un enjeu national ou régional de se déplacer pour assurer leur cycle de vie et favoriser leur capacité d'adaptation (article R. 371-18 du code de l'environnement).

La trame bleue comprend les cours d'eau ou canaux, les zones humides nécessaires aux objectifs de la Directive Cadre sur l'Eau, ainsi que tout autre cours d'eau ou zone humide nécessaire à la préservation de la biodiversité.

La trame verte comprend les espaces naturels importants pour la préservation de la biodiversité, dont tout ou partie des espaces protégés, ainsi que les corridors écologiques permettant de les relier et les bandes enherbées le long des cours d'eau.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

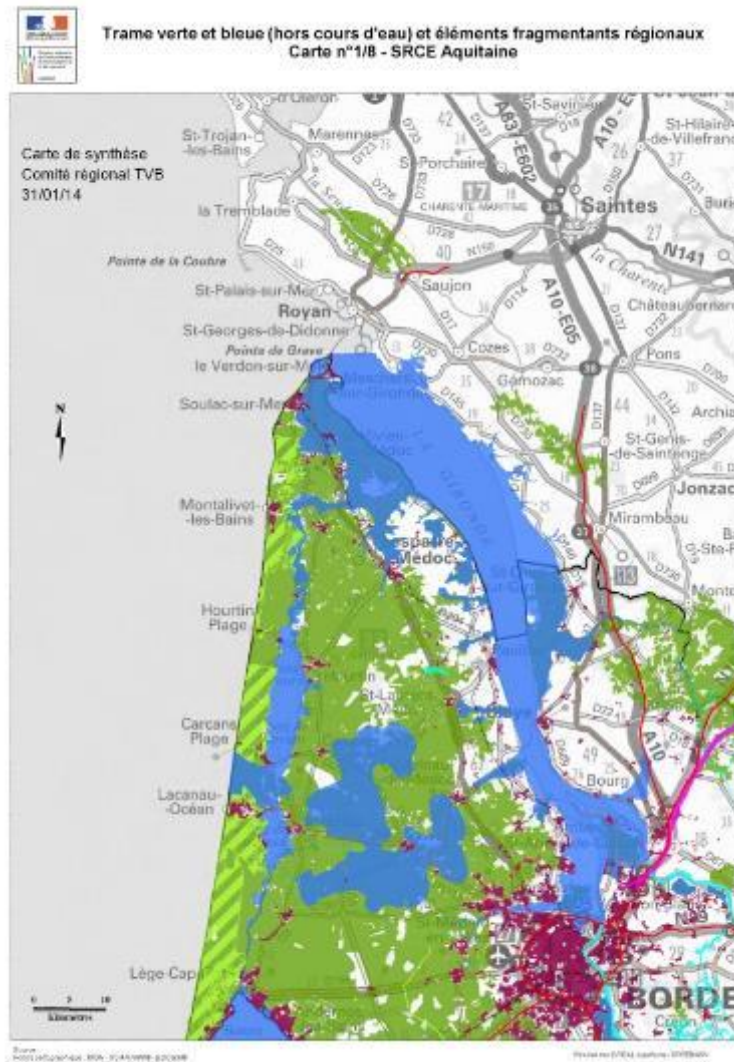
Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.3.2.1.1. Application à la zone d'étude

L'estuaire de la Gironde constitue un corridor écologique majeur de la trame bleue.

Figure 38 : Enjeux trame verte et bleue



3.3.3. Peuplements benthiques

3.3.3.1. A l'échelle de l'estuaire

3.3.3.1.1. Préambule

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

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

- Les espèces typiquement estuariennes et autochtones ;
- Espèces supportant la faible salinité ;

- Espèces à préférence polyhaline ;
- Les peuplements dulçaquicoles en amont ;
- Les peuplements néritiques en aval et en mer.

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

Transversalement, il ressort que dans les fonds toujours immergés et particulièrement dans le chenal, la faune est très rare voire quasi absente. La méiofaune (0,1 – 1mm) y est globalement plus présente que la macrofaune et ceci en particulier dans la zone oligohaline. Sur les estrans vaseux, la faune est plus abondante mais le nombre d'espèce reste faible. La turbidité des eaux, surtout à proximité du fond, provoquant un colmatage des organes de nutrition et de respiration, est la cause probable de la quasi-absence de benthos subtidal dans le chenal de navigation (Bachelet, 1981).

3.3.3.1.2. Répartition des peuplements dans l'estuaire de la Gironde

Bachelet, 1985 avait mis en évidence, l'influence de la salinité sur les cortèges spécifiques le long de l'estuaire (Figure 39). Hormis le polychète *Heteromastus filiformis*, présent de manière ubiquiste dans l'estuaire, les différentes espèces présentent des aires de répartition définies, très étroites, comme le polychète *Boccardia ligERICA*, cantonné à la limite aval de la zone oligohaline, ou relativement large, comme le groupe *Hediste diversicolor*, *Gammarus salinus* et *G. crinicornis* qui s'étale du pk 40 jusqu'à la mer.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

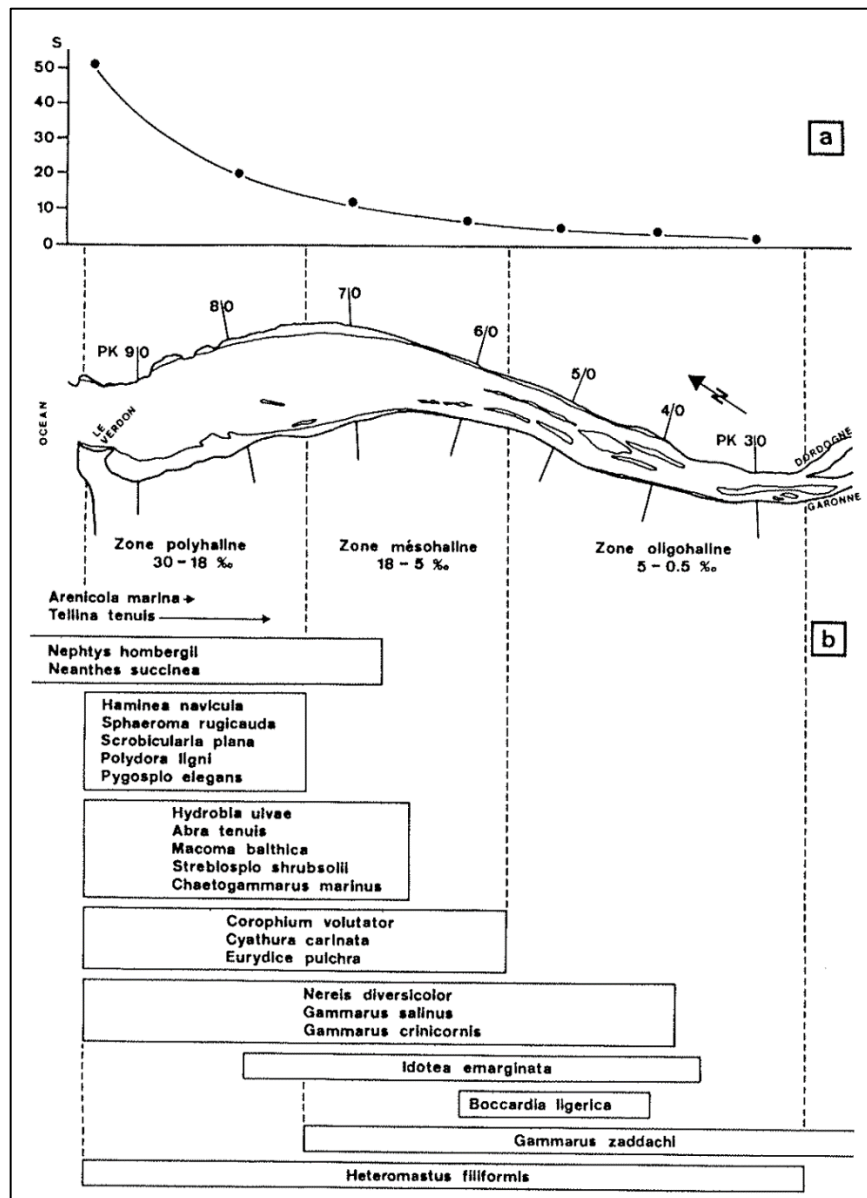


Figure 39 : Extrait de Bachelet, 1985: Rôle du gradient de salinité dans la répartition des peuplements benthiques de l'estuaire de Gironde: distribution longitudinale du nombre total d'espèces S (a) et des principales espèces (b)

A. Subtidal

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

B. Intertidal

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

En 1981, Bachelet *et al.*, ont montré la variabilité longitudinale des peuplements intertidaux le long de l'estuaire (rive gauche), avec, comme en général dans l'estuaire, un gradient de densité et de richesse spécifique lié à la salinité mais aussi à l'hydrodynamisme. La densité et la biomasse, sont

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

en effet, nettement plus élevées à l'aval qu'à l'amont de l'estuaire avec une rupture très marquée au niveau du pk60 expliquée, d'après les auteurs, par une augmentation de l'hydrodynamisme et la présence du chenal de navigation à proximité de la rive gauche.

3.3.3.1.3. Variations temporelles des peuplements benthiques

Les peuplements benthiques de l'estuaire montrent des variations temporelles d'abondance et de composition importantes tant au niveau saisonnier qu'au niveau interannuel :

- Variations saisonnières : Selon Bachelet *et al*, 1981, les variations temporelles au cours d'une année des peuplements intertidaux peuvent être résumées ainsi :
 - Augmentation des densités et biomasses en été liée au recrutement et à la croissance des individus déjà présents. Ceci provoque par voie de conséquence une diminution de la diversité avec un peuplement majoritairement peuplé de juvéniles en grand nombre ;
 - Les densités restent élevées jusqu'en novembre, la diversité reste faible ;
 - La diversité augmente en hiver en raison de la réduction des effectifs et de la croissance ralentie des organismes ce qui stabilise le peuplement ;
 - Au printemps, la diversité est maximale coïncidant avec des densités et des biomasses faibles.
- Variations interannuelles.

3.3.3.1.4. Bilan

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

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

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

- Gradient de profondeur : la macrofaune est plus dense et plus diversifiée dans les zones intertidales que dans les zones subtidales ; en particulier, en subtidal, plus la profondeur est importante plus la faune se raréfie. Ainsi, dans le chenal, la macrofaune est souvent absente ou quasi-absente⁸. Le chenal et les zones les plus profondes présentent que peu de faune (fortes profondeurs, courants, dragages...);
- Gradient amont-aval influencé par la salinité : la richesse et l'abondance augmentent vers la mer. Les zones à l'aval présentent donc des enjeux plus importants qu'à l'amont.

Dans une certaine mesure, l'ensemble de l'estuaire est à considérer comme une zone de nourricerie pour les poissons migrateurs et toutes les zones (**à l'exception du chenal**) ont un potentiel trophique pour certaines espèces, bien que celui-ci soit moins étudié et donc moins évident sur certaines zones estuariennes.

⁸ Le fort hydrodynamisme, l'action directe du dragage ainsi que la fréquence de ces opérations peuvent expliquer également la rareté de la macrofaune.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.3.3.2. Peuplements benthiques sur les zones de dragage et d'immersion

3.3.3.2.1. Peuplements sur les zones de dragage

Les zones de dragages de l'estuaire de Gironde font peu l'objet de suivi de la macrofaune dans les zones draguées. Seul le dragage expérimental du chenal par injection d'eau a fait l'objet d'échantillonnages (2009 et 2011) de macrofaune dans les zones draguées.

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

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

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

3.3.3.2.2. Peuplements sur les zones d'immersion

L'estuaire dispose de 18 zones d'immersion dont 3 seulement font l'objet d'un suivi : les zones 2.4 ; 3.1 et 3.2.

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

Ainsi, les conclusions de ces études faisaient état d'importantes difficultés à évaluer l'effet des immersions en raison de l'absence quasi systématique de macrofaune. L'évaluation de la méiofaune a été ajoutée ces dernières années pour tenter de mieux répondre à cette problématique. Cependant, l'ensemble de ces études est hétérogène et les suivis réalisés sont difficilement comparables aux autres études dans l'estuaire, en raison de méthodologies changeantes et non standardisées.

De plus, dans le cadre de l'établissement du Plan de gestion des sédiments de dragage de la Gironde, des investigations complémentaires et étude expérimentale ont été réalisées au niveau de la zone de vidage 3.4, respectant un protocole validé par le pool d'experts scientifiques qui accompagnait le projet. Cette zone n'avait pas été utilisée depuis au moins un an. 8 échantillons ont été prélevés et analysés.

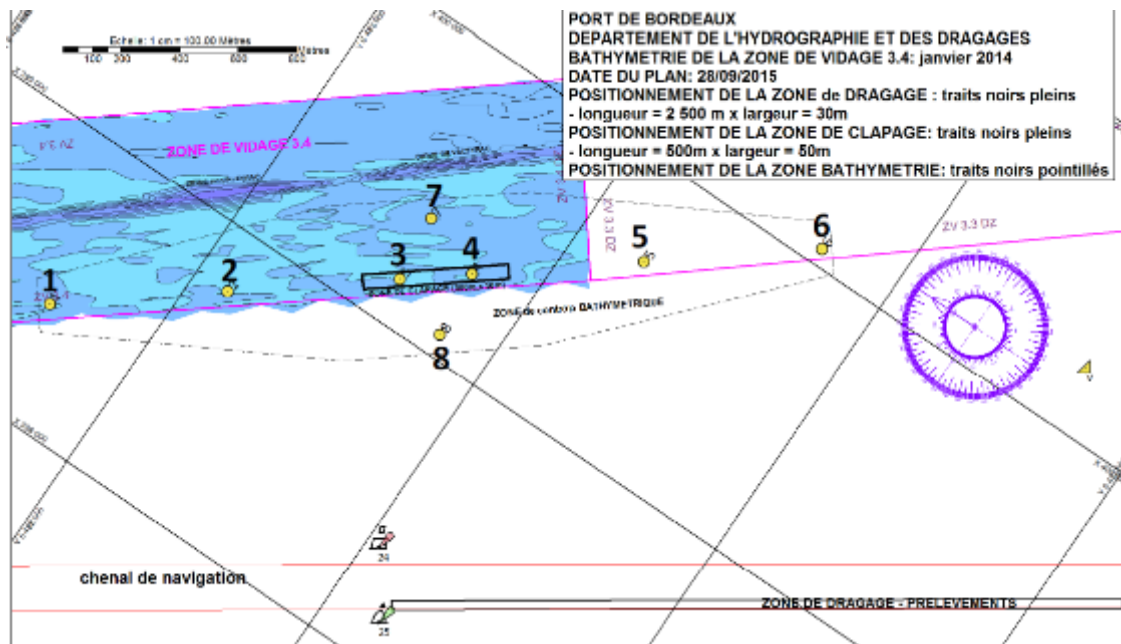
Cette expérimentation s'apparente à un « modèle réduit physique ».

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 40 : Localisation des échantillons prélevés



Les sédiments sont vaseux, avec des teneurs en vases (particules <math>< 63 \mu\text{m}</math>) variant entre 69% et 91%, et un mode dominant entre 13 et 32 μm .

Seulement 10 taxons ont été recensés au cours des trois campagnes d'échantillonnage :

- 3 espèces d'Annélides Polychètes ;
- 1 espèce de Mollusque Bivalve ;
- 6 taxons de Crustacés.

Les abondances moyennes ont été faibles : entre 10 et 214 individus / m^2 par station. Ces densités sont extrêmement faibles par rapport à celles que l'on relève sur les vasières intertidales. Elles sont cependant relativement élevées, comparativement aux valeurs (0 à 14 ind./ m^2) recensées à la même période (octobre-novembre 2015) aux stations subtidales échantillonnées plus en amont dans le cadre de la surveillance écologique du CNPE du Blayais.

La partition des abondances totales entre les différentes espèces ne montre pas de variation notable de la proportion de chaque espèce entre zone de clapage et zone hors clapage, quelle que soit la date d'échantillonnage.

3.3.4. Ressources halieutiques

3.3.4.1. Préambule

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

La ressource halieutique est en lien étroit avec :

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

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.3.4.2. Caractéristiques des espèces présentes

3.3.4.2.1. Données sources

Depuis 1982, le Cemagref de Bordeaux (devenu IRSTEA depuis) est chargé du suivi de la faune halieutique de l'estuaire de la Gironde en relation avec la présence de la Centrale Nucléaire du Blayais. Ces campagnes nommées « TRANSECT », sont réalisées tout au long de l'année selon une fréquence mensuelle afin de capturer les espèces de petites tailles ou les stades juvéniles de plus grandes tailles, aux abords de cette centrale (Figure 41). Parallèlement, un suivi des pêcheries du système fluvio-estuarien est réalisé annuellement à partir de collectes de données auprès des pêcheurs professionnels.

Les campagnes de chalutages « STURAT » ont été mises en place en 1994 afin de suivre la population d'esturgeons européens (*Acipenser sturio*) dans l'estuaire de la Gironde. Ces campagnes, de fréquence mensuelle également, se localisent sur une plus grande partie de l'estuaire allant de Meschers (pK 90) aux Callonges (pK 55) le tout subdivisé en plusieurs zones d'échantillonnage (Figure 41).

Les données issues des campagnes « TRANSECT » et « STURAT » ont été complétées par les inventaires effectués pour les besoins de la Directive cadre Européenne sur l'Eau (DCE) avec des campagnes effectuées au printemps et à l'automne en 2005, 2009, 2010 et 2011 ainsi qu'à l'été 2006. Ces campagnes se déroulent sur une large majorité de l'estuaire de la Gironde. Pour l'estuaire de la Gironde, ce sont 24 traits de chalut (8 par zone haline) de 15 minutes à une vitesse de 1,5 à 2 nœuds (vitesse absolue par rapport au fond mesurée à l'aide d'un GPS) qui sont effectués lors de chaque campagne.

Ces protocoles d'échantillonnage, bien que complémentaires ont leurs limites étant donné que tout l'estuaire de la Gironde n'est pas « couvert » par les échantillonnages (Figure 41).

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**
Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

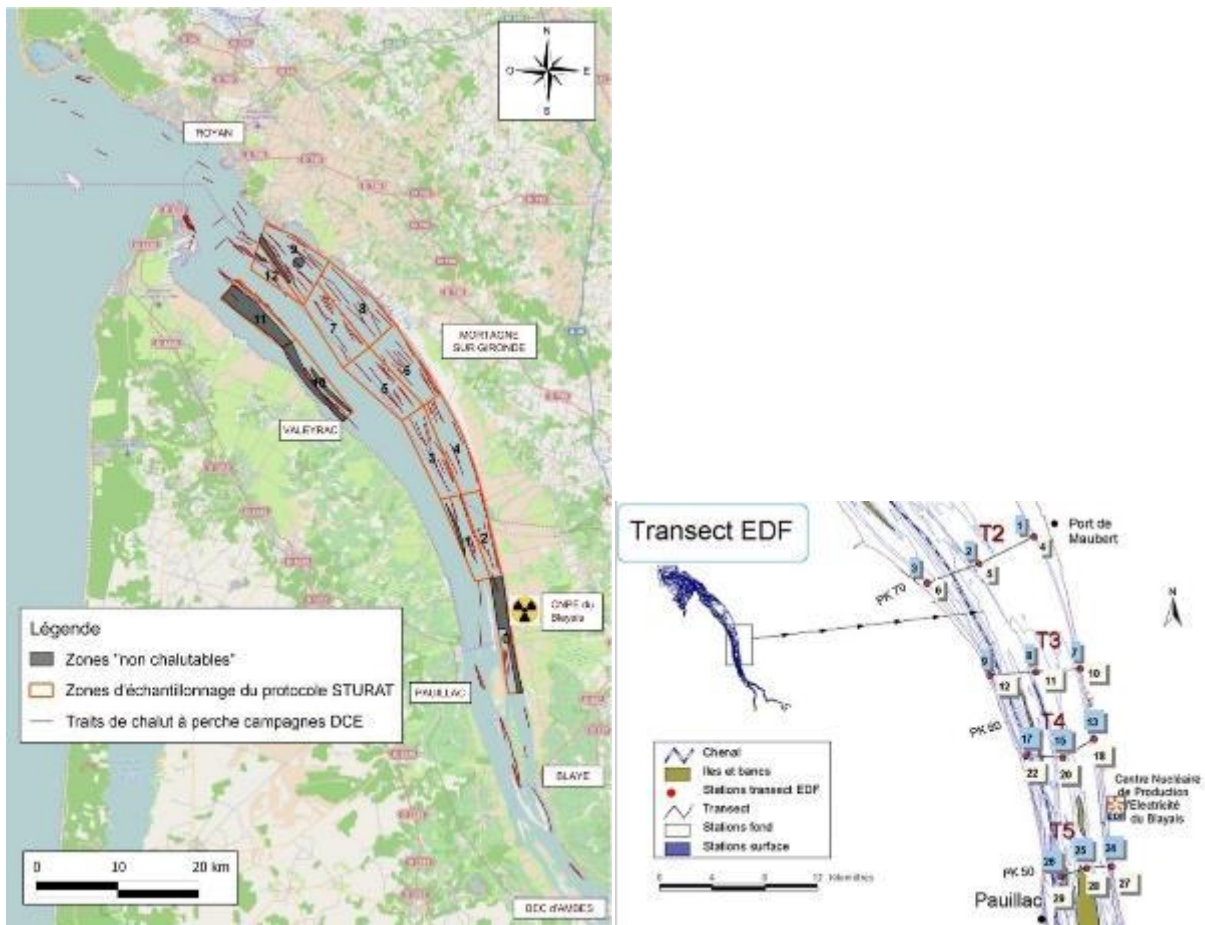


Figure 41 : Localisation des zones d'échantillonnage STURAT et DCE (à gauche) et des zones d'échantillonnage TRANSECT (à droite tiré de Girardin et Castelnau 2013)

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.3.4.2. Résultats des investigations

Au cours de ces investigations, 13 espèces de crustacés décapodes, 4 espèces de céphalopodes (seiches / calmars) et 68 espèces de poissons (dont les Lamproies qui sont des agnathes et non des poissons) ont été recensées.

Tableau 31 : Liste des espèces présentes dans l'estuaire de la Gironde

	Nom latin	Nom vernaculaire	Nom latin	Nom vernaculaire
Crustacés	<i>Atelecyclus undecimdentatus</i>	Crabe circulaire	<i>Maja brachydactyla</i>	Araignée de mer Atlantique
	<i>Brachyura</i>	Crabes nca	<i>Necora puber</i>	Etrille commune
	<i>Carcinus maenas</i>	Crabe vert	<i>Pachygrapsus marmoratus</i>	Grapse marbré
	<i>Crangon crangon</i>	Crevette grise	<i>Palaemon longirostris</i>	Crevette blanche
	<i>Eriocheir sinensis</i>	Crabe chinois	<i>Palaemon macrodactylus</i>	Bouquet migrateur
	<i>Liocarcinus depurator</i>	Etrille pattes bleues	<i>Palaemon serratus</i>	Bouquet commun
	<i>Liocarcinus holsatus</i>	Etrille nageuse	<i>Pilumnus hirtellus</i>	Crabe rouge poilu
	<i>Liocarcinus</i>	Etrille nca	<i>Procambarus clarkii</i>	Ecrevisse de Louisiane
	<i>Macropodia</i>	Macropode nca	<i>Processa edulis</i>	Guernade nica
Céphalopodes	<i>Loligo vulgaris</i>	Calmar commun	<i>Sepiola</i>	Seiche naine
	<i>Sepia officinalis</i>	Seiche commune	<i>Sepiola atlantica</i>	Sépiole Atlantique
Poissons	<i>Abramis brama</i>	Brème commune	<i>Gobius paganellus</i>	Gobie paganel
	<i>Acipenser sturio</i>	Esturgeon européen	<i>Hippocampus guttulatus</i>	Hippocampe moucheté
	<i>Alosa alosa</i>	Alose vraie	<i>Hippocampus hippocampus</i>	Hippocampe à museau court
	<i>Alosa fallax</i>	Alose feinte	<i>Hyperoplus lanceolatus</i>	Lançon commun
	<i>Ameiurus melas</i>	Poisson chat	<i>Labrus bergylla</i>	Vieille commune
	<i>Ammodytes tobianus</i>	Equille	<i>Lampetra fluviatilis</i>	Lamproie fluviatile
	<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille d'Europe	<i>Lepomis gibbosus</i>	Perche soleil
	<i>Aphia minuta</i>	Nonnat	<i>Liza auratus</i>	Mulet doré
	<i>Argyrosomus regius</i>	Maigre commun	<i>Liza ramada</i>	Mulet porc
	<i>Arnoglossus imperialis</i>	Arnoglosse impérial	<i>Merlangius merlangus</i>	Merlan
	<i>Arnoglossus thori</i>	Arnoglosse tacheté	<i>Merluccius merluccius</i>	Merlu européen
	<i>Atherina presbyter</i>	Prêtre	<i>Mullus barbatus</i>	Rouget de vase
	<i>Balistes carolinensis</i>	Baliste	<i>Mullus surmuletus</i>	Rouget de roche
	<i>Barbus barbatus</i>	Barbeau fluviatile	<i>Pegusa lascaris</i>	Sole-pole
	<i>Belone belone</i>	Orphie	<i>Petromyzon marinus</i>	Lamproie marine
	<i>Callionymus lyra</i>	Callionyme lyre	<i>Platichthys flesus</i>	Flet d'Europe
	<i>Chelidonichthys lucernus</i>	Grondin perlon	<i>Pleuronectes platessa</i>	Plie d'Europe
	<i>Chelon labrosus</i>	Mulet lippu	<i>Pomatoschistus microps</i>	Gobie tacheté
	<i>Ciliata mustela</i>	Motelle à cinq barbillons	<i>Pomatoschistus minutus</i>	Gobie buhotte
	<i>Conger conger</i>	Congre d'Europe	<i>Pomatoschistus pictus</i>	Gobie varié
	<i>Cuplea harengus</i>	Hareng	<i>Pseudorasbora parva</i>	Pseudorasbora
	<i>Cyprinus carpio</i>	Carpe commune	<i>Raja clavata</i>	Raie bouclée
	<i>Dasyatis pastinaca</i>	Pastenague commune	<i>Raja undulata</i>	Raie brunette
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Bar européen	<i>Solea senegalensis</i>	Sole sénégalaise
	<i>Dicentrarchus punctatus</i>	Bar tacheté	<i>Solea solea</i>	Sole
	<i>Dicologlossa cuneata</i>	Céteau	<i>Sparus aurata</i>	Dorade royale
	<i>Diplodus sargus</i>	Sar commun	<i>Sprattus sprattus</i>	Sprat
	<i>Echiichthys vipera</i>	Petite vive	<i>Stizostedion lucioperca</i>	Sandre
	<i>Engraulis encrasicolus</i>	Anchois	<i>Symphodus bailloni</i>	Crénilabre grelue
	<i>Gambusia affinis</i>	Gambusie	<i>Syngnathus acus</i>	Syngnathe aiguille
	<i>Gasterosteus aculeatus</i>	Épinoche à trois épines	<i>Syngnathus rostellatus</i>	Syngnathe de Duméril
	<i>Gobius niger</i>	Gobie noir	<i>Torpedo marmorata</i>	Torpille marbrée
	<i>Trisopterus minutus</i>	Capelan	<i>Trachurus trachurus</i>	Chinchard d'Europe
	<i>Umbrina canariensis</i>	Ombrine bronze	<i>Trisopterus luscus</i>	Tacaud commun

Sur la base des échantillonnages effectués dans le cadre de la DCE en 2005, 2006, 2009, 2010 et 2011 et des résultats de la surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde (Girardin et Castelnaud 2013). Les espèces en rouge clair sont celles qui n'apparaissent pas dans les inventaires DCE et qui sont recensées par la surveillance halieutique.

Il en ressort que :

- Les peuplements de Lamproie marine présentent un niveau d'abondance satisfaisant dans le bassin de la Gironde ;
- La situation de l'Alose feinte et de l'Alose vraie qui s'était bien améliorée en 2000 et surtout en 2001, s'est dégradée fortement en 2003 et 2004. Ceci alors que les surfaces de

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

frayères accessibles dans le bassin versant sont importantes et que la pêche semble limitée par la capacité d'absorption du marché. ;

- L'anguille européenne décline fortement depuis le début des années 1980. Parmi les causes reconnues de ce déclin, figurent la pêche excessive, la perte d'habitats (barrages infranchissables ...), les modifications physico-chimiques et hydrologiques de l'environnement...
- La situation de l'esturgeon européen tend à s'améliorer ces dernières années grâce aux alevinages effectués ces dernières années notamment.
- La situation du Maigre reste assez méconnue car son abondance n'est pas aujourd'hui suivie par un processus d'évaluation scientifique.

De plus, toutes ces espèces ne sont pas présentes en permanence et avec la même abondance, certaines d'entre-elles ne fréquentant l'estuaire de la Gironde que de façon assez occasionnelle. Cependant, trois à quatre espèces migratrices, à minimum, sont présentes dans l'estuaire quelle que soit la période de l'année. Le tableau ci-après précise la présence des espèces migratrices dans l'estuaire de la Gironde.

Tabl. 1 - Présence des espèces migratrices dans l'estuaire de la Gironde

	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Anguille (Civelle)												
Anguille jaune												
Anguille argentée												
Alose vraie adulte												
Alose vraie (aloston)												
Alose feinte adulte												
Alose feinte (aloston)												
Esturgeon adulte												
Esturgeon juvénile												
Lamproie marine adulte												
Lamproie marine subadulte												
Lamproie fluviatile adulte												
Lamproie fluviatile subadulte												

Migration de montaison
 Migration de dévalaison
 Vie dans l'estuaire avec des mouvements dans le milieu estuarien

Source : L. BROSSE

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

Rappel du statut juridique (gestion, protection) des espèces et de leurs habitats.

Parmi l'ensemble des espèces composant le peuplement présent dans l'estuaire de la Gironde, une partie bénéficie de statut de protection ou de gestion.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

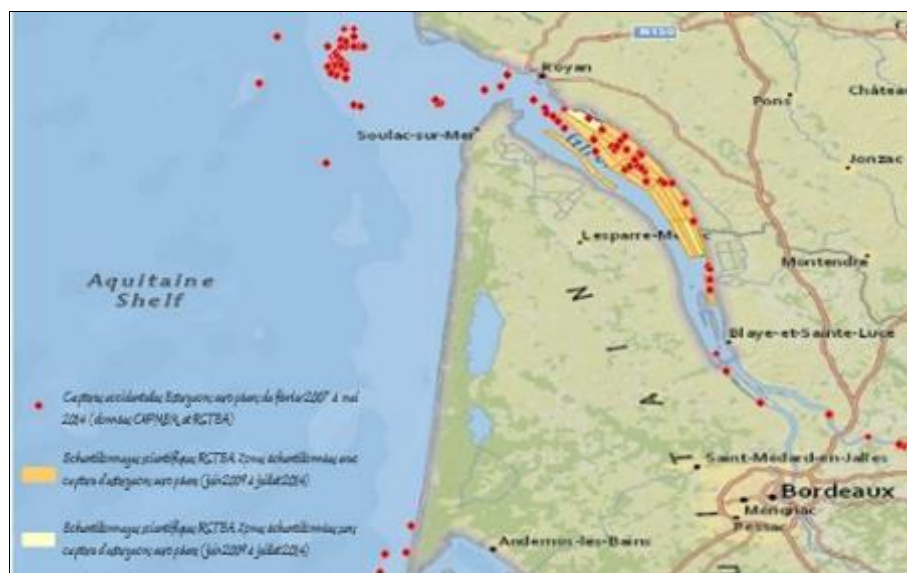
Tableau 32 : Liste des espèces bénéficiant d'un ou de plusieurs statuts de protection ou de conservation.

Nom latin	Nom vernaculaire	Protection Nationale	Directive Habitats	Convention de Berne	Convention de Bonn	UICN France	Convention OSPAR
<i>Acipenser sturio</i>	Esturgeon européen	Oui	Annexes II et IV	Annexe II	Annexes I et II	CR	Oui
<i>Alosa alosa</i>	Alose vraie	Oui	Annexes II et V	Annexe III		VU	Oui
<i>Alosa falax</i>	Alose feinte	Oui	Annexes II et V	Annexe III		VU	
<i>Anguilla anguilla</i>	Anguille européenne					CR	Oui
<i>Cottus gobio</i>	Chabot commun		Annexe II			DD	
<i>Esox lucius</i>	Brochet commun	Oui				VU	
<i>Gadus morhua</i>	Morue					VU	
<i>Galeorhinus galeus</i>	Requin Ha					VU	
<i>Hippocampus hippocampus</i>	Hippocampe à museau court			Annexe II			Oui
<i>Lampetra fluviatilis</i>	Lamproie fluviatile	Oui	Annexes II et V	Annexe III			
<i>Petromyzon marinus</i>	Lamproie marine	Oui	Annexe II	Annexe III		NT	Oui
<i>Raja clavata</i>	Raie bouclée					VU	Oui
<i>Salmo salar</i>	Saumon atlantique	Oui	Annexes II et V	Annexe III		VU	
<i>Salmo trutta trutta</i>	Truite de mer	Oui					

Ces éléments sont développés dans le dossier Natura 2000.

Focus sur l'esturgeon – espèce prioritaire

Concernant le cas particulier de l'esturgeon européen, *Acipenser sturio*, les données de captures accidentelles recueillies par le CNPMM, l'IMA et IRSTEA (points rouges sur la carte) ainsi que les résultats des échantillonnages scientifiques effectués dans l'estuaire par IRSTEA dans les secteurs délimités sur la carte ci-dessous (rectangles colorés) indiquent que cette espèce utilise la très grande majorité de l'espace estuarien (Figure 42).



Source : PNA esturgeon européen 2011 - 2015.

Figure 42 : Localisation des captures d'esturgeons européens (*Acipenser sturio*) sur la période de février 2007 à mai 2014 (déclarations captures accidentelles – points rouges) et sur la période de juin 2009 à juillet 2014 (échantillonnage scientifique, en, orange, les zones avec captures d'esturgeons, en jaune les zones sans captures)

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

L'examen de la **Figure 42** montre que certains secteurs de l'estuaire de la Gironde semblent non fréquentés par l'esturgeon. Ce n'est pas nécessairement le cas étant donné qu'une bonne partie de l'estuaire de la Gironde n'est pas couverte par les échantillonnages scientifiques tout comme certains secteurs ne sont pas utilisés par les pêcheurs professionnels. Par conséquent, l'absence de détection ne signifie pas qu'il n'y a pas d'esturgeons présents mais peut être tout simplement le reflet d'une absence d'échantillonnage ou à tout le moins d'une pression d'échantillonnage moins importantes (secteurs peu utilisés par les pêcheurs par ex).

Figure 43 : Représentation des estimations préliminaires des CPUE d'*Acipenser sturio* au cours de l'échantillonnage Sturat de l'année 2014



Le report cartographique de ces données permet la localisation des secteurs dans lesquels les juvéniles d'esturgeons se concentrent, ce qui sur la base des résultats de Brosse (2003) permet de déterminer l'emplacement des zones d'alimentation des juvéniles d'esturgeon européen.

Les zones pour lesquelles les densités en juvéniles d'esturgeon européen sont les plus importantes se trouvent dans la partie amont des secteurs échantillonnés (Z1, Z1 et Z15A' essentiellement) ainsi que dans la partie aval (Z6, Z7' et Z8). Au regard de la connaissance sur la biologie des juvéniles d'esturgeon européen pour la phase estuarienne, il convient de considérer que ces zones constituent des enjeux très forts. Ces résultats préliminaires basés sur la seule année 2014 sont assez proches de ceux obtenus pour la période 1995 – 2000 (Brosse 2003) comme le montre la figure ci-après.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

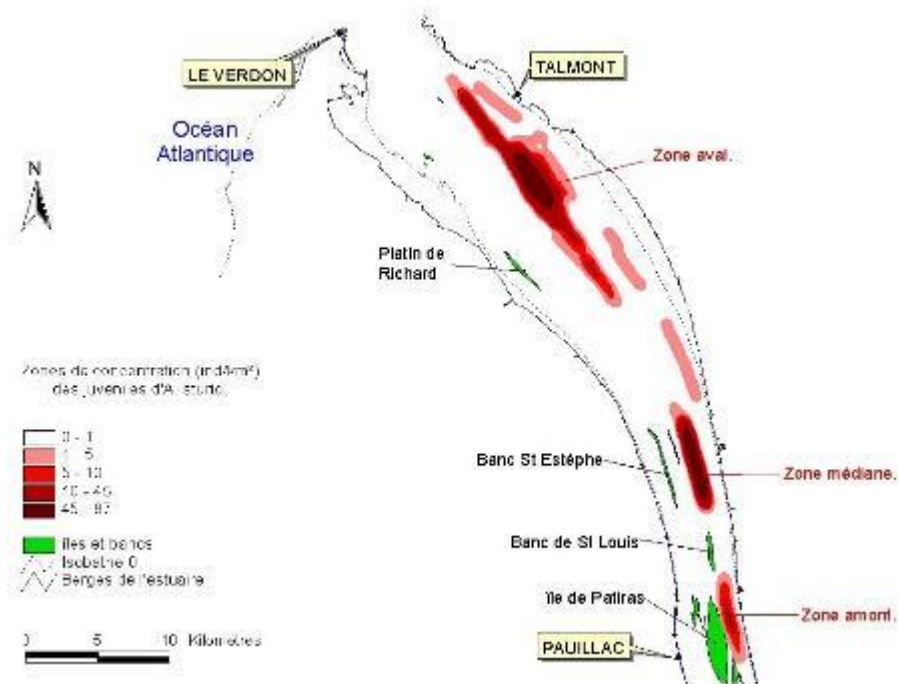


Figure 44 : Localisation et délimitation des trois aires d'habitats les plus utilisées pour la période 1995-2000 pour l'ensemble des traits de chalut de 1995 à 2000 pour les juvéniles d'*A. sturio* des cohortes 1994 et 1995 dans l'estuaire de la Gironde avec un seuil minimal de 1 ind/km² (source : Brosse 2003).

Focus sur l'Anguille européenne

Pour l'Anguille européenne, son caractère ubiquiste lui permet de fréquenter et de se « sédentariser » dans quasiment tous les habitats présents dans l'estuaire avec cependant de probables variations de densité en fonction de l'attrait de certains habitats par rapport à d'autres.

Focus sur l'Alose

Pour l'Alose vraie, le temps de séjour en milieu estuarien est court (13 jours \pm 6j d'après Lochet 2006) et concerne surtout les juvéniles de l'année qui traversent l'estuaire de la Gironde au cours de leur migration de dévalaison vers la mer. D'après les travaux de Lochet (2006), l'entrée dans l'estuaire s'effectue entre le 54^e et le 124^e jour avec une moyenne de 84 jours. Selon Taverny (1991), les juvéniles de l'année (0+) sont abondants dans l'estuaire de la Gironde dès la période août – septembre jusqu'à la fin de l'automne voire le début de l'hiver. Dans l'estuaire de la Gironde, les alosons se nourrissent essentiellement de zooplancton ainsi que de Mysidacées, des Crevettes et des Amphipodes (Taverny 1991). Enfin, il apparaît d'après les travaux de Lochet (2006), que pour l'Alose vraie, l'entrée en estuaire n'est pas taille-dépendante alors que la sortie en mer l'est.

L'Alose feinte a un cycle biologique très proche de celui de l'Alose vraie avec quelques différences dans les périodes de migration en plus du fait que les géniteurs ne meurent pas systématiquement lors de la reproduction et sont capables de se reproduire plusieurs fois durant leur vie (espèce itéropare). Pour ce qui est de la partie estuarienne de son cycle biologique, les juvéniles entrent dans l'estuaire de la Gironde lorsqu'ils sont âgés de 7 à 84 jours (moyenne de 46 j \pm 17j) et y séjournent durant 25 jours en moyenne (\pm 13 j) d'après Lochet 2006. Les juvéniles d'Alose feinte de moins de 2 ans séjournent de façon prolongée en estuaire quand les conditions (température) sont favorables. Tout comme pour l'Alose vraie, les juvéniles d'Alose feinte sont zooplanctonophages de petits crustacés comme les Copépodes, les Mysidacées et les Crevettes avec un spectre plus large que celui de l'Alose vraie. A l'inverse de ce qui a été observé chez l'Alose vraie, l'entrée en estuaire est taille-dépendante mais pas la sortie en mer pour les juvéniles d'Alose feinte (Lochet 2006).

Focus sur les lamproies

Les deux espèces migratrices de lamproie (lamproie marine et lamproie fluviatile) ont un cycle biologique particulier avec une vie « larvaire » en milieu fluviatile qui dure plusieurs années (4 à 6). A l'issue de ce cycle, les individus connaissent de nombreuses modifications morpho-anatomiques (dont le passage d'un mode d'alimentation de type « filtreur » à un mode de type parasitaire). Cette métamorphose débute entre juillet et septembre et peut s'étendre sur 3 à 10 mois. Une fois ces métamorphoses achevées, les individus sont au stade sub-adulte et migrent rapidement en direction du milieu océanique. Pour se nourrir ils parasitent les poissons. Après 1,5 à 2,5 années de vie en milieu océanique avec une très forte croissance, les adultes remontent au printemps en direction des zones de reproduction qui se situent en fleuve ou rivière.

Que ce soit lors de leur dévalaison en direction de l'océan ou lors de leur montaison en direction des frayères, les lamproies ne font que « traverser » le milieu estuarien qui n'a d'autre utilité que celle de couloir de migration pour ces deux espèces. Par conséquent, tout l'estuaire est potentiellement utilisé par les lamproies et il semble difficile de mettre certains secteurs plus en avant que d'autres.

3.3.4.3. Habitats

D'un point de vue général, les principaux habitats rencontrés dans l'estuaire de la Gironde pour les poissons sont :

- Les zones d'alimentation / de nourricerie ;
- Les zones de frayères pour les quelques espèces utilisant l'estuaire comme site de reproduction comme celles de la guilda des espèces résidentes ;
- Les zones de repos / refuge ;
- Les axes migratoires ;

3.3.4.3.1. Zone de frayères

Il n'y a pas d'informations détaillées sur l'existence de zones de frayères dans l'estuaire de la Gironde pour l'une ou l'autre des espèces s'y reproduisant.

Toutefois, il est connu que le Maigre (*Argyrosomus regius*) est présent dans l'estuaire de la Gironde à partir de mai pour se reproduire (Sourget et Biais 2009). D'après Querro et Vayne (1987) les frayères seraient situées entre Meschers et Mortagne dans la moitié droite de l'estuaire autour du banc des Marguerites.

Outre le cas du Maigre, la connaissance en termes d'habitats favorables à la reproduction de certaines espèces résidentes permet de se faire une idée. Par exemple, le Gobie buhotte dépose ses œufs sur un élément de substrat dur de type galet, coquille ou autre, le mâle se chargeant ensuite de surveiller et défendre la ponte. La grande majorité de la surface de l'estuaire de la Gironde est composée de vase, sables vaseux et sables avec seulement quelques secteurs de graviers potentiellement intéressants pour le gobie. Toutefois, certains secteurs de l'estuaire peuvent çà et là contenir de manière discrète des éléments favorables à la reproduction du gobie et qui n'apparaissent pas sur la **Figure 45** en raison de leur faible surface au regard de la maille de l'échantillonnage.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

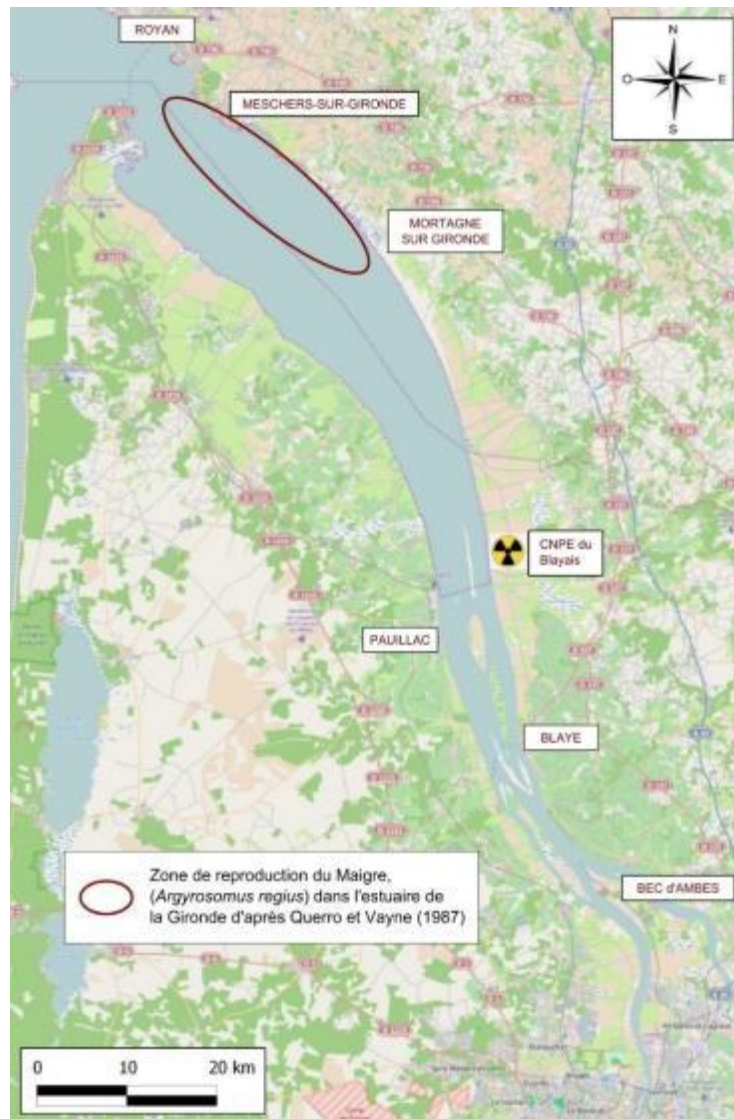


Figure 45 : Localisation de la zone de reproduction connue du Maigre (*Argyrosomus regius*) dans l'estuaire de la Gironde sur la base des éléments fournis dans Querro et Vayne (1987).

3.3.4.3.2. Zone d'alimentation / de nourricerie

En ce qui concerne les zones de nourriceries, leur importance ainsi que leurs caractéristiques, la synthèse des travaux de Pasquaud (2006), de Trimoreau et al. (2013) et de Rimond et Lechêne (2014) montre que :

- L'analyse des contenus digestifs du Bar (franc et moucheté), de certains Gobies, du Sprat, de l'Anchois, de la Sole ou du Flet indique que le régime alimentaire de ces espèces est très diversifié et se compose de divers crustacés (amphipodes, isopodes, mysidacés), de mollusques (gastéropodes et bivalves), d'autres poissons et d'annélides polychètes ;
- Il semble exister une structuration de type « bottom-up » entre les communautés de proies (invertébrés notamment) en relation avec leurs fluctuations saisonnières et la variabilité des assemblages de poissons. Cet élément est très important car il démontre le lien fort entre proies et prédateurs et il implique surtout que toute perturbation significative des éléments composant la communauté de proies aura des répercussions « directes » sur l'ichtyofaune ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- les zones peu profondes et vaseuses contribuent pour 70% de l'abondance relative des juvéniles de poissons plats (soles, cétéau...) alors qu'elles ne représentent que 16% de la surface totale (Trimoreau et al. 2013). D'autres éléments entrent également en considération comme le fait que certaines zones soient abritées de la houle ou des remous ;
- concernant les soles et le cétéau plus particulièrement, les travaux réalisés par Trimoreau et al (2013) ont confirmé que les zones vaseuses peu profondes (<5 m) contribuent fortement à la population totale du groupe 0+ et peuvent donc être considérés comme des habitats essentiels pour cette espèce. Cette définition couvre aussi bien l'estuaire de la Gironde que les habitats présents à son embouchure qui sont connus pour receler des nurseries d'importance pour les soles.

3.3.5. Avifaune

L'estuaire est riche de nombreuses espèces d'oiseaux. Il joue un rôle essentiel pour l'ensemble des oiseaux migrateurs de l'Ouest Paléarctique dont le flux se concentre entre les pointes de Grave et de la Coubre lors des migrations pré-nuptiales. Les zones humides en bordure de l'estuaire accueillent, durant cette période, de grandes concentrations d'oiseaux et en particulier des limicoles (chevaliers, bécasseaux, gravelots, courlis, spatules, vanneaux, bécassines ..), des anatidés (canards, souchets, pilets, colverts, sarcelles, tadornes). Une partie de ces individus peuvent hiverner dans ces milieux. Enfin de nombreuses espèces nichent en bordure de l'estuaire, parmi lesquelles certaines sont rares et prestigieuses : busards, milans noirs, cigognes blanches, aigrettes, hérons (pourpres et cendrés), grèles ..

Les espèces recensés dans le cadre de la Directive Oiseaux sont les suivantes :

		FR5412011 - Estuaire de la Gironde : marais de la rive nord	FR7212016 - Panache de la Gironde	Marais du Nord Médoc » FR7210065
A004	<i>Tachybaptus ruficollis</i>	X		
A008	<i>Podiceps nigricollis</i>			X
A016	<i>Morus bassanus</i>		X	
A017	<i>Phalacrocorax carbo</i>			X
A021	<i>Botaurus stellaris</i>	X		
A023	<i>Nycticorax nycticorax</i>	X		
A025	<i>Bubulcus ibis</i>			X
A026	<i>Egretta garzetta</i>	X		X
A027	<i>Egretta alba</i>	X		X
A028	<i>Ardea cinerea</i>			X
A029	<i>Ardea purpurea</i>	X		X
A031	<i>Ciconia ciconia</i>			
A034	<i>Platalea leucorodia</i>			X
A043	<i>Anser anser</i>			X
A046	<i>Branta bernicla</i>			X
A048	<i>Tadorna tadorna</i>			X
A050	<i>Anas penelope</i>			X
A052	<i>Anas crecca</i>			X
A053	<i>Anas platyrhynchos</i>			X
A054	<i>Anas acuta</i>			X
A055	<i>Anas querquedula</i>			X
A056	<i>Anas clypeata</i>			X
A059	<i>Aythya ferina</i>			X
A061	<i>Aythya fuligula</i>			X
A065	<i>Melanitta nigra</i>		X	
A072	<i>Pernis apivorus</i>			X
A073	<i>Milvus migrans</i>			X
A074	<i>Milvus milvus</i>			X
A080	<i>Circaetus gallicus</i>			X
A081	<i>Circus aeruginosus</i>			X
A082	<i>Circus cyaneus</i>			X
A084	<i>Circus pygargus</i>			X
A098	<i>Falco columbarius</i>			X
A103	<i>Falco peregrinus</i>			X
A118	<i>Rallus aquaticus</i>			X

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

A119	<i>Porzana porzana</i>			X
A123	<i>Gallinula chloropus</i>			X
A125	<i>Fulica atra</i>			X
A127	<i>Grus grus</i>			X
A130	<i>Haematopus ostralegus</i>			X
A131	<i>Himantopus himantopus</i>			X
A132	<i>Recurvirostra avosetta</i>			X
A136	<i>Charadrius dubius</i>			X
A140	<i>Pluvialis apricaria</i>			X
A142	<i>Vanellus vanellus</i>			X
A143	<i>Calidris canutus</i>			X
A149	<i>Calidris alpina</i>			X
A153	<i>Gallinago gallinago</i>			X
A155	<i>Scolopax rusticola</i>			X
A157	<i>Limosa lapponica</i>			X
A160	<i>Numenius arquata</i>			X
A162	<i>Tringa totanus</i>			X
A165	<i>Tringa ochropus</i>			X
A166	<i>Tringa glareola</i>			X
A168	<i>Actitis hypoleucos</i>			X
A175	<i>Catharacta skua</i>		X	
A176	<i>Larus melanocephalus</i>			X
A182	<i>Larus canus</i>		X	
A183	<i>Larus fuscus</i>		X	X
A184	<i>Larus argentatus</i>		X	
A187	<i>Larus marinus</i>		X	
A188	<i>Rissa tridactyla</i>		X	
A191	<i>Sterna sandvicensis</i>		X	
A197	<i>Chlidonias niger</i>		X	
A199	<i>Uria aalge</i>		X	
A200	<i>Alca torda</i>		X	
A229	<i>Alcedo atthis</i>			X
A255	<i>Anthus campestris</i>			X
A272	<i>Luscinia svecica</i>			X
A302	<i>Sylvia undata</i>			X
A384	<i>Puffinus puffinus mauretanicus</i>		X	
A338	<i>Lanius collurio</i>	X		X

L'Agence des Aires Marines Protégées a recensé les enjeux associés à l'avifaune dans le cadre du projet de création de Parc Marin sur l'estuaire de la Gironde et des Pertuis charentais. La Planche 38 synthétise ces enjeux. Il ressort de ces éléments que :

- Partie aval de l'estuaire : les zones de dragage et de clapage se situent potentiellement :
 - Dans une zone d'alimentation des oiseaux du large ;
 - A proximité de deux zones de repos et d'alimentation des oiseaux côtiers (Bonne Anse et Pointe du Verdon) ;
- Partie intermédiaire de l'estuaire : les zones de clapage et dragage se situent potentiellement sur un axe de déplacement quotidien. (marais et îles estuariens).

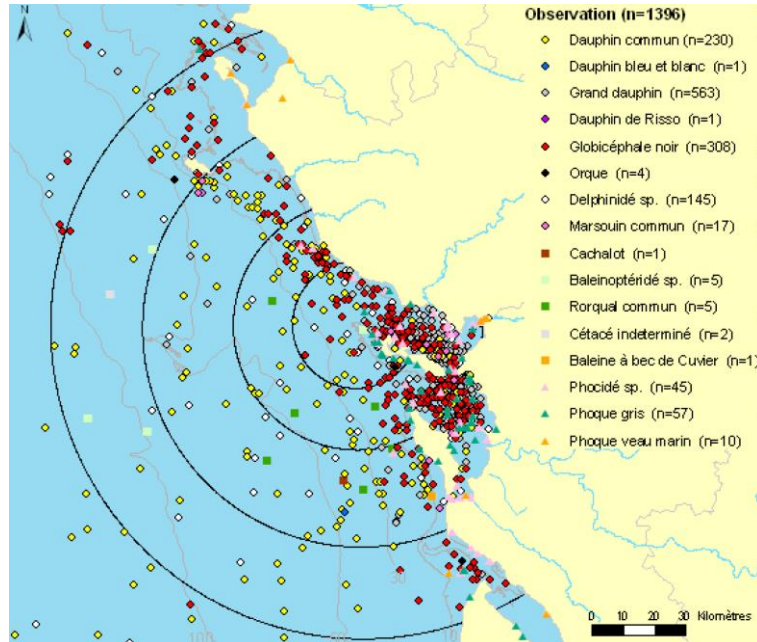
3.3.6. Mammifères marins

Dans le cadre de la création du Parc Marin estuaire de la Gironde – Pertuis Charentais, une attention particulière est portée aux mammifères marins près du site du projet. Certains d'entre eux sont déjà recensés dans le cadre de la zone Natura 2000 « Panache de la Gironde » :

- Grand Dauphin (*Tursiops truncatus*),
- Marsouin (*Phocoena phocoena*),
- Phoque gris (*Halichoerus grypus*).

Le Centre de Recherche sur les mammifères marins a, de plus, dressé une cartographie des espèces rencontrées ces dernières années sur la zone (voir figure ci-dessous).

Figure 46 : Observations opportunistes de mammifères marins (1970-2008)



Source : Centre de Recherche sur les Mammifères Marins - Université de La Rochelle

Le globicéphale noir, l'orque, le phoque et le dauphin semblent côtoyer l'embouchure de la Gironde.

3.3.7. Tortues de mer

En France, 4 types de tortues de mer peuvent généralement être rencontrés sur la façade Atlantique en général, et éventuellement sur l'estuaire de la Gironde (source Aquarium de La Rochelle) :

- La tortue Luth (*Dermochelys coriacea*),
- La tortue Caouanne (*Caretta caretta*),
- La tortue de Kemp (*Lepidochelys Kempii*),
- La tortue Verte (*Chelonia mydas*).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 47 : Echouages de tortues Luth sur la côte Atlantique entre 1988 et 2008



Source : Aquarium de La Rochelle

3.3.8. Synthèse « Etat initial : milieu vivant »

Le tableau ci-après récapitule les principaux paramètres du milieu vivant au niveau de l'estuaire. Le niveau de sensibilité environnementale pour chaque thématique associée à un code couleur est représenté dans le tableau suivant :

Code couleur - sensibilité				
Aucune - négligeable	Faible	Modérée	Importante	Majeure

Rappel : la sensibilité d'un élément de l'environnement exprime le risque de perte de tout ou partie de la valeur de son enjeu en raison de la réalisation du projet. Pour apprécier le niveau de sensibilité, on tient compte de la valeur de ce que l'on risque de perdre (c'est-à-dire de l'enjeu) et de la probabilité que l'on a de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation du projet.

Tableau 33 – Principaux paramètres le milieu vivant

Thématique		Caractéristiques du site de projet	Sensibilité env.
Milieu vivant	Espèces benthiques	L'ensemble de l'estuaire représente un enjeu pour l'alimentation des poissons et des oiseaux. La distribution des espèces reflète des populations sous tension des conditions environnementales, en particulier sur les zones amont où persistent des phénomènes d'hypoxie. La distribution des espèces et peuplements n'est pas uniforme sur l'estuaire ; il existe plusieurs gradients de distribution des espèces liés à la nature du substrat, à la profondeur, à la salinité (conditions abiotiques): - Gradient de profondeur : la macrofaune est plus dense et plus diversifiée dans les zones intertidales que les zones subtidales ; - Gradient amont-aval influencé par la salinité : la richesse et l'abondance augmentent vers la mer.	Faible sur le chenal Modérée sur les zones de vidage Importante à majeure sur les autres parties de l'estuaire
	Ressources halieutiques	L'ensemble de l'estuaire de la Gironde, depuis son embouchure jusqu'au Bec d'Ambès (voire plus amont en Garonne et Dordogne) représente un enjeu pour de nombreuses espèces de poissons : alimentation, reproduction, migrations entre plusieurs habitats.... La composition et la structuration de l'ichtyofaune dans l'estuaire de la Gironde se fait à la fois selon un gradient amont-aval (salinité) et selon un rythme saisonnier au gré des entrées et sorties d'es espèces d'origine marine. L'estuaire de la Gironde apparait comme un milieu qui, au début des années 2000, présentait une diversité assez importante du peuplement ichtyofaunistique (plus de 70 espèces recensées pour les poissons) avec historiquement 11 espèces migratrices parmi lesquelles la dernière population d'esturgeon européen (<i>Acipenser sturio</i>).	Importante à majeure sur l'ensemble de l'estuaire
	Avifaune	Présence d'espèces protégées ou d'intérêt communautaire.	Faible
	Zones de protection du patrimoine naturel	Projet dans l'emprise du site Natura 2000 Habitats « Estuaire de la Gironde » Projet dans l'emprise de ZNIEFFs (I et II) Projet dans l'emprise du parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis	Important

3.4. PATRIMOINE CULTUREL

3.4.1. Entités paysagères de la zone d'étude

A la variété des milieux naturels correspond une variété de paysages, souvent frappants par leur originalité. Le long de l'estuaire, de l'amont vers l'aval, plusieurs séquences paysagères se succèdent : la partie fluviale de l'estuaire, (Garonne et Dordogne), en amont du Bec d'Ambès, l'archipel de la Gironde jusqu'à Pauillac, l'estuaire maritime jusqu'à La Pointe de Grave, et enfin la partie océane, de Royan à la Pointe de la Coubre.

A l'amont du confluent, les vallées de la Garonne et de la Dordogne étalent leurs plaines alluviales, ourlées de coteaux. Le long de la Garonne se distinguent les coteaux boisés de la rive droite, identifiables depuis l'ensemble de la plaine alluviale, et les terrasses de la rive gauche. Les bourgs se nichent le plus souvent en pied de coteau sur la rive droite, tandis que l'urbanisation de la métropole bordelaise s'étale sur les terrasses de la rive gauche.

Le long de la Garonne sur la presqu'île d'Ambès, les marais sont omniprésents et forment de vastes entités bien circonscrites. Ces espaces rigoureusement plats, où l'arbre est quasiment absent constituent des paysages très ouverts, d'une extrême homogénéité, caractérisés par la présence de roselières bordant fossés ou canaux.

Les coteaux du Blayais et du Bourgeais, les falaises mortes de Mortagne rompent nettement cette platitude. Ces points perchés offrent des vues très vastes sur l'estuaire et permettent de percevoir son immensité. Entre Bourg et Blaye, sur la corniche de Gironde, la configuration de la rive permet une ouverture exceptionnelle sur l'ensemble du confluent : on distingue parfaitement le Bec d'Ambès et son paysage industriel marqué, l'ensemble Ile verte - Ile du Nord - Ile Cazaux, la rive médocaine et au-delà la forêt des Landes. Un bâti homogène de pierres renforce l'intérêt de ce site qu'il s'agisse de maisons modestes en bordure du fleuve ou de châteaux viticoles au sommet du plateau dominant la falaise boisée.

La rive gauche, de plus faible altitude et au relief moins contrasté, offre sur le fleuve des vues plus basses. Le coteau planté de vignes du Médoc, ponctué de châteaux prestigieux, forme un paysage ordonnancé qui, par endroits, descend en pente douce jusqu'à la Gironde. Celle-ci le plus souvent bordée de prairies humides et d'une ligne de roseaux, seulement entrecoupée par les petits ports pittoresques où stationnent quelques embarcations.

Les îles viennent ponctuer l'estuaire, ajoutant variété et profondeur à ce paysage. Elles jouent un rôle fondamental dans la perception du paysage. Depuis les îles, on embrasse des vues remarquables sur le fleuve : vue exceptionnelle vers l'aval de l'estuaire lorsqu'on se place à la pointe nord des îles, vue unique vers les coteaux du Blayais et du Bourgeais, et sur le Haut-Médoc.

A l'aval d'une ligne Pauillac-Braud et St-Louis, le coteau de rive gauche s'estompe, les îles disparaissent et la Gironde s'étale sur une largeur impressionnante. L'estuaire est alors si large que depuis la falaise de Talmont ou de Meschers, on ne distingue que faiblement l'autre rive. Seules les grues du port du Verdon émergent d'une ligne que l'on suppose être la rive du Bas Médoc.

A l'aval de Meschers, les paysages changent encore de nature et deviennent plus maritimes. Le trait de côte, perdant son caractère rectiligne se fait beaucoup plus découpé. Les marais et laisses de Gironde cèdent définitivement la place à une côte rocheuse, entrecoupée de conches sableuses regardant vers le Sud. Vers la Pointe de la Coubre, la forêt, quasiment absente des rives de la Gironde, devient omniprésente. Le changement dans le paysage est également marqué par le recul des espaces naturels et l'urbanisation de Meschers à la Palmyre.

L'intérêt esthétique des paysages de l'estuaire est donc indéniable, et leur authenticité est renforcée par le patrimoine architectural, culturel et rural des communes bordant le fleuve. Les rives de l'estuaire sont jalonnées de lieux chargés d'histoire et de bijoux architecturaux. Entre la Pointe de la Coubre et la Pointe de Grave, la tour majestueuse du Phare de Cordouan, achevé au

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

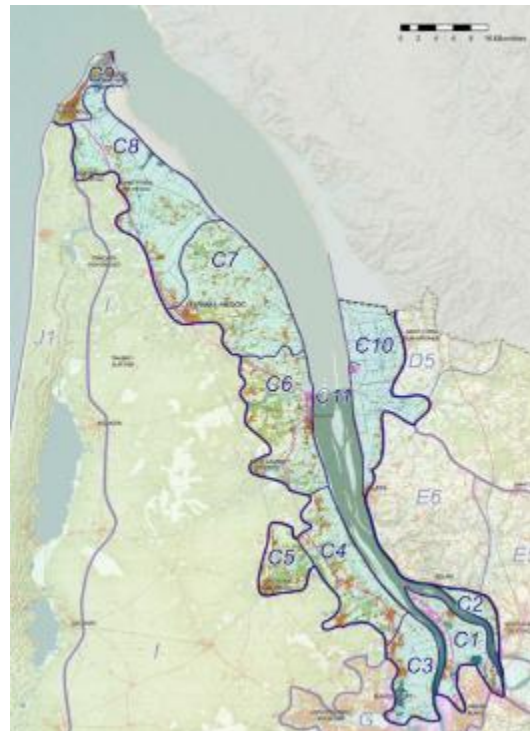
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

début du XVIIe siècle, garde l'entrée de l'estuaire. A Talmont, la silhouette de l'église Ste-Radegonde domine le fleuve. En remontant la Gironde, on aperçoit de nombreux châteaux prestigieux du Médoc (Château Margaux, Château Beychevelle, Château Pichon, Longueville, Lalande...) témoins des XVIIIe et XIXe siècles. Le verrou de l'estuaire (citadelle de Blaye, Fort Paté, Fort Médoc) édifié par Vauban forme un ensemble exceptionnel d'architecture militaire. Enfin, la façade des quais et la place de La Bourse de Bordeaux rappellent le XVIIIe siècle et l'âge d'or de la ville et du port, lorsque le commerce avec les " Iles " était florissant. D'autres sites, moins connus, dégagent également beaucoup de charme (villages de Rions et de St-Macaire, abbaye de Guîtres, ermitage troglodyte de Mortagne...).

Au-delà de l'apparente diversité des paysages et de leur aspect parfois intact, l'empreinte humaine se lit souvent, et contribue à unifier les rives de l'estuaire. La vigne, omniprésente le long de la Garonne, de la Dordogne, dans le Médoc, et jusqu'aux portes des marais de Braud-et-St-Louis est un élément essentiel d'unité du paysage. Le bâti de pierres calcaires, de même que les petits ports de pêche et les carrelets qui jalonnent les deux rives jouent le même rôle d'unification et donnent à la Gironde un aspect vivant et pittoresque. L'estuaire girondin et ses rives forment un ensemble d'intérêt sur le plan des richesses naturelles et paysagères.

Ainsi, l'atlas paysager recense 11 grandes unités :

- C1 - Le Bec d'Ambès
- C2 - Le marais de Prignac-et-Marcamps
- C3 - Les palus de Parempuyre
- C4 - Le Médoc de Margaux
- C5 - La clairière de Listrac
- C6 - Le Médoc de Pauillac
- C7 - Le Médoc de Saint-Christoly
- C8 - Le Médoc des Mattes
- C9 - La pointe de Grave
- C10 - Le marais de Braud-et-Saint-Louis
- C11 - L'estuaire et ses îles



3.4.2. Zones de protection du paysage

La protection du paysage s'inscrit dans un cadre réglementaire bien défini, celui des sites classés et des sites inscrits (loi du 2 mai 1930).

3.4.2.1. Site classé

Institué par le décret n°69-607 du 13 juin 1969, en application de la loi du 2 mai 1930, le classement d'un site naturel ou bâti en « site classé » a pour objet de le protéger et de le conserver en l'état.

Le classement d'un monument naturel ou d'un site offre une protection renforcée en comparaison de l'inscription, en interdisant, sauf autorisation spéciale du Ministère de l'Environnement, la réalisation de tous travaux (autres que ceux d'entretien) tendant à modifier l'aspect du site.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Plusieurs sites classés sont dans l'emprise de l'estuaire de la Gironde (cf. **Planche 39**– aval à l'amont) : corniche des Perrières, Partie du Canton de Rabat et de la forêt domaniale de Soulac, le Bourg de Talmont, Château de Margaux (par ces dépendances), terrasse du district et terrains situés en contrebas, château de Francs (par cet abords).

Figure 48 : Vue aérienne du bourg de Talmont



Source : GAL LEADER - SMIDDEST

3.4.2.2. Site inscrit

Institué par le décret n°69-607 du 13 juin 1969, en application de la loi du 2 mai 1930, l'inscription d'un site (milieux et paysages) a pour objet de le conserver en l'état. L'inscription concerne des monuments naturels et des sites méritant d'être protégés mais ne présentant pas un intérêt suffisant pour justifier leur classement. Tous travaux autres que ceux d'entretien étant soumis à déclaration auprès du Ministère de l'Environnement.

Plusieurs sites inscrits sont dans l'emprise de l'estuaire de la Gironde (cf. **Planche 39**, aval à l'amont) : cote St Girard Grande cote, bande de terrain, le long du chemin de la Claire, Corniche des Perrières, Promenade de la Corniche, Site de Mortagne, corniche de la Gironde, Bras de Macau.

Figure 49 : Photographies de quelques sites inscrits

Mortagne-sur-Gironde



Corniche de la Gironde



Source : GAL LEADER - SMIDDEST

3.4.2.3. Monuments historiques

Un monument historique est un monument ou un objet recevant un statut juridique destiné à le protéger, du fait de son intérêt historique, artistique et architectural. Deux niveaux de protection existent :

- Le classement comme monument historique ;
- L'inscription au titre des monuments historiques.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

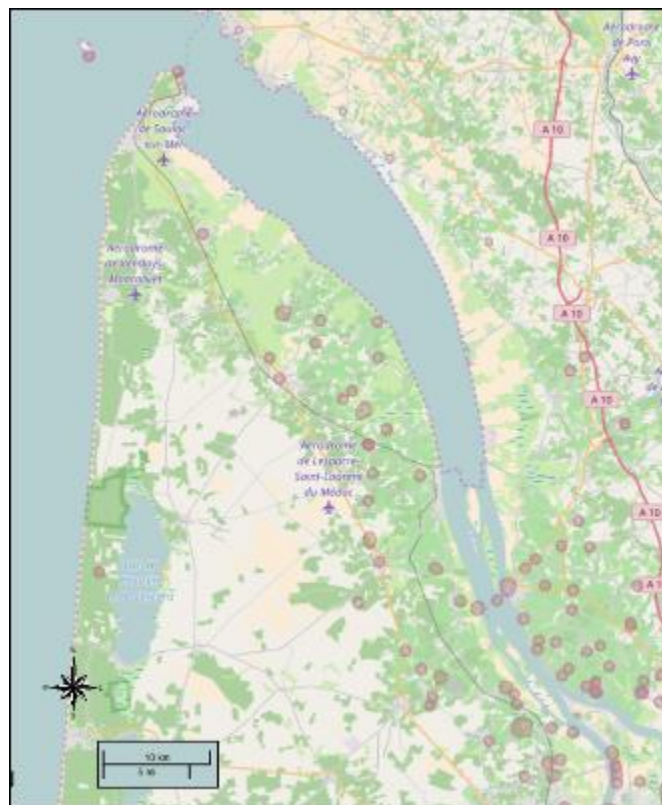
Ces deux niveaux de protection se différencient par la nature des autorisations à obtenir pour effectuer des travaux et par les aides qu'il est possible d'accorder pour ces travaux.

Le classement et l'inscription sont régis par le titre II du livre VI du code du patrimoine et par le décret 2007-487 du 30 mars 2007.

De plus, la loi de 1943, modifiée par l'article 40 de la loi SRU de décembre 2000 impose une forme de vigilance à l'égard des projets de travaux dans le « champ de visibilité » des monuments historiques (qu'ils soient classés ou inscrits). Le périmètre de protection (rayon de 500 m autour de l'élément protégé) peut être modifié (élargi ou rétréci), sur proposition de l'architecte des bâtiments de France, avec l'accord du conseil municipal. C'est ainsi que tout paysage ou édifice situé dans ce champ est soumis à des réglementations spécifiques en cas de modification. Toute construction, restauration, destruction projetée dans ce champ de visibilité doit obtenir l'accord préalable de l'architecte des bâtiments de France (avis conforme, c'est-à-dire que le Maire est lié à l'avis de l'architecte des bâtiments de France). S'il n'y a pas de covisibilité ou si le site est inscrit, il s'agit d'un simple avis.

Au niveau de l'estuaire de la Gironde, un certain nombre de monuments historiques sont présents et localisés sur la figure ci-après.

Figure 50 : Localisation des monuments historiques sur l'estuaire de la Gironde



www.cartonature.33

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 51 : Photographies de quelques monuments historiques

Phare de Cordouan



Fort Médoc, verrou Vauban



Source : GAL LEADER - SMIDDEST

3.4.3. Synthèse – « Etat initial : patrimoine culturel »

Le tableau ci-après récapitule les principaux paramètres du patrimoine culturel au niveau de l'estuaire. Le niveau de sensibilité environnementale pour chaque thématique associée à un code couleur est représenté dans le tableau suivant :

Code couleur - sensibilité				
Aucune - négligeable	Faible	Modérée	Importante	Majeure

Rappel : la sensibilité d'un élément de l'environnement exprime le risque de perte de tout ou partie de la valeur de son enjeu en raison de la réalisation du projet. Pour apprécier le niveau de sensibilité, on tient compte de la valeur de ce que l'on risque de perdre (c'est-à-dire de l'enjeu) et de la probabilité que l'on a de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation du projet.

Tableau 34 – Principaux paramètres le patrimoine naturel

Thématique	Caractéristiques du site de projet		Sensibilité env.
Patrimoine culturel	Entités paysagère	Grande variété de paysages le long de l'estuaire avec une partie fluviale de l'estuaire, (Garonne et Dordogne), en amont du Bec d'Ambès jusqu'à Pauillac, une partie maritime jusqu'à La Pointe de Grave et enfin la partie océane, de Royan à la Pointe de la Coubre.	Faible
	Site inscrit – site classé	Présence de quelques sites inscrits et classés sur les berges de l'estuaire	Faible
	Monuments historiques	Présence de plusieurs monuments historiques sur les bords de l'estuaire, essentiellement dans la partie amont, à l'amont de Blaye	Faible

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.5. MILIEU HUMAIN ET USAGES

3.5.1. Démographie – population

La démographie dans le périmètre de l'estuaire est dominée par le pôle urbain de Bordeaux qui regroupe près de 80% de la population totale du périmètre du SAGE. Cette dimension unipolaire de la densité de population, n'est que très partiellement compensée par la présence à l'autre extrémité de l'estuaire, de la ville de Royan qui ne représente que 5% de la population totale.

Cette lecture peut être complétée par une interprétation en terme de densité de population qui conforte la présence de deux zones urbaines où se concentre la puissance économique et un territoire beaucoup plus rural avec une densité qui bien qu'inférieure à la moyenne nationale reste cependant conséquente.

A l'échelle des commissions, il n'y a pas réellement de « désert humain » dans le territoire du SAGE même si une quinzaine de communes présente des densités inférieures à 20 habitants par km² :

Tableau 35 – Principales caractéristiques du bassin urbain de l'estuaire de la Gironde

Valeurs 1999	Population sans double compte	Part de la population du SAGE	Densité (habitant/km ²)
Commission Aire Urbaine	709 062	79%	900
Commission Haute Gironde Haute Saintonge	79 338	9%	78
Commission Médoc	73 303	8%	56
Commission Royannais	40 727	5%	209
Total	902 430	100%	273

Source : SAGE, 2006

Le dynamisme démographique de ce territoire est lui aussi assez équilibré avec un accroissement de la population qui ne s'est jamais interrompu dans les dernières décennies.

La situation démographique se complique en période estivale quand les touristes viennent renforcés considérablement les populations littorales. La situation est particulièrement sensible sur les communes du littoral et en premier lieu dans le Royannais. La population est potentiellement multipliée par six ce qui nécessite une gestion saisonnière (et coûteuse) des principales infrastructures publiques des services de l'eau potable et de l'assainissement.

3.5.2. Navigation - trafic

3.5.2.1. Navigation et trafic commercial

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 par an) pour desservir les terminaux portuaires du GPMB.

Le Port de Bordeaux est le 7^{ème} Grand Port Maritime français (Figure 52). 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%).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

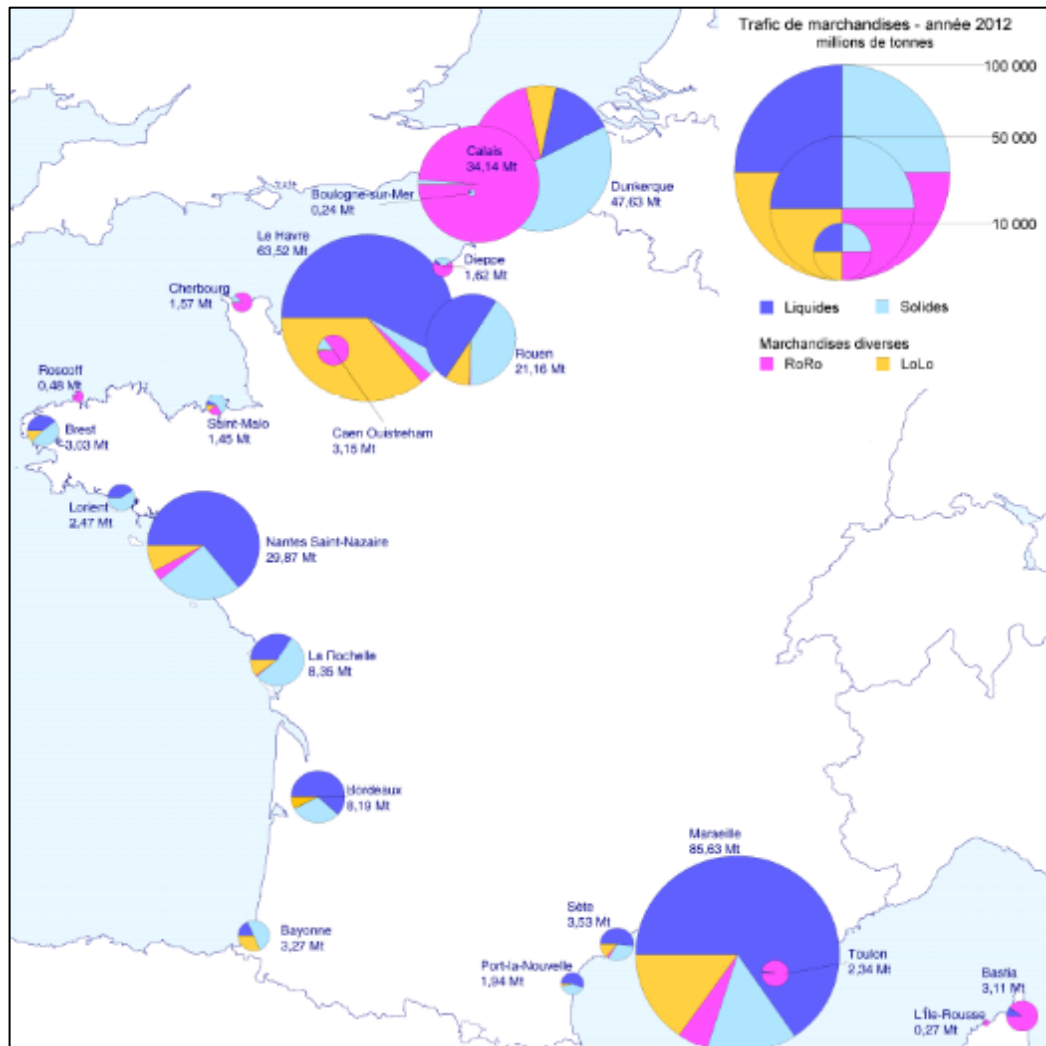


Figure 52. Trafic de marchandises des ports français en 2012 (source : Bilan annuel des ports et des voies navigables – Résultats 2012 – Juin 2013)

Le Grand Port Maritime de Bordeaux dispose de 7 terminaux portuaires spécialisés (Figure 53) :

- Terminal portuaire de Bordeaux : navires de croisière ;
- Terminal portuaire de Bassens : multi-vrac, céréales, conteneurs, produits forestiers, colis lourds ;
- Terminal portuaire de Grattequina : colis lourds et granulats ;
- Terminal portuaire d'Ambès : pétrochimie ;
- Terminal portuaire de Blaye : céréales et vracs liquides ;
- Terminal portuaire de Pauillac : logistique Airbus et hydrocarbures ;
- Terminal portuaire du Verdon : conteneurs et escales croisières.

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

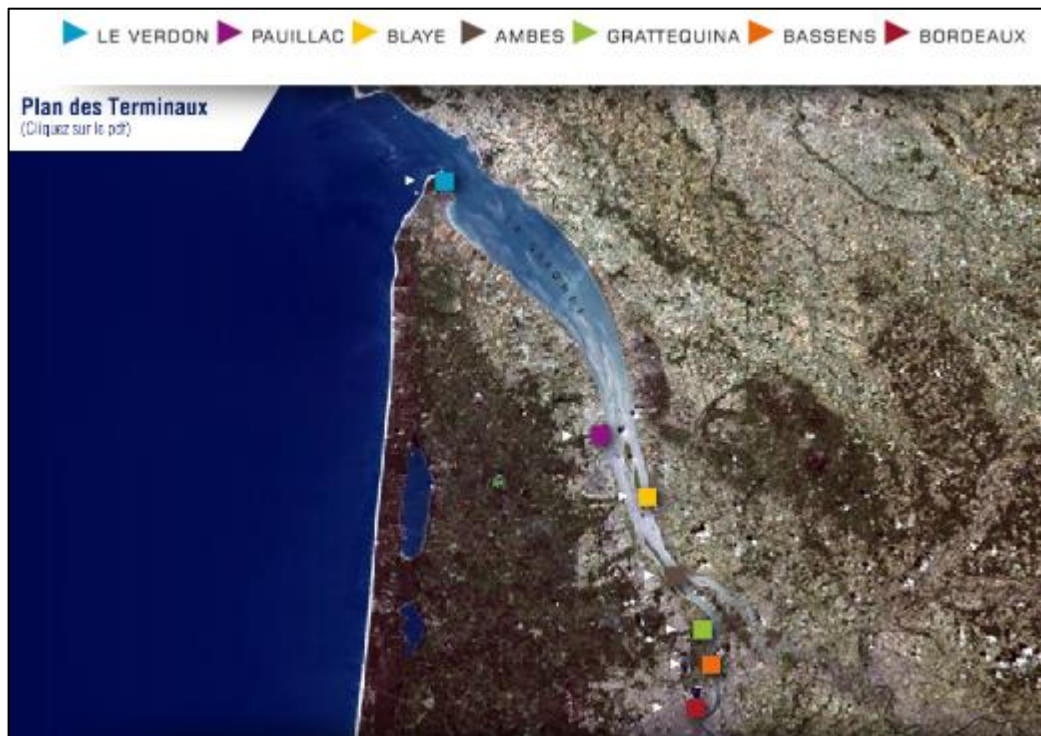


Figure 53. Terminaux du Grand Port Maritime de Bordeaux (source : GPMB)

En 2014, 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. Ces ratios sont sensiblement identiques en 2015 et 2016.

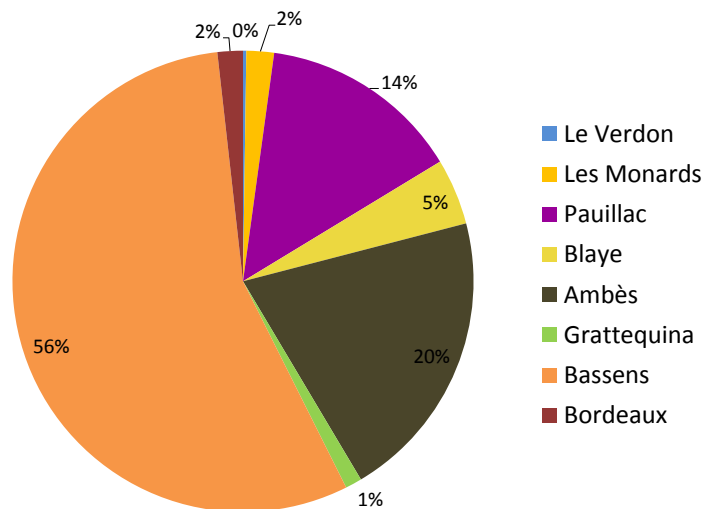


Figure 54. Répartition des escales des navires par terminal, en 2014 (source : GPMB)

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 (pont de Pierre) en amont et la passe d'entrée en Gironde, située à une trentaine de kilomètres au large du Verdon.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

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 et franchit les passes aval après la pleine-mer. Une partie de la descente se fait donc contre la propagation de l'onde de marée.

Il est effectué par les pilotes maritimes de la Gironde qui prennent alors en charge les navires. Il faut compter en moyenne 6 heures de chenalage pour un navire en provenance ou à destination de Bassens.

Ce sont en moyenne 1300 navires de commerce par an qui empruntent le chenal de navigation. La [Figure 55](#) présente le trafic du Port en temps réel, ici le 13 mai 2015. On observe la présence de la drague Anita Conti dans le chenal de navigation dans le secteur de Pauillac.



Figure 55. Trafic du Port de Bordeaux en temps réel – 13/05/2015 (source : GPMB)

3.5.2.2. Navigation touristique et plaisance

Outre la navigation liée au trafic portuaire maritime (GPMB), le plan d'eau est également utilisé par les navires assurant les liaisons maritimes entre les deux rives, les unités de tourisme estuarien, les bateaux de pêche et de plaisance.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.5.2.2.1. Franchissement de l'estuaire, liaisons maritimes

Deux liaisons maritimes assurent la traversée de l'estuaire de la Gironde : l'une entre Le Verdon et Royan et l'autre entre Blaye et Lamarque.

- La ligne Le Verdon-Royan est située à l'embouchure de l'estuaire de la Gironde. La distance est de 3 milles (6 kilomètres) et la traversée de 20 minutes environ.
- La ligne Blaye-Lamarque relie le Médoc à la Haute-Gironde et vice-versa. La traversée dure 20 minutes environ pour une distance de 2,4 milles (4,5 km).

Les navires permettent de transporter des deux roues, voitures, cars, camping-cars, camions, conteneurs, engins agricoles, convois exceptionnels, etc...

La traversée Le Verdon-Royan est assurée par deux navires amphidromes, *La Gironde* et *L'estuaire*. Ils peuvent accueillir 600 passagers et environ 140 véhicules chacun.

Près de 1 millions de passagers sont pris en charge annuellement. A la période estivale, une traversée est assurée toutes les 30 à 45 minutes ; toutes les 2 heures en basse-saison.

Le franchissement de l'estuaire entre Blaye et Lamarque est assuré par le navire amphidrome *Sébastien-Vauban* ; ce type de navire est capable d'aller dans les 2 sens sans faire demi-tour. Long de 60 mètres pour une largeur de 13 mètres, il peut accueillir 300 passagers et 40 véhicules légers ou 20 véhicules légers et 4 bus.

En 2013, la ligne a transporté plus de 170 000 passagers et plus de 55 000 véhicules. A la période estivale, les liaisons sont assurées toutes les 1h30. En basse saison, 5 à 6 liaisons par jour sont assurées.

3.5.2.2.2. Navigation touristique

Des excursions à bord de vedettes et bateaux sont proposées pour découvrir le patrimoine naturel de l'estuaire de la Gironde.

Des sorties d'une heure, une demi-journée ou une journée sont assurées à partir de Bordeaux, Blaye et Lamarque. Quatre compagnies proposent des embarquements : Compagnie des 2 rives, Cœur d'estuaire, Croisières Burdigala et Bordeaux River Cruise.

Certaines excursions font halte sur les îles de Pâtiras, Margaux et Nouvelle.

A l'aval, plusieurs compagnies proposent des sorties à partir de Royan, Meschers et Mortagne, avec visite du phare de Cordouan.

La plupart des excursions sont proposées à la période estivale, généralement le week-end.

3.5.2.2.3. Plaisance

Les principaux ports de l'estuaire accueillant les navires de plaisance sont les suivants ; le nombre de places indiqué concerne les bassins à flot :

- Les Mathes – La Palmyre – 300 places ;
- Port-Médoc – 800 places ;
- Royan – 1 000 places ;
- Meschers-sur-Gironde – 280 places ;
- Talmont-sur-Gironde (échouage) ;
- Barzan (échouage) ;
- Saint-Seurin d'Uzet (échouage) ;
- Mortagne-sur-Gironde – 150 places ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Saint-Fort-sur-Gironde (échouage) ;
- Saint-Sorlin-de-Conac (échouage) ;
- Pauillac – 150 places ;
- Blaye (halte nautique) ;
- Bordeaux – 40 places ;
- Bègles – Port-Garonne – 30 places.

D'après les données du SAGE, on dénombre 27 ports de plaisance sur l'estuaire de la Gironde. Seuls 13 de ces ports disposent de places équipées, totalisant environ 3000 places, dont 2500 entre la pointe de grave et le Pays Royannais. Les autres ports se répartissent le long de l'estuaire, offrant un mouillage et parfois une passerelle équipée.

3.5.3. Exploitation de granulats dans l'estuaire de la Gironde

Pour rappel, la CLE du SAGE a pris position contre l'extraction de granulats dans l'estuaire, en s'appuyant sur l'interdiction fixée par l'arrêté du 22 septembre 1994 (relatif aux exploitations de carrières).

La disposition HB 3 du SAGE recommande « de ne plus accorder de dérogation d'extraction de matériau dans le lit mineur de l'estuaire ni d'autorisation d'augmentation des volumes autorisés ».

A ce jour, un seul site de gisement de granulats marins (sables et graviers siliceux) est en exploitation sur l'estuaire de la Gironde: le gisement « Platin du Grave ». Ce gisement est situé au débouché de la Gironde, à l'ouest de la Pointe de Grave (Figure 56), dans la circonscription du port de Bordeaux. Il est en partie situé dans le périmètre du SAGE.

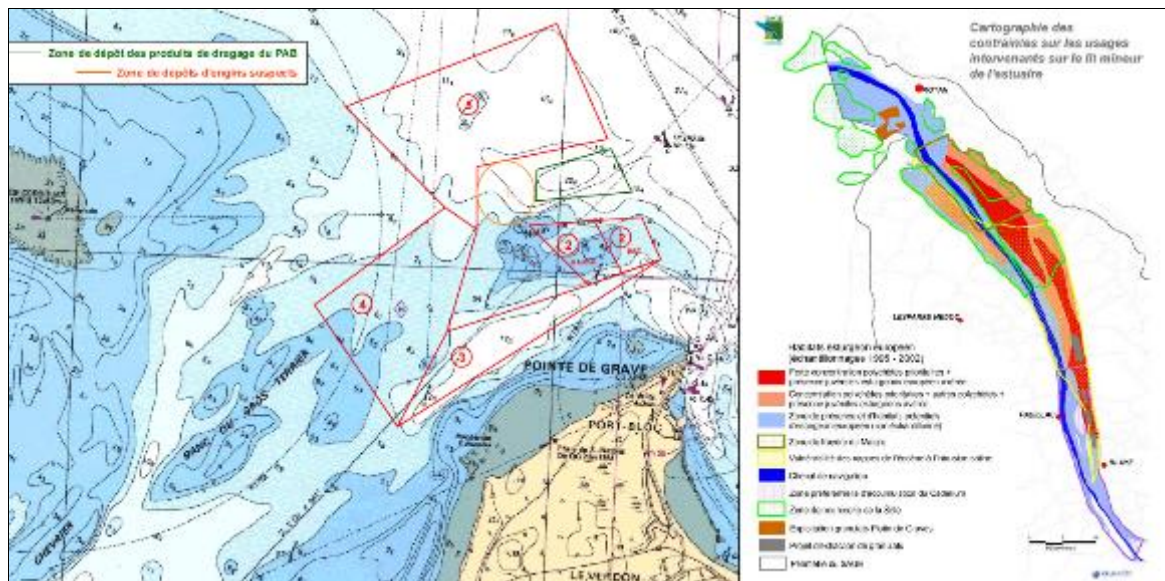


Figure 56. Périmètre d'exploitation concédé en juillet 2003, en rouge (Sogreah 2003). A droite, localisation du Platin de Grave dans le périmètre du SAGE (SAGE, 2009).

Le Platin de Grave est exploité par la société Granulats Ouest.

Ce gisement, d'une surface d'environ 10 km², est exploité à l'aide du navire-sablier l'*Andre L.* de la société Dragages-Transports et Travaux Maritimes. Dans l'estuaire de la Gironde, les sites de déchargement sont Les Monards et Grattequina.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

En 2003 (étude d'impact), les volumes extraits sur le Platin de Grave depuis 1966 s'élevaient à 4,1 millions de m³. Sur la période 1993-2003, les volumes extraits annuellement étaient de l'ordre de 1,1 million de m³. Actuellement le volume d'extraction autorisé annuellement est de 400 000 m³ (arrêté du Préfet de la Gironde du 24 janvier 2007). La production moyenne effective est de 300 000 m³/an, principalement en graviers. L'expiration de la concession est prévue en 2023.

3.5.4. Pêche et ressources halieutiques dans l'estuaire de la Gironde

3.5.4.1. Pêche dans l'estuaire de la Gironde

L'estuaire de la Gironde est domaine maritime jusqu'au bec d'Ambès ; la réglementation de la pêche y est celle du domaine maritime. On dénombre 28 ports de pêche et structures portuaires sur l'estuaire, dont les plus importants sont Le Verdon, Royan, Pauillac, Mortagne, Port Maubert, Vitrezay et Les Callonges.

Au-delà du bec d'Ambès, remontant Dordogne ou Garonne, la réglementation est celle du domaine fluvial.

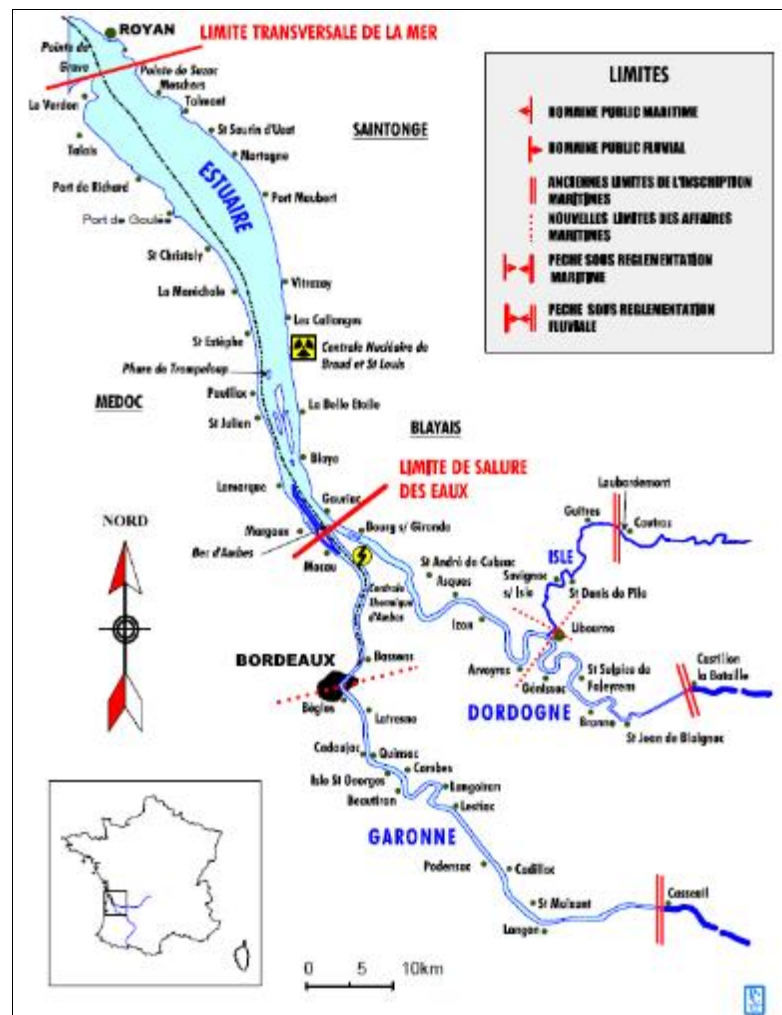


Figure 57. Limites réglementaires dans l'estuaire de la Gironde et principaux ports de pêche (Castelnau et Cauvin, 2002).

La production moyenne annuelle des marins-pêcheurs estuariens de la Gironde est estimée ces dernières années à 300 tonnes d'une valeur d'environ 5 millions d'euros (source : CDP Aquitaine).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.5.4.2. **Activité**

L'estuaire de la Gironde est le lieu de travail d'une flottille de petite pêche très côtière, composée de bateaux qui sortent à la journée. En 2012, 25 armateurs sont immatriculés au quartier de Bordeaux, correspondant à une flottille d'une trentaine de bateaux. Ce sont de petits bateaux dont la longueur moyenne est inférieure à 10 m.

Les entreprises de pêche du quartier de Bordeaux travaillent majoritairement dans l'estuaire de la Gironde. Les navires sont en effet exploités à partir des divers points de débarquement situés sur l'estuaire.

Plusieurs types de pêche sont pratiqués par les marins-pêcheurs immatriculés à Bordeaux :

- la pêche de la civelle au pibalour ;
- la pêche des crevettes aux haveneaux ;
- la pêche aux bourgnes (crevettes, anguille, lamproie, ...) ;
- la pêche au filet (lamproie, maigre, ...).

La **Planche 40** réalisée par l'Agla et le Comité Régional des Pêches Maritimes d'Aquitaine présente la répartition des différents types de pêche exercés dans l'estuaire. Celle-ci n'est pas figée car la répartition des espèces peut fluctuer d'une année à l'autre.

Le nombre d'entreprises de pêche du quartier maritime de Bordeaux a subi une forte régression ces dernières années (-50 % en 10 ans). Ces entreprises ont très peu de possibilités de diversification. Elles ont un rayon d'action limité et sont donc totalement dépendantes des ressources locales : les migrateurs, le maigre et le céteau. Pour ces entreprises, les efforts entrepris pour maintenir des écosystèmes en bonne santé (dont zones de frayère, nourricerie) sont vitaux.

Sur l'estuaire de la Gironde cohabitent les pêcheurs immatriculés à Bordeaux et les pêcheurs charentais immatriculés le plus souvent à Marennes. La gestion de la pêche dans cette zone se fait donc en collaboration entre le CDPMEM de la Gironde, le CRPMEM d'Aquitaine, le CRPMEM de Poitou Charentes et l'AAPPEDG.

Nota : d'après les données SIH, le port de Royan qui appartient au quartier la Rochelle, abrite un bateau de pêche au large.

3.5.4.3. **Espèces pêchées**

Une soixantaine d'espèces différentes sont pêchées par la flottille bordelaise.

La répartition géographique des espèces est la suivante :

- Sur l'amont, se trouvent les poissons tolérant à l'eau douce (lamproie, anguille, mais aussi mullet et crevette blanche) ;
- Sur l'aval, vers l'embouchure, se retrouvent les poissons de mer (bar, sole, maigre, flet, céteau, congre, ...).

En 2013, les principales espèces pêchées, en termes de tonnage, dans l'estuaire de la Gironde et son embouchure, sont le maigre, la lamproie marine, la crevette blanche, le congre, la sole commune, le merlu, les mullets, le céteau, le bar et la raie bouclée.

La **Planche 41** présente les zones de pêche des navires fluvio-estuariens, par espèce. Cette carte a été réalisée par l'Agla et le Comité Régional des Pêches Maritimes d'Aquitaine, dans le cadre du programme Interreg IVb MAIA.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.5.4.4. Saisonnalité de la pêche

La saisonnalité de la pêche dans l'estuaire est présentée à partir des données du CDPMEM.

Estuaire de la Gironde	
L'anguille	J F M A M J J A S O N D
La civelle ou piballe	J F M A M J J A S O N D
La crevette blanche	J F M A M J J A S O N D
La lamproie marine	J F M A M J J A S O N D
La seiche	J F M A M J J A S O N D
La sole commune	J F M A M J J A S O N D
Le bar commun	J F M A M J J A S O N D
Le céteau	J F M A M J J A S O N D
Le maigre	J F M A M J J A S O N D
Les mulets	J F M A M J J A S O N D

Figure 58. Saisonnalité de la pêche dans l'estuaire de la Gironde. En noir : Pleine saison. En grisé : Pêche occasionnelle. En blanc : Hors saison. D'après CDPMEM 33

L'anguille est pêchée au stade « anguille jaune » dans l'estuaire de la Gironde. Les engins de pêche utilisés sont principalement les bourgnes, les verveux, et la palangre dans une moindre mesure.

La civelle est pêchée au pibalour sur la partie maritime de l'estuaire de la Gironde, et au drossage dans la partie mixte de l'estuaire. La pêche est strictement règlementée et n'est autorisée qu'une partie de l'année (du 15 novembre au 15 avril).

La crevette blanche est typique des milieux estuariens. Elle migre au gré des marées, en suivant le front de salinité. Dans l'estuaire de la Gironde, cette crevette est pêchée aux haveneaux (également appelés « lavaneau »), ou aux bourgnes.

Les pêcheurs de l'estuaire prennent la lamproie au filet ou aux bourgnes. Ils la pêchent plutôt en amont de l'estuaire, et non à l'embouchure. La lamproie marine est au second rang des captures réalisées en 2013 par les bateaux de moins de 10 mètres immatriculés à Bordeaux

La sole est pêchée à l'océan ainsi qu'à l'embouchure de l'estuaire de la Gironde, au chalut comme au filet.

Le bar est pêché dans les parties les plus salées de l'estuaire de la Gironde. On le pêche principalement au filet, mais également au chalut, et dans une moindre mesure à la palangre ou à la ligne.

Le céteau est pêché à l'embouchure de l'estuaire par des petits chalutiers immatriculés à Bordeaux.

Le maigre est une espèce emblématique des pêches à l'embouchure de la Gironde. C'est un migrateur qui se reproduit en estuaire. En Europe, il y a trois stocks indépendants de maigres : l'un se reproduit dans l'estuaire de la Gironde, le second dans l'estuaire du Tage (Portugal), et le troisième l'estuaire du Guadalquivir (Espagne). Les jeunes passent un an dans l'estuaire, avant de s'éloigner au large au fur et à mesure de leur croissance.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Le maigre est une espèce de premier ordre pour les pêcheurs estuariens.

Dans l'estuaire de la Gironde, on pêche aussi le mulot porc (*Liza ramada*) et le mulot doré.

Il convient de noter que les mois de mai à juillet correspondent aux périodes de pêche de la majorité des espèces et, par conséquent, l'arrêt des immersions sur les zones aval durant la période du 15 mai au 15 juillet s'avère favorable.

3.5.5. Ostreiculture

La mise en évidence d'importantes concentrations de cadmium dans les moules et huîtres sauvages de l'estuaire de la Gironde à la fin des années 70 a conduit par arrêté préfectoral du 21/07/1995 au classement des eaux de l'estuaire en zone D, interdisant toute production ou ramassage de coquillages pour cause de dépassement de la norme de consommation fixée par l'Organisation Mondiale de la Santé.

Aujourd'hui encore, le classement en zone D n'a pas évolué (Figure 59).

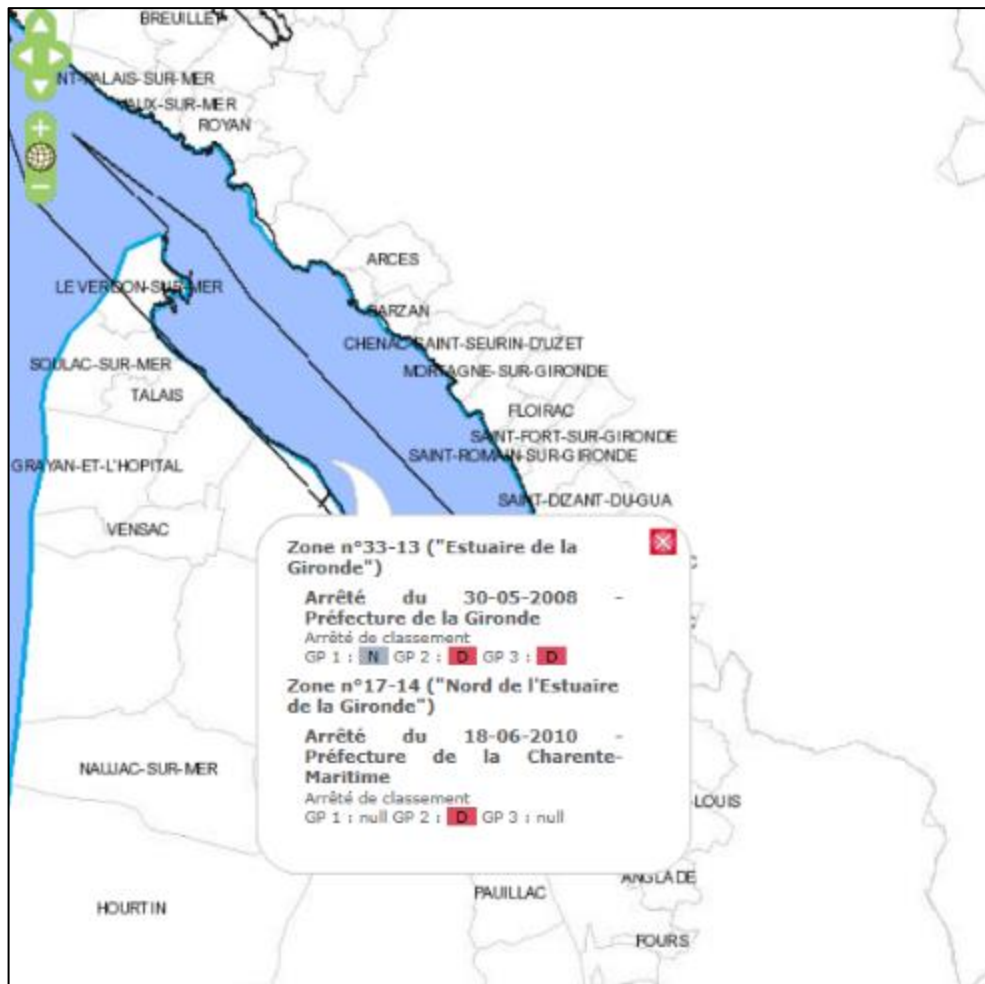


Figure 59. Classement des zones conchylicoles de l'estuaire de la Gironde. Transparent : Hors saison. D'après CDPMEM 33

Au début des années 2000, des travaux de recherches ont été lancés dans le but d'obtenir un classement des eaux des marais du Nord-Médoc (Figure 60) différent de celui de l'estuaire.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement



Figure 60. Marais du Nord-Médoc (source : Géoportail)

En 2003, les marais du Nord Médoc ont été classés en zone B pour les bivalves fouisseurs, autorisant leur production et leur commercialisation.

Après plusieurs années consacrées à des mesures, des analyses et des études, l'activité ostréicole a été autorisée de nouveau dans les marais en 2014. Le classement sanitaire des marais du Nord Médoc s'est appuyé sur des études menées depuis 2012 sous l'égide de la communauté de communes du Nord Médoc par l'Université de Bordeaux et le CNRS, qui ont démontré l'absence de contamination des huîtres par le cadmium, potentiellement présent dans ces marais (concentrations en contaminants dans les huîtres inférieures aux seuils pour la consommation humaine). Il a pour conséquence d'autoriser l'affinage des huîtres creuses dans ce secteur.

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

Enfin, le Grand Port maritime de Bordeaux (GMPB) est propriétaire de 650 hectares de zones humides au Verdon ; un secteur de 20 ha va faire l'objet d'un appel à projet pour la reprise d'une activité aquacole.

3.5.6. Aquaculture et fermes aquicoles du Médoc

L'activité aquicole sur le territoire du Médoc est représentée par la production de gambas, qui s'élève à environ 10 tonnes par an.

L'élevage des crevettes est basé sur la productivité naturelle du milieu, c'est-à-dire sur la ressource trophique naturellement disponible pour les gambas.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Il se déroule entre juin et septembre. Une centaine d'hectares de marais sont occupés par cette activité.

Ce sont les eaux de l'estuaire de la Gironde qui alimentent les marais et les bassins d'élevage : la qualité des eaux estuariennes est donc essentielle pour l'aquaculture de gambas des marais médocains.

Les principales phases de la production sont les suivantes :

- De mars à mai : préparation des bassins qui sont asséchés, nettoyés et remis en eau ;
- De mai à juin : ensemencement des post-larves, en fonction des conditions climatiques ;
- De juin à octobre : grossissement des espèces par alimentation et pêche pour la commercialisation.

3.5.7. Centrale du blayais : prises et rejets d'eau

La centrale nucléaire du Blayais est installée en rive droite de la Gironde, à 50 km en aval de Bordeaux. L'implantation de la centrale sur ce site correspond aux besoins d'utiliser un important débit d'eau prélevé dans l'estuaire, pour assurer en circuit ouvert, le refroidissement des condensateurs de la centrale.

En effet la centrale du Blayais prélève environ 4,5 milliards de m³ d'eau dans l'estuaire de la Gironde.

La CNPE du Blayais comporte quatre tranches, à eau ordinaire sous pression (PWR), d'une puissance unitaire de 925 MW. Chaque tranche a besoin, pour le refroidissement du condenseur, d'un débit d'eau moyen de 42 m³/s, soit 168 m³/s pour 4 tranches en service.

3.5.7.1. Prises d'eau

L'eau est aspirée dans l'estuaire par une prise d'eau immergée, située à 400 m de la berge, au niveau du pk 52 de la Gironde large de 4,5 km.

Il y a une prise d'eau par paire de tranche. Pour les 4 tranches, un débit de 168 m³/s est prélevé dans l'estuaire.

La prise d'eau dispose de deux ouvertures latérales pour faciliter l'aspiration de l'eau à marée descendante ou montante.

Le haut de la prise d'eau est situé à 1 mètre en-dessous du niveau des plus basses eaux.

Afin de limiter l'envasement en cas d'arrêt d'une tranche, les galeries d'amenée et de rejet d'eau sont équipées de batardeaux.

**Figure 61. Vue depuis l'estuaire sur la CNPE du Blayais et prises d'eau amont et aval
(source : energie.edf.com)**



Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

3.5.7.2. Rejets d'eau

L'eau sort des circuits 15 à 20 minutes après le pompage.

L'eau est rejetée à 2 kilomètres de la centrale, au milieu de l'estuaire, dans le chenal médian, situé entre les bancs de Saint-Estèphe et de Saint-Louis, à environ 2000 m de la rive.

Ces rejets, comme les prélèvements, se font par des conduites ensouillées.

3.5.8. Prélèvements d'eau

L'essentiel des prélèvements d'eau dans le nord du bassin Aquitaine sont réalisés dans les nappes profondes ; les aquifères de l'Eocène et de l'Oligocène sont les plus exploités (Figure 62).

La part de l'eau destinée à l'alimentation en eau potable est de 77% ; les volumes prélevés à usage agricole représentent 16% et la part de l'eau pour un usage industriel n'est que de 3%.

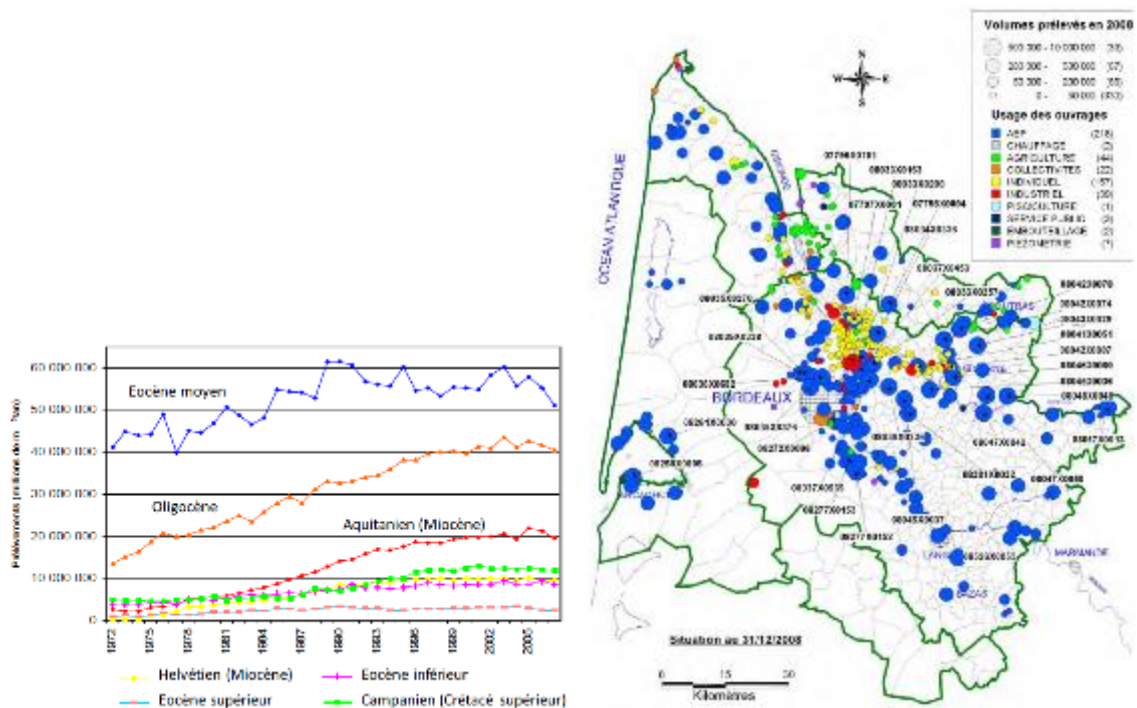


Figure 62. Répartition des volumes prélevés par nappe (à gauche) et localisation des ouvrages et prélèvements pour la nappe de l'Eocène inférieur à moyen en 2008 (BRGM)

Les systèmes aquifères de l'Eocène moyen à inférieur (le plus sollicité) sont représentés sur la Figure 63.

Au droit de l'anticlinal de Blaye-Lamarque, l'aquifère est en communication avec le système estuarien de la Gironde qui est constitué du fleuve proprement dit mais aussi de nappes d'eaux souterraines fortement minéralisées piégées sous les argiles du Flandrien. Des invasions par des eaux saumâtres à salées sont observées dans le secteur de la Pointe de Grave et en bordure de l'estuaire, dans sa partie aval.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

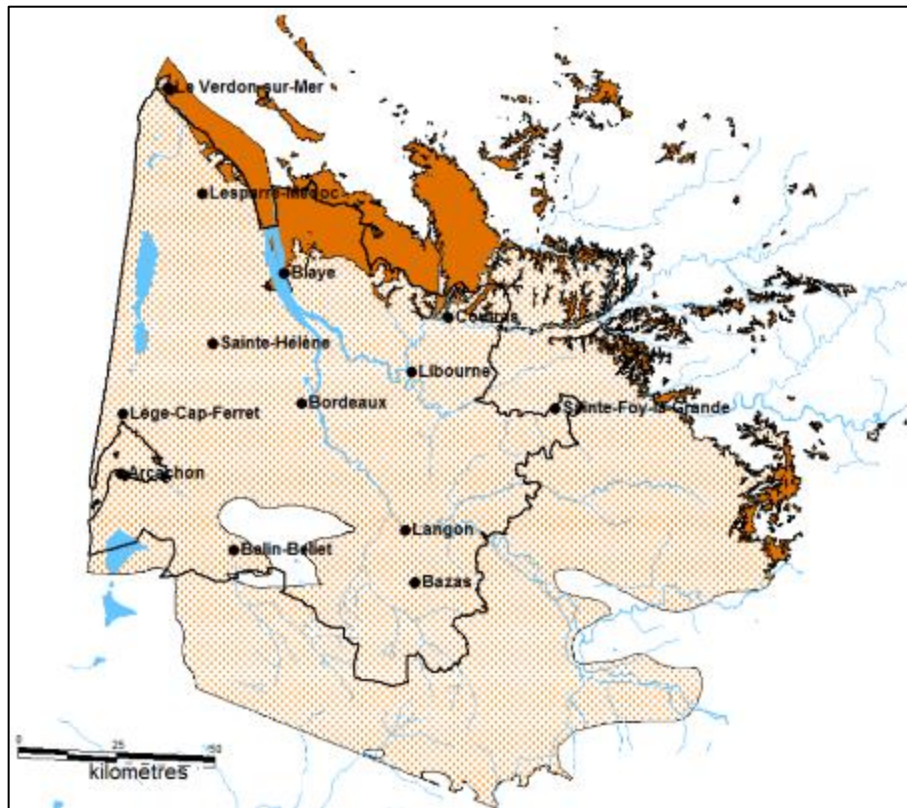


Figure 63. Systèmes aquifères de l'Eocène inférieur à moyen (en plein les zones d'affleurement, en pointillé les zones captives) (BRGM)

Les risques de contamination de l'aquifère de l'Eocène inférieur à moyen par des eaux saumâtres ou salées le long de l'estuaire de la Gironde ont été étudiés lors de l'élaboration du SAGE.

Les zones vulnérables sont localisées, d'une part entre la Pointe de Grave et Lamarque (zone Estuaire) et d'autre part, sur une zone centrée sur l'anticlinal de Blaye-Listrac (Figure 64).

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

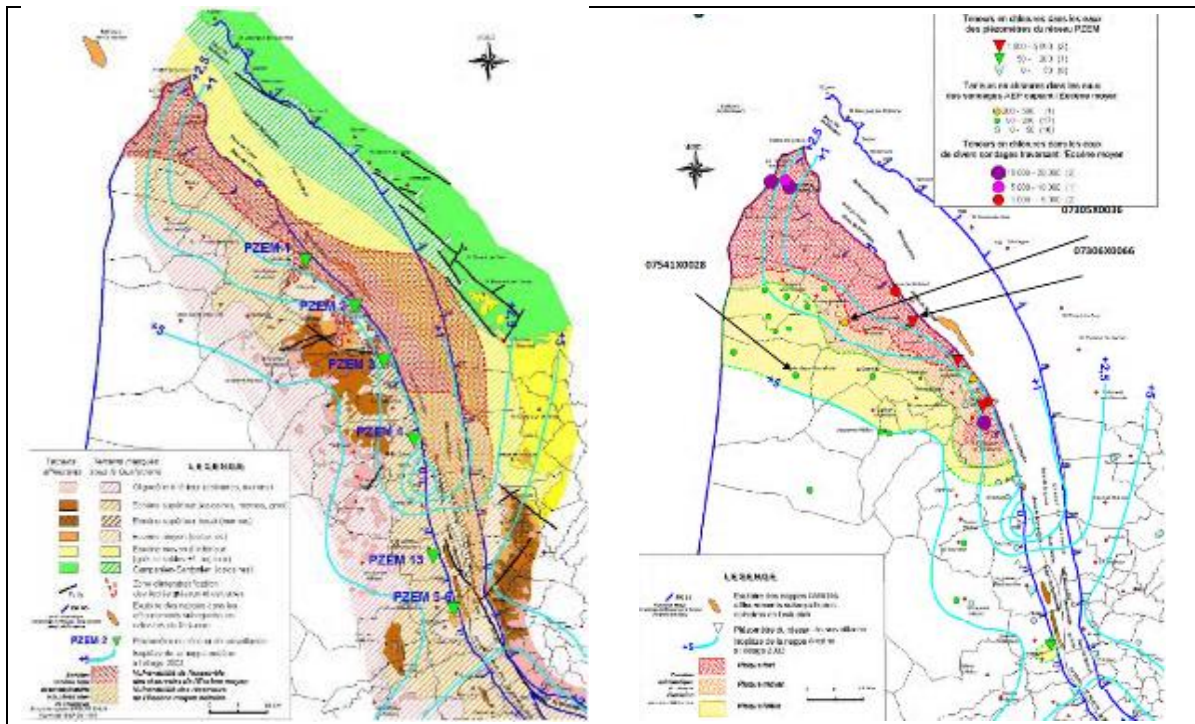


Figure 64. Cartes de vulnérabilité (à gauche) et de risque (à droite) à la pénétration de chlorures dans l'aquifère de l'Eocène moyen (BRGM).

Les conclusions du rapport Nappes profondes de Gironde. Etat des lieux des ressources – diagnostic sont les suivantes.

La zone de l'estuaire se présente comme un secteur où les niveaux de l'aquifère Eocène moyen peuvent potentiellement être contaminés par les eaux saumâtres ou salées de l'estuaire actuel ou par celles contenues dans les terrasses sous-flandriennes :

- Une contamination par les eaux de l'estuaire n'est possible que pendant 38 à 51% du temps en fonction de l'état de la nappe ;
- L'aléa d'une contamination par les eaux de l'estuaire est d'autant plus fort que l'on se déplace vers le nord ;
- La source la plus probable de contamination est représentée par les eaux contenues dans les terrasses sous-flandriennes ; car les eaux de la nappe sont exemptes de tritium alors que les eaux de l'estuaire actuel en contiennent.

Plus au sud, la zone de l'anticlinal de Blaye-Listrac se présente comme un secteur où seuls les niveaux supérieurs calcaires de l'Eocène moyen peuvent potentiellement être contaminés par les eaux de l'estuaire actuel ou par les eaux saumâtres contenues dans les terrasses sous-flandriennes :

- Une contamination par les eaux de l'estuaire n'est possible que pendant 8 à 30% du temps en fonction de l'état de la nappe ;
- Le seul point qui présente une teneur en sel significative est situé dans un contexte où les formations de l'Eocène moyen sont en relation directe avec les alluvions sous-flandriennes.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Compte tenu de ces observations, il semble donc que dans les 2 zones étudiées, le risque de salinisation de la nappe de l'Eocène moyen soit davantage lié à la présence d'eaux fossiles saumâtres ou salées dans les terrasses sous-flandriennes qu'à l'estuaire.

Il convient de noter que les cotes objectifs des opérations de dragage d'entretien ne concerne pas les aquifères présentés ci-dessus.

3.5.9. Synthèse « Etat initial : milieu humain et usages »

Le tableau ci-après récapitule les principaux paramètres du milieu humain et usages au niveau de l'estuaire. Le niveau de sensibilité environnementale pour chaque thématique associée à un code couleur est représenté dans le tableau suivant :

Code couleur - sensibilité				
Aucune - négligeable	Faible	Modérée	Importante	Majeure

Rappel : la sensibilité d'un élément de l'environnement exprime le risque de perte de tout ou partie de la valeur de son enjeu en raison de la réalisation du projet. Pour apprécier le niveau de sensibilité, on tient compte de la valeur de ce que l'on risque de perdre (c'est-à-dire de l'enjeu) et de la probabilité que l'on a de perdre tout ou partie de la valeur de l'enjeu du fait de la réalisation du projet.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 36 – Principaux paramètres – Milieu humain et usages

Thématique	Caractéristiques du site de projet	Sensibilité env.
Milieu humain et usages	Démographie population – Bassin représentant près d'un million de personnes. Démographie dominée par le pôle urbain de Bordeaux	Faible
	Navigation - trafic Le trafic du GPMB est en moyenne de 8,5 millions de tonnes par an ; ceci représente environ 1 600 navires par an. Deux liaisons maritimes assurent la traversée de l'estuaire de la Gironde : (entre Le Verdon et Royan ; entre Blaye et Lamarque). Elles prennent en charge plus de 1 million de passagers par an. Plus d'une vingtaine de ports de plaisance sont répartis sur l'estuaire ; les plus fortes capacités d'accueil sont offertes dans les ports situés à l'aval de l'estuaire (près de 2 500 places).	Majeure
	Exploitation de granulats dans l'estuaire de la Gironde Exploitation de granulats présente à l'embouchure de la Gironde, sur le gisement du Platin de Graves. En moyenne 300 000 m3 de sables et graviers sont prélevés annuellement, sur la concession de 10 km².	Faible
	Pêche et ressources halieutiques dans l'estuaire de la Gironde Les marins-pêcheurs pratiquent plusieurs types de pêche de manière saisonnière sur l'estuaire de la Gironde. Principales espèces ciblées : le maigre, la lamproie et la civelle en période hivernale.	Majeure
	Ostréiculture - Aquaculture et fermes aquacoles du médoc La conchyliculture n'est actuellement pas présente dans l'estuaire (au sens strict) pour des raisons sanitaires compte tenu de la qualité de l'eau. Pour le captage des naissains, 71 concessions de captage sont situées dans la rivière en face de Talais et Saint-Vivien. Depuis la publication de l'arrêté préfectoral du 4 juillet 2014, l'activité d'affinage de bivalves est autorisée pour l'ensemble de la zone des polders, depuis le Verdon jusqu'à Jau-Dignac-et-Loirac. Cependant, il existe une aquaculture dans les marais du Médoc (élevage de gambas). Cette activité saisonnière (mai à octobre) représente une dizaine de tonnes de crevettes par an. Ce sont les eaux de l'estuaire de la Gironde qui alimentent les marais et les bassins d'élevage.	Modérée
	Centrale du Blayais Prélèvement d'eau indispensable pour le fonctionnement de la centrale. La demande annuelle est de 4,5 milliards de m3 d'eau. L'approvisionnement de la centrale est assuré par des prises d'eau immergées dans l'estuaire. Si la turbidité de l'eau dans les circuits n'est pas une contrainte du fait des flux circulant dans les conduites, les dépôts de débris végétaux sur les filtres au niveau des prises peuvent impacter la production de la centrale et sa sûreté. Des dragages d'entretien annuels autour de ces prises d'eau sont assurés par le GPMB (sous maîtrise d'ouvrage d'EDF) pour prévenir ce risque.	Importante
Prélèvements d'eau L'essentiel des prélèvements d'eau destinés à l'alimentation en eau potable est réalisé dans les nappes profondes ; les aquifères de l'Eocène et de l'Oligocène sont les plus exploités. L'aquifère de l'Eocène, le plus sollicité, est en communication avec le système estuarien de la Gironde qui est constitué du fleuve proprement dit mais aussi de nappes d'eaux souterraines fortement minéralisées piégées sous les argiles du Flandrien. Des invasions par des eaux saumâtres à salées sont observées dans le secteur de la Pointe de Grave et en bordure de l'estuaire, dans sa partie aval. Toutefois il semble que le risque de salinisation de la nappe de l'Eocène soit d'avantage lié à la présence d'eaux fossiles saumâtres ou salées dans les terrasses sous- flandriennes qu'à l'estuaire.	Modérée	

3.6. BILAN DE L'ETAT INITIAL

Sur la base de la description de l'état initial, le tableau suivant récapitule les principales caractéristiques des aspects pertinents de cet état, en lien avec la thématique des dragages/immersion :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement
Tableau 37 – Principaux aspects pertinents de l'état actuel

	SECTIONS	Milieu physique (Hydrosédimentaire et qualité du milieu)		
		Bouchon vaseux - MES	Oxygène dissous	Contamination - sédiments et biote
pk>95 : Polyhalin	Zone 1 <i>Passes de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.</i>	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : Expulsion du bouchon vaseux vers l'embouchure lors des fortes crues associées à une période de vives-eaux. <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : concentrations maximales très localisées - Zones d'immersion : entre 0,1 g/l et 0,2 g/l - Autres zones : maximales ponctuellement observées sur les plages de Soulac et de la Palmyre autour de 0,5 g/l	Eaux bien oxygénées : concentration entre 7 et 12mg/l (max en hiver).	Fortes dilutions des concentrations des contaminants (forme particulaire ou dissoute) par brassage de grands volumes d'eau. Zone de transfert potentiel des contaminants vers les marais de Marennes Oléron selon les conditions hydrauliques et météorologiques (cependant, le panache lié aux opérations de dragage/immersion restent circonscrit à l'estuaire) – résultats de la modélisation
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 <i>Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes.</i>	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : Extension du bouchon vaseux vers l'aval en période de crue. SOMLIT : 0-0,5 g/l <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : Concentrations maximales très localisées observées dans le sillage de la zone d'immersion 3.7 et 3.4	Pas de mesures en aval de l'estuaire. Cependant, il n'y a pas de situation critique au vu des résultats à Pauillac et à l'embouchure : eaux bien oxygénées	<u>Contaminants</u> Désorption potentielle des contaminants (Cd) <u>Ecotox</u> Diminution de la contamination des bivalves filtreurs en ETM à St-Vivien (pk84) et au Verdon (pk95).
pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésosalin	Zone 3 <i>Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.</i>	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : Zone de turbidité maximum aux pk50-60 : zone stationnaire, en rive gauche, au-dessus du chenal de navigation. Faibles variations saisonnières. <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : concentrations maximales observées : - au niveau des deux zones d'immersion les plus utilisées (3.7 et 3.4) : 4-5 g/l - autres zones : ponctuellement observées sur les zones intertidales : 0,5 - 1 g/l	Eaux bien oxygénées Oxygène dissous (Pauillac) : eaux bien oxygénées, mensuelles moyennes : 7-11 mg/l	<u>Contaminants</u> : - Comportement de plusieurs ETM (Cd, Cu...) : zone de désorption en raison de la salinité (zone mésosaline (5-18‰)). <i>La remise en suspension anthropique de sédiments (ie. effets des dragages et des immersions) est évaluée à 20-40% des flux totaux de Cd mesurés en aval de l'estuaire.</i> - Zone enrichie en ETM particulaire (Cd, Cu) au niveau du chenal de Saintonge entre pk60- 75 <u>Ecotox</u> : Pk66 St-Christoly: plus forte contamination des bivalves filtreurs en ETM (biodisponibles sous forme dissoute).
pk29-55 Mésosalin/ oligohalin	Zone 4 <i>Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.</i>	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : il est présent sur l'amont en période d'étiage. Il s'étend alors environ jusqu'au pk30. <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : concentrations maximales observées au niveau des deux zones d'immersion les 2.4 et 1.8 : 4-5 g/l		<u>Contaminants</u> : - Comportement de plusieurs ETM (Cd, Cu...) : cf. zone 3, à savoir zone de désorption en raison de la salinité (zone mésosaline (5-18‰)). - Cd particulaire : enrichissement fort en amont et en aval de la zone des îles entre Blaye et Pauillac.
Pk0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 <i>Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.</i>	<u>Bouchon vaseux de l'estuaire</u> : Le bouchon vaseux est présent entre 3 et 8 mois / an (période étiage et basses eaux). Les concentrations de MES sont alors très importantes (supérieures à 6 g/l en vives-eaux). <u>MES liées aux rejets GPMB (source : modélisation)</u> : Concentrations maximales observées sur une grande partie du chenal de la Garonne (fond : 0,5 à 1 g/l) liées directement aux pratiques de dragage (DIE)	Les valeurs de concentration sont basses, inférieures à 5 mg/l en période estivale (température, bouchon vaseux, rejet des eaux traitées).	<u>Contaminants</u> : Essentiellement sous forme particulaire <i>Les opérations de dragage, via la remise en suspension des sédiments, pourraient contribuer à la remobilisation du PCB de la phase particulaire vers la phase dissoute.</i> -Ecotox : Poissons: davantage contaminés aux PCB dans l'estuaire amont (proies amphipodes plus contaminées) que dans l'estuaire aval.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

	SECTIONS	Milieu vivant		Milieu humain - Usages
		Benthos*	Ressources halieutiques	
pk>95 : Polyhalin	Zone 1 <i>Passes de l'ouest, passe d'entrée en Gironde.</i>	<u>Estuaire</u> : peuplements plus riches et plus denses qu'en amont. Espèces marines. <u>Zones d'immersion - zone 4.4</u> : macrofaune présente. État écologique moyen à bon (DCE) sans impact évident des clapages.	Présence de zones de nurseries très importantes pour l'Esturgeon européen (enjeux très forts) et importantes pour la Sole et le Cétéau (enjeux forts).	Plage et baignade (Royan, la Palmyre...) Pêche Croisières
pk81-95 Polyhalin	Zone 2 <i>Verdon : passe de la Chambrette, accès et postes.</i>	<u>Estuaire</u> : peuplements plus riches et plus denses qu'en amont. Espèces marines.	Sur la moitié droite de l'estuaire : Présence de zones de nurseries très importantes pour l'Esturgeon européen (enjeux très forts) : zones subtidales entre 6 et 10m. Nurseries importantes pour la Sole et le Cétéau (enjeux forts): il s'agit de zones vaseuses peu profondes (<5m). Absence de données en rive gauche Entre Meschers et Mortagne : présence de frayères pour le Maigre.	Plage et baignade (Royan, la Palmyre...) Pêche Aquaculture (marais du Médoc)
pk75-81 Polyhalin pk55-75 Mésosalin	Zone 3 <i>Passes « aval » entre Pauillac et Le Verdon.</i>	<u>Estuaire</u> : - Macrofaune plus diversifiée que dans le secteur amont oligohalin. -Crustacés, mollusques et plus de polychètes. - Zone intertidale : cassure au pk60 : densité et biomasse chutent en amont. <u>Zone d'immersion - zone 3.2 (pk65)</u> : macrofaune absente lors des suivis réalisés par le GPMB très faible présence de méiofaune.	Sur la moitié droite de l'estuaire : Présence de zones de nurseries très importantes pour l'Esturgeon européen (enjeux très forts) et importantes pour la Sole (enjeux forts). Absence de données en rive gauche	Pêche Prises d'eau du Blayais
pk29-55 Mésosalin / oligohalin	Zone 4 <i>Passes « intermédiaire » entre le Bec d'Ambès et Pauillac.</i>	<u>Estuaire</u> : - Zone oligohalin marquée par une macrofaune peu diversifiée mais les densités sont plus élevées que dans le secteur dulcicole. Secteur soumis aux contraintes environnementales, à considérer comme à enjeu moyen du fait de sa sensibilité - Groupe dominant : oligochètes + polychètes. <u>Zones d'immersion 2.4 et 3.1 (pk50-55)</u> : macrofaune absente lors des suivis réalisés par le GPMB et très faible présence méiofaune.	Les suivis et efforts de recherches se sont portés sur la partie aval de l'estuaire (en aval de l'île de Patiras). Les zones amont sont difficiles à chaluter et n'ont pas été échantillonnées. Toutefois ce sont des couloirs de migration et des zones d'alimentation pour les juvéniles d'esturgeon.	
PK0-29 Oligohalin / dulcicole	Zone 5 <i>Passes « amont », de Bordeaux au Bec d'Ambès.</i>	<u>Peu d'information sur ce secteur.</u> <u>Estuaire</u> : Faible nombre d'espèces, faibles biomasses. <u>Chenal</u> : quasi-absence de faune.	Absence d'information : peu ou pas de suivis, de recherches, effectués dans ce secteur. Couloirs de migration + des zones d'alimentation pour les juvéniles d'esturgeon.	

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Le tableau ci-après récapitule les sensibilités environnementales de chaque volet :

Tableau 38 – Sensibilités environnementales de chaque volet du milieu

Thématique		Sensibilité env.	
Milieu physique	Météorologique	Aucune	
	Géologie	Faible/négligeable	
	Géomorphologie	Faible	
	Hydrodynamique (hydrologie, courant, houle)	Faible	
	Hydrosédimentaire	Modéré	
	Hydrogéologie	Faible	
	Acoustique	Air	Faible
		sous-marine	
Risques naturels		Faible/négligeable	
Qualité du milieu	Qualité des eaux	Caractéristiques physiques	Modérée
		Caractéristiques chimiques	Importante
	Qualité des sédiments	Caractéristiques physiques	Modérée
		Caractéristiques chimiques	Importante
	Qualité de la matière vivante		Importante
Qualité de l'air		Faible/négligeable	
Milieu vivant	Espèces benthiques	Faible sur le chenal	
		Modérée sur les zones de vidage	
	Ressources halieutiques		Importante à majeure sur l'ensemble de l'estuaire
	Avifaune		Importante à majeure sur l'ensemble de l'estuaire
Zones de protection du patrimoine naturel		Faible	
Patrimoine culturel	Entités paysagère	Faible	
	Site inscrit – site classé	Faible	
	Monuments historiques	Faible	
Milieu humain et usages	Démographie – population	Faible	
	Navigation - trafic	Majeure	
	Exploitation de granulats dans l'estuaire de la Gironde	Faible	
	Pêche et ressources halieutiques dans l'estuaire de la Gironde	Majeure	
	Ostréiculture - Aquaculture et fermes aquacoles du Médoc	Modérée	
	Centrale du Blayais	Importante	
	Prélèvements d'eau	Modérée	

Rappel du code couleur

Code couleur - sensibilité				
Aucune - négligeable	Faible	Modérée	Importante	Majeure

4. DESCRIPTION DE L'EVOLUTION DE L'ETAT DE REFERENCE ET DE L'ETAT DU « SCENARIO PROJET »

4.1. PREAMBULE

Dans le cadre de la réunion de cadrage avec les services de l'Etat le 2 février 2017, les scénarios de référence et projet ont été définis comme suit :

- Scénario de référence : il correspond aux pratiques actuelles de dragage ;
- « Scénario projet » correspond au scénario si le projet est mis en place. Les opérations de dragage étant réalisées chaque année depuis des dizaines d'années, il est retenu que le scénario « projet » serait comparé à « l'état initial » qui correspond aux pratiques actuelles de dragage.

4.2. EVOLUTION DU SCENARIO DE REFERENCE

4.2.1. Description des opérations de dragage actuellement mises en place

Les principales actions mises en œuvre actuellement par le GPMB sont rappelées dans le tableau ci-après.

Tableau 39 : Principales actions mises en places actuellement

Thématique	Actions
Mode de dragage	Dragage des bassins à flots en fonction du débit (pratique actuelle)
	Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux) (pratique actuelle)
Outils	Passes / accès portuaires : DAM essentiellement, DIE occasionnellement Ouvrages portuaires : DAB essentiellement, DIE occasionnellement, DAS ponctuellement pour les bassins à flots, DAM occasionnellement
Zone d'immersion	Maintien des zones d'immersion actuelles
	Non-immersion sur les zones intertidales (estran)
Stratégie d'immersion	Privilégier les zones d'immersion au droit ou en aval du chantier de dragage
	Pas de stratégie d'immersion à l'intérieur d'une zone de vidage

4.2.1.1. Stratégie actuelle de dragage/immersion

Les outils actuellement utilisés correspondent à :

- Drague aspiratrice en marche (*Anita Conti*) : elle est utilisée pour le dragage des chenaux (passes) et des zones d'accès aux ouvrages. Le volume dragué est d'environ 8,6Mm³/an (moyenne sur les 10 dernières années) ;
- Drague mécanique (*La Maqueline*) : elle est employée pour l'entretien des ouvrages portuaires (souilles et postes à quai), non accessibles aux dragues aspiratrices en marche. Le volume dragué est d'environ 0,6 Mm³/an (moyenne sur les 10 dernières années) ;
- Drague aspiratrice stationnaire pour le dragage des bassins à flot (environ 10 000m³/an)
- Drague à injection d'eau employée pour le chenal, les accès et les ouvrages portuaires (souille et points singuliers...).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

4.2.1.2. Immersion : pratiques et zones

La planification annuelle des dragages d'entretien est la suivante :

- Pas de dragage 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.

Tableau 40 – 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					

Nota : la période de congés est juillet jusqu'en 2016. A partir de 2017, celle-ci sera comprise dans une période située entre mai et juillet.

18 zones de dépôt sont autorisées dans l'estuaire avec 4 sites qui reçoivent près de 80% des volumes dragués (1.8, 2.4, 3.4 et 3.7) (ceci en lien avec les volumes dragués sur les secteurs proches).

Ces zones sont :

- Dispersives ce qui limite les dépôts ;
- Hors zones intertidales ce qui est favorable au maintien de la biodiversité de ces zones sensibles.

L'organisation des opérations d'immersion suit naturellement la planification annuelle et géographique des dragages (cf. paragraphe précédent). Elle obéit également à plusieurs principes précisant la localisation de la zone de vidage par rapport à la zone de dragage :

- 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).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

4.2.2. Analyse de l'évolution de l'état initial avec le maintien des pratiques actuelles

Le tableau ci-après précise les principales incidences des actions mises en œuvre actuellement par le GPMB :

Tableau 41 – Principales incidences des actions actuellement mises en oeuvre

	Actions retenues	Critères opérationnels	Environnement			
			Hydrosédimentaire – qualité des eaux	Peuplement benthique	Ressource halieutique	Contamination	Usages
Mode de dragage	Dragage des bassins à flots en fonction du débit (pratique actuelle)	Absence d'opérations de sassements	Gestion hydrologique facilite la dispersion des sédiments	Gestion hydraulique qui facilite la dispersion des sédiments ce qui est favorable à toute la chaîne alimentaire	-	Absence de sassements ce qui limite les effets sur le trafic
	Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux) (pratique actuelle)	Améliore l'efficacité des dragages	Période de dragage : limite l'augmentation des MES en présence du bouchon vaseux, (risques d'hypoxie)	Vise à limiter les effets du dragage sur la qualité des eaux donc favorable à toute la chaîne alimentaire (peuplements benthiques, ressource halieutique...)	-	-
Outils	Utilisation du DIE	Réduction des volumes de sédiments transportés et clapés par la DAB	MES localisées dans le chenal et du fond	MES localisées dans le chenal et du fond (courant de densité). Attention particulière dans les zones confinées (amont bec d'Ambes) : risque d'hypoxie	-	-
Zone d'immersion	Maintien des zones d'immersion actuelles	Bonne optimisation du nombre et de la localisation des zones de vidage : permet une réduction des distances de transport et des durées associées de cycles de dragage	Dragage : effets potentiels sur le milieu physique et qualité des eaux. Clapage des sédiments dragués sur des zones dispersives permet de : - Limiter très fortement les épaisseurs de dépôts sur les zones de vidage ; - Une dispersion rapide des MES	Zones de vidage très dispersives, ce qui limite fortement les incidences sur les peuplements benthiques et donc la ressource halieutique	Clapage réalisé à proximité des zones de dragage ce qui permet de limiter la désorption	-
	Maintien de la non-immersion sur les zones intertidales (estran)	Zone difficilement accessible par la DAM	Limiter les incidences hydrosédimentaires (concentration MES, dépôts...) sur ces zones sensibles	L'absence de rejet sur ces zones favorise la préservation de l'intérêt de ces sites.	-	Limiter les incidences potentielles (MES, dépôts) sur les zones balnéaires
Stratégie d'immersion	Privilégier les zones d'immersion au droit ou en aval des opérations de dragage	Pas de modification importante des temps de transport	Facilite l'expulsion et les dépôts vers l'aval de l'estuaire Action qui vise donc à diminuer la présence dans l'estuaire des particules rejetées.	Actions qui vise (MES, dépôts) à limiter les effets sur l'ensemble de la chaîne alimentaire	Pas de modification importante de la désorption des matériaux	-

L'analyse réalisée au cours de l'établissement du Plan de Gestion des sédiments de dragage de la Gironde a montré une bonne efficacité des dragage/immersions, tout en limitant les effets de ces opérations sur l'environnement :

- Dragage et immersions

Le retour des matériaux dragués vers les zones draguées et le chenal est très faible (environ 2 à 10 %) ; ce qui montre une bonne efficacité de ces opérations d'un point de vue technique et économique.

Les zones de vidage sont très dispersives ce qui limite fortement les dépôts. Ainsi, l'impact est localisé et temporaire (dispersion rapide et recolonisation en dehors des périodes d'immersion) :

- A court terme, les dépôts sont principalement localisés sur et autour des zones de vidage.

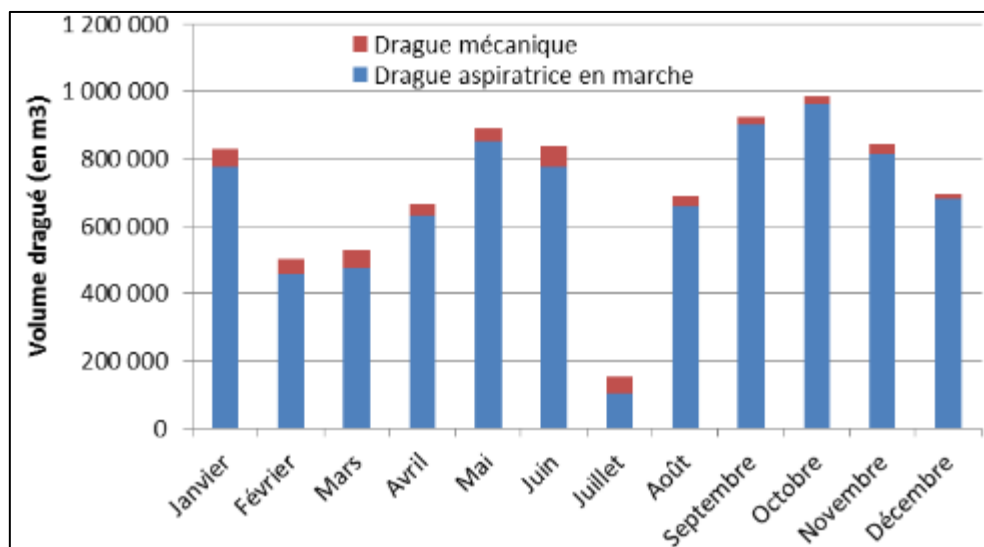
Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- A moyen terme (quelques semaines ou mois), les matériaux sont dispersés vers les zones intertidales de l'estuaire : cependant, les dépôts résiduels restent faibles (quelques millimètres). La stratégie de ne pas claper sur les zones intertidales permet de limiter ainsi les effets sur ces zones très sensibles.
- Période de rejet :
 - Saison : Les dragages sont réalisés toute l'année, à l'exception de la période de congés –stand-by opérationnel. Cette réduction du volume dragué à cette période tend à limiter les effets du dragage/immersion :
 - Cette période est sensible pour le milieu vivant : reproduction, alimentation, croissance...
 - Cette période se caractérise par des faibles débits ce qui n'est pas propice à l'expulsion des sédiments vers l'aval.

Figure 65. Volume mensuel moyen dragué entre 2000 et 2013



- Marée :
 - Période de la marée :

Les opérations sont réalisées indifféremment au flot et au jusant sauf pour le dragage à injection d'eau (préférentiellement en jusant). A l'échelle de l'estuaire ou des zones d'immersion, la différence d'impact entre le clapage au flot ou au jusant ne peut se mesurer qu'à une échelle temporelle très limitée (< 6 heures).
 - VE – ME : les zones de vidage actuellement utilisées sont des zones dispersives. Par conséquent :
 - A moyen terme, aucune différence importante n'a été observée entre un clapage en ME ou en VE.
 - A court terme : les ME favorisent le dépôt (peu de remise en suspension) et les VE, à contrario, l'érosion. Cependant, à la ME ou VE suivante, les processus sont inversés (simple décalage temporel de quelques jours).

Ainsi, la stratégie actuelle de clapage est peu défavorable vis-à-vis du benthos et, par voie de conséquence, limite les effets sur la ressource halieutique :

- Zones d'immersion : zone dispersive ce qui limite les dépôts et donc potentiellement les effets sur les peuplements benthiques ; de plus, ces zones sont hors zones intertidales.
- Période d'intervention : les opérations de dragage et d'immersion sont théoriquement programmées en l'absence du bouchon vaseux, ce qui limite les risques d'hypoxie.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Cependant, les volumes immergés restent conséquents avec les enjeux associés : MES, contamination, peuplements benthiques, ressources halieutiques...

La zone de l'estuaire intermédiaire/aval où se situent les zones de vidage 3.2 à 3.7 peut constituer des zones sensibles pour la ressource halieutiques (maigre en particulier). Par conséquent, l'immersion pendant le printemps/été sur ces zones n'est pas favorable à leur développement.

4.3. SOLUTION DE L'ETAT PROJET

4.3.1. Description des opérations de dragage envisagées

Ce scénario s'appuie sur les pratiques actuellement en place et décrites précédemment. Cependant, afin d'optimiser ces pratiques, d'autres actions ont été prises en compte dans ce projet (résultats issus du Plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde).

Le tableau ci-après récapitule l'ensemble des actions du projet :

Tableau 42 – Récapitulatif des actions retenues dans le cadre de ce projet

Thématique	Actions retenues
Mode de dragage et outils	Dragage des bassins à flots en fonction du débit
	Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux)
	<i>Utilisation du DIE seule en Garonne en fonction O2 dissous et \ ou débit</i>
	<i>Utilisation du DIE après intervention de la DAM</i>
	<i>Intégration plus systématique du DIE en lieu et place de la Maqueline</i>
Zone d'immersion	Maintien des zones d'immersion actuelles (pratique actuelle)
	Privilégier les zones d'immersion au droit ou en aval du chantier
	Absence d'immersion sur les zones intertidales (estran)
	<i>Suppression de certaines zones d'immersion en Garonne</i>
Pratiques d'immersion	<i>Arrêt partiel localisé des immersions (fenêtre bio)</i>
	<i>Répartition des sédiments sur la zone d'immersion pour favoriser un dépôt homogène</i>

4.3.2. Analyse de l'évolution avec la mise en place du projet

Ce projet s'appuie sur les principales actions actuellement en place :

- Utilisation de la DAM avec immersion des sédiments sur la majorité des zones de vidage existantes et l'absence d'immersion sur les zones intertidales ;
- Stratégie d'immersion : les zones de vidage privilégiées sont celles au droit des passes ou en aval immédiat, ce qui limite notamment les coûts des opérations (à l'exception de la période 15 mai -15 juillet pour les zones d'immersion 3.2 à 3.7);
- Dragage en fonction de l'hydrologie.

Ces actions ont montré leur intérêt technico-économique mais également environnemental.

Cependant, afin d'optimiser ces pratiques, d'autres actions ont été prises en compte dans ce scénario, dont les principales sont :

- L'action liée à la fenêtre biologique vise à limiter les immersions pendant les périodes les plus favorables au développement du milieu vivant et sur des zones sensibles. Il s'agit d'une action forte de « principe environnemental ». **A noter que l'absence d'immersion sur les zones 3.2 à 3.7 est une contrainte technique et économique très forte.**
- L'action de mise en œuvre de la DIE plus systématique vise à :
 - Réduire les volumes immergés par la DAM (intérêt technico-économique, qualité de l'air...);

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Limiter l'étendue des MES liées aux opérations de dragage/immersion en canalisant les MES dans la partie basse du chenal, ce qui tend à améliorer la qualité des eaux et limiter les effets sur le milieu vivant. Ce point est particulièrement important pour le dragage en Garonne qui constitue un espace confiné, non favorable à la dispersion des sédiments dragués. La suppression des zones de vidage 1.1 à 1.3 de la Garonne va également dans ce sens.
- L'action de répartir les sédiments dragués sur l'ensemble d'une zone de vidage permet de limiter les épaisseurs de dépôts. Cette stratégie a une incidence technico-économique limitée mais semble favorable pour le milieu vivant.

4.4. BILAN DES FACTEURS SUSCEPTIBLES D'ÊTRE AFFECTÉS PAR LES OPERATIONS

Les principaux facteurs susceptibles d'être affectés par les opérations de dragage/immersion sont essentiellement :

- Milieu physique :
 - Bathymétrie (entretien de la cote de dragage dans le chenal) ;
 - La nature des fonds (granulométrie, ...) du chenal et des zones de vidage ;
 - La dynamique hydrosédimentaire avec la remise en suspension des sédiments dragués qui participent pour partie au bouchon vaseux ;
- Qualité du milieu (eaux, sédiments...) (physico-chimiques) : il s'agit du compartiment susceptible d'être le plus affecté directement par la remise en suspension des sédiments dragués ;
- Milieu vivant : Les peuplements benthiques pourraient être affectés soit par le nuage turbide soit par recouvrement. De manière indirecte, l'ensemble de la chaîne alimentaire pourrait être affectée.

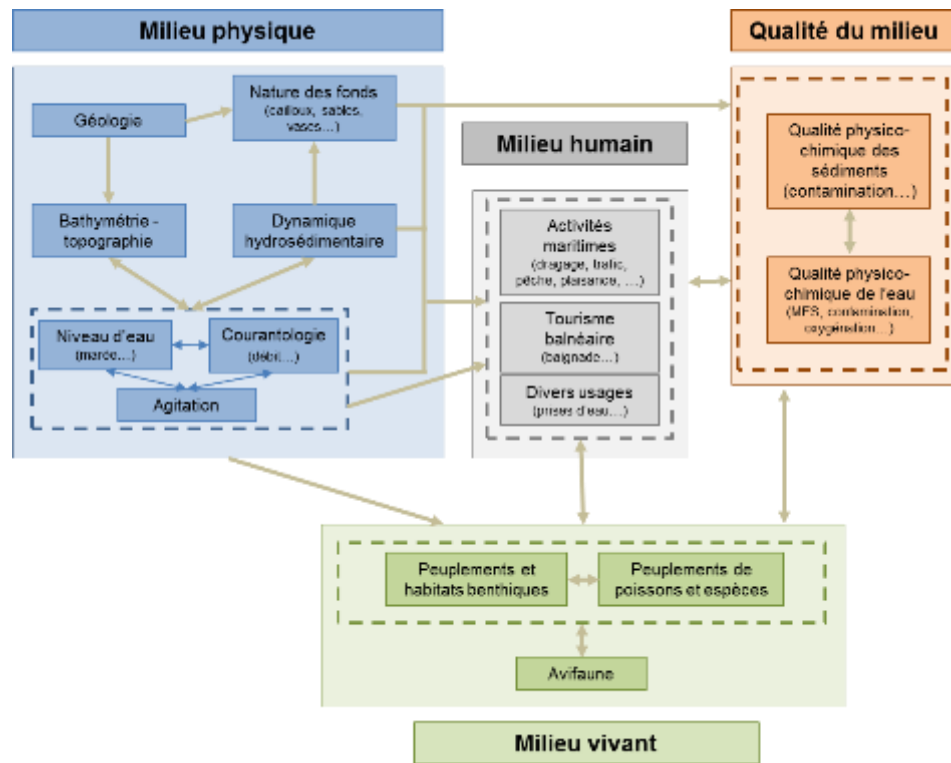
Il convient de noter que si des compartiments peuvent être affectés directement par les opérations de dragage/immersion, d'autres pourraient également l'être de manière indirecte en raison des interactions existants entre eux. La figure ci-après schématise ces principales interactions.

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 66. Inter-relations générales entre les différents milieux



(Source : ARTELIA)

L'analyse des effets sur ces différents facteurs est effectuée au chapitre 5.

5. DESCRIPTION DES INCIDENCES NOTABLES QUE LE PROJET EST SUSCEPTIBLE D'AVOIR AVEC L'ENVIRONNEMENT

5.1. PREAMBULE

5.1.1. Méthodologie de qualification des incidences et impacts

L'analyse prévisionnelle des effets tient compte :

- De la nature des effets : l'analyse porte sur les effets directement attribuables aux travaux projetés ainsi que les effets indirects, notamment liés aux modifications en cascade des caractéristiques du milieu :
 - Effet direct : effet directement attribuable aux travaux projetés ;
 - Effet indirect : effet attribuable aux travaux, différé dans le temps et dans l'espace ;
- De la durée des effets : l'analyse distingue les effets permanents et les effets temporaires liés aux travaux :
 - Effet temporaire : il s'agit d'un effet essentiellement lié à la phase de réalisation des travaux (construction,...) et des nuisances de chantier : trafic, bruit, turbidité... L'effet temporaire s'atténue progressivement jusqu'à disparaître ;
 - Effet permanent : il correspond à un effet qui ne s'atténue pas de lui-même avec le temps. Un effet permanent est dit réversible si la cessation de l'activité le générant suffit à le supprimer ;
- Degré d'importance de l'effet : les effets potentiels sont classés en 5 catégories :

Effet positif*
Aucun effet / effet nul
Effet faible
Effet modéré
Effet fort

* Si l'effet a lieu, il sera bénéfique pour le milieu vivant ou les usages.

L'impact (*impact positif, aucun impact, impact faible, impact modéré, impact fort*) est la transposition des conséquences de l'effet sur les différents compartiments de l'environnement, selon une échelle de sensibilité (définie dans l'état initial). Le croisement de la sensibilité et des effets permet donc d'évaluer l'impact selon l'échelle suivante :

Impact positif*
Aucun impact / impact nul
Impact faible
Impact modéré
Impact fort

* Si l'impact a lieu, il sera bénéfique pour le milieu vivant ou les usages.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Impacts

		Effet				
		Positif	Nul	Faible	Modéré	Fort
Sensibilité	Nulle	Positif	Nul	Nul	Nul	Nul
	Faible	Positif	Nul	Faible	Faible	Modéré
	Modérée	Positif	Nul	Faible	Modéré	Modéré
	Importante	Positif	Nul	Faible/modérée	Modéré	Fort
	Majeure	Positif	Faible	Modéré	Fort	Majeur

De plus, l'analyse des effets potentiels porte sur l'ensemble du projet du GPMB relatif aux opérations d'entretien du chenal de navigation, des accès et des ouvrages portuaires.

Comme précisé précédemment, ce projet intègre les conclusions du Plan de gestion des sédiments de dragage de la Gironde, en particulier, un certain nombre d'actions (nouvelles ou actuellement en place) qui vise à limiter les effets des opérations sur l'environnement. Il s'agit de mesures type « Evitement ou réduction » qui sont rappelées dans le chapitre 10. L'analyse des effets réalisée dans ce présent chapitre (qualification et quantification des impacts) intègre donc ces actions et mesures.

5.1.2. Evaluation des incidences des travaux de dragage / immersion

L'évaluation de l'impact des dragages sur l'environnement passe par deux étapes.

Dans un premier temps, il est nécessaire de caractériser précisément les conséquences physiques des opérations : remises en suspension, sédimentation, baisse de luminosité et diminution de l'oxygène dissous. Il sera alors possible d'évaluer, dans un second temps, les effets que ces impacts physiques auront sur l'environnement biologique.

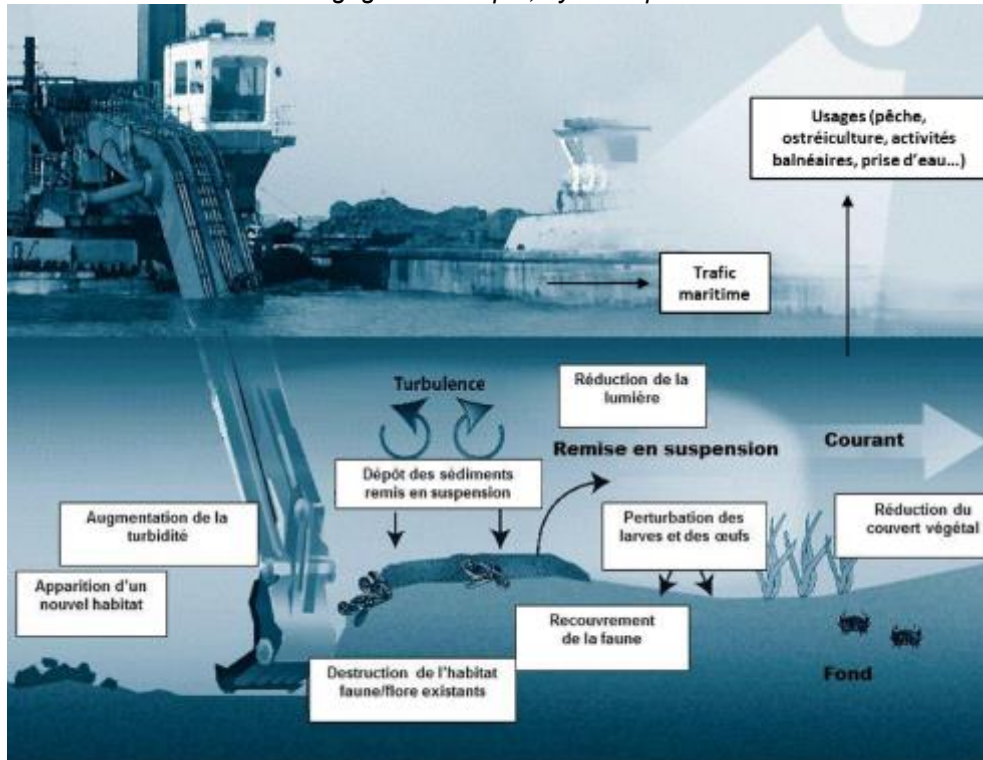
**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

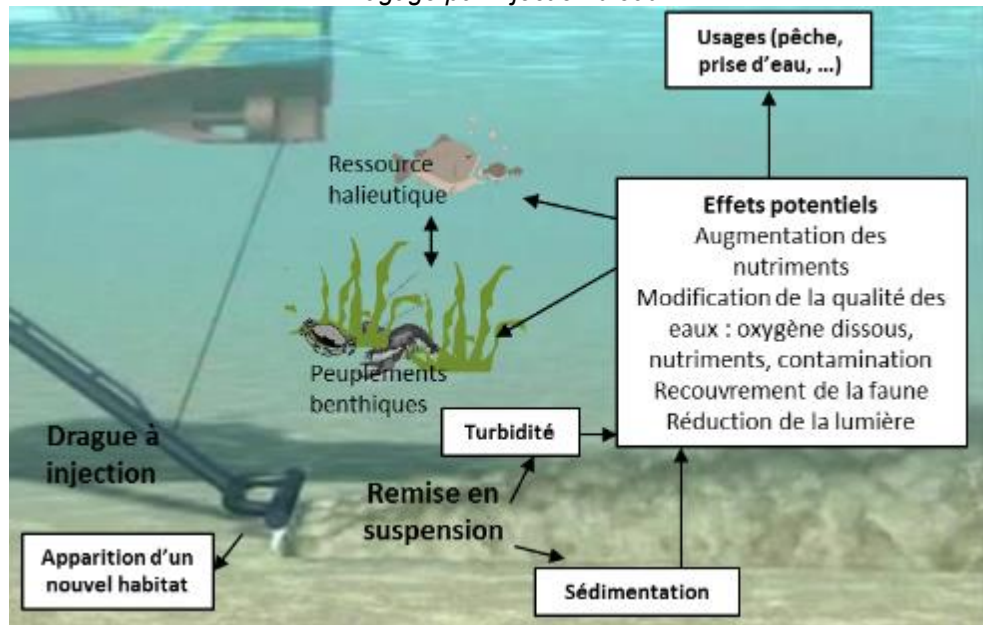
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 67. Effets potentiels des dragages

Dragage mécanique, hydraulique ...

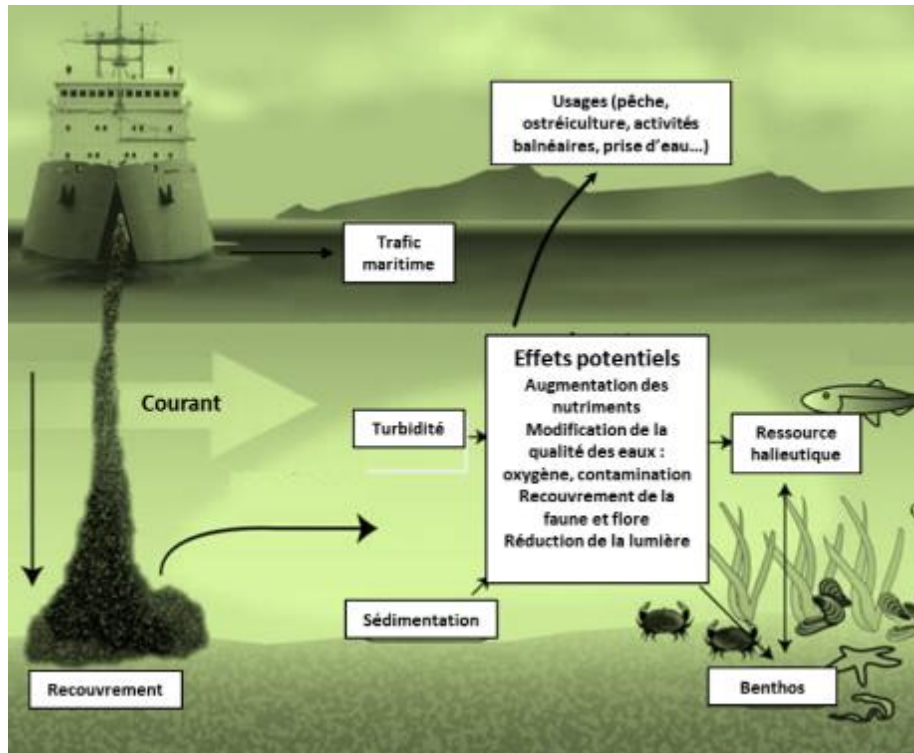


Dragage par injection d'eau



Source : ARTELIA

Figure 68. Effets potentiels des immersions (immersion, rejet au fil de l'eau, ...)



Les impacts environnementaux sont variables selon les techniques de dragage employées. Rappelons que l'analyse des incidences porte ici sur les techniques suivantes :

- Techniques principalement utilisées :
 - DAM et immersion sur des zones dédiées ;
 - DIE ;
 - DAS avec rejet au fil de l'eau (notamment pour le dragage des bassins à flots) ;
- Technique amenée à rester marginale : dragage mécanique et immersion sur des zones dédiées.

Ces méthodes sont répertoriées dans le tableau page suivante.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 43 – Techniques de dragage et d'immersion envisagées pour le maintien des accès du GPMB

	Zones draguées	Gestion des sédiments dragués	Type d'utilisation –observations – Points à retenir
DAM	Dragage des chenaux (passes), des accès aux ouvrages et des ouvrages portuaires	Transport et l'immersion sur des zones de vidage	Principale technique envisagée par le GPMB Restriction : pas d'immersion sur les zones 3.2 à 3.7 pendant la période du 15 mai au 15 juillet
DIE	Entretien des ouvrages portuaires (non accessibles aux dragues aspiratrices en marche)		Principale technique envisagée par le GPMB qui vise à remplacer progressivement la Maqueline (dragage mécanique)
	Dragage des passes, en complément de la DAM (écrêtage des sillons...);		Principale technique envisagée par le GPMB
	Dragage du chenal		En Garonne, technique préférentielle
DAS	Bassins à flot	Rejet par conduite dans le milieu	Mise en œuvre lors des débits supérieurs à 350 m3/s
	Port Bloc	Rejet par conduite dans le milieu	-
Drague mécanique	Dragage des ouvrages portuaires	Transport et l'immersion sur des zones de vidage	Technique amenée à être remplacée par le DIE

5.2. IMPACTS DES OPERATIONS DE DRAGAGE

Les effets étant potentiellement différents entre les opérations de dragage et d'immersion, il est nécessaire de distinguer ces deux types d'opérations. Dans le paragraphe qui suit, seules les opérations de dragage sont abordées.

Nota : le DIE est considéré dans son ensemble dans les opérations de dragage.

5.2.1. Dragages par aspiration en marche (DAM)

Les quantités de sédiments dispersés pendant les phases de dragage sont faibles, du fait de la technique de dragage par aspiration.

En effet, durant l'aspiration, une faible part des matériaux est perdue au moment du passage de l'élinde. Ces sédiments restent près du fond sous forme d'un nuage turbide d'étendue relativement limitée, en fonction des conditions de houle et de courant.

La tête de drague génère une légère remise en suspension :

- Limitée au fond ;
- Fonction de la granulométrie des sédiments (fines...);
- Dépendant du rapport entre le débit de la pompe et la puissance de l'injection d'eau servant à fluidifier les sédiments.

Plusieurs travaux à travers le monde ont cherché à quantifier les MES générées par une drague aspiratrice en marche. Celles-ci sont recensées dans Literature review of effects of Suspended Sediments due to dredging operations, d'Anchor Environmental (2003). Nous avons retenu les valeurs correspondant à des dragues avec de fortes capacités en puits, :

- Pennekamp et al. (1996) : A Rotterdam, l'utilisation de la DAM "Cornelia" d'une capacité de 5 400m³ en puits, génère une augmentation de MES de 150mg/L par rapport au bruit de fond (40 mg/l).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Dans le cas de ce projet, le taux de remise en suspension dans la colonne d'eau, si les dépôts sont à la densité 1,3 (460 kg/m³ de sédiments secs), est de 0,6% du volume dragué.

- Colins (1995) : L'utilisation d'une DAM dans le Port de Grays (Washington) génère des MES autour d'environ 150 mg/l à proximité de la source de dragage, pour une turbidité naturelle d'environ 10 mg/l.
- Hayes and Raymond (1984) : le passage de l'élinde au niveau du fond (DAM 4600 m³) génère un panache de 60m de large, 1100m de long, et d'une concentration moyenne de 70mg/L.

Ces concentrations sont très faibles au regard des concentrations naturelles élevées dans l'estuaire. Les remises en suspension de sédiments générées sont négligeables (au droit de l'élingue) / faibles (technique de surverse) et temporaires.

5.2.2. Dragage à injection d'eau (DIE)

5.2.2.1. Rappel du principe du DIE

L'action d'une drague à injection d'eau dans la couche de sédiment se décompose en trois phases :

- Injection d'eau à basse pression dans la couche de sédiments ;
- Génération du courant de densité ;
- Déplacement des sédiments.

L'injection d'eau à basse pression, pompée en surface et injectée dans la couche de sédiments, a deux actions :

- Désolidarisation ou décohésion des sédiments ;
- Remise en mobilité des sédiments.

La mixture ainsi créée présente une densité supérieure à celle du milieu. Un courant de densité se forme donc, entretenu par l'action de la drague, les courants locaux sur le fond et la morphologie du site (pentes).

Ce courant se déplace sur le fond marin, sur une épaisseur de 1 à 3 m suivant les cas, et n'a que très peu d'interactions avec les autres courants locaux (expérience de Port Edgar, Ecosse, MACKIE ET AL. 1993).

La vitesse du courant de densité est variable suivant la morphologie du site et la vitesse des courants naturels, et est généralement de 0,3 à 2 m/s (SOARES 2006, BORST 1994, MEYER 2000, GINGER 2011).

5.2.2.2. Devenir des sédiments remis en suspension par le DIE

Le principe du dragage à injection repose sur trois éléments fondamentaux, desquels découlent l'ensemble des incidences potentielles :

- Modification des fonds ;
- Génération d'un courant de densité (principe de la technique) ;
- Génération de MES.

Ces trois effets directs du dragage à injection d'eau peuvent avoir un impact sur la qualité de l'eau (turbidité, contaminants...), le milieu physique (nature des fonds, équilibre hydrosédimentaire) ou les habitats (graviers...). Ces impacts directs et indirects peuvent ensuite avoir des effets sur le milieu vivant ou humain (cf. [Figure 67](#) ; ces éléments sont développés dans les paragraphes spécifiques 5.6 et 5.8).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.2.2.2.1. Résultats des suivis réalisés dans l'estuaire de la Gironde par le GPMB

De nombreuses opérations accompagnées de suivi ont été réalisées depuis 2009 par le GPMB dans l'estuaire. Elles sont précisées dans le tableau ci-après :

Tableau 44 – Suivis de chantiers du DIE dans l'estuaire de la Gironde par le GPMB depuis 2009

Chantiers					Source
Date	Lieu	Société	Volume	Type de suivi	
2009 (7 au 28 sept.)	Passe de Bellerive	Sodranord	404 022 m ³	Analyses physico-chimiques de la colonne d'eau Analyses physico-chimiques et biologiques du sédiment Sur différentes stations Suivi ADCP pour évaluer le panache turbide	Rapport GINGER, 2010.
	Poste 512	Sodranord			Rapport GEO-Transfert, 2010.
2009 (2 au 29 sept.)	Passe de Bec aval	Sodranord	10 688 m ³		Rapport GINGER / GEO-Transfert, 2011.
2011 (20 mars au 18 avril)	Passe de Bellerive	Sodranord	Non spécifié		
	Passe de Caillou	Sodranord			
	Passe de Pachan	Sodranord			
2015 (5 février)	Port-Bloc	SDI	Non spécifié	Suivi ADCP pour évaluer le panache turbide	Rapport GEO-Transfert, 2015 (lot 2).
2015 (22 janvier au 14 février)	Passe St-Julien-Pauillac	SDI	Non spécifié	Analyses physico-chimiques et biologiques du sédiment Sur différentes stations	Rapport GINGER, 2015 (lot1)
	Passe de Bellerive	SDI			

Campagnes de 2009

Le suivi de l'expérimentation a reposé sur 13 stations réparties le long de l'estuaire :

- 6 stations pour le suivi spécifique du dragage de Bellerive et du poste 512 : 4 stations implantées dans l'emprise de la passe, une en aval, deux en amont ;
- 5 stations pour le suivi spécifique du dragage de Bec Aval : 2 stations implantées dans l'emprise de la passe, 3 à l'aval de la passe ;
- 2 stations de part et d'autre de la confluence Garonne-Dordogne.

Concernant l'analyse des MES, le suivi environnemental a compris l'analyse de :

- 5 campagnes d'étude de la qualité de l'eau (13 stations) ;
- 3 campagnes de suivi par ADCP.

Les MES mesurées montrent un gradient amont aval sur l'ensemble de la zone d'étude :

- Les plus fortes concentrations sont observées à l'amont (environ 870 mg/l en surface et 7100 mg/l en profondeur) et les plus faibles à l'aval (environ 400 mg/l en surface et 800 mg/l en profondeur).
- Les concentrations en MES sont 8 à 10 fois plus importantes en profondeur qu'en surface, avec des pics sur le fond compris entre 20g/l et 30 g/l. Il est néanmoins probablement que

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

les mesures aient pris en compte une partie de la crème de vase ce qui expliquerait des fortes concentrations.

- Un retour à la normal vis-à-vis des concentrations a été observé quelques jours après l'arrêt des opérations.

Campagne de 2011

Le suivi de l'expérimentation de la qualité des eaux a reposé sur 8 stations réparties le long de la Garonne (profil longitudinal), dont 6 dans l'emprise des passes ; pour le suivi spécifique du dragage de Bellerive et du poste 512 : 4 stations implantées dans l'emprise de la passe, une en aval, deux en amont ;

Concernant l'analyse des MES, le suivi environnemental a compris l'analyse de :

- 3 campagnes d'étude de la qualité de l'eau (8 stations) ;
- 4 campagnes de suivi par ADCP.

Les résultats montrent :

- Variation en fonction du coefficient des marées : les dragages en morte-eau (30 mars 2011) semblent induire des concentrations plus élevées dans la colonne d'eau (jusqu'à 16 g/L à environ 3-4 m de profondeur) que ceux réalisées pour des coefficients de marée plus élevés (04-07 et 08 avril 2011, concentration jusqu'à 8 g/L à environ 3-4 m de profondeur).
- Emprise du panache : il peut être découpé en 3 parties :
 1. *Entre 0 et 70 m en aval de la drague :*
 - l'influence de la drague sur la turbidité de la masse d'eau est très importante.
 - La structure latérale du panache est très nette : le passage de la zone « naturelle » à la zone du panache est très brutal (moins de 5 m), avec un gradient de turbidité fort.
 - La largeur du panache concentré ($c > 4$ g/L) est d'environ 30 m et son extension verticale atteint presque la surface ;
 2. *Entre 70 et 300 m en aval de la drague :*
 - l'influence de la drague sur la turbidité de la masse d'eau est beaucoup moins importante, mais reste significative ;
 - La structure latérale du panache est bien identifiable, mais la transition avec la zone « naturelle » est moins franche, avec un gradient de turbidité plus faible ;
 - La largeur du panache concentré ($c > 4$ g/L) est encore d'une trentaine de mètres.
 3. *Au-delà de 300 m en aval de la drague :*
 - l'influence de la drague sur la turbidité de la masse d'eau devient non significative ;
 - La zone concentrée caractéristique du panache est localisée près du fond et ne fait plus qu'une dizaine de mètres de large ;
 - Le panache se « dilue » rapidement et sa signature se mélange à celle de la turbidité ambiante (« naturelle »).

Campagne de 2015

Le suivi a concerné l'opération à Port Bloc. Il a été effectué par ADCP avant, pendant et après travaux. Les techniques mises en œuvre ont permis de déterminer les caractéristiques de la masse d'eau (vitesses et directions des courants, quantité de matières en suspension) dans la zone d'étude pendant ces trois phases.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Avant travaux : les conditions hydrodynamiques permettent une homogénéisation de la colonne d'eau, avec des concentrations en MES de l'ordre de 0,3 à 0,7 g/L.
- Pendant les travaux : l'impact des dragages sur la colonne d'eau est significatif :
 - Quel que soit le moment de la marée et malgré une augmentation des courants entre PM et PM+3, les travaux génèrent une couche fortement turbide ($c > 3$ g/l) qui reste près du fond à la sortie du port. Il y a peu d'échange entre cette couche très dense et la partie supérieure de la colonne d'eau. Cette stratification est observée sur environ 250 m de distance de l'entrée du port.
 - Cette couche turbide et dense « s'écoule », à la faveur de courants faibles près du fond (< 1 m/s), dans la fosse qui se trouve le long de la partie Est de la pointe du Verdon.
 - Lorsque la masse d'eau passe à l'Ouest de la digue de la Pointe du Verdon la plus grande partie du panache et de la couche turbide disparaît. Les concentrations en MES sont de plus en plus faibles au fur et à mesure que la masse d'eau s'éloigne de la pointe de la digue.
- Après travaux : moins d'une semaine après les travaux, la colonne d'eau, dans la zone d'étude, a retrouvée des niveaux de concentrations en matières en suspension comparable à ceux observés avant les travaux de dragages ($c < 400$ mg/l).

5.2.2.2.2. Résultats de la modélisation

Cf. **Planche 44** et **Planche 45**

Sur la période modélisée (année hydrologique 2008-2009), des opérations de dragage par injection d'eau ont été réalisées au niveau des zones de Bellerive et Bec aval (distance entre ces deux expérimentations : < 5 km). Elles ont concerné environ 270 000t.

Le dragage par injection d'eau a été effectué, sur Bellerive, entre le 14 et 25 septembre 2009. Dans le même temps, l'expérimentation sur Bec Aval a été effectuée pendant la journée du 22 septembre.

Il est donc difficile de déterminer l'augmentation liée à l'opération spécifique de Bec aval car :

- L'expérimentation a été réalisée au milieu de celle de Bellerive. Par conséquent, l'impact en MES est noyé dans celui du secteur Bellerive.
- Les volumes considérés sont nettement plus important pour Bellerive.

Par conséquent, seule l'analyse des résultats de la modélisation sur le rejet de Bellerive a pu être réalisée.

L'analyse des concentrations de MES a été effectuée au fond et en surface, car la concentration moyenne sur la verticale donne un effet trompeur, puisque la majeure partie se trouve sur les premiers mètres au fond.

Ces résultats ont été vérifiés à l'aide des mesures effectuées lors de l'expérimentation de DIE de septembre 2009 dans l'estuaire de la Gironde (cf. paragraphe ci-après).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Figure 69. Déplacement temporel du point de rejet modélisé pour simuler les activités de Jetsed



Les concentrations au fond peuvent atteindre 6g/l sur une couche d'environ 1 à 2m. Les concentrations chutent fortement au-dessus de cette couche vers de faibles valeurs à la surface. Quelques heures après l'arrêt des dragages, l'impact n'est quasiment plus perceptible.

L'impact moyen sur la marée a été estimé à 0,7 g/l au fond et 0,1 g/l en surface (0,3 g/l en moyenne sur la verticale). Cet impact assez marqué s'explique par le fait que :

- Le dragage par injection est une remobilisation du sédiment en continu sur plusieurs heures, en période de jusant ;
- Le sédiment reste dans la partie basse de l'écoulement et il est concentré dans le chenal de navigation ;
- Le dragage par injection a été effectué sur une période d'étiage, dans une zone où le sédiment en suspension a tendance à s'accumuler pour ce type de débit. On voit d'ailleurs que sur les 3 derniers mois, la MES augmente sur ces points alors qu'il n'y a pas de dragage par injection d'eau. Cette dynamique estuarienne en période d'étiage ne favorise donc pas la dispersion du sédiment.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

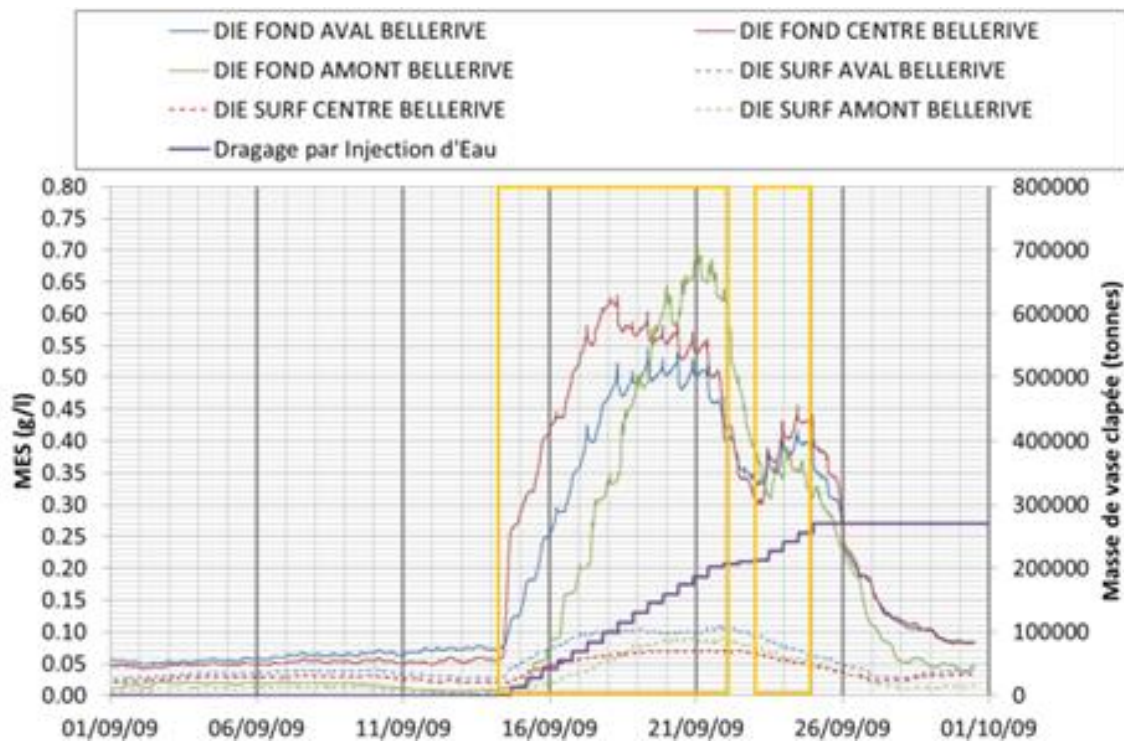


Figure 70 : Concentration en MES au fond et en surface lors de l'expérimentation DIE de Bellerive

5.2.2.2.3. Bilan sur la DIE

De ces expérimentations et de cette modélisation, il ressort :

- Evolution du panache dans la colonne d'eau : les profils verticaux de MES donnent des concentrations maximales de plusieurs g/l sur une couche d'environ 2 à 3 mètres sur le fond puis on obtient une décroissance rapide de la concentration jusqu'à la surface. On notera que quelques heures après l'arrêt des dragages, l'impact n'est quasiment plus perceptible.
- Emprise du panache turbide : le sédiment reste essentiellement dans la partie basse de l'écoulement et il est concentré dans le chenal de navigation. Les rapports de suivis (2009, 2011 et 2015) précisent que les opérations n'ont qu'un impact très limité :
 - Dans l'axe du chantier et donc dans celui de la Garonne, l'impact notable est localisé dans une zone de plusieurs dizaines de mètres aval de la barge. Passé cette distance, les effets de l'opération sont faibles et invisibles à environ 300 mètres de la barge.
 - Perpendiculairement au fleuve, le panache est visible sur une largeur d'environ quelques dizaines de mètres (30 m en 2011), soit 4% de la largeur moyenne de la Garonne (considérée comme étant de 800 mètres) et 20% de la largeur du chenal de navigation (150 mètres). Peu de dispersion latérale est en générale constatée.
- Intensité des MES : l'intensité au fond peut atteindre au fond 5-10 g/l.

L'effet du dragage à injection d'eau est de fluidifier, remettre en mobilité les sédiments. Cet effet a été identifié, soit sous forme d'une réduction de l'épaisseur de la crème de vase, soit sous forme d'une couche de vases très peu dense, non assimilable à de la crème de vase.

Cependant l'effet du dragage est peu différenciable des évolutions naturelles de la crème de vase : interfaces en voie de consolidation, interfaces mobiles et évolutives dans le temps avec déconsolidation sous forme de crème de vase liquide et de couche fluide peu dense. S'il est évident que le dragage favorise la déconsolidation des sédiments, il semble très difficile de

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

dissocier son impact de celui des variations tidales, quand bien même il est réalisé en situation de mortes-eaux.

Le DIE ne contribue pas directement à alimenter le bouchon vaseux puisque le courant de densité généré est concentré sur le fond. Il ne fait qu'augmenter les stocks pouvant, sous l'effet des conditions hydrodynamiques naturelles, être remis en suspension.

Cette remobilisation se fait sur le court terme. Elle est ensuite soumise aux processus naturels (consolidation ou remises en suspension).

A moyen terme, les sédiments remis en mobilité sur le fond devraient contribuer à augmenter localement le stock de crème de vase liquide ou le stock de vases fluides et participer à la dynamique sédimentaire liée aux courants de marée, avec une alternance entre processus de dépôt et d'érosion. L'augmentation locale du stock de crème de vase liquide ou du stock de vases fluides peut être plus ou moins marquée par la dynamique d'alternance naturelle entre les processus de dépôts en mortes-eaux (alimentation de la crème de vase) et les processus d'érosion (remises en suspension dans la colonne d'eau et alimentation du bouchon vaseux) et par la dynamique du bouchon vaseux (remontée vers l'amont en étiage et redescente vers l'aval lorsque les débits remontent).

5.2.3. Dragage aspiratrice stationnaire (DAS)

D'après Anchor Environmental (2003), les re-suspensions, en termes de ratio du volume total dragué, varient entre 0.17 et 5.14 % (cf. [Tableau 45](#)). En moyenne, les matériaux relâchés dans la colonne d'eau ne dépassent pas les 0.77% du volume dragué. Dans 50% des cas, ils ne dépassent pas les 0.8% (Anchor Environmental, 2003).

Cela représente un volume faible de matériaux, qui est en outre remis en suspension à proximité du fond.

La remise en suspension de sédiments générée par le dragage de la DAS est considéré comme négligeable et temporaire.

Tableau 45 – Exemples de mesures in-situ de remises en suspension sur le fond pour des dragues aspiratrices stationnaires (Anchor Environmental, 2003).

Caractéristiques des matériaux –pourcentage de fines	Facies	Taux de remise en suspension (% de matériaux dragués)
2.5%	Sable	0.01– 0.04 %
31.8%	Limon sableux	0.04 – 0.16 %
69.2%	Limon argileux	1.81 – 5.14 %
94.4%	Argile vaseuse	0.28 – 1.13%
99.0%	Argile vaseuse	0.17-0.60%
99.0%	Argile	1.36-4.14 %

Les effets de ce type de dragage sur les concentrations en MES peuvent être considérés comme très faibles voir négligeables sur la zone de dragage.

5.2.4. Dragage mécanique (DAB)

Le dragage mécanique produit habituellement un nuage turbide concentré autour de la benne :

- Pendant la descente et la remontée dans la colonne d'eau ;
- Lors du franchissement de l'interface eau/air ;
- A l'impact direct de la pelle sur le sol.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

D'après l'étude « *Literature review of effects of Suspended Sediments due to dredging operations* » (2003), le taux de remise en suspension par dragage mécanique est variable, généralement inférieur à 5% (taux moyen : 2%) pour des sédiments à fortes proportions de fines :

Tableau 46 – Exemple de turbidité engendrée par une drague mécanique

Caractéristiques des matériaux – pourcentage de fines	Taux de remise en suspension	Source
Faible	0.23 – 2.39 %	<i>Pennekamp et al. (1996)</i>
10.2%	0.18 – 2.29 %	<i>Nakai (1978)</i>
22.7%	1.97 – 6.34 %	<i>Nakai (1978)</i>
45%	0.1 – 1.8 %	<i>Nakai (1978)</i>
62 %	0.08 – 1.35 %	<i>Nakai (1978)</i>
87.5	0.09 – 1.94 %	<i>Nakai (1978)</i>

Les remises en suspensions sont proportionnelles au volume total dragué, sur un ratio pouvant aller de 0,1 à 10 % du volume dragué in situ, en restant inférieur à 2 à 3% en moyenne.

Les moyennes de MES observées lors des dragages mécaniques varient entre 10 et 450 mg/l au-dessus des valeurs naturelles du site (bruit de fond), avec une moyenne d'environ 90 mg/l, selon les différents retours d'expériences disponibles (Anchor Environmental 2003).

Une série de mesures réalisée à Boston Harbor a permis à Hayes et al. (2000) de fournir un aperçu de la distribution verticale de ces remises en suspension dans la colonne d'eau pour les bennes preneuses (voir figure ci-après). On peut observer que les quantités de matières en suspension sont maximales au fond et à la surface de l'eau. Ceci peut s'expliquer par l'impact de la drague sur le fond et par le franchissement de la surface libre (lessivage des sédiments dans la benne). Les augmentations mesurées sont en moyenne de l'ordre de 100 à 300 mg/l.

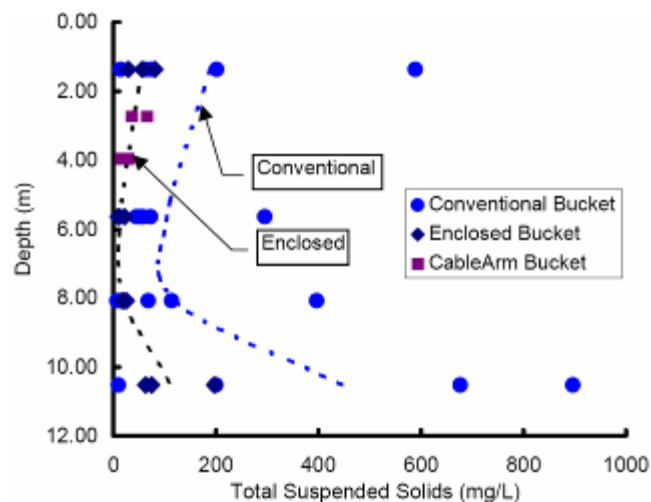


Figure 71. Distribution verticale des matériaux en suspension pour différents types de bennes preneuses (Hayes et al. 2000)

Les effets de ce type de dragage sur les concentrations en MES peuvent être considérés comme très faibles voir négligeables sur la zone de dragage.

5.3. DEVENIR DES SEDIMENTS IMMERGES

5.3.1. Immersion des sédiments par la drague aspiratrice stationnaire ou la drague mécanique

5.3.1.1. Processus lors de l'immersion

Dans le cas d'un rejet par clapage par faible profondeur, le matériau, en raison de sa densité est rapidement entraîné dans un mouvement de chute vers le fond qui peut se décomposer en quatre phases (Boutin, 2000) :

- Convection ou descente en masse : Cette étape se caractérise par une descente rapide des matériaux sous l'effet conjugué de leur densité et de leur cohésion. On notera que durant cette étape, le panache se comporte comme une « avalanche » et que sa vitesse est susceptible de dépasser d'un ordre de grandeur la vitesse de chute habituelle des sédiments qui composent le rejet.
- Effondrement dynamique : L'effondrement dynamique se produit lors du contact avec le fond de la masse entraînée dans sa descente gravitaire. Cette étape correspond à la formation d'un courant turbide qui s'étale radialement autour du point d'impact.
- Formation et évolution des dépôts : Une fois placés au fond, les matériaux de dragage auront une tendance naturelle à se consolider et à devenir de plus en plus résistants à l'érosion au cours du temps. Ils sont aussi susceptibles d'être remobilisés par les agents dynamiques naturels et notamment les courants et les vagues et d'être ainsi dispersés.
- Diffusion passive : Durant l'étape de convection, une certaine fraction du matériau va se trouver séparée de l'ensemble par la turbulence engendrée et se retrouver en suspension dans la colonne d'eau. Cette fraction va subir une décantation classique et se trouver convectée et dispersée dans le milieu récepteur. Elle est susceptible de se déposer plus loin en dehors de la zone de clapage.

5.3.1.2. Dépôt et stabilité des sédiments dragués sur les zones de vidage

Il n'existe pas de mesures en Gironde permettant de déterminer les sédiments qui se déposent à court terme sur les fonds et ceux qui se dispersent immédiatement dans la colonne d'eau. D'après la bibliographie existante et les mesures effectuées notamment en Loire, le taux de stabilité en masse varie de 50 à 80% (sédiments restant sur les fonds à court terme), suivant les conditions hydrauliques et la nature des sédiments. Cependant, le taux de stabilité en Gironde est probablement plus important car la hauteur d'eau est moins importante sur les zones de vidage en Gironde qu'en Loire.

A moyen terme, l'analyse de la stabilité des sédiments dragués sur les zones de vidage a été réalisée sur la base :

- D'une expertise hydrosédimentaire effectuée essentiellement à partir des levés bathymétriques des zones de vidage qui a permis de déterminer si les zones de vidage étaient dispersives ;
- Des résultats du calcul hydrosédimentaire qui a complété l'expertise par l'identification de l'étendue du panache turbide et des zones potentielles de dépôts.

5.3.1.2.1. Stabilité à moyen terme : expertise hydrosédimentaire de plusieurs zones d'immersion

Les bathymétries des 4 zones d'immersion les plus utilisées (zones 1.8, 2.4, 3.4 et 3.7.) ont été analysées entre 2008 et 2009. Ce choix a été fait compte tenu des volumes immergés : pour observer des évolutions bathymétriques associées à un dépôt de sédiments, le volume clapé doit être important pour que les évolutions associées soient caractérisables et supérieures à l'incertitude des mesures bathymétriques (+/-0,1 m) (cf. exemple **Planche 46** à **Planche 49**).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Les résultats de ces analyses sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau 47 – Evolutions bathymétriques sur les zones de vidage et volumes clapés.

ZV	Période considérée	Nb mois	Analyse volumes clapés	Analyses bathymétriques (cubatures)	
			Volumes clapés (m3)*	Dépôt (m ³)	Erosion (m ³)
1.8	[Nov2007 - Juil2008[	8	absence données volumes 2007	données scan en nov2007	données scan en nov2007
	[Juin2008 - Déc2009[	18	1 562 362	246 570	-65 877
	[Déc2009 - Sep2010[	9	1 704 387	116 299	-87 483
	[Sep2010 - Oct2011[	12	779 248	347 190	-127 052
	[Oct2011 - Mai2012]	8	1 858 757	98 375	-440 532
	]Mai2012 - Avr2013]	11	absence données volumes 2013	34 411	-208 685
2.4	[Oct2007 - Juil2008]	10	absence données volumes 2007	données scan en oct2007	données scan en oct2007
	]Juil2008 - Oct2009[	14	5 024 296	80 728	-171 105
	[Oct2009 - Oct2010[	12	3 306 190	72 068	-111 028
	[Oct2010 - Oct2011[	12	3 715 946	289 249	-41 827
	[Oct2011 - Mai2012]	8	1 403 781	64 889	-75 879
	]Mai2012 - Avr2013]	11	absence données volumes 2013	127 754	-39 354
3.4	[Déc2007 - Juil2008[	7	60 925	données scan en dec2007	données scan en dec2007
	]Juil2008 - Sep2010]	15	1 111 918	17 650	-829 942
	]Sep2010 - Juil2012]	10	2 871 021	487 799	-58 565
	]Juil2012 - Sep2013]	14	absence données volumes 2013	123 994	-259 866
3.7	]Nov2007 - Juil2008]	8	1 131 596	données scan en nov2007	données scan en nov2007
	]Juil2008 - Jan2010]	6	3 336 914	77 295	-941 680
	]Jan2010 - Jan2011]	12	2 850 196	296 548	-225 536
	]Jan2011 - Fev2012[	12	2 644 571	51 668	-390 375
	]Fev2012 - Sep2013[	19	absence données volumes 2013	895 116	-30 216

* ramenés à la densité standard 1.4

Il ressort, de cette expertise que :

- Les volumes immergés (en vert) sont très largement supérieurs aux évolutions observées sur les zones de vidage (en rouge et bleu). Ceci signifie que les matériaux clapés ne sont pas stables sur les zones de vidage et sont repris par la dynamique estuarienne et emportés hors de ces zones.
- Sur plusieurs périodes, les volumes « d'érosion – en rouge » observés sur les zones de vidage sont supérieurs aux volumes « de dépôt – en bleu ». Cela signifie non seulement que les volumes immergés ne sont pas retrouvés sur les zones mais également que la zone est en érosion (les fonds naturels ne sont pas stables).

Ainsi, les zones d'immersion sont très dispersives quelles que soient les saisons.

L'immersion des matériaux dragués ne semble donc pas avoir d'influence sur l'évolution bathymétrique des fonds sur ces 4 zones. Les évolutions morphologiques observées sont consécutives à la dynamique naturelle de la section d'écoulement, plus ou moins contrainte par les bancs de sable présents à proximité.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.3.1.2.2. Modélisation : détermination des contraintes d'érosion

Le caractère dispersif des zones d'immersion a été approché à partir des contraintes critiques d'érosion générées par les forçages hydrodynamiques de la modélisation.

Afin de cartographier les zones géographiques plus ou moins dispersives de l'estuaire, il a été calculé le temps annuel où la contrainte hydrodynamique (directement liée aux caractéristiques de l'écoulement) dépasse la valeur seuil de 0,573 N/m². Cette valeur de contrainte critique est liée aux caractéristiques du dépôt de dragage directement après clapage. Le but étant de voir les zones où les dépôts seront directement repris par l'écoulement (contrainte hydrodynamique > contrainte critique du sédiment) et les zones dites plus stables où les dépôts pourront s'accumuler (contrainte hydrodynamique < contrainte critique du sédiment).

Tableau 48 – Nombre de jours /an pendant lequel la contrainte de 0,573 N/m² est dépassée

Zone d'immersion	Nombre de jours de dépassement de la contrainte d'érosion 0.573 N/m ²				
	- dispersif		+ dispersif		
	5-10 jours	10-50 jours	50-100 jours	100-150 jours	150-200 jours
1,1					
1,2					
1,3					
1,5					
1,6					
1,8					
2,1					
2,4					
3,1					
3,3					
3,4					
3,5					
3,7					
4,1					
4,3					

Cette analyse confirme le caractère dispersif des zones de vidage.

5.3.1.3. Devenir des sédiments non stabilisés

L'analyse des sédiments non déposés sur les zones de vidage a été réalisée à l'aide de la modélisation hydrosédimentaire mise en œuvre dans le cadre du Plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde.

Cette modélisation s'est faite en eau claire, soit en l'absence des MES présents naturellement (cf.paragraphe 3.1.5). Seuls les mouvements liés aux dragage/immersion ont donc été considérés. Cela présente l'avantage donc de ne prendre en compte que les effets dus aux opérations d'immersion : **en effet, les quantités de sédiments clapées en comparaisons des quantités de sédiments qui se déplacent naturellement sont infimes** et deviennent rapidement du même ordre de grandeur que la précision de résolution des meilleurs solveurs et schémas numériques opérationnels. Ainsi, dans le cas d'une modélisation « clapage + bouchon vaseux », l'impact des clapages aurait été difficilement discernable.

5.3.1.3.1. Répartition des masses immergés

Sur l'année 2008-2009 modélisée, il a été immergé au total :

- 5,66 millions de tonnes de vases (immersion + surverse de densification + dragage par injection d'eau) :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Une minorité de vases (environ 1 million de tonnes, soit 15-20 % des vases clapées) est expulsée vers le large ; mais reste localisée dans l'embouchure
- La majorité reste dans l'estuaire interne puisque 4,6 millions de tonnes (soit 80 à 85%) se retrouvent dans la zone Verdon-Bordeaux :
- 4,2 à 4,5 millions de tonnes (environ 75 à 80% des vases clapées), se déposent sur les fonds de l'estuaire.
- Seulement 0,1 à 0,4 millions de tonnes de vases (soit environ 2 à 7 % des vases clapées) restent en suspension dans cette zone et adoptent la dynamique d'un bouchon vaseux.
- 1,2 M tonnes de sables clapés dont 1,0 M tonnes (80%) dans l'estuaire. A la fin du calcul, il reste un peu moins de 900 000 tonnes dans l'estuaire (90%). Le sable se dépose sur les fonds ; il ne reste pas en suspension.

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

Tableau 49 – Bilan des masses rejetées dans l'estuaire

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

Les sédiments sont essentiellement localisés sur les zones 3 (Richard Pauillac) et 4 (Pauillac-Ambès) (zones principales de clapage, présence du bouchon vaseux naturel).

Sur ce bilan des masses, il a été également examiné l'influence de différents facteurs :

- Influence de la saisonnalité : un bilan de flux a été réalisé à l'échelle de l'année et des 4 saisons. Il ressort :
 - Période estivale (faible débit) : elle est propice à la conservation des sédiments à l'intérieur de l'estuaire (11% des masses clapées de vases sont expulsées) ;
 - Période hivernale (fort débit) : elle est favorable pour expulser les sédiments au large (27% des vases sont expulsés).
- Influence d'une crue : l'analyse a porté sur la crue de janv-fév. 2009. Le flux sortant calculé sur cette période est de 216 000 tonnes. Il correspond à :
 - 72 % du flux sortant calculé sur la période d'hiver (1er janvier au 1er avril) ;
 - 77% du flux sortant calculé sur la période d'automne ou de printemps ;
 - 122% du flux sortant calculé sur la période estivale.

Ceci montre l'influence des crues et donc des forts débits dans l'expulsion des sédiments.

- Influence de la marée : les opérations de clapage se font indifféremment au flot et au jusant (sauf pour le DIE). Par conséquent, il est délicat de pouvoir distinguer l'influence du flot et jusant. L'expertise montre que l'influence de la marée est temporaire, non significative à l'échelle de l'année. Les zones de clapage étant dispersives, il n'y a pas de différence importante entre un clapage en mortes-eaux ou en vives-eaux.

5.3.1.3.2. MES liées aux rejets

Les concentrations moyennes en MES dans l'estuaire sont logiquement observées à proximité des zones de clapage. Les MES dues aux clapages sont ensuite dispersées par les courants ce qui

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

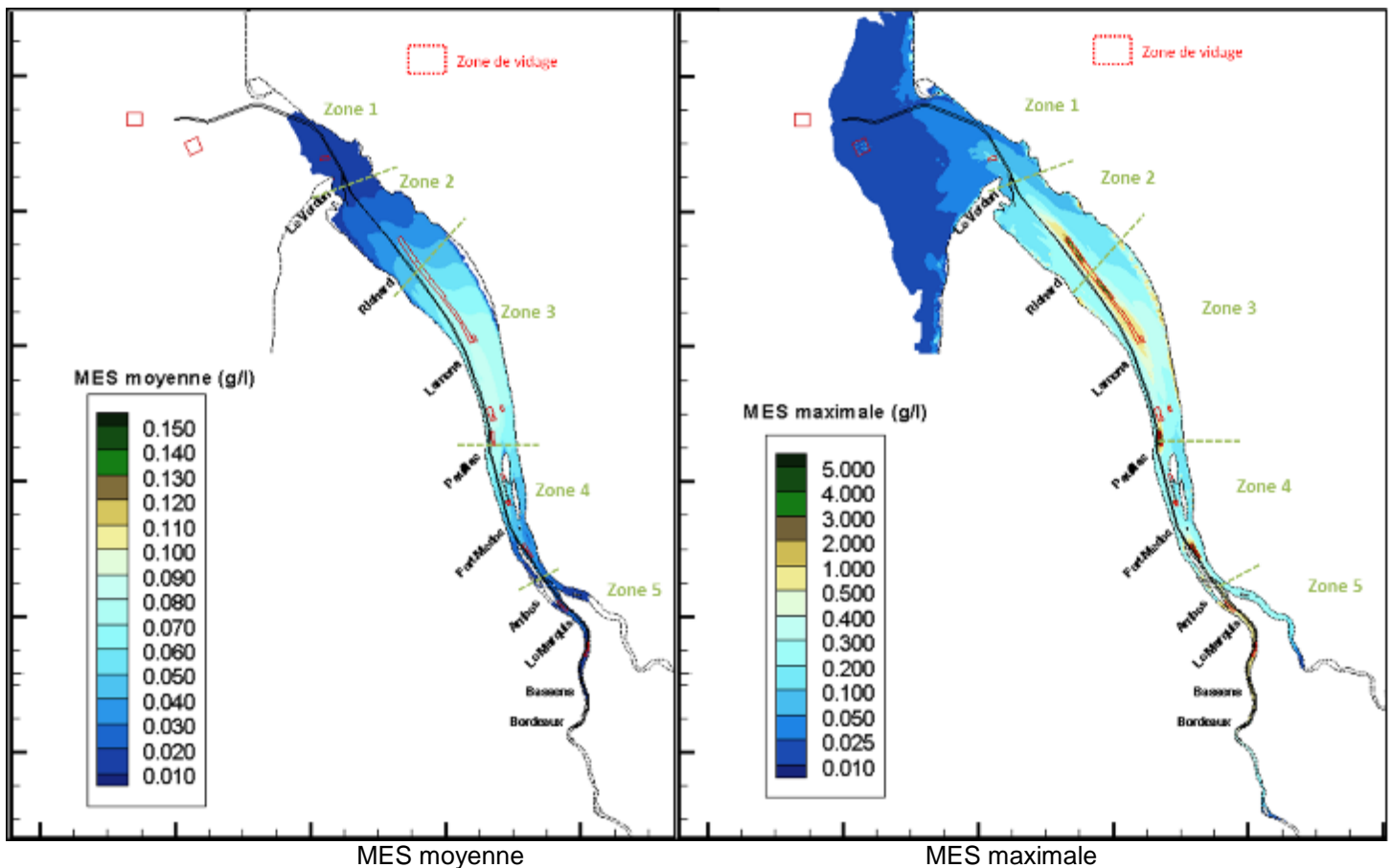
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

explique qu'on ne retrouve pas les valeurs observées autour des points de clapage ailleurs dans l'estuaire.

A l'échelle de l'estuaire, les « moyennes » en MES sont plus importantes entre Laména et Pauillac (environ 0,085 g/l). Les plus faibles concentrations « moyennes » sont observées à l'aval et l'amont de l'estuaire. Ces résultats sont cohérents avec la localisation du bouchon vaseux dans l'estuaire de la Gironde (cf. **Planche 51** à **Planche 54**).

Les concentrations MES « maximums » sont observées au niveau des zones d'immersion les plus utilisées (masses clapées les plus importantes : 3.7, 3.4, 2.4 et 1.8).

Figure 72. Cartes de MES moyenne et maximale en vase -vue générale



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

Dans le cas modélisé (année hydrologique 2008-2009), l'emprise du panache turbide liée aux opérations reste essentiellement dans l'estuaire, donc hors perthuis. En effet :

- Les concentrations en MES moyenne sont inférieures à 0,01g/l à l'extérieur de l'estuaire ;
- Les concentrations en MES maximal sont inférieures à 0,01g/l à l'extérieur de l'estuaire.

Le temps de dépassement calculé pour les seuils 50 mg/l et 500 mg/l confirment ces emprises (cf. **Planche 55** et **Planche 56**) :

- Temps de dépassement du seuil de 50 mg/l : ce seuil permet de visualiser la position de la zone maximale de turbidité liée aux immersions/rejets. Il se trouve entre Pauillac et Laména ce qui correspond bien à ce qui est observé pour le bouchon vaseux de l'estuaire en nature et en moyenne dans l'année. Effectivement, en nature, une partie du bouchon vaseux se trouve à un moment de la marée aux alentours de Pauillac pour quasiment tous les débits hormis les périodes de crue et hors débits d'étiage.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Le nombre de jours par an pour lesquels la concentration est supérieure à 50 mg/l est de 300. A l'aval, ce nombre de jours de dépassement décroît progressivement pour atteindre au niveau de l'embouchure (Verdon) moins d'un jour par an. Il est nul à l'extérieur de l'estuaire, en particulier au niveau des perthuis.

- Temps de dépassement du seuil de 500 mg/l : ce seuil montre que les plus fortes concentrations sont localisées autour des principales zones de vidage et sur la zone Ambès-Bordeaux (liés à l'opération de DIE dont l'intensité est moyenné sur toute la colonne d'eau ce qui maximalise les effets réels du DIE).

Tableau 50 – Nombre de jours par an de dépassement du seuil de 500mg/l

	Nombre de jours par an de dépassement du seuil 500 mg/l
Zones de vidage 3.1 à 3.7	< 0,5 jr
Zone de vidage 2.4 et 1.8	1 jr
Zone Ambès-Bordeaux	1 jr

Les concentrations au fond et en surface sont qualitativement très proches spatialement. Cependant, les intensités sont différentes, nettement plus fortes au fond qu'en surface. Sur les valeurs moyennes (temporelles) les concentrations sont environ 10 fois plus fortes au fond qu'en surface.

Bilan des MES liées aux immersions sur les zones de vidage

Les concentrations moyennes en MES (moyenne verticale) issues des rejets (modélisation) sont très faibles, inférieures à 0,1 g/l. Elles sont donc nettement inférieures aux concentrations moyennes de surface (approximativement autour de 0,5 g/l) dans l'estuaire en l'absence du bouchon vaseux.

Elles sont plus importantes au droit des zones, ainsi qu'en amont et aval des zones de vidage (soit dans les veines de courant). Les concentrations maximales sont ainsi observées temporairement (lors des opérations de rejet) dans l'emprise des zones de vidage : elles peuvent atteindre 3 à 5 g/l soit une concentration équivalente à celle de surface en présence du bouchon vaseux.

Le nuage turbide lié aux immersions reste dans l'estuaire, hors zones des perthuis.

Nota : Le principe du dragage/immersion en fonction de l'hydrologie (soit en fonction de la position du bouchon vaseux) permet de limiter les concentrations de MES lorsque celles-ci sont déjà très fortes. L'utilisation du DIE préférentiellement en Garonne va également dans ce sens.

5.3.1.3.3. Dépôts sur les fonds

Cf. **Planche 57 à Planche 60**

Les zones de vidage sont très dispersives ce qui limite fortement les dépôts. Ainsi, l'impact est localisé et temporaire (dispersion rapide et recolonisation en dehors des périodes d'immersion) :

- A court terme, les dépôts sont principalement localisés sur et autour des zones de vidage.
- A moyen terme (quelques jours, semaines ou mois), les matériaux sont dispersés vers :
 - Zones intertidales : les dépôts moyens peuvent atteindre très localement 10 cm, mais sont très généralement inférieurs à 5 cm. Le maximum de dépôt modélisé pendant l'année hydrologique représentée est inférieur à 20 cm. Il s'agit d'un maximum ponctuel dans le temps et l'espace ;

Nota : La stratégie de ne pas claper sur les zones intertidales permet de limiter ainsi les effets sur ces zones très sensibles.

- Zones de calme hydrodynamique, soit au niveau des îles ou bras secondaires : les dépôts moyens peuvent atteindre très localement 10 cm, mais sont très

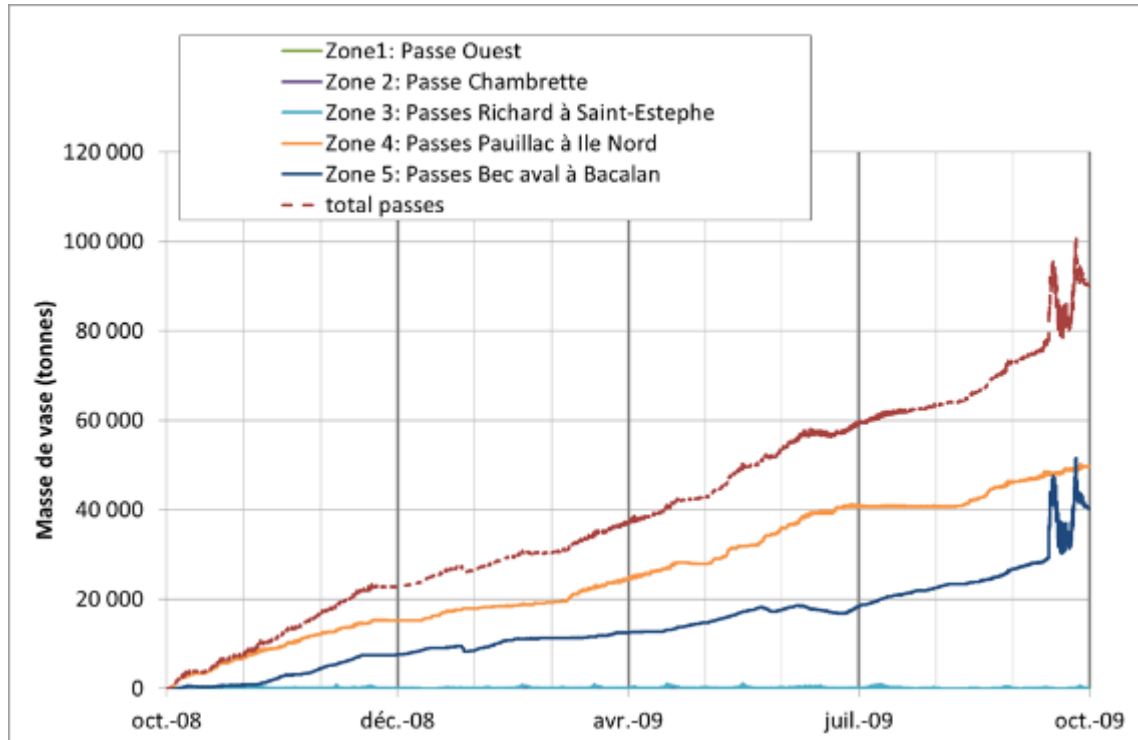
Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

généralement inférieurs à 1 cm. Le maximum de dépôt modélisé pendant l'année hydrologique représentée est inférieur à 20 cm. Il s'agit d'un maximum ponctuel dans le temps et l'espace.

Nota : Les quantités de vases qui se déposent dans les passes sont minimales ; sur l'ensemble des passes (emprise exacte du chenal), cela représente moins de 2% de la quantité totale de vase clapée



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

Figure 73 : Courbes temporelles des masses de vases au sol dans les passes

Dans l'ensemble, les dépôts liés aux opérations d'immersion restent très faibles, localisés sur les zones de calme hydrodynamique à l'intérieur de l'estuaire (donc hors zones des perthuis) ; et largement inférieurs aux dépôts et évolutions naturelles de l'estuaire.

5.3.1.4. Devenir des sédiments rejetés par conduite (DAS)

Ces opérations concernent essentiellement le dragage des bassins à flots (volume faible) et de Port Bloc.

En 2009 et 2010, les opérations de dragage / rejet par conduite (via une DAS) ont fait l'objet d'un suivi, notamment des MES.

Ainsi, en 2010, le rapport de suivi GINGER « Suivi environnemental des travaux de dragage du bassin à flot n°1 » (2010) précise :

- « Lors de la première mission de suivi du 4 janvier 2010, les profils de Matières en Suspension (MES) enregistrés montrent que les MES sont faibles et stables sur les six premiers mètres, de 0,3 à 1,3 g/l, puis la charge particulaire augmente fortement au niveau du fond (proximité de la crème de vase) jusqu'à atteindre 7 à 10 g/l. »
- « Lors de la seconde mission de suivi du 18 janvier 2010, les concentrations de MES sont faibles et stables sur toute la colonne d'eau. Les valeurs mesurées varient de 0,5 à 1,7 g/l. On n'observe pas d'augmentation de la charge particulaire en s'approchant du fond du chenal. »

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués****Autorisation environnementale**Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

La station la plus proche du rejet des matériaux dragués ne montre aucune trace de forte charge particulaire par rapport aux conditions normales et reste quasi-stable sur toute la colonne d'eau (de 0,53 à 1,19 g/l de MES).

Ainsi, le rapport apporte les conclusions suivantes : « *Le suivi de la qualité des eaux mis en œuvre ne montre pas d'augmentation de la turbidité et des concentrations de MES durant les dragages. Les MES dans la colonne d'eau présentent un léger gradient amont-aval que l'on retrouve au niveau du paramètre Turbidité. La charge solide est plus importante au niveau du fond qu'en sub-surface. On ne remarque pas d'impact négatif des travaux sur la turbidité et des concentrations de MES au droit du rejet des sédiments.* ».

Il convient de noter que cette technique est mise en œuvre uniquement lorsque les débits sont importants (supérieurs à 350m³/s) et, par conséquent, hors présence du bouchon vaseux.

Ainsi, les effets hydrosédimentaires (MES, dépôts) peuvent être considérés comme négligeables à faibles et temporaires.

5.4. EFFETS SUR LE MILIEU PHYSIQUE

5.4.1. Effets sur la météorologie – climat - vulnérabilité du projet au changement climatique

Les opérations de dragage et immersion des sédiments de l'estuaire de la Gironde n'ont aucune incidence sur le climat local ; ceci quel que soit le mode de dragage utilisé.

Il convient également de noter que plusieurs actions sont mises en œuvre par le GPMB pour rendre plus efficace ces opérations ; ce qui limite les opérations de dragage et donc les émissions de gaz à effets de serre associées, à l'origine du réchauffement climatique. Par exemple :

- Planification du dragage en fonction de l'hydrologie (position du bouchon vaseux) ;
- Privilégier les zones d'immersion au droit ou à l'aval de la zone draguée ;
- Changement de dragues par des nouveaux modèles dont la consommation est réduite :
 - En 2013, remplacement de la drague Pierre-Lefort par l'Anita Conti (moins 20% de consommation de fioul) ;
 - Dans les prochaines années : Remplacement de la Maqueline par une drague (DIE).

En revanche, le changement climatique, qui a et aura des influences sur l'hydrologie, impacte d'ores et déjà les opérations de dragage/immersion. En effet, la baisse des débits et du nombre de crue va induire des évolutions quant à la position du maximum de turbidité et de la sédimentation.

5.4.2. Effets sur la bathymétrie

5.4.2.1. Opérations de dragage

Les opérations de dragage ont pour objectif de maintenir, à une cote fixe, les fonds du chenal de navigation. A ce titre, elles permettent de ralentir l'exhaussement des fonds sur l'ensemble du chenal et les ouvrages portuaires, autorisant ainsi la navigation commerciale.

Localement, cette pratique induit un remaniement du fond (création de sillons générés par le travail de l'élinde).

Spécificités du DIE

Le dragage à injection d'eau implique une relocalisation des matériaux dragués vers des zones basses. Certaines zones à proximité de la zone draguée peuvent ainsi connaître une sédimentation accrue si les sédiments ne sont pas rapidement dispersés.

Néanmoins, dans le cas de sédiments vaseux, comme c'est le cas majoritairement en Gironde, les effets du dragage à injection sur la bathymétrie sont à pondérer par les variations de densité.

Plus que des évolutions bathymétriques, on observe une évolution de l'épaisseur de la crème de vase ou des variations de densité (concentration) des différentes interfaces de vases présentes sur le fond.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.4.2.2. Opérations d'immersion / rejet

Immersion sur les zones de vidage (DAM, mécanique)

Une fois chargés dans le puits de la drague, les sédiments sont transportés et immergés sur des zones de vidages spécifiques. La très grande majorité des sédiments (75 à 80%, cf. paragraphe 5.3.1.3) se dépose dans l'estuaire (ils peuvent par la suite être remis en suspension au gré des conditions hydrauliques) :

- Dépôts sur les zones de vidage : ces zones sont très dispersives. Aussi, les dépôts sur ces zones de vidage sont très faibles. Les éventuelles modifications de la bathymétrie sur ces zones ne sont pas dues au dépôt des sédiments dragués, mais essentiellement aux mouvements hydrosédimentaires naturels de l'estuaire (cf. paragraphe 5.3.1.2).
- Dépôt sur les autres secteurs de l'estuaire : Une partie des sédiments immergés est déposée sur les zones de calme hydrodynamique. Cependant, les épaisseurs sont très faibles (cf. paragraphe 5.3) :
 - Zones intertidales : les dépôts moyens sont très généralement inférieurs à 5 cm ;
 - Zones au niveau des îles ou bras secondaires : les dépôts moyens sont très généralement inférieurs à 1 cm.
- Dépôt à l'extérieur de l'estuaire : la modélisation hydrosédimentaire a montré que les épaisseurs de dépôts à l'extérieur de l'estuaire sont négligeables (cf. 5.3.1.3.3).

Les effets sur la bathymétrie (estuaire et hors estuaire) peuvent être considérés comme négligeables.

Rejet par la DAS

Lors des dragages (notamment bassins à flots), les sédiments dragués sont refoulés par conduite dans le chenal de navigation. Une partie de ces sédiments se dépose sur les fonds à court terme, en aval du point de rejet. Etant donné la faible proportion des sédiments qui vont se déposer et l'étendue du dépôt sur les fonds, les dépôts auront une faible incidence sur la bathymétrie du chenal de navigation.

5.4.2.3. Bilan

Le dragage hydraulique (DAM, DAS) et mécanique prélève des sédiments sur la zone draguée. Il modifie donc directement la bathymétrie. Il s'agit cependant d'opérations d'entretien réalisées très régulièrement qui visent donc à maintenir une bathymétrie.

Le dragage par injection d'eau ne vient pas prélever de sédiments. Il ne fait que modifier la structure, à savoir la densité, des couches ou interfaces vaseuses en place. L'influence sur la bathymétrie se traduit par le déplacement du courant de densité. Il faut noter d'ailleurs que l'efficacité du dragage à injection d'eau peut s'avérer nulle (pas d'approfondissement) lorsque les dépôts de vase dus à la remontée du bouchon vaseux excèdent l'effet des dragages.

La modélisation a montré que les dépôts de sédiments dragués avaient une épaisseur très faible voir nulle que ce soit sur les zones de vidage ou sur les autres zones de l'estuaire.

Ainsi, les effets sur la bathymétrie peuvent être considérés comme :

- Faibles sur le chenal (temporaires et directs) ;
- Négligeables sur les autres secteurs de l'estuaire.

5.4.3. Effets sur les caractéristiques géologiques

Les dragages et immersion/rejet correspondent à des opérations d'entretien. Ils ne concernent donc que des formations superficielles déjà entretenues précédemment.

Les effets des opérations sur la géologie de l'estuaire peuvent donc être considérés comme nuls, quel que soit le mode de dragage utilisé.

5.4.4. Effets sur les caractéristiques géomorphologiques

Les opérations de dragage permettent d'entretenir les cotes d'exploitation du chenal. De plus, les dépôts issus des immersions/rejets restent très faibles / négligeables (cf. paragraphe 5.4.2), très inférieurs aux mouvements géomorphologiques naturels de l'estuaire.

Par conséquent, les effets des opérations de dragage/immersion/rejet sur la morphologie de l'estuaire peuvent être considérés comme faibles / négligeables.

5.4.5. Effets sur l'hydrodynamique

Les opérations de dragages d'entretien (dragage et immersion) ne modifient pas la bathymétrie générale de l'estuaire (cf. paragraphe 5.4.2) :

- Opérations de dragage : elles ne font qu'entretenir les profondeurs du chenal/accès portuaires / souilles, zones où s'accumulent les sédiments transportés par les courants de marées et où sédimentent les matières en suspension dans les eaux de l'estuaire ;
- Opérations d'immersion / rejet : les zones de vidage étant dispersives et les opérations de rejet effectuées lors de débits adéquats, les sédiments immergés sont rapidement dispersés dans le milieu. Les épaisseurs de dépôts liés aux opérations sont négligeables par rapport aux processus hydrosédimentaires naturels.

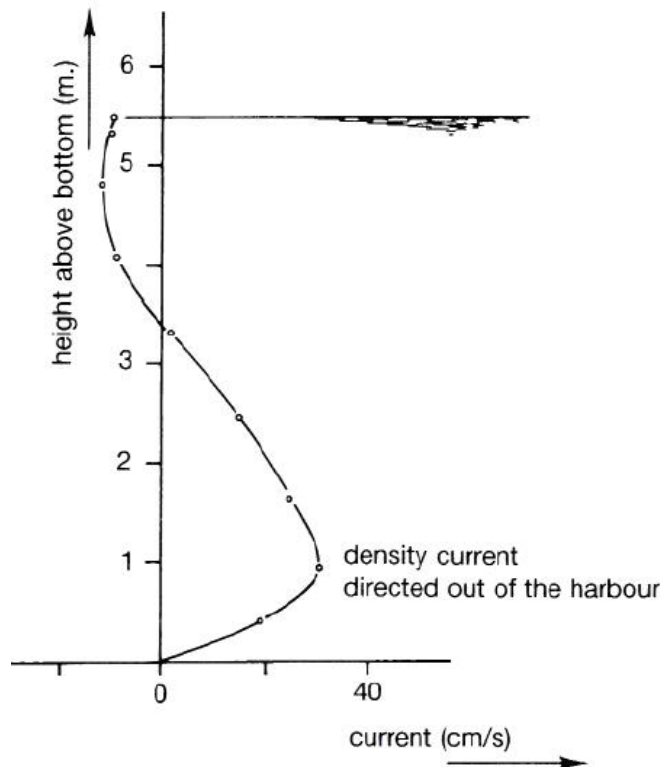
Par conséquent, ces opérations ne modifiant pas la bathymétrie, ne sont pas de nature à modifier l'hydrodynamique de l'estuaire. En particulier, ces opérations ne sont pas de nature à modifier l'hydrodynamique au droit des berges et d'accentuer ainsi les phénomènes d'érosion de celles-ci.

Spécificité du DIE

Le dragage à injection d'eau génère un courant de densité pour déplacer les sédiments fluidifiés. Ce courant se déplace sur le fond marin, sur une épaisseur de 1 à 3 m suivant les cas, et n'a que très peu d'interactions avec les autres courants locaux (Expérience de Port Edgar, Ecosse, MACKIE ET AL. 1993). La vitesse du courant de densité est variable suivant la morphologie du site et la vitesse des courants naturels, et est généralement de 0,3 à 3 m/s, (SOARES 2006, BORST 1994, MEYER 2000, GINGER 2011).

Le courant de densité est généralement généré dans le même sens que les courants locaux (par exemple au jusant, vers l'aval) pour profiter de leur force pour le rendre plus efficace. Il peut cependant être maintenu même face à des courants contraires (voir figure ci-après).

Figure 74. Profil vertical des courants pendant un dragage à injection à Epon Harbour, Pays-Bas



Source : Volker and Stevin 1987

Le courant de densité est établi de manière temporaire, uniquement pendant la durée de fonctionnement de la drague. Il peut se propager, suivant la nature des sédiments, la morphologie du site, et l'hydrodynamique locale, à une distance allant de quelques centaines de mètres à plusieurs kilomètres.

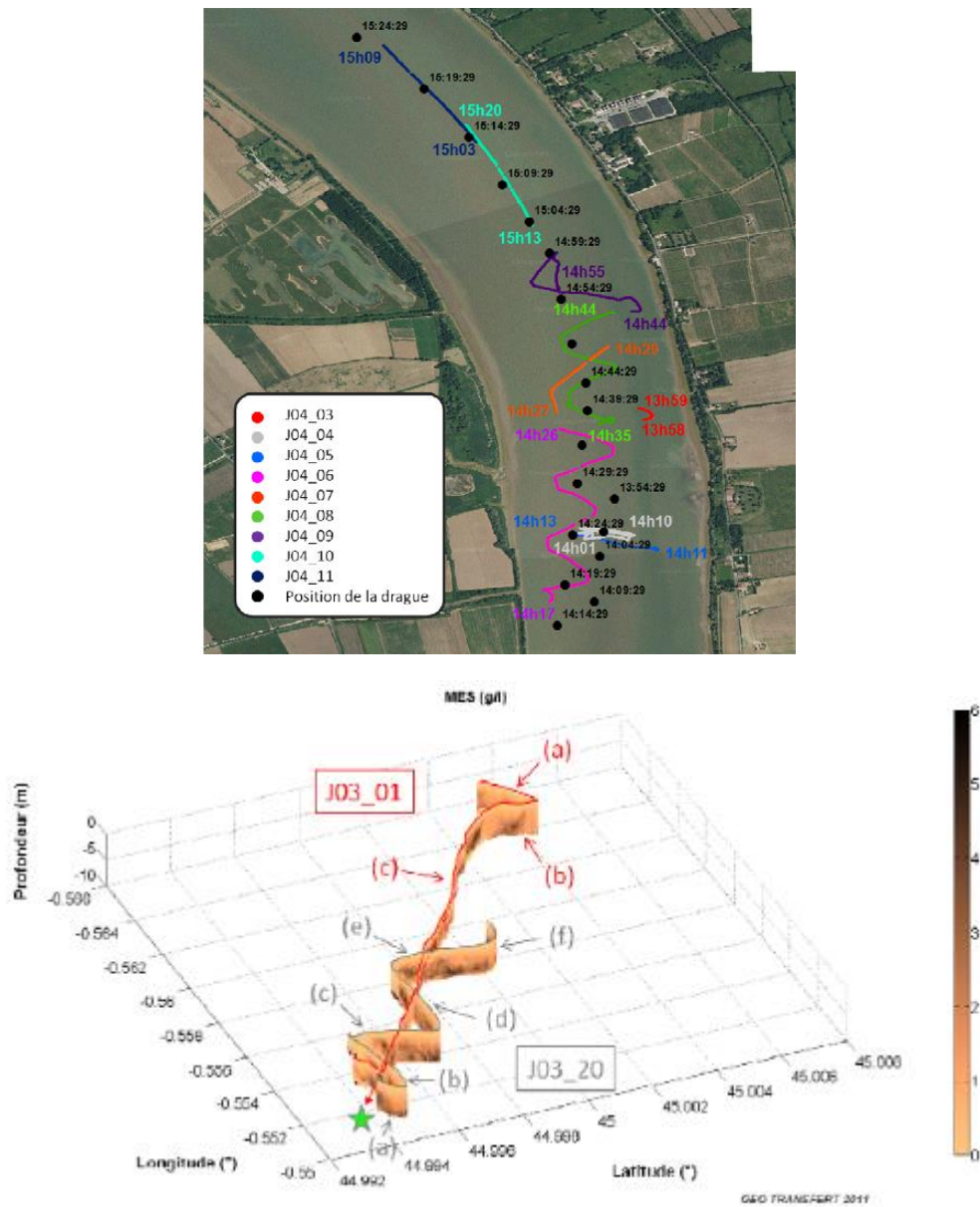
Dans l'estuaire de la Gironde, un suivi du courant de densité a été réalisé, en 2010, à l'aide d'un ADCP embarqué à bord d'un navire pouvant suivre ainsi en temps réel son évolution. Le courant de densité a donc pu être suivi jusqu'à ce qu'il ne devienne plus détectable, donnant ainsi une indication plus précise sur son emprise réelle.

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués**

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

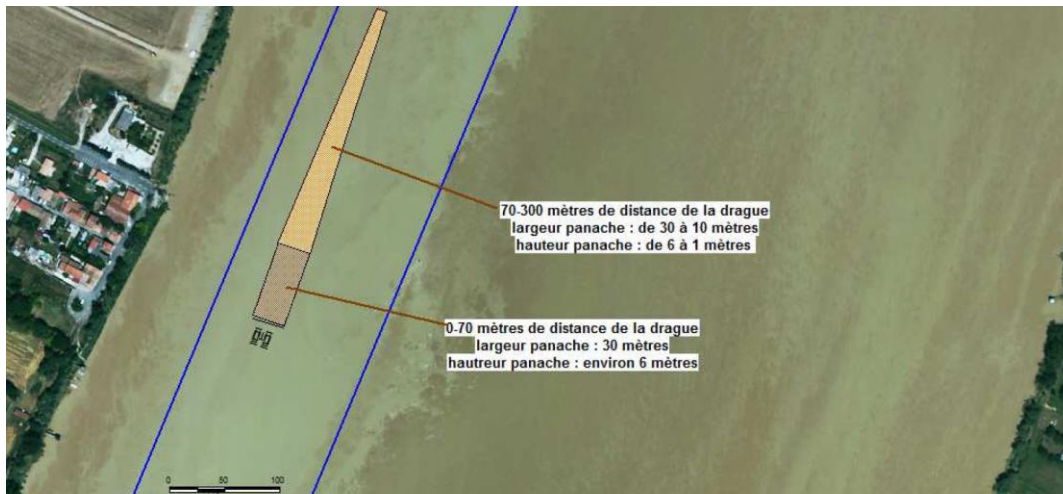
Figure 75. Circulation du navire équipé de l'ADCP et exemple de rendu pseudo-3D dans l'estuaire de la GIRONDE



Source : GINGER

Une cartographie du courant de densité a donc pu être établie à l'issue de cette campagne de mesure, présentée sur la figure ci-dessous.

Figure 76. Emprise spatiale du courant de densité dans l'estuaire de la Gironde



Source : GINGER

Ainsi, le courant de densité s'étend jusqu'à environ 300 m maximum, sur une largeur de 5-10m.

Par conséquent, les effets des opérations de DIE sur l'hydrodynamique de l'estuaire peuvent être considérés comme négligeables et localisés (sur les fonds avec une emprise limitée).

5.4.6. Effets sur la dynamique hydrosédimentaire

Cf. paragraphe 5.2

Les opérations de dragage et d'immersion ne modifient pas, de manière notable, la morphologie et les conditions hydrodynamiques :

- Bilan des masses issues des opérations de dragage / immersion : selon les hypothèses considérées dans le modèle, la masse rejetée était d'environ 5.7Mt dont 0.1 à 0.4 Mt en suspension. Cette masse doit être comparée à l'ensemble des sédiments susceptibles d'être repris par le bouchon vaseux. En faisant l'hypothèse qu'une épaisseur de 0.3m de sédiments (sédiments de surface) sur l'ensemble de l'estuaire peut participer au bouchon vaseux, cela représente plus de 200Mt de tonnes de sédiments présents naturellement. Ainsi, 5.7 Mt de sédiments dragués représente moins de 3% des sédiments pouvant potentiellement participer à la constitution du bouchon vaseux; ce qui peut être considéré comme très faible.
- Bathymétrie : les dépôts sont très faibles, localisés dans l'estuaire au niveau des zones intertidales et de calme hydrodynamique (soit également hors du chenal) ;
- Courantologie, houle : les opérations ne sont pas de nature à modifier les conditions hydrauliques ;

De plus, les opérations de dragage/immersion ne modifient que très faiblement la granulométrie des sédiments des zones de vidage, les sédiments étant immergés sur des zones de vidage les plus proches.

Par conséquent, les effets des opérations de dragage / immersion sur la dynamique hydrosédimentaire peuvent être considérés comme négligeables à faibles.

Nota : Les opérations de dragage/immersion ne sont pas de nature à modifier la dynamique hydrodynamique et hydrosédimentaire au droit des berges. Ainsi, elles ne sont pas susceptibles d'accentuer les phénomènes d'érosion au niveau des berges.

5.4.7. Effets sur l'hydrogéologie

Les opérations de dragage envisagées sont semblables à celles réalisées depuis plusieurs dizaines d'année. Ces dernières n'ont présenté aucune répercussion sur le régime des nappes d'eau souterraine en termes de qualité ou de piézométrie.

Pour mémoire, les zones les plus sensibles sont :

- Bassens – Ambès : un effet pourrait être envisageable pour la nappe des sables-graviers et galets en raison de l'affleurement de ce faciès dans les souilles des quais à Bassens et d'appontements à Ambès.
La mise en communication est cependant localisée compte tenu de la surface d'échange en fond de souille et probablement limité dans le temps à cause de l'envasement.
- Cussac - Beychevelle : la nappe des sables-graviers et galets sous flandriens est déjà en communication avec l'estuaire au voisinage du PK 39 (hors opérations de dragage d'entretien). Les travaux de dragage ne modifient pas le régime de cette nappe.
- Laména – By : la nappe alluviale est également en communication avec l'estuaire dans les environs du PK 71. La présence d'eaux saumâtres dans cette nappe au niveau des marais bordant l'estuaire a été mise en évidence depuis longtemps et s'explique par une salinité d'eaux fossiles de l'Holocène à une époque où l'estuaire, plus large que l'actuel, se comportait comme un véritable bras de mer.

Les travaux de dragage n'ont pas d'effet sur le régime de la nappe alluviale. **Ainsi, les effets des opérations de dragage/immersion sur l'hydrogéologie de l'estuaire peuvent être considérés comme nuls/négligeables.**

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

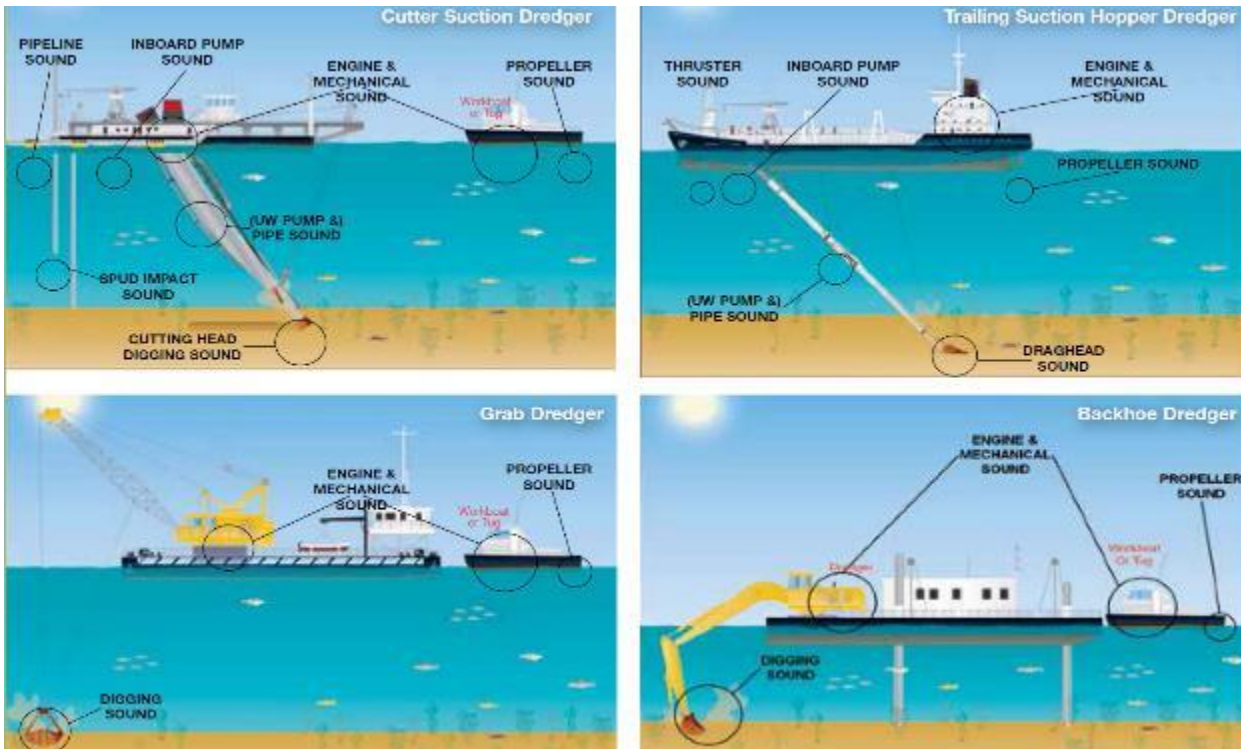
Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.4.8. Effets sur l'acoustique

Le bruit est généré de multiples façons au niveau des engins de dragage comme l'illustre la figure ci-après pour différents types de drague :

Figure 77. Source de bruit sur les engins de dragage



Source de : WODA 2013

Dans le cadre de plusieurs études, le bruit généré par les dragues a été analysé :

- Drague Aspiratrice en Marche : MALSF 2010, suivis du MAASKVLAT 2 (extension du port de Rotterdam), Reine, Clarke, Dickerson (2014)⁹, Characterization of Underwater Sounds Produced by Trailing Suction Hopper Dredges During Sand Mining and Pump-out Operations
- Drague Aspiratrice Stationnaire : Reine, Dickerson 201410 ;
- Drague mécanique : Reine, Clarke, Dickerson 201211.

⁹ Characterization of Underwater Sounds Produced by Trailing Suction Hopper Dredges During Sand Mining and Pump-out Operations

¹⁰ Characterization of Underwater Sounds Produced by a Hydraulic Cutterhead Dredge during Maintenance Dredging in the Stockton Deepwater Shipping Channel, California

¹¹ Characterization of Underwater Sounds Produced by a Backhoe Dredge Excavating Rock and Gravel

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

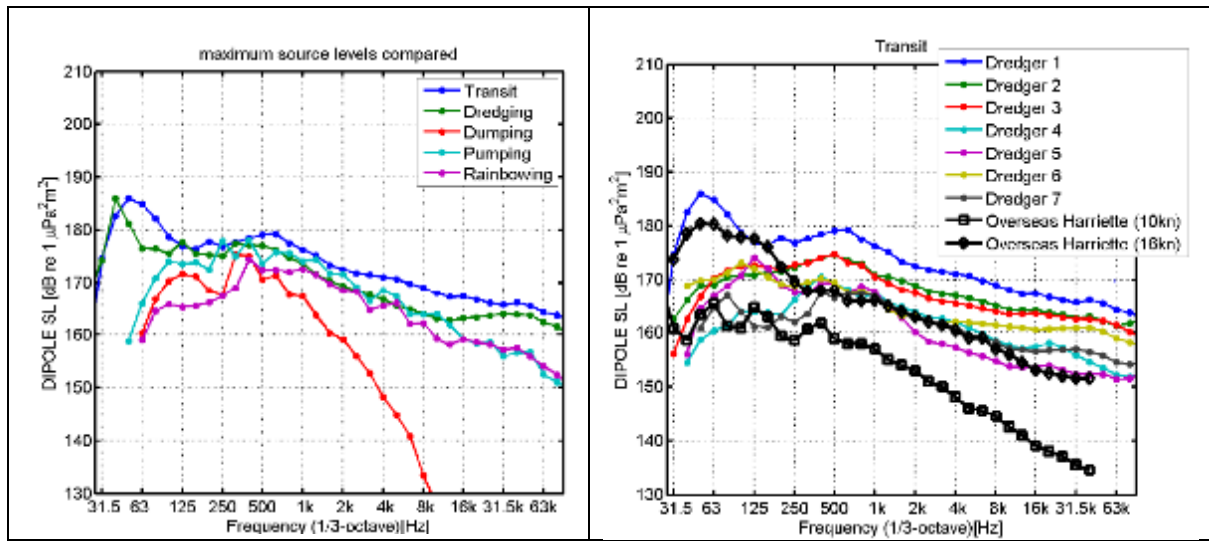
Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

**Tableau 51 - Bruits sous-marins et fréquences couramment rencontrés
(source : CEDA, 2012)**

	Origine du bruit	Niveau de bruit à 1m (dB ref 1µPa)	Bande de fréquence
Dragage	Drague aspiratrice en marche	186-188 dB	100 – 500 Hz
	Drague aspiratrice stationnaire	172-185 dB	100-500 Hz

Figure 78. Niveau de bruit à la source, suivant la phase d'activité (à gauche) et en comparaison avec un navire commercial (Oversas Harriette, à droite)



Source : WODA 2013 / MAASVLAKTE 2

Il ressort de ces études :

- Le bruit de la drague est très comparable à celui d'un navire commercial classique (dépendant de sa vitesse, son tonnage, sa puissance...);
- Le bruit est variable suivant la phase d'activité de la drague, et est souvent le plus important en transit (vitesse plus élevée).

Les effets sur l'acoustique sous-marine peuvent donc être considérés comme faibles, temporaires, directs et localisés à la zone où la drague est présente.

5.4.9. Synthèse des effets sur le milieu physique

Le tableau ci-après récapitule les effets et impacts associés à chaque thématique analysée dans les paragraphes précédents :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement
Tableau 52 – Principaux paramètres du milieu physique

Thématique	Sensibilité env.	Effets				Impact
		Description	Intensité	Direct / indirect	Temporaire / Permanent	
Météorologique	Aucune	Pas de modification	Nulle	-	-	Nul
Géologie	Faible/négligeable	Les opérations de dragage concernent des formations superficielles déjà entretenues précédemment	Nulle	-	-	Nul
Géomorphologie	Faible	Maintien des côtes d'exploitation du chenal, des ouvrages portuaires et de leurs accès Epaisseurs très faible des dépôts issus des immersions	Faible / négligeable	Directe	Temporaire/ permanent	Nul - Faible
Hydrodynamique (hydrologie, courant, houle)	Faible	Pas de nature à modifier l'hydrodynamique de l'estuaire (hydrologie, courant, houle...)	Nulle	-	-	Nul
Milieu physique	Hydosédimentaire	Les dragages participent aux processus du bouchon vaseux et de la crème de vase. Modification très faible de de la bathymétrie au droit des zones draguées. Les principales zones de dépôts sont observées au niveau des zones intertidales et de calme hydrodynamique (épaisseur très faible) Pas/peu de modification de la granulométrie au droit des zones de vidage par les immersions Nota : les opérations de dragage/immersion ne sont pas de nature à modifier la dynamique hydrosédimeire au droit des berges (pas d'accentuation des phénomènes d'érosion par exemple)	Négligeable à faible	Direct	Temporaire	Nul à faible
	Hydrogéologie	Zones les plus sensibles : - Bassens-Ambès : communication localisée potentielle mais limité dans le temps en raison de l'envasement - Cussac-Beychelle et Laména-By : communication existante entre les nappes, donc pas de modification liée au dragage	Nulle	-	-	Nul
	Acoustique marin	Faible	Bruit équivalent à celui d'un navire Effet localisé	Faible	Direct	Temporaire	Faible

5.5. EFFETS SUR LA QUALITE DU MILIEU

5.5.1. Effets sur la qualité des eaux

Hormis les phénomènes de turbidité présentés ci-avant, l'incidence éventuelle des opérations de dragage sur la qualité de l'eau intervient à plusieurs niveaux :

- La possibilité d'hypoxie voire anoxie du milieu en raison des teneurs importantes en MES ;
- Le relargage des métaux et autres substances piégés dans les sédiments ;
- Une dispersion dans la colonne d'eau des bactéries.

5.5.1.1. Effets sur l'oxygénation des eaux de l'estuaire

La teneur de l'eau en oxygène dissous est déterminée par la respiration des organismes aquatiques, l'oxydation et la dégradation des polluants, l'activité photosynthétique de la flore et les échanges avec l'atmosphère.

L'oxygène dissous dans l'eau est en fait le bilan des activités de production (par photosynthèse et réaération) et de consommation (par biodégradation et respiration).

Les principaux processus ayant un effet sur la concentration en oxygène dissous sont :

- L'intrusion saline qui contrôle fortement la désoxygénation des eaux dans l'estuaire amont à chaque marée montante (l'eau de l'aval, en provenance de la zone du bouchon vaseux, étant moins oxygénée) ;
- La compétition entre l'amplitude de la marée et le débit, qui détermine l'extension de l'intrusion saline ;
- Les variations de température et de salinité de l'eau, limitant la dissolution de l'oxygène dans l'eau ;
- La production primaire dans l'estuaire, qui augmente suite aux apports de nutriments par le fleuve lors des pics de débits, à la faveur de conditions ensoleillées, de faible turbidité et de stabilité de la colonne d'eau ;
- La dégradation par les bactéries de la matière organique générée dans l'estuaire, suite à ces périodes de production qui augmente ponctuellement la consommation d'oxygène et peut générer des épisodes d'anoxie.

L'ensemble de ces processus se combinent et il est alors difficile d'isoler les effets des dragages.

Dans la mesure où les remises en suspension participent à une augmentation de la matière organique en suspension, les teneurs en oxygène dissous sont affectées par ces pratiques. Les processus biologiques sont en effet particulièrement dépendants des teneurs en oxygène de l'eau et le développement des organismes peut-être corrélé à des seuils (voir figure suivante).

Tableau 53 – Seuil de sensibilité des espèces aquatiques vis-à-vis des déficits en oxygène

Vie aquatique et besoins en oxygène		
Seuil sensible	Développement normal	> 5 mg/l
	Développement perturbé	4 – 5 mg/l
Seuil critique		3 – 4 mg/l
	Faune et flore en difficulté	2 – 3 mg/l
Seuil léthal		1 – 2 mg/l
	Asphyxie et mortalité	< 1 mg/l

De nombreuses études ont examiné les impacts d'opérations de dragage sur les concentrations en oxygène dissous et ont déterminé que les concentrations dans la colonne d'eau sus-jacente diminuent pendant le dragage mais que cette réduction est brève, les concentrations en oxygène dissous retrouvant leur niveau naturel rapidement (en 15 minutes) (Lohrer & Wetz 2003, Semmes et al. 2003, Jones-Lee et Lee 2005).

Effets du dragage/immersion par DAM

Jones-Lee et Lee (2005) ont pu étudier la chute d'oxygène associée à une opération de clapage (voir figure ci-après).

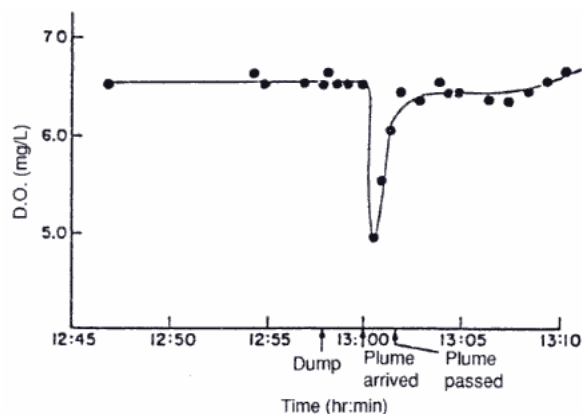


Figure 79. Chute de la concentration en Oxygène dissous (D.O.) au cours du clapage d'une DAM (Jones-Lee et Lee 2005)

On peut voir ici que la chute n'est que partielle et temporaire. La concentration en oxygène dissous passe dans ce cas d'environ 6,5 mg/l à 5 mg/l pendant seulement 2 minutes, soit une baisse de 23%. Les effets des immersions sur l'oxygène dissous peuvent donc être considérés comme indirects et temporaires.

Ces effets peuvent donc être considérés comme faibles au regard des pratiques d'immersion par DAM, à savoir :

- L'absence d'immersion en présence du bouchon vaseux ;
- La suppression des zones de vidage 1.1 à 1.3 de la Garonne ;
- La mise en place du DIE en Garonne, en fonction des conditions hydrologiques et des teneurs en oxygène dissous.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

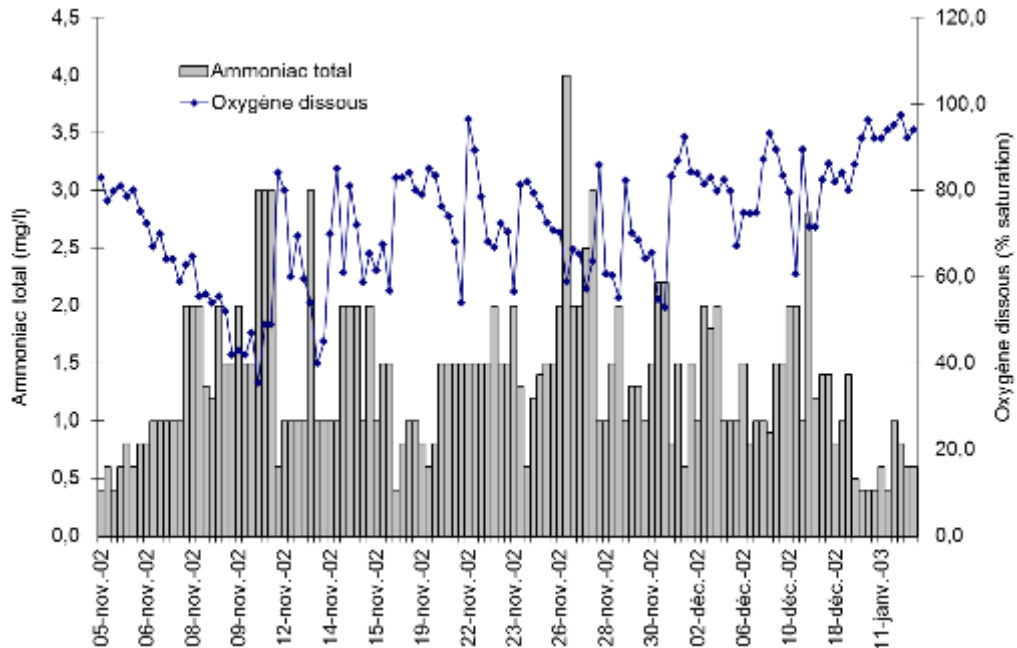
Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Effets du DIE

La remise en suspension de sédiments peut provoquer une baisse de la teneur en oxygène dissous. Celle-ci se manifeste de manière temporaire, pendant la durée du dragage.

Figure 80. Variation de l'oxygène dissous durant la campagne de dragage à injection dans le Limehouse Basin (British Waterways)



Les suivis réalisés en Gironde des dragages par DIE montrent qu'il n'y a pas de diminution de l'oxygène dissous.

Les diminutions mesurées au cours des divers projets de DIE dans d'autres estuaires restent faibles ou nulles (baisse très rarement supérieure à 30%).

Tableau 54 – Exemples de variations de l'oxygène dissous pendant un dragage à injection

Site	Nature des sédiments	Bruit de fond	Oxygène dissous	Profondeur de mesure	Distance par rapport à la drague	Source
Estuaire de l'Elbe	Vases (Cuxhaven)	84% saturation	50%	Surface	/	Meyer (2000)
	Vases (Köhlfleet)	82% saturation	42%	3,5 m du fond		
Estuaire de la Loire	Vases	3-9 mg/l	Pas de diminution	/	/	Creocean (2006-2009)
Estuaire de la Weser	Sables	5,5 à 12,5 mg/l	Pas de diminution	/	/	BFG (2011)
Estuaire de l'Ems	Vases et fines	12 mg/l	7 mg/l	Surface	Limite aval de la zone draguée	BFG (2011)
Limehouse Basin (Tamise)	Vase	90%	Fluctuations 40% à 100%	/	/	British Waterways
Anvers (Escaut)	Vase	87%	84%	-10 m	5 m	Port d'Anvers 2011
		87%	60%	-16 m (fonds)	5 m	

Le GPMB a effectué des suivis de l'oxygène dissous lors de deux opérations de DIE :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Campagne de 2009 : Les profils effectués au niveau de Bec aval (avant les dragages) montrent des taux d'oxygène dissous très réguliers (entre les stations et sur la colonne d'eau) de 8 mg/l. Les profils effectués au moment des dragages montrent un taux d'oxygène maximal (environ 9,6 mg/l) plus important ponctuellement pour une station et plus faible sur les autres stations (7 mg/l). Des grandes variations ont été observées ce qui seraient a priori dues essentiellement à la remontée du front de marée et à la confrontation des masses d'eau de salinités différentes.
- Campagne de 2010 : Les mesures effectuées lors des travaux de dragage montre une variation des valeurs en amont et en aval de la drague (semblable à celle avant travaux) avec néanmoins des saturations en oxygène légèrement plus faibles (d'environ 5%) aux abords immédiats et jusqu'à 1000 m en aval de la drague.

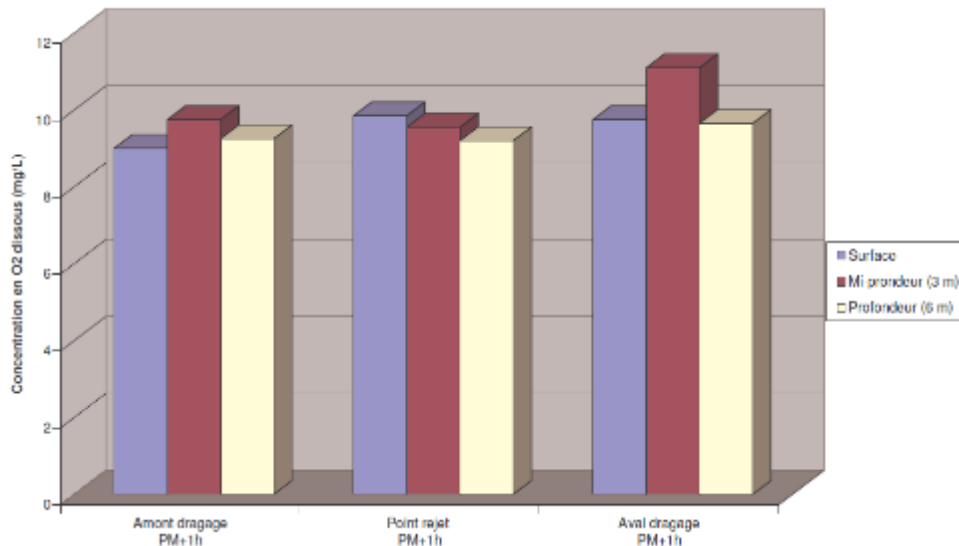
Ainsi, les effets du DIE sur l'oxygénation semblent, d'une manière générale, très faibles sur l'ensemble de la colonne.

Il convient également de rappeler que la remise en suspension de sédiment est localisée près du fond. Les baisses d'oxygène potentiellement induites par cette technique concernent donc la partie la plus profonde (sur 1 à 3 m d'épaisseur au maximum). Par conséquent, les effets peuvent être considérés comme temporaires et localisés.

Effets du rejet par DAS

Le GPMB a effectué un suivi de l'oxygène dissous lors de l'opération de rejet par DAS en 2009. Les résultats sont illustrés par la **Figure 81** qui présente l'évolution de la concentration en oxygène dissous en fonction de la profondeur et du point de prélèvement.

Figure 81. Evolution de la concentration en oxygène dissous en fonction du point de prélèvement



Source : GPMB

Le graphique montre qu'il n'y a pas d'incidence sur la concentration en oxygène dissous.

Bilan

Les effets sur l'oxygène varient en fonction des techniques de dragage/immersion utilisés. Cependant, dans l'ensemble, ces effets demeurent temporaires à la période de dragage et localisés : l'emprise est limitée, soit au droit et à proximité des zones de vidage (les perthuis ne sont donc pas dans cette emprise d'effets). L'intensité de l'effet peut être considéré comme faible à modérée, du fait de la stratégie de dragage retenue par le GPMB :

- L'absence d'immersion en présence du bouchon vaseux ;
- La suppression des zones de vidage 1.1 à 1.3 de la Garonne ;
- L'utilisation préférentielle du DIE en Garonne.

5.5.1.2. Effets sur la qualité chimique des eaux de l'estuaire

Les incidences décrites dans ce chapitre sont similaires quel que soit le procédé de dragage considéré (DAM, DAS, mécanique, DIE). La DAM génère une remise en suspension de sédiments sur le fond. Le dragage par injection d'eau (DIE) induit une remise en mobilité localisée des sédiments présents sur les fonds. La DAS génère une remise en suspension sur le fond et son refoulement une remise en suspension dans la colonne d'eau.

5.5.1.2.1. Les contaminants chimiques

Les substances chimiques sont présentes sous forme particulaire dans les sédiments (associées aux MES par des phénomènes d'adsorption sur les colloïdes) et peuvent, en fonction des conditions physico-chimiques du milieu (en particulier salinité, pH, potentiel d'oxydo-réduction) passer sous la forme dissoute, forme la plus biodisponible dans l'environnement estuarien.

En effet, lors du passage eau douce / eau salée, les sédiments rencontrent des modifications des conditions physico-chimiques du milieu (salinité, pH,...) propices à la solubilisation des métaux fixés. Les particules en suspension ont ainsi déjà libéré de façon naturelle une grande partie de la fraction mobilisable des substances métalliques adsorbées lors du passage du front de salinité, avant de sédimenter dans l'estuaire.

Ce phénomène de solubilisation des métaux particuliers est très fréquent dans le milieu estuarien. Il est dû en particulier à la salinité mais également à la minéralisation de la matière organique particulaire au sein du bouchon vaseux et aux apports sédimentaires après érosion des horizons supérieurs des sédiments induite par les courants de marée et par l'action des houles (cas de l'érosion des vasières).

Ainsi, les opérations de dragage/immersion en remobilisant des sédiments plus ou moins chargés en MES peuvent influencer la remobilisation des contaminants particuliers (en particulier le cadmium) vers le dissous et impacter les organismes filtreurs.

Les éléments contaminants identifiés dans les sédiments dragués présentent des concentrations, généralement inférieures au niveau N1 à l'exception de quelques dépassements très ponctuels ; ce qui en limite donc les risques de relargage.

Enfin, les sédiments dragués et remis en suspension correspondent à des sédiments récemment déposés, dont on peut estimer la qualité comme équivalente à celle des MES charriées naturellement par le fleuve.

Focus sur la Cadmium

Au regard de la toxicité de cet élément, le Port autonome de Bordeaux, au début des années 90, avait confié une étude au Département de Géologie et d'Océanographie de l'Université de Bordeaux 1 sur le comportement d'éléments métalliques dont en particulier le cadmium, contenus dans les vases après remaniement par une opération de dragage. L'étude (P.AMAR 1992) a porté sur la mesure de la fraction métallique, relargable dans le milieu liquide au cours d'un dragage. Des

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

vases ont été prélevées dans le puits de la drague "P. LEFORT" sur la passe de Saint-Julien Pauillac, ensuite elles ont été soumises, en laboratoire, à des essais d'extraction (passage de la phase particulaire à la phase dissoute) en utilisant de l'eau déminéralisée et de l'eau de l'estuaire. Les résultats montrent que la fraction métallique mobilisable est très faible, entre 0.7 à 2.5 ‰ (moyenne 1.30 ‰) pour le cadmium,

Les remises en solution de métaux à partir de sédiments remaniés par les engins de dragage sont négligeables.

Les comparaisons des quantités de matières en suspension recyclées dans le milieu aquatique par les travaux de dragage au cours des différentes phases (surverse, immersion des déblais de dragage, érosion des vases sur les sites de dépôt) avec les flux naturels, montrent que les masses remaniées directement ou indirectement par le dragage sont minimales par rapport à celles mises en jeu par la nature (1 à 2 %).

Suivis et retours d'expérience

Des suivis de la qualité des eaux ont été réalisés lors d'opérations de dragage par DIE en 2009 et 2010. Les conclusions sont rappelées ci-après :

- En 2009 : les concentrations mesurées sont en corrélation avec la présence des MES. En effet les métaux sont liés aux molécules organiques ce qui explique les plus fortes concentrations en période de dragage (ou au niveau du fond du chenal, lorsque les taux de MES sont élevés (présence de la crème de vase). On note cependant que les métaux totaux (appelé Total metox dans les analyses) reviennent à un niveau similaire au niveau initial après la phase de dragage par Jetsed à Bellerive et à Bec-aval au bout de 14 jours.
- En 2011 : il ressort qu'il « existe une forte corrélation entre la charge solide et la teneur en contaminants métalliques. Cet état de fait se traduit par une colonne d'eau exempte de contaminants hormis près du fond où des concentrations plus élevées s'observent. Il est ensuite observé un retour à la normale ».

Des suivis du rejet par DAS ont été effectués en 2009 et 2010 :

- 2009 : « au niveau du point de rejet, les concentrations en Arsenic, en Nickel, en Chrome, en Cuivre, en Plomb et en Zinc augmentent (mais restent inférieures aux seuils N1). Les concentrations en Mercure et en Cadmium restent dans le même ordre de grandeur pour tous les points de prélèvement ».
- 2010 : « Parmi les métaux lourds, le cadmium est en faible concentration dans la colonne d'eau et ne montre pas d'évolution. Les métaux tels que le chrome, le nickel, l'arsenic, le cuivre, le plomb, et le zinc sont liés aux particules en suspension. On observe une légère diminution de leurs concentrations (surtout en profondeur) entre les deux campagnes de suivi. Les dragages du bassin à flot n'ont donc pas d'influence sur la pollution métallique de la colonne d'eau au niveau du rejet des sédiments dans la Garonne ».

L'incidence des dragages sur la qualité chimique de l'eau est difficilement quantifiable mais apparaît comme peu perceptible, à l'échelle de l'estuaire et à l'extérieur de l'estuaire (par exemple la zone des perthuis), au vu des échanges naturels existants en permanence entre les différents compartiments et de la qualité satisfaisante des sédiments mobilisés. Cependant, localement, l'intensité des effets varie.

Ainsi, les effets peuvent être considérés comme faibles à modérés, localisés (autour de la zone dragué (DIE), de la DAM –surverse- et des zones d'immersion -DAM, mécanique, DAS-¹²) et temporaires.

¹² Soit également hors zones des perthuis

5.5.1.2.2. Les nutriments

La remise en suspension des sédiments lors du dragage peut conduire à un relargage de nutriments dans le milieu estuarien.

Ainsi, lors de l'expérimentation du DIE en 2009, il a été observé que les éléments nutritifs tels que l'azote et le phosphore ont réagi différemment face au phénomène de dragage :

- Les concentrations d'ammonium, nitrites et orthophosphates étaient stables et toujours à un niveau négligeable ;
- Les nitrates ont augmenté conjointement avec l'activité de dragage et sont revenus à un niveau initial après l'achèvement des travaux ;
- L'azote organique, l'azote Kjeldhal et le phosphore organique et total étant fonction des MES, leur concentration a évolué d'amont en aval et en fonction de la profondeur. Lors des dragages à la Jetsed on note une augmentation de leur concentration qui s'atténue après la fin des opérations

Ces nutriments ne sont pas toxiques pour le milieu mais un apport excessif est susceptible de générer un phénomène d'eutrophisation (développement excessif de phytoplancton qui induit, in fine, une consommation excessive d'oxygène lors de sa consommation ou dégradation).

Le milieu estuarien, en raison des conditions environnementales contraignantes qui s'y exercent (forte turbidité, agitation, etc.), n'est pas propice au développement du phytoplancton.

De ce fait, malgré un potentiel apport en nutriments par la remise en suspension des sédiments, les conditions environnementales de l'estuaire ne sont pas favorables au processus d'eutrophisation.

En outre, les sédiments dragués et remis en suspension correspondent à des sédiments récemment déposés qui présentent donc une qualité similaire à ceux charriés naturellement par le fleuve. Ils ont donc un potentiel de relargage identique en nutriments.

A ce titre, le risque d'altération de la qualité des eaux de l'estuaire en lien avec les nutriments est estimé comme faible au regard des processus naturels qui limitent le développement du phytoplancton. Ce risque semble également temporaire, limité à la durée des travaux.

5.5.1.3. Effets sur la qualité bactériologique des eaux de l'estuaire

Les incidences décrites dans ce chapitre sont similaires quel que soit le procédé de dragage considéré (DAM, DAS, dragage par injection d'eau) :

- La DAM et le dragage par injection d'eau génèrent une remise en suspension de sédiments sur le fond ;
- La DAS génère une remise en suspension sur le fond et son refoulement, une remise en suspension dans la colonne d'eau.

Les bactéries d'origine fécale sont les principaux organismes qui altèrent la qualité sanitaire des eaux de surface. Les bactéries les plus connues, responsables d'infections d'origine hydrique, sont les espèces du genre *Salmonella* qui sont presque toutes pathogènes (responsables de fièvres typhoïdes, de gastro-entérites...) et les *Escherichia coli* dont certaines souches sont responsables de gastro-entérites et diarrhées.

Ces bactéries pathogènes peuvent contaminer l'homme, soit par consommation directe d'eau, soit lors d'un bain ou d'un contact avec les eaux à usage récréatif, soit par consommation d'aliments contaminés par l'eau (les produits de la mer, tels que les fruits de mer et poissons, récoltés dans des zones microbiologiquement contaminées sont souvent mis en cause).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

La remise en suspension des sédiments, support de la flore bactérienne, peut donc induire une remise en solution de bactéries et ainsi contaminer différents compartiments.

Les germes anaérobies et les formes viables de bactéries allochtones, d'origine tellurique ou anthropique (contaminants fécaux) se retrouvent placés en ambiance défavorable (milieu oxydant, salin, éclairé) :

- Un abattement de leur concentration en formes viables se produira selon le T90 (durée nécessaire à la mortalité de 90 % de la population) de chacun, et selon l'intensité des conditions de stress de l'environnement (éclairage, salinité). Un tel abattement s'exprime généralement en heures (en eau de mer peu turbide) ou en quelques jours (en milieu turbide),
- Certaines bactéries pourront développer des formes quiescentes ou de résistance (kystes), d'autant plus aisément qu'un support particulaire leur sera offert ; ces formes suivront les destinées des suspensions et coulées induites par le rejet, et pourront être revivifiées lors d'un retour en conditions favorables (au sein d'un dépôt sédimentaire).

La microflore aérobie autochtone de la strate oxydante du dépôt dragué (bactéries, microalgues benthiques) va demeurer active et liée aux constituants particulaires fins, avec probablement une certaine perte lors du dragage et du rejet (chocs mécaniques, détérioration de support).

Les incidences bactériologiques correspondent donc également à un déplacement de la microflore associée au sédiment dragué et rejeté, avec :

- Mortalité d'une partie importante des germes allochtones et/ou anaérobies, phase d'abattement pendant laquelle ces germes sont cependant capables d'affecter un compartiment estuarien particulier (celui des macro-organismes filtreurs par exemple), et développement de formes de résistance pour l'autre partie,
- Dispersion immédiate ou ultérieure d'une partie de la flore anaérobie, suivant le devenir des particules fines de la strate oxydante du dépôt dragué.

Le risque de dégradation sanitaire du milieu aquatique est donc possible à brève échéance pour la flore anaérobie ou allochtone, en fonction de la durée du T90 respectif de chaque germe présent, et sur un espace comparable à celui soumis aux dispersions particulaires en suspension du rejet.

La dispersion de microflore benthique autochtone (estuarienne ou marine) peut avoir une incidence préjudiciable non pas sanitaire, mais dystrophique par accroissement du potentiel de minéralisation bactérienne de la matière organique, notamment dans le bouchon vaseux.

Ces risques ou incidences sont cependant à relativiser. Dans les sédiments régulièrement dragués, la charge bactérienne est le reflet des apports contemporains et non une source de contamination complémentaire, d'autant qu'elle reste liée à la phase particulaire. La microflore benthique (notamment le microphytobenthos) n'est pas physiologiquement adaptée à exprimer son métabolisme en milieu pélagique, dans la masse d'eau, sauf dans le bouchon vaseux pour la macroflore bactérienne.

Ainsi, les effets des opérations de dragage/immersion sur la qualité bactériologique peuvent être considérés comme négligeables (que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur de l'estuaire), d'autant plus que les analyses montrent une absence de contamination des sédiments dragués.

5.5.2. Effets sur la qualité des sédiments

Les dragages d'entretien ne concernent que des sédiments récemment déposés. Ils ont été soumis aux mêmes conditions de mise en place et de remaniement du fait des agents hydrodynamiques (principalement les grandes marées). Ces remaniements réguliers ont entre autres pour effet de limiter le potentiel de relargage lors du dragage.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

La qualité des sédiments remaniés est satisfaisante (globalement inférieure à N1). A ce titre, les sédiments mobilisés lors des opérations de dragage ne sont pas susceptibles d'altérer la qualité des sédiments de la zone.

Plusieurs suivis de la qualité des sédiments ont été réalisés lors d'opérations de dragage :

- Opérations de dragage par DAM et immersion en 2015

Dans le cadre de l'établissement du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde, une campagne de mesure a été réalisée en 2015 par l'Université, au niveau de la zone de vidage « 3.4 » (zone située entre Pauillac et le Verdon sur l'axe de la digue de Valeyrac (PK 73.5)) (cf. **Planche 61**). L'analyse a porté sur les concentrations en 15 métaux (vanadium : V ; chrome : Cr ; cobalt : Co ; nickel : Ni ; cuivre : Cu ; zinc : Zn ; arsenic : As ; molybdène : Mo ; cadmium : Cd ; étain : Sn ; antimoine : Sb ; baryum : Ba ; plomb : Pb ; thorium : Th et uranium) avant, pendant et après dragage :

- 8 échantillons pour la première campagne C1 (nommés (C1P1 à C1P8) ;
- 8 échantillons pour la deuxième campagne nommés (C2P1 à C2P8) ;
- 8 échantillons pour la troisième campagne nommés (C3P1 à C3P8),
- 2 échantillons avant dragage dans la zone à draguer (D1 et D2),
- 3 échantillons dans le puits de drague (PGS1 à PGS3).

Les résultats de ces investigations montrent qu'il n'y a pas de modification temporelle et spatiale des concentrations métalliques notamment en cadmium, avant et après le clapage. Les concentrations en cadmium déterminées sur les sédiments dragués sont comparables à celles des sédiments clapés sur le site d'expérimentation. Le niveau moyen de concentrations est de l'ordre de 0,4 mg/kg.

De plus, les mesures des micropolluants organiques (HAP, PCB, OCP et PBDE) n'ont pas mis en évidence, d'un point de vue quantitatif, d'impact du clapage sur cette zone test. Les profils moléculaires et les distributions relatives de certaines classes (OCP, HAP) confirment que cet impact reste très faible et limité dans la zone d'étude.

- Opérations de rejet par DAS (bassins à flots en 2009) : les conclusions du suivi de la qualité des sédiments lors d'une opération de rejet précisent que la qualité des sédiments des stations de mesures est assez homogène entre les stations et dans le temps. Les variabilités observées ne peuvent être imputées aux travaux de dragage puisqu'aucune tendance ou gradient ne se dégage. De plus, les sédiments prélevés au niveau du point de rejet des matériaux dragués ne semblent pas être plus impactés que ceux des sites alentours.
- DIE : 2009 (passes de Bellerive, de Bec Aval et le Poste 512) : *« compte tenu de l'hétérogénéité des sédiments sur chaque station, la comparaison des analyses n'a pas fait apparaître d'évolution marquée avant et après les dragages.*

Les sédiments des stations aval présentent une augmentation sensible de la fraction silteuse après l'opération de dragage. Cependant compte tenu de la variabilité des sédiments dans le secteur Bec Aval, on ne peut pas conclure à un important dépôt de vases lié aux travaux de dragage.

On note globalement une légère augmentation des teneurs en métaux lourds des sédiments sur quelques stations après les dragages. Toutefois les variations restent minimales (les teneurs restent inférieures au niveau N1 du référentiel, excepté pour le cuivre) et semblent liées à la fraction silteuse.

Sur l'ensemble des stations analysées, seul le paramètre potentiel redox montre une nette évolution entre l'état initial, l'état post-dragage et à l'état à 2 mois : les sédiments superficiels passent de l'état oxydé à l'état réduit suite au dragage, puis diminuent avec le

temps. Ce phénomène pourrait être lié au décapage de la couche de sédiments superficiels oxydés ou au dépôt de matériaux dragués réducteurs sur les matériaux en place oxydés lors des dragages, puis à un retour progressif vers un état oxydé avec le temps. »

Ainsi, les effets des opérations sur la qualité des sédiments peuvent être considérés comme négligeables à faibles.

5.5.3. Effets sur la qualité de la matière vivante

Les effets potentiels des opérations sur la qualité de la matière vivante résident essentiellement dans une contamination indirecte par la pollution des eaux et des sédiments.

En effet, ils seraient liés à l'augmentation de la contamination abiotique, avec la remobilisation de sédiments contaminés favorisant le passage de la forme particulaire vers la forme dissoute des métaux, de PCB et de composés pharmaceutiques. Cette remobilisation peut alors entraîner à l'échelle de l'estuaire et du littoral, une augmentation de la concentration « biodisponible » de ces polluants pour les organismes avec :

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

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

Les concentrations en contaminants des sédiments dragués sont généralement inférieures aux seuils N1 et N2 (quelques dépassements ponctuels, dans le temps et l'espace, ont toutefois été observés), mais ne sont pas nulles. Il existe donc, comme précisé dans le paragraphe précédent 5.5.5, **les effets des opérations sur la qualité des sédiments peuvent être considérés comme négligeables à faibles.**

De même, les effets sur la qualité des eaux peuvent être considérés comme négligeables à faibles.

Par conséquent, les opérations de dragage et d'immersion peuvent avoir un effet sur la qualité de la matière vivante. Néanmoins, il est difficile de qualifier ces effets dans la mesure où le risque correspond à de la bioaccumulation. Les mesures réalisées lors de l'expérimentation en 2015 sur la zone de vidage 3.4 montre que les teneurs dans les sédiments restent globalement en deçà des teneurs seuils d'effets comme les ERL¹³ ou les EAC¹⁴ qui traduisent le niveau en-dessous duquel il est peu probable qu'il y ait des effets sur les organismes vivants.

Ainsi, en raison de la faible intensité des effets des dragages/immersions sur la qualité des eaux et des sédiments, il est probable que les effets sur la qualité de la matière vivante soient réduits à l'intérieur comme à l'extérieur de l'estuaire. Il est cependant difficile de pouvoir les quantifier à ce stade des connaissances. C'est pourquoi, pour intégrer cette incertitude, il est considéré ces effets comme négligeables à modérés.

¹³ ERL (niveau faible pour les effets) : représente la concentration chimique en dessous de laquelle les effets indésirables seraient rarement observés

¹⁴ EAC (critères d'évaluation environnementale) : représente la concentration des contaminants dans l'environnement en-dessous desquelles les effets chroniques pour les espèces marines sont peu probables, y compris pour les espèces les plus sensibles.

5.5.4. Effets sur la qualité de l'air

Les engins de dragages génèrent des gaz d'échappements durant leurs activités. Les travaux sont cependant réalisés en milieu ouvert, avec un renouvellement des masses d'air important.

Les entretiens des souilles sont par ailleurs réalisés au niveau des zones portuaires, à distance des habitations.

De plus, un certain nombre d'actions ont été / est entrepris par le GPMB qui vise notamment à améliorer de manière directe ou indirecte la qualité de l'air (cf. paragraphe 5.4.1) :

- Utilisation de la DIE ce qui limite les transports des sédiments dragués par la DAM et la Maqueline et donc réduit les rejets de gaz d'échappement
- Privilégier les zones d'immersion au droit ou à l'aval de la zone draguée ;
- Changement de dragues par des nouveaux modèles dont la consommation est réduite :
 - En 2013, remplacement de la drague Pierre-Lefort par l'Anita Conti (moins 20% de consommation de fioul)
 - Dans les prochaines années : Remplacement de la Maqueline par une drague (DIE).

Par conséquent, les incidences des dragages sur la qualité de l'air sont très faibles à nulles.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.5.5. Synthèse des effets sur la qualité du milieu

Le tableau ci-après récapitule les effets et impacts associés à chaque thématique analysée dans les paragraphes précédents :

Tableau 55 – Principaux paramètres de la qualité du milieu

Thématique		Sensibilité env.	Effets				Impact	
			Description	Intensité	Direct / Indirect	Temporaire / Permanent		
Qualité du milieu	Qualité des eaux	Modérée	Zone de dragage : DAM, DAS, mécanique : peu de remise en suspension. Localisation limitée autour de la drague ; DIE : MES concentrées sur la partie basse de la colonne d'eau (1 à 3 m), essentiellement présent dans le chenal Ces effets sont localisés	Faible à modérée	Direct	Temporaire	Faible à modéré	
			Zone de vidage / rejet : Zones/ période favorisant la dispersion des sédiments Intensité nettement inférieure à celle en présence du bouchon vaseux Ces effets sont localisés. Intensité très faible à l'extérieur de l'estuaire, en particulier au niveau des perthuis	Faible à modérée	Direct	Temporaire	Faible à modéré	
	Caractéristiques physiques	Modérée	MES participent à l'augmentation de la matière en suspension et donc les teneurs en oxygène dissous sont potentiellement affectés Emprise localisée Contamination limitée des eaux par le relargage en raison de la faible contamination des sédiments dragués	Faible à modéré	Direct / indirects	Temporaire	Faible à modéré	
	Caractéristiques chimiques	Importante	Zone dispersive ce qui permet de limiter les dépôts et la modification de la granulométrie des sédiments des fonds	Négligeable à faible	-	-	Nul à faible	
	Qualité des sédiments	Caractéristiques physiques	Modérée	Faible contamination des sédiments dragués engendrant un faible de contamination	Négligeable à faible	-	-	Nul à faible
		Caractéristiques chimiques	Importante	Contamination potentielle indirect par les eaux et sédiments Emprise localisée	Négligeable à modérée	-	-	Faible à modéré
Qualité de la matière vivante	Importante	Milieu ouvert permettant le renouvellement des masses d'air	Négligeable	-	-	Nul		

5.6. EFFETS SUR LE MILIEU VIVANT

5.6.1. Effets sur les organismes planctoniques de l'estuaire

L'effet principal des opérations de dragages/immersion/rejets sur les organismes planctoniques est lié à la remise en suspension des sédiments.

Pour caractériser les effets, il convient donc de distinguer les opérations de dragage et d'immersion/rejets.

5.6.1.1. Effets des opérations de dragage

La remise en suspension générée par les dragues sont analysées dans le paragraphe 5.2 :

- Le dragage hydraulique (DAM et/ou DAS) induit une remise en suspension de sédiments négligeable, localisée sur le fond, aux abords de l'élinde. De plus, la réalisation des surverses par la DAM induit un nuage turbide en surface, d'autant plus important que les sédiments dragués sont fins ;
- Le dragage mécanique produit habituellement un faible nuage turbide concentré autour de la benne ;
- Le DIE remobilise la crème de vase sur le fond ; il n'affecte qu'une faible partie de la colonne d'eau (de l'ordre de un à trois mètres).

Pour ces trois techniques, les incidences potentielles sur les organismes planctoniques sont ainsi limitées, avec un nuage turbide temporaire, au maximum équivalent à celui engendré par le bouchon vaseux.

Par conséquent, les effets des dragages peuvent être considérés comme :

- **Négligeables au fond pour le dragage par DAM, DAS et dragage mécanique ;**
- **Faible pour le DIE et la surverse par DAM. Ce nuage turbide reste néanmoins localisé et temporaire du fait notamment des fortes conditions hydrauliques (dispersion rapide des sédiments).**

5.6.1.2. Effets des opérations d'immersion

Les incidences sur ces organismes sont principalement induites par les refoulements de la DAS et des immersions qui conduisent à un relargage de MES dans la colonne d'eau.

Ainsi, compte tenu de la qualité chimique satisfaisante des matériaux de dragage, les incidences sur les organismes planctoniques seront essentiellement ici liées :

- A l'augmentation temporaire de la turbidité du site, qui peut se répercuter sur la vie des organismes vivant en pleine eau. A cette augmentation de turbidité est associée une diminution de la pénétration de la lumière et donc une diminution de la production primaire (phytoplancton), premier maillon affectant le reste de la chaîne trophique ;
- A la diminution de la teneur en oxygène dissous liée à :
 - A la consommation directe de la matière organique par l'activité bactérienne ;
 - A la diminution de la production primaire qui constitue une source d'oxygène dans l'eau ;
 - A un risque d'eutrophisation du fait de la remise en circulation des nutriments piégés dans les sédiments remobilisés. La présence de nutriments conduit à un développement excessif des producteurs primaires eux-mêmes consommés par

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

des producteurs secondaires (zooplanctons, herbivores) avec pour résultante finale un déficit en oxygène.

Dans les études relatives aux effets de la turbidité et des matières en suspension sur le développement des populations phytoplanctoniques, l'aspect le plus souvent cité est celui de la réduction de l'activité de photosynthèse due à l'interférence des matières en suspension avec la pénétration de la lumière, concentration en matières en suspension naturellement très élevées dans l'estuaire.

Le cycle du phytoplancton est saisonnier : pic de production en début de printemps puis forte consommation suivi d'un second pic de production en fin d'été et une activité minimale en hiver.

De ce fait, les effets sur la production primaire des eaux de l'estuaire sont saisonniers : l'incidence est limitée (voire nulle) en hiver. Ces événements sont particulièrement sensibles lors des périodes de blooms algaux (début printemps et fin été).

Dans l'estuaire, et plus particulièrement dans le secteur du bouchon vaseux, les populations phytoplanctoniques subissent des contraintes : courant, agitation, turbidité, variation de salinité. Les populations phytoplanctoniques sont donc naturellement peu abondantes dans l'estuaire.

En outre, le risque d'eutrophisation est soumis à de nombreuses conditions environnementales : turbidité limitant le développement phytoplanctonique, température, activité microbologique, etc. En raison de contraintes environnementales qui s'exercent au sein de l'estuaire, ce risque est considéré comme négligeable.

Dans ce contexte, il semble difficile d'évaluer le part imputable aux opérations de dragages de celle lié aux conditions environnementales naturelles de l'estuaire. Toutefois, la part des dragage/immersion est faible vis-à-vis des mouvements naturels et la remise en suspension des sédiments conduisant à une incidence sur les organismes planctoniques est en outre localisée au panache turbide généré.

Globalement, les effets des dragages sur la faune et la flore planctonique sont très limités, géographiquement et temporellement aux zones d'immersion / rejet. **À l'échelle de l'estuaire, ces effets peuvent être considérés comme négligeables** pour les raisons suivantes :

- Les organismes planctoniques sont peu présents dans l'estuaire en raison des conditions naturelles défavorables à leur prolifération ;
- Les immersions et les rejets sont réalisés hors présence du bouchon vaseux ce qui permet de limiter les concentrations en MES et donc de ne pas dépasser les concentrations naturelles de l'estuaire ;
- Les effets turbides sont instantanés et les panaches sont rapidement dilués à l'échelle de la masse d'eau. Ainsi, le rejet par DAS est mise en place lorsque les débits de la Garonne sont importants.

5.6.2. Effets sur les peuplements benthiques

Les peuplements benthiques tiennent un rôle important dans l'écosystème estuarien. En milieu marin, le phytoplancton assure la base de la chaîne alimentaire, mais les variations de salinité, les forts courants et les turbidités importantes freinent considérablement leur développement en estuaire. Les apports nutritifs s'y font essentiellement par des débris organiques charriés par le fleuve, d'où l'importance du rôle tenu par les peuplements benthiques.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Les organismes benthiques peuvent être atteints de trois façons, par :

- L'action mécanique de l'élinde ou du godet sur le fond ;
- Le relargage de composés chimiques toxiques lors de la remise en suspension ;
- L'augmentation de la turbidité dans le milieu environnant (période de dragage et d'immersion/rejet).

Comme précédemment pour les peuplements planctoniques, il convient donc de distinguer les opérations de dragage et d'immersion/rejets.

5.6.2.1. Effets des dragages sur les peuplements benthiques

L'effet potentiel sur les peuplements benthiques est essentiellement lié à l'action mécanique de la drague (élingue, déplacement des sédiments avec le DIE) sur le fond du chenal.

Par exemple, le dragage par DAM a pour effet direct de détruire la grande majorité des espèces benthiques sur l'emprise des zones draguées. L'aspiration des populations benthiques dans la drague, leur séjour temporaire dans les cuves, puis le clapage en mer est mortel pour la plupart des individus. Cet impact se limite cependant uniquement à l'emprise des zones draguées qui ne représentent qu'une très faible surface par rapport à celle de l'estuaire (inférieure à 4%).

Les conclusions des tests des opérations de DIE réalisés en 2009, 2010 et 2015 pour caractériser l'effet sur les peuplements benthiques sont rappelées dans le tableau ci-après :

Tableau 56 – Résultats des suivis des campagnes de suivis des opérations de DIE par le GPMB, sur les peuplements benthiques

Opérations	Effets sur les peuplements benthiques
DIE en Garonne en sept. 2009 (source : GINGER)	Globalement, la zone d'étude est caractérisée au début et à la fin de l'expérimentation par une absence ou une quasi-absence de macrofaune benthique. Ceci est caractéristique du chenal. Il est très probable que la fréquence des dragages dans la zone d'étude, combinée aux fortes variations de salinité dues aux marées et à la position géographique de la zone d'étude dans l'estuaire constituent un milieu défavorable à l'installation et à la survie de la macrofaune dans les sédiments, comme en témoigne l'évolution du potentiel redox. En raison de l'absence ou quasi-absence de macrofaune dans les sédiments superficiels dans le chenal, il n'est possible d'évaluer l'incidence des dragages par jetsed sur les peuplements benthiques de la zone.
DIE en Garonne en 2010 (source : GINGER)	La comparaison des analyses de la macrofaune benthique avant et après l'opération de remobilisation des sédiments permet de préciser l'influence de la technique sur les peuplements estuariens. Les deux campagnes d'observation du benthos montrent de grandes similitudes qualitatives. Globalement la richesse spécifique du benthos de la Gironde est stable spatialement et temporellement, on retrouve les mêmes taxons avant et après les dragages. Les densités des peuplements benthiques sont cependant plus hétérogènes après la phase de remobilisation des sédiments. L'étude des peuplements benthiques a mis en évidence des peuplements pauvres et faiblement diversifiés avec un impact notable du chenal de navigation qui présente un substrat modifié ce qui se fait ressentir avec des stations azoïques ou très faiblement peuplées. Les espèces présentes dans le sédiment sont caractéristiques d'une charge organique importante. En revanche, les opérations de remobilisation des sédiments par la technique d'injection d'eau n'ont pas eu d'effet notable sur ces peuplements.
DIE à Port Bloc (2015) (source : GRONTMIJ GEO-TRANSFERT)	L'effet du dragage est très important sur les peuplements de la macrofaune benthique. La faune de la station située dans le port, a été particulièrement touchée par ces travaux et a complètement été modifiée. La station à l'extérieur du port a été impactée de façon moins prononcée mais la faune a cependant été modifiée. La recolonisation devrait ici être plus rapide.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Il est donc incontestable que les organismes benthiques sont détruits ou fortement endommagés lors des opérations de dragage. Ainsi, le suivi réalisé à Port Bloc en 2015 montre clairement cet effet de destruction mais il convient de noter que les opérations intervenaient sur des secteurs non dragués depuis plusieurs années. Sur d'autres sites, les suivis d'opération de dragage réalisés ont montré une recolonisation rapide des sites concernés.

En effet, il faut relativiser l'effet mécanique car l'activité de dragage sur le chenal, ouvrages portuaires et leurs accès est ancienne et régulière, ne laissant guère la possibilité au peuplement benthique de s'y développer. Ce qui est confirmé par les suivis des opérations de DIE en 2009 et 2010 sur la Garonne.

Ainsi, les populations benthiques impactées par l'action mécanique des dragues sont des populations marginales ou présentant une faible richesse comparativement aux zones intertidales qui sont des sites particulièrement productifs et importants du point de vue trophique à l'échelle de l'estuaire.

Par conséquent, l'effet sur les peuplements benthiques des zones draguées peut être considéré comme modéré à fort, temporaire (recolonisation) et localisé. Cet effet doit être relativisé en raison de la faible richesse des peuplements présents sur les zones draguées régulièrement.

5.6.2.2. Effets des immersions / rejets sur les peuplements benthiques

Les effets potentiels des immersions/rejets sur les peuplements benthiques sont essentiellement liés :

- Effets directs : destruction des habitats par recouvrement des matériaux de dragage ;
- Effets indirects : Remise en suspension des sédiments.

Ces éléments sont détaillés dans les paragraphes ci-après.

5.6.2.2.1. Destruction potentielle des habitats par recouvrement des sédiments de dragage

Le recouvrement agit sur le benthos en tant que surpoids de sédiment. Son effet est variable suivant (Maurer et al. 1986) :

- La durée de l'enfouissement ;
- L'épaisseur de sédiment ;
- La vitesse de la sédimentation ;
- Le type de sédiment,
- Les espèces benthiques présentes,
- La température.

De manière générale, le surpoids de sédiments et la diminution de l'oxygène disponible dans la couche sédimentaire (moins d'échanges avec la colonne d'eau puisqu'une nouvelle couche de sable est apportée) seront à l'origine d'une importante mortalité des espèces (80 à 90%). En pratique, des différences peuvent s'observer suivant les espèces présentes sur le site :

- Les crustacés adultes sont mobiles et habitués aux sédimentations élevées, surtout en zone estuarienne. Cependant, le recouvrement de l'habitat peut poser problème. La disparition des abris peut créer une baisse de la population en accroissant la compétition entre les individus pour acquérir un territoire. La surpopulation des habitats rends aussi difficile l'alimentation et peut affecter la croissance des crustacés. Enfin, la reproduction et le recrutement sont rendus plus difficiles.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Les bivalves filtreurs ont des résistances variables. Ces individus se servent de leur pied, plus ou moins développé, pour migrer verticalement et échapper ainsi à la sursédimentation. Suivant les espèces, ils peuvent se déplacer sur les épaisseurs données ci-après :
 - Epifaune, endofaune adulte avec siphon : 1 cm,
 - Endofaune sans siphon : 5-10 cm,
 - Endofaune faible profondeur, jeune endofaune profond avec siphon : 10-50 cm.

Les organismes non filtrants subissent par contre une mortalité importante ou totale.

Ainsi, sur les zones de vidage, les organismes benthiques, peu ou pas mobiles, seront impactés de manière physique, mécanique, par les déblais amenés à se déposer (temporairement ou définitivement) sur les fonds marins du site de vidage. Ils pourraient subir ainsi un enfouissement entraînant mortalité, blessure ou dérangement, ce qui constitue un **effet direct** et répétitif survenant à chaque opération de clapage.

Dans le cadre du Plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde, une expérimentation a été réalisée, par l'Université de Bordeaux, sur la zone de vidage 3.4. afin de déterminer l'effet des immersions sur les peuplements benthiques. Cette expérience peut-être considérée comme un modèle réduit physique. En effet, la zone été choisie car non utilisée depuis plus d'un an et la surface du sous-secteur choisi ainsi que le volume immergé ont été calculés à partir des dimensions réelles de la zone et des données chiffrées sur les immersions réalisées par le passé.

Les résultats montrent que :

- La granulométrie du sédiment n'a pas été fortement modifiée sur les stations de la zone de clapage, probablement en raison de la similitude du sédiment clapé avec le sédiment en place ; ceci tend à montrer que les habitats ne seraient que peu modifiés.
- Le benthos n'a pas subi de mortalité marquée dans la zone de clapage, comme on pouvait s'y attendre. Au contraire, immédiatement après clapage (T+1 semaine), l'abondance moyenne était significativement supérieure dans la zone de clapage, par rapport aux stations de référence hors clapage. Cette tendance s'est cependant curieusement inversée (quoique non significative d'un point de vue statistique) lors de la campagne réalisée 1 mois après clapage. L'augmentation des abondances dans la zone de clapage, une semaine après le clapage, pourrait éventuellement résulter d'un effet cumulatif (faune en place + faune provenant du sédiment dragué). Quoiqu'il en soit, aucun impact sur les abondances n'était plus décelable un mois après le clapage ;
- La structure des peuplements benthiques n'a pas été significativement modifiée dans la zone de clapage. Dans le cas contraire, des écarts importants des stations impactées auraient été décelés.

L'explication la plus probable de ces résultats est que la zone de clapage sélectionnée pour cette expérience se situe dans un milieu très dispersif, où les forts courants dispersent rapidement les sédiments (fins) dragués, dès leur immersion.

De plus, la modélisation a montré que les épaisseurs de dépôts étaient très faibles (cf. paragraphes 5.3.1.2 et 5.3.1.3.3) et localisés :

- Zone de vidage : les dépôts sont réduits car ces zones sont très dispersives ;
- Zone de calme hydrodynamique (zone intertidale et derrière les îles) : il s'agit d'un dépôt régulier et très faible ce qui limite les risques de recouvrement.

Ainsi, les dragages peuvent potentiellement engendrer une forte mortalité des peuplements benthiques, mais circonscrite aux zones de vidage. Cependant, ces effets de recouvrement seront limités du fait :

- Des conditions hydrodynamiques des zones de vidage : elles sont très dispersives ce qui limite les épaisseurs de dépôts ;
- Des actions du GPMB sur chaque zone de vidage qui vise à répartir les sédiments sur l'ensemble de la zone de vidage et ainsi diminuer les épaisseurs de sédiments.

Ceci permettra de limiter les effets sur les peuplements benthiques, qui resteront essentiellement localisés aux zones de vidage. Il convient de rappeler que la surface de l'ensemble des zones de vidage représente moins de 4% de la surface totale de l'estuaire ce qui est donc très faible.

De plus, l'utilisation de la DIE de manière plus importante permet de limiter les immersions de sédiments sur les zones de vidage.

Ainsi, les effets des dépôts sur les peuplements benthiques peuvent être considérés comme faibles à modérés, directs et temporaires.

5.6.2.2.2. Perturbation par l'augmentation des MES

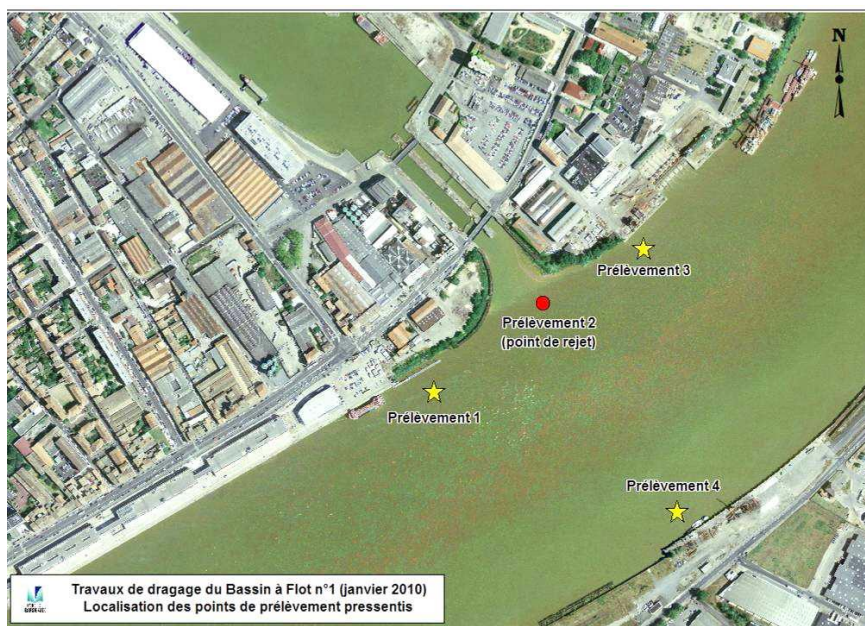
Les perturbations par augmentation des MES concernent essentiellement les opérations d'immersion plutôt que la phase dragage.

L'augmentation des MES lors des immersions contribue en effet à créer un effet indirect sur les communautés benthiques. Les co

Néanmoins, les organismes benthiques de l'estuaire peuvent supporter sans dommages des hausses temporaires de turbidités importantes, la présence du bouchon vaseux dans l'estuaire les familiarisant avec des concentrations élevées en matières en suspension. En effet, les organismes benthiques inféodés à l'estuaire sont représentés par des espèces généralement tolérantes à des tels niveaux de turbidité.

A titre d'illustration, le refoulement de la DAS lors des dragages des bassins à flots en 2009 a été suivi.

Figure 82. Localisation des stations de prélèvement lors de l'opération de 2009 (DAS)



Les conclusions de ce suivi sont précisées ci-après (rapport GINGER, 2010) :

« L'hétérogénéité de la macrofaune dans les sédiments superficiels entre les deux campagnes (avant et après rejet) est évidente, elle est particulièrement marquée à la station P3. Cette différence pourrait avoir plusieurs origines. Une augmentation du confinement et des teneurs en matière organique et/ou une diminution de l'oxygénation pourrait avoir conduit à la mort de la faune endogée.

Cependant, des modifications d'une ampleur suffisante pour engendrer un changement aussi brutal, n'ont pas été relevées dans les des mesures physico-chimiques du sédiment réalisées lors des deux campagnes. En dehors de toute manœuvre de dragage sur ces sédiments, il paraît envisageable que la station P3 ait subi l'influence des rejets et déblais réalisés à proximité et que le benthos ait subi un enfouissement. ».

Ainsi, les effets liés aux MES sur les peuplements benthiques peuvent être considérés comme négligeables à faibles.

5.6.3. Effets sur la ressource halieutique

5.6.3.1. Effets des dragages

5.6.3.1.1. Généralités

De manière générale, l'**effet des dragages** sur l'ichtyofaune (les poissons) est de plusieurs types :

- Aspiration des poissons se déplaçant près du fond ;
- Nuisances sonores lors du passage de la drague ;
- Risque d'asphyxie lors des remises en suspension par réduction de la teneur en oxygène dissous ;
- Risque de bioaccumulation de contaminants au sein du réseau trophique ;
- Réduction de la ressource trophique.

5.6.3.1.2. Effets mécaniques des dragages

Les poissons pélagiques ne sont a priori pas concernés par les effets mécaniques du dragage lors de l'aspiration, compte tenu de leur capacité d'évitement.

Les poissons de fond peuvent toutefois être aspirés par l'élinde (dont la largeur est inférieure à 3 m), mais la plupart ne resteront pas sur zone lors de son passage. Quelques individus sont susceptibles d'être blessés ou tués par les opérations de dragage.

Une expérimentation a été menée sur la drague Daniel Laval du GPM de Rouen sur les prises accessoires de poissons et de macrocrustacés par aspiration. Les résultats ne sont pas généralisables puisqu'une seule journée d'expérimentation a été conduite. Néanmoins, ils mettent en évidence la présence effective et chronique de prises accessoires dont les espèces les plus fréquentes sont les gobiidés, les éperlans ou encore la motelle à cinq barbillons dans les eaux de surverse de la drague.

La destruction ou la blessure d'individus par action mécanique des dragues est donc bien réelle. Il est toutefois difficile de quantifier ce phénomène et son ampleur à l'échelle de l'estuaire.

Le dragage par injection d'eau ne créant pas d'aspiration, les effets mécaniques des dragages par cette technique semble moins nocifs pour les poissons que le dragage au moyen de la DAM ou de la DAS.

Les effets mécaniques des dragages peuvent être considérés comme faibles à modérés, temporaires et très localisés autour de la drague.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.6.3.1.3. Nuisances sonores

Les nuisances sonores sont également susceptibles d'affecter les organismes halieutiques, notamment en période de reproduction. Toutefois, les zones de dragage se situent dans le chenal de navigation, à l'écart des habitats privilégiés de l'ichtyofaune (vasières intertidales en particulier).

Le CEDA (Central Dredging Association) a publié en 2011 une synthèse des données disponibles sur le bruit aquatique généré par les dragages. Il apparaît qu'il « *est très peu probable que les sons sous-marins générés par les opérations de dragage causent des dommages auditifs. Une perte temporaire des capacités d'audition normales peut se produire si les individus se trouvent dans le voisinage immédiat de la drague et qu'ils sont exposés pendant un long moment, ce qui est improbable.* »

En tout état de cause, le bruit des engins de dragage induit une réaction de fuite. Il convient aussi de noter que le bruit d'une drague en navigation est plus important qu'en phase dragage.

Ainsi, les effets liés aux nuisances sonores des opérations de dragage/immersion sur la ressource halieutique peuvent être considérés comme négligeables/faibles, temporaires et localisés.

5.6.3.1.4. Effet de la remise en suspension

Les remises en suspension peuvent entraîner des dommages directs liés à la diminution de l'oxygène disponible, pouvant entraîner l'asphyxie de certains organismes dans la zone d'influence des opérations.

Les processus biologiques sont en effet particulièrement dépendants des teneurs en oxygène de l'eau et le développement des organismes peut-être corrélé à des seuils :

Tableau 57 – Seuil de sensibilité des espèces aquatiques vis-à-vis des déficits en oxygène

Vie aquatique et besoins en oxygène		
Seuil sensible	Développement normal	> 5 mg/l
	Développement perturbé	4 – 5 mg/l
Seuil critique		3 – 4 mg/l
	Faune et flore en difficulté	2 – 3 mg/l
Seuil léthal		1 – 2 mg/l
	Asphyxie et mortalité	< 1 mg/l

Les salmonidés, qui commencent à mourir avant la valeur seuil de l'hypoxie de 3 mg/l, sont les espèces les plus sensibles à une raréfaction de l'oxygène. Tout comme les juvéniles de soles, les adultes de salmonidés évitent les eaux dont les concentrations en oxygène dissous sont inférieures à 5 mg/l.

Un second groupe de tolérance, incluant les juvéniles de flet et d'éperlan, évite les eaux hypoxiques dont les concentrations en oxygène se situent en dessous du seuil de 3,7 mg/l.

Même si certaines espèces connaissent un seuil léthal bas (chez le bar, il est estimé à 2 mg/l), la croissance apparaît significativement altérée en dessous de 5 mg/l.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 58 – Tolérance au déficit en oxygène des principales espèces rencontrées dans l'estuaire de la Loire (d'après HOCER, 2012)

Espèce/Stade	Evitement	Nage réduite	Croissance affectée	Seuil critique
bar adulte		3 mg/l		2 mg/l
bar juvénile			5-6 mg/l	
sole juvénile	< 5 mg/l			
tacaud adulte				15 à 20% sat.
gobie tacheté adulte	0,85 mg/l			0,25 mg/l
flet adulte	3 mg/l			
flet juvénile	3,7 mg/l		1,8-4,49 mg/l	
mulet porc adulte				1-2 mg/l 2-3 mg/l
mulet porc juvénile	4 mg/l			
éperlan adulte	3 mg/l		4,5 mg/l	
anguille adulte	1,2-3 mg/l			
lamproie adulte				10% sat.
saumon adulte et juvénile	5 mg/l			
truite adulte		30% sat.		5-5,55 mg/l
alose adulte	2,5-3 mg/l			
alose larves				2 mg/l

Les risques d'anoxies se produisent essentiellement lorsque le bouchon vaseux est présent. Or l'augmentation des MES liés au dragage demeure très faible et ces opérations sont réalisées lorsque celui-ci n'est pas présent, ce qui tend à limiter l'addition de MES en période sensible.

Enfin, les poissons fréquentant l'estuaire sont habitués à des niveaux élevés de MES.

De plus les nuages turbides engendrés par la DIE sur le fond pourraient perturber la montaison/dévalaison des poissons migrateurs tels que les esturgeons, l'anguille et les lamproies qui nagent généralement près du fond. Cependant, les MES issues du DIE restent essentiellement localisés au niveau du chenal qui représentent moins de 2% de la largeur totale de l'estuaire.

Par conséquent, les effets peuvent être considérés comme potentiellement faibles à modérés, indirects, localisés et temporaires.

5.6.3.1.5. Risque de bioaccumulation

Les phénomènes de bioaccumulation sont d'une très grande complexité et sont difficilement quantifiables car ils varient considérablement en fonction des conditions physico-chimiques, des substances chimiques et de leur spéciation ainsi que des espèces concernées.

Il est difficile de discerner les phénomènes de transfert dus aux remises en suspension, de l'ensemble des effets ressentis par l'ichtyofaune dus à la qualité du milieu estuarien.

Compte tenu de la qualité satisfaisante des sédiments dragués (globalement inférieure à N1) et du fait que les sédiments mobilisés sont de qualité équivalente à ceux charriés naturellement dans l'estuaire, la part de la bioaccumulation due aux dragages est similaire à celle due aux processus naturels dans l'estuaire (toute proportion gardée) ; or les analyses de la qualité de la matière vivante montre que ce risque est non négligeable (cf. paragraphes 3.2.3.4 et 5.5).

Par conséquent, face aux incertitudes et la difficulté de quantifier la bioaccumulation, les effets peuvent être considérés comme négligeables à modérés.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.6.3.1.6. Réduction de la ressource trophique

Comme décrit précédemment, le dragage (chenal, ouvrages portuaires...) engendre une destruction notable des peuplements benthiques qui constituent l'essentiel de la ressource trophique, notamment des juvéniles.

Cependant, les zones draguées ne constituent pas des secteurs préférentiels de nourrissage pour la faune piscicole en raison des dragages réguliers qui limitent le développement de la faune benthique. De plus, leur emprise reste limitée et négligeable à l'échelle de l'estuaire.

Par conséquent, les effets peuvent être considérés comme faibles.

5.6.3.2. Effets des immersions

Les effets potentiels sur la ressource halieutique sont essentiellement les suivants :

- Effets directs, dus à la décantation puis au dépôt des déblais sur le fond où résident des individus d'intérêt halieutique. L'effet direct d'ensevelissement d'espèces benthiques est bien réel. Cet effet est cependant limité géographiquement aux emprises des zones de vidage, ce qui reste très faible à l'échelle de l'estuaire, d'autant qu'il ne s'agit pas de zones particulièrement sensibles. De plus, les actions entreprises par le GPMB pour limiter les épaisseurs de dépôts sur les zones de vidages permettent de limiter ces effets :
 - Répartition des sédiments dragués sur l'ensemble de la zone de vidage ;
 - Les zones de vidage sont très dispersives ;
 - Absence d'immersion sur les zones 3.2 à 3.7 pendant la période 15 mai au 15 juillet, soit des zones et périodes potentiellement sensibles pour la ressource halieutique ;
 - Absence d'immersion sur les zones intertidales.

Ces effets ont une portée plus limitée sur les espèces de pleine eau (pélagiques et démersales) qui sont davantage mobiles. Ils conduisent à une fuite temporaire de la zone de clapage et ses abords.

- Effets indirects :
 - Effets dus aux dommages ou dérangements induits par les manifestations turbides des opérations d'immersion. L'augmentation temporaire de la turbidité du fait des clapages peut induire, dans l'hypothèse pessimiste, un colmatage des branchies, ainsi que des difficultés pour rechercher les proies ou des perturbations pour la montaison / dévalaison. Cependant, comme précisé précédemment, le GPMB met en place plusieurs actions pour limiter ces effets :
 - Immersion lorsque le bouchon vaseux n'est pas présent ce qui limite les surexpositions aux MES ;
 - Absence d'immersion sur les zones 3.2 à 3.7 pendant la période 15 mai au 15 juillet, soit des zones et périodes potentiellement sensibles pour la ressource halieutique ;
 - Les zones de vidages sont très dispersives ;
 - les zones de vidage 1.1 à 1.3 ont été supprimées
 - Effets dus aux effets initiaux sur les invertébrés benthiques qui constituent des proies pour nombre d'espèces halieutiques (benthiques et démersales). L'effet indirect, par dégradation des populations de macro-invertébrés benthiques sont d'intensité limitée ; les suivis des peuplements benthiques ont montré que les peuplements peuvent être perturbés très localement par les immersions. De plus, les épaisseurs de dépôts en dehors des zones de vidage sont très faibles au regard des évolutions naturelles de l'estuaire.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Indirects ou différés, dus aux possibilités d'altérations physiologiques ou biologiques par les contaminants présents dans les déblais. Compte tenu de la bonne qualité chimique des sédiments clapés, ces effets semblent limités. Les niveaux de contamination des sédiments (inférieurs à N1 en général) sont considérés comme tolérables pour le milieu marin.

5.6.4. Effets sur l'avifaune

5.6.4.1. Incidences possibles sur l'alimentation des oiseaux de mer

Les dragages et clapages entraînent une augmentation de la turbidité des eaux, susceptible d'avoir essentiellement deux conséquences théoriques sur l'alimentation des oiseaux marins :

- Une modification des ressources trophiques. L'activité d'immersion peut entraîner une modification des peuplements vivants dans le secteur :
 - Incidences sur le phytoplancton, base des chaînes trophiques ; le risque apparaît faible cependant, les développements du phytoplancton s'effectuant à une échelle beaucoup plus large que celle du site d'immersion ;
 - Incidences sur le plancton évoluant en surface : sont concernées les espèces collectant des petites espèces planctoniques en surfaces ;
 - Incidences sur les poissons exploitant la colonne d'eau ;
 - Incidences sur les espèces évoluant sur ou près du fond : ces proies (poissons, crustacés, mollusques, échinodermes) dépendent en partie du peuplement benthique pouvant se développer sur les fonds soumis à l'immersion des produits de dragage.
- Une baisse de détection des proies :
 - Ce risque apparaît faible pour des espèces exploitant les petites espèces en surface ;
 - Pour les espèces chassant plus en profondeur, l'impact potentiel est néanmoins à nuancer. En effet, indépendamment du dragage et du clapage, l'estuaire est une zone de forte turbidité des eaux, qui peut être évitée par les espèces appréciant les eaux assez claires pour pouvoir repérer les proies (hors périodes de remises en suspension liées aux tempêtes). Par ailleurs, les augmentations de turbidités générées par les opérations sont temporaires et localisées.

Nota : l'éventuelle remise en suspension de débris d'organismes benthiques et une concentration supérieure en poisson fourrage lors des activités de dragages et d'immersions (source alimentaire temporaire exploitée par certaines espèces opportunistes) peuvent amener parfois à des attroupements d'espèces comme les mouettes ou les goélands (Cook et Burton, 2010 ; Tillin et al, 2011). Les effets sont cependant de très courte durée et ne touchent que certaines espèces.

Figure 83. Oiseaux marins se nourrissant dans le panache turbide provoqué par la surverse d'une drague hydraulique



Source : GEODE

**Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès
et Gestion des sédiments dragués***Autorisation environnementale**Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement*

5.6.4.2. Incidences possibles sur le dérangement

Les engins de dragage se comportent comme n'importe quel navire fréquentant l'estuaire. Ils ne génèrent pas de bruit plus important. Le cycle de la drague est limité à quelques heures ; le dérangement n'est pas localisé toujours au même endroit.

5.6.4.3. Bilan sur les incidences sur l'avifaune

Au regard des éléments présentés ci-avant, les impacts des dragages et clapages sur l'avifaune sont indirects, négligeables à faibles et temporaires.

5.6.5. Synthèse des effets sur le milieu vivant

Le tableau ci-après récapitule les effets et impacts associés à chaque thématique analysée dans les paragraphes précédents :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement
Tableau 59 – Principaux paramètres de le milieu vivant

Thématique	Sensibilité env.	Effets				Impact		
		Description	Intensité	Direct / Indirect	Temporaire / permanent			
Milieu vivant	Faible sur le chenal	Destruction d'une majeure partie des espèces présentes lors du dragage par DAM/DAS. Cependant le milieu au droit du chenal reste pauvre car fortement anthropisé	Modérée à fort	Direct	Temporaire	Faible à modéré		
		Modérée sur les zones de vidage	Destruction potentielle des habitats par recouvrement au niveau des zones de vidage. Cependant les actions entrepris par le GPMB (répartition des sédiments sur l'ensemble de la zone de vidage, zones très dispersives...) permettent de limiter ces effets	Faible à modérée	Direct	Temporaire	Faible à modéré	
			Perturbation liée au MES	Négligeable à faible	-	-	Négligeable à faible	
	Importante sur les autres zones de l'estuaire	Epaisseurs des dépôts très faibles sur ces zones, nettement inférieures aux évolutions naturelles de l'estuaire.	Négligeable	-	-	Nul		
		Perturbation liée au MES						
	Ressources halieutiques	Importante à majeure sur l'ensemble de l'estuaire	Dragage	Aspiration des poissons se déplaçant près du fond mais cela concerne un nombre restreint d'individus localisés au niveau des zones de dragage	Faible à modéré	Direct	Temporaire	Faible à modéré
				Nuisance sonores équivalent au trafic maritime	Négligeable/ faible	Direct	Temporaire	Nul à Faible
				Effet des remises en suspension limités car : Les concentrations restent faibles Les poissons fréquentant l'estuaire sont habitués à des niveaux élevés de MES	Faible à modérée	Indirect	Temporaire	Faible à modéré
				Risque de bioaccumulation	Faible à modérée	-	-	Faible à modéré
			Réduction de la ressource trophique	Faible	-	-	Faible	
Immersion			Effets liés aux dépôts. Effets limités en raison des actions entrepris par le GPMB (répartition des sédiments sur l'ensemble de la zone de vidage, zones très dispersives...) et de la fuite potentielle des individus	Négligeable / Faible	Direct	Temporaire	Faible	
			Dommages / dérangement par les MES	Faible	Indirect	Temporaire	Faible	
	Diminution de la ressource trophique qui reste néanmoins limité du fait des mesures prises par le GPMB (absence d'immersion sur les zones de vidage 3.2 à 3.7 entre mi-mai et mi-juillet)	Faible	indirect	Temporaire	Faible			
Avifaune	Faible	Modification des ressources trophique, baisse de la détection des proies Dérangement possibles lié aux dragues	Négligeable à faible	Indirect	Temporaire	Négligeable à faible		
Zones de protection du patrimoine naturel	Important	Effets potentiels sur le milieu vivant (peuplements benthiques, ressource halieutique) de Natura 2000	Faible à modéré	Direct /indirect	Temporaire	Faible à modéré		

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.7. EFFETS SUR LE PATRIMOINE CULTUREL

5.7.1. Effets sur le paysage

Les engins de dragage (DAM, DIE...) constituent depuis longtemps des éléments du paysage estuarien au même titre que les navires de commerce ou autres bâtiments fréquentant le plan d'eau estuarien. Par conséquent, les dragues perçues comme l'ensemble des autres navires et embarcations n'apporteront pas d'altération au paysage.

De plus, l'augmentation faible, localisé et temporaire des MES n'est pas de nature à modifier notablement la couleur des eaux estuariennes déjà fortement marquée par les fortes turbidités du bouchon vaseux.

Par conséquent, les effets des opérations de dragage/immersion sur le paysage peuvent être considérés comme nuls.

5.7.2. Effets sur le patrimoine archéologique

Les travaux de dragage correspondent à un dragage d'entretien (pas d'approfondissement) de zones qui font l'objet de ces opérations depuis plusieurs dizaines d'années. Par conséquent, les effets des opérations de dragage/immersion sur le patrimoine archéologique sous-marin peuvent être considérés comme nuls.

Toutefois, en cas de découvertes archéologiques fortuites, le GPMB avertira immédiatement la DRASSM.

5.7.3. Synthèse des effets sur le patrimoine culturel

Le tableau ci-après récapitule les effets et impacts associés à chaque thématique analysée dans les paragraphes précédents :

Tableau 60 – Principaux paramètres du patrimoine culturel

Thématique		Sensibilité env.	Effets				Impact
			Description	Intensité	Direct / Indirect	Temporaire / Permanent	
Patrimoine culturel	Entités paysagère	Faible	Engins de dragage constitue depuis longtemps des éléments du paysage comme les navires fréquentant l'estuaire	Nulle	-	-	Nul
	Site inscrit – site classé	Faible					
	Monuments historiques Patrimoine	Faible	Dragage d'entretien effectué depuis de nombreuses années, ce qui limite le risque de découverte archéologique	Nulle	-	-	Nul

5.8. EFFETS SUR LE MILIEU HUMAIN ET USAGES

5.8.1. Effets sur la population –santé humaine

Les effets potentiels des opérations de dragage sur la population et la santé humaine sont essentiellement liées aux incidences sur :

- La qualité de l'eau : comme indiqué au paragraphe 5.5.1, les opérations de dragage ne sont pas susceptibles d'affecter la qualité des prélèvements d'eau ;
- La qualité de l'air : il est reconnu que les effets de la pollution atmosphérique sur la santé humaine résultent de phénomènes complexes, tels que : les interactions entre les différents polluants, les variations des conditions d'exposition des individus, les sensibilités différentes selon les sujets exposés. On distingue diverses catégories d'incidences que peuvent avoir les émissions de polluants atmosphériques dues à la circulation des véhicules à moteur sur la santé :
 - Les nuisances sensorielles (odeurs et diminution de la transparence de l'air) ;
 - L'irritation des voies respiratoires, des yeux, de la peau ;
 - Les effets toxiques généraux ;

Cependant, les rejets polluants dans l'air reste limité, conforme à la réglementation et dans un environnement ouvert ce qui limite les risques. De plus, l'utilisation plus systématique du DIE permet de limiter le travail de la DAM et de la drague mécanique ; ce qui réduit les émissions de polluants liés au transport des sédiments des zones draguées vers les zones de vidage.

- La qualité sonore liée au bruit des dragues qui est équivalent à celui des navires transitant dans l'estuaire ; De plus, les routes maritimes empruntées demeurent éloignées des habitations. Par conséquent, l'effet peut être considéré comme nul.
- La qualité des organismes comestibles : les effets possibles des opérations de dragage sur la santé et la salubrité publique peuvent être liés au risque de contamination par bioaccumulation ou bioconcentration des espèces présentes dans l'estuaire, à la suite du relargage potentiel des contaminants présents dans les sédiments.

Pour l'homme, la consommation de coquillages ou de poissons contaminés représente la seule voie d'exposition aux toxiques.

L'accumulation des substances chimiques par les organismes marins peut s'effectuer au travers de réseaux trophiques (bioaccumulation). Les phénomènes de transfert et de bioaccumulation sont d'une très grande complexité et varient considérablement en fonction des conditions physico-chimiques, des substances chimiques et de leur spéciation, ainsi que des espèces concernées. Il apparaît difficile de quantifier l'influence relative des dragages sur la contamination de la chaîne trophique, par rapport au contexte général de l'estuaire.

Toutefois, au regard de la qualité générale satisfaisante des matériaux dragués, on peut penser que le risque de contamination de la chaîne alimentaire est très limité, en notant de surcroît qu'il s'exprime surtout sur les espèces prédatrices situées en bout de chaîne, couvrant le plus souvent un territoire étendu (bien au-delà des superficies concernées par les opérations de dragage).

L'autre facteur de risque serait lié à la consommation des produits de la mer (par exemple les organismes filtreurs comme les moules, les huîtres,...). La qualité de ces zones de production conchylicole est classée D interdisant toute production ou ramassage dans l'estuaire.

Aussi, les effets sur la population et la santé humaine peuvent être considérés comme nuls à négligeables.

5.8.2. Effets sur la navigation - trafic

Durant les dragages et les trajets, les dragues se mêlent au trafic maritime. Elles doivent alors respecter les usages ordinaires de navigation pour assurer une cohabitation harmonieuse avec les autres navires utilisant le chenal ou les zones portuaires concernées.

Quelle que soit la position de la drague, la priorité est donnée au trafic commercial.

Les opérations de dragage ont pour objectif de maintenir les cotes du chenal, de manière à assurer des conditions de sécurité maritime optimale dans le chenal et au niveau des ouvrages portuaires. A ce titre, elles ont un effet positif sur les activités de navigation.

5.8.3. Effet sur la pêche et ressources halieutiques dans l'estuaire de la Gironde

Les activités de pêche dans le chenal de navigation sont, a priori, limitées. En effet, ces dernières ne doivent pas gêner le trafic commercial. Les pêcheurs de l'estuaire sont habitués aux dragages en raison de leur pratique ancienne. A ce titre, aucune incidence vis-à-vis de l'espace de pratique n'est attendue.

Les activités de dragage ont une incidence indirecte sur l'activité halieutique via l'effet des opérations sur la ressource :

- Réaction de fuite des espèces au voisinage des dragues ;
- Diminution de la ressource trophique (benthos) par destruction ;
- Risque d'anoxie du milieu du fait de la turbidité.

Il a été démontré au paragraphe 5.6.3 que les dragages ont une incidence mineure et localisée sur l'ichtyofaune, en particulier sur les espèces exploitées.

Les effets sur l'activité de pêche peuvent être considérés comme négligeables.

5.8.4. Effets sur l'ostréiculture, sur l'aquaculture et fermes aquacoles du médoc

Le paragraphe 3.2.1 a permis de montrer que les effets des dragages/immersion n'avaient pas d'effets notables sur la qualité des eaux de l'estuaire.

Activités ostréicole dans les marais du nord-Médoc

L'étude scientifique de Magalie Baudrimont datée de septembre 2014 a fait suite aux réserves émises par la DGAL en mai 2011 quant à l'exploitation des huîtres dans ces mêmes marais.

Les objectifs de cette étude étaient guidés par la volonté de valorisation économique des marais du Nord-Médoc par le développement d'activités ostréicoles, et notamment de l'affinage d'huîtres adultes.

L'étude montre que :

- les huîtres, provenant du Bassin d'Arcachon, introduites dans les marais ont une bonne capacité de croissance en termes de remplissage de la coquille (indices de condition) sur les périodes considérées, et d'autre part, ont une accumulation modérée en cadmium et plomb, les concentrations restant systématiquement inférieures aux seuils autorisés pour la consommation humaine. L'ensemble des autres éléments métalliques étudiés montre une tendance générale à la diminution des concentrations ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

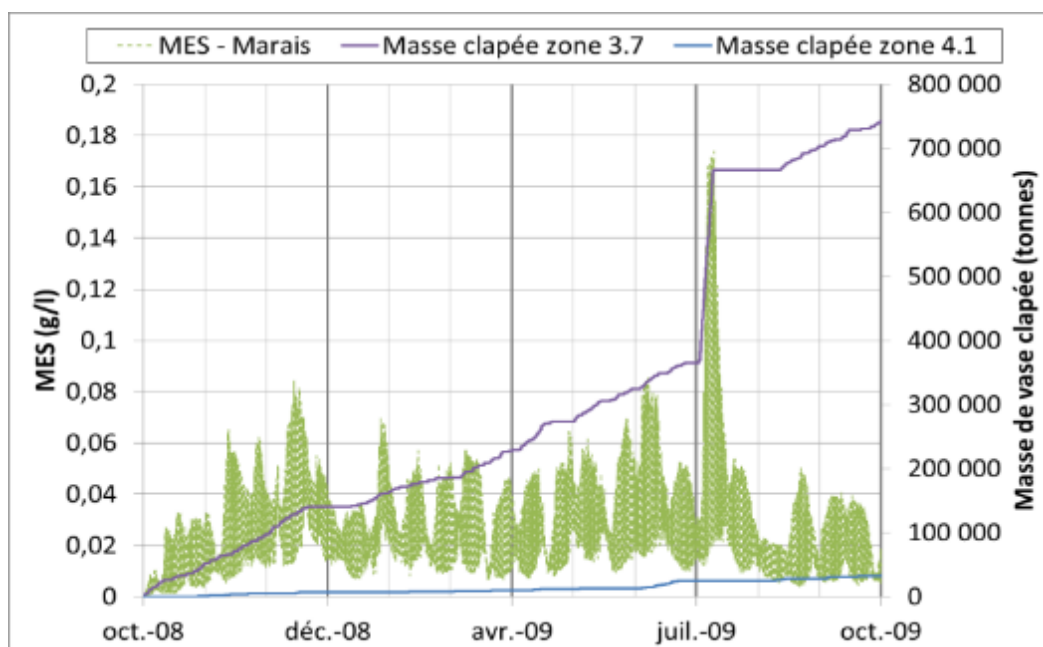
Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- une décontamination significative des huîtres de l'estuaire de la Gironde, dans les marais, avec des valeurs en cadmium au-dessous du seuil de consommation humaine après en moyenne 200 jours de transplantation (6 mois), ainsi qu'une réduction des autres métaux ;
- des décroissances très significatives enregistrées notamment pour le cadmium dans les marais, de l'ordre de 70 à 80 % sur une période de 10 ans (entre 2000-2001 et 2013-2014) pour la décontamination de naissain d'huîtres provenant de l'île de Ré dans les marais du Nord Médoc, alors que sur la même période, une décroissance de seulement 50% du Cd a été enregistrée dans les huîtres de La Fosse (données ROCCH de l'IFREMER).
- sur le long terme une réduction de la concentration en cadmium dans l'estuaire de la Gironde.

Ceci montre que la qualité de la matière vivante s'améliore dans les marais, alors que les opérations de dragage/immersion ont continué.

Figure 84. Résultats de la modélisation : Evolution temporelle des MES au droit des marais



Certes, ces résultats montrent une corrélation directe entre les clapages effectués à proximité et les concentrations maximales observées sur le site. Ainsi, par exemple, le pic maximum de MES est observé à l'issue de la période de clapage de plus de 300 000 t. Cependant, ces concentrations dues aux immersions semblent très faibles au regard des maximums de concentrations qui peuvent être observées dans l'estuaire (avec ou sans présence du bouchon vaseux).

Activités au niveau des perthuis

La modélisation a montré que l'intensité du nuage tubide générée par les opérations de dragage/immersion était très faible à l'extérieur de l'estuaire, inférieur au bruit de fond naturel.

De plus, il a été montré précédemment que :

- L'incidence des dragages sur la qualité chimique de l'eau apparaît comme peu perceptible, à l'échelle de l'estuaire et à l'extérieur de l'estuaire (par exemple la zone des perthuis), au vu des échanges naturels existants en permanence entre les différents compartiments et de la qualité satisfaisante des sédiments mobilisés.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- En raison de la faible intensité des effets des dragages/immersions sur la qualité des eaux et des sédiments, il est probable que les effets sur la qualité de la matière vivante soient réduits à l'intérieur comme à l'extérieur de l'estuaire.

Par conséquent, les effets des dragages/immersion peuvent être considérés comme nuls sur l'ostréiculture, l'aquaculture et les fermes aquacoles.

5.8.5. Effets sur les prises et rejets d'eau de la Centrale du Blayais

Les investigations réalisées dans le cadre du PGS (modélisation, échange avec la Centrale) n'ont pas mis en évidence d'incidence notable des dragages sur la prise et rejet d'eau de la Centrale du Blayais.

Les phénomènes d'envasement sont très lents et sans conséquence sur la production de la centrale.

Par conséquent, les effets des dragages/immersion peuvent être considérés comme négligeables sur l'activité de la Centrale du Blayais.

Il conviendra néanmoins de s'assurer (suivi et/ou modélisation) que la technique du DIE plus largement utilisée qu'actuellement n'engendre pas d'envasement temporaire au droit des installations de la Centrale. Néanmoins, les MES issues du DIE restent localisées dans le chenal, éloigné du site, donc peu susceptibles de se déposer au niveau des prises et rejets d'eau de la Centrale.

5.8.6. Effets sur les prélèvements d'eau

L'alimentation en eau concerne les activités industrielles et agricoles, ainsi que la production d'eau potable :

- Eaux industrielles : les industries ont des contraintes d'utilisation des eaux qui varient en fonction de leur type. Les contraintes concernent essentiellement les MES, les chlorures et la dureté. Actuellement, les établissements industriels n'ont pas de difficulté d'alimentation en eau, soit car la qualité des eaux est suffisante pour leurs besoins, soit car ils utilisent de l'eau provenant du réseau public. Les niveaux élevés de MES dans l'estuaire liés au système bouchon vaseux - crème de vase induisent une contrainte sur l'utilisation de l'eau de l'estuaire qui ne peut être aggravée par les dragages d'entretien.
- Eaux agricoles – Les contraintes au niveau de l'eau utilisée pour l'agriculture sont principalement relatives à la teneur en NaCl et les MES ;
- Eau potable pour l'alimentation de la population avec les problématiques d'intrusion saline dans les nappes.

Les paragraphes 3.2.1 et 3.1.6 ont permis de montrer que les effets des dragages/immersion n'avaient pas d'effets notables sur la qualité des eaux et l'intrusion saline dans les nappes.

Par conséquent, les effets des dragages sur les prises et rejets d'eau peuvent être considérés comme négligeables.

5.8.7. Effets sur la plaisance

Outre les règles de navigation « classiques » qui s'appliquent vis-à-vis des dragues et des navires de plaisance dans le chenal, les dragages ont, globalement, une incidence très faible sur la sédimentation des ports de l'estuaire par rapport à celui du bouchon vaseux.

Par conséquent, les effets des opérations de dragage sur la plaisance peuvent être considérés comme nuls.

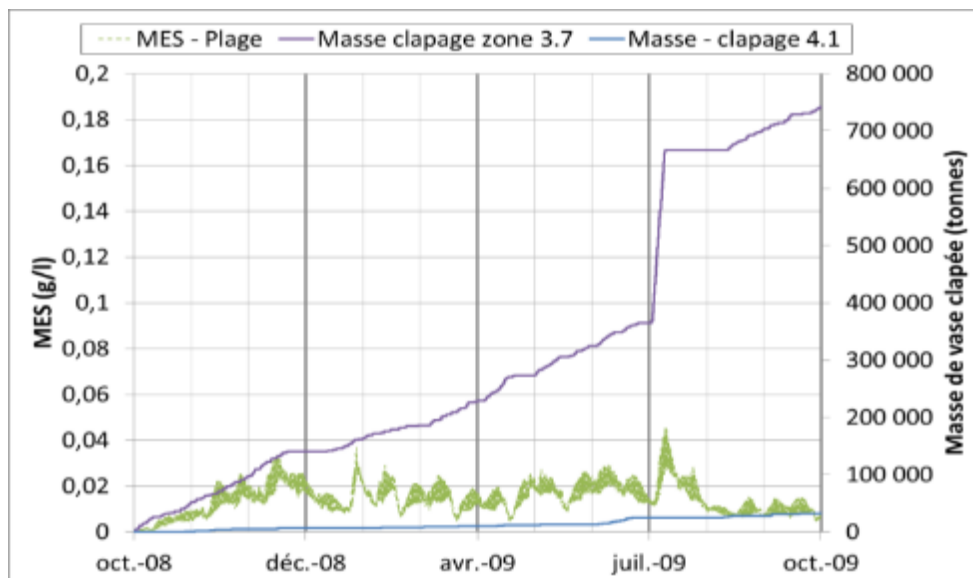
5.8.8. Effets sur la baignade

La baignade est pratiquée essentiellement sur les plages de la rive droite de l'estuaire et au Nord de l'embouchure entre Meschers et la Tremblade, sur les plages du Verdon (estuaire et océan) et de Soulac au Sud de l'embouchure.

La surveillance régulière de la qualité des eaux de baignade sur ces plages (cf. 3.2.1.4) montre une conformité par rapport aux paramètres physico-chimiques et une qualité microbiologique moyenne à bonne. La qualité des eaux de baignade est globalement bonne.

De plus, la qualité des eaux (qualité physique –MES...-, chimiques ...) n'est pas affectée par les opérations de dragage / immersion (cf. 3.2.1).

Figure 85. Résultats de la modélisation : Evolution temporelle des MES sur la Plage de la Grande Conche



Certes, ces résultats montrent une corrélation directe entre les clapages effectués à proximité et les concentrations maximales observées sur le site. Ainsi, par exemple, le pic maximum de MES est observé à l'issue de la période de fort clapage à l'été 2009. Cependant, ces concentrations dues aux immersions semblent très faibles au regard des maximums de concentrations qui peuvent être observées dans l'estuaire (avec ou sans présence du bouchon vaseux).

Enfin, d'après la modélisation des immersions sur l'année hydrologique 2008-2009, il n'y a pas de dépôts de sédiments dragués à l'aval de l'embouchure (plages de Royan ...cf. **Planche 57**).

Ainsi, les effets des dragages sur la qualité des eaux de baignade peuvent être considérés comme négligeables.

5.8.9. Effet sur les servitudes – Réseaux

Les lieux d'intervention des dragues font partie de la circonscription du GPMB. A ce titre, aucune servitude n'est affectée.

De plus, les dragages n'ont jamais entravé la possibilité de déposer d'engins explosifs à l'Ouest de la zone d'immersion 4.1.

Par conséquent, les effets des opérations de dragage sur les servitudes peuvent être considérés comme nuls.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

5.8.10. Synthèse « Effets sur le milieu humain et usages »

Le tableau ci-après récapitule les effets et impacts associés à chaque thématique analysée dans les paragraphes précédents :

Tableau 61 – Principaux paramètres sur le milieu humain et usages

Thématique		Sensibilité env.	Effets				Impact
			Description	Intensité	Direct / Indirect	Temporaire / Permanent	
Milieu humain et usages	Démographie – population – santé humaine	Faible	Effets potentiels sur la qualité du milieu : eau, matière vivante, nuisance sonore...	Nul / négligeables	-	-	Nul
	Navigation - trafic	Important	Les dragues se mêlent au trafic maritime et doivent respecter les usages ordinaires de navigation. La priorité est donnée au trafic commercial. Les opérations de dragage ont pour objectif de maintenir les cotes du chenal, de manière à assurer des conditions de sécurité optimale dans le chenal et dans les souilles.	Positif	Direct	Permanent	Positif
	Exploitation de granulats dans l'estuaire de la Gironde	Faible	Pas d'effet	-	-	-	-
	Pêche et ressources halieutiques dans l'estuaire de la Gironde	Important	Pas de perturbation directe de l'activité de pêche liée à la présence des dragues dans le chenal	Nul	-	-	Nul
			Incidence indirecte sur l'activité halieutique via l'effet des opérations sur la ressource : - Réaction de fuite des espèces au voisinage des dragues ; - Diminution de la ressource trophique (benthos) par destruction ; - Risque d'anoxie du milieu du fait de la turbidité	Négligeable	-	-	Nul
	Ostréiculture - Aquaculture et fermes aquacoles du médoc	Modérée	Pas d'effets notables sur la qualité des eaux de l'estuaire et à l'extérieur de l'estuaire	Négligeable	-	-	Nul
	Centrale du blayais	Importante	Les opérations de dragage sont indispensables au bon fonctionnement des prises et rejet d'eau	Négligeable	-	-	Nul
Prélèvements d'eau	Modérée	Effets négligeables des dragages sur la qualité de l'eau	Nul	-	-	Nul	

6. ANALYSE DU CUMUL DES INCIDENCES AVEC D'AUTRES PROJETS EXISTANTS OU APPROUVES

6.1. PREAMBULE

La notion d'effets cumulés recouvre l'addition, dans le temps ou dans l'espace, des effets directs ou indirects issus d'un ou de plusieurs projets et concernant la même entité (ressources, populations ou communautés naturelles, écosystèmes, activités, etc.). Elle inclut également la notion de synergie entre effets.

C'est donc une notion complexe qui nécessite une approche globale des incidences sur l'environnement : approche territoriale, approche temporelle, approche par entité/ ressource impactée, approche multi-projets. Les effets cumulés sur une entité donnée sont le résultat des actions (projets, programmes, etc.) passées, présentes et à venir. Ce cumul doit également prendre en compte les effets causés par toutes les autres actions qui affectent cette même entité. L'incrémentation découle d'actions individuelles mineures mais collectivement importantes :

- Des impacts élémentaires faibles (par exemple d'impacts secondaires) mais cumulés dans le temps ou dans l'espace, ou cumulés aux problèmes environnementaux déjà existants pouvant engendrer des incidences notables : pollution des milieux, contamination des chaînes alimentaires, etc. ;
- Le cumul d'impacts peut avoir plus de conséquences que l'addition des impacts élémentaires.

Concrètement, deux types d'effets cumulés existent :

- L' « effet cumulé additionnel » : c'est lorsque les impacts élémentaires de chacun des projets s'additionnent. L'effet cumulé additionnel représente alors la somme des effets de chacun des impacts élémentaires ($1+1=2$) ;
- L' « effet cumulé synergique » : c'est lorsque l'effet cumulé issu des impacts élémentaires est plus important que l'effet de chacun des impacts élémentaires pris séparément. Il y a « effet cumulé synergique » lorsque les effets des impacts élémentaires se décuplent ($1+1=4$ par exemple).

Les impacts en phase d'exploitation étant nuls ou négligeables pour le présent projet, seuls sont examinés ici les impacts cumulés en phase travaux.

6.2. DESCRIPTION DES PROJETS IDENTIFIES, A PRENDRE EN COMPTE DANS L'ANALYSE DES EFFETS CUMULES DU PROJET AVEC D'AUTRES PROJETS CONNUS

L'article L122-5 du Code de l'environnement prévoit que l'étude d'impact présente une analyse des effets cumulés du projet avec d'autres projets connus. Ces projets sont ceux qui, lors du dépôt de l'étude d'impact :

- ont fait l'objet d'un document d'incidences au titre de l'article R. 214-6 et d'une enquête publique ;
- ont fait l'objet d'une étude d'impact au titre du présent code et pour lesquels un avis de l'autorité administrative de l'Etat compétente en matière d'environnement a été rendu public.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Ainsi, et en l'absence d'indication des services de l'Etat à ce sujet, une recherche a été réalisée sur les sites de la DREAL, de la DDTM et de l'Autorité Environnementale.

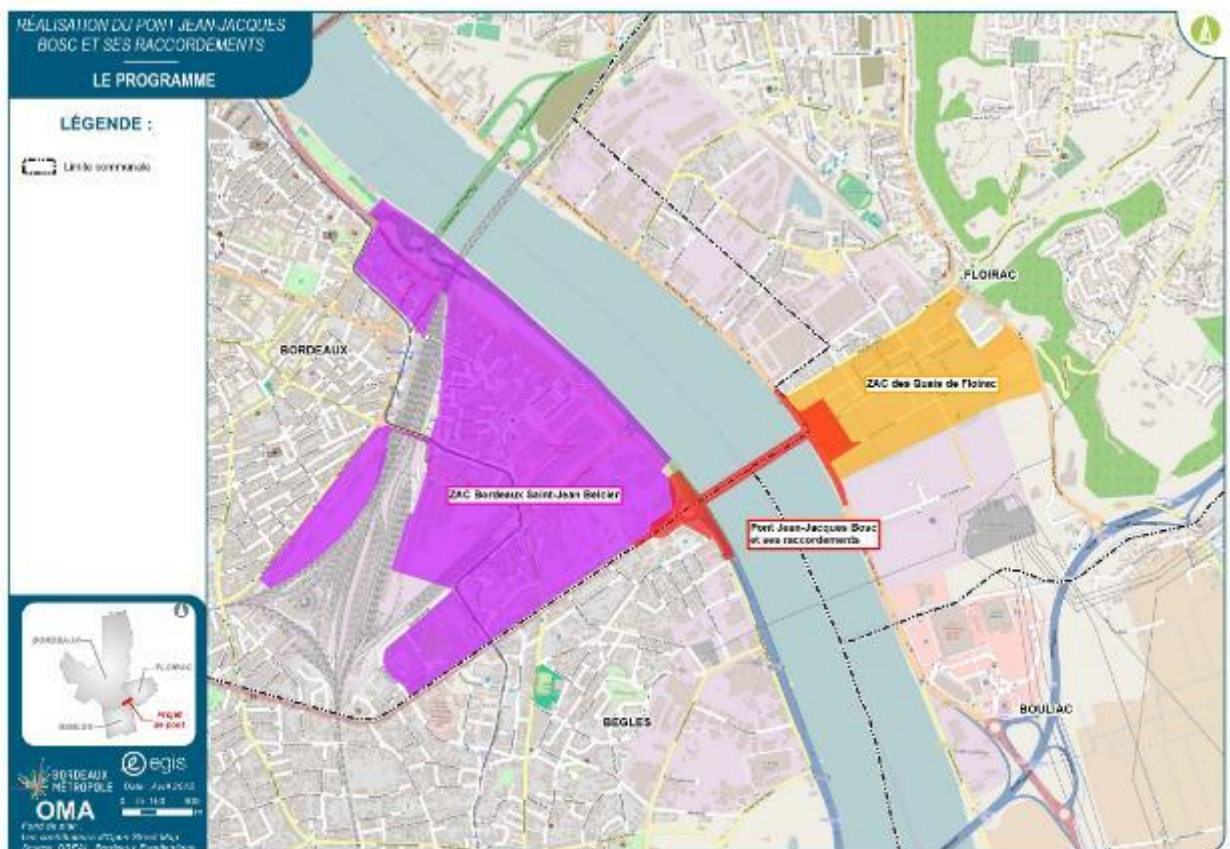
- Pauillac : aménagement d'un poste d'amarrage (2016) ;
- Bourg-en-Gironde : embarcadère bateaux à passagers (2015) ;
- Cussac-Fort-Médoc : structure d'accostage pour bateaux à passagers (2014) ;
- St André de Cubzac : Réhabilitation des quais de Port de Plagne (2013) ;
- Bordeaux : création de 2 postes d'accueil pour paquebots – quai des Chartrons (2013) ;
- Bordeaux : Projet de pont Jean-Jacques-Bosc ;
- Dragage des petits ports de l'estuaire de la Gironde.

A l'exception du projet de Pont Jean-Jacques-Bosc et des dragages des petits ports, les différents projets ont été réalisés. Ces infrastructures sont actuellement en exploitation. Les incidences potentielles cumulées avec les opérations de dragage correspondent aux effets liés au trafic engendrés par leur exploitation. Cependant, cet effet est intégré et analysé dans le cadre de l'analyse des incidences à l'échelle de l'estuaire.

6.2.1. Effets cumulés avec le projet de pont de Jean-Jacques Bosc

Le début des travaux du pont est prévu en 2017 pour une durée de 3 ans.

Figure 86. Localisation du projet



Il s'agit d'un viaduc d'une longueur de 549 mètres et d'une largeur de 44 mètres qui relie Bordeaux à Floirac.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Le tablier est une ossature mixte (poutres en acier surmontées d'une dalle en béton armé). Il est porté par huit piles dans le lit mineur de la Garonne, et par un appui à terre (culée) sur chaque rive.

Les principaux effets attendus sur le milieu en lien avec les opérations de dragage sont identifiés essentiellement pendant les phases de travaux et concernent :

- Contamination des eaux superficielles :
 - Déversement accidentel d'hydrocarbures issus des engins de chantier,
 - Déversement accidentel d'autres produits polluants (eaux de lavage des toupies, laitances de bétons, ...)
 - Infiltration d'eaux de ruissellement ou d'eaux usées, sans dispositif de pré-traitement approprié.

Au vu des mesures prises lors du chantier et l'éloignement entre le projet et les opérations de dragage, les incidences cumulées peuvent être considérées comme très réduites.

- Remise en suspension de matériaux liés aux travaux d'extraction d'environ 23 000 m³ en lit mineur. Néanmoins, au regard des précautions prises, les matières en suspension (MES) émises pendant le dragage seront relativement réduites. Le clapage en Garonne d'une partie des sédiments sera limité au maximum entre mars et juillet

Au vu des volumes considérés pour le projet de pont par rapport à ceux du GPMB, les effets cumulés peuvent être considérés comme additionnels : l'effet supplémentaire engendré par les travaux du pont, notamment sur la qualité des eaux est temporaire et très faible. A ce titre le GPMB, bordeaux métropole et les services de l'état ont échangé afin d'aboutir à la meilleure gestion des sédiments possible.

6.2.2. Effets cumulés avec les dragages des petits ports de l'estuaire

L'estuaire compte une quinzaine de petits ports. Ces ports sont dragués de manière plus ou moins régulière. Cela représente un volume de 250 000 à 450 000 m³ par an, soit moins 4 à 5% du volume dragué dans l'estuaire de la Gironde.

6.2.2.1. Description des opérations de dragage des petits ports

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

La **Planche 62** présente les volumes dragués moyens par an pour ces petits ports.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 62 – Volume annuel dragué dans les petits ports de l'estuaire – méthodes de dragage associées

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

Cf. Planche 63

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

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

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale
Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 63 – Caractéristiques des sédiments dragués dans les petits ports de l'estuaire

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

6.2.2.2. Analyse des effets cumulés

Les effets potentiels cumulés concernent essentiellement :

- L'augmentation des MES
- Les effets indirects de ces MES sur l'ensemble des compartiments du milieu dont les effets sont décrits dans le chapitre 5.

Les volumes dragués par les petits ports sont faibles au regard de ceux du GPMB (pourcentage inférieur à 4-5%). Le tableau ci-après présente les volumes dragués par le GPMB et les petits ports.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 64 – Bilan des volumes dragués dans l'estuaire de la Gironde

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

De plus, la qualité des sédiments rejetés peut être considérée comme bonne.

Les effets cumulés peuvent être considérés comme additionnels. En raison des volumes rejetés des petits ports et du GPMB ainsi que de leur qualité, les effets cumulés peuvent être considérés comme très faibles et temporaires (limités à la durée des travaux).

Les rejets des petits ports peuvent cependant avoir une incidence locale en fonction du moment de l'année durant lequel ils sont réalisés.

7. DESCRIPTION DES INCIDENCES NEGATIVES NOTABLES ATTENDUES DU PROJET SUR L'ENVIRONNEMENT QUI RESULTENT DE LA VULNERABILITE DU PROJET A DES RISQUES D'ACCIDENTS OU DE CATASTROPHES

Le projet se situe dans l'estuaire de la Gironde. Les catastrophes ou accidents en lien avec les opérations de dragage/immersion et susceptibles de se produire sont essentiellement de deux types :

- Accident des dragues :
 - Les risques de pollution dans l'estuaire avec d'éventuels déversements (avarie d'une drague ou collision avec un navire). Ces pollutions pourraient avoir un effet sur l'état du milieu aquatique à proximité du projet. Toutefois, des mesures sont prises pour limiter ce risque au maximum (avis à la navigation, AIS, contrôle des mouvements de navires 24h/24...); en cas de pollution, le plan polmar pourrait être mis en œuvre sous l'égide du Préfet (le site des phares et balises au Verdon est un site POLMAR). A noter que le GPMB, pour ses dragues, est certifié ISM (code international de gestion de la sécurité de l'exploitation des navires et la prévention de la pollution)
 - Les risques sur la navigation si une drague ne peut fonctionner. Le parc de dragues du GPMB (DAM, DAS, DAB, DIE) permet de subvenir à toute défaillance d'une drague et ainsi de limiter tout risque ; dans le cas contraire, la taille des navires acceptés serait modifiée en conséquence, le temps d'un retour à la normale des cotes du chenal.
- Catastrophes naturelles type crue qui empêcheraient l'action des dragues et donc le maintien des cotes d'exploitation. Ceci ne constitue pas un danger dans la mesure où, si les conditions hydrauliques ne permettent pas à la drague d'intervenir, ces mêmes conditions ne permettraient pas aux navires de circuler normalement.

Ainsi, les incidences qui résulteraient de la vulnérabilité du projet à des risques d'accidents/ catastrophes peuvent être considérées comme nulles.

8. DESCRIPTION DES SOLUTIONS DE SUBSTITUTION RAISONNABLES EXAMINEES - RAISONS DU CHOIX EFFECTUE

Le projet de dragage du GPMB, objet de cette demande d'autorisation, est issu du Plan de Gestion des Sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde.

L'élaboration de ce Plan, recommandé par la disposition N1 du SAGE Estuaire a fait l'objet d'un travail de plus de deux ans, regroupant notamment les acteurs locaux et scientifiques.

L'objectif de ce plan de gestion était d'analyser un très grand nombre d'actions d'amélioration des pratiques de dragage / gestion des sédiments immergés.

8.1. DEFINITION DES SCENARIOS DE GESTION DU PGS

8.1.1. Méthodologie

La méthodologie de construction / définition des scénarios a été basée sur :

- L'état des lieux de l'estuaire, réalisé dans le cadre du PGS, qui comprend :
 - Le recensement des données bibliographiques ;
 - La rencontre / contacts avec différents acteurs / gestionnaires / experts scientifiques en 2015 et tout au long du projet ;
 - L'analyse des données bibliographiques disponibles ;
 - Des propositions d'investigations complémentaires pour compléter à court/moyen/long terme ces éventuelles lacunes.

Il a permis également de définir puis croiser les besoins et enjeux liés au dragage dans l'estuaire ; ceci afin d'identifier des actions de gestion/organisation de cette activité plus favorables à l'état écologique de l'estuaire.

Dans le cadre de cette étape 2, une modélisation hydrosédimentaire a été réalisée en eau claire (absence de bouchon vaseux) représentant les immersions réalisées sur l'année hydrologique 2008-2009.

- Les recommandations de l'AIPCN (Association mondiale pour les infrastructures de transport maritimes et fluviales) – Rapport PIANC N°100 – Dredging Management Practises for the Environnement – 2008 et les outils associés ;
- Les spécificités de l'estuaire de la Gironde (contexte hydrosédimentaire, enjeux, usages ...);
- Des retours d'expérience sur les pratiques de gestion dans les estuaires français et européens.

Cette méthode est particulièrement adaptée dans le cadre de l'établissement d'un plan de gestion dans la mesure où les pratiques raisonnables sont analysées en amont. Les plus pertinentes et acceptables au regard des différents critères (techniques, économiques, environnement, réglementaire...) seront ensuite retenues pour constituer les différents scénarios de gestion.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

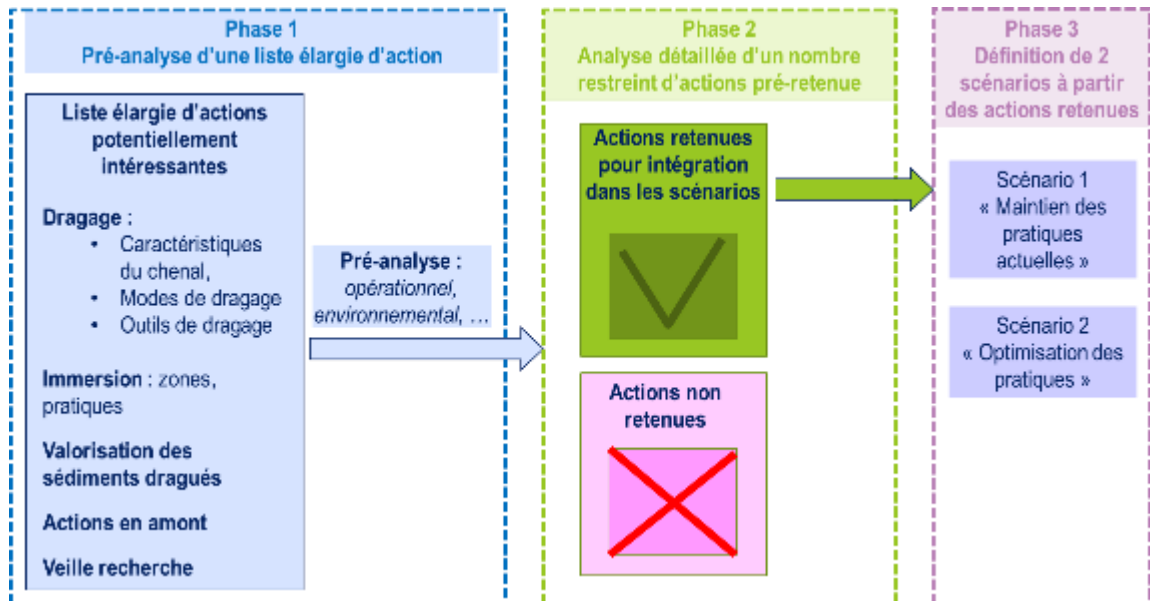
Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Ainsi, cette méthodologie comprend trois phases :

- Phase 1 : pré-analyse d'une liste élargie d'actions dont l'objectif est d'en retenir les plus pertinentes pour être étudiées, dans la phase 2, de manière détaillée ;
- Phase 2 : analyse détaillée des actions précédemment retenues ;
- Phase 3 : analyse de deux scénarios définis sur la base des combinaisons d'actions retenues dans la phase 2.

Figure 87 : Synopsis de la méthodologie de définition des scénarios de gestion



8.1.2. Phase 1 : pré-analyse d'une liste élargie d'actions

8.1.2.1. Principe

Près de 50 actions ont été analysées à un stade préliminaire. Ces actions ont été regroupées en plusieurs thématiques :

- Mode de dragage ;
- Outils ;
- Zone d'immersion ;
- Pratiques d'immersion ;
- Valorisation ;
- Recherche – Veille technologique.

L'évaluation des actions a été réalisée sur plusieurs critères correspondant aux objectifs poursuivis par le GPMB et le SMIDDEST dans le contexte de l'estuaire de la Gironde :

- Sécurité : assurer le maintien des accès aux terminaux portuaires pour que les navires y parviennent en toute sécurité ;
- Technique : réduire les volumes de sédiments qui sont dragués pour le maintien des accès ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Economique : réduire les coûts associés à l'activité de dragage du Port de Bordeaux ;
- Trafic : assurer le maintien du trafic actuel dans toutes les filières ;
- Environnemental : réduire les incidences de l'activité de dragage et de gestion des sédiments sur le milieu.

Chaque action a été décrite sommairement en précisant ses avantages / inconvénients ainsi qu'une évaluation synthétique des différents critères énoncés ci-avant (sécurité, technique, économie, trafic, environnement).

Le tableau-ci-après précise l'ensemble des actions retenues pour la pré-analyse :

Tableau 65 – Liste des actions retenues pour la pré-analyse de la phase 1

Thématique	Actions
Caractéristiques du chenal	Réduction de la largeur du chenal de navigation
	Réduction de la profondeur du chenal ou des tirants d'eau des navires
	Augmentation de la profondeur du chenal de navigation
	Différenciation des profondeurs du chenal de navigation et création d'une zone d'évitage à Pauillac
	Création de 2 chenaux localement avec des profondeurs différentes
	Création d'ouvrages structurels pour augmenter l'intensité des écoulements dans le chenal de navigation
Mode de dragage	Arrêt total des dragages
	Arrêt saisonnier des dragages (fenêtre biologique) dans certaines sections du chenal de navigation
	Dragage des bassins à flots en fonction du débit (pratique actuelle)
	Utilisation du DIE préférentiellement en Garonne en fonction O2 dissous et \ ou débit
	Utilisation du DIE après intervention de la DAM
	Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux) – pratique actuelle
Outils	Dragage « en continu » : dragage et rejet en continu au fil de l'eau, sur les passes intermédiaires et aval ponctuellement pour des débits élevés
	Equipement de la DAM Anita Conti avec une pompe et un système de refoulement
Zone d'immersion	Remplacement de la DAB La Maqueline par une DIE
	Utilisation de dragues extérieures pour opérations non réalisables en régie
	Augmentation du nombre de zones d'immersion.
	Création d'une zone d'immersion unique le long du chenal.
	Augmentation de la taille (longueur ou largeur) de la zone d'immersion
	Diminution du nombre de zones d'immersion régulièrement exploitées
	Suppression totale des zones d'immersion et mise à terre
	Suppression de certaines zones d'immersion en Garonne (3/5)
	Maintien des zones d'immersion actuelles
	Immersion dans les fosses naturelles du chenal
	Utilisation de zone d'immersion non dispersive hors zone intertidale (estran)
	Immersion totale des sédiments en mer
	Immersion partielle des sédiments en mer
Conservation de l'absence d'immersion sur les zones intertidales (estran)	
Remblaiement des sites d'extraction en mer après la fin de la concession (sable PW ou sédiments BIGORY sur Platin de grave)	
Pratiques d'immersion	Choix de la zone d'immersion en fonction du débit
	Arrêt partiel localisé des immersions (fenêtre bio pour exemple maigre à l'aval) – espèces exploitées
	Répartition des sédiments aléatoire sur la zone d'immersion pour favoriser un dépôt épars
	Privilégier les zones d'immersion au droit ou en amont du chantier
Valorisation	Création d'îles - Rechargement et/ou création de zones intertidales
	Renforcement de berges
	Rechargement de plage avec des sédiments de la passe de l'ouest ou zone de transit
	Création d'une zone de transit pour la valorisation des sables
	Remblaiement de terrain (port ou autres)
	Comblement d'anciennes gravières

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Thématique	Actions
Action en amont	Réduction des apports MES
	Piégeage des contaminants en Garonne
	Augmentation des débits Garonne/Dordogne
	Dépollution des sédiments en amont des barrages
	Création d'une zone d'immersion en Garonne amont (amont Pont de Pierre) pour les sédiments dragués en Garonne
Etude faisabilité ou veille recherche	Veille sur les nouveaux procédés ou technologies en cours de développement
	Biodragage dans les bassins à flots

A l'issue de cette phase, 21 actions ont été retenues pour être analysées en phase 2 de manière plus détaillée.

8.1.2.2. Exemple de deux actions non retenues

8.1.2.2.1. Possibilité d'immersion au large (à l'extérieur de l'estuaire) de l'ensemble des sédiments dragués

L'objectif de cette action était double :

- Réduire la remise en suspension à l'intérieur de l'estuaire, limitant ainsi les effets sur l'environnement liés à la turbidité (et ré-alimentation du bouchon vaseux) ;
- Limiter la désorption des contaminants à l'intérieur de l'estuaire (exemple : Cadmium).

Cependant, claper l'intégralité des sédiments de l'estuaire est incompatible avec l'activité portuaire, sur le plan opérationnel et économique :

- Difficultés techniques :
 - Les moyens à mettre en place seraient considérables en raison du temps de transport nécessaire (nécessiterait la mise en place sur l'estuaire de plusieurs dragues supplémentaires) ;
 - Le clapage à l'extérieur serait fortement soumis aux aléas météorologiques avec potentiellement d'importants stand-by météorologiques (hauteur de houle, vent...)
- Difficultés économiques : le surcoût moyen minimal est estimé à plusieurs dizaines de millions chaque année (engins supplémentaires, durée et frais de transport).

Ainsi, tous les sédiments dragués dans l'estuaire ne peuvent pas être immergés au large pour des raisons économiques et de capacité actuelle du parc de dragage.

Il convient de préciser que le clapage à l'extérieur de la totalité des sédiments pourrait faire l'objet d'une forte opposition des usagers de la mer (pêche, conchyliculture, balnéaire), en raison des risques inconnus de contamination spécifiques sur la zone d'immersion.

De plus, le fait d'immerger tous les sédiments au large créerait un déséquilibre hydro-sédimentaire dans l'estuaire et n'empêcherait pas les dragages qui sont dus à la sédimentation naturelle des apports amont.

Ainsi, le clapage de l'intégralité des sédiments dragués n'a pas été retenu. Cependant, à titre d'expérimentation, il pourrait être envisagé d'en claper une partie (action non incluse dans cette demande d'autorisation car nécessité des études/investigations complémentaires) afin d'analyser l'intérêt d'une telle pratique (cf. suivis, études et expérimentations).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

8.1.2.2. Possibilité de dépôt à terre de l'ensemble des sédiments dragués dans l'estuaire

En France, la valorisation à terre des sédiments de dragage représente moins de 3% des sédiments dragués. L'immersion des sédiments dragués constitue la principale filière de gestion.

Tableau 66 : Volume immergé / valorisé en France

	Masses de matières sèches	
	Immersion	Valorisation à terre
2009	29 M tonnes	0,9 M tonnes
2010	18 M tonnes	0,32 M tonnes
2011	20 Mtonnes	0,19 M tonnes

Source : CEREMA

Cependant, la loi Leroy interdit à partir du 1er janvier 2025, le rejet en mer de boues de dragage polluées. Elle prévoit qu'une filière de traitement des boues et de récupération des macro-déchets associés soit mise en place. Les seuils au-delà desquels les sédiments ne peuvent être immergés seront définis par voie réglementaire.

Les niveaux de contamination des sédiments dragués dans l'estuaire de la Gironde sont en dessous des seuils réglementaires en vigueur et permettent leur immersion en totalité.

Par ailleurs, pour l'estuaire de la Gironde, il ne peut pas être envisagé le dépôt à terre de l'ensemble des sédiments dragués en raison de :

- Difficultés techniques : foncier disponible à trouver à proximité des rives de l'estuaire, infrastructures de stockage...La superficie nécessaire pour une zone de transit permettant d'accueillir l'ensemble des sédiments dragués annuellement dans l'estuaire serait de 2 500 à 9 000 ha (dépend de la technique retenue, des terrains, de l'épaisseur des dépôts...), soit entre 3 000 et 12 000 terrains de football ou 0,5 à 2 fois la superficie de la ville de Bordeaux, ;
- Difficultés environnementales : risque de contamination des terrains d'accueil par les chlorures, emprises terrestres sur zones en bord d'estuaire, destruction ou altération d'espèces protégées et de zones humides...
- Difficultés économiques : investissements considérables.

Néanmoins, le dépôt à terre d'une partie de ces matériaux pourrait être à l'étude dans le cadre du Plan de gestion des sédiments (action non incluse dans cette demande d'autorisation car nécessité des études/investigations complémentaires).

8.1.3. Phase 2 : analyse détaillée des actions retenues

Ces actions retenues pour la phase 2 sont listées dans le tableau ci-après. Il est précisé s'il s'agit d'actions actuellement en place (surligné en jaune) ou de nouvelles actions :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 67 – Actions retenues pour l'analyse plus détaillée

	Actions
Gouvernance	Suivi de la mise en œuvre du Plan de gestion des sédiments de dragage de la Gironde
	Harmoniser les procédures et les suivis des activités de dragage des petits ports
Mode de dragage	<i>Dragage des bassins à flots en fonction du débit (pratique actuelle)</i>
	<i>Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux) (pratique actuelle)</i>
	Utilisation du DIE préférentiellement seul en Garonne en fonction O2 dissous et \ ou débit
	Utilisation du DIE après intervention de la DAM
Zone d'immersion	Intégration plus systématique du DIE en lieu et place de la Maqueline
	Maintien de la quasi-totalité des zones d'immersion actuelles
	Privilégier les zones d'immersion au droit ou à l'aval de la zone draguée
	<i>Absence d'immersion sur les zones intertidales (estran) (pratique actuelle)</i>
Pratique d'immersion	Suppression de certaines zones d'immersion en Garonne
	Arrêt partiel localisé des immersions (fenêtre biologique)
Valorisation des sédiments dragués	Répartition des sédiments sur l'ensemble de la zone d'immersion pour favoriser un dépôt homogène
	Création d'îles – rechargement et/ou création de zones intertidales
	Renforcement de berges
	Filière de valorisation des sables dont création d'une zone de transit pour la valorisation des sables
Recherche – veille technologique	Remblaiement de terrains portuaires
	Bio-dragage des bassins à flots
	Dragage « en continu »
	Immersion dans les fosses naturelles du chenal
	Immersion partielle de sédiments en mer (au large)
	Approfondissement des connaissances des impacts des immersions sur les peuplements benthiques et la dispersion des contaminants

Légende couleur

Actions actuellement en place

Pour chaque action, il a été réalisé :

- Une description générale du principe : objectif, mise en œuvre, fonctionnement...
- Une évaluation des avantages et inconvénients sur les plans suivants :
 - Plan opérationnel : critères opérationnels/techniques, coût
 - Plan environnemental : hydrosédimentaire, qualité des eaux, peuplement benthique, ressource halieutique, contamination, usages
 - Comptabilité avec les textes en vigueur
 - Les effets potentiels de l'action ont été précisés avec un code couleur

Effet
Neutre ou négligeable
Effet positif
Effet négatif réduit
Effet négatif
Effet majeur - rédhibitoire

Nota : pour les nouvelles actions, une évaluation de celle-ci par rapport aux pratiques actuelles a également été effectuée

- Un listing des études et investigations nécessaires.

8.1.4. Phase 3 : définition de deux scénarios de gestion

Deux scénarios de gestion des sédiments dragués de l'estuaire de la Gironde ont été définis comme la combinaison des différentes actions analysées en phase 2 :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Maintien des pratiques actuelles basé sur les actions actuellement mises en place par le GPMB ;
- Optimisation des pratiques actuelles.

C'est le second scénario « Optimisation des pratiques actuelles » qui a été retenu. En effet, les premières étapes du PGS ont montré l'intérêt et la bonne efficacité des pratiques actuelles de dragage/immersions, tout en limitant les effets de ces opérations sur l'environnement :

Ces actions sont listées ci-après.

8.1.5. Description des actions du PGS

Le plan de gestion s'appuie sur les principales actions actuellement en place :

- Utilisation de la DAM avec immersion des sédiments sur la majorité des zones de vidage existantes et l'absence d'immersion sur les zones intertidales ;
- Stratégie d'immersion : les zones de vidage privilégiées sont celles au droit des passes ou en aval immédiat, ce qui limite notamment les coûts des opérations (à l'exception de la période 15 mai -15 juillet pour les zones d'immersion 3.2 à 3.7);
- Dragage en fonction de l'hydrologie.

Ces actions ont montré leur intérêt technico-économique mais également environnemental :

- Dragage et immersions
 - Retour très faible des matériaux dragués vers les zones draguées et le chenal (environ 2 à 10%) ; ce qui montre une bonne efficacité de ces opérations d'un point de vue technique et économique.
 - Zones de vidage très dispersives ce qui limite fortement les dépôts. Ainsi, l'impact est localisé et temporaire (dispersion rapide et recolonisation en dehors des périodes d'immersion) :
 - A court terme, les dépôts sont principalement localisés sur et autour des zones de vidage.
 - A moyen terme (quelques semaines ou mois), les matériaux sont dispersés vers les zones intertidales de l'estuaire : cependant, les dépôts résiduels restent très faibles (quelques millimètres). La stratégie de ne pas claper sur les zones intertidales permet de limiter ainsi les effets sur ces zones très sensibles.
- Période de vidage/rejet : les dragages sont effectués en fonction de l'hydrologie (soit en l'absence du bouchon vaseux) ce qui limite les risques d'anoxie ; le rejet par conduite (DAS) est effectué lorsque les débits sont importants.

Cependant, afin d'optimiser ces pratiques, d'autres actions ont été prises en compte dans ce scénario, dont les principales sont :

- L'action liée à la fenêtre biologique vise à limiter les immersions pendant les périodes les plus favorables au développement du milieu vivant et sur des zones sensibles. Il s'agit d'une action forte de « principe environnemental » pour laquelle il n'existe pas de retours d'expérience permettant de s'assurer de son efficacité.
- L'action de mise en œuvre de la DIE vise à :
 - Réduire les volumes immergés par la DAM (intérêt technico-économique) ;
 - Limiter l'étendue des MES liées aux opérations de dragage/immersion en canalisant les MES dans la partie basse du chenal, ce qui tend à améliorer la qualité des eaux et limiter les effets sur le milieu vivant.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- L'action de répartir les sédiments dragués sur l'ensemble d'une zone de vidage permet de limiter les épaisseurs de dépôts. Cette stratégie a une incidence technico-économique limitée et sera favorable pour le milieu vivant ;
- L'harmonisation des procédures et des suivis des activités de dragage pour l'ensemble des petits ports ; harmonisation / respect des périodes/fenêtres de rejet, réflexion commune sur les modes de gestion des dragages d'entretien, homogénéisation des suivis (protocole commun : chimie, macrobenthos...)...
- La création de nouvelles zones d'immersion pourrait permettre d'offrir la possibilité de répartir les sédiments sur une zone plus importante et réduire ainsi les dépôts (rappel : ces zones sont dispersives). Ces actions doivent, avant leur potentielle mise en place, faire l'objet d'études – investigations complémentaires ;
- Les actions expérimentales de valorisation des sédiments (création d'îles, protection des berges, valorisation à terre) doivent être étudiées avant leur mise en place ;
- L'expérimentation de la pratique du rejet en continu, sous certaines conditions, permettrait d'intervenir rapidement, en cas de situation exceptionnelle pour maintenir les accès.

Il convient de noter que parmi les actions retenues dans la cadre du PGS, toutes ne sont pas sous maîtrise d'ouvrage du GPMB.

Le tableau ci-après récapitule les actions retenues pour le plan de gestion des sédiments de dragage de la Gironde :

Tableau 68 – Récapitulatif des actions retenues dans le cadre du Plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde

	Actions
Gouvernance	Suivi de la mise en œuvre du Plan de gestion des sédiments de dragage de la Gironde Harmoniser les procédures et les suivis des activités de dragage des petits ports
Mode de dragage	Dragage des bassins à flots en fonction du débit (pratique actuelle) Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux) (pratique actuelle) Utilisation du DIE préférentiellement seul en Garonne en fonction O2 dissous et \ ou débit Utilisation du DIE après intervention de la DAM Intégration plus systématique du DIE en lieu et place de la Maqueline
Zone d'immersion	Maintien de la quasi-totalité des zones d'immersion actuelles Privilégier les zones d'immersion au droit ou à l'aval de la zone draguée Absence d'immersion sur les zones intertidales (estran) (pratique actuelle) Suppression de certaines zones d'immersion en Garonne
Pratique d'immersion	Arrêt partiel localisé des immersions (fenêtre biologique) Répartition des sédiments sur l'ensemble de la zone d'immersion pour favoriser un dépôt homogène
Valorisation des sédiments dragués	Création d'îles – rechargement et/ou création de zones intertidales Renforcement de berges Filière de valorisation des sables dont création d'une zone de transit pour la valorisation des sables Remblaiement de terrains portuaires
Recherche – veille technologique	Bio-dragage des bassins à flots Dragage « en continu » Immersion dans les fosses naturelles du chenal Immersion partielle de sédiments en mer (au large) Approfondissement des connaissances des impacts des immersions sur les peuplements benthiques et la dispersion des contaminants

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

8.2. BILAN : DESCRIPTION DES ACTIONS RETENUS DANS LE PGS

Le projet de dragage du GPMB s'inscrit dans l'application du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde. Il intègre l'ensemble des actions opérationnelles qui relèvent de sa responsabilité. Ainsi, le projet de dragage comprend les actions suivantes :

Tableau 69 –Actions intégrées à la présence autorisation

	Actions retenues	Critères opérationnels	Environnement			
			Hydrosédimentaire – qualité des eaux	Peuplement benthique	Ressource halieutique	Contamination	Usages
Mode de dragage	Dragage des bassins à flots en fonction du débit (pratique actuelle)	Absence d'opérations de sassements	Gestion hydrologique facilite la dispersion des sédiments	Gestion hydraulique qui facilite la dispersion des sédiments ce qui est favorable à toute la chaîne alimentaire	-	Absence de sassements ce qui limite les effets sur le trafic
	Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux) (pratique actuelle)	Améliore l'efficacité des dragages	Période de dragage : limite l'augmentation des MES en présence du bouchon vaseux, (risques d'hypoxie)	Vise à limiter les effets du dragage sur la qualité des eaux donc favorable à toute la chaîne alimentaire (peuplements benthiques, ressource halieutique...)	-	-
	Utilisation du DIE seule en Garonne en fonction O2 dissous et \ ou débit	Contrainte d'intervention : préjudiciable en cas de nécessité d'intervention urgente	Période d'intervention : vise à améliorer la qualité des eaux Engin (DIE) : MES localisées au droit du fond	Action qui vise à améliorer la qualité des eaux et limiter les risques (oxygène dissous) donc favorable à toute la chaîne alimentaire (peuplements benthiques, ressource halieutique...)	Suivis/test sur le fond : augmentation des métaux lourds sur le fond (sans distinction des phases particulières et dissoutes), puis retour à la normale	-
	Utilisation du DIE après intervention de la DAM	Réduction des volumes de sédiments transportés et clapés	MES localisées pour l'essentiel dans le chenal et au droit du fond	MES localisées pour l'essentiel dans le chenal et au droit du fond (courant de densité). Attention particulière dans les zones confinées : risque d'hypoxie		Incidences potentielles sur la prise d'eau du Blayais à étudier
Outils	Intégration plus systématique du DIE en lieu et place de la Maqueline	Réduction des volumes de sédiments transportés et clapés par la DAB	MES localisées pour l'essentiel dans le chenal et au droit du fond			Incidences potentielles sur la prise d'eau du Blayais à étudier
Zone d'immersion	Maintien des zones d'immersion actuelles	Bonne optimisation du nombre et de la localisation des zones de vidage : permet une réduction des distances de transport et des durées associées de cycles de dragage	Dragage : effets potentiels sur le milieu physique et qualité des eaux. Clapage des sédiments dragués sur des zones dispersives permet de : - Limiter très fortement les épaisseurs de dépôts sur les zones de vidage ; - Une dispersion rapide des MES	Zones de vidage très dispersives, ce qui limite fortement les incidences sur les peuplements benthiques et donc la ressource halieutique	Clapage réalisé à proximité des zones de dragage ce qui permet de limiter la désorption	-
	Maintien de la non-immersion sur les zones intertidales (estran)	Zone difficilement accessible par la DAM	Limiter les incidences hydrosédimentaires (concentration MES, dépôts...) sur ces zones sensibles	L'absence de rejet sur ces zones favorise la préservation de l'intérêt de ces sites.	-	Limiter les incidences potentielles (MES, dépôts) sur les zones balnéaires à étudier
	Suppression de certaines zones d'immersion en Garonne	Augmentation des distances de transport Suppression de zones « de réserve » en cas de situations particulières.	Vise à améliorer la qualité des eaux (MES) au niveau des zones d'immersion supprimées (partie amont de la Garonne)	Diminution des zones de vidage implique une réduction de la superficie impactée.	-	-
Stratégie d'immersion	Arrêt partiel et localisé des immersions	Arrêt des immersions dans l'estuaire pendant la période hivernale -> difficulté technique de mise en œuvre et risque de sécurité de non maintien des accès	Vise l'amélioration de la qualité des eaux	Bénéfique probable pour l'ensemble de la chaîne alimentaire du fait de la réduction potentielle des dépôts pendant la saison estivale (sensible)	Pas de modification	Pendant la fenêtre biologique, action qui implique des temps de transport supplémentaires, soit des gènes potentiels sur le trafic
	Répartition des sédiments sur l'ensemble de la zone d'immersion pour favoriser un dépôt homogène	Stratégie à mettre en place peu contraignante	Action qui va dans le sens de la réduction des épaisseurs de dépôts	Action qui va dans le sens de la réduction des épaisseurs de dépôts, ce qui est favorable à l'ensemble de la chaîne alimentaire	-	-
	Privilégier les zones d'immersion au droit ou en aval des opérations de dragage	Pas de modification importante des temps de transport	Facilite l'expulsion et les dépôts vers l'aval de l'estuaire Action qui vise donc à moyen-long terme à diminuer la présence dans l'estuaire des particules rejetées.	Actions qui vise (MES, dépôts) à limiter les effets sur l'ensemble de la chaîne alimentaire	Pas de modification importante de la désorption des matériaux	-

9. COMPATIBILITE DU PROJET AVEC LES TEXTES REGLEMENTAIRES

9.1. COMPATIBILITE AVEC LA DIRECTIVE CADRE STRATEGIE POUR LE MILIEU MARIN

9.1.1. Préambule

La directive cadre stratégie pour le milieu marin (2008/56/CE), est une directive européenne du Parlement européen et du Conseil prise le 17 juin 2008. Elle établit un cadre d'action communautaire dans le domaine de la politique pour le milieu marin (directive-cadre «stratégie pour le milieu marin»).

L'objectif de la directive cadre stratégie pour le milieu marin est de prendre toutes les mesures nécessaires pour réaliser ou maintenir un bon état écologique du milieu marin au plus tard en 2020, en appliquant à la gestion des activités humaines une approche fondée notamment sur la notion d'écosystème :

- Assurer la protection et la conservation et éviter la détérioration des écosystèmes marins. Là où une forte dégradation aura été observée, le fonctionnement des écosystèmes devra être rétabli à travers la restauration des processus et de la structure de la biodiversité ;
- Prévenir et éliminer progressivement la pollution ;
- Maintenir à un niveau qui soit compatible avec la réalisation du bon état écologique, la pression des activités humaines (pêche, utilisation de services divers...) sur le milieu marin. Les écosystèmes doivent pouvoir réagir aux divers changements de la nature et des hommes, tout en permettant une utilisation durable du milieu pour les générations futures (Politique Commune des Pêches par exemple).

Illustration 1 : Etapes de la directive cadre pour le milieu marin



Source : IFREMER

En France, la directive cadre stratégie pour le milieu marin s'applique aux eaux marines métropolitaines, depuis les lignes de base droites jusqu'à la limite de nos eaux sous juridiction (200 milles marins), y compris le sol et le sous-sol. Elle s'applique également aux eaux côtières telles que définies par la directive cadre sur l'eau (DCE), y compris les fonds

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

marins et le sous-sol, dans la mesure où les aspects particuliers liés à l'état écologique du milieu marin ne sont pas déjà couverts par la DCE ou tout autre acte législatif communautaire (notamment la Directive 2006/7/CE du Parlement européen et du Conseil, du 15 février 2006, concernant la gestion de la qualité des eaux de baignade).

Dans le cadre de la mise en œuvre de la directive cadre stratégie pour le milieu marin (DCSMM) qui impose de réaliser ou de maintenir un bon état écologique du milieu marin au plus tard en 2020, et conformément aux dispositions de l'article L219-9 du code de l'environnement, l'autorité administrative pour chaque sous-région marine doit élaborer et mettre en œuvre un plan d'action pour le milieu marin (PAMM) dont les modalités sont définies par les articles R.219-1 à 17 du code de l'environnement.

Selon ces termes, ce plan d'action comporte 5 éléments :

- une évaluation initiale (EI) des eaux marines,
- la définition du bon état écologique (BEE) des milieux marins,
- la définition d'objectifs environnementaux (OE) et d'indicateurs associés en vue de parvenir au bon état écologique,
- un programme de surveillance de l'état des eaux marines,
- un programme de mesures pour atteindre ou maintenir un bon état écologique des eaux marines.

A l'exception de la définition du BEE, arrêtée au niveau national, les éléments du PAMM sont adoptés par arrêté conjoint du binôme de préfets coordonnateurs. Les 3 premiers éléments du PAMM ont été notifiés, pour chaque sous-région marine, à la commission européenne en décembre 2012.

Le programme de surveillance (PdS), 4ème élément constitutif du plan d'actions pour le milieu marin (PAMM) a été approuvé pour les sous-régions marines golfe de Gascogne mers celtiques en avril 2014.

Enfin, le programme de mesures a été approuvé en avril 2016.

Les objectifs environnementaux et indicateurs associés du plan d'action pour les milieux marins du golfe de Gascogne ont été adoptés le 19 décembre 2012 par un arrêté inter-préfectoral.

9.1.2. Compatibilité du projet

La compatibilité du projet avec la DCSMM est analysée à partir des interactions possibles entre les opérations de dragage/rechargement et les objectifs environnementaux de la directive.

- D1 : Maintien de la biodiversité et préservation de la fonctionnalité du milieu marin et en particulier des habitats et des espèces rares et menacés,
 - Les activités de dragage n'ont pas d'incidence notable sur les espèces et habitats d'intérêts communautaires
- D2 : Non perturbation des écosystèmes par les espèces introduites par l'homme,
 - Les activités de dragage ne sont pas en rapport avec cet objectif,
- D3 : Exploitation des espèces dans le cadre d'une approche écosystémique des pêches,
 - Les incidences sur les poissons restant limitées, les incidences du projet sur le stock le sont également,
- D4 : Maintien du bon fonctionnement du réseau trophique,

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Le projet impacte de manière localisée les espèces benthiques. Les incidences sur les espèces pélagiques restent faibles. Il n'y a donc pas d'incidence notable sur le réseau trophique local,
- D5 : Préservation des milieux et maintien de leurs fonctionnalités via la réduction du phénomène d'eutrophisation des blooms algaux non toxiques mais favorisant la désoxygénation des eaux,
- Les effets du projet sur l'oxygène dissous restent limités. Il n'y a donc pas d'incidence notable sur le réseau trophique local,
- D6 : Garantie du bon fonctionnement des écosystèmes au regard des pressions physiques induites par les activités humaines,
- L'étude d'impact montre une faible incidence du projet sur les écosystèmes marins.
- D7 : Garantie du bon fonctionnement des écosystèmes au regard des modifications hydrographiques permanentes susceptibles de résulter des activités humaines,
- Les travaux ne génèrent pas de modifications sur l'hydrologie de l'estuaire,
- D8 : Maintien des effets biologiques des contaminants dans des limites acceptables permettant d'éviter les impacts significatifs sur l'environnement marin. Baisse des concentrations des contaminants permettant d'éliminer les risques pour le milieu marin et d'assurer l'absence d'effets biologiques et physiques significatifs,
- Les concentrations en contaminants des sédiments dragués sont inférieurs aux seuils réglementaires, ce qui limite les effets sur le milieu ;
- D9 : garantie de la qualité sanitaire des produits de la mer à destination de la consommation humaine,
- Il n'y a pas de zone de production conchylicole à proximité de la zone de projet,
- D10 : Réduction des dommages liés aux déchets marins par la diminution des quantités de déchets déversés en mer et sur le littoral,
- Les opérations de dragage ne concernent pas les déchets marins,
- D11 : Limitation de la perturbation des espèces par l'introduction de sources sonores sous-marines,
- Le bruit généré par les engins de dragages est temporaire et localisé, équivalent au trafic maritime dans l'estuaire.

Le projet est compatible avec la DCSMM.

9.2. COMPATIBILITE AVEC LE SCHEMA DIRECTEUR D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (SDAGE)

Le SDAGE (Schéma Directeur d'Aménagement et de Gestion des Eaux) Adour-Garonne 2016-2020 a été approuvé le 1^{er} décembre 2015.

- Il définit pour 6 ans les priorités de la politique de l'eau dans le bassin Adour-Garonne. Ainsi, il précise les orientations de la politique de l'eau dans le bassin pour une gestion équilibrée et durable de la ressource.
- Il donne des échéances pour atteindre le bon état des cours d'eau, lacs, nappes souterraines, estuaires et du littoral.
- Il détermine ce qu'il convient de faire pour préserver ou améliorer l'état des eaux et des milieux aquatiques.

Les orientations sont précisées dans le tableau ci-après :

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tabl. 2 - Compatibilité avec le SDAGE Adour-Garonne

Orientations du SDAGE	Remarques par rapport au projet
ORIENTATION A CRÉER LES CONDITIONS DE GOUVERNANCE FAVORABLES	Non concerné par le projet
ORIENTATION B - RÉDUIRE LES POLLUTIONS Les pollutions compromettent le bon état des milieux aquatiques mais aussi les différents usages tels que l'alimentation en eau potable, les loisirs nautiques, la pêche ou l'aquaculture. Afin de réduire ces pollutions, le SDAGE demande de : - Agir sur les rejets de polluants issus de l'assainissement des activités industrielles, - Réduire les pollutions d'origine agricole et assimilée, - Préserver et reconquérir la qualité de l'eau pour l'eau potable et les activités de loisirs liées à l'eau, - Préserver et reconquérir la qualité des eaux des estuaires et lacs naturels	Au regard des impacts en phases travaux, le projet n'est pas susceptible de produire des pollutions notables.
ORIENTATION C - AMÉLIORER LA GESTION QUANTITATIVE Maintenir une quantité d'eau suffisante dans les rivières est primordial pour l'alimentation en eau potable, le développement des activités économiques ou de loisirs et le bon état des milieux aquatiques. Pour restaurer durablement l'équilibre quantitatif des besoins en eau, 3 axes sont identifiés : - Approfondir les connaissances et valoriser les données, - Gérer durablement la ressource en eau en intégrant les impacts du changement climatique, - Gérer les situations de crise notamment lors des sécheresses.	Le SDAGE précise pour orientation C11 « Limiter les risques d'intrusion saline et de dénoyage ». Comme précisé ci-avant, au regard des impacts du projet, le projet n'est pas susceptible de modifier les risques d'intrusion saline et de dénoyage.
ORIENTATION D - PRÉSERVER ET RESTAURER LES MILIEUX AQUATIQUES : ZONES HUMIDES, LACS, RIVIÈRES... Le bassin Adour-Garonne abrite des milieux aquatiques et humides d'un grand intérêt écologique qui jouent un rôle majeur dans le maintien de la biodiversité, dans l'épuration et la régulation des eaux. Pour les préserver, le SDAGE propose 5 axes de travail pour : - Réduire l'impact des aménagements et des activités, - Gérer, entretenir et restaurer les cours d'eau et le littoral, - Préserver et permettre la libre circulation des espèces piscicoles et le transport naturel des sédiments, - Préserver et restaurer les zones humides et la biodiversité liée à l'eau, - Réduire la vulnérabilité et les aléas d'inondation	Au regard des impacts, le projet n'est pas susceptible de détériorer les milieux aquatiques et l'état écologique de l'estuaire. Plus précisément, le projet ne constitue un obstacle ni à la libre circulation des espèces piscicoles ni au transport naturel des sédiments, ni à l'écoulement des crues. D'où la compatibilité du projet avec notamment les orientations suivantes : - D11 « Limiter les incidences de la navigation et des activités nautiques en milieu fluvial et estuarien ». - D33 « Pour les migrateurs amphihalins, préserver et restaurer la continuité écologique et interdire la construction de tout nouvel obstacle »

Ainsi, le projet est donc compatible avec le SDAGE Adour-Garonne.

9.3. COMPATIBILITE AVEC LE SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX (SAGE)

9.3.1. Préambule

Les schémas d'aménagement et de gestion des eaux (SAGE) sont des documents de planification élaborés de manière collective, dans les sous-bassins, pour un périmètre hydrographique cohérent des points de vue physique et socio-économique (bassin versant, nappe d'eau souterraine, zone humide, estuaire...).

Les SAGE fixent des objectifs pour l'utilisation, la mise en valeur et la protection de la ressource. Ils sont élaborés par une commission locale de l'eau (CLE) représentant les acteurs du territoire : élus (pour moitié), usagers (un quart) et services de l'Etat (un quart).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Le périmètre des schémas d'aménagement et de gestion des eaux est déterminé par la CLE et soumis au préfet pour approbation. Le SAGE est doté d'une portée juridique car les décisions dans le domaine de l'eau doivent être compatibles avec ses dispositions - qui doivent l'être, à leur tour, avec le schéma directeur d'aménagement et de gestion des eaux (SDAGE).

9.3.2. Compatibilité du projet

Le SAGE Gironde et milieux associés définit 9 enjeux prioritaires :

- Le bouchon vaseux : l'objectif est de supprimer des situations à risque sur un espace stratégique pour le bassin versant ;
- Les pollutions chimiques : l'objectif est d'appréhender les impacts dans toutes leurs composantes et agir sur les principaux facteurs limitants pour l'écosystème ;
- La préservation des habitats benthiques dont l'objectif est de supprimer de l'estuaire toute pression supplémentaire forte et non indispensable ;
- La navigation dont l'objectif est de garantir les conditions d'une navigation intégrant mieux les enjeux de préservation des écosystèmes ;
- La qualité des eaux superficielles et le bon état écologique des sous-bassins versants. L'objectif est de restaurer la continuité écologique, les bons états qualitatif et hydromorphologique ;
- Les zones humides : l'objectif est de préserver ces espaces en organisant la conciliation des objectifs environnementaux et humains ;
- L'écosystème estuarien et la ressource halieutique : l'objectif est de reconstruire les conditions d'un équilibre écologique de l'estuaire pour servir de support à une activité pérenne ;
- Le risque d'inondation : l'objectif est de définir une politique estuarienne de protection intégrée contre les inondations ;
- L'organisation des acteurs : l'objectif est une simplification nécessaire pour gagner en efficacité.

Un des objectifs visés par le SAGE est de garantir les conditions d'une navigation intégrant au mieux les enjeux de préservation des écosystèmes. Le SAGE a réaffirmé également l'importance du maintien des conditions de navigation commerciale dans le chenal qui représente un support majeur des activités économiques locales.

Dans ce cadre, le SAGE doit organiser les conditions :

- D'élaboration d'un plan de gestion des sédiments pour réduire l'exposition de l'écosystème aux métaux lourds, préserver les habitats benthiques et limiter les impacts potentiels sur les enjeux sédimentaires ;
- De préservation de la circulation piscicole, notamment entre les îles de l'estuaire médian ;
- De clarification des compétences des petits ports et esteys (ceux dont les opérations de dragage ne sont pas soumises à déclaration ou à autorisation) ;
- D'amélioration des pratiques de gestion et d'entretien des ports.

Ainsi, dans sa disposition N1, le SAGE recommande l'élaboration dans un délai de 3 ans après la publication du SAGE d'un Plan de Gestion des Sédiments (PGS). La bonne gestion des vases des ports et du chenal de navigation (sédiments récents et fréquemment remobilisés) est ainsi reconnue comme un enjeu majeur par le SAGE pour le bon fonctionnement de l'écosystème estuarien. Elle doit être abordée de façon globale, en intégrant les principaux acteurs remobilisant les sédiments de l'estuaire.

Cette disposition précise que le plan de gestion des vases devra être réalisé conformément à la disposition F20 du SDAGE-PDM 2010-2015. Bien que ce document ait été remplacé, en 2015, par

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

le SDAGE-PDM 2016-2021, ce dernier rappelle, par l'orientation D11, que l'objectif est de limiter les incidences de la navigation et des activités nautiques en milieux fluvial et estuarien

« Dans les eaux douces et de transition (dispositions B36 à B43) la gestion des chenaux de navigation et les opérations de dragage et d'entretien des zones portuaires, ainsi que toute nouvelle mise en navigation des cours d'eau doivent, sans remettre en cause les usages existants, être compatibles avec les objectifs du SDAGE et des SAGE concernés et notamment :

- *La non-détérioration de l'état écologique du cours d'eau ;*
- *La dynamique naturelle des matériaux et des sédiments alluvionnaires dans les cours d'eau qui conditionne, avec l'hydrologie, leur fonctionnement et leur qualité écologique, notamment en période d'étiage ou de crue ;*
- *La préservation des milieux aquatiques, en particulier des habitats des poissons migrateurs. »*

Comme préalablement mentionné, toutes les précautions auront été prises durant le chantier pour préserver la qualité des masses d'eau et des écosystèmes. De plus, le projet ne constitue pas un obstacle à l'écoulement de l'estuaire.

Ce projet de dragage intègre les actions définies dans le plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde, afin de répondre aux objectifs du SAGE.

Le projet est donc compatible avec le SAGE Estuaire de la Gironde et des milieux associés.

9.4. COMPATIBILITE AVEC LE SCHEMA D'AMENAGEMENT ET DE GESTION DES EAUX DES NAPPES PROFONDES DE GIRONDE

Élaboré par la Commission Locale de l'Eau et approuvé par arrêté préfectoral en 2003 et révisé en 2013, le SAGE des nappes profondes de Gironde complète la réglementation générale par des mesures spécifiques au département, notamment pour les forages et prélèvements dans les nappes du Crétacé, de l'Eocène, de l'Oligocène et du Miocène.

L'objectif du SAGE est de garantir, dans des conditions socio-économiques acceptables, le cas échéant après l'avoir restauré, le « bon état » des ressources de son périmètre, ce qui renvoie :

- Pour le « bon état qualitatif », aux directives 2000/60/CE et 2006/118/CE du parlement européen et du conseil, qui arrêtent une liste de substances polluantes à rechercher et des valeurs limites ;
- Pour le « bon état quantitatif », à la définition adoptée par la CLE lors de sa réunion du 4 juillet 2011, qui combine une approche globale en bilan et des approches locales en pression, et dont il a été vérifié qu'il peut être atteint dans des délais compatibles avec les échéances du SDAGE.

Ce SAGE a pour objectifs :

- De préserver les ressources :

Le SAGE Nappes profondes prévient les risques quantitatifs et qualitatifs pour les nappes en fixant des volumes maximums prélevables, en imposant des niveaux d'eau à respecter dans les zones à risques.

- d'imposer des bilans, de réduire les prélèvements d'eau :

À l'échelle de la Gironde, le SAGE Nappes profondes impose des bilans qui respectent l'équilibre entre les prélèvements et la ressource disponible. Le SAGE fixe des volumes prélevables compatibles avec la gestion durable des ressources. Cet objectif impose des réductions de prélèvements dans certaines unités de gestion dites déficitaires, une

stabilisation des prélèvements dans les unités à l'équilibre et permet d'envisager une augmentation dans les autres.

- de contrôler et garantir les niveaux d'eau :

Le SAGE Nappes profondes impose, à l'échelle locale, le maintien de pressions minimales dans les zones à risque. Le SAGE fixe des contraintes fortes sur les niveaux piézométriques dans les zones les plus exposées au risque. En cas d'alerte, des restrictions temporaires seront imposées par le préfet sur ces secteurs.

Comme précisé dans le paragraphe 5.4.7, les travaux de dragage n'ont pas d'effet sur le régime de la nappe alluviale. Ainsi, les effets des opérations de dragage/immersion sur l'hydrogéologie de l'estuaire peuvent être considérés comme nuls/négligeables.

Le projet est donc compatible avec le SAGE Nappes profondes de Gironde.

9.5. COMPATIBILITE AVEC LE PARC NATUREL MARIN DE L'ESTUAIRE DE LA GIRONDE

9.5.1. Préambule

Le Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis a été créé le 4 avril 2015 par décret du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie. Ce Parc naturel marin couvre 6 500 km² d'espace marin sur la façade atlantique. Il s'étend sur environ 800 km de côtes sur trois départements (Vendée, Charente-Maritime, Gironde).

Les objectifs du Parc naturel marin de l'estuaire de la Gironde et de la mer des Pertuis sont contenus dans six orientations de gestion. Elles définissent la personnalité du parc et ses grandes finalités.

Les orientations se fondent sur les principes présidant à la création d'un parc naturel marin tels que définis dans le code de l'environnement :

- connaissance du milieu marin,
- protection du patrimoine marin,
- développement durable des activités maritimes.

Les orientations proposées résultent de la concertation menée localement avec les acteurs de Vendée, de Charente-Maritime et de Gironde :

- Améliorer et partager la connaissance scientifique et empirique des milieux marins, des espèces et des usages.
- Préserver et restaurer les milieux et les fonctionnalités écologiques, dans un équilibre durable entre biodiversité et activités socio-économiques.
- Renforcer le lien « Mer & Terre » par le partenariat des acteurs concernés afin de préserver la qualité et la quantité des eaux.
- Promouvoir et développer les activités de pêche professionnelle (côtière et estuarienne), aquacoles et conchylicoles, dans le respect des écosystèmes marins.
- Promouvoir et développer les activités maritimes portuaires et industrielles ainsi que les activités de loisirs dans le respect des écosystèmes marins.
- Diffuser, auprès du plus grand nombre, la passion de la mer et impliquer chacun dans la préservation du milieu maritime et littoral.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

9.5.2. Compatibilité du projet

Les actions mises en œuvre dans le cadre du Plan de gestion des sédiments de dragage et reprises dans le cadre de ce projet par le GPMB (cf. paragraphe 10 et 11) visent, en particulier à répondre aux objectifs suivants du Parc :

- Développer les activités maritimes portuaires et industrielles dans le respect des écosystèmes marins. Par exemple, il a été mis en place une fenêtre biologique d'arrêt des immersions pour limiter les effets sur la ressource halieutique ;
- Améliorer et partager la connaissance scientifique et empirique des milieux marins, des espèces et des usages : par exemple, il a été mis en place des tests et des projets d'amélioration de la connaissance concernant l'impact des immersions sur le milieu vivant.

Le projet est donc compatible avec le parc Naturel Marin de l'estuaire de la Gironde.

9.6. COMPATIBILITE AVEC LE SCHEMA REGIONAL DE COHERENCE ECOLOGIQUE AQUITAINE

Le schéma régional de cohérence écologique d'Aquitaine, approuvé par délibération du Conseil régional d'Aquitaine du 19 octobre 2015, a été adopté par arrêté préfectoral du 24/12/2015 n° 2016-02-40 publié au recueil des actes administratifs d'Aquitaine-Limousin-Poitou-Charentes du 5 janvier 2016.

L'arrêté préfectoral vise le SRCE et la déclaration environnementale qui répond notamment aux observations de l'enquête publique au titre de l'article L.122-10 du code de l'environnement.

Le SRCE Aquitaine propose 27 objectifs qui sont déclinés en 53 actions précisées ci-après :

- Actions transversales
- 1 L'amélioration des connaissances
 - 1.1 Améliorer et diffuser les connaissances scientifiques sur les continuités écologiques, les espèces et habitats
 - 1.2 Préciser la connaissance de l'occupation du sol et suivre la consommation d'espaces naturels, agricoles et forestiers
 - 1.3 Mutualiser les retours d'expériences et les mettre à disposition
 - 1.4 Améliorer les connaissances sur le réseau fragmentant
 - 1.5 Améliorer les connaissances sur les zones humides existantes et potentielles
- 2 Sensibilisation et formation des acteurs territoriaux
 - 2.1 Sensibiliser et former les acteurs du territoire et les bureaux d'études à l'importance de la biodiversité et des continuités écologiques
- 3 Urbanisation et artificialisation des sols
 - 3.1 Accompagner les porteurs de documents d'urbanisme pour la prise en compte du SRCE et des continuités écologiques
 - 3.2 Accompagner des porteurs de projet afin d'agir en faveur de la préservation ou de la remise en état des continuités écologiques
 - 3.3 Accompagner la prise en compte réglementaire des continuités écologiques dans les projets d'aménagement
 - 3.4 Préserver les continuités écologiques en milieu urbain et périurbain
- 4 Réseau d'infrastructures
 - 4.1 Favoriser la prise en compte des continuités écologiques dans les infrastructures existantes
 - 4.2 Accompagner la prise en compte réglementaire des continuités écologiques dans la construction de nouvelles infrastructures

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- 5 Zones humides et continuités latérales des cours d'eau
 - 5.1 Préserver les zones humides et les continuités latérales des cours d'eau
 - 5.2 Prendre en compte les milieux aquatiques et zones humides dans les activités agricoles
 - 5.3 Redonner aux milieux aquatiques et humides leur rôle d' « interface » entre les trames vertes et bleues et reconnecter les zones humides aux cours d'eau
- 6 Continuités longitudinales des cours d'eau
 - 6.1 Assurer la libre circulation des espèces aquatiques et semi-aquatiques
- 7 Maillage de milieux ouverts
 - 7.1 Préserver et restaurer des secteurs de prairies
 - 7.2 Préserver et restaurer des secteurs de pelouses sèches
- Actions territorialisées
- 8 Massif des Landes de Gascogne
 - 8.1 Préserver le réservoir de biodiversité « Conifères et milieux associés » du Massif des Landes de Gascogne
 - 8.2 Préserver et remettre en état les continuités écologiques des milieux ouverts, humides et feuillus
- 9 Le Massif de la Double et du Landais
 - 9.1 Préserver les continuités écologiques de la Double et du Landais
- 10 Arc forestier du Périgord
 - 10.1 Maintenir un équilibre entre milieux ouverts et milieux fermés (mosaïque paysagère)
- 11 Le littoral
 - 11.1 Préserver la continuité Nord/Sud du massif dunaire et les falaises du littoral basque
 - 11.2 Renforcer la continuité des peuplements mixtes, par le réseau des pentes Est des dunes
- 12 Massif Pyrénéen
 - 12.1 Permettre un juste équilibre entre le développement local et la préservation de la biodiversité sur le massif pyrénéen
 - 12.2 Préserver les milieux boisés remarquables du massif pyrénéen
- 13 Pays de l'Adour et Nord de la Garonne
 - 13.1 Conserver ou restaurer les éléments fixes du paysage

Le projet est essentiellement concerné par l'action 6 « Continuités longitudinales des cours d'eau ».

Au regard des effets des travaux, le projet ne constitue un obstacle ni à la libre circulation des espèces piscicoles ni au transport naturel des sédiments, ni à l'écoulement des crues.

Le projet est compatible avec le SRCE Aquitaine.

10. MESURES D'EVITEMENT, REDUCTRICES / COMPENSATRICES / D'ACCOMPAGNEMENT

10.1. PREAMBULE

Ce chapitre précise les mesures envisagées par le GPMB qui visent à éviter, réduire ou compenser les effets potentiels engendrés par le projet :

- Les mesures d'évitement sont des mesures qui modifient un projet afin de supprimer, ou du moins limiter, un impact négatif notable identifié dans ce projet dès sa conception. L'intégration de ces mesures a été prise en compte dans l'évaluation des effets et n'entraîne donc pas de réduction d'impacts. Elles reflètent les choix du maître d'ouvrage dans la conception d'un projet de moindre impact ;
- Les mesures de réduction sont des mesures qui sont définies après celles d'évitement et visent à réduire les impacts négatifs notables permanents ou temporaires d'un projet sur l'environnement ;
- Les mesures de compensation doivent permettre de maintenir voire d'améliorer l'état de conservation des habitats, des espèces, les services écosystémiques rendus, et la fonctionnalité des continuités écologiques concernés par un impact négatif résiduel notable. Elles doivent être équivalentes aux impacts du projet et additionnelles aux engagements publics et privés. De la même manière que pour les mesures de réduction, le nouveau niveau est nommé impact résiduel.

Afin de réduire ou de supprimer certaines incidences, le GPMB a optimisé sa stratégie de dragage de l'estuaire à partir des actions du plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde (cf. paragraphe 8).

Ces nouvelles actions sont les suivantes :

- Développer/généraliser l'utilisation du DIE :
 - Utilisation préférentiellement seule en Garonne en fonction de l'O₂ dissous et/ou du débit ;
 - Utilisation du DIE après intervention de la DAM ;
 - Remplacement plus systématique de la drague mécanique par la DIE ;
- Suppression de trois zones d'immersion en Garonne ;
- Arrêt partiel localisé des immersions (fenêtre biologique) ;
- Répartition des sédiments sur la zone d'immersion pour favoriser un dépôt homogène.

D'autres actions déjà mises en place par le GPMB qui visent à éviter/réduire les effets des dragages / immersion ont été maintenus :

- Dragage des bassins à flots en fonction du débit ;
- Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux) ;
- Maintien des zones d'immersion actuelles (pratique actuelle) ;
- Privilégier les zones d'immersion au droit ou en aval du chantier ;

- Absence d'immersion sur les zones intertidales (estran).

Le principe et l'intérêt de ces actions sont décrits ci-après. Elles constituent des mesures d'évitement directement intégrées dans la stratégie de dragage pour les prochaines années.

10.2. ACTIONS DEJA MISES EN PLACE ET CONSERVEES DANS LE CADRE DU PROJET

Nota : il convient de noter que ces différentes actions bénéfiques pour l'environnement sont actuellement mises en place et donc intégrées dans la gestion du GPMB. Il est ainsi difficile d'isoler ces actions pour en déterminer le coût. Le montant global annuel des opérations de dragage est de 15-18M€.

10.2.1. Dragage des bassins à flots en fonction du débit

L'objectif est de maintenir les cotes d'exploitation des bassins à flots, en limitant :

- Les opérations de sassements ;
- Les effets des rejets sur l'environnement.

Cette planification (rejet par DAS lorsque les débits sont supérieurs à 350m³/s) vise à réduire l'incidence sur l'oxygénation des eaux.

10.2.2. Intervention du dragage en fonction de l'hydrologie (en fonction de la position du bouchon vaseux)

L'objectif est de maintenir les cotes d'exploitation, en favorisant l'efficacité des opérations de dragage et d'immersion. Cette planification (cf. paragraphe 2.5) vise à réduire l'incidence sur l'oxygénation des eaux.

10.2.3. Maintien des zones d'immersion actuelles (pratique actuelle)

L'objectif est de conserver les zones dispersives qui ont prouvé leur efficacité (peu de sédiments clapés reviennent dans le chenal)

Les zones d'immersion actuellement utilisées ont été définies avec précision en 1979 (officialisation à cette époque des pratiques mises en place depuis plus de 20 ans). Leur emplacement a été validé par le passé car elles correspondent à des zones dispersives (les sédiments clapés sont rapidement dispersés – faible épaisseur de dépôt notamment-).

Ces zones, à l'exception de trois zones d'immersion en Garonne (zones de vidage 1.1, 1.2 et 1.3 cf. fiche C.4) sont conservées, soit au total 15 zones (zones de vidage 1.5 à 4.4).

10.2.4. Privilégier les zones d'immersion au droit ou en aval du chantier

L'objectif est de favoriser le déplacement des sédiments vers l'aval. Le principe est précisé dans le paragraphe 2.5 .

10.2.5. Absence d'immersion sur les zones intertidales (estran)

Les estrans étant des zones très sensibles et très riches, cette stratégie d'immersion permet de limiter les effets directs sur les estrans.

10.3. NOUVELLES ACTIONS ENVISAGEES

10.3.1. Développer/généraliser l'utilisation du DIE

L'intérêt du DIE en termes d'impact a été précisé au paragraphe 5. C'est pourquoi le GPMB a souhaité développer cette pratique sur la période de demande d'autorisation.

Le cout de ces actions correspond essentiellement au cout d'acquisition de la drague, soit environ 18M€ (le cout d'exploitation est sensiblement identique d'un moyen de dragage à l'autre).

10.3.1.1. Utilisation préférentiellement seul en Garonne en fonction de l'O₂ dissous et/ou débit

Les objectifs sont :

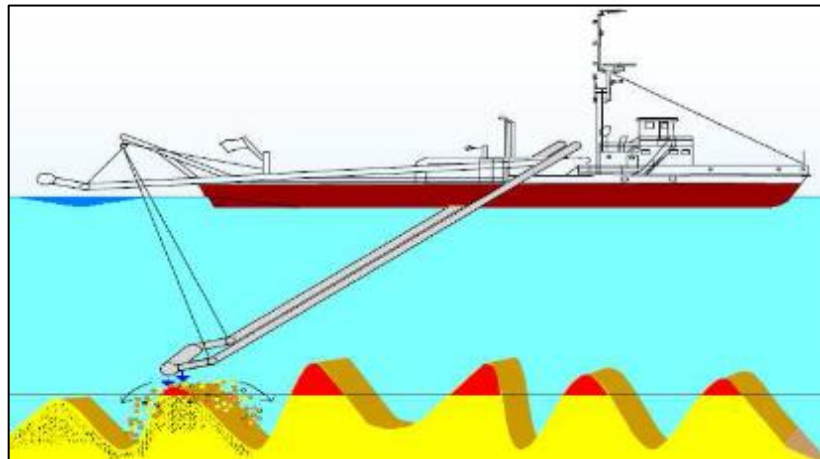
- Maintenir les cotes d'exploitation des passes de la Garonne (utilisation d'une drague à injection d'eau), en favorisant l'efficacité des opérations de dragage.
- Limiter la remise en suspension des matériaux en période d'étiage pour limiter les situations à risque vis-à-vis de l'oxygène dissous.

10.3.1.2. Utilisation du DIE après intervention de la DAM

L'objectif est de combiner deux engins de dragage aux actions complémentaires et adaptées à chaque outil :

- Dragage à haut rendement par une drague aspiratrice en marche (DAM)
- Ecrêtage des sillons laissés par le passage de l'élinde de la DAM pour une drague à injection d'eau pour niveler les fonds à la cote d'exploitation.

Figure 88 : Ecrêtage de dunes ou de sillons de DAM par une DIE (STENGEL 2006)



Avec ce fonctionnement, la DAM n'a pas à « surdraguer pour écrêter » la crête des sillons sous la cote d'exploitation. C'est la DIE qui écrête les « bosses » en déplaçant les sédiments dans les « creux ».

Les avantages de cette pratique sont :

- Améliorer l'efficacité des dragages en diminuant l'activité de la DAM (surdragage notamment) ;
- Remise en suspension des matériaux qui restent localisés pour l'essentiel dans le chenal et au droit du fond (courant de densité).

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

10.3.1.3. Remplacement plus systématique de la drague mécanique par la DIE

Dans une optique de renouvellement de son parc de dragage, le GPMB a prévu de remplacer la drague à benne La Maqueline par un nouvel outil de dragage.

Dans la continuité des expérimentations de dragage par injection d'eau (DIE), depuis 2011, le GPMB utilise cette technique de dragage de manière opérationnelle pour l'entretien des ouvrages portuaires. Cette pratique s'est avérée performante lors des expérimentations réalisées en Gironde (elle est d'ailleurs autorisée depuis 2011).

La mise en œuvre opérationnelle de la pratique du DIE devrait se traduire par une diminution de volume de sédiments immergés.

Cette action permet de mettre en place limiter les immersions au profit du DIE.

10.3.2. Suppression de trois zones d'immersion en Garonne

L'objectif est de réduire les surfaces directement impactées par les clapages, par diminution du nombre de zones de vidage, dans le secteur confiné de la Garonne

Les avantages de cette action sont synthétisés dans le tableau ci-dessous :

Tableau 70 – Intérêt de la suppression des zones de vidage 1.1 à 1.3

Hydrosédimentaire / qualité de l'eau	Suppression de zones de clapage situées dans des secteurs confinés Action qui vise à améliorer la qualité des eaux (MES) au niveau des zones d'immersion supprimées (partie amont de la Garonne)
Peuplement benthique	La suppression des zones de vidage implique une réduction de la superficie impactée. Les volumes en jeu seront répartis sur les autres zones de vidage qui sont dispersives. Le surplus de sédiments ne devrait pas engendrer une épaisseur de dépôt importante supplémentaire. La surface ibérée sera bénéfique aux peuplements benthiques qui pourront la recoloniser.
Ressource halieutique	Réduction des superficies des habitats impactés

Le montant supplémentaire engendré par cette action est estimé à environ 300k€/an (rappel : volume moyen de sédiments concernés : 0.4Mm³/an).

10.3.3. Arrêt partiel localisé des immersions (fenêtre bio)

La période du 15 mai au 15 juillet est favorable à de nombreuses espèces, en particulier le maigre et l'esturgeon. C'est pourquoi, cette action consiste à supprimer l'immersion des sédiments pendant la période du 15 mai au 15 juillet ; ceci pour les zones d'immersion 3.2 à 3.7. Pendant cette période, les sédiments clapés initialement sur ces zones 3.2 à 3.7 seront immergés sur les autres zones aval ou amont.

De plus, depuis plusieurs années, le GPMB participe financièrement aux opérations de repeuplement en civelles (environ 6k€/an). Ce partenariat, avec le CRPEM, sera prolongé pour les années à venir. En effet, un nouvelle convention pluriannuelle sera signée courant 2017.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Tableau 71 – Intérêt de l'arrêt localisé des immersions

Hydrosédimentaire / qualité de l'eau	Action qui vise à améliorer la qualité des eaux pendant la période de non intervention (limitation des MES).
Peuplement benthique	Mise en place d'une « pause » de plusieurs mois des déversements au niveau des zones de vidage 3.2 à 3.7 qui peut s'avérer bénéfique pour une partie de la macrofaune benthique (espèces pionnières) capable de coloniser et exploiter ces milieux rapidement après l'arrêt des immersions. Ces peuplements, mêmes temporaires, sont un plus au niveau du réseau trophique de l'estuaire
Faune piscicole	Arrêt localisé et temporaires des perturbations (turbidité, dérangement) liées aux immersions ; accès à une ressource alimentaire supplémentaire suite à la colonisation des zones d'immersion par les invertébrés.

Le montant supplémentaire engendré par cette action est estimé à environ 1.5 M€/an (rappel : volume moyen de sédiments concernés : 0.9Mm³/an).

10.3.4. Répartition des sédiments sur la zone d'immersion pour favoriser un dépôt homogène

Les zones de vidage étant dispersives, répartir les sédiments sur l'ensemble de la zone d'immersion est une stratégie qui limite l'épaisseur des dépôts transitoires.

En limitant l'épaisseur des dépôts, on limite l'épaisseur de la couche de sédiments qui vient recouvrir la faune benthique en place. On augmente donc les chances de survie des espèces qui peuvent tolérer un enfouissement limité. Pour cela les clapages doivent être réalisés à travers toute la surface de la zone de vidage pour éviter le cumul des dépôts en un même point.

Il s'agit de travailler sur toute l'emprise de la zone de vidage de manière à « répandre » le plus largement possible (dans le périmètre de la zone) les sédiments.

Elle s'oppose à une stratégie qui consiste à claper plusieurs chargements sur un même point.

Le coût supplémentaire engendré par cette action est faible, mais non quantifiable.

11. MESURES DE SUIVI ENVIRONNEMENTAL, ETUDES ET EXPERIMENTATIONS

11.1. SUIVIS GENERAUX

La mise en œuvre du Plan de Gestion des sédiments de dragage de l'Estuaire de la Gironde sera suivi par un comité de suivi. Les suivis, études et expérimentations seront présentées à ce comité de suivi. Il est donc possible que les éléments présentés ci-après subissent quelques modifications ou évolutions.

11.1.1. Suivi bathymétrique

Pour des raisons techniques, le suivi bathymétrique des zones draguées est effectué régulièrement.

Ce levé bathymétrique est également envisagé sur :

- Les zones de vidage les plus utilisées ; ceci de manière régulière (fréquence minimale : 1 à 2 fois par an) ;
- Quelques zones de vidage avant et après immersion (durée du protocole : 1 an) ceci afin d'analyser les effets de la répartition des dépôts sur l'ensemble de la zone de vidage.

Montant estimé à environ 250 k€/an

11.1.2. Suivi de la qualité physico-chimiques des sédiments dragués

Afin de s'assurer de la qualité des sédiments dragués, il est envisagé un suivi annuel des sédiments dragués. Les prélèvements seront réalisés au niveau :

- Des zones draguées (passes, accès et ouvrages portuaires) ;
- Des zones de vidage les plus utilisées (1.8, 2.4, 3.4, 3.7).
- Hors de ces secteurs afin de poursuivre l'amélioration de la connaissance des caractéristiques des sédiments de surface.

Ce suivi sera mis en place en conformité avec la circulaire n° 2000-62 du 14 juin 2000 (complété par les arrêtés du 9 août 2006, du 23 décembre 2009, du 8 février 2013 et du 17 juillet 2014) et le guide GEODE « Bonnes pratiques pour la caractérisation des matériaux en vue d'une opération de dragage et d'immersion en milieu marin et estuarien, 2016 ».

Pour un volume compris entre 9 et 10 Mm³, le nombre d'analyses sur prélèvement à effectuer serait d'environ 38 à 42 par an.

Montant estimé à environ 30 k€/an.

11.1.3. Suivi des peuplements benthiques

Un suivi qualitatif et quantitatif des peuplements benthiques (densité totale, richesse spécifique, indices de diversité, indice biotique...) sera réalisé sur :

- Les zones d'immersion 1.8 et 2.4 (correspondant aux zones de vidage les plus utilisées avec les zones 3.4 et 3.7), une fois par an à minima ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Les zones 3.2 à 3.7 : le suivi sera réalisé, avant, pendant et après la fenêtre d'interruption des immersions (rappel : fenêtre d'interruption : 15 mai au 15 juillet). L'objectif est de caractériser l'effet de cette interruption sur le développement des peuplements benthiques. La comparaison des résultats pendant les périodes d'immersion et de non immersion permettra de mettre en évidence la recolonisation par les invertébrés et quantifier le gain apporté en termes de biomasse supplémentaire de proies disponibles pour les poissons
- Les passes (dragage par DAM et DIE) : à titre expérimental (fréquence non déterminée) : un suivi pourra être réalisé avant et après une opération de dragage ce qui permettra d'améliorer la connaissance des effets des opérations de dragage sur les peuplements benthiques.

Montant estimé à environ 50 k€/an.

11.2. SUIVIS SPECIFIQUES : DIE

Un suivi des opérations de DIE est envisagé pour approfondir :

- L'analyse de l'efficacité de cette technique : suivi et analyse bathymétrique avant et après dragage (quelques jours (1-2 jours) et quelques semaines) ;
- Les effets et incidences de son application en Garonne et en Gironde, au niveau des zones draguées et aux abords, ceci avant, pendant et après dragage (1 -2 semaines et 1-2 mois) :
 - Suivi de la qualité de l'eau : salinité, MES, O2d, nutriments, contaminants...
 - Benthos : qualitatif et quantitatif (densité totale, richesse spécifique, indices de diversité, indice biotique...).

Les zones concernées sont :

- Une ou plusieurs de dragage DAM + DIE
- Un ou plusieurs passes de la Garonne ;
- Un ou plusieurs accès / souille initialement dragué par la Maqueline.

Montant estimé à environ 30 k€/mission.

Dans le cadre de ces suivis, une station de mesure comprenant une sonde multiparamètres sera installée au niveau d'Ambès afin de suivre en permanence la qualité des eaux de la Garonne (O2d, MES, salinité et température). Cette sonde sera similaire à celle installée à Bordeaux dans le cadre du réseau MAGEST et pourrait, à terme, intégrer le réseau (montant estimé : 100k€).

A noter que le GPMB continuera à tenir sa place dans le consortium Magest (5 à 6 k€/an). Il équipera une vedette de sondage avec une sonde multiparamètres et un courantomètre afin de faire de la mesure régulière sur la rivière au moment des sondages. Les données seront utilisées par le GPMB et également transmises à ses partenaires (Smiddest, PNM, IFREMER et université de Bordeaux...).

11.3. EXPERIMENTATIONS

Dans le cadre du Plan de gestion des sédiments de dragage de l'estuaire de la Gironde, plusieurs expérimentations ont été proposées et sont décrites ci-après.

11.3.1. Dragage « en continu »

Maitrise d'ouvrage : GPMB

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

11.3.1.1. Objectifs de l'action et enjeux associés

Les objectifs sont :

- Maintenir les cotes d'exploitation des passes de l'estuaire.
- Le recours à ce type de dragage se justifie par des raisons principalement économiques car si l'action est faisable elle permettrait d'éviter, dans les conditions précisées, les allers-retours vers les zones d'immersion.

11.3.1.2. Description de l'action

L'action expérimentale permettra de préciser les contours de ces expérimentations. La technique de dragage « en continu » repose sur un dragage hydraulique par DAM durant lequel le sédiment pompé est rejeté en continu dans la colonne d'eau, soit au bordé, soit par clapets ouverts.

Cette technique est d'autant plus efficace qu'elle est pratiquée dans des zones à forts courants (crue, vives-eaux) susceptibles d'évacuer la mixture vers les zones souhaitées.

La mise en œuvre spatio-temporelle pourrait être :

- Période de l'année : période de crue et de marée significative (débit et coefficient à préciser avec les expérimentations)
- Passes concernées : toutes passes et ouvrages portuaires à l'aval du bec d'Ambès

Elle pourrait être mise en œuvre, à titre d'expérimentation, à partir de 2018.

11.3.1.3. Suivis et surveillance

Les suivis devront permettre de préciser les effets et incidences de cette technique sur l'environnement de l'estuaire. Ils pourraient comprendre :

- Suivi de la qualité de l'eau : salinité, MES, O₂d, nutriments, contaminants ; ceci au niveau des zones de rejet (drague) et de ses abords : avant, pendant et après dragage (quelques jours (1-2 jours)) ;
- Suivi de la bathymétrie au niveau de la centrale du Blayais si cette technique est mise en œuvre à proximité de celle-ci.

Les protocoles seront à préciser et valider par un comité de suivi.

11.3.2. Immersion dans les fosses naturelles du chenal

Maitrise d'ouvrage : GPMB

11.3.2.1. Objectifs de l'action et enjeux associés

L'objectif est d'expérimenter l'immersion de sédiments dragués sur de nouvelles zones de vidage en complément de celles existantes ; ceci afin de diminuer les distances entre zone de vidage et zone draguée.

11.3.2.2. Description de l'action

Plusieurs fosses sont présentes naturellement dans ou à proximité du chenal de navigation : à l'aval des passes Chambrette, La Maréchale, Saint-Julien-Pauillac et Ile Verte. Ces zones pourraient être utilisées, régulièrement ou de manière occasionnelle, comme zone d'immersion.

Il est envisagé le planning suivant :

- Etudes de faisabilité : 2019-2022 ;

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Expérimentation sur une ou plusieurs zones : à partir de 2023 suivant les résultats des études de faisabilité

11.3.2.3. Etudes / Investigations complémentaires à réaliser (2019-2022)

Pour chaque zone identifiée, pourront être réalisés :

- Une étude de faisabilité incluant :
 - Des investigations in situ de caractérisation des fonds :
 - Levé bathymétrique de la zone sur plusieurs périodes afin d'apprécier l'évolution hydrosédimentaire du site ;
 - Analyses physico-chimiques des sédiments conformité avec la circulaire n° 2000-62 du 14 juin 2000 (complété par les arrêtés du 9 août 2006, du 23 décembre 2009, du 8 février 2013 et du 17 juillet 2014) et le guide GEODE « Bonnes pratiques pour la caractérisation des matériaux en vue d'une opération de dragage et d'immersion en milieu marin et estuarien, 2016. – Echantillonnage et fréquence à préciser avec les études de faisabilité ;
 - Caractérisation du milieu :
 - Benthos : qualitatif et quantitatif (densité totale, richesse spécifique, indices de diversité, indice biotique...);
 - Ressources halieutiques ;
 - Usages, servitudes...
 - Analyse du devenir des sédiments immergés : expertise hydrosédimentaire, tests in situ ...
 - Analyse des effets potentiels (milieu physique, vivant...);
 - Définition du suivi à mettre en œuvre et du protocole de l'expérimentation.
- Dossier réglementaire

A l'issue de ces étude de faisabilité, il pourrait être envisagé des expérimentations avec la mise en place d'un suivi (à définir suivant les résultats de l'étude de faisabilité) : suivi bathymétrique, de la qualité des eaux (MES, O2 dissous, nutriments, contaminants) et des peuplements benthiques ...

11.3.3. Immersion partielle des sédiments en mer

Maitrise d'ouvrage : GPMB

11.3.3.1. Objectifs de l'action et enjeux associés

L'objectif de proposer des immersions à l'extérieur de l'estuaire est double :

- Réduire la remise en suspension à l'intérieur de l'estuaire, limitant ainsi les effets sur l'environnement liés à la turbidité (et ré-alimentation du bouchon vaseux) ;
- Limiter la désorption des contaminants dans l'estuaire tels que le Cadmium.

11.3.3.2. Description de l'action

Cette action consisterait à claper une partie des matériaux dragués de l'estuaire dans une zone située à l'extérieur de l'estuaire (zone de moindre impacts et compatible avec les sensibilités/protections environnementales et les usages du site). De plus, cette zone doit être déterminée de manière à éviter tout retour des sédiments clapés à l'intérieur de l'estuaire, sur le littoral adjacent et dans les Pertuis Charentais.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Les sédiments concernés sont essentiellement :

- Une partie des sédiments les plus contaminés : Bec aval, Bellerive, Pachan et Caillou – Grattequina
- Une partie des sédiments de la zone 3 (zone aval) : Richard, Goulée et By

Il est envisagé de réaliser une étude de faisabilité à partir de 2023. Une expérimentation pourrait être mise en place sur une ou plusieurs zones (date à fixer suivant les résultats des études de faisabilité).

11.3.3.3. Etudes / Investigations complémentaires à partir de 2023

Il pourrait être envisagé les études suivantes à partir de 2023 :

- Etude des sédiments concernés par cette action :
 - Etude – expertise pour analyser les résultats des suivis annuels des sédiments dragués afin d'identifier les passes potentiellement concernés par ces opérations (potentiellement Bec aval, Bellerive, Pachan et Caillou – Grattequina, Richard, Goulée et By)
 - Analyse fine des sédiments à draguer afin de cibler les sédiments les plus contaminés en cadmium qui seraient concernés par l'immersion en mer, conformément à la circulaire n° 2000-62 du 14 juin 2000 (complétée par les arrêtés du 9 août 2006, du 23 décembre 2009, du 8 février 2013 et du 17 juillet 2014) et le guide GEODE « Bonnes pratiques pour la caractérisation des matériaux en vue d'une opération de dragage et d'immersion en milieu marin et estuarien, 2016:
 - Prélèvements (nombre et emplacement à définir par l'étude),
 - Analyses physico-chimiques des sédiments (granulométrie, ...).
- Site d'immersion
 - Etude préliminaire de détermination d'un ou plusieurs sites d'immersion (source : essentiellement bibliographie) :
 - Identification des contraintes au large de l'estuaire :
 - Contraintes techniques / opérationnelles
 - Contraintes physiques : houles, courant, caractérisation des fonds...
 - Contraintes environnementales : protection du patrimoine naturel, benthos, halieutique, mammifères marins, avifaune...
 - Contraintes liées aux usages : réglementation/servitudes, pêche, navigation, plaisance, ...
 - Croisement des contraintes et identification de secteurs susceptibles d'accueillir une nouvelle zone d'immersion
 - Identification des investigations complémentaires à réaliser pour la suite des études
 - Expertise et investigations complémentaires sur le site retenu :
 - Investigations
 - Bathymétrie des zones d'étude ;
 - Investigations pour caractériser les sédiments de la zone d'immersion : analyse physico-chimiques des sédiments présents sur la zone et à proximité (conformément à la circulaire n° 2000-62 du 14 juin 2000 et au guide GEODE) ;
 - Inventaire des peuplements benthiques sur la zone et à proximité : qualitatif et quantitatif (densité totale, richesse spécifique, indices de diversité, indice biotique...)
 - Suivi de la qualité de l'eau : MES, ...

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Inventaire du milieu vivant : ressource halieutique, mammifères marins, tortues, avifaune, ...
- Expertise des pratiques de pêches ;
- Un modèle mathématique pourra être utilisé le cas échéant ;
- Evaluation des risques de désorption des contaminants et de leur dispersion ;
- Dossier réglementaire associé
- Suivis et surveillance : suivant les résultats des études

11.4. APPROFONDISSEMENT DES CONNAISSANCES DES IMPACTS DES IMMERSIONS SUR LES PEUPELEMENTS BENTHIQUES ET LA DISPERSION DES CONTAMINANTS

Maitrise d'ouvrage : SMIDDEST - GPMB

L'objectif est l'amélioration de la connaissance :

- Des effets des immersions sur les peuplements benthiques
- De la dispersion des contaminants.

Le principe repose sur la mise en place d'un protocole d'évaluation des effets des clapages sur :

- Les peuplements benthiques : par exemple, il pourrait être envisagé un suivi de plusieurs zones de clapages (au minimum 4 à 5), réparties le long de l'estuaire, sur la base du protocole réalisé par l'Université de Bordeaux en 2016 dans le cadre du PGS. Pour chaque zone, plusieurs prélèvements à l'intérieur et à l'extérieur (référence) pourraient être effectués. L'échantillonnage devra être réalisé avant et après clapage : par exemple, quelques jours avant et après dragage, puis quelques mois après. Le protocole devra préciser :
 - Méthode - engins : utilisation des mêmes méthodes (surfaces d'échantillonnage, taille de tamis -macrofaune et/ou méiofaune-) pour les investigations ceci chaque année ;
 - Fréquence : à caler obligatoirement sur les opérations de dragage du GPMB ; délais fixés et identique quelle que soit la zone considérée et l'année ;
 - Choix d'intervenants: limiter le nombre d'intervenants différents pour avoir une continuité des analyses sur plusieurs années.
- La dispersion des contaminants. Par exemple, il pourrait être envisagé de :
 - Qualifier la concentration des contaminants ETM, PCB, HAP et composés pharmaceutiques dans les sédiments dragués : prélèvements dans le puits de drague, juste après le dragage et avant clapage sur la base du protocole réalisé par l'Université de Bordeaux en 2016 dans le cadre du PGS ;
 - Evaluer le taux de dispersion des sédiments (ceci à court terme) et de ces contaminants avec la nouvelle drague sur les zones de clapage, au moment du clapage (en complément de l'étude réalisée en 2005 par GEOTRANSFERT « Etude de la remise en suspension des sédiments par les dragages et de la solubilisation de 8 éléments traces métalliques associés ») ;
 - ...

Les protocoles pourront être définis par le comité de suivi après avis du CSEG.

12. DESCRIPTION DES METHODES DE PREVISION OU DES ELEMENTS PROBANTS UTILISES POUR IDENTIFIER ET EVALUER LES INCIDENCES NOTABLES SUR L'ENVIRONNEMENT

12.1. ANALYSE DES METHODES UTILISEES

12.1.1. Définition de l'état initial

L'analyse de l'état initial a été réalisée essentiellement sur la base des éléments recueillis dans le cadre du Plan de gestion des sédiments de dragage de la Gironde, à savoir :

- Des échanges / contacts avec différents acteurs / gestionnaires /scientifiques en 2015 :

Tableau 72 –Liste des personnes rencontrées (rencontre et/ou entretiens téléphoniques)

Thématique	Contact	
Hydrosédimentaire	<i>Aldo Sottolichio</i>	<i>Enseignant-chercheur à l'Université de Bordeaux, équipe Modélisation Expérimentale et Télédétection en Hydrodynamique Sédimentaire. UMR CNRS 5805 EPOC – OASU. Université de Bordeaux</i>
Dragage du GPMB	<i>A Fort et H. Charon</i>	<i>chargé du pôle Etudes au Département de l'Environnement et chef du Département de l'Hydrographie et des Dragages, Grand Port Maritime de Bordeaux</i>
Dragage des petits ports de l'estuaire	<i>M. Bruno SAMZUN / M. Mathieu BARBIER</i>	<i>CG 17 (en lien avec les ports suivants Les Mathes – La Palmyre, Barzan, Blaye Mescher-sur-Gironde, Saint-Ciers-sur-Gironde...)</i>
	<i>M. Sébastien LYS</i>	<i>SIVU pour le port de Mortagne-sur-Gironde</i>
	<i>Maitre de Port (M. PAU) et service technique de la mairie de Pauillac</i>	<i>Port à gestion communale Pauillac</i>
	<i>M. Jean-Baptiste LUNET</i>	<i>Port Médoc</i>
	<i>M. PASSERAULT</i>	<i>Port de Royan</i>
	<i>M. François WEISBECKER</i>	<i>Bordeaux - GPMB</i>
Contamination biota	<i>M. Gérard Blanc</i>	<i>Professeur, EPOC-TGM Bat 18 UFR STM</i>
	<i>Mme. Magalie Baudrimont</i>	<i>Professeur en écotoxicologie, UMR CNRS EPOC 5805, Université de Bordeaux</i>
	<i>Mme. Hélène Budzinski</i>	<i>Directeur de Recherche, Université Bordeaux, Environnements et Paléoenvironnements Océaniques et Continentaux, EPOC - UMR 5805 CNRS</i>
Peuplements benthiques	<i>Guy Bachelet</i>	<i>chercheur CNRS UMR CNRS 5805 EPOC - Environnements et Paléo environnements Océaniques et Continentaux à la station marine d'Arcachon</i>
Ressource halieutique	<i>M. Mario LEPAGE</i>	<i>Ingénieur en Ecologie Aquatique, Equipe Fonctionnement des écosystèmes estuariens (Fée), UR Ecosystèmes Aquatiques et Changements Globaux (EABX), IRSTEA Groupement de Bordeaux</i>
Usages	<i>Mme. J. Rabic</i>	<i>AADDPPED Gironde (association des pêcheurs en eau douce 33),</i>
	<i>M. E. Blanc</i>	<i>Vice-Président du CRPMEM Poitou-Charentes (comités des pêches maritimes poitou-charentes),</i>
	<i>M. P-G. Beyraud,</i>	<i>sous-directeur de l'Environnement de la CNPE Blayais</i>

- Des documents consultés et utilisés dans le cadre de l'étude d'impact qui sont listés au chapitre 14 « Bibliographie » ;
- Des investigations in situ : réseaux de suivis de la qualité des eaux (MES, oxygène dissous), des sédiments dragués, bathymétrie, ...
- De la modélisation hydrosédimentaire prédictive de l'année hydrologique de 2008-2009.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Les principaux éléments bibliographiques utilisés pour les principales thématiques sont précisées ci-après :

Tableau 73 –Principales sources bibliographiques

	Thématique	Principales caractéristiques des données disponibles
Milieu physique	Courants / Débits	Stations hydrologiques Pessac-sur-Dordogne et La Réole
	Marée	9 marégraphes répartis sur l'ensemble de l'estuaire
	Morphologie	Bathymétrie réalisée par le GPMB (chenal régulièrement, ensemble de l'estuaire : occasionnellement)
	Couverture sédimentaire	Bibliographie : travaux d'Allen (1972) et Mallet (1998). Mesures in situ : suivis des zones de dragage/clapage, suivi de la Centrale du Blayais, suivis réalisés par l'Université de Bordeaux
	Hydrodynamique - Hydrosédimentaire	Modélisation hydrosédimentaire de l'Université SIAM3D et celle réalisée dans le cadre de ce projet, réseau MAGEST (mesure à 1 m en surface, sur 4 stations : Pauillac, Libourne, Bordeaux et Portets -jusqu'en 2012 uniquement-)
Qualité du milieu	Oxygène dissous	MAGEST et SOMLIT
	Qualité des sédiments	Suivis réalisés par le GPMB dans le cadre de son autorisation de dragage
	Eléments traces métalliques	Travaux réalisés par l'Université de Bordeaux (en particulier l'équipe de G. BLANC)
	Contaminants émergents et organiques	Travaux réalisés par N. TAPIE, Y. AMINOT et H. BUDZINSKI
Milieu vivant	Espèces biologiques suivies et effets mesurés	Travaux réalisés par l'équipe d'Hélène BUDZINSKI et N. BAUDRIMONT
	Peuplements benthiques	Données bibliographiques anciennes correspondant essentiellement aux publications des travaux de recherche de G. BACHELET ; Cartographie des biocénoses réalisées dans le cadre des diagnostics « Natura 2000 en mer de l'estuaire de la Gironde et des Pertuis Charentais » (cartographie basée sur des données anciennes couvrant uniquement la bordure côtière) ; Données liées aux suivis des opérations de dragage/immersion (2009 à 2014) dont les suivis de la centrale électrique du Blayais.
	Peuplement ichtyofaunistique	Campagnes réalisées dans le cadre de la DCE (2005, 2006, 2009, 2010 et 2011 – estuaire-) et NURSE (essentiellement dans l'estuaire externe, 2013) – M. Lepage Données IRSTEA du suivi du CNPE du Blayais Guy Bachelet de l'Université Bordeaux I Bibliographie générale
	Relations poissons / Habitats	Influence de la salinité : travaux de Lobry essentiellement Sensibilité aux perturbations : travaux de Coiraton et Corredoira
Usages	Navigation et trafic commercial du GPMB	Données du GPMB
	Exploitation des granulats dans l'estuaire	Etude d'impact (2003) réalisée dans le cadre de la demande d'autorisation d'ouverture de travaux sur la concession du Platin de Grave
	Filières pêche, ostréicole et aquacole	Site internet du Comité Départemental des Pêches Maritimes et des élevages Marins de Gironde Travaux réalisés par l'AGLIA et le CRPMEM Entretiens avec AADDPED33, CRPMEM Poitou Charentes
	Centrale du Blayais	Entretien téléphonique avec la centrale

12.1.2. Analyse des effets sur l'environnement

L'évaluation des effets du projet sur l'environnement repose essentiellement sur :

- Les suivis des opérations (DIE, DAS...) réalisés par le GPMB depuis 2009 ;
- La calcul numérique représentant les opérations d'immersion du GPMB sur l'année hydrologique de 2008-2009 ;
- Les effets constatés sur des installations du même type ou comparables. Au vu de l'expérience acquise, on tente d'extrapoler les résultats obtenus dans des cas similaires,
- Un examen approfondi du site et de son évolution passée,
- Une recherche bibliographique relative aux effets produits,
- Le dire d'expert : il s'agit de faire appel à l'expérience acquise et à la connaissance approfondie des personnalités qualifiées dans un domaine donné.

12.2. DIFFICULTES TECHNIQUES RENCONTREES

12.2.1. Difficultés rencontrées pour l'établissement de l'état initial

Les difficultés rencontrées pour l'établissement de l'état initial sont liées :

- A l'emprise surfacique considérable du projet, supérieure à 600 km² pour l'estuaire de la Gironde ;
- La complexité des processus hydrosédimentaires et des différents compartiments du milieu (contamination, milieu vivant...) de l'estuaire de la Gironde.

12.2.2. Difficultés rencontrées pour l'analyse des effets du projet

Les difficultés rencontrées sont liées :

- A la complexité des processus hydrosédimentaires et des différents compartiments du milieu (contamination, milieu vivant...) de l'estuaire de la Gironde ;
- A la connaissance précises des impacts des immersions sur les peuplements benthiques et la dispersion des contaminants : en effet, les expérimentations menées dans le cadre du Plan de gestion des sédiments de l'estuaire de la Gironde par les Universitaires ont aboutis à des résultats non attendus sur les impacts des immersions.

13. REDACTEURS DE L'ETUDE

Le présent dossier a été rédigé par le bureau d'étude ARTELIA Eau & Environnement, 6 rue de Lorraine 38 130 ECHIROLLES, par :

- Thibault SAILLARD, Chef de projet
- Lucie THIEBOT SIGWALD, chargée de mission.
- Sébastien LEDOUX, Contrôleur technique

14. BIBLIOGRAPHIE

Thématique hydrosédimentaire

Allen P., 1972. Etude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde. Thèse. Université de Bordeaux.

Benaouda A., 2008. Dynamique saisonnière des sédiments en suspension dans l'estuaire de la Gironde : modélisation opérationnelle de la réponse aux forçages hydrodynamiques. Thèse, Université Bordeaux I.

Castaing P., 1981. Le transfert à l'océan des suspensions estuariennes. Cas de la Gironde. Mémoires de l'Institut de Géologie du bassin Aquitaine. 530 pp.

Doxaran D., Froidefond J-M., Castaing P., Babin M., 2009. Dynamics of the turbidity maximum zone in a macrotidal estuary (The Gironde, France): observations from field and MODIS satellite data. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 81 (2009) 321-332.

Etcheber H., Schmidt S., Sottolichio A., Maneux E., Chabaud G., Escalier J-M., Wennekes H., Derriennic H., Schmeltz M., Quémener L., Repecaud M., Woerther P., Castaing P. 2011. Monitoring water quality in estuarine environments: lessons from the MAGEST monitoring program in the Gironde fluvial-estuarine system.

Jouanneau J-M., Latouche C., 1981. The Gironde Estuary. Contributions to sedimentology n°10, 115 pp.

Lanoux A., Etcheber H., Schmidt S., Sottolichio A., Chabaud G., Richard M., Abril G., 2012. Factors contributing to hypoxia in a highly turbid, macrotidal estuary (the Gironde, France). *Environmental Science Processes and Impacts*, 2013.

Mallet C., 1998. Etude de la dynamique des sédiments non-cohésifs de l'embouchure de la Gironde. Thèse. Université de Bordeaux 1.

Rojas I.J., Schmidt S., Sottolichio A., 2014. Analyse de 10 ans de mesures continues de turbidité dans les sections fluviales de l'estuaire de la Gironde : description de la dynamique des matières en suspension d'un estuaire très turbide. Colloque MAREL. 12 et 13 juin 2014. Boulogne-sur-mer.

Rojas I.J., Schmidt S., Sottolichio A., 2015. Turbidity in the fluvial Gironde Estuary (S–W France) based on 10 year continuous monitoring: sensitivity to hydrological conditions. *Hydrol. Earth Syst. Sci. Discuss.*, 12, 2843–2883, 2015.

Schmidt S., Sottolichio A., 2013. Réseau d'observation automatisée pour la surveillance de la qualité des eaux de l'estuaire de la Gironde. MAGEST: Rapport scientifique annuel, 2013.

Sottolichio A., Castaing P., 1999. Synthèse de la dynamique saisonnière des structures turbides dans l'estuaire de la Gironde. C.R. Acad. Sc. Paris, Sciences de la terre et des planètes. 1999, 329, 795-800.

Thématique : dragage

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.

Thématique contamination

Al Kaddissi S. Etude exploratoire des niveaux de contamination métallique (par le Cu, Cd, Zn et Hg) du macrobenthos de l'estuaire de la Gironde. Rapport de Master. 2007

Aminot Y., 2013. Étude de l'impact des effluents urbains sur la qualité des eaux de la Garonne estuarienne, application aux composés pharmaceutiques et aux filtres UV. Thèse, Université de Bordeaux. 6 décembre 2013

Audry. S., Blanc. G., Schäfer J, Chailou G., Robert S. 2006. Early diagenesis of trace metals (Cd, Cu, Co, Ni, U, Mo, and V) in the freshwater reaches of a macrotidal estuary. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 70 (2006) 2264–2282

Audry. S., Blanc. G., Schäfer J., Guéri F., Masson M., Robert S., 2007. Budgets of Mn, Cd and Cu in the macrotidal Gironde estuary (SW France). *Marine Chemistry* 107 (2007) 433–448

Baudrimont M. Gourves P.Y., Chelini,A., Legeay A., Maury-Brach R. 2014. Potentialités de développement d'une activité ostréicole dans les Marais du Nord-Médoc, Rapport. 2014

Baudrimont M., Schafer J., Marie V., Maury-Bracheta R. Bossy C.,Boudou A., Blanc G., 2005. Geochemical survey and metal bioaccumulation of three bivalve species (*Crassostrea gigas*, *Cerastoderma edule* and *Ruditapes philippinarum*) in the Nord Medoc salt marshes (Gironde estuary, France). *Science of the Total Environment* 337 (2005) 265– 280

Blanc G., Bossy, C. Castelle S., Coynel A., Dabrin, Derriennic H., Girardot N., Lavaux G., Lissalde J.P., Maneux E., Masson M., Oggian G., Schäfer J., Strady E. (2007). Contamination de l'estuaire de la Gironde et apports fluviaux de la Charente et de la Seudre. Rapport scientifique intermédiaire (2ème année). Agence de l'Eau Adour-Garonne, Toulouse, France.

Dabrin,A., 2009. Mécanismes de transfert des éléments métalliques et réactivité estuarienne – cas des systèmes Gironde, Charente, Seudre et Baie de Marennes Oléron. Thèse, Université de Bordeaux I. 12 juin 2009

Dabrin,A. Schäfer J., Blanc B., Strady E., Masson M, Bossy C., Castelle S., Girardot N., Coynel A. 2009. Improving estuarine net flux estimates for dissolved cadmium export at the annual timescale: Application to the Gironde Estuary. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 84: 429-439.

Depasse J., Synthèse des connaissances sur le cadmium et son transfert de sa source vers le continuum Lot-Garonne-Gironde-Marennes Oléron. Février 2012. Synthèse scientifique et technique

Durrieu G., Maury-Brachet R., Girardin M., Rochard E., Boudou A. 2005. Contamination by Heavy Metals (Cd, Zn, Cu, and Hg) of Eight Fish Species in the Gironde Estuary (France). *Estuaries* Vol. 28, No. 4, p. 581–591 August 2005

King Wan G. 2008. Etude de la contamination polymétallique (Cd, Cu, Hg, Pb, Zn) du macrobenthos et macrofaune de l'estuaire de la Gironde. Rapport de stage. 2008

Larrose A, Coynel A., Schafer J., Blanc G, Massé L, Maneux E., 2010. Assessing the current state of the Gironde Estuary by mapping priority contaminant distribution and risk potential in surface sediment *Applied Geochemistry* 25 (2010) 1912–1923

Larrose A., 2011. Quantification et spatialisation de la contamination en éléments traces métalliques du système fluvio-estuarien girondin. Thèse, Université de Bordeaux I.8 juillet 2011

Larrose A., 2009. Contamination en cuivre et en cadmium des sédiments de surface de l'estuaire de la Gironde spatialisation et quantification, Rapport. 2009

Massarin S., 2006. Evaluation de la contamination métallique de poissons de l'estuaire de la Gironde. Rapport de stage. 2006

Pierron F., Baudrimont M., Bossy A., Bourdineaud J. P., Brethes D., Elie P., Massabuau J.C.,2007. Impairment of lipid storage by cadmium in the European eel (*Anguilla anguilla*). *Aquatic Toxicology* 81 (2007) 304–311

Pierron F., Baudrimont M., Dufour S., Elie P., Bossy A., Lucia M., Massabuau J.C.,2009. Ovarian gene transcription and effect of cadmium pre-exposure during artificial sexual maturation of the European eel (*Anguilla anguilla*). *Biometals* (2009) 22:985–994

Pierron F., Baudrimont M., Dufour S., Elie P., Bossy A., Lucia M., Baloché S., Mesmer-Dudons N., Gonzalez P., Bourdineaud J. P., Massabuau J.C., 2008 How Cadmium Could Compromise the Completion of the European Eel's Reproductive Migration. *Environ. Sci. Technol.* 2008, 42, 4607–4612

Pierron F., Baudrimont M., Gonzalez P., Bourdineaud J. P., Elie P., Massabuau J.C., 2007. Common Pattern of Gene Expression in Response to Hypoxia or Cadmium in the Gills of the European Glass Eel (*Anguilla anguilla*). *Environ. Sci. Technol.*

Pierron F., Baudrimont M., Lucia M., Durrieu G., Massabuau J.C., Elie P. 2008. Cadmium uptake by the European eel: Trophic transfer in field and experimental investigations. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 70 (2008) 10–19

Sautour B., Dindinaud F., Bachelet G., Realis E., Toucoulet M., Lebleu P., Baudrimont M., Gourves P-U., Dranguet P., Deroubaix A., Tissandier C., Payton L., Legeay A., Gonzalez P. 2014. Etat écologique de la Garonne moyenne autour de Bordeaux et effets toxiques des contaminants sur les organismes. 2014. Journée Etiage

Strady. E, Kervella, S., Blanc, G., Robert. S., Stanisière J.Y., Coynel A., Schäfer J. (2011) Spatial and temporal trace metal concentrations in surface sediments of the Marennes Oléron Bay. Relation to hydrodynamic forcing. *Continental Shelf Research*, 31:997-1007.

Tapie N., 2006. Contamination des écosystèmes aquatiques par les PCB et PBDE. Thèse, Université de Bordeaux I. 12 décembre 2006

Thématique Peuplements benthiques

Alizier S., Aulert C., Bessineton C., Cuvilliez A., Denis L, Dauvin JC., Garcia C., Janson AL., Jourde J., Lesourd S., Lozach S., Morin J., Ruellet T., Spilmont N., Tous Rius A., 2010. Le benthos de l'Estuaire de Seine. Fascicule Seine Aval 2.4 : 72pp.

Andral, B., 2007. Aide à la définition des conditions de référence pour le contrôle de surveillance au titre de la Directive Cadre Eau pour les bassins Rhône Méditerranée & Corse Mise en œuvre de l'exercice d'intercalibration. RST.DOP/LER-PAC-07-09. 24 pp

Bachelet G, 1985: Distribution et structure des communautés benthiques dans l'estuaire de Gironde. Actes du 1er colloque d'océanologie côtière "BORDOMER 85" - Bordeaux, 8-11 Octobre 1985. Ed. ADERMA. : 541-554.

Bachelet G., Bouchet J-M., Lissalde J-P, 1981: Les peuplements benthiques dans l'estuaire de la Gironde : Biomasse, Productivité et évolution structurale: *Oceanis* 6(6): 1980-81.

Blanchard, M.; Heim M., Rozec X., 2008. Cartographie synthétique et analyse des peuplements benthiques sur deux secteurs du Littoral français Manche- Rapport de contrat Ifremer / Ministère de l'Industrie n° 2004-00258-00-07 « Inventaire en matériaux marins sur les façades maritimes de 11 départements côtiers » - 111pp.

Blanchet H., Gouillieux B., Bachelet. G., Leconte M., Lavesque N., 2013: Contrôle de surveillance DCE 2012 Échantillonnage DCE des Masses d'Eau de transition du district hydrographique Adour-Garonne pour le paramètre « faune invertébrée benthique » . Contrat Ifremer n° 12/5210889 : 29pp.

Blanchet H., Gouillieux B., Alizier S., Amouroux J.M., Bachelet G., Barillé AL., Dauvin JC, de Montaudouin X., Derolez V., Desroy N., Grall J., Grémare A., Hacquebart P., Jourde J., Labrune C., Lavesque N., Meirland A., Nebout T., Olivier F., Pelaprat C., Ruellet T., Sauriau PG, Thorin S., 2014: Multiscale patterns in the diversity and organization of benthic intertidal fauna among French Atlantic estuaries. *Journal of Sea Research*: 90: 95-110.

Borja, A., Franco, J. and Perez, V., 2000. A marine biotic index to establish the ecological quality of soft bottom benthos within european estuarine and coastal environments. *Marine Pollution Bulletin*, 40 (12): 1100-1114.

CASAGEC Ingénierie, 2011: Évaluation de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques au niveau des zones d'immersion 2.4, 3.1 et 3.2 de l'estuaire de la Gironde - Mission 2011. Rapport d'étude pour le Grand Port Maritime de Bordeaux: 45pp.

CASAGEC Ingénierie, 2012: Évaluation de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques au niveau des zones d'immersion 2.4, 3.1 et 3.2 de l'estuaire de la Gironde - Mission 2012. Rapport d'étude pour le Grand Port Maritime de Bordeaux: 96pp.

Coiraton C., 2013: Écologie et stratégie alimentaire des poissons dans différents habitats de l'estuaire de la Gironde. Rapport de Master 2: Université de la Rochelle: 48pp.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Créocéan; 2012: NATURA 2000 en mer : Lot 2 pertuis charentais et estuaire de la Gironde : inventaires biologiques et analyse écologique des habitats marins - Phase 2 : Rapport d'étude: 418pp.
- Dauvin J.C., Bachelet G., Barille A-L, Blanchet H, de Montaudouin X., Lavesque N., Ruellet T., 2008. Benthic indicators and index approaches in the three main estuaries along the French Atlantic coast (Seine, Loire and Gironde). *Marine ecology* 30: 228-240.
- Dupuis A., Mezine F., 1992. L'estuaire de la Gironde. Bilan des connaissances relatives à la faune et à la flore, aux paysages, à l'occupation du sol - inventaire des contraintes d'environnement Agence de l'eau Bassin Adour Garonne et DIREN Aquitaine. 474pp.
- Feuteun E., 2012: De la mer vers la terre ou de la terre vers la mer ? Contribution du système Pertuis Gironde au fonctionnement du Golfe de Gascogne. In Actes du colloque scientifique De la terre à la mer, de la Gironde aux Pertuis : état des connaissances du système marin 28-29 octobre 2010 - Royan: 122pp.
- GINGER, 2010: Évaluation de la qualité des sédiments et des peuplements benthiques au niveau des zones d'immersion 2.4, 3.1 et 3.2 de l'estuaire de la Gironde. Rapport d'étude pour le Grand Port Maritime de Bordeaux: MM13.A-0018 : 38pp.
- GINGER, 2011: Suivi de l'incidence de la technique de remobilisation des sédiments par injection d'eau - Essai 2011. Rapport final. Rapport d'étude pour le Port Autonome de Bordeaux : 151 pp.
- Gouillieux B., Bachelet G., de Montaudouin X., Blanchet H., Grémare A., Lavesque N., Ruellet T., Dauvin J.-C., Sauriau P.-G., Desroy N., Olivier F., Nebout T., Grall J., Barillé A.-L., Hacquebart P., Meirland A., Jourde J., Labrune C., Amouroux J.-M., Derolez V., Pelaprat C. & Thorin S., 2009. Proposition d'un indicateur benthique pour la qualification des masses d'eaux de transition pour la directive cadre sur l'eau: 113p.
- Hermand R., 2008: Réponse d'une communauté macrobenthique à des apports sédimentaires allochtones, naturels ou anthropiques. Thèse de Doctorat, Université Aix-Marseille II. 238pp.
- Le Loc'h F., 2004: Structure, fonctionnement, évolution des communautés benthiques des fonds meubles exploités du plateau continental Nord Gascogne. Thèse de Doctorat, Université de Bretagne Occidentale: 379 pp.
- Lobry J., 2004: Quel référentiel de fonctionnement pour les écosystèmes estuariens? Le cas des cortèges de poissons fréquentant l'estuaire de Gironde. Thèse de doctorat - Université Bordeaux I:
- Newell, R.C., Seiderer, L.J. and Hitchcock, D.R., 1998. The impact of dredging works in coastal waters: a review of the sensitivity to disturbance and subsequent recovery of biological resources on the sea bed. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 36: 127-178
- Pearson, T.H. and Rosenberg, R., 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology: an Annual Review*, 16: 229-231.
- Quintin Jean-Yves, Sottolichio Aldo, Derriennic Herve, Schmidt Sabine, Mallet Céline, Agion Tony, Sautour Benoit, Parra René, Dindinaud François, Bachelet Guy, Leconte Michel (2014). Surveillance Écologique du site du Blayais - année 2013. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00242/35306/>.
- Ruellet T., Bachelet G., Barillé A.L, Dauvin J.C., Desroy N., Ducrotoy J.P., 2009. Le macrobenthos en zone oligohaline dans les grands estuaires de la façade Manche-Atlantique. Rapport du groupe « bio- benthos » de l'axe 1 du projet BEEST: 49pp.
- Selleslagh J., Blanchet H., Bachelet G., Lobry J., 2015. Feeding habitats, connectivity and origin of organic matter supporting fish populations in an estuary with a reduced intertidal area assessed by stable isotope analysis. *Estuaries and Coasts*: in press: DOI 10.1007/s12237-014-9911-5.
- Selleslagh J., Lobry J., N'Zigou A. R., Bachelet G, Blanchet H., Chaalali A., Sautour B., Boët P, 2012. Seasonal succession of estuarine fish, shrimps, macrozoobenthos and plankton: Physico-chemical and trophic influence. The Gironde estuary as a case study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*: 112: 243-254.
- Sorbe J-C, 1981: La macrofaune vagile de l'estuaire de la Gironde - Distribution et migration des espèces - Modes de reproduction, Régimes alimentaires. *Océanis* 6(6): 579-592.
- SMIDDEST 2007 : Schéma d'aménagement et de gestion des eaux "Estuaire de la Gironde et milieux associés" Phase 1, état des lieux- Septembre 2007. Rapport 227pp.
- Sottolichio A., H. Derriennic, S. Schmidt (2014). – Résultats des mesures in situ. In : Quintin J.Y. et al. (2014) - Surveillance écologique du site du Blayais, année 2013. Rapp. IFREMER RST DYNECO/AG/14-02, mars 2014, pp. 39-105
- Van der Wal D., Herman P. M. J., Forster R. M., Ysebaert T., Rossi F., Knaeps E., Plancke Y. M. G., Ides S. J., 2008: Distribution and dynamics of intertidal macrobenthos predicted from remote sensing: response to microphytobenthos and environment. *Marine Ecology Progress Series*, 367: 57-72

Ysebaert T., Meire P., MAs D., Buys J., 1993: The benthic Macrofauna along the estuarine gradient of the schedule estuary. *Netherlands Journal of aquatic ecology* 27(2-4): 327-341.

Thématique Ressource halieutique

Acolas, M. L., G. Castelnaud, M. Lepage and E. Rochard., 2011. Biological Cycles and Migrations of *Acipenser sturio*. In *Biology and Conservation of the European Sturgeon Acipenser sturio L. 1758*, eds. Williot, P., E. Rochard, N. Desse-Berset, F. Kirschbaum & J. Gessner, 147-152. Springer Berlin Heidelberg.

Allen, G. P., 1972. Etude des processus sédimentaires dans l'estuaire de la Gironde. Thèse de Doctorat. Université de Bordeaux I. Sciences Naturelles, Bordeaux: 314 pp.

Attrill, M. J. and M. Power., 2004. Partitioning of temperature resources amongst an estuarine fish assemblage. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 61 (4): 725-738.

Auger, C. et Verrel, J. L., 1998. Les estuaires français : évolution naturelle et artificielle, Ifremer Publication, 366 pp.

Bachelet, G., 1979. Les peuplements macrobenthiques de l'estuaire de la Gironde: évolution annuelle des paramètres démographiques. *Journal de la Recherche Océanographique*. 4 (1): 3-13.

Bilkovic, D.M., 2011. Response of Tidal Creek Fish Communities to Dredging and Coastal Development Pressures in a Shallow-Water Estuary. *Estuaries and Coasts*. 34 (1): 129-147.

Blaber, S. J. M. and T. G. Blaber., 1980. Factors affecting the distribution of juvenile estuarine and inshore fish. *Journal of Fish Biology*, 17 (2): 143-162.

Béguer, M., J. Martin, P. Chevassu, M. Girardin and P. Boët., 2007. Recent Invasion of European estuaries by the Asian shrimp *Palaemon macrodactylus*: the case of the Gironde (France). 15th International Conference on Aquatic Invasive Species, Nijmegen, Netherland. pp.

Broad, T. L., Townsend, C. R., Closs, G. P. et Jellyman, D. J., 2001. Microhabitat use by longfin eels in New Zealand streams with contrasting riparian vegetation. *Journal of Fish Biology* 59 (5): 1385-1400.

Brosse, L., 2003. Caractérisation des habitats des juvéniles d'esturgeon européen, *Acipenser sturio*, dans l'estuaire de la Gironde : Relations trophiques, hiérarchisation et vulnérabilité des habitats. Thèse de Doctorat, Université de Toulouse III, Toulouse

Burgeot T., Minier, C., Bocquéné, G., Vincent, D., Cachot, J., Loiseau, V., Jouen, A., Lesueur, P., Miramand, P., Guyot, T., Rochard, E. & Boet, P (1999). Des organismes sous stress. Collection 15 fascicules du Programme Seine Aval. Eds IFREMER, 39p

Chaalali, A., X. Chevillot, G. Beaugrand, V. David, C. Luczak, P. Boët, A. Sottolichio and B. Sautour., 2013. Changes in the distribution of copepods in the Gironde estuary: A warming and marinisation consequence? *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

Coiratou C., 2013 Ecologie et stratégie alimentaire des poissons dans différents habitats de l'estuaire de la Gironde. Rapport de stage de Master 2, Univ. La Rochelle, 48 p

Courrat, A., Lobry, J., Nicolas, D., Laffargue, P., Amara, R., Lepage, M., Girardin, M., Lepape, O., 2009. Anthropogenic disturbance on nursery function of estuarine areas for marine species. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 81 (2) 179-190

David, V., B. Sautour, P. Chardy and M. Leconte., 2005. Long-term changes of the zooplankton variability in a turbid environment: The Gironde estuary (France). *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 64 (2-3): 171-184.

Dauvin, J. C. and N. Desroy. 2005. The food web in the lower part of the Seine estuary: A synthesis of existing knowledge. *Hydrobiologia*, 540 (1-3): 13-27.

Dauvin, J.-C., G. Bellan and D. Bellan-Santini., 2010. Benthic indicators: From subjectivity to objectivity – Where is the line? *Marine Pollution Bulletin*, 60 (7): 947-953.

Delpech, C., M. Girardin, M. Lepage and P. Boët., 2014. Long-term changes within the small fish and shrimp communities of the Gironde estuary (France): Global change and hydro-climatic factors. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*.

Elie, P. et Marchand, J., 1983. Contribution à l'étude des ressources benthico-démersales de l'estuaire de la Loire : biologie et écologie des principales espèces CSEEL/Ministère de l'Environnement/Ministère de la Mer, Nantes.

Elliott, M. and F. Dewailly., 1995. The structure and components of European estuarine fish assemblages. *Netherlands Journal of Aquatic Ecology*, 29 (3-4): 397-417.

- Freedman, J. A., R. F. Carline & J. R. Stauffer Jr., 2013. Gravel dredging alters diversity and structure of riverine fish assemblages. *Freshwater Biology* 58: 261–274.
- Gibson, R. N., 1994. Impact of Habitat Quality and Quantity on the Recruitment of Juvenile Flatfishes. *Netherlands Journal of Sea Research* 32 (2): 191-206.
- Girardin M., Sautour B., Brosse L., Sorbe J.C. et Rochard E., 2001. Etude de la faune présente sur les sites de dragage et d'immersion des déblais dragués dans l'estuaire de la Gironde. Cemagref Groupement de Bordeaux Etude n° 70, Université de Bordeaux I Laboratoire d'Océanographie Biologique, pour le port autonome de Bordeaux. 53 p.
- Girardin, M., Castelnaud, G., & Beaulaton, L., 2005. Surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde - Suivi des captures 2000 - Etude de la faune circulante 2001, Rep. No. 74. Cemagref, Bordeaux.
- Girardin M. & Castelnaud G., 2013. Surveillance halieutique de l'estuaire de la Gironde - Suivi des captures 2012 - Étude de la faune circulante 2012. Rapport pour EDF CNPE du Blayais, Irstea, groupement de Bordeaux, Cestas. Étude n° 152, 256 p..
- Greenberg, L., Steinwall, T. et Persson, H., 2001. Effect of depth and substrate on use of stream pools by brown trout. *Transactions of the American Fisheries Society* 130 (4): 699-705.
- Grossman, G. D., Ratajczak, R. E., Crawford, M. et Freeman, M. C., 1998. Assemblage organization in stream fishes: Effects of environmental variation and interspecific interactions. *Ecological Monographs* 68 (3): 395-420.
- Hayes, D. B., Ferreri, C. P. et Taylor, W. W., 1996. Linking fish habitat to their population dynamics. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 383-390
- Heggenes, J., Baglinière, J. L. et Cunjak, R., 1995. Note de synthèse sur la sélection de niche spatiale et la compétition chez le jeune saumon atlantique (*Salmo salar*) et la truite commune (*Salmo trutta*) en milieu lotique. Colloque Habitat-poissons, Lyon, Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture.
- Hudson, P. L., Griffiths, R. W. et Wheaton, T. J., 1992. Review of habitat classification schemes appropriate to streams, rivers and connecting channels in the Great Lakes drainage basin. The development of an aquatic habitat classification system for lakes. W. D. N. Busch et P. G. Sly. Ann Arbor, Mich., CNRC Press: 73-107.
- Humphries, P. et Potter, I. C., 1993. Relationship between the Habitat and Diet of 3 Species of Atherinids and 3 Species of Gobies in a Temperate Australian Estuary. *Marine Biology* 116 (2): 193-204.
- Kapsimalis, V., Tastet, J.-P. et Massé, L., 2000. Morphology of macrotidal estuaries: the example of the Gironde (SW France). 6th Hellenic Symposium of Oceanography and Fishery, Chios.
- Kotliar, N. B. et Wiens, J. A., 1990. Multiples scales of patchiness and patch structure: a hierarchical framework for the study of heterogeneity. *Oikos* 59: 253-260.
- Lamouroux, N., Capra, H., Pouilly, M. et Souchon, Y., 1999. Fish habitat preferences in large streams of southern France. *Freshwater Biology* 42: 673-687.
- Lamouroux, N., Olivier, J.-M., Persat, H., Pouilly, M., Souchon, Y. et Statzner, B. (1999b). "Predicting community characteristics from habitat conditions: Fluvial fish and hydraulics." *Freshwater Biology* 42 (2): 275-299.
- Langton, R. W., Steneck, R. S., Gotceitas, V., Juanes, F. et Lawton, P. (1996). "The interface between fisheries research and habitat management." *North American Journal of Fisheries Management* 16 (1): 1-7.
- Latouche, C. et Jouanneau, J. M. (1994). Etude de la dynamique de l'eau et des sédiments. Livre blanc de l'Estuaire de la Gironde. IFREMER et Agence de l'eau Adour-Garonne: 8-21.
- Leftwich, K. N., Angermeier, P. L. et Dolloff, C. A. (1997). "Factors influencing behavior and transferability of habitat models for a benthic stream fish." *Transactions of the American Fisheries Society* 126 (5): 725-734.
- Le Pape, O. Modéran, J. Beaunée, G; Riera, P. Nicolas, D. Savoye, N. Harmelin-Vivien, M. Darnaude, A.M. Brind'Amour, A. Le Bris, H. Cabral, H. Vinagre, C. Pasquaud, S. França, S. et Kostecky, C. (2013). Sources of organic matter for flatfish juveniles in coastal and estuarine nursery grounds: A meta-analysis for the common sole (*Solea solea*) in contrasted systems of Western Europe, *Journal of Sea Research*. 75: 85-95
- Lobry, J., Mourand, L., Rochard, R. et Elie, P. (2003). "Structure of the Gironde estuarine fish assemblages: a European estuaries comparison perspective." *Aquatic Living Resources* 16 (2): 47-58.
- Lobry, J. 2004. Quel référentiel de fonctionnement pour les écosystèmes estuariens ? Le cas des cortèges de poissons fréquentant l'estuaire de la Gironde. Thèse de Doctorat, Université de Bordeaux I, Bordeaux, 230 pp.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

- Lobry, J., M. Lepage and M. Girardin. 2006. L'échantillonnage de la diversité piscicole en estuaires : stratégies et représentativité dans le contexte de la Directive cadre européenne sur l'eau. *Ingénieries - EAT*, 45: 3-14.
- Lobry, J., V. David, S. Pasquaud, M. Lepage, B. Sautour and E. Rochard. 2008. Diversity and stability of an estuarine trophic network. *Marine Ecology Progress Series*, 358: 13-25.
- Lochet, A. 2006. Dévalaison des juvéniles et tactiques gagnantes chez la grande alose *Alosa alosa* et l'alose feinte *Alosa fallax*: apports de la microchimie et de la microstructure des otolithes Thèse de Doctorat, Université Bordeaux I - Cemagref Bordeaux. Bordeaux, 220 p.
- Mallet, J. P., Lamouroux, N., Sagnes, P. et Persat, H. (2000). "Habitat preference of European grayling in a medium size stream, the Ain river, France." *Journal of Fish Biology* 56: 1312-1326.
- Mc Dowall, R.M. (1988) *Diadromy in fishes, migrations between freshwater and marine environments* Croom Helm Publ., London.
- McLusky, D. J. 1989. *The Estuarine Ecosystem*. Glasgow-London: Blackie.
- McLusky, D. S. and M. Elliott. 2006. *The Estuarine Ecosystem - ecology, threats and management*. Oxford University Press.
- Morin J., Gilliers C., Schreiber N., Le Pape O., Amara R., Schlaich I., Cochard M.L., Bergeron J.P., 2001. Rôle de la qualité du milieu sur la fonctionnalité des habitats côtiers en tant que nourriceries de poissons. Etat d'avancement des travaux du programme coordonnée Avril 2001 de recherche sur l'estuaire de Seine (Thème IV). Rapport. 47 p.
- Niquil N, Baeta A, Marques JC, Chaalali A, Lobry J, Patricio J., 2014. Reaction of an estuarine food web to disturbance: Lindeman's perspective. *Mar Ecol Prog Ser* 512:141-154
- Odum, E. P. (1971). *Fundamentals of ecology*, W.B. Saunders Compagny,, Philadelphia, PA, 544 pp.
- Pasquaud S., 2006. Les relations trophiques : éléments de structuration des peuplements ichtyologiques en milieu estuarien - Application à l'estuaire de la Gironde. Thèse de doctorat, Université de Bordeaux 1
- Peters, D. S. et Cross, F. A. (1992). What is Coastal Fish habitat ? Stemming the tide of coastal fish habitat loss. R. H. Stroud. Savannah, GA, National Coalition for Marine Conservation. 14: 17-22.
- Pihl, L., Cattrijsse, A., Codling, I., Mathieson, S., McLusky, D.S., & Roberts, C. (2002). Habitat use by fishes in estuaries and other brackish areas. In *Fishes in estuary* (eds M. Elliott & K.L. Hemingway), pp. 10-53. Blackwell Science Ltd, London.
- Poff, N. L. et Ward, J. V. (1990). "Physical habitat template of lotic systems: recovery in the context of historical pattern of spatiotemporal heterogeneity." *Environmental Management* 14 (5): 629-645.
- Pouilly, M. et Souchon, Y. (1995). "Microhabitat methodology: Validation and perspectives." *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*(337-9): 329-336.
- Pouilly, M., Valentin, S., Capra, H., Ginot, V. et Souchon, Y. (1995). "Microhabitat Methodology - Principles and Procedures." *Bulletin Francais De La Peche Et De La Pisciculture*(336): 41-54.
- Rimond, F. et Lechêne A. (2014). Intérêt des zones intertidales et rivulaires de la Gironde comme habitats des poissons et des macrocrustacés. Importance pour l'accueil des juvéniles et potentiel de restauration par dépoldérisation. Rapport d'avancement pour l'année 2013 du 28/02/2014. IRSTEA / ONEMA. Programmation 2013 – Thème Préservation, restauration et réhabilitation des milieux aquatiques – Action 17. 34 pages.
- Rochard, E., Lepage, M., Dumont, P., Tremblay, S., & Gazeau, C. (2001) Downstream migration of juvenile European sturgeon *Acipenser sturio* L. in the Gironde estuary. *Estuaries*, 24, 108-115.
- Romaña, L.A. (1994) Les grands estuaires français. *Equinoxe, 47-48.
- Rosenzweig, M. L. (1991). "Habitat Selection and Population Interactions - the Search for Mechanism." *American Naturalist* 137: S5-S28.
- Ross, R. M. et Backman, T. W. (1992). "Larval American shad: effects of age and group size on swimming and feeding behavior." *Transactions of the American Fisheries Society* 121: 508-516.
- Ryder, R. A. et Kerr, S. R. (1989). Environmental priorities : placing habitat in hierarchic perspectives. National Workshop on Effects of Habitat Alteration on Salmonids Stocks, Can. Spec.
- Samedy, V. 2013. Suivi des peuplements ichtyologiques en milieu estuarien par approche acoustique : application a l'estuaire de la Gironde. Thèse, Université Sciences et Technologies - Bordeaux I.

Dragage d'entretien du chenal de navigation, des ouvrages portuaires et de leurs accès et Gestion des sédiments dragués

Autorisation environnementale

Pièce 4: étude d'impact sur l'Environnement

Selleslagh, J., Lobry, J., Amara, R., Brylinski, J.M., Boët, P., 2012. Trophic functioning of coastal ecosystems along an anthropogenic pressure gradient: A French case study with emphasis on a small and low impacted estuary. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 112 (2012) 73 – 85.

Selleslagh, J., Lobry, J., N'Zigou, A.R., Bachelet, G., Blanchet, H., Chaalali, A., Sautour, B., Boët, P., 2012. Seasonal succession of estuarine fish, shrimps, macrozoobenthos and plankton: Physico-chemical and trophic influence. The Gironde estuary as a case study. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 112 (2012) 243 – 254

Sorbe, J. C. (1981). "La macrofaune vagile de l'estuaire de la Gironde. Distribution et migration des espèces. Mode de reproduction, régime alimentaire." *Oceanis* 6 (6): 579-592.

Sottolichio, A. (1999). Modélisation de la dynamique des structures turbides (bouchon vaseux et crème de vase) dans l'estuaire de la Gironde. Thèse de doctorat. Université de Bordeaux I: 184 pp.

Sottolichio, A. et Castaing, P. (1999). "A synthesis on seasonal dynamics of highly-concentrated structures in the Gironde estuary." *Comptes Rendus De L Academie Des Sciences Serie II Fascicule a- Sciences De La Terre Et Des Planetes* 329 (11): 795-800.

Southwood, T. R. E. (1977b). "Habitat, the templet for ecological strategies." *Journal of Animal Ecology* 46: 337-365.

Townsend, C. R. (1989). "The patch dynamics concept of stream community ecology." *Journal of North American Benthological Society* 8 (1): 36-50.

Townsend, C. R. et Hildrew, A. G. (1994). "Species Traits in Relation to a Habitat Templet for River Systems." *Freshwater Biology* 31 (3): 265-275.

Trimoreau, E. Archambault, B; Brind'Amour, A. Lepage, M. Guitton, J et Le Pape, O. (2013). A quantitative estimate of the function of soft-bottom sheltered coastal areas as essential flatfish nursery habitat. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 133: 193-205.

Thématique Usage

Aglia, 2010. *Cartographie des activités de pêche des navires aquitains dans la zone d'étude du Parc Naturel Marin de l'estuaire de la Gironde et des Pertuis charentais*.

Baudrimont M., Gourves P-Y., Chelini A., Legeay A., Maury-Brachet R., 2014. *Potentialités de développement d'une activité ostréicole dans les Marais du Nord-Médoc*.

Bureau de l'analyse économique des transports fluviaux et maritimes et des ports, 2013. *Bilan annuel des ports et des voies navigables. Résultats 2012*. Rapport de Juin 2013.

Castelnaud G., Cauvin G., 2002. *Caractéristiques des petites pêches côtières et estuariennes de la côte atlantique du sud de l'Europe*. Site atelier de la Gironde. Contrat PECOSUDE.

Commission Locale d'Information Nucléaire, 2013. *La gestion de l'eau par la centrale nucléaire du Blayais*. Compte-rendu de la réunion du 24 octobre 2013.

IFREMER, 2014. *Surveillance écologique du site du Blayais*. Rapport scientifique, année 2013.

Laurent J., Daverne M., Lemelle F., Ricco J., 1983. *Conception, réalisation et dévasage des ouvrages de prise et de rejet d'eau de refroidissement de la centrale du Blayais*. La Houille Blanche. N°3. 4-1983.

Port Autonome de Bordeaux. *Demande d'autorisation pour l'entretien du chenal et des ouvrages portuaires et pour l'amélioration du chenal*. Octobre 2002.

Préfecture de la région Aquitaine. *Conclusion et avis de la Commission d'enquête*. Enquête publique relative à l'extraction de granulats marins sur le gisement du Matelier situé à l'embouchure de la Gironde. 17 décembre 2014.

SMEGREG, 2010. *SAGE Nappes profondes de Gironde*. Etat des lieux des ressources – diagnostic.

Sogreah/Creocean, 2003. *Concession du Platin de Grave. Demande d'ouverture de travaux. Etude d'impact*. Pour le compte de la Société Granulats Ouest.

Schéma d'aménagement et de gestion des eaux « Estuaire de la Gironde et milieux associés »