



Réalisation d'une plateforme de réparation pour méga-yachts de 4 000 tonnes sur les chantiers navals de La Ciotat

Annexe Etude d'impact

Document de synthèse Gestion déblais/Remblais terrestres et maritimes

Date : 8 Avril 2019

Auteur : Magali COLLOMP

TABLE DES MATIERES

1	Opérations de déblais/remblais à terre	5
1.1	Rappel travaux prévus	5
1.1.1	Déviations du canal de la Bucelle :	5
1.1.2	Travaux préalables aux terrassements de démolitions/nettoyage et évacuations :	5
1.1.3	Terrassements pour la plateforme 4000t, les parkings et le port à sec :	6
1.1.3.1	<i>Travaux de déblais</i>	6
1.1.3.2	<i>Travaux de remblais</i> :	7
1.2	Données sols au droit du site	8
1.2.1	Zone futur Port Sec :	9
1.2.2	Zone future Plateforme 4000t :	11
1.3	Modes opératoires et mesures de gestion	13
1.3.1	Phasage et filières de gestion des matériaux excavés.....	13
1.3.2	Mesures de gestion et protection de l'environnement en phase chantier.....	14
1.3.2.1	<i>Mesures générales</i>	14
1.3.2.2	<i>Tri des matériaux et vérification et traçabilité fonds et flancs de fouille</i>	14
1.3.2.3	<i>Aires de stockage temporaire</i>	15
1.3.2.4	<i>Traçabilité des matériaux</i>	15
1.3.3	Mesures de gestion et protection des travailleurs en phase chantier.....	16
1.3.4	Mesures de gestion et protection en phase exploitation et analyse des risques résiduels	16
1.3.4.1	<i>Schéma conceptuel actualisé</i>	16
1.3.4.2	<i>Sources</i>	17
1.3.4.3	<i>Voies d'exposition</i>	17
1.3.4.4	<i>Cibles</i>	18
1.3.4.5	<i>Synthèse</i>	18
1.4	Synthèse mesures d'Evitement, Réduction et Compensation, et mesures de Suivi	18
2	Opérations de dragage/déroctage en milieu maritime	20
2.1	Rappel travaux prévus	20
2.2	Qualité des sédiments marins	21
2.3	Modes opératoires et mesures de gestion	26
2.3.1	Modalités d'extraction et filières de gestion des matériaux.....	26
2.3.1.1	<i>Travaux de dragage</i>	26
2.3.1.2	<i>Travaux de déroctage</i>	26

2.3.1.3	<i>Evacuation et filières de gestion</i>	26
2.3.2	Mesures de gestion et protection de l'environnement en phase chantier.....	26
2.3.2.1	<i>Outil de dragage</i>	27
2.3.2.2	<i>Mesures de protection autour de la zone de travaux.....</i>	27
2.3.2.3	<i>Synthèse et efficacité des mesures en phase chantier</i>	29
2.3.2.4	<i>Mesures de gestion et protection en phase exploitation et analyse des risques résiduels</i>	30
3	Synthèse balance globale des matériaux et filières de gestion.....	31
3.1	Bilan déblais	31
3.2	Bilan évacuation après optimisation déblais/remblais et réutilisation	31
3.3	Impact sur trafic routier des évacuations.....	32

Le présent document synthétise les opérations de déblais/remblais nécessaires en zones terrestres et maritimes et les modalités de gestion envisagées afin de permettre la prise en compte d'une part des caractéristiques géotechniques des matériaux et d'autre part des contaminations constatées lors des diagnostics environnement réalisés. Il permet ainsi de définir le protocole de gestion des matériaux.

Le présent rapport se base notamment sur les documents suivants :

Rapport GEOTEC, « 17.05802.MARSE LA CIOTAT indice E - Chantiers Navals G1 Terre-Plein Nord Ascenseur à bateaux », Etude Géotechnique Préalable - Phase Principes Généraux de Construction (G1PGC) 17/05802/MARSE, du 26/10/2018.

Rapport GEOTEC, « 17-05802-01 LA CIOTAT Analyse Sédiments », Prélèvements et analyses - Réparation et transformation des quais existants et création de nouveaux quais sur le Port Vieux et les Chantiers Navals, 17/05802/MARSE/0, du 13/04/2018.

Rapport GINGER ENVIRONNEMENT, Client MARSEILLE PROVENCE METROPOLE, Réhabilitation des anciens Chantiers Navals La Ciotat – secteur Sous-traitance, Diagnostic initial de pollution des sols et des eaux souterraines, Dossier DSP1A.0262, Rapport : 01 Contrat DSP1A.0906 du 07/07/2010, Rapport Indice 1 du 30/09/2010 – noté version provisoire.

Rapport RAMBOLL, Caractérisation des matériaux en place – Zone du futur Port à sec, Rapport FRSMDCI001 v2 du 19/06/2018.

Rapport Morancy Conseil Environnement, Diagnostic écologique des fonds marins, qualité des sédiments et des biocénoses marines, Octobre 2018.

CEREG et Sous-traitants, Expertise milieu marin au droit du môle Bérouard, Décembre 2018.

Document CISMA Environnement, Note technique sur les travaux de dragage et de déroctage, Projet de plateforme de réparation pour megayachts sur le chantier naval La Ciotat Shipyards, Référence 2019S1, v1.0 du 28/03/2019.

1 Opérations de déblais/remblais à terre

1.1 Rappel travaux prévus

Comme décrit dans la Pièce 1 du présent dossier, les opérations de déblais/remblais à terre seront constitués des opérations principales suivantes :

1.1.1 Déviation du canal de la Bucelle :

Comme indiqué dans le descriptif du projet, ces travaux vont nécessiter des travaux de déblais dans le secteur du futur Port à Sec pour la mise en place des nouveaux cadres (deux cadres en parallèle de pente 3 mm/m et de dimension 2.00 m x 2.00 m) et des ouvrages de déviation et de jonction.

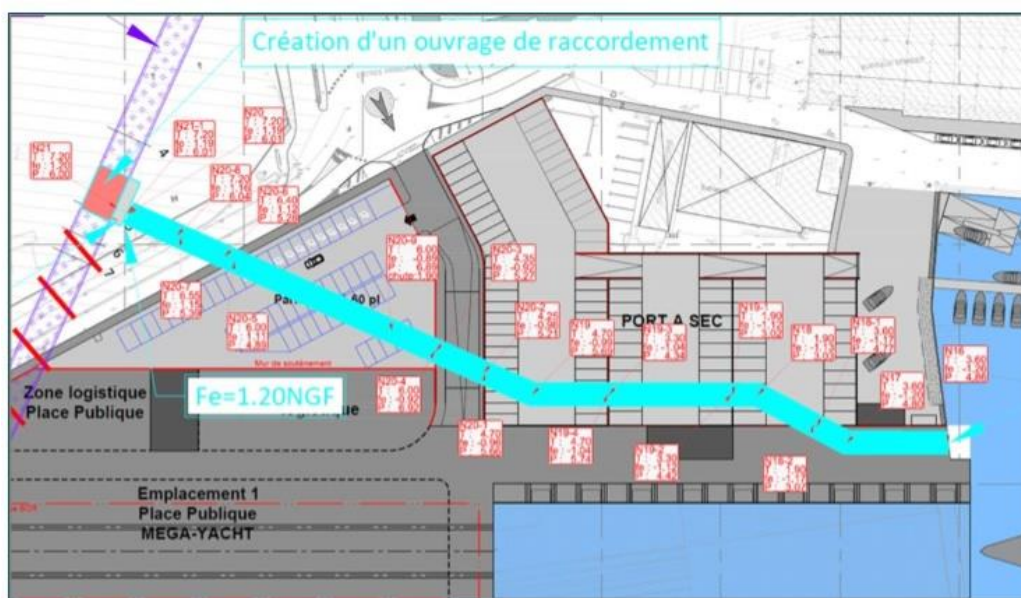


Figure 1 : Détail du projet de dévoiement du canal de la Bucelle

1.1.2 Travaux préalables aux terrassements de démolitions/nettoyage et évacuations :

La réalisation des travaux de la plateforme 4000t nécessitent la démolition des ouvrages existant dans l'emprise du projet (cale 1, ateliers, dalles, ouvrages et structures divers - estimation de 17 800 m3 de béton à démolir). Ces matériaux seront concassés et réutilisés sur site.

1.1.3 Terrassements pour la plateforme 4000t, les parkings et le port à sec :

1.1.3.1 Travaux de déblais

Ils concernent pour une grande partie des matériaux de type remblais mais aussi sur certains secteurs des terrassements du substratum rocheux :

- Pour la plateforme 4000 t elle-même, les terrassements seront réalisés jusqu'à la cote +1,70 NGF pour permettre ensuite la mise en place de la structure de 1,8 m d'épaisseur. Selon les secteurs ces opérations ne concerneront donc que des remblais ou également partiellement le substratum (voir figure ci-après).

Par ailleurs, certaines zones, comme les parkings à créer, nécessiteront seulement un décapage pour installer les couches d'assise minimum.

Au total les volumes pour ces travaux représenteront environ :

- Déblais grande masse : 70 000 m³
- Déblais rocheux (déroctage) : 500 m³
- Remblais : 11000 m³

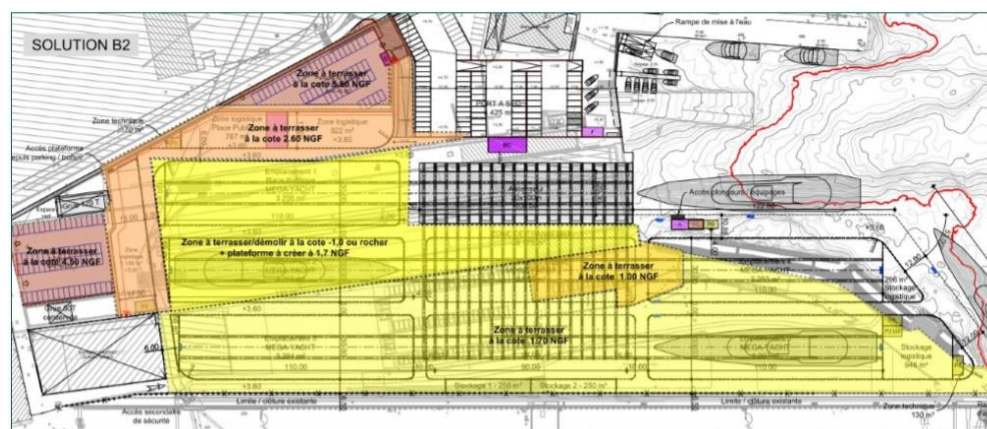
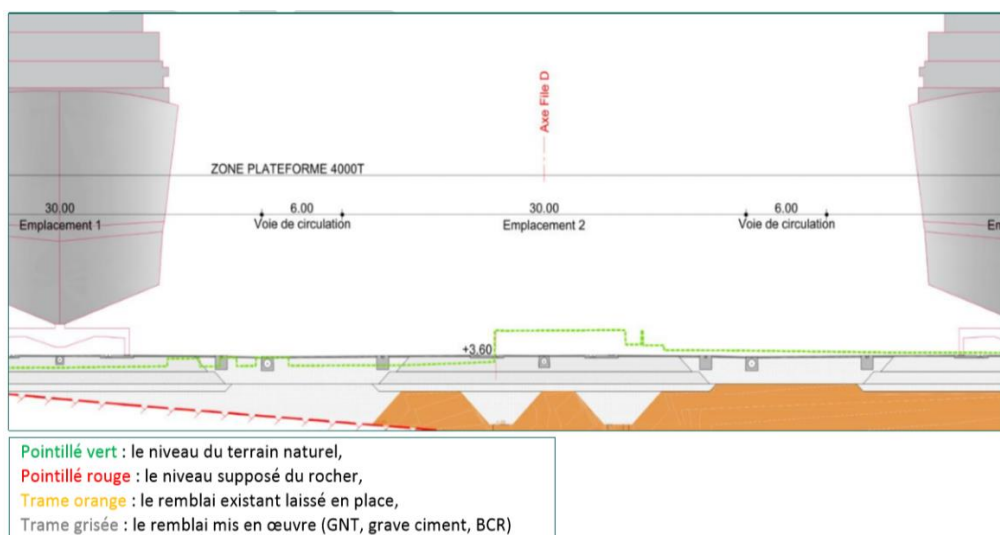


Figure 2 : Extrait profil en travers de la plateforme (source plan AVP-TEF-115-C) et localisation des terrassements de la plateforme

- Pour l'ascenseur à bateau, afin d'obtenir le tirant d'eau nécessaire, des travaux de déblais en zone terrestre seront réalisés, ils seront essentiellement réalisés par déroctage au droit de l'emprise de la cale 1 actuelle (voir figure ci-après). Ces travaux de déroctage seront réalisés soit par minage depuis une plateforme de remblai à mettre en œuvre dans la calle 1, soit au brise roche hydraulique (BRH) après un pré-découpage périphérique par carottage.

Le terrassement de l'ascenseur représente un volume de

- Déblais grande masse : 400 m³
- Déblais rocheux (déroctage) : 31 000 m³

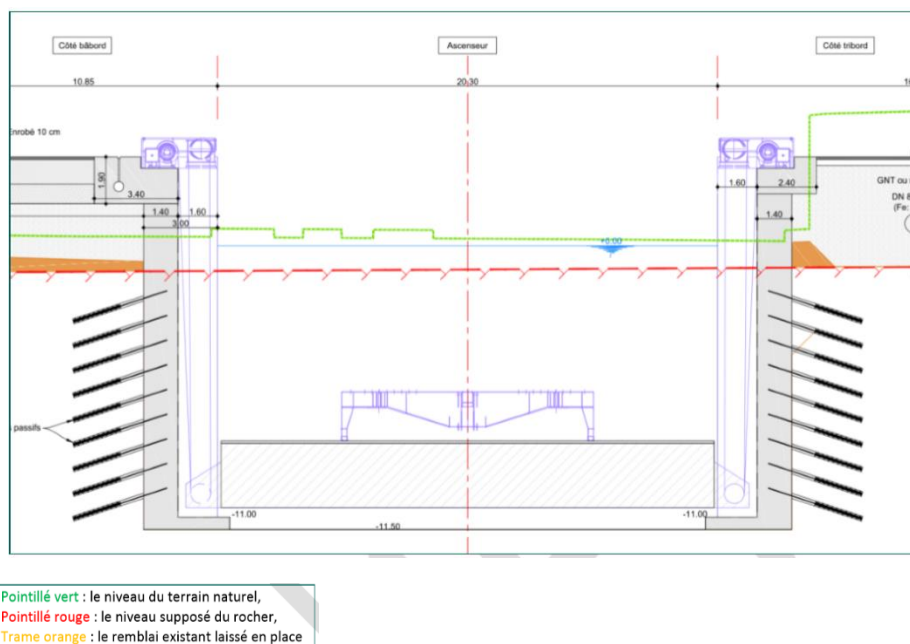


Figure 3 : Coupes transversales de l'ascenseur (source plan AVP-TEF-133-C)

- La zone Port à sec nécessite également des travaux de terrassement avec notamment environ 3 900 m³ de déblais (en plus de ceux pour les cadres de déviation du canal). Les travaux seront réalisés dans la même phase que les travaux de dévoiement du canal de la Bucelle.

1.1.3.2 Travaux de remblais :

Dans la zone de la plateforme 4000 t, la structure devra permettre l'accueil des navires et leurs déplacements, il est ainsi prévu la structure suivante :

- Renforcement de sol en place après déblais par compactage dynamique. Cette technique est appliquée uniquement au droit des remblais en place de la plateforme, la surface à traiter est d'environ 22 300 m²
- Dalle en BCR (béton compacté au rouleau) d'épaisseur 1 m environ reposant sur un sol traité (grave ciment sur 0,8 m d'épaisseur ou remblai homogénéisé par compactage dynamique selon les secteurs). Les principales quantités sont les suivantes :
 - Béton compacté au rouleau : 21 200 m³
 - Assise en grave ciment : 18 600 m³

En dehors des zones de stationnement des navires, seront mises en place des chaussées lourdes. Les remblais correspondants représentent environ 27 00 m³.

Pour la zone Port sec, les remblais représentent environ 2100 m³.

Par ailleurs, la création des quais par mise en place de caissons remplis nécessitera des volumes de matériaux estimés à environ 45 000 m³.

1.2 Données sols au droit du site

Plusieurs campagnes de reconnaissances des sols ont été réalisées au droit de l'emprise des zones « Plateforme 4000 tonnes » et « future zone Port-Sec » :

- En 2009 et 2010 par la société Ginger Environnement
- En 2018 par la société Geotec,
- En 2018 par la société Ramboll

Le plan de synthèse suivant présente l'implantation de ces différentes investigations (pour la campagne Geotec, seuls les sondages ayant fait l'objet de prélèvements environnementaux sont indiqués en gras) :

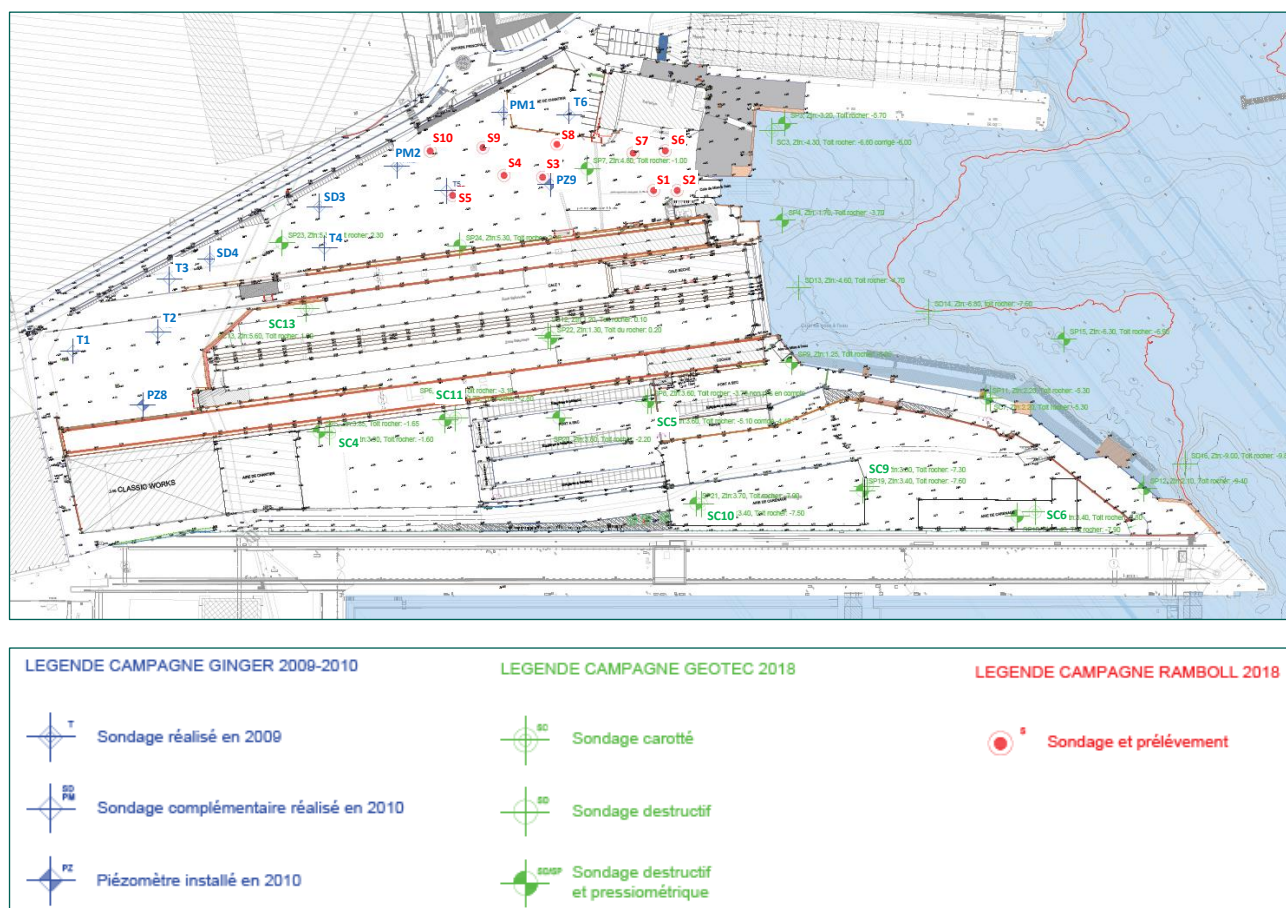


Figure 3 : Implantation des investigations réalisées au droit du projet

Les résultats d'analyses sont comparés aux valeurs seuils suivantes pour interprétation :

- Seuils d'acceptation en ISDI de l'Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées,

- Valeurs définies par l'INRA dans le cadre du programme ASPITET (« sols ordinaires »)
- Valeurs du fond géochimique local défini par GINGER dans le cadre du diagnostic approfondi du site en 2010

1.2.1 Zone futur Port Sec :

Cette zone a fait l'objet d'une densité de sondages et analyses assez importante dans les études Ginger Environnement (2009/2010) et Ramboll (2018).

La zone est actuellement remblayée par divers matériaux, les remblais sont présents sur une épaisseur allant, selon les zones, de 1 à plus de 3 m d'épaisseur.

		RAMBOLL 2018									GINGER 2009/2010														SEUIL ISDI	
		S1/S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	T1.1	T1.2	T1.3	T2.1	T2.2	T3.1	T3.2	T4.1	T5.1	T6.1	T6.2	T6.3	P28.1	P29.1		P29.2
		Zone port sec																								
		Ech moyen 0-0,3 m	Ech moyen 0-0,8 m	Ech moyen 0,2-0,7 m	Ech moyen 0-0,3 m	Ech moyen 0,3-1 m	Ech moyen 0-0,8 m	Ech moyen 0-0,8 m	Ech moyen 0-1 m	Ech moyen 0-0,6 m	Ech moyen 0-1 m	Ech moyen 1-2m	Ech moyen 2-3 m	Ech moyen 0-1 m	Ech moyen 1,4-2,4 m	Ech moyen 0,3-0,8 m	Ech moyen 0,8-1,5 m	Ech moyen 0-1,5 m	Ech moyen 0-0,4 m	Ech moyen 0-1 m	Ech moyen 1-1,6 m	Ech moyen 1,6-1,9 m	Ech moyen 0,05-0,8 m	Ech moyen 0-0,5 m		Ech moyen 0,5-1 m
		Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Grès	Grès	Remblais	Remblais	Limons	Grès	Remblais	Remblais	Grès		
ANALYSES SUR BRUT																										
COT (carbone organique total) (1)	mg/kg	5000	2100	10000	5600	4100	5900	5400	2100	12000																30 000
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	mg/kg	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<0,25	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	<LQ	6
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)	mg/kg	0,55	4,3	5,8	3,6	1,3	1,1	0,22	0,33	1,5	0,11	0,12	0,058	0,33	0,14	0,83	0,001	0,009	0,76	1,6	0,33	0,1	0,63	10	0,56	1
Hydrocarbures (C10 à C40)	mg/kg	250	110	150	200	200	170	45	65	100	35	106	52	24	25	45	24	<20	182	42	38	<20	24	446	63	500
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	mg/kg	0,73	8,1	19	7,6	12	2,9	3,3	4,7	6,4	2,9	4,5	7,5	3	4,1	2,4	<LQ	<LQ	14	4,2	1,7	0,89	8,4	71	9,4	50
ANALYSES SUR LIXIVIATS																										
Arsenic	mg/kg MS	<0,05	0,05	0,11	<0,05	0,09	0,05	<0,05	<0,05	0,06																0,5
Baryum	mg/kg MS	<0,05	0,33	0,26	0,12	0,2	0,15	0,1	0,15	0,27																20
Cadmium	mg/kg MS	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004	<0,004																0,04
Chrome total	mg/kg MS	0,31	0,14	0,11	0,15	0,027	0,03	0,028	0,092	0,099																0,5
Cuivre	mg/kg MS	0,056	<0,05	0,11	0,13	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05																2
Mercurure	mg/kg MS	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	<0,0005	0,001	<0,0005																0,01
Molybdène	mg/kg MS	<0,05	<0,05	0,054	<0,05	0,071	<0,05	<0,05	<0,05	<0,05																0,5
Nickel	mg/kg MS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1																0,4
Plomb	mg/kg MS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1																0,5
Antimoine	mg/kg MS	<0,039	<0,039	0,082	0,048	0,11	0,39	0,82	0,1	0,093																0,06
Sélénium	mg/kg MS	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039	<0,039																0,1
Zinc	mg/kg MS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2																4
Chlorures (1)	mg/kg MS	35	94	48	120	100	<10	12	16	26																800
Fluorures	mg/kg MS	4,1	15	22	4,7	15	<2	2,7	3,7	9																10
Sulfates (1) (2)	mg/kg MS	70,5	215	208	455	316	42,1	111	280	191																1 000
Indice phénols	mg/kg MS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1																1
COT (carbone organique total) sur éluat (3)	mg/kg MS	19	11	21	22	15	11	13	11	13																500
FS (fraction soluble) (1)	mg/kg MS	<500	<500	<500	1920	979	721	<500	959	<500																4 000

Tableau 1 : Résultats analyses sondages Ginger 2009/2010 et Ramboll 2018 – seuils ISDI

ANALYSES SUR BRUT		GINGER 2009/2010															Sols ordinaires ASPITET	Sols ordinaires ASPITET	Fond géochimique local GINGER 2007/2008
		T1.1	T1.2	T1.3	T2.1	T2.2	T3.1	T3.2	T4.1	T5.1	T6.1	T6.2	T6.3	P28.1	P29.1	P29.2			
		Zone port sec																	
		Ech moyen 0-1 m	Ech moyen 1-2m	Ech moyen 2-3 m	Ech moyen 0-1 m	Ech moyen 1,4-2,4 m	Ech moyen 0,3-0,8 m	Ech moyen 0,8-1,5 m	Ech moyen 0-1,5 m	Ech moyen 0-0,4 m	Ech moyen 0-1 m	Ech moyen 1-1,6 m	Ech moyen 1,6-1,9 m	Ech moyen 0,05-0,8 m	Ech moyen 0-0,5 m	Ech moyen 0,5-1 m			
		Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Grès	Grès	Remblais	Remblais	Limons	Grès	Remblais	Remblais	Grès			
		Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Grès	Grès	Remblais	Remblais	Limons	Grès	Remblais	Remblais	Grès			
Arsenic	mg/kg MS	53	16	11	130	56	6,8	3,5	4	67	21	12	6,8	9,4	64	53	25	1 à 25	10
Baryum	mg/kg MS																		
Cadmium	mg/kg MS	0,3	0,24	0,44	<0,5	1,1	0,36	<0,1	<0,1	2,4	0,5	0,21	<0,1	0,14	1,9	0,68	0,45	0,05 à 0,45	
Chrome total	mg/kg MS	18	17	11	43	17	6,9	5,7	6	34	13	15	6,7	9,2	47	44	90	10 à 90	
Cuivre	mg/kg MS	93	60	77	230	220	62	5	4,4	380	110	61	13	72	1100	280	20	2 à 20	25
Mercurure	mg/kg MS	0,44	0,27	0,59	0,31	0,39	0,47	<0,05	<0,05	0,4	0,1	0,08	<0,05	0,96	2,6	1,2	0,1	0,02 à 0,1	
Molybdène	mg/kg MS																		
Nickel	mg/kg MS	27	18	11	76	42	6	6,1	8,2	58	11	9,4	10	10	95	58	60	2 à 60	
Plomb	mg/kg MS	750	100	190	210	150	93	6	5,8	300	300	120	15	100	1100	290	50	9 à 50	35
Antimoine	mg/kg MS																		
Sélénium	mg/kg MS																1,7	0,1 à 1,7	
Zinc	mg/kg MS	420	280	380	540	810	240	19	27	7100	550	200	68	300	6700	810	60	2 à 60	70

Tableau 1 : Résultats analyses sondages Ginger 2009/2010 – métaux sur brut

Les données disponibles mettent en évidence les points suivants :

- Le substratum gréseux présente des concentrations très faibles et largement inférieures aux valeurs seuils considérées ;
- Sur les matériaux bruts, des concentrations en métaux lourds (Arsenic, Cadmium, Cuivre, Plomb, Mercure et Zinc) très souvent supérieures aux valeurs « sols ordinaire » ASPITET et au fond géochimique local défini par Ginger en 2009/2010 sont rencontrées au droit des remblais, les concentrations les plus fortes étant rencontrées en surface (au maximum dans le premier mètre) ;
- Cependant, d'après les analyses après lixiviation ces métaux apparaissent peu mobilisables, seuls l'antimoine et le Molybdène dépassant les seuils ISDI pour certains échantillons ;
- Pour l'ensemble des autres paramètres, les concentrations sont inférieures aux seuils d'acceptation en ISDI, à l'acceptation des PCB en certains points dans les remblais de surface (dans le premier mètre au maximum) en partie Nord-Ouest du secteur (sondages S3/S4/S5/S6/S7 et S10 Ramboll et T6/PZ9 Ginger), et des HAP en un point (PZ9 Ginger) ;
- Par ailleurs, l'ensemble des analyses réalisées vis-à-vis des paramètres COHV ont révélé des concentrations inférieures aux limites de détection du laboratoire pour l'ensemble des faciès analysés.

Les sondages ont ainsi permis de mettre en évidence :

- Une absence de contamination du substratum gréseux (T3, T4, T6 et PZ9 campagnes Ginger)
- Des contaminations localisées en PCB et HAP, limitées essentiellement au premier mètre de remblais dans la partie Nord-Ouest de la zone (sondages S3/S4/S5/S6/S7 et S10 Ramboll et T6/PZ9 Ginger), une attention particulière devra donc être apportée en phase terrassement de ce secteur pour la réalisation des travaux mais également pour la sélection des filières de gestion ;
- Ponctuellement des dépassements du seuil ISDI en Antimoine et Molybdène dans les remblais.

1.2.2 Zone future Plateforme 4000t :

Cette zone a fait l'objet d'une campagne initiale de caractérisation géotechnique accompagnée de prélèvements et analyses environnementales de caractérisation des matériaux par la société GEOTEC en avril 2018. Cette campagne a notamment comporté concernant le volet environnemental les investigations suivantes :

- L'utilisation de 7 sondages géologiques (SC4, SC5, SC6, SC9, SC10, SC11 et SC13) afin de réaliser 8 prélèvements moyens de sol par faciès homogène,
- 8 analyses d'admissibilité des sols dans une Installation de Stockage de Déchets Inertes (ISDI) selon l'arrêté du 12/12/2014. Ces analyses ont été complétées par les 12 métaux sur brut et les COHV.

Le tableau suivant récapitule les prélèvements effectués et le programme analytique correspondant :

Localisation	Echantillon	Sondage géotechnique	Altitude Z (NGF)	Profondeur des prélèvements (m/TA)	Cotes des prélèvements (en NGF)	Nature géologique	Programme analytique
Zone terrestre	SE8	SC6	3.40	0.00 – 1.50	1.90 – 3.40	Remblais : Sable argileux à cailloux et débris de tuiles	Paramètres définis dans l'arrêté du 12 Décembre 2014 + COHV + 12 métaux
	SE9	SC9	3.30	0.50 – 1.50	1.80 – 2.80	Remblais : Argile sableuse à cailloux	
				1.50 – 3.50	-0.20 – 1.80	Remblais : Sable noirâtre	
	SE10	SC5	3.60	0.30 – 1.50	2.10 – 3.30	Remblais : Argile sableuse à cailloux	
	SE11	SC11	3.60	0.30 – 2.00	1.60 – 3.30		
	SE12	SC10	3.40	0.30 – 2.00	1.40 – 3.10		
	SE13	SC4	3.90	0.00 – 3.00	0.90 – 3.90	Remblais : Sable argileux à graviers	
	SE14	SC13	5.60	2.50 – 4.00	1.60 – 3.10	Remblais : Blocs et cailloux à matrice argileuse	

Tableau 2 : Les prélèvements effectués en milieu terrestre et programme analytique correspondant

Les investigations sur les sols ont permis de mettre en évidence la présence de remblais superficiels sur l'ensemble du site d'étude, pouvant atteindre plusieurs mètres d'épaisseur. Des déchets de chantier (briques, tuiles, ...) en proportion variables ont été identifiés sur certains sondages.

Les résultats d'analyses des sols de la campagne Geotec 2018 sont synthétisés dans les tableaux suivants :

		GEOTEC 2018								SEUIL ISDI	
		SE8 (Sondage SC6)	SE9-1 (Sondage SC9)	SE9-2 (Sondage SC9)	SE10 (Sondage SC5)	SE11 (Sondage SC11)	SE12 (Sondage SC10)	SE13 (Sondage SC4)	SE14 (Sondage SC13)		
		Zone Plateforme 4000t									Arrêté 12/12/2014
		Ech moyen 0-1,5 m	Ech moyen 0,5 -1,5 m	Ech moyen 1,5 -3,5 m	Ech moyen 0,3 -1,5 m	Ech moyen 0,3 -2 m	Ech moyen 0,3 -2 m	Ech moyen 0 -3 m	Ech moyen 2,5 - 4 m		
		Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais		
ANALYSES SUR BRUT											
COT (carbone organique total) (1)	mg/kg	9520	14500	20100	22300	95500	8180	18100	1840	30 000	
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	mg/kg	<0,05	<0,05	0,09	<0,05	1,01	<0,05	<0,05	<LQ	6	
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)	mg/kg	<0,01	0,47	<0,01	0,12	0,13	0,02	<0,01	<0,01	1	
Hydrocarbures (C10 à C40)	mg/kg	18,6	439	67,4	39,4	271	37,9	25,4	<15	500	
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	mg/kg	<0,05	14	2,7	3,9	22	5,6	2,7	0,36	50	
ANALYSES SUR LIXIVIATS											
Arsenic	mg/kg MS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	
Baryum	mg/kg MS	0,29	0,13	0,31	0,21	0,32	0,22	0,32	<0,1	20	
Cadmium	mg/kg MS	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,04	
Chrome total	mg/kg MS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	
Cuivre	mg/kg MS	0,25	<0,2	<0,2	<0,2	0,3	<0,2	0,29	<0,2	2	
Mercurure	mg/kg MS	1,28	<0,2	<0,2	<0,2	0,44	<0,2	0,67	<0,2	0,01	
Molybdène	mg/kg MS	0,045	0,355	0,152	0,606	0,078	0,04	0,062	0,019	0,5	
Nickel	mg/kg MS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	
Plomb	mg/kg MS	0,41	0,15	<0,1	<0,1	0,13	<0,1	0,17	<0,1	0,5	
Antimoine	mg/kg MS	0,054	0,044	0,2	1,1	0,062	0,068	0,081	0,011	0,06	
Sélénium	mg/kg MS	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	
Zinc	mg/kg MS	1,28	<0,2	<0,2	<0,2	0,44	<0,2	0,67	<0,2	4	
Chlorures (1)	mg/kg MS	26,8	23,6	120	286	128	286	31,3	40,1	800	
Fluorures	mg/kg MS	9,52	10,7	9,94	5,19	17,8	9,14	8,66	<5	10	
Sulfates (1) (2)	mg/kg MS	105	181	394	345	1010	1750	432	421	1 000	
Indice phénols	mg/kg MS	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	
COT (carbone organique total) sur éluat (3)	mg/kg MS	<50	<50	<50	310	<50	<50	<50	<50	500	
FS (fraction soluble) (1)	mg/kg MS	<2000	2910	2210	2450	2220	4210	<2000	2310	4 000	

Tableau 3 : Résultats analyses sondages Geotec 2018 – seuils ISDI

		GEOTEC 2018										
		SE8 (Sondage SC6)	SE9-1 (Sondage SC9)	SE9-2 (Sondage SC9)	SE10 (Sondage SC5)	SE11 (Sondage SC11)	SE12 (Sondage SC10)	SE13 (Sondage SC4)	SE14 (Sondage SC13)	Sols ordinaires ASPITET	Sols ordinaires ASPITET	Fond géochimique local
		Zone Plateforme 4000t								lim max	intervalle	Ginger 2007/2008
		Ech moyen 0-1,5 m	Ech moyen 0,5 -1,5 m	Ech moyen 1,5 -3,5 m	Ech moyen 0,3 -1,5 m	Ech moyen 0,3 -2 m	Ech moyen 0,3 -2 m	Ech moyen 0 -3 m	Ech moyen 2,5 - 4 m			
		Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais	Remblais			
ANALYSES SUR BRUT												
Arsenic	mg/kg MS	8,85	18,9	32,7	20	162	16,9	45,8	5,27	25	1 à 25	10
Baryum	mg/kg MS	46	65,6	79,5	81,4	615	63,6	476	10,3			
Cadmium	mg/kg MS	<0,4	<0,4	<0,4	1,38	7,48	0,79	4,05	<0,4	0,45	0,05 à 0,45	
Chrome total	mg/kg MS	10,2	9,31	8,48	9,66	50,4	13,8	38	6,28	90	10 à 90	
Cuivre	mg/kg MS	42,8	157	154	324	1580	104	983	6,37	20	2 à 20	25
Mercur	mg/kg MS	0,33	4,08	4,23	4,18	7,45	1,65	1,7	<0,1	0,1	0,02 à 0,1	
Molybdène	mg/kg MS	1,01	3,29	1,94	1,09	9,49	1,76	9,05	<1			
Nickel	mg/kg MS	9,62	10,2	11,8	15,8	139	16,1	78,5	8,38	60	2 à 60	
Plomb	mg/kg MS	73,8	315	316	551	1970	171	983	<5	50	9 à 50	35
Antimoine	mg/kg MS	1,34	4,07	9,18	16,3	36,2	6,99	16,6	<1			
Sélénium	mg/kg MS	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	1,7	0,1 à 1,7	
Zinc	mg/kg MS	136	307	487	685	6640	300	2780	20,6	60	2 à 60	70

Tableau 4 : Résultats analyses sondages Geotec 2018 – métaux sur brut

Les données disponibles mettent en évidence les points suivants pour les remblais :

- Sur les matériaux bruts, des concentrations en métaux lourds (Arsenic, Cadmium, Cuivre, Mercure, Plomb et Zinc) souvent supérieures aux valeurs « sols ordinaire » ASPITET et au fond géochimique local défini par Ginger en 2009/2010 ;
- Cependant, d'après les analyses après lixiviation ces métaux apparaissent peu mobilisables, seuls l'antimoine et le Molybdène dépassant les seuils ISDI pour certains échantillons ;
- La présence de COT sur brut, pour un échantillon (sondage SC11 dans les 2 premiers mètres) a une concentration supérieure aux seuils d'admissibilité de l'arrêté du 12/12/2014 ;
- Pour 3 échantillons (dont SC11), la présence de Fraction soluble, Fluorure, ou Sulfate dans des concentrations légèrement supérieures aux seuils d'admissibilité de l'arrêté du 12/12/2014 ;
- Par ailleurs, l'ensemble des analyses réalisées vis-à-vis des paramètres COHV ont révélé des concentrations inférieures aux limites de détection du laboratoire pour l'ensemble des faciès analysés.

Les sondages n'ayant pas pu mettre en évidence une logique de répartition des remblais, des sondages complémentaires devront être réalisés afin de définir un maillage plus précis pour la gestion des déblais sur cette zone du projet. Cette contamination des sols constitue une contrainte à prendre en compte dans la définition de la phase travaux du projet (gestion des remblais excavés, stockage, réutilisation, évacuation hors site...).

1.3 Modes opératoires et mesures de gestion

1.3.1 Phasage et filières de gestion des matériaux excavés

Les matériaux rencontrés pour les opérations de terrassement en milieu terrestre seront de différentes nature, dont principalement :

- Des remblais présentant des concentrations en polluants (notamment métaux, PCB, HAP et HCT) importantes, localisés essentiellement dans la zone du futur Port à Sec,
- Des remblais ne présentant pas des concentrations fortes en polluants mais dont le niveau de contamination ne permet pas une gestion en Installation de Stockage de déchets Inertes,
- Des matériaux sains du substratum issus des travaux de déroctage terrestre.

Les matériaux sains issus du déroctage du substratum pourront être réutilisés sur site sans aucune contrainte environnementale spécifique.

Au vu des données environnementales disponibles, les remblais présentant les concentrations les plus élevées (et pouvant donc être considérés selon la méthodologie de gestion des sites pollués comme une « zone pépète ») au droit de la zone du futur Port à Sec et de l'implantation de la déviation du canal de Bucelle (sondages S3/S4/S5/S6/S7 et S10 de l'étude Ramboll 2018 et T6/PZ9 de l'étude Ginger 2009/2010), seront excavés et évacués vers une Installation de Stockage de Déchets Non Dangereux. Ceci représente un volume d'environ 4500 m³.

Pour la grande majorité des autres remblais présents sur site, les polluants identifiés (essentiellement hydrocarbures lourds et métaux) sont peu lixiviables et non volatils et pourront donc être réutilisés sur site puisque les conditions de mise en œuvre prévoient :

- Une mise en remblai essentiellement en zone non saturée
- La mise en place sur l'ensemble des surfaces de chaussées, enrobés et dalles béton

Pour les matériaux excédentaires, une caractérisation plus fine en phase chantier permettra de définir les filières de gestion :

- Unités de valorisation de matériaux du BTP
- Installations de Stockage de Déchets Inertes
- Installations de Stockage de Déchets Non Dangereux

1.3.2 Mesures de gestion et protection de l'environnement en phase chantier

1.3.2.1 Mesures générales

L'Entreprise prendra toutes les mesures nécessaires afin de limiter les bruits et les émissions d'odeurs et de poussières. Ce sont par exemple :

- l'utilisation de matériel permettant de minimiser les nuisances sonores et garantissant le respect de la réglementation sur le bruit,
- la prévention des émissions de poussières lors des opérations d'excavation (comme par exemple arrosage, brumisation, bâchage des fouilles si nécessaire, ...), de stockage de terres et de transport (bâchage des tas et des camions), lors du concassage des bétons, lors des opérations de chargement,,
- la prévention des émissions d'odeurs lors des opérations d'excavation (fouilles de tailles modérées, bâchage des fouilles, brumisation, ...), de stockage de terres et de transport (bâchage des tas et des camions),,
- la gestion des eaux de fond de fouille avec si besoin la couverture temporaire des zones d'excavation,
- la gestion des eaux de ruissellement afin de minimiser l'impact des travaux sur celles-ci et de garantir le cas échéant le respect des seuils fixés dans la convention de rejet préalablement négociée avec le gestionnaire des réseaux concernés
- l'arrêt de manutention des matériaux odorants pendant les périodes critiques d'un point de vue météorologique,
- l'arrêt complet des travaux si ces mesures ne suffisent pas.
- les mesures suffisantes et nécessaires, qu'elle prévoit de mettre en œuvre compte tenu des travaux à réaliser, des types de sols et de la nature des polluants pour limiter l'exposition et la gêne pour son personnel et les riverains concernant le contrôle des poussières et l'exposition aux polluants.
- l'Entreprise aura l'obligation de réaliser à sa charge le tri sélectif de tous les déchets générés par son chantier, leur stockage provisoire, reprise, chargement, transport et élimination en filière

Les mesures de prévention concrètes suivantes devront, a minima, être mises en place :

- Optimisation de la durée du chantier d'excavation et des mouvements de terres ;
- Brumisation et/ou arrosage etc. afin de rabattre les poussières et les odeurs générées lors des opérations d'excavation, de circulation des engins et si nécessaire, de sciage de dalle ou d'enrobé ;
- Bâchage systématique des stockages de matériaux en extérieur ;
- Balisage de la zone des travaux, notamment sécurisation des excavations ;
- Séparation physique et identification des zones de stockages, des excavations et des zones d'attente/tri, ... ;

1.3.2.2 Tri des matériaux et vérification et traçabilité fonds et flancs de fouille

Des prélèvements et analyses en fonds et flancs de fouille seront réalisés pour la traçabilité des concentrations résiduelles en fin de terrassements (et le cas échéant des calculs de risques sanitaires résiduels au droit des quelques bâtiments).

Le protocole de prélèvement prévu devra être conforme aux normes et méthodologies en vigueur. Celui-ci pourra toutefois évoluer en fonction des contraintes de chantier ou des observations de terrain. Le maillage de prélèvement ne pourra cependant pas être inférieur à 500 m² en fond de fouille, sauf impossibilité technique (présence de blindage, risque d'effondrement). Les résultats et la localisation des échantillons de bord et fonds de fouille devront être présentés sur un plan géoréférencé. Les analyses seront confiées à un laboratoire accrédité COFRAC.

L'Entreprise respectera la réglementation relative à l'élimination des déchets et portera une attention particulière sur la traçabilité des déchets sur site et quittant le site. Elle tiendra à disposition pendant le chantier un registre de suivi des déchets établi pour l'intégralité des matériaux gérés dans le cadre des travaux.

La méthodologie d'excavation et de tri devra permettre une optimisation des filières de gestion et favoriser le réemploi. Les terres polluées seront soigneusement triées à l'avancement sous la direction d'un opérateur spécialisé. Le tri pourra être basé dans un premier temps sur les observations organoleptiques des mesures de terrain (caractéristiques visuelles, mesures PID, analyse in-situ de type petroflag, etc.). Des prélèvements et analyses de caractérisation conformes aux réglementations et normes en vigueur devront être réalisés sur des lots d'au maximum 500 m³.

L'Entreprise sera chargée d'organiser et coordonner la rotation des camions de transport des déchets, de manière à minimiser les stocks sur place.

Les terres seront ensuite dirigées vers les filières de traitement ou d'enfouissement agréées et adaptées. A aucun moment, les terres et matériaux suspectés comme pollués ne seront mélangés aux terres et matériaux considérés comme propres et/ou conformes au réemploi sur site.

1.3.2.3 Aires de stockage temporaire

Il sera de la responsabilité de l'Entreprise de dimensionner et de conserver les zones de stockage temporaires (ou définitives) propres, étanches et accessibles par tous temps. De plus, ces aires de stockage temporaire devront être réalisées conformément à la réglementation, et aux bonnes pratiques de manière à éviter tout envol, écoulement de liquides, etc.

Tous les tas devront être bâchés jusqu'à leur élimination hors site ou réutilisation sur site, a minima par un film polyane lesté pour limiter leur lessivage par les eaux pluviales et les envols de poussières.

1.3.2.4 Traçabilité des matériaux

Des procédures pour assurer la traçabilité des terres excavées seront mises en œuvre permettant de connaître l'origine des tas (zone d'excavation), les opérations effectuées, les analyses réalisées et la destination finale (remblaiement ou élimination hors-site). Ces éléments devront être mentionnés sur les BSD en cas d'élimination hors-site, afin de connaître l'exutoire final en fonction de l'origine.

Pour les évacuations hors site les mesures suivantes seront respectées :

- obtention des Certificats d'Acceptation Préalable (CAP),
- établissement des Bordereaux de Suivi de Déchets (BSD). Les matériaux recyclés (non soumis à l'établissement de BSD selon la réglementation) feront l'objet d'un bon de transport. L'Entreprise tiendra à disposition du MO et de l'AMO un registre de suivi des déchets établi pour l'intégralité des matériaux gérés dans le cadre des travaux.

Les filières de gestion envisagées à ce jour sont :

- Pour les 4500 m³ identifiés avec des concentrations élevées notamment en PCB, une orientation vers la plate-forme de terres polluées puis l'ISDND de Bellegarde (site SUEZ, 30). Ceci permettra, en cas de zones présentant des concentrations plus élevées que dans les données de diagnostic actuelles, de pouvoir gérer une partie des terres vers l'ISDD si nécessaire.

- Pour les matériaux inertes et les matériaux présentant uniquement une problématique fraction soluble ou COT, les ISDI, ISDI « + » et ISDND les plus proches dans les Bouches-du-Rhône et le Var, en fonction de leurs capacités d'accueil au moment du chantier.

1.3.3 Mesures de gestion et protection des travailleurs en phase chantier

Les arrêtés et décrets et tous textes officiellement applicables (notamment les arrêtés et dispositions réglementaires concernant l'hygiène et la sécurité des travailleurs) seront pris pour référence pour les mesures de sécurité qui seront mises en œuvre sur le chantier.

Toute société intervenant sur le site (l'Entreprise et chacun de ses sous-traitants) établira un Plan Particulier de Sécurité et de Protection de la Santé (PPSPS) avant le démarrage des travaux et le transmettra au coordonnateur SPS.

L'intégralité des travaux fera également l'objet de procédures d'intervention, intégrant systématiquement les aspects techniques et les mesures HSE propres à chaque opération. L'ensemble de ces mesures sera préalablement validé par le coordonnateur SPS.

L'Entreprise assurera constamment une signalisation satisfaisante de son chantier (sur et hors site) et prendra toutes les mesures nécessaires pour éviter les accidents sur celui-ci, ses abords et les trajets extérieurs empruntés par ses véhicules et ce jusqu'à réception définitive de son marché.

Les matériaux considérés comme pollués seront manipulés dans le respect des réglementations applicables et dans le souci de la protection des travailleurs et de l'environnement.

Le mode opératoire de terrassement sera soumis à l'approbation du Maître d'œuvre et du Maître d'Ouvrage préalablement au démarrage du chantier. Les moyens engagés seront adaptés à la nature du terrain et aux conditions du chantier. Pendant la phase des travaux, les excavations ne devront en aucun cas être laissées dans un état pouvant présenter un risque de chute pour les personnes ou les engins.

L'Entreprise se conformera aux règles de l'art et respectera notamment les normes, règlements et prescriptions suivants (liste non exhaustive) :

- Code du Travail (4^{ème} partie relative à la santé et à la sécurité au travail) et notamment les articles liés aux activités de bâtiment et génie civil (R4532-1 à 4535-12). Ces articles incluent notamment les exigences des décrets codifiés suivants : décret 65-48 de janvier 1965, décret 94-1159 du 26 décembre 1994, relatif à l'intégration et à l'organisation de la coordination en matière de sécurité et protection de la santé ainsi que la loi du 6 décembre 1976 et ses décrets d'application relatifs à la prévention des accidents du travail,
- Les circulaires et méthodologies en vigueur concernant les modalités de gestion et de réhabilitation des sites pollués,
- Le document ADEME, INRS « Protection des travailleurs sur les chantiers de réhabilitation de sites industriels pollués », 2002,

1.3.4 Mesures de gestion et protection en phase exploitation et analyse des risques résiduels

1.3.4.1 Schéma conceptuel actualisé

Le schéma conceptuel du site permet de « visualiser » l'ensemble de la démarche ainsi que les principaux éléments pris en compte pour l'évaluation des risques et sa traduction pour le cas spécifique du site. Le schéma conceptuel du site est fondé sur un inventaire des liens « source – vecteur – cible » susceptibles d'exister et comprenant :

- La caractérisation du terme « source » par quantification des teneurs des substances identifiées ;

- L'identification des cibles potentielles ;
- L'identification des vecteurs, voies de transferts possibles entre les sources et les cibles potentielles.

Le schéma conceptuel sur site retenu dans le présent document pour la phase exploitation intègre les données sur les sources de contamination, les usages envisagés et les voies de transfert associées.

1.3.4.2 Sources

Les sources potentielles d'impact résiduel sur site après réalisation des travaux de terrassement seront constituées de sols présentant des concentrations résiduelles ou ponctuelles en polluants, essentiellement en Zone Non Saturée et à des concentrations faibles.

Ces polluants résiduels seront essentiellement des PCB, des HAP, des hydrocarbures lourds et des métaux (dont du mercure).

Les études GINGER de 2009/2010 ont notamment comporté des mesures de gaz du sol qui ont démontré le caractère non volatil des composants, et ce avec les concentrations initiales, les concentrations résiduelles étant par définition plus faibles :

		PZ8/PZR Hg	PZ9/PZR	T1/PZR	T5/PZR	Valeurs de référence	
		<0,8	<0,8	<0,8	-	10 (VME)	1 (OMS)
Mercurie (Hg)	µg/m³	-	63,3	<33,3	<33,3	-	-
Somme Hydrocarbures aliphatiques	µg/m³	-	<33,3	<33,3	33,3	-	-
Somme Hydrocarbures aromatiques	µg/m³	-	63,3	<33,3	<33,3	-	-
Hydrocarbures aliphatiques >C5-C6	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<33,3	-	-
Hydrocarbures aliphatiques >C6-C8	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<33,3	-	-
Hydrocarbures aliphatiques >C8-C10	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<33,3	-	-
Hydrocarbures aliphatiques >C10-C12	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<33,3	-	-
Hydrocarbures aliphatiques >C12-C16	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<116,6	-	-
Hydrocarbures aromatiques >C6-C7	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<33,3	-	-
Hydrocarbures aromatiques >C7-C8	µg/m³	-	<33,3	<33,3	33,3	-	-
Hydrocarbures aromatiques >C8-C10	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<33,3	-	-
Hydrocarbures aromatiques >C10-C12	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<33,3	-	-
Hydrocarbures aromatiques >C12-C16	µg/m³	-	<33,3	<33,3	<33,3	-	-

Au regard des résultats d'analyses, nous constatons les éléments suivants :

- Le mercure relevé dans des teneurs anormalement élevées dans les sols n'est pas volatil. Les concentrations mesurées dans les gaz sont systématiquement inférieures aux limites de quantification,
- Que les hydrocarbures présents dans les sols sont peu volatiles : des traces sont uniquement détectées en PZ9 (aliphatique en C5-C6) et en T5 (aromatique C7-C8).

Extrait rapport Ginger – diagnostic

Les analyses dans les eaux souterraines au droit de la zone du projet (piézomètres PZ8 et PZ9 des études GINGER) n'ont pas mis en évidence un impact fort sur les eaux souterraines (léger impact par les métaux Cu et Pb) des sols présents au droit de la zone du projet de plateforme 4000 t, les concentrations étant plus élevées au niveau de la future zone village entreprises, ce milieu n'est donc pas considéré comme une source potentielle de contamination.

1.3.4.3 Voies d'exposition

Les voies d'exposition potentielles sont ici analysées :

- Contact direct des futurs usagers du site avec des sols en surface : cette voie n'est pas retenue puisque l'ensemble du site sera recouvert par des dalles et/ou des structures de chaussées pérennes et entretenues,
- Percolation/lixiviation potentielle de la contamination résiduelle des sols et transfert vers la nappe : cette voie de transfert n'est pas retenue puisque les zones présentant les concentrations initiales les plus importantes seront excavées et que l'ensemble des zones

seront recouvertes par des dalles et/ou des structures de chaussées pérennes et entretenues

1.3.4.4 Cibles

Les individus « récepteurs » pris en compte sont :

- les futurs employés amenés à fréquenter le site quotidiennement à l'intérieur et à l'extérieur des bâtiments (adultes) ;
- les futurs visiteurs ou intervenants ponctuels amenés à fréquenter le site occasionnellement (adultes).

1.3.4.5 Synthèse

L'intégralité des voies de transfert sera supprimée par la mise en œuvre des mesures de gestion, ainsi aucune voie d'exposition n'est pertinente pour les cibles sur site.

L'analyse des risques résiduels est donc sans objet pour le site d'implantation du projet plateforme 4000 t et Port Sec.

Le schéma conceptuel actualisé après la mise en place des mesures de gestion est résumé dans le tableau ci-après :

Source	Voies de transfert	Voies d'exposition associées	Mesure de gestion	Cibles/Enjeux à protéger
Sur site				
Sols pollués	Envol de poussières	→ Inhalation de particules	Suppression des sources principales de recouvrement surface	Futurs usagers du site
	Contact direct avec les sols pollués	→ Inhalation de particules		Futurs usagers du site
		→ Ingestion accidentelle de sols de surface lors d'une exposition en extérieur		
		→ Contact cutané avec les sols de surface		

Tableau 5 : Schéma conceptuel

1.4 Synthèse mesures d'Evitement, Réduction et Compensation, et mesures de Suivi

Le tableau page suivante synthétise les mesures relatives aux terrassements terrestres et à leurs impacts éventuels :

Item Impact	Eviter	Réduire	Compenser	Suivi	Impacts résiduels
GEOLOGIE : modification des terrains présents et de la topographie	Caractérisation géotechnique préalable pour adapter les modes de terrassement. Mise en évidence que l'ensemble de la plateforme concernée est un secteur anthropique, gagné sur la mer, donc pas de modification de la géologie "naturelle" sauf dans les secteurs concernés par les opérations de déroctage	Adaptation précise des terrassements aux besoins du projet (par exemple déroctage en surcreusement uniquement au droit des zones à l'aplomb des rails de déplacement des bateaux)	Mise en place du fait du projet d'une plateforme homogène et présentant des caractéristiques géotechniques élevées, permettant une durabilité plus forte qu'actuellement et donc une meilleure protection de ce secteur gagné sur la mer	Procédures de suivi géotechnique de mise en œuvre des remblais (compaction, teneur en eau, ...)	Positifs
REMBLAIS non inertes : Risques environnementaux et sanitaires vis-à-vis d'une réutilisation sur site	Les études préalables de caractérisation environnementale ont permis de définir les zones présentant les risques potentiels de contamination principaux, et des caractérisations complémentaires seront réalisées en amont des travaux afin de confirmer et affiner les données.	Les matériaux présentant les concentrations les plus importantes feront l'objet d'une évacuation hors site. Pour les matériaux réutilisés sur site, cela concernera principalement : • Des remblais au-dessus de la cote 1.7 mNGF (donc hors de la zone saturée), qui seront ensuite couverts par les structures de chaussées et dalles béton • Le remplissage des caissons des nouveaux quais, réalisé préférentiellement par des matériaux sains	Sans objet	Un maillage préalable permettra une caractérisation fine et un suivi à l'avancement du chantier (vérification respect du plan de mouvement des terres défini à la consultation et dans les procédures de l'entreprise). Traçabilité des matériaux évacués hors site (CAP, BSD, quantités, ...)	Faibles
SOLS POLLUES : Risque vis-à-vis des eaux souterraines	Analyses dans les eaux souterraines au droit de la zone du projet (piézomètres PZ8 et PZ9 des études GINGER) n'ont pas mis en évidence un impact sur les eaux souterraines des sols présents au droit de la zone du projet, alors que l'ensemble du secteur ne présente pas une couverture de type chaussée/dalle : faible caractère lixiviable des polluants présents, notamment métaux, ce qui est confirmé par les analyses sur brut et après lixiviation sur la plupart des échantillons analysés.	En phase chantier : Gestion des eaux de fond de fouille avec si besoin la couverture temporaire des zones d'excavation	Projet final entièrement couvert par chaussées et/ou dalles bétons. Remblais non inertes réutilisés sur site hors zone saturée.	Possibilité mise en place de piézomètres en fin de chantier	Faibles à Nuls
SOLS POLLUES : Risques vis-à-vis des eaux marines	Les études préalables de caractérisation environnementale ont permis de définir les zones présentant les risques potentiels de contamination principaux, et des caractérisations complémentaires seront réalisées en amont des travaux afin de confirmer et affiner les données.	Mesures de gestion spécifiques : modalités de terrassement, gestion provisoire des eaux de ruissellement, bâchage des stocks provisoires et des camions permettront de limiter les risques identifiés	Le projet implique l'évacuation hors site des remblais les plus pollués, donc diminution des risques	Traçabilité des matériaux évacués hors site (CAP, BSD, quantités, ...) Analyses fonds et flancs de fouille des zones destinées à être évacuées hors site, pour traçabilité concentrations résiduelles.	Positifs
SOLS POLLUES : Risques envols de poussière en phase chantier	Mode opératoire de terrassement sera soumis à l'approbation du Maître d'œuvre et du Maître d'Ouvrage préalablement au démarrage du chantier	Prévention des émissions de poussières lors des opérations d'excavation (comme par exemple arrosage, brumisation, bâchage des fouilles si nécessaire, ...), de stockage de terres et de transport (bâchage des tas et des camions), lors du concassage des bétons, lors des opérations de chargement, ...	Sans objet	si nécessaire, suivi mesures poussières en périphérie du chantier	Faibles
SOLS POLLUES : Risques vis-à-vis des terrassements par engins de chantier	Modalités de gestion des engins de chantier permettront également de limiter les risques potentiels, dont par exemple aire de stationnement dédiées, pas d'entretien des véhicules sur site, stockage d'éventuels produits dangereux (huiles, ...) sur des aires dédiées étanches, évacuation des déchets vers des filières agréées, présence sur site de matériaux permettant de gérer une fuite éventuelle sur un engin, ...)	Mesures de phasage de travaux, de gestion des stocks temporaires de matériaux, de gestion provisoire des eaux de ruissellement, de protection des abords du plan d'eau	Sans objet	Vérification procédures et applications	Faibles
SOLS POLLUES : Risque vis-à-vis de la santé humaine en phase chantier	Respect de la réglementation Procédures HSE, PPSPS, SPS Signalisation satisfaisante de son chantier (sur et hors site) Protection des fouilles vis-à-vis des risques de chute Respect des circulaires et méthodologies en vigueur concernant les modalités de gestion et de réhabilitation des sites pollués	Travailleurs avertis et formés aux risques Optimisation de la durée du chantier d'excavation et des mouvements de terres ; Brumisation et/ou arrosage etc. afin de rabattre les poussières et les odeurs générées lors des opérations d'excavation, de circulation des engins et si nécessaire, de sciage de dalle ou d'enrobé ; Bâchage systématique des stockages de matériaux en extérieur.	Sans objet	Vérification procédures et applications	Faibles
SOLS POLLUES : Risque vis-à-vis de la santé humaine en phase exploitation	Etudes GINGER de 2009/2010 ont notamment comporté des mesures de gaz du sol qui ont démontré le caractère non volatil des composants	Terres polluées seront soigneusement triées à l'avancement sous la direction d'un opérateur spécialisé Prélèvements et analyses de caractérisation amont conformes aux réglementations et normes en vigueur Prélèvements et analyses en fonds et flancs de fouille seront réalisés pour la traçabilité des concentrations résiduelles en fin de terrassements.	Excavation et évacuation des sources les plus concentrées Couverture totale du site par chaussées et dalle implanquant suppression des voies d'expositions potentielles	Suivi données fonds et flancs de fouille Suivi traçabilité des matériaux évacués hors site (CAP, BSD, ...)	Positifs

Tableau 6 : Synthèses mesures ERC et suivi

2 Opérations de dragage/déroctage en milieu maritime

2.1 Rappel travaux prévus

Dans le cadre de la construction de la plateforme Méga-Yachts, des opérations de dragage/déroctage sont à prévoir :

- Pour la réalisation des quais,
- Pour garantir une navigation sécurisée pour les navires

Les fonds dans la zone varient entre – 2.5 et - 9 mNGF IGN. Le projet nécessite un dragage et un déroctage à la cote - 7 mNGF IGN pour un volume total d'extraction d'environ 14 000 m³.

Les fonds sont constitués de matériaux vaseux en surface (argile sableuse et sable vasard, riches en matière organique) et de matériaux rocheux en profondeur (blocs, calcaires gréseux avec des passages marneux) :

- Les épaisseurs de matériaux vaseux sont de l'ordre de 0,7 à 1,7 m, le volume de matériaux vaseux à draguer est estimé à environ 8 000 m³.
- Le toit du substratum rocheux descend vers l'Est. Il est situé dans la zone entre – 3.7 et – 7.6 mNGF IGN. Les épaisseurs à dérocter sont de l'ordre de 1.5 m, et le volume de rocher à dérocter est estimé à 6 000 m³.

Les zones concernées par ces travaux sont présentées sur la figure suivante.

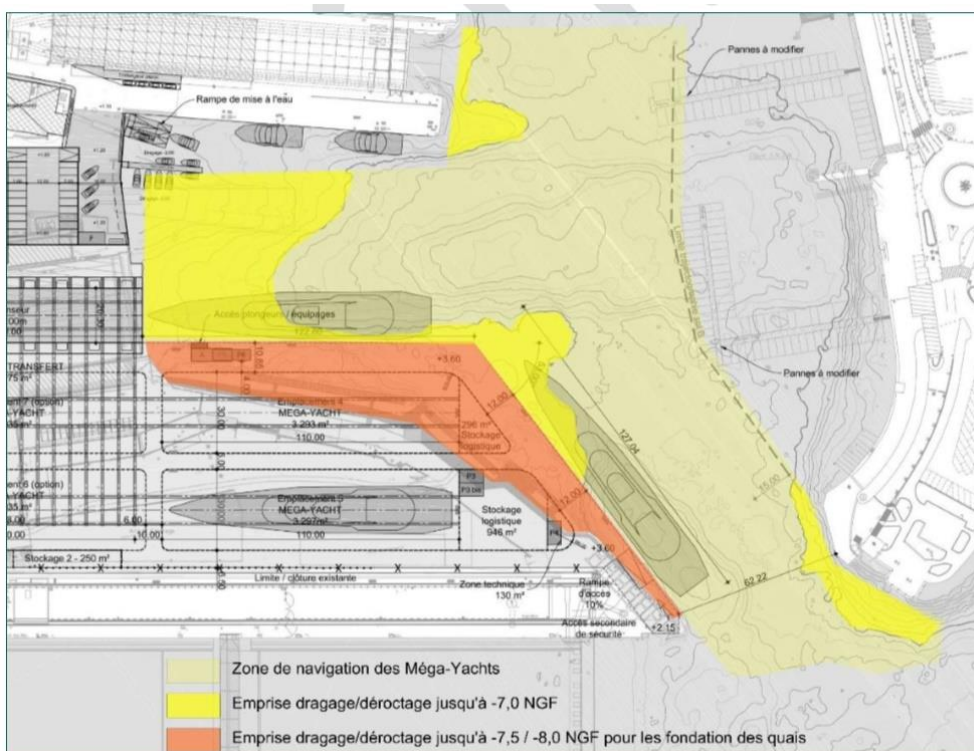


Figure 4 : Les zones de déroctage et de dragage

2.2 Qualité des sédiments marins

Des prélèvements et analyses de sédiments ont été réalisés au droit de la zone du projet et aux alentours immédiats, au cours de 3 campagnes :

- **Une campagne conjointe au diagnostic géotechnique effectué par la société Geotec** en décembre 2017 et janvier 2018, avec des prélèvements réalisés au droit de certains sondages. Les échantillons SE1 à SE5 (sondages SC3, SP4, SD14, SPI5 et SPI6) concernent le périmètre du projet. Les échantillons SE6 (1 et 2) et SE7 ont été réalisés à partir du sondage SC8, et se localisent à l'entrée de la Grande Darse.

Le tableau suivant récapitule les prélèvements effectués et le programme analytique correspondant.

Localisation	Echantillon	Sondage géotechnique	Bathymétrie Z (NGF)	Profondeur des prélèvements (m fond bathy)	Profondeur des prélèvements (en NGF)	Nature géologique	Programme analytique
Zone marine	SE1	SC3	- 4.30	0.00 – 1.50	- 4.30 – - 5.80	Argile sableuse noirâtre	Paramètres définis dans l'arrêté du 9 août 2006 + l'arrêté du 12 Décembre 2014 + COHV
	SE2	SP4	- 1.70	0.00 – 0.70	- 1.70 – - 2.40	Sable vasard noirâtre	
	SE3	SD14	-6.80	0.00 – 0.80	- 6.80 – - 7.60	Argile sablo-vasarde noirâtre	
	SE4	-	- 6.30	0.00 – 0.50	- 6.30 – - 6.80		
	SE5	-	- 9.00	0.00 – 1.00	- 9.00 – - 10.00		
	SE6	SC8	- 10.50	0.00 – 1.50	- 10.50 – - 12.00	Argile sableuse noirâtre à débris coquillés et graviers	
				1.50 – 3.00	- 12.00 – - 13.50		
	SE7			3.00 – 4.50	- 13.50 – - 15.00	Sable argileux à débris de posidonie	

Tableau 7 : Prélèvements et analyses sédiments campagne Geotec 2017/2018

- **Une campagne de prélèvements réalisés par plongeur par la société Morancy Conseil Environnement** dans le cadre du diagnostic écologique des fonds marins, qualité des sédiments et des biocénoses marines, en Octobre 2018, avec 3 points de prélèvements réalisés en plongée sous-marine par carottage jusqu'à atteinte d substrat de blocailles empêchant la pénétration du carottier (pour chaque station, échantillon moyen réalisé à partir de 3 prélèvements dans un périmètre de 5 m, à une profondeur comprise entre 0.5 et 0.7 m de profondeur dans les sédiments)
 - La station S1 située au droit du futur port à sec ;
 - La station S2 située au droit du futur quai d'attente devant l'ascenseur à bateau, sur un secteur qui fera l'objet d'un dragage et d'un déroctage des fonds ;
 - La station S3 située au droit du quai extérieur de la plateforme mégayachts, qui sera réaménagé. Ce secteur fera l'objet d'un dragage et d'un déroctage des fonds.
- **Une campagne de prélèvements réalisés par plongeur par la société CEREG** (et sous-traitants) dans le cadre de l'Expertise milieu marin au droit du môle Bérrouard, en Décembre 2018, trois prélèvements ont été effectués en plongée, le long du quai d'ouest en est (stations Bérrouard 1, Bérrouard 2 et Bérrouard 3), ce secteur faisant l'objet d'un léger dragage dans le cadre du projet.

Le plan d'implantation ci-après présente la localisation des différents points de prélèvements :

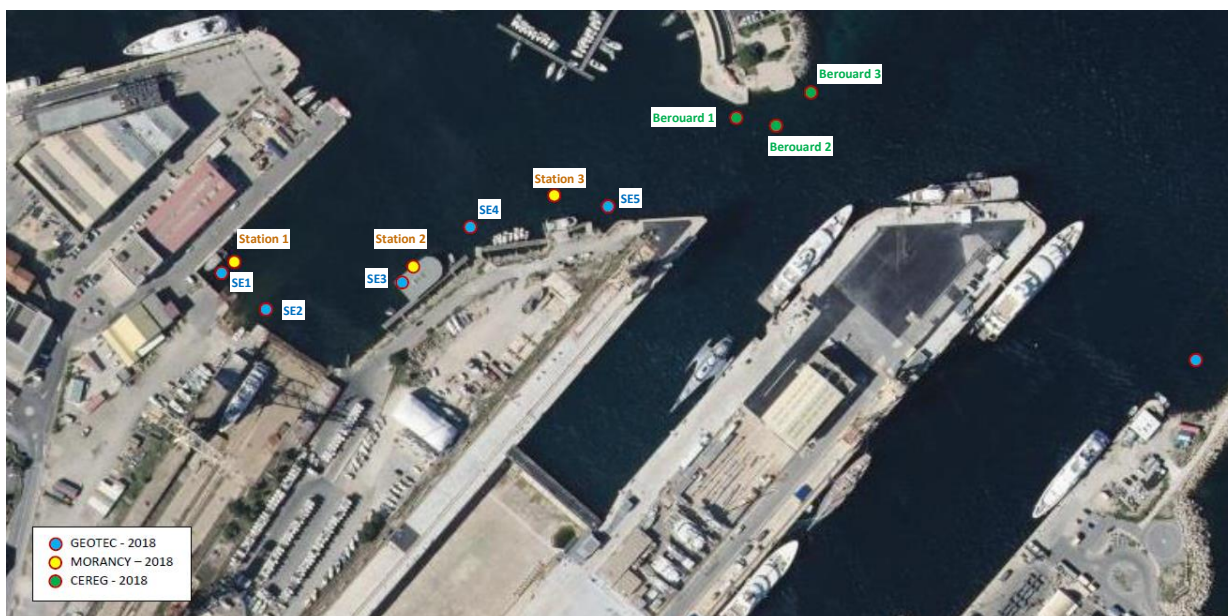


Figure 5 : localisation des points de prélèvements de sédiments

Les références règlementaires pour l'interprétation des analyses sont les suivantes :

- Arrêté du 12 décembre 2014 relatif aux conditions d'admission des déchets inertes dans les installations relevant des rubriques 2515, 2516, 2517 et dans les installations de stockage de déchets inertes relevant de la rubrique 2760 de la nomenclature des installations classées.
- Arrêté du 9 août 2006 modifié relatif aux niveaux à prendre en compte lors d'une analyse de rejets dans les eaux de surface ou de sédiments marins, estuariens ou extraits de cours d'eau ou canaux relevant respectivement des rubriques 2.2.3.0, 4.1.3.0 et 3.2.1.0 de la nomenclature annexée à l'article R. 214-1 du code de l'environnement.
- Arrêté du 15 Février 2016 relatif aux Installations de Stockage de Déchets de Sédiments.

Le tableau ci-après présente l'ensemble des résultats d'analyses disponibles permettant une interprétation vis-à-vis des seuils N1 et N2 de l'Arrêté du 9 Août 2006 modifié :

- Le niveau N1 correspond au seuil en dessous duquel les sédiments sont considérés comme peu ou pas contaminés. Les valeurs inférieures au niveau N1 sont considérées comme comparables aux « bruits de fond » environnementaux.
- Le niveau N2 définit un seuil au-dessus duquel les sédiments sont considérés comme très pollués et leur dragage ou immersion en mer serait susceptible d'être interdit en raison des impacts environnementaux qu'ils généreraient sur les fonds marins (toxicité pour la faune et la flore marine).
- Entre ces deux seuils, certaines actions sont possibles, moyennant des précautions.

		STATION 1	STATION 2	STATION 3	SE1	SE2	SE3	SE4	SE5	BEROUARD 1	BEROUARD 2	BEROUARD 3	SE6 1	SE6 2	SE7	NIVEAU N 1	NIVEAU N 2
		Zone projet 4000t			Zone Môle Bérard					Zone Grande Darse hors projet			Arrêté 09/08/2006				
		Echantillons moyen dans rayon de 5 m, profondeur 0,5 à 0,7 m			Ech moyen 0-1,5 m	Ech moyen 0-0,7 m	Ech moyen 0-0,8 m	Ech moyen 0-0,5 m	Ech moyen 0-1 m	Echantillons moyen dans rayon de 5 m, profondeur 0 à 0,5 m			Ech moyen 0-1,5 m	Ech moyen 1,5-3 m	Ech moyen 3 - 4,5 m		
		Sable vaseux	Sable vaseux	Sable vaseux	Argile sableuse noirâtre	Sable vasard noirâtre	Sable vasard noirâtre	Argile sablo-vasarde noirâtre	Argile sablo-vasarde noirâtre	sable très vaseux (30% de vase)	Sable vaseux (9% de vase)	Sable vaseux (10% de vase)	Argile sablo-vasarde noirâtre	Argile sablo-vasarde noirâtre	Sable argileux à débris de posidonies		
PARAMETRES																	
Matière sèche	%	62,6	56,8	67,7	70,7	35,1	56,5	61,3	52,5	50,8	80,3	69,3	80,3	74,8	68,6		
Carbone Organique Total (COT)	mg/kg MS	34400	20200	16900	33600	41200	15500	20900	20900	41800	6550	7140	10800	13200	11400		
Perte au feu à 550°C		6,44	12,4	4,45						10,4	1,88	2,92					
Azote Kejdahl	g/kg MS	3,1	1,5	0,9						1,4	<0,5	<0,5					
Phosphore total	mg/kg MS	532	327	242						1130	390	265					
METALX																	
Aluminium	mg/kg MS	7400	4770	2700						3530	1280	1170					
Arsenic	mg/kg MS	87,5	27,6	17,7	118	27,5	25,9	34,1	13,9	21	5,34	5,17	108	114	54,1	25	50
Cadmium	mg/kg MS	0,75	0,41	0,19	2,89	0,5	<0,4	0,62	<0,4	0,11	<0,1	<0,1	1,45	1,34	0,7	1,2	2,4
Chrome	mg/kg MS	63,4	23,8	12,9	104	32,1	26,3	14,6	10,5	29,7	9,03	6,44	63	68,2	32,3	90	180
Cuivre	mg/kg MS	746	219	90,2	1240	335	253	168	93,1	184	42,7	13,1	458	537	222	45	90
Mercure	mg/kg MS	9,72	7,96	7,74	8,05	5,21	1,62	10,4	2,06	1,08	0,32	0,38	4,8	0,65	0,39	0,4	0,8
Nickel	mg/kg MS	34,7	14,7	8,37	54,9	16,6	14,9	15,4	6,7	10	3,73	2,44	34,1	37,8	24,8	37	74
Plomb	mg/kg MS	747	381	223	914	267	121	406	100	194	31,8	16,7	126	140	65,4	100	200
Zinc	mg/kg MS	3560	489	260	5760	491	400	429	177	173	37,8	22,9	2840	3010	1030	276	552
PCB																	
PCB congénère 28	mg/kg MS	0,08	0,024	0,007	0,22	0,012	0,0037	0,002	0,0018	<0,0011	<0,0011	<0,0011	0,0067	0,0083	0,0028	0,005	0,01
PCB congénère 52	mg/kg MS	0,67	0,24	0,055	1,8	0,14	0,014	0,027	0,011	0,0093	<0,0011	0,0037	0,052	0,058	0,016	0,005	0,01
PCB congénère 101	mg/kg MS	1,9	0,4	0,12	2	0,11	0,057	0,1	0,032	0,031	0,0062	0,013	0,024	0,028	0,085	0,01	0,02
PCB congénère 118	mg/kg MS	0,74	0,18	0,074	3,8	0,11	0,12	0,09	0,027	0,036	0,0039	0,014	0,024	0,043	0,017	0,01	0,02
PCB congénère 138	mg/kg MS	1,6	0,33	0,13	0,67	0,029	0,09	0,044	0,023	0,039	0,0059	0,026	0,015	0,012	0,038	0,02	0,04
PCB congénère 153	mg/kg MS	1,1	0,27	0,13	4,8	0,15	0,16	0,095	0,035	0,04	0,0061	0,028	0,053	0,07	0,04	0,02	0,04
PCB congénère 180	mg/kg MS	0,54	0,012	0,061	1,9	0,15	0,13	0,046	0,022	0,016	<0,0011	0,015	0,048	0,047	0,026	0,01	0,02
Somme PCB (7)	mg/kg MS	6,6	1,5	0,58	15	0,7	0,57	0,4	0,15	0,17	0,022	0,1	0,22	0,27	0,15		
HAP																	
Naphtalène	mg/kg MS	0,17	0,097	0,067	0,1	0,059	0,025	0,1	0,028	0,021	0,0078	0,037	0,03	0,033	0,012	0,16	1
Acénaphthylène	mg/kg MS	0,11	0,1	0,044	0,13	0,081	0,026	0,24	0,07	0,021	0,0076	0,023	0,03	0,023	0,016	0,04	0,34
Acénaphthène	mg/kg MS	0,25	0,11	0,049	0,29	0,11	0,14	0,074	0,043	0,032	0,0091	0,057	0,18	0,18	0,068	0,015	0,26
Fluorène	mg/kg MS	0,26	0,16	0,098	0,27	0,13	0,086	0,098	0,051	0,054	0,014	0,067	0,15	0,11	0,057	0,02	0,28
Phénanthrène	mg/kg MS	2,6	0,96	0,67	1,7	0,74	0,5	0,69	0,33	0,27	0,082	0,53	0,64	0,62	0,28	0,24	0,87
Anthracène	mg/kg MS	0,91	0,27	0,59	0,56	0,25	0,13	0,35	0,092	0,05	0,015	0,11	0,14	0,12	0,058	0,085	0,59
Fluoranthène	mg/kg MS	3,4	1,5	1,1	5,6	2,7	1,5	1,6	0,71	0,49	0,16	0,76	0,77	1,6	0,41	0,6	3
Pyrrène	mg/kg MS	2,7	1,2	0,85	4,8	1,8	1,1	1,4	0,59	0,4	0,14	0,66	0,66	1,3	0,34	0,5	2
Benzo [a] anthracène	mg/kg MS	1,8	0,88	0,56	2,2	1	0,7	1,2	0,46	0,33	0,083	0,61	0,65	0,63	0,26	0,26	0,93
Chrysène	mg/kg MS	1,7	0,89	0,54	2,1	1,1	0,69	1,1	0,44	0,34	0,089	0,59	0,59	0,62	0,24	0,38	2
Benzo [b] fluoranthène	mg/kg MS	2,9	1,8	0,87	4,8	2,1	1,1	2,1	0,76	0,47	0,13	0,72	1	1,1	0,43	0,4	0,9
Benzo [k] fluoranthène	mg/kg MS	1,7	0,74	0,42	3,3	0,59	0,33	0,68	0,24	0,19	0,049	0,3	0,34	0,32	0,2	0,2	0,4
Benzo [a] pyrène	mg/kg MS	2,5	1,7	0,79	4	1,7	0,9	1,9	0,6	0,37	0,09	0,62	1	0,92	0,42	0,43	1
Di benzo [a,h] anthracène	mg/kg MS	1,9	1,2	0,66	0,6	0,32	0,18	0,51	0,15	0,14	0,035	0,2	0,27	0,19	0,093	0,06	0,16
Benzo [g,h,i] pérylène	mg/kg MS	0,58	0,4	0,2	2,3	1,3	0,68	1,2	0,39	0,35	0,094	0,55	0,61	0,67	0,25	2	6
Indéno [1,2,3-cd] pyrène	mg/kg MS	1,4	0,98	0,5	3,3	1,7	0,97	1,8	0,57	0,26	0,069	0,37	1,1	0,87	0,42	2	6
Somme HAP	mg/kg MS	25	13	8	36	16	9,1	15	5,5	3,8	1,1	6,2	8,2	9,3	3,6		
Monobutylétain (MBT)	µg/kg MS	440	110	93	2400	610	590	27	140	130	31	6,9	660	740	560		
Dibutylétain (DBT)	µg/kg MS	770	110	98	1300	220	280	54	250	100	27	9	510	790	620		
Tributylétain (TBT)	µg/kg MS	950	240	110	2500	330	470	74	610	170	57	14	1000	1300	1300	100	400
Tétrabutylétain (TeBT)	µg/kg MS									<15	<15	<15					
Triphénylétain (TPhT)	µg/kg MS									22	14	11					
MonoOctylétain (MOT)	µg/kg MS									<2	<2	<2					
DiOctylétain (DOT)	µg/kg MS									<2	<2	<2					
Tricyclohexylétain (TcHexT)	µg/kg MS									<2	<2	<2					

Tableau 8 : Tableau de synthèse des résultats analytiques vis-à-vis des seuils de l'Arrêté du 9 Août 2006 modifié

Par ailleurs, lors des campagnes GEOTEC, les analyses ont également porté sur les paramètres permettant de définir l'acceptabilité des matériaux dans des filières de stockage :

- seuils d'acceptation en Installation de Stockage de Déchets Inertes – Arrêté du 12/12/2014, il est cependant à noter que du fait de la siccité probable des matériaux, ceux-ci ne seraient probablement pas acceptables en l'état en ISDI et devraient auparavant transiter par une unité de pré-traitement
- seuils d'acceptation en Installation de Stockage de Déchets de Sédiments - Arrêté du 15/02/2016 (seuils acceptation sédiments dangereux)

Le tableau ci-après présente l'ensemble des résultats d'analyses permettant une interprétation vis-à-vis de ces seuils.

Ainsi, il apparaît que les sédiments présentent globalement un impact dont l'origine provient surtout de l'héritage des anciennes pratiques des anciens chantiers navals. Ils sont très nettement pollués par les métaux, les PCB, les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques et les organo-étains. L'ensemble des échantillons analysés présentent pour plusieurs paramètres des concentrations supérieures au niveau N2 de l'Arrêté du 9 Août 2006.

Il est à noter que pour les échantillons de surface (substrat meuble de type sablo-vaseux à franchement sableux depuis l'enceinte portuaire vers la passe de sortie du port industriel), les concentrations sont en général plus élevées en fond de darse, et donc en situation plus confinée. Les zones à proximité du chenal de sortie du port bénéficient d'un meilleur renouvellement en eau et présentent donc des concentrations moins élevées. D'un point de vue physico-chimique, le substrat se caractérise par un enrichissement organique particulièrement élevé dans l'enceinte portuaire (concentrations en Carbone Organique Total - COT très élevées). La teneur diminue nettement à la sortie de l'enceinte du port industriel, mais reste cependant forte.

Pour les échantillons analysés pour les paramètres permettant de définir une filière de gestion pour les sédiments qui seront dragués, il apparaît que ceux-ci ne pourront pas être acceptés en Installation de Stockage de Déchets Inertes, mais pourront être orientés vers des filières de gestion de sédiments acceptant des Déchets Dangereux (même si certains échantillons dépassent les seuils en Chlorure, ils respectent par ailleurs les valeurs en Fraction Soluble et pourront donc être gérés par ces filières).

Par ailleurs, les concentrations observées nécessiteront une prise en charge spécifique des sédiments en phase de dragage afin de limiter la diffusion de la pollution générée en cas de remobilisation des contaminants chimiques.

		SE1	SE2	SE3	SE4	SE5	SE6 1	SE6 2	SE7	SEUIL ISDI	SEUILS INST STOCKAGE SEDIMENTS DANGEREUX
		Zone projet 4000 t					Zone Grande Darse hors projet			Arrêté 12/12/2014	Arrêté 15/02/2016
		Ech moyen 0-1,5 m	Ech moyen 0-0,7 m	Ech moyen 0-0,8 m	Ech moyen 0-0,5 m	Ech moyen 0-1 m	Ech moyen 0-1,5 m	Ech moyen 1,5 -3 m	Ech moyen 3 - 4,5 m		
		Argile sableuse noirâtre	Sable vasard noirâtre	Sable vasard noirâtre	Argile sablo-vasarde noirâtre	Argile sablo-vasarde noirâtre	Argile sablo-vasarde noirâtre	Argile sablo-vasarde noirâtre	Sable argileux à débris de posidonies		
ANALYSES SUR BRUT											
COT (carbone organique total) (1)	mg/kg	33600	41200	15500	20900	20900	10800	13200	11400	30 000	
BTEX (benzène, toluène, éthylbenzène et xylènes)	mg/kg	<0,3	<0,3	<0,3	0,3	0,3	<0,3	<0,3	<0,3	6	
PCB (polychlorobiphényles 7 congénères)	mg/kg	15	0,7	0,57	0,4	0,15	0,22	0,27	0,15	1	
Hydrocarbures (C10 à C40)	mg/kg	1660	620	341	867	222	1390	323	311	500	
HAP (hydrocarbures aromatiques polycycliques)	mg/kg	36	16	9,1	15	5,5	8,2	9,3	3,6	50	
ANALYSES SUR LIXIVIATS											
Arsenic	mg/kg MS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	0,5	2
Baryum	mg/kg MS	0,32	0,2	0,23	0,31	0,29	0,36	0,17	0,13	20	100
Cadmium	mg/kg MS	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,004	<0,002	<0,002	<0,002	0,04	1
Chrome total	mg/kg MS	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	10
Cuivre	mg/kg MS	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	<0,2	2	25
Mercure	mg/kg MS	<0,001	<0,001	0,002	0,003	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001	0,01	0,2
Molybdène	mg/kg MS	0,225	1,42	1,14	0,63	3,21	0,355	0,043	0,447	0,5	10
Nickel	mg/kg MS	<0,1	0,11	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,4	10
Plomb	mg/kg MS	<0,1	<0,1	<0,1	0,23	<0,1	<0,1	<0,1	<0,1	0,5	10
Antimoine	mg/kg MS	0,19	0,052	0,056	0,064	0,067	0,054	0,042	0,075	0,06	0,7
Sélénium	mg/kg MS	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,1	0,5
Zinc	mg/kg MS	<0,2	<0,2	<0,2	0,33	0,22	<0,2	<0,2	<0,2	4	50
Chlorure (1)	mg/kg MS	7850	29400	9650	15300	24600	14800	5040	5170	800	15 000
Fluorure	mg/kg MS	9,16	8,35	5,35	8,9	7,1	31,7	25,3	16,8	10	150
Sulfate (1) (2)	mg/kg MS	1410	4820	1570	2780	3960	2370	796	960	1 000	20 000
Indice phénols	mg/kg MS	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5	1	
COT (carbone organique total) sur éluat (3) (*)	mg/kg MS	77	800	55	100	110	150	<50	<51	500	800
FS (fraction soluble) (1) (**)	mg/kg MS	17900	58500	22000	33400	52100	27500	12100	12500	4 000	60 000
	XXX	Valeurs supérieures aux seuils ISDI de l'Arrêté du 12/12/2014									
	XXX	Valeurs supérieures au seuil Sédiments dangereux de l'Arrêté du 15/02/2016									
(1)		Si le déchet ne respecte pas au moins une des valeurs fixées pour le chlorure, le sulfate ou la fraction soluble, le déchet peut être encore jugé conforme aux critères d'admission s'il respecte soit les valeurs associées au chlorure et au sulfate, soit celle associée à la fraction soluble.									
(2)		Si le déchet ne respecte pas cette valeur pour le sulfate, il peut être encore jugé conforme aux critères d'admission si la lixiviation ne dépasse pas les valeurs suivantes : 1 500 mg/l à un ratio L/S = 0,1 l/kg et 6 000 mg/kg de matière sèche à un ratio L/S = 10 l/kg. Il est nécessaire d'utiliser l'essai de percolation NF CEN/TS 14405 pour déterminer la valeur lorsque L/S = 0,1 l/kg dans les conditions d'équilibre initial ; la valeur correspondant à L/S = 10 l/kg peut être déterminée par un essai de lixiviation NF EN 12457-2 ou par un essai de percolation NF CEN/TS 14405 dans des conditions d'équilibre initial.									
(3)		Si le déchet ne satisfait pas à la valeur limite indiquée pour le carbone organique total sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai de lixiviation NF EN 12457-2 avec un pH compris entre 7,5 et 8,0. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le carbone organique total sur éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas la valeur limite indiquée.									
(*)		Si le déchet ne satisfait pas aux valeurs indiquées pour le COT sur éluat à sa propre valeur de pH, il peut aussi faire l'objet d'un essai avec un rapport L/S =10 l/kg et un pH compris entre 7,5 et 8. Le déchet peut être jugé conforme aux critères d'admission pour le COT sur éluat si le résultat de cette détermination ne dépasse pas 800 mg/kg.									
(**)		Les valeurs correspondant à la fraction soluble (FS) peuvent aussi être utilisées à la place des valeurs fixées pour le sulfate et le chlorure.									

Tableau 9 : Tableau de synthèse des résultats analytiques vis-à-vis des seuils des Arrêtés du 12/12/2014 et 15/02/2016

2.3 Modes opératoires et mesures de gestion

2.3.1 Modalités d'extraction et filières de gestion des matériaux

2.3.1.1 Travaux de dragage

La technique a priori privilégiée est un dragage mécanique avec un atelier ponton pelle c'est-à-dire une pelle mécanique embarquée sur une ponton flottant stabilisé.

L'atelier sera accompagné d'un ou plusieurs chalands pour assurer le transport maritime des vases vers une filière de gestion à terre. La capacité attendue des chalands est d'environ 200 à 500 m³ pour minimiser les arrêts (convoyage en rotation avec 2 ou 3 chalands).

2.3.1.2 Travaux de déroctage

Les travaux de déroctage consisteront à fracturer les matériaux rocheux (qui sont sains et non pollués) en profondeur et les extraire.

La technique proposée est un travail en tandem entre une pelle équipée d'un Brise Roche Hydraulique marinisé (BRH) qui fracture le matériau et une pelle mécanique qui l'extrait. Les 2 pelles sont embarquées sur des pontons flottants stabilisés.

La solution d'un minage des matériaux est également envisagée afin de réduire la durée des travaux.

2.3.1.3 Evacuation et filières de gestion

L'évacuation des matériaux par barge se fera :

- Pour les matériaux rocheux (pour rappel sains et non pollués) : directement sur le terre-plein de l'opération en vue de leur valorisation
- Pour les sédiments : directement vers un lieu final de dépôt proche du centre de traitement définitif : La solution d'un traitement ex-situ des vases sur une plateforme dédiée a été retenue (exemple : CPEM à la Seyne sur Mer ou EJM à Fos-sur-Mer). Ces plateformes constituent une solution intéressante en garantissant un cadre sécuritaire, tant sur le plan technique (installation ICPE), environnemental (maîtrise et traçabilité du devenir des vases) et économique (coût modéré par rapport à un enfouissement en décharge).

2.3.2 Mesures de gestion et protection de l'environnement en phase chantier

Les terrassements subaquatiques des matériaux meubles peuvent générer un impact sur la qualité des eaux par :

- Augmentation de la turbidité par la remise en suspension de la frange fine des matériaux ;
- Contamination chimique de la zone portuaire des sédiments remis en suspension ;
- Pollution accidentelle suite à une avarie sur une drague.

Les impacts générés par le déroctage subaquatique sont liés aux vibrations du BRH et du microminage.

Afin de limiter ces impacts potentiels, les mesures de gestion et de protection de l'environnement suivantes seront notamment mises en place :

2.3.2.1 Outil de dragage

L'outil de dragage sera équipé d'un dispositif de préhension avec fermeture pour limiter la remise en suspension des vases (benne ou godet dit environnemental). Cet outil sera assisté par DGPS pour garantir des extractions précises et précautionneuses.

Cette benne comprend un système de fermeture horizontale permettant d'effectuer un dragage dans un plan horizontal. L'excavation des couches de sédiments peut s'effectuer avec une grande précision (de l'ordre de la dizaine de centimètres). L'ouverture et la fermeture de la benne s'effectue de manière hydraulique. La benne est hermétique grâce à des joints étanches pour limiter la perte de sédiments lors de la remontée.

Les retours d'expérience montrent que les quantités remises en suspension par les engins mécaniques de type bennes preneuses, peuvent varier entre 5 kg/m³ extrait pour une benne dite environnementale et 35 kg/m³ extrait pour une benne ou un godet standard. La granulométrie des sédiments jouent également sur ces quantités remises en suspension.



2.3.2.2 Mesures de protection autour de la zone de travaux

Une aire de confinement sera mise en place autour des zones de dragage et de déroctage préalablement aux travaux avec la mise en place d'un barrage anti-MES en géotextile afin notamment de réduire la dispersion des fines et de confiner les panaches turbides au plus près des zones de dragage. Les effets attendus restent donc limités et concentrés autour de la drague et à proximité immédiate et, dans tous les cas, à l'intérieur de la zone confinée.

En complément, le bassin portuaire sera également complètement isolé par des rideaux à bulles permettant de confiner les matières en suspension résiduelles dans une enceinte franchissable par les embarcations entrant ou quittant le port. Le port est relativement abrité par l'avant-port, et favorise une bonne efficacité de ces rideaux. Le nuage de turbidité sera retenu à l'intérieur de l'enceinte de confinement.

Pour le rideau à bulles, le principe de fonctionnement consiste à créer un mur plus ou moins dense, une barrière souple de bulle qui remonte de façon continue du fond de l'eau vers la surface. Ce mur de bulles d'air est créé à l'aide d'un compresseur proprement adapté et capable de fonctionner en continu selon le volume d'air estimé. Le débit d'air injecté doit être assez grand pour former un rideau de bulles très dense et efficace.

Par ailleurs, ce système permet d'atténuer les nuisances sur l'écosystème sous-marin du bruit et de l'effet de souffle provenant des opérations de déroctage, dragage notamment. Les rideaux de bulles utilisent l'air pour réduire les ondes subaquatiques. Lestés et installés directement sur le fond marin, ils atténuent la propagation des ondes de choc sonores. Le résultat permettra de répondre parfaitement aux exigences du Code de l'environnement avec un gain acoustique de 15 à 25 dB sur les niveaux de bruit en crête, dans les gammes de fréquences dangereuses pour les mammifères (100 à 1 000 Hz).

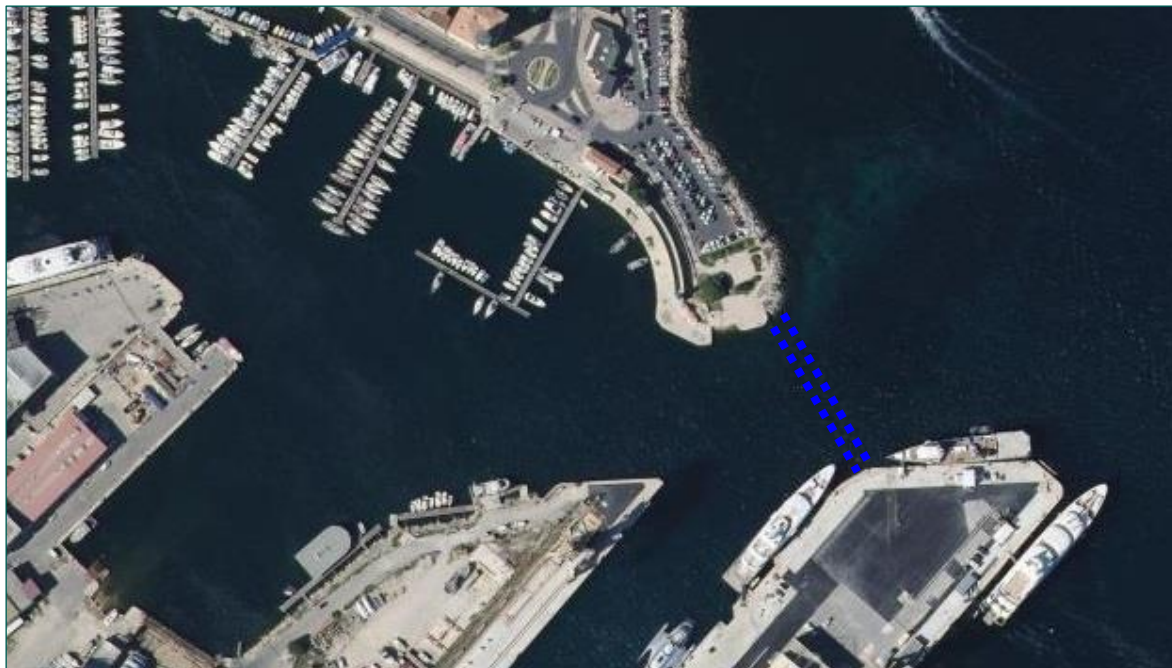


Figure 6: positionnement prévisionnel du double écran à bulle



Figure 7 : Rideau à bulles

Ces rideaux à bulle seront mis en place à l'entrée du port pour limiter la dispersion des particules remises en suspension et ayant échappées au barrage anti-MES de proximité.

Ce dispositif permet de contenir significativement les matières en suspension dans la zone confinée. D'après le guide GEODE des bonnes pratiques environnementales pour les opérations de dragages, les suivis de leur efficacité montrent que les concentrations ont varié entre 20 et 50 mg/l à l'intérieur de la darse étudiée, les pics maximums étant enregistrés après le déversement des sédiments dans la darse -, alors que les teneurs à l'extérieur oscillaient entre 6 et 11 mg/l. L'efficacité de ce dispositif est donc importante et permet de répondre aux valeurs maximales estimées des dragages dans l'étude du panache turbide à 26 mg/l sans rideau à bulles. Dans le cas présent, il est par ailleurs proposé un double rideau à bulles

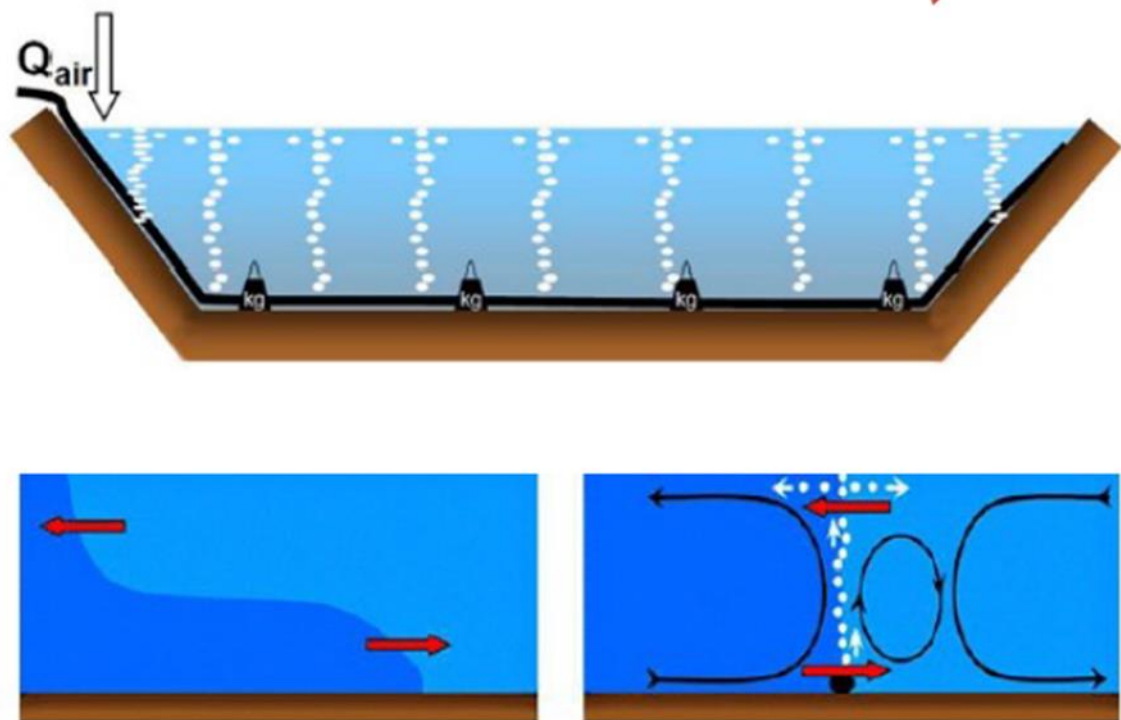


Figure 8 : Illustration de l'utilisation d'un rideau à bulles pour confiner des sédiments contaminés

2.3.2.3 Synthèse et efficacité des mesures en phase chantier

Les mesures suivantes seront prises en phase chantier lors des travaux de déblais en zone maritime :

Evitement :

Une étude de modélisation de la mobilité des sédiments a été réalisée afin de simuler le comportement des sédiments mis en suspension durant les opérations de dragage et mettre en évidence une éventuelle augmentation de leurs concentrations ainsi que leur éventuelle diffusion à l'extérieur du port.

Les simulations ont d'abord été réalisées sous hypothèse d'absence de mise en place d'un écran anti MES (Matière en Suspension) : Dans la grande majorité des cas, le panache turbide ne se propage pas jusqu'à l'entrée du port. Seul en cas de vent d'est, dont la fréquence sur le site est faible, le panache turbide se propage jusqu'à l'entrée du port.

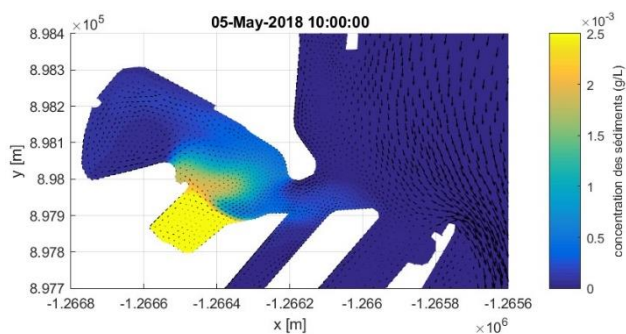
Réduction :

Utilisation d'une benne environnementale qui permet de réduire fortement les pertes de matériaux.

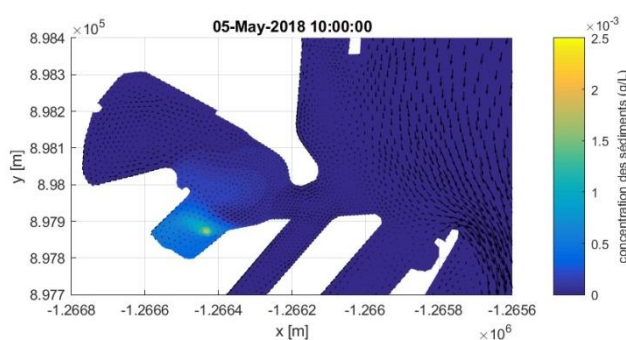
Mise en place de mesures de protection, dont notamment le barrage anti-MES de proximité ainsi qu'un double rideau à bulles à l'entrée du port. Les simulations mettent en évidence avec la première mesure (barrage anti-MES) un impact extrêmement limité à proximité immédiate de la position de l'atelier de dragage :

Exemple ci-après :

Simulation sans barrage anti-MES :



Simulation sous les mêmes conditions, avec barrage anti-MES :



Suivi :

Un suivi spécifique sera réalisé avec des mesures de turbidité en plusieurs points autour des zones de chantier et mise en place de seuils d'alerte.

2.3.2.4 Mesures de gestion et protection en phase exploitation et analyse des risques résiduels

Après travaux, aucun risque résiduel n'étant attendu, il n'est pas prévu de mesures spécifiques.

3 Synthèse balance globale des matériaux et filières de gestion

3.1 Bilan déblais

Sur la base des données de l'Avant-Projet, le volume total des matériaux à excaver est de 134 000 m³.

Il est décomposé de la façon suivante :

- Dragage matériaux meubles : 8 000 m³ ;
- Déroctage subaquatique : 6 000 m³ ;
- Terrassements terrestres de matériaux meubles : 70 400 m³ ;
- Terrassements terrestres de matériaux rocheux : 31 500 m³ ;
- Démolition d'ouvrages béton : 17 800 m³.

3.2 Bilan évacuation après optimisation déblais/remblais et réutilisation

À l'exception des matériaux meubles de dragage, la stratégie est bien la réutilisation maximale des matériaux disponibles. Les matériaux meubles seront réutilisés après stockage et tri sur des plateformes du site via l'atelier de criblage. Les matériaux rocheux et de démolitions seront également réutilisés via un atelier de concassage-criblage.

Ces matériaux seront réutilisés à hauteur de 110 000 m³ de la façon suivante :

- Remblais de plateforme : 11 000 m³
- Remblais des quais (yc remplissage) : 45 000 m³
- Couche de forme des chaussées : 27 000 m³
- Confection de la grave-ciment (80%) : 15 000 m³
- Confection du BCR (50%) : 12 000 m³

Une fois l'optimisation de déblais/ remblais faite, les matériaux restants seront évacués ou valorisés :

- Évacuation des sédiments de dragage : 8 000 m³ dirigés par voie maritime vers un site de traitement et de valorisation des terres et des sédiments pollués. Les matériaux seront déchargés à quai, puis acheminés vers le site de traitement choisi ;
- Évacuation par la route : 16 000 m³ issus des terrassements terrestres vers les différentes filières définies : valorisation des matériaux de terrassements terrestres inertes pour le BTP, évacuation des Installations de Stockage de Déchets Inertes et de Déchets Non Dangereux (ISDND a minima pour les 4500 m³ identifiés comme « pépîte » avec des concentrations élevées au niveau de la future zone Port Sec)

3.3 Impact sur trafic routier des évacuations

Il sera donc évacué par voie terrestre 16 000 m³. Ces évacuations se feront sur un délai d'environ 2,5 mois, à raison de 4 rotations de 6 camions de 13 m³ soit 312 m³/jour soit (1 250 allers- retours) /22 jours travaillés/mois.

- Horaires de travail et concentration des flux

Plage horaire s'étend de 8h00 à 17h00 ;

Heure de Pointe du Matin (HPM) concentre 15 % du flux journalier ;

Heure de Pointe du Soir (HPS) concentre 5 % du flux journalier.

Il ressort de l'analyse des trafics poids lourds générés suivants en entrée et sortie du site lors des jours ouvrés, les effets suivants :

Incidences du projet

- En Heure de Pointe du Matin 8h-9h : 3 à 4 véh/h en entrée ; 3 à 4 véh/h en sortie

Soit environ 7 P.L. supplémentaires/2 sens confondus.

- Heure de Pointe du Soir 17h-18 h : 1 véh/h en entrée ; 1 véh/h en sortie

Soit environ 2 P.L. supplémentaires/2 sens confondus.

L'évacuation des matériaux représente une augmentation du nombre de poids lourds aux heures de pointe. Ils ne généreront pas de perturbation significative des trafics.



Figure 9 : Itinéraire des camions évacuant les matériaux du chantier pour rejoindre les sites de traitements par la RD40b et l'A50